DERA Deutsche Rohstoffagentur
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

29

DERA Rohstoffinformationen

Mineralische Rohstoffe in Australien – Investitions- und Lieferpotenziale

Impressum

Editor: Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)
Wilhelmstraße 25 – 30
13593 Berlin
Tel.: +49 30 36993 226
dera@bgr.de
www.deutsche-rohstoffagentur.de

Autoren: Al Barazi, S., Elsner, H., Kärner, K., Liedtke, M., Schmidt, M., Schmitz, M., Szurlies, M.

unter Mitarbeit von Kay Lang und Annegret Tallig

Zitierhinweis: Al Barazi, S., Elsner, H., Kärner, K., Liedtke, M., Schmidt, M., Schmitz, M., Szurlies, M. (2016): Mineralische Rohstoffe in Australien – Investitions- und Lieferpotenziale. – DERA Rohstoffinformationen, 29; Berlin.

Datenstand: Juli 2015

Titelbilder: © BGR 2015

ISBN: 978-3-943566-76-5 (Druckversion)
ISBN: 978-3-943566-75-8 (PDF)
ISSN: 2193-5319

Berlin, 2016

Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe ist eine technisch-wissenschaftliche Oberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi).

Mineralische Rohstoffe in Australien – Investitions- und Lieferpotenziale

Vorwort

In Ihren Händen halten Sie das in dieser Form erste deutschsprachige Handbuch „*Mineralische Rohstoffe in Australien – Investitions- und Lieferpotenziale*“. Es baut auf einer Übersichtsstudie über den australischen Rohstoffsektor der Deutsch-Australischen Industrie- und Handelskammer (AHK), Germany Trade & Invest (GTAI) und der Deutschen Rohstoffagentur (DERA) in der BGR aus dem Jahr 2013 auf, in deren Zusammenhang bereits gute und intensive Kontakte zur australischen Rohstoffwirtschaft geknüpft und vertieft wurden. Im Jahr 2015 war die DERA mit mehreren Teams im Gelände vor Ort. Während dieser Befahrungen wurden aktive Bergwerke und weitere zukünftige Rohstoffpotenziale bewertet.

Das vorliegende Handbuch enthält Informationen zu einer Vielzahl von in Betrieb stehenden Bergwerken und Explorations- und Bergbauprojekten ausgewählter mineralischer Rohstoffe aus erster Hand. Wir bieten Ihnen einen Leitfaden, um Sie bei einem Engagement in den australischen Rohstoffsektor zu unterstützen. Australien zählt zu den rohstoffreichsten Ländern der Erde und wird auch in Zukunft eine führende Rolle bei der Rohstoffproduktion und als Rohstoffanbieter auf dem Weltmarkt einnehmen. Wir zeigen Ihnen neue potenzielle Investitionsmöglichkeiten und Bezugsquellen für insgesamt 15 Metalle, zwölf Industrieminerale, ausgewählte Naturwerksteine und Farbedelsteine in Australien auf. Für einen großen Teil der insgesamt 29 untersuchten Rohstoffe bzw. Rohstoffgruppen bietet Australien hervorragende Möglichkeiten für ein Engagement deutscher Unternehmen.

Besonders bedanken wir uns bei den Betreibern der Bergbau- und Explorationsprojekte für die Möglichkeit der Grubenbefahrungen und Bereitstellung von Informationen sowie bei den einzelnen geologischen Diensten der Bundesstaaten und Territorien, dem Kompetenzzentrum für Bergbau und Rohstoffe der AHK Australien und der Deutschen Botschaft in Australien für Ihre freundliche Unterstützung vor Ort. Dank gilt auch der Australischen Botschaft und der Australian Trade Commission (Austrade) in Deutschland, die jederzeit für Rückfragen zur Verfügung standen.

Wir wünschen Ihnen eine angenehme Lektüre sowie viel Erfolg bei Ihren Aktivitäten.

Dr. Peter Buchholz

Leiter der Deutschen Rohstoffagentur (DERA)
in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)

Inhalt

Vorwort 3
Inhalt 5
Abbildungsverzeichnis 9
Tabellenverzeichnis 14
Zusammenfassung 17
1 Einführung und Hintergrund 19
1.1 **Länderprofil** 19
Geographie 19
Klima 21
Weltkulturerbestätten und Schutzgebiete 22
Bevölkerung 22
1.2 **Infrastruktur** 23
Straßennetz 24
Schienennetz 24
Häfen 25
Wasser 26
Strom 26
1.3 **Rahmenbedingungen des australischen Bergbausektors** 27
Politische Rahmenbedingungen 27
Rechtliche Rahmenbedingungen 28
Exploration 28
Steuern und Abgaben 28
Aboriginal & Torres Strait Islander Rights in Australien – Native Title Act 31
Wirtschaftliche Rahmenbedingungen 31
Literatur 32
2 Ausgewählte Rohstoffe 35
2.1 **Antimon** 36
Überblick und Verwendung 37
Wichtige Vorkommen in Australien 37
Anforderungen und Bewertung 44
Literatur 44
2.2 **Baryt (Schwerspat)** 46
Überblick und Verwendung 47
Wichtige Vorkommen in Australien 47
Anforderungen und Bewertung 48
Literatur 48
2.3 **Bentonit** 50
Überblick und Verwendung 51
Wichtige Vorkommen in Australien 51
Anforderungen und Bewertung 53
Literatur 53

2.4	**Bismut**	56
	Überblick und Verwendung	57
	Wichtige Vorkommen in Australien	57
	Anforderungen und Bewertung	66
	Literatur	67
2.5	**Blei, Zink und Silber**	70
	Überblick und Verwendung	73
	Wichtige Vorkommen in Australien	73
	Anforderungen und Bewertung	92
	Literatur	96
2.6	**Bor und Borate**	100
	Überblick und Verwendung	101
	Wichtige Vorkommen in Australien	101
	Anforderungen und Bewertung	101
	Literatur	101
2.7	**Farbedelsteine und Opale**	102
	Überblick und Verwendung	103
	Wichtige Vorkommen in Australien	104
	Anforderungen und Bewertung	118
	Literatur	118
2.8	**Fluorit (Flussspat)**	122
	Überblick und Verwendung	123
	Wichtige Vorkommen in Australien	123
	Anforderungen und Bewertung	124
	Literatur	125
2.9	**Technologie-Füllstoffe**	128
	Überblick und Verwendung	129
	Wichtige Vorkommen in Australien	129
	Anforderungen und Bewertung	134
	Literatur	135
2.10	**Gips**	138
	Überblick und Verwendung	139
	Wichtige Vorkommen in Australien	139
	Anforderungen und Bewertung	144
	Literatur	145
2.11	**Graphit**	146
	Überblick und Verwendung	147
	Wichtige Vorkommen in Australien	147
	Anforderungen und Bewertung	151
	Literatur	152

2.12 Indium 154
Überblick und Verwendung 155
Wichtige Vorkommen in Australien 155
Anforderungen und Bewertung 158
Literatur 160
2.13 Kalisalz 162
Überblick und Verwendung 163
Wichtige Vorkommen in Australien 163
Anforderungen und Bewertung 164
Literatur 165
2.14 Kaolin 166
Überblick und Verwendung 167
Wichtige Vorkommen in Australien 167
Anforderungen und Bewertung 173
Literatur 174
2.15 Lithium 176
Überblick und Verwendung 177
Wichtige Vorkommen in Australien 177
Anforderungen und Bewertung 179
Literatur 180
2.16 Magnesit 182
Überblick und Verwendung 183
Wichtige Vorkommen in Australien 183
Anforderungen und Bewertung 189
Literatur 190
2.17 Mangan 192
Überblick und Verwendung 193
Wichtige Vorkommen in Australien 193
Anforderungen und Bewertung 200
Literatur 201
2.18 Naturwerksteine 204
Überblick und Verwendung 205
Wichtige Vorkommen in Australien 205
Anforderungen und Bewertung 216
Literatur 216
2.19 Nickel 218
Überblick und Verwendung 219
Wichtige Vorkommen in Australien 219
Anforderungen und Bewertung 234
Literatur 236

2.20 Quarzrohstoffe 242
Überblick und Verwendung 243
Wichtige Vorkommen in Australien 243
Anforderungen und Bewertung 256
Literatur 257
2.21 Scandium 260
Überblick und Verwendung 261
Wichtige Vorkommen in Australien 261
Anforderungen und Bewertung 266
Literatur 266
2.22 Seltene Erden 268
Überblick und Verwendung 269
Wichtige Vorkommen in Australien 269
Anforderungen und Bewertung 276
Literatur 278
2.23 Tantal 280
Überblick und Verwendung 281
Wichtige Vorkommen in Australien 281
Anforderungen und Bewertung 286
Literatur 287
2.24 Vanadium 288
Überblick und Verwendung 289
Wichtige Vorkommen in Australien 289
Anforderungen und Bewertung 297
Literatur 299
2.25 Vermiculit 302
Überblick und Verwendung 303
Wichtige Vorkommen in Australien 303
Anforderungen und Bewertung 305
Literatur 306
2.26 Wolfram 308
Überblick und Verwendung 309
Wichtige Vorkommen in Australien 309
Anforderungen und Bewertung 319
Literatur 321
2.27 Zinn 326
Überblick und Verwendung 327
Wichtige Vorkommen in Australien 327
Anforderungen und Bewertung 335
Literatur 337
3 Ansprechpartner 338
4 Anhang 340
4.1 Anhang zu Kapitel 2.7 – Farbedelsteine und Opale 340
4.2 Anhang zu Kapitel 2.18 – Naturwerksteine 344

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.1.1:	Übersichtskarte Australien.	20
Abb. 1.1.2:	Klimazonen in Australien.	21
Abb. 1.2.1:	Hauptstraßennetz in Australien.	23
Abb. 1.2.2:	Hauptschienennetz in Australien.	24
Abb. 1.2.3:	Wichtige Exporthäfen in Australien.	25
Abb. 2.1.1:	Ausgewählte Antimonlagerstätten in Australien.	36
Abb. 2.1.2:	Zugang zum Bergwerk Costerfield des Unternehmens Mandalay Resources Inc. im Bundesstaat Victoria.	38
Abb. 2.1.3:	Steil einfallender Stibnitgang im Bergwerk Augusta.	38
Abb. 2.1.4:	Gold-Antimonbergwerk Hillgrove.	40
Abb. 2.2.1:	Ausgewählte Barytlagerstätten in Australien.	46
Abb. 2.3.1:	Ausgewählte Bentonitlagerstätten in Australien.	50
Abb. 2.4.1:	Ausgewählte Bismutlagerstätten in Australien.	56
Abb. 2.4.2:	Bohrkern aus der Lagerstätte Rover 1.	59
Abb. 2.4.3:	Tagebau, Aufbereitungsanlage und Mining Camp von Wolfram Camp.	60
Abb. 2.4.4:	Blick auf den Bamford Hill.	61
Abb. 2.5.1:	Ausgewählte Zinklagerstätten und -vorkommen in Australien.	70
Abb. 2.5.2:	Ausgewählte Bleilagerstätten und -vorkommen in Australien.	71
Abb. 2.5.3:	Ausgewählte Silberlagerstätten und -vorkommen in Australien.	72
Abb. 2.5.4:	Aufbereitungsanlage des Bergwerks Cannington.	75
Abb. 2.5.5:	Luftaufnahme des Bowdens-Projektgebietes.	83
Abb. 2.5.6:	Bohrkern mit Sphalerit-Galenit-Vererzung.	84
Abb. 2.5.7:	Explorationsbohrung auf der Lagerstätte Kempfield.	84
Abb. 2.5.8:	Abfalldeponie im ehemaligen Tagebau Woodlawn.	85
Abb. 2.5.9:	Aufbereitungsabgänge des geschlossenen Bergwerkes Woodlawn.	85
Abb. 2.5.10:	Massivsulfidmineralisation im Bohrkern.	89
Abb. 2.5.11:	Blei- und Zinkhütte in Port Pirie.	91
Abb. 2.5.12:	Verschiffung von Bleibarren am Hafen von Port Pirie.	92
Abb. 2.6.1:	Ausgewählte Borlagerstätten in Australien.	100
Abb. 2.7.1:	Ausgewählte Edelsteinlagerstätten in Australien.	102
Abb. 2.7.2:	Die australischen Opalfelder der Bundesstaaten New South Wales, Queensland und South Australia innerhalb des artesischen Beckens.	103
Abb. 2.7.3:	Ungeschliffene Schwarzopale („Seam Opal“) aus Grawin.	104
Abb. 2.7.4:	Ungeschliffene und geschliffene dunkle Opale und Schwarzopale aus Lightning Ridge.	105
Abb. 2.7.5:	Stillgelegter Tagebau „Three Mile“ bei Lightning Ridge und Abbau unter Tage in Grawin.	105
Abb. 2.7.6:	Unterkünfte des Opalfeldes White Cliffs.	106
Abb. 2.7.7:	Ein sogenannter „Pineapple“ Opal aus White Cliffs.	106
Abb. 2.7.8:	Schwach gerundete Saphirkristalle bis 2,5 cm Durchmesser aus einem Seifenabbau bei Inverell in New South Wales.	106
Abb. 2.7.9:	Vorkommen von Saphir und Rubin sowie Lage prospektiver tertiärer Vulkanite in New South Wales.	107

Abb. 2.7.10: Ca. 10 cm großes Handstück von „Imperial Red“ Rhodonit aus dem Rhodonitbergwerk Wood’s bei Tamworth, Darling Co, New South Wales. 108

Abb. 2.7.11: Rhodonitkristalle auf Bleiglanz aus Broken Hill, New Sotuh Wales. 108

Abb. 2.7.12: Opalführende „Ironstone“-Konkretionen der Vorkommen „Elusive“ und „Hollaways“ vom Feld Koroit. 109

Abb. 2.7.13 a–c: a) Opal Nüsse, b) Boulder-Matrix, c) Boulder Split. 110

Abb. 2.7.14: Tagebau auf dem Feld Koroit und Blick über das Feld Yowah mit gesicherten Schächten, die den Zugang zum Abbau unter Tage ermöglichen. 110

Abb. 2.7.15: Farbvarietäten von Saphiren aus der Fundregion Bedford Hill bei Rubyvale, Rubyvale Gem Gallery. 112

Abb. 2.7.16: Opalfelder und -vorkommen in South Australia. 113

Abb. 2.7.17: Die Ortschaft Andamooka mit den Opalfeldern im Hintergrund. Kristallopal mit 34,85 Karat aus Andamooka. Behandelte Opalmatrix aus Andamooka. 114

Abb. 2.7.18: Blick über die Opalfelder von Mintabie und den Tagebau in Lambina. 115

Abb. 2.7.19: Blick über einen Teil der Opalfelder von Coober Pedy. 115

Abb. 2.7.20: Geschliffener Edelopal mit 79,96 Karat und geschliffene opalisierte Belemnitenrostren aus Coober Pedy. 116

Abb. 2.7.21: „Killiecrankie Diamonds“ aus dem Mines Creek, Flinders Island, Tasmania. 116

Abb. 2.7.22: Stichtit mit Lizardit vom Stichtite Hill, Zeehan District, Tasmania. 117

Abb. 2.7.23: Anhänger aus Silber mit Stichtit aus Tasmania. 117

Abb. 2.8.1: Ausgewählte Fluoritlagerstätten in Australien. 122

Abb. 2.8.2: Satellitenaufnahme des Prospektionsgebietes von King River Copper Ltd. 123

Abb. 2.9.1: Ausgewählte Lagerstätten und Vorkommen mit Relevanz für die Produktion von Technologie-Füllstoffen in Australien. 128

Abb. 2.9.2: Übersichtskarte der ehemaligen Glimmerbergwerke in der Harts Range, Northern Territory. 130

Abb. 2.10.1: Ausgewählte Gipslagerstätten in Australien. 138

Abb. 2.10.2: Abbau und Aufhaldung von Gips im Lake McDonell. 140

Abb. 2.10.3: Oberfläche von Lake Purdilla. 142

Abb. 2.10.4: Typischer Gipsarenit aus Lake Purdilla. 142

Abb. 2.11.1: Ausgewählte Graphitlagerstätten in Australien. 146

Abb. 2.11.2: Bohrkerne mit verwitterten, sehr stark vererzten Graphitschiefern der Graphitlagerstätte Uley. 148

Abb. 2.11.3: Aufbereitungsanlage von Valence Industries in Uley im März 2015. 149

Abb. 2.12.1: Ausgewählte Buntmetalllagerstätten und -vorkommen mit ausgewiesenen In-Gehalten in Australien. 154

Abb. 2.12.2: Satellitenaufnahme der Tagebaue Dry River South und Balcooma. 157

Abb. 2.12.3: Reserven und Ressourcen ausgewählter Buntmetalllagerstätten mit ausgewiesenen Indiumgehalten in Australien. 160

Abb. 2.13.1: Ausgewählte Kalilagerstätten in Australien. 162

Abb. 2.13.2: Satellitenaufnahme des Lake Disappointment im Jahr 2007. 163

Abb. 2.14.1: Ausgewählte Kaolinlagerstätten und -vorkommen in Australien. 166

Abb. 2.15.1: Ausgewählte Lithiumlagerstätten und -vorkommen in Australien. 176

Abb. 2.15.2: Blick in den aktiven Tagebau von Greenbushes im März 2015. 178

Abb. 2.16.1: Ausgewählte Magnesitlagerstätten in Australien. 182

Abb. 2.16.2:	Lage der Magnesitlagerstätten Kunwarara und Triple Four, Queensland.	183
Abb. 2.16.3:	Satellitenaufnahme der Magnesittagebaue in der Lagerstätte Kunwarara-Yaamba, Queensland.	183
Abb. 2.16.4:	Geologische Übersichtskarte der Magnesitlagerstätten bei Thuddungra, New South Wales.	185
Abb. 2.16.5:	Übersichtskarte der Explorationslizenzgebiete und Einzellagerstätten bei Leigh Creek.	186
Abb. 2.16.6:	Gewinnung steil einfallender Magnesitbänke im Myrtle Springs Tagebau nordwestlich Leigh Creek.	187
Abb. 2.16.7:	Geologischer Überblick über die Magnesitlagerstätte Arthur River, Tasmania.	187
Abb. 2.16.8:	Geologischer Überblick über die Magnesitlagerstätte Lyons River, Tasmania.	188
Abb. 2.17.1:	Ausgewählte Manganlagerstätten in Australien.	192
Abb. 2.17.2:	Übersicht der Tagebaue der Woodie Woodie-Lagerstätte.	194
Abb. 2.17.3:	Der fast vollständig ausgeerzte Greensnake Tagebau mit Blickrichtung nach Norden.	195
Abb. 2.17.4:	Woodie Woodie Aufbereitungsanlage.	195
Abb. 2.17.5:	Reserven und Ressourcen australischer Manganlagerstätten.	201
Abb. 2.18.1:	Ausgewählte Naturwerksteinlagerstätten (Granite) in Australien.	204
Abb. 2.18.2:	Naturwerksteinplatten aus grobkonglomeratischem Marmor am Flughafen von Cairns, Queensland.	206
Abb. 2.18.3:	Rohblockansicht von „Austral Juparana“.	211
Abb. 2.18.4:	Detailansicht von „Austral Coffee“.	211
Abb. 2.18.5:	Detailansicht von „Desert Brown“.	211
Abb. 2.18.6:	Detailansicht von „Albany Green“.	212
Abb. 2.18.7:	Übersichtskarte über die Lage der Naturwerksteinvorkommen im Gebiet von Watheroo-Namban.	212
Abb. 2.18.8:	Detailansicht von „Watheroo Red“.	213
Abb. 2.18.9:	Detailansicht von „Valmere Green“.	213
Abb. 2.18.10:	Detailansicht von „Verde Lope(z)“.	213
Abb. 2.18.11:	Detailansicht von „Namban Red“.	213
Abb. 2.18.12:	Detailansicht von „Mulroy Green“.	214
Abb. 2.18.13:	Detailansicht des Biotit-Monzogranits aus Boorabbin.	214
Abb. 2.18.14:	Detailansicht des Boogardie Kugelgranit.	214
Abb. 2.18.15:	Detailansicht eines hochwertigen, feinkörnigen „Kimberley Black Granite“ von Quarry Camp.	215
Abb. 2.18.16:	Ausschnitt aus einer großen polierten Platte von „Brockmann Tiger Eye Jasper“.	215
Abb. 2.19.1:	Ausgewählte australische Nickelsulfid- und Nickellateritvorkommen.	218
Abb. 2.19.2:	Bergwerk Lanfranchi des Unternehmens Panoramic Resources Ltd. im südlichen Western Australia.	221
Abb. 2.19.3:	Unterteilung des Yilgarn Kratons in einzelne Terranes.	222
Abb. 2.19.4:	Aufbereitungsanlage Savannah im nördlichen Western Australia.	223
Abb. 2.19.5:	Nickelhütte Kalgoorlie im südlichen Western Australia.	225
Abb. 2.19.6:	Aufbereitungsanlage Kambalda im südlichen Western Australia.	226
Abb. 2.19.7:	Tagebau Tim King und Zugang zum Bergwerk Spotted Quoll im südlichen Western Australia.	226
Abb. 2.19.8:	Grade-Tonnage-Diagramm: Ni-Gehalt (%) als Funktion der Gesamtressourcen.	234

Abb. 2.20.1:	Ausgewählte Quarzsandlagerstätten in Australien.	242
Abb. 2.20.2:	Sanddünen bei Cape Flattery.	244
Abb. 2.20.3:	Satellitenaufnahme des Quarzsandtagebaus Ningi nordöstlich Beachmere, Queensland.	245
Abb. 2.20.4:	Vorkommen von Quarzrohstoffen in Victoria.	247
Abb. 2.20.5:	Satellitenaufnahme der südlichen Quarzsandtagebaue bei Lang Lang, Victoria.	248
Abb. 2.20.6:	Satellitenaufnahme der Quarzkiesresthalden alter Goldseifenabbaue nordnordwestlich Allendale, Victoria.	248
Abb. 2.20.7:	Vorkommen und in Abbau stehende Lagerstätten von Quarzsand im Südwesten von Western Australia.	250
Abb. 2.20.8:	Gewinnung von Quarzsand aus einem Teil des Quarzsandabbaus Gnangara bei Lexia, Western Australia.	251
Abb. 2.20.9:	Guss von Siliziummetall in der Siliziumhütte von SIMCOA in Kemerton, Western Australia.	252
Abb. 2.20.10:	Vorkommen und in Abbau stehende Lagerstätten von Quarz in Western Australia.	253
Abb. 2.20.11:	Satellitenaufnahme des Quarzsandtagebaus Salt Ash, New South Wales.	255
Abb. 2.20.12:	Gestundeter Quarzsand(stein)-abbau westlich Maydena, Tasmania.	256
Abb. 2.21.1:	Ausgewählte Scandiumagerstätten in Australien.	260
Abb. 2.21.2:	Übersichtskarte des SCONI-Projektgebietes nordwestlich Townsville, Queensland.	262
Abb. 2.21.3:	Verbreitung Scandium führender Laterite im Projekt Lucknow, Queensland und Profilschnitt durch die Teillagerstätte Red Fort.	263
Abb. 2.21.4:	Übersichtskarte über das Projektgebiet Owendale mit Verbreitung erhöhter Platin- und Sc-Gehalte im Laterit.	264
Abb. 2.22.1:	Ausgewählte Seltenerdlagerstätten in Australien.	268
Abb. 2.22.2:	Abgedeckte geologische Übersichtskarte und Schnitt durch den Mt. Weld Karbonatitkomplex.	270
Abb. 2.22.3:	Luftaufnahme des Tagebaus Mt. Weld mit aufgehaldetem Erz.	271
Abb. 2.22.4:	Vergleichende Verteilung der SEO, Thorium und Uran im Monazit und Xenotim der Charley Creek-Lagerstätte.	274
Abb. 2.22.5:	Lage der WIM-Seifenlagerstätten im südlichen Murray Basin, Victoria.	276
Abb. 2.23.1:	Ausgewählte Tantallagerstätten und -vorkommen in Australien.	280
Abb. 2.23.2:	Abbau von Tantalerzen in Wodgina.	282
Abb. 2.24.1:	Ausgewählte Vanadiumlagerstätten in Australien.	288
Abb. 2.24.2:	Windimurra Open Pit mit Blickrichtung nach Süden.	290
Abb. 2.24.3:	Das Titanomagnetitvorkommen Barrambie im regionalen Kontext.	292
Abb. 2.24.4:	Das Titanomagnetitvorkommen Gabanintha im regionalen Kontext.	293
Abb. 2.24.5:	Reserven und Ressourcen australischer Vanadiumlagerstätten.	298
Abb. 2.25.1:	Ausgewählte Vermiculitlagerstätten und -vorkommen in Australien.	302
Abb. 2.25.2:	Aufbereitungsanlage der Mud Tank Lagerstätte.	304
Abb. 2.26.1:	Ausgewählte Wolframvorkommen in Australien.	308
Abb. 2.26.2:	Magnetit-Scheeliterztagebau Kara No. 1 im Nordwesten Tasmanias.	311
Abb. 2.26.3:	Aufbereitung der Abgänge (Tailings) von Mount Carbine.	313
Abb. 2.26.4:	Alter Tagebau der Festgesteinslagerstätte Mount Carbine.	313
Abb. 2.26.5:	Wolframiterz der Lagerstätte Wolfram Camp.	314
Abb. 2.27.1:	Ausgewählte Zinnlagerstätten in Australien.	326

Abb. 2.27.2:	Möglichkeit zum Guss von Zinnbarren in der Zinnhütte von Greenbushes.	330
Abb. 2.27.3:	Zinnlagerstätten im nordöstlichen Queensland.	333
Abb. 2.27.4:	Blick auf die Mt. Veteran Aufbereitungsanlage, Qeensland.	334
Abb. 4.1.1:	Erkundungs- und Abbaugebiet („Opal Prospecting Area“) Nummer 1 um Lightning Ridge.	340
Abb. 4.1.2:	Erkundungs- und Abbaugebiet („Opal Prospecting Area“) Nummer 2 um Lightning Ridge.	341
Abb. 4.1.3:	Erkundungs- und Abbaugebiet („Opal Prospecting Area“) Nummer 3 um Lightning Ridge.	342
Abb. 4.1.4:	Erkundungs- und Abbaugebiet („Opal Prospecting Area“) Nummer 4 um Lightning Ridge.	343

Tabellenverzeichnis

Tab. 1.1.1: Informationen zu geschützten Nationalparks und Naturschutzgebieten in den einzelnen Bundesstaaten und Territorien. 22
Tab. 1.1.2: Übersicht über die ausgewiesenen australischen Meeresschutzgebiete. 22
Tab. 1.1.3: Verteilung der australischen Bevölkerung im März 2015. 23
Tab. 1.2.1: Hauptansprechpartner für die Wasserverwaltung in den einzelnen Bundesstaaten und Territorien. 26
Tab. 1.2.2: Eingesetzte Energieträger und deren Anteil an der Stromerzeugung in Australien im Fiskaljahr 2013/14. 27
Tab. 1.3.1: Verwaltungsbehörden für die Einhaltung und Umsetzung der Bergbaugesetzgebungen in den einzelnen Bundesstaaten und Territorien. 29
Tab. 1.3.2: Gesetzliche Grundlagen und Laufzeiten für die Rohstoffexploration auf mineralische Rohstoffe in australischen Bundesstaaten und Territorien sowie Verweise zu freigegebenen Explorationsberichten. 30
Tab. 1.3.3: Bedeutung ausgewählter Wirtschaftssektoren in Australien. 31
Tab. 2.1.1: Reserven und Ressourcen der Lagerstätte Costerfield. 39
Tab. 2.1.2: Reserven und Ressourcen der Lagerstätte Hillgrove. 41
Tab. 2.1.3: Ressourcen Bielsdown, Stand 2013. 42
Tab. 2.1.4: Ressourcen Blue Spec Shear & Gold Spec Shear. 43
Tab. 2.1.5: Ressourcen Red Spec Shear & Green Spec Shear. 43
Tab. 2.1.6: Ressourcen Eastern Hill Project (Taipan Zone). 44
Tab. 2.2.1: Barytqualitäten, die Sibelco Australia Ltd. in Quorn produziert. 47
Tab. 2.4.1: Gehalte, Ressourcen und Produktion von Bismutlagerstätten Australiens. 66
Tab. 2.5.1: Blei-, Zink- und Silberressourcen der australischen Bundesstaaten und Territorien. 74
Tab. 2.5.2: Reserven und Ressourcen der Lagerstätte Lady Loretta. 75
Tab. 2.5.3: Reserven und Ressourcen der Lagerstätte Cannington. 76
Tab. 2.5.4: Reserven und Ressourcen der Lagerstätte Dugald River. 76
Tab. 2.5.5: Reserven und Ressourcen der Lagerstätte McArthur River. 77
Tab. 2.5.6: Ressourcen der Teillagerstätte Myrtle. 78
Tab. 2.5.7: Reserven und Ressourcen der Lagerstätte Jaguar. 78
Tab. 2.5.8: Reserven und Ressourcen der Lagerstätte Golden Grove. 79
Tab. 2.5.9: Reserven und Ressourcen der Lagerstätte Paroo Station. 80
Tab. 2.5.10: „Inferred Ressources“ der Lagerstätte Admiral Bay. 80
Tab. 2.5.11: Ressourcen der Lagerstätte Abra. 81
Tab. 2.5.12: Reserven und Ressourcen der Lagerstätte Sorby Hills. 81
Tab. 2.5.13: Reserven und Ressourcen der Lagerstätte Broken Hill. 82
Tab. 2.5.14: Reserven und Ressourcen der Lagerstätte Rasp. 82
Tab. 2.5.15: Ressourcen der Lagerstätte Endeavour. 83
Tab. 2.5.16: Ressourcen der Lagerstätte Bowdens. 83
Tab. 2.5.17: Ressourcen der Lagerstätte Kempfield. 84
Tab. 2.5.18: Gesamtressourcen des Projektes Woodlawn. 86
Tab. 2.5.19: Ressourcen des Erzkörpers Woodlawn. 86
Tab. 2.5.20: Ressourcen der Aufbereitungsabgänge des Haldenprojektes Woodlawn. 86
Tab. 2.5.21: Reserven und Ressourcen und der Lagerstätte Rosebery. 87

Tab. 2.5.22:	Ressourcen der Aufbereitungsrückstände des Haldenprojektes Hellyer.	87
Tab. 2.5.23:	Ressourcen der Lagerstätte Angas.	88
Tab. 2.5.24:	Ressourcen des Vorkommens Menninnie Dam.	88
Tab. 2.5.25:	Ressourcen des Explorationsprojekts Flinders.	89
Tab. 2.5.26:	Reserven und Ressourcen des Projektes Stockman.	90
Tab. 2.5.27:	Übersicht der Zink-, Blei- und Silberhütten in Australien.	91
Tab. 2.5.28:	Größeneinteilung der Lagerstätten basierend auf Metallinhalt.	93
Tab. 2.5.29:	Typische Gehalte von Rohstoffen in Lagerstätten.	93
Tab. 2.5.30:	Übersicht australischer Blei-, Zink- und Silberagerstätten.	94
Tab. 2.11.1:	Chemische Zusammensetzung des Rückstandes.	147
Tab. 2.11.2:	Spezifikationen der geplanten Graphitproduktion aus dem Uley Pit #2.	148
Tab. 2.11.3:	Größenverteilung der Graphitflocken in Kookaburra Gully.	149
Tab. 2.11.4:	Korngrößenverteilung des in Aufbereitungsversuchen erhaltenen Flockengraphits im Projekts McIntosh.	150
Tab. 2.11.5:	Gehalte und Ressourcen bedeutender Graphitlagerstätten Australiens.	152
Tab. 2.12.1:	Ausgewählte Buntmetalllagerstätten und -vorkommen mit ausgewiesenen In-Gehalten in Australien.	156
Tab. 2.12.2:	Reserven und Ressourcen ausgewählter Buntmetalllagerstätten mit ausgewiesenen In-Gehalten in Australien.	159
Tab. 2.14.1:	Chemische Analyse eines Streichkaolins von Gabbin.	171
Tab. 2.14.2:	Kaolin-Ressourcen („Inferred“) des Sandy Ridge-Projekts.	172
Tab. 2.16.1:	Übersicht über die Ressourcen und Durchschnittsgehalte der Teilvorkommen der Leigh Creek-Magnesitlagerstätte.	186
Tab. 2.17.1:	Ausgewählte Manganlagerstätten in Australien.	193
Tab. 2.17.2:	Spezifikationen der Manganerzkonzentrate von Pilbara Manganese Pty Ltd.	196
Tab. 2.17.3:	Spezifikationen der Manganerzkonzentrate von GEMCO.	198
Tab. 2.17.4:	Ausgewählte Manganlagerstätten in Australien mit ausgewiesenen Reserven und Ressourcen.	200
Tab. 2.18.1:	Technische Gesteinsparameter ausgewählter, von Melocco Stone Pty Ltd. abgebauter bzw. vertriebener australischer Granite.	208
Tab. 2.19.1:	Ausgewählte australische Nickelvorkommen.	220
Tab. 2.19.2:	Ausgewählte australische Nickelvorkommen mit ausgewiesenen Reserven und Ressourcen.	235
Tab. 2.20.1:	Vergleich der Quarzsande von Cape Flattery und Shelburne Bay.	246
Tab. 2.20.2:	Chemie und Korngrößenverteilung aufbereiteter Quarzsande aus Lexia, Mindijup und Wellesley.	252
Tab. 2.20.3:	Chemismus des Quarzsandes und des Quarzgesteins von Maydena.	256
Tab. 2.21.1:	Ressourcen der Lagerstätten Lucknow, Greenvale und Kokomo.	261
Tab. 2.21.2:	Ressourcen der Lagerstätte Owendale, New South Wales.	265
Tab. 2.22.1:	Variation in der chemischen Zusammensetzung einzelner Monazit- und Xenotim-Körner aus Schwermineralkonzentraten Westaustraliens.	272
Tab. 2.22.2:	Gehalte und Verteilung von SEO, U_3O_8 und ThO_2 in den SE-Lagerstätten Australiens, nach Angaben der Lizenzinhaber.	278
Tab. 2.23.1:	Gehalte, Ressourcen und Reserven von Tantallagerstätten Australiens.	286
Tab. 2.24.1:	Ausgewählte Vanadiumlagerstätten in Australien.	289
Tab. 2.24.2:	Ressourcen des Projekts Speewah.	294

Tab. 2.24.3: Ausgewählte Vanadiumlagerstätten in Australien mit ausgewiesenen Reserven und Ressourcen. 297
Tab. 2.25.1: Vermiculitspezifikation der Mud Tank Lagerstätte. 304
Tab. 2.25.2: Einteilung geblähter Vermiculitaggregate nach Korngröße und Schüttdichte. 305
Tab. 2.26.1: Ausgewählte Wolframvorkommen in Australien. 310
Tab. 2.26.2: Ausgewählte Wolframlagerstätten in Australien mit ausgewiesenen Reserven und/oder Ressourcen. 320
Tab. 2.27.1: Gehalte, Ressourcen und Reserven von Zinnlagerstätten Australiens. 336

Zusammenfassung

Australien zählt zu den rohstoffreichsten Ländern der Erde und wird auch in Zukunft eine führende Rolle bei der Rohstoffproduktion und als Rohstoffanbieter auf dem Weltmarkt einnehmen. Im vorliegenden Handbuch werden die Investitions- und Lieferpotenziale von ausgewählten Rohstoffen, 15 Metallen, zwölf Industriemineralen sowie von ausgewählten Natur- und Farbedelsteinen, in Australien dargestellt. Hauptkriterien für die Auswahl waren potenzielle Preis- und Lieferrisiken sowie hohe Importanteile aus dem Land. Da der Schwerpunkt auf den nicht-energetischen mineralischen Rohstoffen liegt, findet Kohle in diesem Handbuch keine Berücksichtigung. Die Eisenerzimporte aus Australien sind in den letzten 15 Jahren kontinuierlich zurückgegangen. Auch zukünftig werden keine nennenswerten Einfuhren mehr erwartet. Daher wurde auch Eisenerz nicht näher untersucht.

Neben den Rohstoffpotenzialen werden die politischen, rechtlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für ein Engagement deutscher Unternehmen im australischen Rohstoffsektor aufgezeigt. Insgesamt ist festzustellen, dass Australien deutschen Unternehmen vielfältige Investitionspotenziale und Möglichkeiten zur weiteren Bezugsquellendiversifizierung für einen großen Teil der hier untersuchten Rohstoffe bzw. Rohstoffgruppen bietet. Die wichtigsten Ergebnisse werden nachfolgend rohstoffbezogen kurz zusammengefasst.

Das Land ist ein wichtiger Produzent von **Antimon**, **Bismut**, **Blei**, **Lithium**, **Mangan**, **Nickel**, **Seltenen Erden (SE)**, **Silber**, **Tantal**, **Wolfram**, **Zink** und **Zinn**. Es wird diese Rohstoffe dem Weltmarkt auch in Zukunft als Erz oder Konzentrat und teilweise als Raffinademetall zur Verfügung stellen können. Die DERA erwartet, dass sich durch die Entwicklung neuer Rohstoffprojekte mittel- bis langfristig neue Produzenten als alternative Lieferanten für diese Metalle am Markt etablieren werden. In diesem Bereich bieten sich deutschen Investoren vielfältige Möglichkeiten für ein Engagement im australischen Rohstoffsektor.

In den letzten Jahren hat sich Australien nach China und der Russischen Föderation zu einem der wichtigsten Bergbauförderländer von **Antimon** entwickelt. Die gesamte Produktion des Landes stammt dabei aus nur zwei Lagerstätten. Die geförderten Konzentrate werden derzeit nach China und in die USA exportiert. Die darüber hinaus untersuchten Projekte sind durch frühe Explorationsstadien mit geringen Ressourcen gekennzeichnet. Eine Investition in diese Projekte kann zu diesem Zeitpunkt nicht empfohlen werden.

Bis 1986 galt Australien als eines der größten Bergbauförderländer von **Bismut**, doch werden seit vielen Jahren keine Produktionszahlen mehr publiziert, weder von staatlichen australischen Stellen noch von den (vermutlich) produzierenden Firmen bzw. Hütten. Ein Engagement in die Erzeugung von Bismutmineralkonzentraten ist sowohl in Queensland und im Northern Territory als auch, langfristig, in Tasmania vorstellbar.

Blei, **Zink** und **Silber** werden derzeit aus zehn australischen Bergwerken gefördert. Aufgrund seiner weltweit bedeutenden Reserven wird das Land auch langfristig einer der größten Produzenten für diese Metalle bleiben. Neben Hunderten bekannter Vorkommen befinden sich derzeit 13 Lagerstätten im Feasibility-Stadium. Weitere Vorkommen sind im fortgeschrittenen Explorationsstadium dokumentiert und eignen sich unter anderem aufgrund ihrer mittelgroßen bis sehr großen Metallinhalte für eine weiterführende Prüfung.

Australien ist nach Chile der weltweit zweitgrößte **Lithium**produzent. Die gesamte Produktion stammt aus Western Australia. Alle anderen derzeit bekannten Vorkommen sind deutlich geringhaltiger und bei den derzeit niedrigen Lithiumpreisen mit den wesentlich günstiger abzubauenden südamerikanischen Salzseen nicht konkurrenzfähig.

Die weltweite Versorgung mit den Stahlveredlern **Mangan**, **Nickel** und **Wolfram** hängt zu einem großen Teil von der australischen Produktion ab. Neben den drei in Abbau stehenden **Mangan**lagerstätten existiert eine Vielzahl an Manganvorkommen, von denen 16 näher betrachtet wurden. Lediglich ein Vorkommen empfehlen wir für eine vertiefte Investitionsprüfung.

Australien ist nach den Philippinen, der Russischen Föderation und Kanada der viertgrößte **Nickel**produzent und verfügt weltweit über die größten Nickelressourcen. Von den mehr als 300 bekannten Projekten werden insgesamt 29 ausgewählte Nickellagerstätten und -vorkommen, von denen 14 in Abbau stehen und die restlichen 15 in der Projektentwicklung sehr weit fortgeschritten sind, näher beschrieben. Vor dem Hintergrund der aktuell angespannten Preissituation können zwei Nickelsulfidlagerstätten für eine detaillierte Investitionsprüfung empfohlen werden. Aus dem seit dem Jahr 2014 in Indonesien bestehenden Exportverbot für Nickellateriterze kann gegebenenfalls auch eine Wiederbelebung aktuell gestundeter Projekte in Australien abgeleitet werden.

Drei der insgesamt 26 näher betrachteten australischen **Wolfram**lagerstätten stehen aktuell in Abbau. Diese eignen sich neben zwei weiteren Vorkommen grundsätzlich für eine weiterführende vertiefte Investitionsprüfung.

Im Rahmen der weltweiten intensiven Suche nach **Seltenerdvorkommen** in den letzten Jahren wurden auch in Australien Dutzende Vorkommen (wieder)entdeckt, exploriert und näher beschrieben. Nur wenige dieser Vorkommen besitzen jedoch eine wirtschaftliche Bedeutung. Deutsche Verbraucher von leichten SE können diese von Lynas Corporation Ltd. beziehen. Unternehmen, die schwere SE benötigen, finden in zwei Festgesteinsprojekten Investitionsmöglichkeiten. Beide weisen jedoch bei begrenzten Vorräten einen hohen Investitionsbedarf auf. Alternativ wird im entsprechenden Kapitel dieses Handbuchs eine einfachere und wesentlich kostengünstigere Strategie, basierend auf der Nutzung von Xenotim, empfohlen.

Aufgrund der derzeit niedrigen **Tantal**preise konnte keine der 22 näher betrachteten Tantallagerstätten als wirtschaftlich abbaubar bewertet werden. Mit steigenden Preisen dürfte vermutlich zuerst die derzeit gestundete Lagerstätte Wodgina wieder in Produktion gehen. Zusätzlich könnte vergleichsweise kurzfristig auch die Lagerstätte Greenbushes reaktiviert werden.

Nur die tasmanische **Zinn**lagerstätte Renison Bell steht derzeit in Abbau. Von den insgesamt 40 betrachteten Zinnvorkommen empfehlen wir derzeit vier Vorkommen für eine Investition.

In Australien werden derzeit weder **Indium** oder **Scandium** noch **Vanadium** gefördert, obwohl einige in diesem Handbuch ausgewählte Lagerstätten bei höheren Metallpreisen durchaus das Potenzial für einen wirtschaftlichen Betrieb haben und die Produktion in einigen Fällen auch kurzfristig wieder aufgenommen werden kann.

Für die insgesamt zwölf untersuchten **Industrieminerale/Industriemineralgruppen** existieren derzeit nur begrenzt neue Investitions- und Lieferpotenziale in bzw. aus Australien. Es werden unter anderem **Bentonit**, **Gips**, **Graphit**, **Kaolin**, **Magnesit**, **Schwerspat** und **Quarzsand** im Land gewonnen. Deutsche Abnehmer, die Bedarf an diesen Industriemineralen haben, finden hierfür bestehende Lieferanten. Zudem existieren in diesem Bereich vielfältige Möglichkeiten für ein Engagement deutscher Unternehmen.

In Australien werden derzeit weder **Flussspat**, **Kalisalz**, **Vermiculit** noch **Borate** gefördert und keine Technologiefüllstoffe produziert. Neue aussichtsreiche Lieferpotenziale, die kurzfristig entwickelt werden könnten, sind für diese Industrieminerale auf Basis der vorliegenden Informationen derzeit nicht identifizierbar.

In allen Bundesstaaten werden **Naturwerksteine**, größtenteils für den heimischen Markt, gewonnen. Für dieses Handbuch wurden ausschließlich diejenigen australischen Naturwerksteine berücksichtigt, die aufgrund ihrer speziellen Eigenschaften, vor allem Farbe, Struktur und Textur, auch für den Export nach Deutschland geeignet sind. Dies sind vor allem Granite, für die Investitionsmöglichkeiten und auch neue Lieferpotenziale im Land existieren.

Die wirtschaftlich bedeutendsten **Farbedelsteine** in Australien sind Opal und Saphir. Potenziellen Investoren, die ein Engagement in der Edelsteinförderung erwägen, wird empfohlen, sich intensiv mit den Gegebenheiten der einzelnen Edelsteinfelder auseinanderzusetzen.

1 Einführung und Hintergrund

(Siyamend Al Barazi)

Für die deutsche Wirtschaft ist eine sichere und nachhaltige bedarfsgerechte Rohstoffversorgung von grundlegender Bedeutung. Bei einer Vielzahl von Rohstoffen, insbesondere bei Energierohstoffen, aber auch bei zahlreichen Metallen und Industriemineralen, ist Deutschland auf Rohstoffimporte und damit auf einen funktionierenden Welthandel angewiesen.

Im Jahr 2014 importierte Deutschland Rohstoffe (metallische, nicht-metallische Rohstoffe sowie Energierohstoffe) im Gesamtwert von 123,1 Mrd. Euro. Der größte Teil der Importausgaben entfiel auf die Energierohstoffe (66,5 %), gefolgt von den NE-Metallen (14,8 %), Metallen der Eisen- und Stahlindustrie, inklusive Stahlveredler (9,2 %) und Edelmetallen (7,4 %) (BGR 2015a).

Mengenmäßig stammten 56,2 % der Rohstoffimporte aus Europa (inklusive der Russischen Föderation), gefolgt von Südamerika (14,7 %), Nordamerika (8,6 %), Asien (6,2 %) und Australien/Ozeanien (2,6 %) (BGR 2015a).

Um die deutsche Wirtschaft hinsichtlich einer sicheren und nachhaltigen Rohstoffversorgung zu unterstützen, untersucht die Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) weltweit neue Investitions- und Lieferpotenziale. In Zusammenarbeit mit den Auslandshandelskammern (AHK) und Germany Trade & Invest (GTAI) wurden bisher Übersichtsstudien zu den Möglichkeiten für ein Engagement deutscher Unternehmen im Rohstoffsektor der Länder Chile, Kanada, Russland, Australien, Südafrika, Peru und Brasilien erstellt. Darüber hinaus sind bereits „*Investor´s Guides*“ für ausgewählte Rohstoffe in den Ländern Tansania, Mongolei, Kasachstan und Südafrika erschienen; auch das Rohstoffpotenzial der Arktis wurde untersucht.

Bereits im Juni 2011 unterschrieben die Regierungen Deutschlands und Australiens eine gemeinsame Erklärung zur Zusammenarbeit im Rohstoff- und Energiebereich. Sie sieht unter anderem die Untersuchung von Handels- und Investitionsmöglichkeiten für australische und deutsche Unternehmen vor.

Vor diesem Hintergrund werden im Rahmen des vorliegenden Handbuchs die Investitions- und Lieferpotenziale von insgesamt 15 Metallen, zwölf Industriemineralen sowie von ausgewählten Natur- und Farbedelsteinen in Australien untersucht, die relevant für den Industriestandort Deutschland sind. Damit leistet die DERA einen Beitrag zur besseren Information deutscher Unternehmen im Bereich der Rohstoffversorgung. Gleichzeitig werden Unternehmensentscheidungen hinsichtlich des Rohstoffeinkaufs und möglicher Investitionen flankiert.

Für eine Vielzahl der insgesamt 29 untersuchten Rohstoffen bzw. Rohstoffgruppen bietet Australien als eines der rohstoffreichsten Länder der Erde interessante Investitionsmöglichkeiten sowie Potenziale zur weiteren Bezugsquellendiversifizierung für deutsche Abnehmer.

Australien wird auch in Zukunft eine führende Rolle bei der Rohstoffproduktion und als Rohstoffanbieter auf dem Weltmarkt einnehmen.

1.1 Länderprofil

Geographie

Australien ist mit einer Fläche von etwa 7,7 Mio. km^2 der kleinste Kontinent der Erde (Abbildung 1.1.1). Flächenmäßig ist das Land fast 22-mal so groß wie Deutschland. Die Ost-West-Ausdehnung beträgt ca. 4.000 km, die Nord-Süd-Ausdehnung ca. 3.700 km. Die zentrale Landmasse umfasst eine Küstenlänge von ca. 36.735 km und lässt sich grob in drei geographische Großräume gliedern:

- Ostaustralisches Hochland
- Mittelaustralisches bzw. Zentrales Tiefland/Becken
- Westaustralisches Tafelland

Das **ostaustralische Hochland** erstreckt sich von Cape York im Norden von Queensland über 4.000 km bis zur Bass Strait, die die Hauptlandmasse Australiens im Süden von Tasmania trennt. Die Höhenzüge der Great Dividing Range erstrecken sich von der Nordspitze Queenslands entlang der gesamten Ostküste über ca. 3.000 km durch New South Wales und Victoria bis nach Tasmania. Ihr sind Küstenstreifen unterschiedlicher Breite

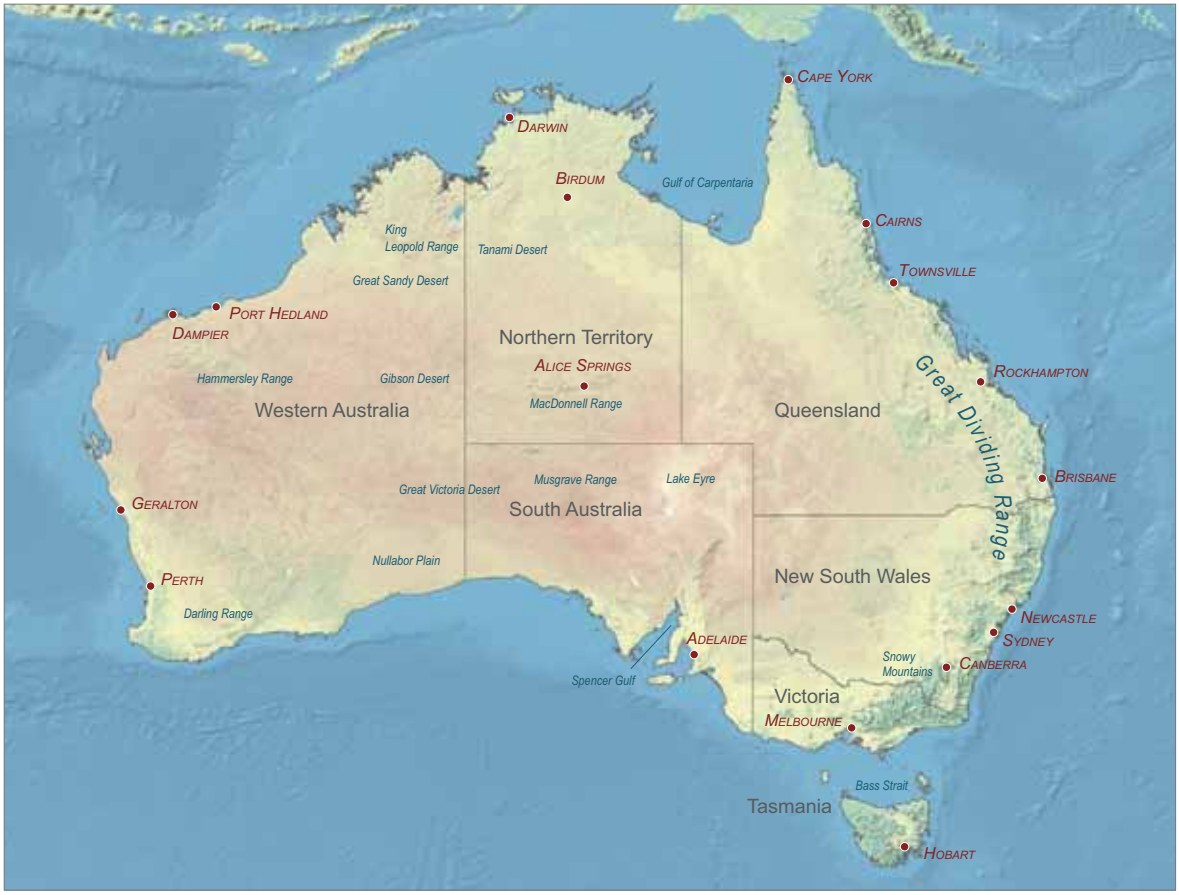


Abb. 1.1.1: Übersichtskarte Australien (BGR, nach Esri 2015).

vorgelagert – im Süden von Queensland bis zu 160 km, im südlichen New South Wales bisweilen nur 1,5 km. Innerhalb der Snowy Mountains, südwestlich von Canberra, die Teil der Great Dividing Range sind, befinden sich mit Mount Kosciuszko (2.228 m) und Mount Townsend (2.209 m) die höchsten Berge des Landes. Nach Osten fällt das Faltengebirge zur Küstenebene ab, im Westen geht es in das **Mittelaustralische bzw. Zentrale Tiefland/Becken** über. Dieses reicht vom Gulf of Carpentaria im Norden bis zum Spencer Gulf im Süden und wird im Westen durch den Westaustralischen Schild (Tafelland) begrenzt. Die insgesamt zehn australischen Wüsten erstrecken sich über große Teile des Beckens, teilweise bis weit in das **Westaustralische Tafelland** hinein und nehmen 18 % (etwa 1,37 Mio. km^2) der Fläche des Landes ein. Die Great Victoria Desert erstreckt sich mit 348.750 km^2 (4,5 % der Gesamtfläche) über Western und South Australia, gefolgt von der Great Sandy Desert in Western Australia und dem Northern Territory (3,5 % der Gesamtfläche) sowie der Tanami Desert (2,4 % der Gesamtfläche) im Northern Territory und Western Australia (Geoscience Australia 2015a). Der tiefste Punkt im Zentralen Becken mit 17 m unter Normalnull ist der Lake Eyre im Norden von South Australia. Zahlreiche Flüsse, die an den Westausläufern der Great Dividing Range entspringen, münden in dieses abflusslose Becken. Im Süden schließen sich die Ebenen des Darling- und Murray-Rivers an. Der Murray River ist mit ca. 2.508 km der längste Fluss des Kontinents und die wichtigste Trinkwasserquelle Südaustraliens. Das **Westaustralische Tafelland** steigt an der Westküste langsam bis auf Höhen zwischen ca. 300 m und 500 m an und erstreckt sich über den gesamten westlichen Teil des Kontinents. Es besteht aus riesigen Ebenen, die relativ zueinander gehoben oder gesenkt worden sind. Zu den Ebenen zählen unter anderem die Great Sandy-, Gibson- und Great Victoria-Desert sowie die Nullarbor Plain, ein ca. 200.000 km^2 großes Kalksteinplateau südlich der Great Victoria Desert. Zu den Hochplateaus zählen beispielsweise die MacDonnell-, Musgrave-, Darling-, King Leopold- und Hamersley-Ranges.

Klima

Vereinfacht lässt sich das Klima des Landes in sechs unterschiedliche Klimazonen gliedern (Abbildung 1.1.2).

Die tropische bis äquatoriale Klimazone im Norden ist durch feucht-heiße Temperaturen im Sommer (November bis April) und warme Temperaturen im Winter (Mai bis Oktober) geprägt. In Darwin beträgt die jährliche durchschnittliche Tageshöchsttemperatur 32 °C, die durchschnittliche Tagestiefsttemperatur 23 °C (Bureau of Meteorology 2015a). Im Sommerhalbjahr treten Nordwestmonsune, starke Regenfälle und Zyklone auf, die großflächige Überschwemmungen bewirken können (Regenzeit). Die subtropischen Klimazonen sind entlang schmaler Küstenstreifen in Queensland und Western Australia ausgeprägt (Abbildung 1.1.2) und durch gemäßigtere Temperaturen und Niederschläge als in der tropischen Klimazone gekennzeichnet. In Brisbane beträgt die jährliche durchschnittliche Tageshöchsttemperatur 26,5 °C, die durchschnittliche Tagestiefsttemperatur 16,3 °C (Bureau of Meteorology 2015a). Der Großteil des zentralen Kontinents (Outback) ist durch arides und semiarides Klima mit hohen Tagestemperaturen und sehr geringen Niederschlägen geprägt. Insbesondere im Outback fallen die seltenen Niederschläge erfahrungsgemäß kurz, aber sehr ergiebig aus. Dies kann in der Regenzeit kurzfristig zu überschwemmten und damit nicht passierbaren Straßen und Pisten führen. Die gemäßigten Zonen im Südosten und Südwesten des Landes sind überwiegend durch heiße Sommer und milde Winter geprägt.

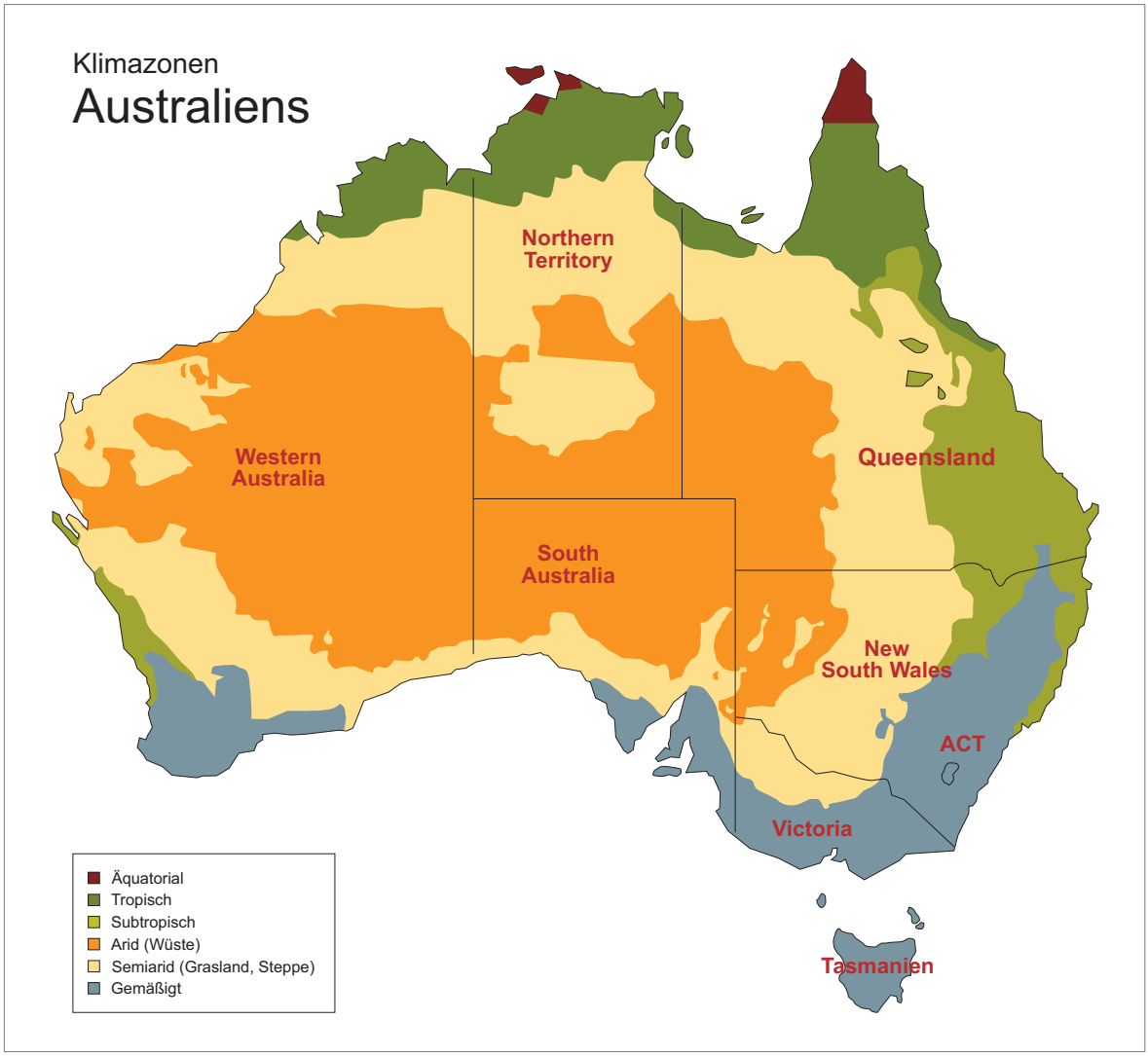


Abb. 1.1.2: Klimazonen in Australien (Nobeltripe 2012).

Weltkulturerbestätten und Schutzgebiete

Australien verfügt über 19 Weltkultur- bzw. Weltnaturerbestätten (UNESCO 2015). Des Weiteren gibt es im Land über 500 Nationalparks, deren Fläche knapp 4 % der Gesamtfläche des Landes umfasst. Weitere 6 % der Landesfläche sind als Parks, Staatsforste und Naturschutzgebiete geschützt (AUSTRALIAN GOVERNMENT 2015). Explorationsarbeiten und bergbauliche Aktivitäten werden in diesen Gebieten und in den Weltnaturerbestätten grundsätzlich nicht genehmigt. Ausführliche Hintergrundinformationen über die australischen Nationalparks und Naturschutzgebiete sind in Tabelle 1.1.1 zusammengefasst.

Australien hat das weltweit größte Netz von Meeresschutzgebieten (DEPARTMENT OF THE ENVIRONMENT 2015). Die Gesamtfläche umfasst knapp 2,8 Mio. km². Ansprechpartner für Rückfragen zu den ausgewiesenen Meeresschutzgebieten ist das *Department of the Environment* (Tabelle 1.1.2).

Bevölkerung

Im März 2015 lebten insgesamt rund 23,7 Mio. Menschen in Australien (Tabelle 1.1.3), davon knapp 57 % in New South Wales und Victoria. Das Northern Territory hat mit 244.000 Einwohnern den geringsten Anteil an der Gesamtbevölkerung (AUSTRALIAN BUREAU OF STATISTICS 2015a).

Im Jahr 2014 lebten 66,5 % der australischen Gesamtbevölkerung in den acht größten Städten des Landes und in deren Einzugsgebieten (inklusive Australian Capital Territory). Knapp 40 % der australischen Bevölkerung lebten im Jahr 2014 in Sydney und Melbourne sowie in den Einzugsgebieten um diese beiden Städte, gefolgt von Greater Brisbane (9,7 %), Greater Perth (8,6 %) und Greater Adelaide (5,6 %).

28,1 % (ca. 6,6 Mio. Menschen) der australischen Bevölkerung sind im Ausland geboren; knapp 130.000 (0,5 %) davon sind gebürtige Deutsche. Im Fiskaljahr 2013/2014 migrierten 212.700 Men-

Tab. 1.1.1: Informationen zu geschützten Nationalparks und Naturschutzgebieten in den einzelnen Bundesstaaten und Territorien (AUSTRALIAN GOVERNMENT 2015).

Bundesstaat/Territory	Informationsquelle
Queensland	http://www.nprsr.qld.gov.au/parks/index.php
New South Wales	http://www.nationalparks.nsw.gov.au/conservation-and-heritage/national-parks
Australian Capital Territory	http://www.tams.act.gov.au/parks-conservation/parks-and-reserves/find-a-park
Victoria	http://parkweb.vic.gov.au/explore/find-a-park/national-and-state-parks
Northern Territory	http://www.parksandwildlife.nt.gov.au/
South Australia	http://www.environment.sa.gov.au/parks/Find_a_Park
Western Australia	http://parks.dpaw.wa.gov.au/park-finder
Tasmania	http://www.parks.tas.gov.au/index.aspx?base=236

Tab. 1.1.2: Übersicht über die ausgewiesenen australischen Meeresschutzgebiete (DEPARTMENT OF THE ENVIRONMENT 2015).

Name	Informationsquelle
North-West Network	http://www.environment.gov.au/topics/marine/marine-reserves/north-west
North Network	http://www.environment.gov.au/topics/marine/marine-reserves/north
Coral Sea Reserve	http://www.environment.gov.au/topics/marine/marine-reserves/coral-sea
Temperate East Network	http://www.environment.gov.au/topics/marine/marine-reserves/temperate-east
South-East Network	http://www.environment.gov.au/topics/marine/marine-reserves/south-east
South-West Network	http://www.environment.gov.au/topics/marine/marine-reserves/south-west

Tab. 1.1.3: Verteilung der australischen Bevölkerung im März 2015 (Australian Bureau of Statistics 2015a).

Bundesstaat/ Territory	Einwohner [in 1.000]	Anteil der Gesamtbevölkerung [%]
New South Wales	7.596,6	32,0
Victoria	5.914,9	24,9
Queensland	4.766,7	20,1
Western Australia	2.587,0	10,9
South Australia	1.696,2	7,2
Tasmania	516,1	2,2
Northern Territory	243,8	1,0
Australian Capital Territory	389,7	1,6
Australien Gesamt[1)]	**23.714,3**	**100,0**

[1)] *inklusive Jervis Bay Territory, Christmas Island und Cocos (Keeling) Islands.*

schen nach Australien und damit 9,7 % weniger als im vorangegangenen Zeitraum (Australian Bureau of Statistics 2015b).

2011 wurden knapp 670.000 Aborigines und Torres-Strait-Insulaner im Land gezählt. Sie stellen ca. 3 % der Gesamtbevölkerung. Der Großteil lebt mit 208.500 in New South Wales, gefolgt von Queensland (189.000) und Western Australia (88.300). Mit 68.850 Einwohnern stellen diese beiden Bevölkerungsgruppen knapp 30 % der Bevölkerung im Northern Territory (Australian Bureau of Statistics 2013).

1.2 Infrastruktur

In Australien wird der Großteil des Güterverkehrs über Straße, Schiene und über die Häfen abgewickelt. Aufgrund der großen Entfernungen innerhalb des Landes spielt der Luftverkehr für den Personentransport eine wichtige Rolle.

Australien verfügt über mehr als 600 Flughäfen. Hierunter fallen internationale-, inländische-, pri-

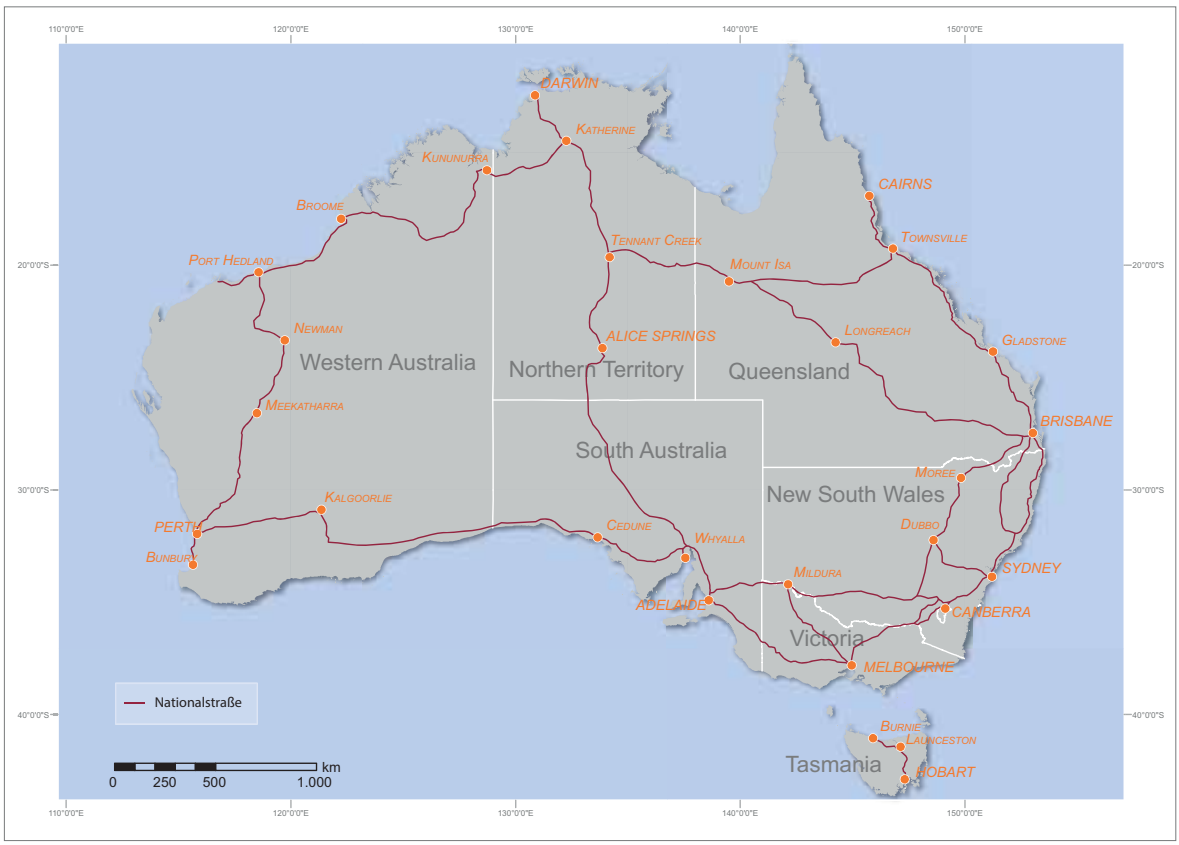


Abb. 1.2.1: Hauptstraßennetz in Australien (BGR, nach Bitre 2014).

vate- und Militärflughäfen (PROKERALA 2015). Das Land hat sieben ausgewiesene internationale Flughäfen und weitere elf, die unter bestimmten Voraussetzungen für internationale Flüge zur Verfügung stehen können (DEPARTMENT OF INFRASTRUCTURE AND REGIONAL DEVELOPMENT 2015). Im Fiskaljahr 2014/2015 betrug das Passagieraufkommen 147,4 Mio. Fluggäste und stieg damit um knapp 50 % gegenüber dem Zeitraum 2004/2005 (BITRE 2015).

Die Wasser- und Stromversorgung ist überwiegend dezentral organisiert.

Straßennetz

Das australische Straßennetz umfasste im Jahr 2013 insgesamt 873.000 km, wovon 144.000 km auf städtische Räume und 729.000 km auf weniger erschlossene Gebiete im Hinterland entfielen (BITRE 2014).

Die Abbildung 1.2.1 zeigt ausschließlich das Hauptstraßennetz des Landes (National Road Network, BITRE 2014). Detaillierte Informationen zum Straßennetz der einzelnen Bundesstaaten und Territorien stellt das *Department of Infrastructure and Regional Development* kostenfrei auf seiner Homepage zur Verfügung. Ein Großteil des zentralen Kontinents ist nicht an das reguläre Straßennetz angebunden. Insbesondere die zentralen Gebiete im Northern Territory, Western Australia und South Australia sind zum Großteil nur über unbefestigte Straßen zu erreichen.

Eine Übersicht über sämtliche Infrastrukturprojekte (hierunter fallen unter anderem auch Infrastrukturmaßnahmen zur Wasser- und Stromversorgung und die Modernisierung von Krankenhäusern) im Land wird von NICS (*National Infrastructure Construction Schedule*) zusammengestellt (NICS 2015).

Schienennetz

Das australische Schienennetz umfasste im Jahr 2013 insgesamt 32.800 km (BITRE 2014). Stillgelegte Streckenabschnitte und das ca. 4.000 km umfassende Streckennetz für den Zuckerrohr-

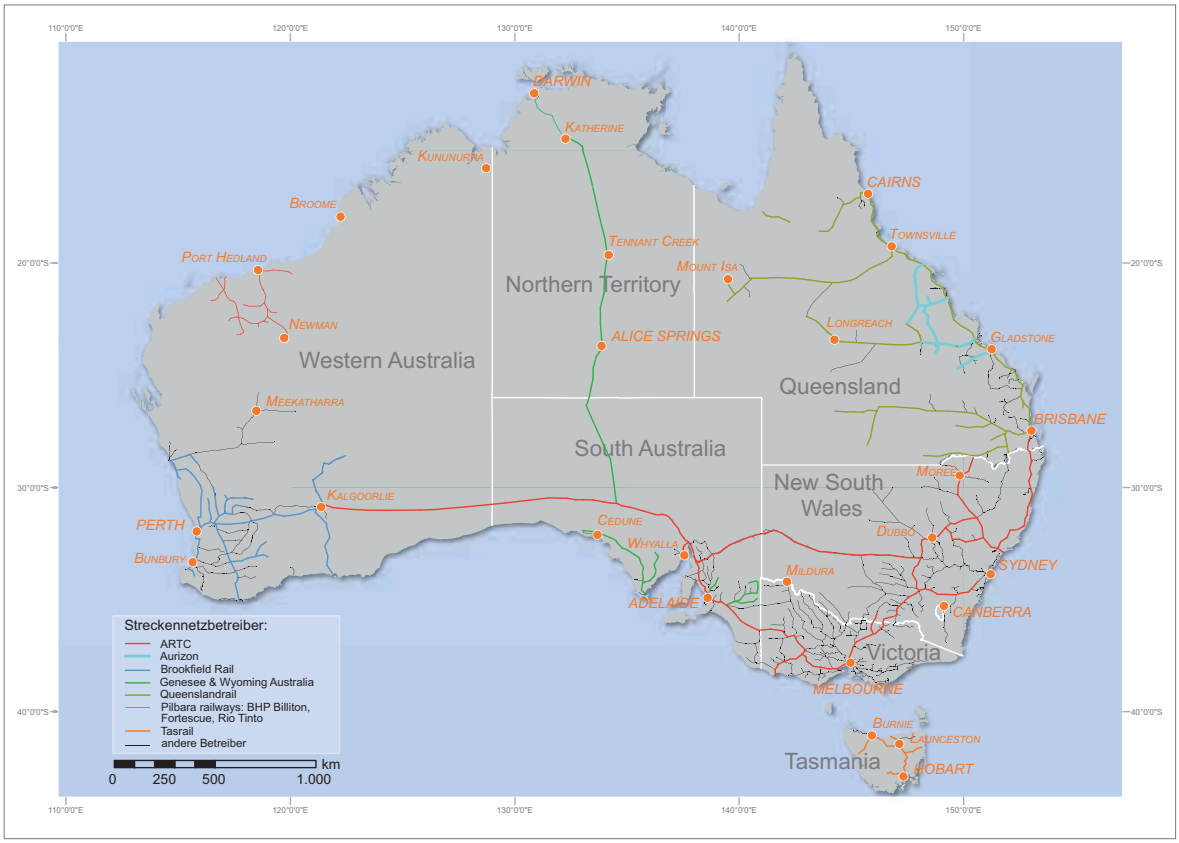


Abb. 1.2.2: Hauptschienennetz in Australien (BGR, nach BITRE 2014).

transport („sugar cane railway“) in Queensland sind darin nicht berücksichtigt.

Die Abbildung 1.2.2 zeigt die im Juli 2014 in Betrieb befindlichen Streckenabschnitte und die Betreiber der größten Streckenabschnitte (BITRE 2014). Die Streckennetze der Bergbauunternehmen BHP Billiton, Rio Tinto, Fortescue und Roy Hill in der Pilbara-Region dienen dem Eisenerztransport zu den Häfen Port Hedland, Dampier und Cape Lampert.

Das Unternehmen Aurizon Holdings Ltd. (ehemals Güterverkehrsparte von Queensland Rail) betreibt unter anderem in Queensland das *Central Queensland Coal Network* (CQCN) und damit das längste Streckennetz für den Kohleexport im Land (AURIZON LTD 2015). Das Kerngeschäft von Queensland Rail ist mittlerweile der Personenverkehr in Queensland (QUEENSLAND RAIL 2015).

Die Australian Rail Track Corporation Ltd. (ARTC) verwaltet derzeit ein Streckennetz mit über 8.500 km in South Australia, Victoria, Western Australia, Queensland und New South Wales (ARTC 2015).

Im Jahr 2010 hat Genesee & Wyoming Australia Pty Ltd. (GWA) den 2.200 km langen Streckenabschnitt zwischen Darwin und Tarcoola erworben und verwaltet seitdem ein Streckennetz von knapp 5.000 km in South Australia und im Northern Territory (GWA 2015). GWA transportiert auf seinen Strecken unter anderem Getreide, Stahl und Gips.

Im südlichen Teil von Western Australia betreibt Brookfield Rail Pty Ltd. auf einem Streckennetz von ca. 5.500 km Personen- und Güterverkehr (BROOKFIELD RAIL PTY LTD. 2015).

Häfen

Australien exportierte im Fiskaljahr 2013/14 Waren im Gesamtwert von 332 Mrd. A$ (DEPARTMENT OF INDUSTRY 2014). Davon entfielen 58,6 % (194,6 Mrd. A$) auf den Rohstoffexport (metallische, nicht-metallische und Energierohstoffe). Die Gesamtmenge der im- und exportierten internationalen Seefracht belief sich im Fiskaljahr 2012/13 auf knapp 1,2 Mrd. t, wovon 1,1 Mrd. t in großen Mengen (bulk) verschifft wurde (BITRE 2014). Die

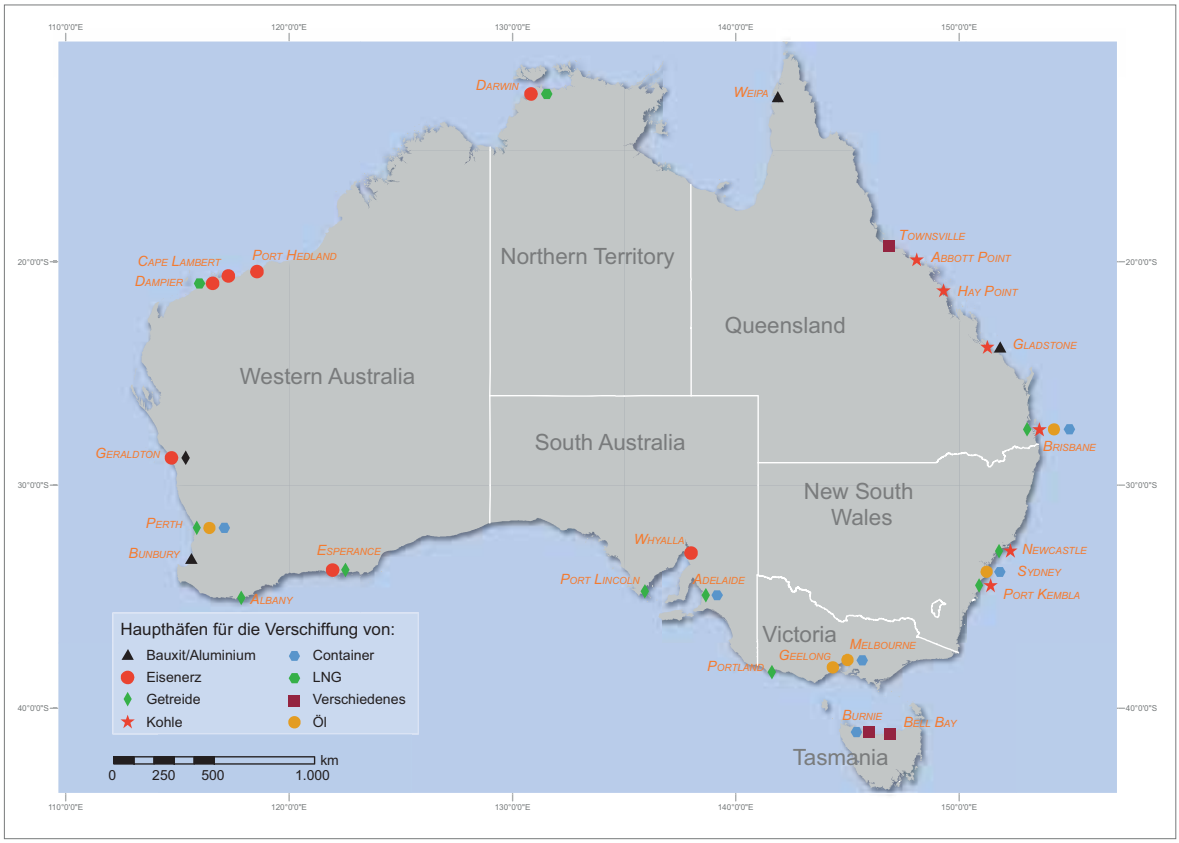


Abb. 1.2.3: Wichtige Exporthäfen in Australien (BGR, nach BITRE 2014).

größten Mengen wurden im Fiskaljahr 2013/14 über die Häfen in Western Australia (633 Mio. t), Queensland (238 Mio. t) und New South Wales (173 Mio. t) exportiert (Abbildung 1.2.3).

Wasser

Die Wasserversorgung in den Bundesstaaten und Territorien liegt in der Verantwortung verschiedener Regierungseinrichtungen, Behörden und Versorgungsunternehmen. Das Australian Government – National Water Market (2015) liefert einen umfangreichen Überblick über den nationalen Wassermarkt des Landes, die entsprechenden Regularien der einzelnen Bundesstaaten und Territorien sowie deren zuständige Ansprechpartner. Die zuständigen Hauptansprechpartner für die Wasserverwaltung der Bundesstaaten und Territorien sind in Tabelle 1.2.1 zusammengefasst. Weitere Details stellt das Bureau of Meteorology (2015b) zur Verfügung.

Im Fiskaljahr 2013/14 lag der Gesamtwasserverbrauch in Australien bei 18.644 Mio. m^3. Hiervon wurden rund 90 % von der Industrie und rund 10 % durch private Haushalte verbraucht. Mit über 62 % war die Landwirtschaft der mit Abstand größte Nutzer. Der Bergbausektor verbrauchte 652 Mio. m^3 (3,5 %); hiervon entfiel mit 271 Mio. m^3 der größte Anteil auf Western Australia, gefolgt von Queensland (149 Mio. m^3) und New South Wales (110 Mio. m^3) (Australian Bureau of Statistics 2015c).

Strom

Fossile Brennstoffe sind in Australien die wichtigsten Primärenergieträger. Mit 61 % nahm hierbei Kohle im Fiskaljahr 2013/14 den Spitzenplatz ein, gefolgt von Erdöl und Erdgas (24 %). Die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien (15 %) setzte sich 2013/14 aus Wasserkraft (7,4 %), Wind (4,1 %), Sonne (2 %) und Biomasse (1,4 %) zusammen (Tabelle 1.2.2, Department of Industry and Science 2015).

Die Stromkosten im Land sind seit 2000/01 um 40 bis 60 % gestiegen (Bitre 2014). Einen umfangreichen Überblick über den Strommarkt, Kapazitäten und die lokalen Stromanbieter in Queensland, New South Wales, Victoria, South Australia, Tasmania und das Australia Capital Territory (*National Electricity Market – NEM*) liefert *Australia Energy Regulator*, eine unabhängige Behörde der *Australian Competition and Consumer Commission*, mit dem jährlichen State of the Energy Market Report (Australian Energy Regulator 2015).

Tab. 1.2.1: Hauptansprechpartner für die Wasserverwaltung in den einzelnen Bundesstaaten und Territorien (Australian Government – National Water Market 2015).

Bundesstaat/ Territory	Hauptansprechpartner	Informationsquelle
New South Wales	Department of Primary Industries Water (DPI) (bis 02. Juli 2015: NSW Office of Water)	http://www.water.nsw.gov.au/about-us/contact-us
Victoria	Department of Environment, Land, Water and Planning (DELWP)	http://www.depi.vic.gov.au/about-us/contact-us
Queensland	Department of Natural Resources and Mines (DNRM)	https://www.dnrm.qld.gov.au/water
Western Australia	Department of Water (DoW)	http://www.water.wa.gov.au/contact-us
South Australia	Department of Environment, Water and Natural Resources (DEWNR)	http://www.environment.sa.gov.au/contact-us
Tasmania	Department of Primary Industries, Parks, Water and Environment (DPIPWE)	http://dpipwe.tas.gov.au/water
Northern Territory	Department of Land Resource Management	http://www.lrm.nt.gov.au/water/permits
Australian Capital Territory	Environment and Planning Directorate	http://www.environment.act.gov.au/water

Tab. 1.2.2: Eingesetzte Energieträger und deren Anteil an der Stromerzeugung in Australien im Fiskaljahr 2013/14 (Department of Industry and Science 2015).

Energieträger	2013/14		Durchschnittliche jährliche Wachstumsrate	
	GWh	Anteil [%]	2013/14 [%]	10 Jahre [%]
Fossile Energieträger Gesamt	**211.254,8**	**85,1**	**–2,4**	**0,2**
Steinkohle	105.772,4	42,6	–5,1	–2,1
Braunkohle	46.076,2	18,6	–3,1	–1,6
Erdgas	54.393,9	21,9	6,5	9,6
Erdöl	5.012,4	2,0	12,3	6,5
Erneuerbare Energieträger Gesamt	**37.042,2**	**14,9**	**11,6**	**6,8**
Wasser	18.421,0	7,4	0,8	1,9
Wind	10.252,0	4,1	28,8	31,3
Solar	4.857,5	2,0	27,0	58,3
Biomasse	3.511,3	1,4	11,4	–1,0
Geothermie	0,5	0,0	0,0	0,0
Gesamt	**248.297,1**	**100,0**	**–0,6**	**0,9**

Während der Strommarkt in Queensland, bezogen auf die Gesamtkapazität, zu etwa zwei Dritteln von im Staatsbesitz befindlichen Unternehmen kontrolliert wird, verfügen in New South Wales und Victoria private Versorger über die Mehrheit (ca. 67 %) im Markt. In South Australia dominieren die Privatunternehmen sogar nahezu den kompletten Strommarkt. In Tasmania generiert das im Staatsbesitz befindliche Unternehmen Hydro Tasmania 100 % der Elektrizität (Australian Energy Regulator 2015).

Ausführliche Informationen zum Strommarkt, Kapazitäten und Anbietern in Western Australia fasst das *Department of Finance* übersichtlich auf seiner Homepage zusammen (Department of Finance 2015). In Western Australia wird zwischen drei Regionen unterschieden (South West Interconnected System, North West Interconnected System, Non-interconnected Systems) in denen unterschiedliche Primärenergieträger und Unternehmen die Stromerzeugung dominieren.

Nach der Aufteilung der *Power and Water Corporation* im Mai 2014 ist das Unternehmen **Territory Generation** mit einer Kapazität von derzeit ca. 620 Megawatt der größte Stromerzeuger im Northern Territory (Territory Generation 2015).

1.3 Rahmenbedingungen des australischen Bergbausektors

Politische Rahmenbedingungen

Das Commonwealth of Australia ist eine konstitutionelle Monarchie mit einem föderalen Regierungssystem. Es besteht aus sechs Bundesstaaten und diversen Territorien. Obwohl Australien eine unabhängige und parlamentarische Demokratie ist, fungiert Königin Elizabeth II. des Vereinigten Königreiches als Staatsoberhaupt von Australien.

Die sechs Bundesstaaten sind New South Wales, Victoria, Queensland, South Australia, Western Australia und Tasmania (Abbildung 1.1.1). Die Territorien auf dem Festland sind das Australian Capital Territory, das Northern Territory und das Jervis Bay Territory. Daneben existieren noch sechs Inselterritorien sowie das Australian Antarctic Territory.

Im Unterschied zu den Staaten verfügt die Bundesregierung in den Territorien über Legislativ- und Exekutivgewalt. Ausnahmen hierzu bestehen bei den Northern Territories, Norfolk Island und dem Australian Capital Territory. Diese haben eigene

Verwaltungsregierungen; somit verfügt die Bundesregierung hier nur über eine Legislativgewalt.

Das politische System in Australien wurde auf demokratischen und liberalen Werten aufgebaut. Die Regierungsinstitutionen und -praktiken basieren auf den Prinzipien der Religionsfreiheit, Redefreiheit sowie Rechtsstaatlichkeit.

Die Bundeshauptstadt ist Canberra. Das australische Parlament besteht aus zwei Kammern: dem Repräsentantenhaus und dem Senat. Beide sind für Bundesgesetze verantwortlich. Das Repräsentantenhaus hat 150 Mitglieder, die jeweils rund 80.000 Wähler vertreten. Der Senat besteht aus 76 Mitgliedern.

Rechtliche Rahmenbedingungen

Die einzelnen Bundesstaaten und Territorien haben auf dem Festland und innerhalb der ersten drei Seemeilen vom Festland (*Coastal Waters*), hinsichtlich der Exploration und Gewinnung von Rohstoffen, eigene Gesetzgebungen. Für deren Einhaltung und Umsetzung sind jeweils eigene Verwaltungsbehörden verantwortlich (Tabelle 1.3.1). Die Zuständigkeiten für beispielsweise die Vergabe von Explorations- und Abbaulizenzen, Verkauf bzw. Verpachtung von Landflächen, Regulierung des Arbeits-, Sicherheits- und Umweltschutzes und Förderabgaben sind innerhalb der Behörden häufig auf einzelne Abteilungen aufgeteilt. Die australische Bundesregierung trägt hingegen die Verantwortung für Offshore-Aktivitäten, die außerhalb der Küstengewässer der Bundesstaaten und Territorien liegen (Geoscience Australia 2015b).

Die gesetzlichen Rahmenbedingungen im australischen Bergbausektor ähneln sich in den einzelnen Bundesstaaten und im Northern Territory. Zur Vorbereitung konkreter Investitionsentscheidungen ist aber in jedem Fall eine rohstoff- und regionalspezifische Auseinandersetzung mit dem jeweils geltenden juristischen und administrativen Regelwerk erforderlich. Die notwendigen Informationen werden auf der jeweiligen Homepage der zuständigen Behörden (Tabelle 1.3.1) bereitgestellt.

Eine erste Übersicht der rechtlichen Rahmenbedingungen kann auch der Studie *Möglichkeiten deutscher Unternehmen für ein Engagement im australischen Rohstoffsektor* entnommen werden (GTAI 2013). Des Weiteren hat Geoscience Australia (2015b) die Rahmenbedingungen für Investitionen in den australischen Bergbausektor sowie für die Exploration und Gewinnung von Rohstoffen kürzlich übersichtlich zusammengefasst.

Ein weiterer wichtiger Aspekt, insbesondere beim Projekterwerb, ist die Vertragsgestaltung, die in Australien dem Common Law unterworfen ist. Einige Besonderheiten des australischen Vertragsrechtes in Bezug auf Bergbauprojekte in Australien sind übersichtlich in Babeck (2015) zusammengefasst.

Exploration

Explorationslizenzen für mineralische Rohstoffe werden für Zeiträume von ein bis sechs Jahren vergeben. Diese können unter bestimmten Voraussetzungen und Auflagen verlängert werden. Die zugrundeliegenden Gesetze sind in Tabelle 1.3.2 zusammengefasst.

Steuern und Abgaben

Geoscience Australia (2015b) hat die relevanten Steuergesetze für Unternehmen, die bereits im australischen Bergbausektor aktiv sind bzw. beabsichtigen, sich dort zu engagieren, zusammengefasst. Weiterführende Informationen stellt das *Australian Taxation Office* (ATO) zur Verfügung.

Im Rahmen der *Exploration Development Incentive* stellt das *Australian Taxation Office* für die Fiskaljahre 2014/15–2016/17 insgesamt 100 Mio. A$ für *Junior Mining Companies* bzw. für deren Gesellschafter zur Verfügung. Für 2016/17 sind 40 Mio. A$ vorgesehen. Im Rahmen von Explorationsarbeiten entstandene Verluste können von den *Junior Mining Companies* auf australische Gesellschafter übertragen werden, die diese im Rahmen ihrer Steuererklärung geltend machen können (Geoscience Australia 2015b).

Förderabgaben (*Royalties*) für mineralische Rohstoffe werden von allen Bundesstaaten und dem Northern Territory erhoben. Die Höhe der Förderabgaben variiert je nach Bundesstaat/Territory und Rohstoff. Zugrunde gelegt wird in den meisten Fällen der Wert der Förderung; in einigen Fällen die Fördermenge. Eine detaillierte Übersicht

Tab. 1.3.1: Verwaltungsbehörden für die Einhaltung und Umsetzung der Bergbaugesetzgebungen in den einzelnen Bundesstaaten und Territorien (angepasst nach GEOSCIENCE AUSTRALIA 2015b).

Bundesstaat/ Territory	Hauptansprechpartner	Informationsquelle
New South Wales	Department of Industry – Division of Resources & Energy GPO Box 7060, Sydney NSW 2001 Tel.: +61 (2) 8289 3968	http://www.resourcesandenergy.nsw.gov.au/about-us/contact-us
Northern Territory	Department of Mines and Energy 48–50 Smith Street DARWIN NT 0800 GPO Box 4550, DARWIN NT 0801 Tel.: +61 (8) 8999 6528	http://www.nt.gov.au/d/Minerals_Energy/index.cfm?header=Key%20Contacts
Queensland	Department of Natural Resources and Mines 61 Mary Street, Brisbane, Queensland 4000 PO Box 15216 CITY EAST QLD 4002 Tel.: +61 (7) 137 468	https://www.dnrm.qld.gov.au/our-department/contact-us
South Australia	Department of State Development – Resources Division Level 7/101 Grenfell Street, Adelaide, South Australia, 5000 GPO Box 320 Adelaide, South Australia 5001 Tel.: +61 (8) 8463 3000	http://www.statedevelopment.sa.gov.au/resources http://www.statedevelopment.sa.gov.au/contacts
Tasmania	Department of State Growth – Mineral Resources Tasmania 30 Gordons Hill Rd, Rosny Park TAS 7018 Tel.: +61 (3) 6165 4800	www.mrt.tas.gov.au
Victoria	Department of Economic Development, Jobs, Transport, and Resources – Energy and Resources Division Level 17, 1 Spring Street, Melbourne VIC 3000 GPO Box 4509 Melbourne VIC 3001 Tel.: +61 (3) 136 186	http://www.energyandresources.vic.gov.au/ http://www.energyandresources.vic.gov.au/earth-resources/contact-us
Western Australia	Department of Mines and Petroleum – Division Minerals & Mining Mineral House 100 Plain St, East Perth WA 6004 Tel.: +61 (8) 9222 3333	http://www.dmp.wa.gov.au/ http://www.dmp.wa.gov.au/Minerals/Minerals-223.aspx http://www.dmp.wa.gov.au/Online-Systems-1527.aspx

über die rohstoffspezifischen Förderabgaben für mineralische Rohstoffe und Kohle in den einzelnen Bundesstaaten und im Northern Territory hat GEOSCIENCE AUSTRALIA (2015b) zusammengefasst.

Tab. 1.3.2: Gesetzliche Grundlagen und Laufzeiten für die Rohstoffexploration auf mineralische Rohstoffe in australischen Bundesstaaten und Territorien sowie Verweise zu freigegebenen Explorationsberichten (angepasst nach GEOSCIENCE AUSTRALIA 2015b).

Bundesstaat/ Territory	Gesetzliche Grundlage	Laufzeit der Explorationslizenz/ Vertraulichkeit der Berichte	Berichterstattung (full technical report)	Freigegebene Berichte über:
New South Wales	Mining Act 1992 No 2	nicht > 5 Jahre/ solange Lizenz gehalten wird	jährlich	**Digital Imaging of Geological System (DIGS):** http://digsopen.minerals.nsw.gov.au/
Northern Territory	Mineral Titles Act 2012	nicht > 6 Jahre/ solange Lizenz gehalten wird	jährlich	**Geoscience Exploration and Mining Information System (GEMIS):** http://geoscience.nt.gov.au/gemis/ntgsjspui/
Queensland	Mineral Resources Act 1989	nicht > 5 Jahre/ solange Lizenz gehalten wird	jährlich	**Queensland Digital Exploration Reports System (QDEX):** https://www.business.qld.gov.au/industry/mining/mining-online-services
South Australia	Mining Act 1971	bis zu 5 Jahre, Verlängerung um weitere 5 Jahre möglich/solange Lizenz gehalten wird	jährlich & halbjährliche Kurzberichte	**South Australian Resources Information Geoserver (SARIG):** http://minerals.statedevelopment.sa.gov.au/online_tools/free_data_delivery_and_publication_downloads/sarig
Tasmania	Mineral Resources Development Act 1995	5 Jahre für metallische Rohstoffe, Kohle, Ölschiefer, Uran etc. und variabler Zeitraum für Erdöl (Entscheidung der Verwaltungsbehörde)/ solange Lizenz gehalten wird	jährlich	**Tasmanian Information on Geoscience and Exploration Resources (TIGER):** http://www.mrt.tas.gov.au/portal/database-searches?inheritRedirect=true
Victoria	Mineral Resources (Sustainable Development) Act 1990	nicht > 5 Jahre/ solange Lizenz gehalten wird	jährlich	**Explore Victoria Online (GeoVic):** http://www.energyandresources.vic.gov.au/earth-resources/maps-reports-and-data/geovic
Western Australia	Mining Act 1978	nicht > 5 Jahre/ solange Lizenz gehalten wird	jährlich	**Mineral Exploration Reports (WAMEX):** http://www.dmp.wa.gov.au/Minerals/Mining-exploraton-Reports-WAMEX-2285.aspx **Mineral Titles Online (MTO):** http://www.dmp.wa.gov.au/Mineral-Titles-online-MTO-1464.aspx **Mines and Mineral Deposits (MINEDEX):** http://www.dmp.wa.gov.au/Minerals/Mines-and-Mineral-Deposits-2283.aspx

Aboriginal & Torres Strait Islander Rights in Australien – Native Title Act

Die einzelnen Bundesstaaten und das Northern Territory haben auf Grundlage des *Native Title Act* 1993 (seit 01.01.1994 in Kraft) und in Abstimmung mit dem Commonwealth eigene Gesetze erlassen, um die Interessen und Rechte der Ureinwohner zu wahren. Diese müssen im Falle einer beabsichtigten Exploration auf mineralische Rohstoffe bzw. einer beabsichtigten Förderung vorab über die geplante Landnutzung informiert werden und ihr Einverständnis erteilen. Eine frühzeitige Kontaktaufnahme mit den entsprechenden Gemeinden wird empfohlen. GTAI (2013) gibt eine Übersicht über die gesetzlichen Regelungen in den einzelnen Bundesstaaten und im Northern Territory. Weiterführende Informationen sind in Geoscience Australia (2015b) und auf der Homepage des *National Native Title Tribunal* (NNTT) zusammengefasst.

Wirtschaftliche Rahmenbedingungen

Australien ist die viertgrößte Wirtschaftsnation in der Asien-Pazifik-Region und die zwölftgrößte weltweit. Das Land erwirtschafte im Jahr 2014 mit seinen rund 23,7 Mio. Einwohnern ein nominales Bruttoinlandsprodukt (BIP) von 1.442 Mrd. US$. Für 2015 wird mit einem BIP von insgesamt 1.240 Mrd. US$ (51.641 US$ pro Kopf) gerechnet (GTAI 2015a). Im Oktober 2015 sind in Australien insgesamt ca. 11,8 Mio. Personen erwerbstätig gewesen. Die Arbeitslosenquote lag bei 6,1 %, saisonbereinigt bei 5,9 % (Australian Bureau of Statistics 2015a).

Seit 2014 veröffentlicht das *Office of the Chief Economist* unter anderem den jährlichen *Australian Industry Report*, der die wirtschaftliche Entwicklung der wichtigsten Industriezweige zusammenfasst. Nach wie vor spielt der Bergbausektor eine wesentliche Rolle bei der wirtschaftlichen Entwicklung des Landes. Im Fiskaljahr 2013/2014 erwirtschaftete die Branche mit 163,7 Mrd. A$ einen Anteil von 10 % am BIP, davon 0,6 % (10,3 Mrd. A$) durch Aufträge an Zulieferer/Dienstleister etc. (Department of Industry 2014). In den letzten zwölf Jahren stieg die Beschäftigung im Bergbausektor jährlich um durchschnittlich 9,6 %, mit dem höchsten Beschäftigungszuwachs von 2005 zu 2006 um knapp 19 %. Derzeit beschäftigt der australische Bergbausektor 269.000 Personen, was einer Steigerung von nur noch 1 % gegenüber dem Vorjahr entspricht und bezogen auf die Gesamtbeschäftigung lediglich 2,3 % ausmacht (Department of Industry 2014). Gut ein Drittel der Beschäftigten sind im Gesundheitswesen (11,9 %), dem Einzelhandel (10,7 %) und dem Baugewerbe (9,1 %) tätig (Tabelle 1.3.3).

Im Fiskaljahr 2013/14 exportierte das Land Waren im Gesamtwert von 332 Mrd. A$ (Department of Industry 2014). Davon entfielen 58,6 % (194,6 Mrd. A$) auf den Rohstoffexport (metallische, nicht-metallische und Energierohstoffe). Der Wert der Rohstoffimporte lag hingegen bei 52,9 Mrd. A$, wobei 80 % auf Erdöl- und Erdgasprodukte entfielen (Department of Industry 2014). Die jährliche Publikation *Resources and Energy Statistics* des *Department of Industry* stellt eine detaillierte Zusammenfassung über Menge und Wert der im Land geförderten sowie im- und exportierten Rohstoffe dar.

Obwohl Australien zu einem der rohstoffreichsten Länder der Welt zählt, importierte Deutschland im Jahr 2014 mineralische Rohstoffe (inklusive Kokskohle) im Gesamtwert von lediglich knapp 1,1 Mrd. Euro aus dem Land. Bezogen auf seine Gesamtimporte führte Deutschland mengenmä-

Tab. 1.3.3: Bedeutung ausgewählter Wirtschaftssektoren in Australien (GTAI 2015b).

Sektoren	Anteil am BIP 2014 [%]	Anteil an den Beschäftigten 2014 [%]
Bergbau	8,6	2,0
Finanzdienstleistungen	8,5	3,6
Bauwesen	7,9	9,1
Gesundheitswesen	6,5	11,9
Verarbeitende Industrie	6,3	7,9
Dienstleistungen	6,1	8,0
Transportwesen	4,6	5,1
Einzelhandel	4,5	10,7
Landwirtschaft	2,3	2,8

ßig im Jahr 2014 allerdings unter anderem 48,2 % Zinkerz- und Konzentrat (375.800 t), 45,5 % Kokskohle (11,8 Mio. t), 16,3 % Bleierz- und Konzentrat (266.400 t) und 7,6 % Manganerz- und Konzentrat (18.100 t) aus Australien ein (BGR 2015b).

Literatur

ARTC – Australian Rail Track Corporation Ltd. (2015): Our Network. – URL: https://www.artc.com.au/about/network/
[Stand: 08.12.2015].

Aurizon Ltd (2015): Central Queensland Coal Network (CQCN). – URL: http://www.aurizon.com.au/network/central-queensland-coal-network
[Stand: 08.12.2015].

Australian Bureau of Statistics (2013): Estimates of Aboriginal and Torres Strait Islander Australians, June 2011. – URL: http://www.abs.gov.au/AUSSTATS/abs@.nsf/Lookup/3238.0.55.001Main+Features1June%202011?OpenDocument
[Stand: 04.12.2015].

Australian Bureau of Statistics (2014): Australian Historical Population Statistics, 2014. – URL: http://www.abs.gov.au/AUSSTATS/abs@.nsf/DetailsPage/3105.0.65.0012014?OpenDocument
[Stand: 04.12.2015].

Australian Bureau of Statistics (2015a): Australian Demographic Statistics, March 2015. – URL: http://www.abs.gov.au/AUSSTATS/abs@.nsf/Lookup/3101.0Main+Features1Mar%202015?OpenDocument
[Stand: 23.11.2015].

Australian Bureau of Statistics (2015b): Migration, Australia 2013-14. – URL: http://www.abs.gov.au/ausstats/abs@.nsf/mf/3412.0/
[Stand: 04.12.2015].

Australian Bureau of Statistics (2015c): Water Account, Australia 2013–14. – URL: http://www.abs.gov.au/ausstats/abs@.nsf/Latestproducts/4610.0Main%20Features22013-14?opendocument&tabname=Summary&prodno=4610.0&issue=2013-14&num=&view
[Stand: 11.12.2015].

Australian Energy Market Commission (2014): 2014 Residential Electricity Price Trends Report. 218 S.; Sydney.

Australian Energy Regulator (2015): State of the energy market reports. – URL: https://www.aer.gov.au/publications/state-of-the-energy-market-reports
[Stand: 11.12.2015].

Australian Government – National Water Market (2015): National Water Market – Water management in your state/territory. – URL: http://www.nationalwatermarket.gov.au/about/management/nsw.html
[Stand: 11.12.2015].

Australian Government (2015): National Parks. – URL: http://www.australia.gov.au/about-australia/australian-story/national-parks
[Stand: 04.12.2015].

Babeck, W. (2015): Rechtliche Überlebensstrategien in angelsächsischen Ländern am Beispiel von Bergbauprojekten in Australien. – In: Gesamtverband Steinkohle e. V. (Hrsg.): Mining Report Glückauf 151 Jahrgang, **4**: 294–301; Herne.

BBC (2015): Australia approves Abbot Point coal port expansion. – URL: http://www.bbc.com/news/business-35157946
[Stand: 22.12.2015].

BGR – Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Hrsg.) (2015a): Deutschland – Rohstoffsituation 2014. 161 S; Hannover.

BGR – Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2015b): Fachinformationssystem Rohstoffe. – unveröff.; Hannover
[Stand: 11.12.2015].

Bitre – Bureau of Infrastructure, Transport and Regional Economics (2014): Yearbook 2014: Australian Infrastructure Statistical Report, 404 S.; Canberra, ACT.

Bitre – Bureau of Infrastructure, Transport and Regional Economics (2015): Airport traffic data 1985–86 to 2014–15. – URL: http://bitre.gov.au/publications/ongoing/airport_traffic_data.aspx
[Stand: 08.12.2015].

Brookfield Rail Pty Ltd. (2015): Our Network. – URL: http://www.brookfieldrail.com/about-us/our-network/
[Stand: 08.12.2015].

Bureau of Meteorology (2015a): Australian Government – Bureau of Meteorology. Climate statistics for Australia locations. – URL: http://www.bom.gov.au/climate/data/stations/
[Stand: 04.12.2015].

Bureau of Meteorology (2015b): Australian Government – Bureau of Meteorology. Water Management. – URL: http://www.nationalwatermarket.gov.au/about/management/index.html
[Stand: 11.12.2015].

Department of Finance (2015): Energy in Western Australia – Electricity Generation. – URL: https://www.finance.wa.gov.au/cms/Public_Utilities_Office/Energy_in_Western_Australia/Electricity/Generation.aspx
[Stand: 11.12.2015].

Department of Industry (2014): Resources and Energy Statistics 2014, Office of the Chief Economist. 156 S.; Canberra.

Department of Industry and Science (2015): Office of the Chief Economist – Australian energy update 2015, 27 S.; Canberra.

Department of Infrastructure and Regional Development (2015): Australian Government – Department of Infrastructure and Regional Development. International Airports. – URL: https://infrastructure.gov.au/aviation/international/internationalairports.aspx
[Stand: 08.12.2015].

Department of the Environment (2015): Australian Government – Department of the Environment. – URL: http://www.environment.gov.au/topics/marine/marine-reserves
[Stand: 04.12.2015].

Esri – Environmental Systems Research Institute (2015): World Physical Map. – URL: http://www.arcgis.com/home/item.html?id=c4ec722a1cd34cf0a23904aadf8923a0
[Stand: 04.12.2015].

Geoscience Australia (2015a): Areas of Australian deserts. – URL: http://www.ga.gov.au/scientific-topics/national-location-information/landforms/deserts
[Stand: 23.11.2015].

Geoscience Australia (2015b): Minerals and Petroleum in Australia – A Guide for Investors. 86 S.; Canberra. – URL: http://www.ga.gov.au/metadata-gateway/metadata/record/gcat_84578
[Stand: 11.12.2015].

GTAI – Germany Trade & Invest (2015a): Wirtschaftstrends Jahreswechsel 2015/16 – Australien. 11 S. – URL: https://www.gtai.de/GTAI/Navigation/DE/Trade/Maerkte/Wirtschaftsklima/wirtschaftstrends,t=wirtschaftstrends-jahreswechsel-201516--australien,did=1350914.html
[Stand: 23.11.2015].

GTAI – Germany Trade & Invest (2015b): Wirtschaftsstruktur und -Chancen – Australien. 7 S. – URL: http://www.gtai.de/GTAI/Navigation/DE/Meta/Formulare/suche.html?formId=412&searchTerm=Wirtschaftsstruktur+und+chancen+australien&zeitraum=alle&zeitraumSave=0&zeitraumCustom=0&dateFrom=&dateTo=&searchActionSearch=Suchen
[Stand: 23.11.2015].

GTAI – Germany Trade & Invest (Hrsg.) (2013): Möglichkeiten deutscher Unternehmen für ein Engagement im australischen Rohstoffsektor – Rohstoffvorkommen, Projekte, Investitionsbedingungen. 117 S.; Bonn.

GWA – Genesee & Wyoming Australia Ltd (2015): Overview. – URL: http://www.gwrr.com/operations/railroads/australia/genesee_wyoming_australia
[Stand: 08.12.2015].

NICS – National Infrastructure Construction Schedule (2015): An Australian Government Initiative. – URL: https://www.nics.gov.au/Home/About
[Stand: 08.12.2015].

Nobletripe (2012): Klimazonen Australiens. – URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Klimazonen_Australiens.svg#/media/File:Klimazonen_Australiens.svg
[Stand: 08.12.2015].

Northern Manganese Ltd. (2014): ASX Announcement. Quarterly Report to 30 September 2014. URL: – http://www.asx.com.au/asxpdf/20141028/pdf/42t8993rzgrwrg.pdf
[Stand 24.06.2015].

Prokerala (2015): Airports in Australia – List of Australia Airports by City. – URL: http://www.prokerala.com/travel/airports/australia/
[Stand: 08.12.2015].

Queensland Rail (2015): Our organisation. – URL: http://www.queenslandrail.com.au/aboutus/organisation
[Stand: 08.12.2015].

Territory Generation (2015): Our Power Stations. – URL: http://territorygeneration.com.au/about_territory_generation/our_power_stations
[Stand: 11.12.2015].

Unesco – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (2015): Properties inscribed on the World Heritage List. – URL: http://whc.unesco.org/en/statesparties/au
[Stand: 11.12.2015].

2 Ausgewählte Rohstoffe

2.1 Antimon

(Michael Schmidt)

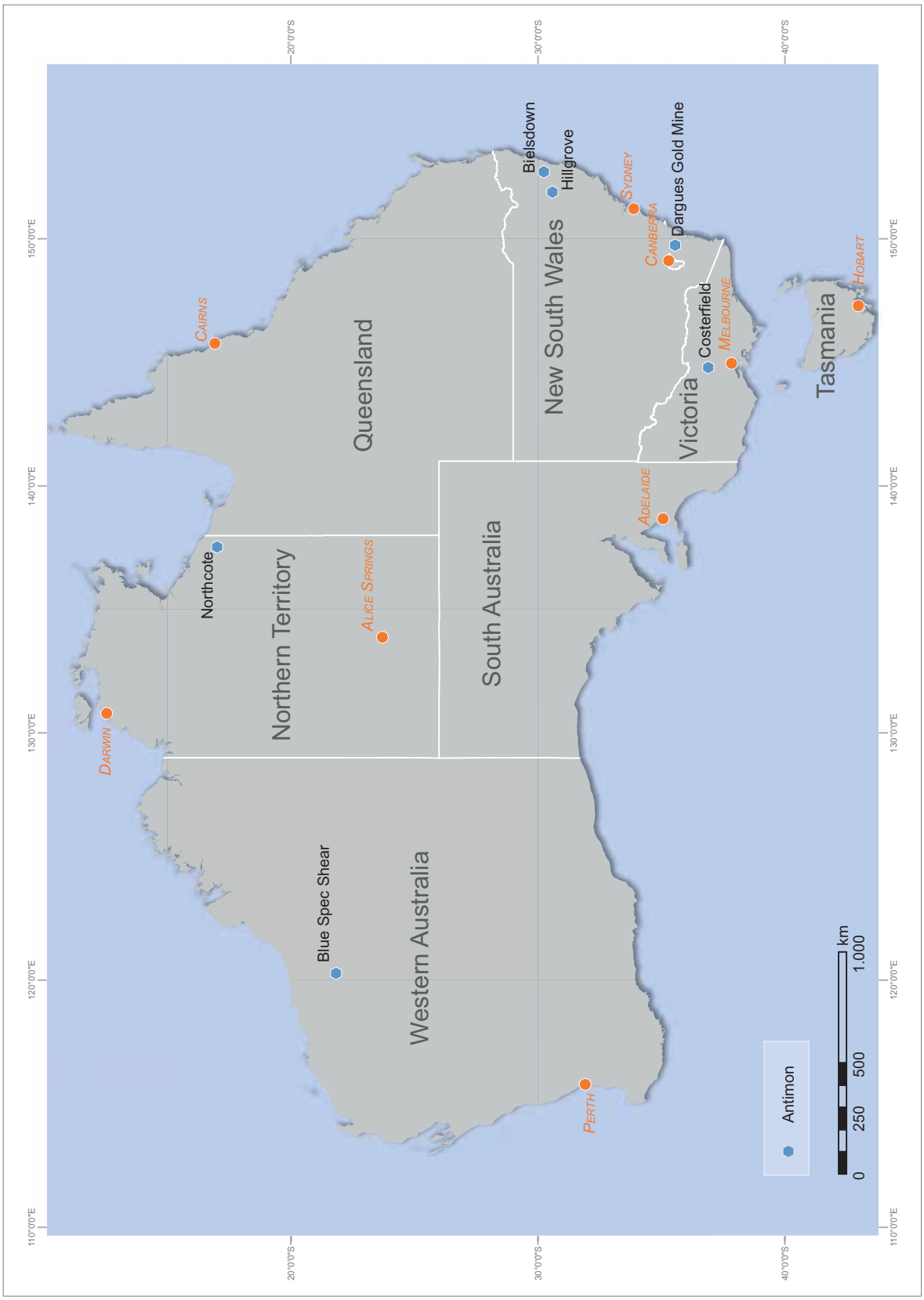


Abb. 2.1.1: Ausgewählte Antimonlagerstätten in Australien.

Überblick und Verwendung

Antimon (Sb) ist ein silberweißes, glänzendes Halbmetall. In der Natur kommt es aufgrund seiner starken Affinität zu Schwefel und Metallen wie Kupfer, Blei, Gold und Silber nur sehr selten in gediegener Form vor. Häufig ist es mit Mineralen wie Pyrit, Galenit und Sphalerit vergesellschaftet. Das wirtschaftlich bedeutendste Erzmineral und damit Hauptlieferquelle für Antimon ist Stibnit (Sb_2S_3). Das sulfidische Erzmineral enthält etwa 71,7 Gew.-% Antimon. Weitere sulfidische Antimonminerale sind z. B. Tetrahedrit ($Cu_{12}Sb_4S_{13}$), Berthiertit ($FeSb_2S_4$) und Boulangerit ($Pb_5Sb_4S_{11}$). Die Minerale Kermesit (Sb_2S_2O) und Valentinit/Senarmontit (Sb_2O_3) kommen als Verwitterungsprodukte im oxidierenden Milieu sulfidischer Antimonlagerstätten vor.

Antimonerze werden durch Sortieren, Brechen, Mahlen, Schweretrennung und Flotation zu Antimonkonzentraten verarbeitet. Je nach Sb-Gehalt der Konzentrate kommen in der Folge unterschiedliche Verfahren zur weiteren Verarbeitung in Frage. Hochwertige Konzentrate zeichnen sich durch Sb-Gehalte von > 55 % aus. Konzentrate mit hohen Au-Gehalten erzielen darüber hinaus deutlich höhere Preise. Die Gehalte an z. B. As, Cd und Hg sollten aufgrund von Umweltschutzauflagen bzw. damit verbundenen höheren Verarbeitungskosten sehr gering sein. Solche Verunreinigungen beeinflussen außerdem die Farbe des aus Metall hergestellten Antimontrioxid negativ (Gelbstich).

Als Metall wird Antimon hauptsächlich zur Härtung von Bleilegierungen (Blei-Säure-Batterien) verwendet. Weiterhin wird Antimon als Legierungsbestandteil für Rohre, Bleche, Kabelummantelungen, Hartblei und Letternmetall verwendet. Aufgrund seiner spezifischen Eigenschaften wird Antimon darüber hinaus auch als Legierungsbestandteil in der Gussindustrie genutzt.

Den mit Abstand wichtigsten Anwendungsbereich stellen halogenierte Flammschutzmittel für Kunststoffe (z. B. PE, PP, PU), Textilien und Farben dar. Darin wird Antimon als Antimontrioxid (Sb_2O_3) eingesetzt. Als Katalysator wird Antimon in der Herstellung von PET (Polyethylenterephthalat) und Polyester verwendet. Bei der Herstellung von PVC (Polyvinilchlorid) nutzt man Antimontrioxid als Stabilisator. In der Glasindustrie wird Antimon in Form von Natriumantimonat zum Entfärben und zur Läuterung spezieller Gläser (Displaygläser, Flachglas, optische Gläser usw.) verwendet. Weitere Anwendungsgebiete sind Pigmente (Antimonsulfid, Antimon(V)oxid, Antimonchromat), Schmiermittel (Stabilisator), medizinische Anwendungen (Chemotherapie), Pestizide (Antimonsalze) und Vulkanisiermittel (Gummiindustrie).

Wichtige Vorkommen in Australien

Die australischen Antimonreserven („Proved & Probable“) betragen etwa 106.000 t Sb-Inhalt. (Geoscience Australia 2013). Diese befinden sich vorranging in den Bundesstaaten Victoria und New South Wales (Abbildung 2.1.1). Der Anteil Australiens an den weltweiten Reserven (ca. 1,6 Mio. t Sb) liegt damit bei lediglich 6,6 %.

Australien hat sich in den letzten Jahren zu einem der wichtigsten Förderländer von Antimon, nach China und der Russischen Föderation, entwickelt. Die gesamte Produktion des Landes stammt dabei jedoch aus nur zwei Lagerstätten in den Bundesstaaten Victoria (Costerfield) und New South Wales (Hillgrove). Die genaue Fördermenge des Landes kann nur anhand von Nettoexporten (Antimonkonzentrat) abgeschätzt werden, da Hillgrove Mines Ltd. als Privatunternehmen keine Produktionszahlen veröffentlicht. Die australischen Nettoexporte lagen 2014 bei rund 13.500 t Antimonkonzentrat (GTIS 2015). Dies entspricht ca. 8.100 t Sb-Inhalt. (Sb-Gehalt der Konzentrate ca. 60 %).

Victoria

Das Antimonbergwerk **Costerfield** (ehem. Augusta) befindet sich etwa 10 km nordöstlich der Stadt Heathcote und ca. 100 km nordwestlich von Melbourne. Dieses wird von Mandalay Resources Inc. mit Sitz in Heathcote (Victoria) seit etwa 2010 abgebaut (Abbildung 2.1.2).

Die Anfänge der Gewinnung von Gold und untergeordnet Antimon datiert in der Region auf das Ende des 19. Jahrhunderts, nachdem die Vorkommen in den 1860er Jahren entdeckt wurden. Mit Unterbrechungen wurden zwischen 1860 und 1950 Gold und Antimon abgebaut. Ab 1975 folgten mehrere Explorationskampagnen. Auf Basis der Ergebnisse wurde im Jahr 1995 eine Verarbeitungsanlage durch AGD Mining Pty Ltd. errich-

Abb. 2.1.2: Zugang zum Bergwerk Costerfield des Unternehmens Mandalay Resources Inc. im Bundesstaat Victoria (Foto: BGR, Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung von Mandalay Resources Inc.).

tet. Im Jahr 2006 wurde das Bergwerk Augusta in Betrieb genommen und im Jahr 2009 aufgrund technischer Probleme für einige Monate wieder geschlossen. Mandalay Resources Inc. übernahm das Bergwerk im gleichen Jahr von Western Coal Inc. und nahm die Förderung im Jahr 2010 wieder auf. Im gesamten Costerfield Gold-Antimon District kommen vier NNW-SSE-streichende Vererzungszonen (Au, Sb) vor.

Im gesamten Distrikt werden drei unterschiedliche Gangvererzungen unterschieden (SRK Consulting 2015). Das jüngste System zeichnet sich durch eine Stibnit- sowie fein verteilte Goldvererzung aus (Abbildung 2.1.3). Eine zweite Generation besteht aus Quarz, Pyrit, Arsenopyrit und Gold. Antimon kommt hier nur untergeordnet vor. Das älteste dieser Systeme ist durch taube Quarzgänge geprägt. Alle Gänge fallen entweder steil nach Westen oder Osten ein. Sie sind lateral bis zu 400 m entlang des Streichens verfolgbar und ihre Mächtigkeit schwankt zwischen 30 cm und maximal 2 m.

Die Förderkapazität des Bergwerks Augusta lag 2010 anfänglich bei rund 5.000 t Erz/Monat und

Abb. 2.1.3: Steil einfallender Stibnitgang im Bergwerk Augusta. (Foto: BGR, Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung von Mandalay Resources Inc.).

wurde kontinuierlich auf das aktuelle Niveau von ca. 10.000 bis 12.000 t Erz/Monat ausgebaut. Das geförderte Erz wird in der firmeneigenen Aufbereitungsanlage Brunswick, 2 km nordwestlich des Augusta-Bergwerkes, zu zwei unterschiedlichen Konzentraten verarbeitet. Die Ausbringungsrate von Antimon liegt bei ca. 95 %. Ein Goldkonzentrat (ca. 60 g/t Au) mit geringen Sb-Gehalten (< 5 M.-%) wird an einen Kunden in Australien verkauft. Das Konzentrat mit Sb-Gehalten von etwa 60 bis 65 % wird nach Firmenangaben an ein chinesisches Unternehmen verkauft und entsprechend exportiert.

Im Jahr 2014 produzierte Mandalay Resources neben ca. 35.751 oz Gold rund 3.639 t Sb-Inhalt. Gegenüber dem Jahr 2010 (1.106 t Sb-Inhalt) wurde die Förderung mehr als verdreifacht (Mandalay Resources Inc. 2014). Für 2015 liegt die Prognose laut Unternehmensangaben bei 32.000 bis 37.000 oz Gold und 3.200 bis 3.500 t Sb-Inhalt. (Mandalay Resources Inc. 2015).

Nach Angaben von Mandalay Resources Inc. (2015) sinkt die Förderung im Bergwerk Costerfield seit etwa Mitte 2014 aufgrund geringer werdender Reserven und wird zunehmend durch das 500 m nördlich aufgefahrene Vorkommen Cuffley ersetzt. Ab etwa 2017 wird die gesamte Förderung aus der Vererzung Cuffley stammen, welche über das zentrale Portal (Abbildung 2.1.2) sowie einen zusätzlichen Schacht erschlossen werden soll (SRK Consulting 2013).

Die vom Unternehmen veröffentlichten Angaben zu den Reserven bzw. Ressourcen sind in der folgenden Tabelle 2.1.1 zusammengefasst. Der „cut-off grade“ liegt demnach bei etwa 3,8 g/t AuEq.

New South Wales

Das Bergwerk **Hillgrove** (Abbildung 2.1.4) befindet sich etwa 23 km östlich von Armidale in New South Wales und ist neben Augusta das zweite aktuell produzierende Antimonbergwerk in Australien.

Das Gebiet um Hillgrove ist für seine reichen Gold- und Antimonvorkommen bekannt. Die mehr als 200 Vorkommen im Gebiet Hillgrove liegen zwischen zwei ENE verlaufenden Störungszonen (Hillgrove, Chandler) und erstrecken sich dabei in NNW-SSE-Richtung auf einer Fläche von etwa 9 km × 6 km. Die steil einfallenden Gänge können im Streichen bis zu 1,5 km verfolgt werden und weisen Mächtigkeiten von bis zu 5 m auf. Einzelne vererzte Bereiche können bis zu 10 g/t Au und 3,7 % Sb enthalten (Jackson 2013).

Bereits Ende des 19. Jahrhunderts wurden Gold und Antimon, aber auch Wolfram in Form von Scheelit im Gebiet zwischen Hillgrove und Metz gewonnen. Viele der ehemaligen kleinen Bergwerke schlossen nach einer ersten Blütezeit (ab 1887, Bakers Creek Gorge) bis Ende 1921. Erst 1969 wurde der Abbau wieder aufgenommen. Bis etwa 1999 wurden Erze durch New England Antimony Mines NL (NEAM) gefördert und in einer zentralen Aufbereitungsanlage verarbeitet. Auf-

Tab. 2.1.1: Reserven und Ressourcen der Lagerstätte Costerfield (Bergwerke Augusta, Cufley, Brunswick), Stand 2014 (SRK Consulting 2015).

Reserven		**Erz [t]**	**Au-Gehalt [g/t]**	**Au-Inhalt [oz]**	**Sb-Gehalt [%]**	**Sb-Inhalt [t]**
Costerfield	„Proved“	98.000	10,4	32.000	4,5	4.400
	„Probable“	336.000	7,4	80.000	3,3	11.200
	Total	**433.000**	**8,1**	**112.000**	**3,6**	**15.600**
Ressourcen		**Erz [t]**	**Au-Gehalt [g/t]**	**Au-Inhalt [oz]**	**Sb-Gehalt [%]**	**Sb-Inhalt [t]**
Costerfield	„Measured“	213.000	10,2	70.000	4,5	9.600
	„Indicated“	786.000	6,9	175.000	3,3	26.300
	Total (M & I)	**999.000**	**7,5**	**242.000**	**3,6**	**35.900**
	„Inferred“	519.000	5,3	89.000	2,6	13.700

Abb. 2.1.4: Gold-Antimonbergwerk Hillgrove (Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung von Hillgrove Mines Ltd.).

grund niedriger Preise wurde die Produktion 2001 eingestellt und NEAM meldete Insolvenz an (Coffey Mining Pty Ltd. 2012). Kurzfristig gehörten die Lizenzen und Produktionsanlagen zu Mount Isa Ltd. (MIM). Insgesamt wurden in dem Gebiet Hillgrove-Metz bis heute mehr als 720.000 oz Gold produziert (Hooper et al. 2002). Damit ist dieses Gebiet eines der produktivsten in ganz New South Wales. Darüber hinaus wurden mehr als 50.000 t Sb-Inhalt. sowie 2.000 t Scheelitkonzentrat gewonnen.

Straits Resources Inc. übernahm das Projekt im Jahr 2004 von dem Interrimseigner Antimony Resources Australia Ltd. Neben dem Ausbau der Infrastruktur investierte Straits Resources Inc. in eine neue Aufbereitungsanlage, einen Schmelzofen, eine hydrometallurgische Anlage zur Gewinnung von hochreinem Antimon sowie eine vollautomatische Verpackungsanlage. Das Unternehmen plante ursprünglich hochreines Antimonmetall in einer hydrometallurgischen Anlage herzustellen. Aufgrund technischer Probleme sowie niedriger Antimonpreise wurden der 2008 wieder aufgenommene Abbau sowie die Produktion von Metall jedoch bereits im Folgejahr wieder eingestellt. Eine geplante Übernahme durch Ancoa NL (2011) bzw. EMU Nickel (2012) fand nicht statt.

Das Unternehmen Bracken Resources Inc. erwarb das historische Gold-Antimonbergwerk bzw. das Betreiberunternehmen Hillgrove Mining Ltd. im Jahr 2013 für etwa 30 Mio. US$ von Straits Resources Inc. (freundliche mündliche Mitteilung, R. Jackson). Nach dieser Übernahme wurde die vorhandene Aufbereitungsanlage überholt und um eine weitere Flotationsanlage sowie einen geschlossenen Brauchwasserkreislauf erweitert (freundliche mündliche Mitteilung, R. Jackson). In dieser Konfiguration können bis zu 250.000 t Erz pro Jahr prozessiert werden. Durch weitere Modernisierungsschritte sowie eine zusätzliche Brech- und Mahlanlage soll die Kapazität auf bis zu 500.000 t Erz pro Jahr (2016) ausgebaut werden (Jackson 2013). Die vorhandene Anlage zur Gewinnung von Wolframkonzentraten wird derzeit nicht genutzt und befindet sich im Status Wartung und Instandhaltung. Gleiches gilt für den Schmelzofen sowie die hydrometallurgische Anlage. Unter den aktuellen Marktbedingungen können diese Anlagenteile nicht wirtschaftlich betrieben werden. Genaue Angaben zur tatsächlichen Produktions-

Tab. 2.1.2: Reserven und Ressourcen der Lagerstätte Hillgrove, Stand 2010 (Coffey Mining Pty Ltd. 2012).

Reserven		Erz [kt]	Au-Gehalt [g/t]	Au-Inhalt [oz]	Sb-Gehalt [%]	Sb-Inhalt [t]
Hillgrove	„Proved“	386	3,6	44.676	2,4	9.264
	„Probable“	1.809	3,8	221.010	2,1	37.989
	Total	**2.195**	**3,8**	**268.169**	**2,1**	**46.095**
Ressourcen		**Erz [kt]**	**Au-Gehalt [g/t]**	**Au-Inhalt [oz]**	**Sb-Gehalt [%]**	**Sb-Inhalt [t]**
Hillgrove	„Measured“	1.021	5,1	167.412	1,9	19.400
	„Indicated“	3.540	4,0	455.254	1,5	53.100
	„Inferred“	1.788	4,3	247.187	1,6	28.608
	Total (M & I)	**6.349**	**4,3**	**869.853**	**1,6**	**101.108**

menge liegen nicht vor, da diese vom Unternehmen nicht publiziert bzw. kommuniziert werden. Das Ausbringen von Antimon in der Produktion liegt laut Unternehmen bei ca. 92 %.

Die Angaben zu den Reserven bzw. Ressourcen aus dem Jahr 2012 sind in der Tabelle 2.1.2 zusammengefasst. Diese teilen sich auf mehrere Vorkommen innerhalb des gesamten Gebietes Hillgrove-Metz auf. Die wichtigsten dieser Einzelvorkommen sind Black Lode, Brackin's Spur, Eleanora, Garibaldi, Syndicate und Clarks Gully (Coffey Mining Pty Ltd. 2012).

Das Unternehmen produziert, vergleichbar zu Mandalay Resources Inc., ein Gold- sowie Antimonkonzentrat. Das Goldkonzentrat enthält in etwa 45–60 g/t Au, 40–60 g/t Ag, 8–11 % As und ca. 4 % Sb. Das Antimonkonzentrat enthält etwa 60–65 % Sb und 25–35 g/t Au. Der überwiegende Teil des produzierten Antimonkonzentrates wird an einen chinesischen Kunden verkauft (freundliche mündliche Mitteilung, P. Hosking). Ende 2014 wurde mit United States Antimony Co. (USAC) eine Vereinbarung über die Lieferung von monatlich 200 t Antimonkonzentrat ab Anfang 2015 abgeschlossen (U.S. Antimony Co. 2014). Eine Erweiterung auf 600 t Konzentrat pro Monat sind möglich. Das Konzentrat soll in der Anlage von USAC in Montana (USA) verarbeitet werden. Die notwendigen Kapazitätserweiterungen in Montana werden laut USAC durch Hillgrove Mines Ltd. finanziert (U.S. Antimony Co. 2014).

Anchor Resources Ltd. ist Lizenzinhaber der drei Antimonprojekte **Bielsdown** (Wild Cattle Creek), **Thunderbolts** und **Munga**. Diese befinden sich alle im New England Fold Belt in New South Wales. Das wichtigste dieser drei Projekte ist das 12 km nördlich von Dorrigo und 80 km nordöstlich des Bergwerks Hillgrove gelegene Projekt **Bielsdown** (Wild Cattle Creek). Zu den kleineren Vorkommen Thunderbolts und Munga liegen aktuell keine Daten vor.

Im Jahr 2011 wurde Anchor Resources Ltd. durch das chinesische Unternehmen China Shandong Jinshunda Group Co. Ltd. übernommen (Anchor Resources 2011). Größter Anteilseigner ist nunmehr dessen Tochterunternehmen Sunstar Capital Pty Ltd. (Anchor Resources 2015a).

Bielsdown (Wild Cattle Creek) wurde Ende des 19. Jahrhunderts entdeckt und periodisch untertägig auf Gold und Antimon abgebaut. Die letzten Bergbauaktivitäten datieren auf die späten 1970er Jahre. Informationen zum aktuellen Entwicklungsstand des Projektes liegen nicht vor.

Angaben zu Reserven („Proved & Probable“) sowie Ressourcen der Kategorie „Measured“ liegen nicht vor. Die Ressourcen („Indicated & Inferred“) für das Projekt werden („cut-off grade“ von 1% Sb) in der folgenden Tabelle angegeben (Tabelle 2.1.3).

Western Australia

Northwest Resources Inc. besitzt das Gold-/Antimonprojekt **Blue Spec Shear**, welches die beiden Vorkommen Blue Spec Shear und Gold Spec Shear, sowie untergeordnet Green Spec Shear und Red Spec Shear, beinhaltet. Diese Vorkommen liegen alle im Nullagine Goldfield, Pilbara, Western Australia. Blue Spec Shear liegt etwa 25 km nordöstlich von Nullagine und ist über eine unbefestigte Straße zu erreichen.

Die Vererzungen sind an eine ca. 14 km lange, Ost-West-verlaufende Störungszone gebunden. Die steil einfallenden Gänge lassen sich lateral über 100 m bis 200 m und in Teufen von bis zu 850 m verfolgen. Die Mächtigkeit liegt im Schnitt bei 2 m bis 2,5 m, kann aber in einzelnen Bereichen auch bis zu 10 m betragen.

Das Vorkommen Blue Spec Shear wurde 1906 entdeckt und in unterschiedlichen Phasen seit 1945 untertägig abgebaut. In den Jahren 1976 bis 1978 erfolgte der Abbau bis in eine Teufe von 320 m. Im Jahr 1973 wurde Blue Spec Shear von Anglo American Plc übernommen. Aufgrund von Aufbereitungsproblemen der komplexen Gold-Antimon-Erze wurde die Förderung 1978 eingestellt und seitdem nicht wieder aufgenommen.

Das Vorkommen Gold Spec Shear wurde erst 1956 entdeckt und befindet sich etwa 1 km westlich von Blue Spec Shear. Es wurde zwischen 1986 und 1988 durch ein JV bestehend aus Minproc Holdings Ltd., Chase Minerals NL, Asha Mining Finance Pty Ltd. und Invincible Gold NL unter Tage abgebaut.

Mithilfe der in Gold Spec Shear generierten Gewinne sollte die Produktion in Blue Spec Shear ebenfalls wieder aufgenommen werden. Die von Metramar Minerals Ltd. und Mulga Mines Pty Ltd. (Australian Anglo America Ltd.) errichtete und betriebene Flotationsanlage wurde von Minproc Holdings Ltd. durch eine moderne Anlage ersetzt. 1988 übernahm Chase Minerals NL das gesamte Projekt, das Unternehmen war jedoch nicht in der Lage, genügend Kapital für die weitere Entwicklung von Gold Spec Shear bzw. Blue Spec Shear zu generieren. Nach einer kurzen Abbauphase zwischen 1991 und 1992 folgte die Schließung des Bergwerkes (MEG 2013). Während der drei wichtigen Abbauphasen wurden im gesamten Projekt lediglich etwa 1,6 t Sb Inh. und knapp 76.000 oz Gold produziert.

Angaben zu Reserven („Proved & Probable“) sowie Ressourcen („Measured“) werden von dem Unternehmen nicht gemacht. Die Ressourcen („Indicated & Inferred“) für Blue Spec und Gold Spec Shear („cut-off grade“: 3,0 g/t Au) werden in der folgenden Tabelle angegeben (Tabelle 2.1.4).

Weitere kleinere Vorkommen (Green Spec, Red Spec) wurden von Northwest Resources Inc. identifiziert. Diese befinden sich östlich von Blue Spec und tragen nur in geringem Umfang zu den in der Tabelle 2.1.5 angegebenen Ressourcen bei. Ein Abbau fand hier noch nicht statt. Der „cut-off grade“ für Red Spec wurde mit 1,0 g/t Au dokumentiert, für Green Spec werden 0,5 g/t Au angegeben.

Ursprünglich hatte Northwest Resources Inc. einen Abbaubeginn für das dritte Quartal 2013 avisiert, welcher nicht umgesetzt wurde. Die Investitionen für die geplante Produktionsanlage lagen bei rund 35 Mio. A$. Die ursprünglich geplante Jahresförderkapazität betrug ca. 68.500 oz Gold und 1.500 Sb-Inhalt über eine Dauer von zunächst fünf Jahren. Nach aktuellem Stand plant das Unternehmen den Verkauf des gesamten Projektes Blue Spec an bis dato nicht näher genannte australische Interessenten (Northwest Resources 2014).

Das **Projekt Eastern Hill**, Teil des Goldprojektes Mt. Clement im Ashburn Becken, befindet sich etwa 30 km südwestlich der Paulsen Gold Mine

Tab. 2.1.3: Ressourcen Bielsdown, Stand 2013 (Anchor Resources 2015b).

Ressourcen	Erz [t]	Au-Gehalt [g/t]	Au-Inhalt [oz]	Sb-Gehalt [%]	Sb-Inhalt [t]
„Indicated“	340.000	0,31	3.389	3,06	10.400
„Inferred“	270.000	0,33	2.864	1,94	5.238
Total	**610.000**		**6.253**		**15.638**

Tab. 2.1.4: Ressourcen Blue Spec Shear & Gold Spec Shear, Stand 2013 (Northwest Resources Inc. 2013).

Ressourcenkategorie	Erz [t]	Au-Gehalt [g/t]	Au-Inhalt [oz]	Sb-Gehalt [%]	Sb-Inhalt [t]
„Indicated“	84.000	29,1	79.000	2,2	1.900
„Inferred“	234.000	12,2	92.000	0,9	2.200
Total Blue Spec Shear	318.000	16,7	171.000	1,3	4.100
„Indicated“	67.000	12,4	27.000	1,1	700
„Inferred“	30.000	21,6	21.000	1,4	400
Total Gold Spec Shear	97.000	15,2	48.000	1,2	1.100
Total	**415.000**	**16,3**	**219.000**	**1,3**	**5.200**

von Northern Star Resources. Lizenzinhaber ist Artemis Resources Inc. Das Projekt wird als Joint Venture mit Northern Star Resources betrieben. Zu erreichen ist das Vorkommen über unbefestigte Straßen von Norden kommend (Nanutarra-Munjina Road, Hyw. 136). Die nächst gelegene Siedlung ist Wyloo Homestead südlich des Hyw. 136.

Das Vorkommen wurde 1996 bis 1997 durch Taipan Resources NL entdeckt. Es erstreckt sich über eine Länge von etwa 900 m von Nordosten nach Südwesten. Bisher wurden die Vererzungen bis in eine Teufe von etwa 200 m durch Bohrungen nachgewiesen (Taipan Zone). Im September 2013 wurden weitere Zonen nördlich der Taipan Zone durch erste Probebohrungen identifiziert (Dugite-, Gwadar-, Tiger Zone). Proben aus diesen Bereichen wiesen dabei sehr hohe Sb-Gehalte von bis zu 35 % auf. Im Oktober 2014 wurde daher ein weiteres Bohrprogram gestartet. Insgesamt wurden vier RC-Bohrungen im östlichen Teil der Dugite Zone abgeteuft (Artemis Resources Inc. 2014). Ergebnisse aus diesen Bohrungen sowie aktuelle Informationen zum Explorationsstand liegen noch nicht vor.

Die vom Unternehmen angegebenen Ressourcen („Indicated & Inferred“) beziehen sich ausschließlich auf die Taipanzone und sind in Tabelle 2.1.6 aufgeführt. Neben Antimon und Gold kommen noch Blei (2,5 g/t) und Silber (24 g/t) vor. Der „cut-off grade“ wurde mit 1 % Antimon angegeben.

Queensland

Das Unternehmen Territory Minerals Pty Ltd. ist Lizenzinhaber des Goldprojekts **Northcote**, welches sich aus mehreren kleineren Einzelprojekten zusammensetzt. Northcote liegt etwa 60 km westlich von Cairns und ca. 15 km nördlich des kleinen Ortes Mutchiba. Laut SNL (2015) liegen die Ressourcen des Projektes bei rund 286.000 oz Gold

Tab. 2.1.5: Ressourcen Red Spec Shear & Green Spec Shear, Stand 2013 (Northwest Resources Inc. 2013).

Ressourcenkategorie	Erz [t]	Au-Gehalt [g/t]	Au-Inhalt [oz]	Sb-Gehalt [%]	Sb-Inhalt [t]
„Indicated“	160.000	1,8	9.200	0,01	20
„Inferred“	130.000	2,0	8.300	0,01	10
Total Blue Spec Shear	290.000	1,9	17.500	0,01	30
„Indicated“	73.000	3,6	8.400	1,1	800
„Inferred“	29.000	2,1	1.900	1,0	300
Total Gold Spec Shear	102.000	3,2	10.300	1,1	1.100
Total	**392.000**	**16,3**	**27.800**	**1,3**	**1.130**

Tab. 2.1.6: Ressourcen Eastern Hill Project (Taipan Zone), Stand 2013 (Artemis Resources Inc. 2014).

Ressourcenkategorie	Erz [t]	Au-Gehalt [g/t]	Au-Inhalt [oz]	Sb-Gehalt [%]	Sb-Inhalt [t]
„Indicated“	812.348	0,41	10.710	2,0	16.250
„Inferred“	500.000	0,20	3.215	1,3	6.500
Total	**1.312.348**	**0,31**	**13.925**	**1,7**	**22.750**

und 10.500 t Sb-Inhalt. Nähere Informationen zum Projekt liegen nicht vor.

Das Unternehmen Stibium Mining Pty Ltd. ist Lizenzinhaber des historischen Antimonbergwerks **Neardie**. Das Vorkommen wurde 1872 entdeckt und mit Unterbrechungen bis 1969 abgebaut. Das Bergwerk war zeitweise das größte aktive Antimonbergwerk in Queensland. Abgebaut wurden Gänge von bis zu 4 m Mächtigkeit bis in eine Teufe von rund 100 m. Die Sb-Gehalte schwankten stark und erreichten in manchen Bereichen bis zu 60 %. Nähere Informationen zum Projekt liegen nicht vor.

Anforderungen und Bewertung

Aktuell gibt es in Australien lediglich zwei Bergwerke, die Antimon fördern, Antimonkonzentrate produzieren und diese exportieren (China, USA). Eine Verarbeitung zu Metall bzw. Antimontrioxid und damit eine höhere Wertschöpfung finden im Land bisher nicht statt.

Nach Petrow et al. (2008) sind die australischen Vorkommen mit Sb-Inhalten von zum größten Teil deutlich unter 50.000 t als generell klein einzustufen.

Mandalay Resources Inc. (Costerfield, Augusta) sowie Hillgrove Mines Ltd. (Hillgrove) haben ihre Förderkapazitäten in den letzten beiden Jahren deutlich ausgebaut, sodass Australien im Jahr 2014 mit rund 13.500 t zum drittgrößten Exporteur von Antimonkonzentraten aufgestiegen ist. Die von den beiden Unternehmen produzierten hochwertigen Konzentrate zeichnen sich dabei durch hohe Sb-Gehalte von > 60 M.-% aus.

Neben diesen beiden bereits produzierenden Bergwerken gibt es in Australien nur wenige Projekte, die auf Antimon explorieren. Die darüber hinaus aufgeführten Vorhaben zeichnen sich durch frühe Explorationsstadien und niedrige Ressourcen aus. Es erscheint fraglich, ob die finanziellen Mittel für die Entwicklung der genannten Projekte aufgebracht werden können, um diese mittel- bis langfristig in Produktion zu bringen. Hinzu kommt, dass die Preise von Antimon seit etwa Mitte 2011 um ca. 50 % gefallen sind und die globale Nachfrage stagniert. Ein Investment in kleine Projekte lohnt sich unter diesen Vorrausetzungen für viele Unternehmen bzw. Investoren daher nicht.

Literatur

Anchor Resources Ltd. (2011): Anchor Resources Ltd. – Firmenpräsentation: Februar 2011. – URL: http://www.anchorresources.com/31-08-2011-Presentation-Mining-NSW-Conference.pdf [Stand 09.02.2015].

Anchor Resources Ltd. (2015a): Investor Info. – URL: http://www.anchorresources.com/index.php/investor-info/top-20-shareholders/ [Stand 02.04.2015].

Anchor Resources Ltd. (2015b): Projects. – URL: http://www.anchorresources.com/index.php/projects/nsw/bielsdown-nsw/ [Stand 13.04.2015].

Artemis Resources Inc. (2014): Investor Presentation. – URL: http://artemisresources.com.au/wp-content/uploads/2014/01/ARV-20140130-Artemis-Investor-Presentation-FINAL.pdf [Stand 22.04.2015].

Coffey Mining Pty Ltd. (2012): Independent Technical Valuation – Emu Nickel NL – Hillgrove Antimony Project. – URL: http://www.ancoa.com.au/CoffeyMining.pdf [Stand 05.01.2015].

Geoscience Australia (2013): Australia's Identified Mineral Resources 2012, Geoscience Australia, 6 S., Canberra, Australien. – URL: http://www.ga.gov.au/corporate_data/78988/78988_AIMR_2013.pdf [Stand 02.01.2015].

GTIS – Global Trade Information Services Inc. (2015): Global Trade Atlas. – kostenpflichtige Online-Datenbank. – URL: https://www.gtis.com/gta [Stand: 03.01.2015].

Hooper, B., Ashley, P., Shields, P. (2002): The Hillgrove Gold-Antimony-Tungsten District, NSW, Australia. – URL: http://www.smedg.org.au/Hoopab.pdf [Stand 21.02.2015].

Jackson, R. (2013): Hillgrove Antimony – Gold Mine. – Firmenpräsentation: Oktober 2014.

Mandalay resources Inc. (2014): Delivering Value and Growth. – Firmenpräsentation: Oktober 2014. – URL: http://www.mandalayresources.com/wp-content/uploads/2014/11/MND_Investor_Presentation_October-27_2014_FULL_v2.pdf [Stand 27.04.2015].

Mandalay resources Inc. (2015): Building Value Across the Cycle. – Firmenpräsentation: May 2015. – URL: http://www.mandalayresources.com/wp-content/uploads/2013/11/MND_Investor_Presentation_May_2015_Marketing.pdf [Stand 27.04.2015].

MEG – Metals Economics Group (2013): Mine Search. Halifax.
[Stand 02.01.2015].

Northwest Resources Inc. (2015): Projects. – URL: http://www.nw-resources.com.au/project_information/blue_spec_shear_gold_antimony_project/overview.phtml
[Stand 07.04.2015].

Northwest Resources Inc. (2014): ASX News 30.09.2014. – URL: http://www.nw-resources.com.au/images/northwest---lugeetixah.pdf
[Stand 15.04.2015].

Northwest Resources Inc. (2013): Mineral Resource Statement. – URL: http://www.nw-resources.com.au/images/northwest---aefiogeeyu.pdf
[Stand 09.04.2015].

Petrow, O. W., Michailow, B. K., Kimelman, S. A., Ledowskich, A. A., Bawlow, N. N., Nezhenskii, I. A., Worob'ew, J. J., Schatow, W. W., Kopina, J. S., Nikolaeva, L. L., Bespalow, E. W., Boiko, M. S., Wolkow, A. W., Sergeew, A. S., Parschikowa, N. W. & Mirchalewskaja, N. W. (2008): Mineral resources of Russia (in Russian).– Ministry of the Natural Resources of the Russian Federation (VSEGEI): 302 S.; St. Petersburg.

SNL (2015): Metals & Mining. – Kostenpflichtige Online-Datenbank; Charlottesville.
[Stand: 01.02.2015].

SRK Consulting Group (2015): Costerfield Operation, Victoria, Australia; NI 43-10.1 – 236 S. – URL: http://www.mandalayresources.com/wp-content/uploads/2015/03/Costerfield_NI_43-101_Final_Mar_2015.pdf [Stand 02.06.2015].

SRK Consulting Group (2013): Mandalay Resources Corporation, Costerfield Operation, Victoria, Australia; Preliminary Economic Assessment. – 186 S. – URL: http://www.mandalayresources.com/wp-content/uploads/2013/10/Costerfield_PEA_Filed_Oct_10_2013.pdf [Stand 10.04.2015].

U.S. Antimony Co. (2014): Annual Shareholders Meeting 2014. – Firmenpräsentation: Dezember 2014. – URL: http://www.usantimony.com/USAC%20ASM%202014.pdf
[Stand 06.05.2015].

2.2 Baryt (Schwerspat)

(Harald Elsner)

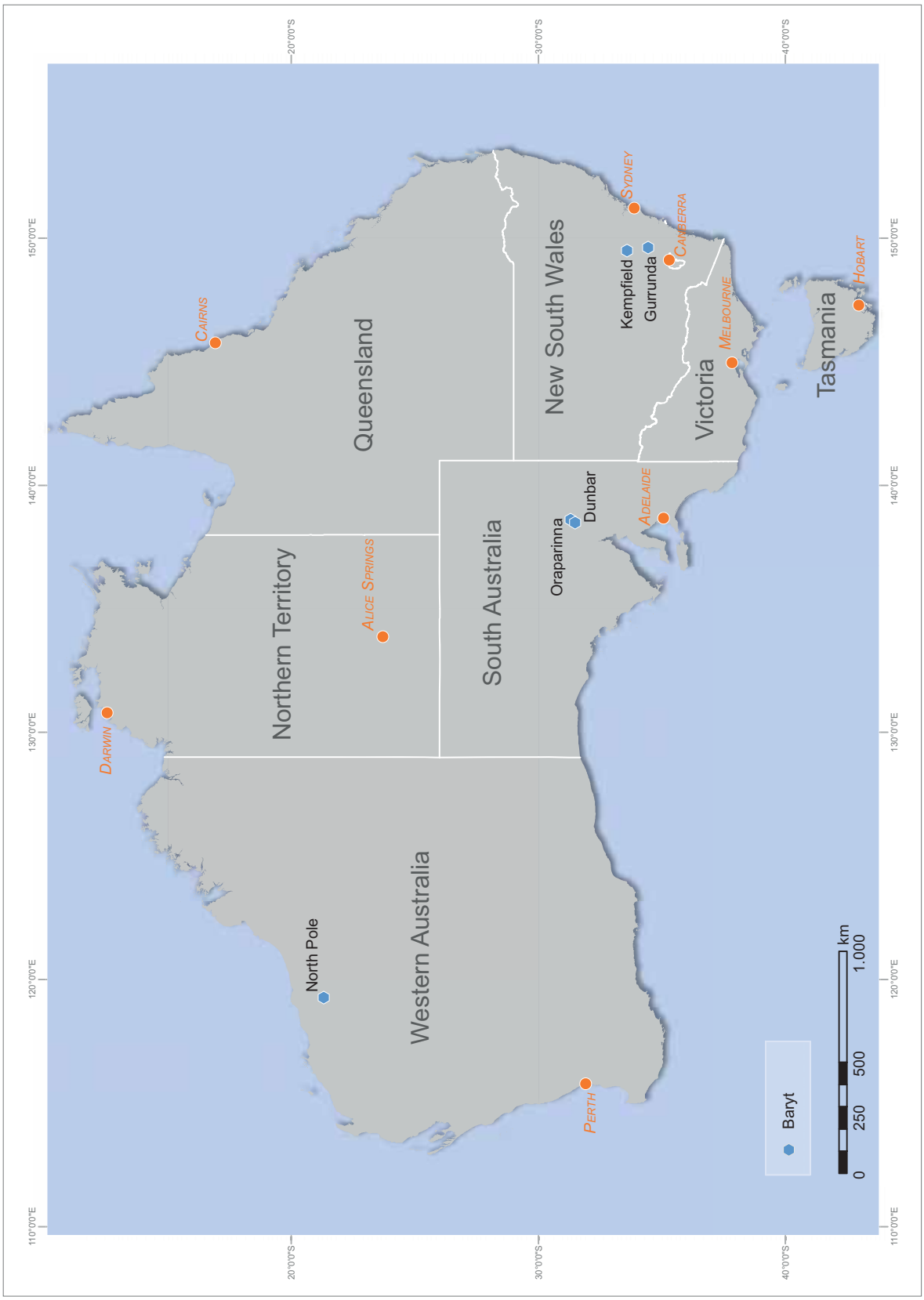


Abb. 2.2.1: Ausgewählte Barytlagerstätten in Australien.

Überblick und Verwendung

Baryt oder Schwerspat, chemisch $BaSO_4$, wird aufgrund seiner hohen Dichte weltweit hauptsächlich als Schweremittel für Bohrfluide in der Erdöl- und Erdgasindustrie verwendet. Baryt dient zudem als Füllstoff in der Herstellung von Papier, Farbe oder Kunststoffen, als Zuschlag bei der Herstellung von Schwerbeton sowie als Ausgangsmaterial für die Herstellung von Ba-Chemikalien.

Wichtige Vorkommen in Australien

Aus ganz Australien sind mehrere Hundert Vorkommen von Baryt bekannt, von denen viele schon einmal in Produktion standen. Derzeit stammt die gesamte australische Produktion von Baryt aus South Australia, wo im Jahr 2015 6.017 t Baryt ausschließlich für die Tiefbohrindustrie gewonnen wurden (Lavingdale 2014, 2016). Die Aufbereitung für andere industrielle Verwendungen soll dagegen in South Australia Anfang 2010 beendet worden sein. Abbildung 2.2.1 gibt einen Überblick über ausgewählte australische Barytlagerstätten, die im Folgenden beschrieben werden.

South Australia

In South Australia gibt es über 160 bekannte Barytvorkommen bzw. -lagerstätten (Hiern 1976). Die bedeutendste Lagerstätte liegt bei **Oraparinna**, rund 90 km nordöstlich von Hawker bzw. 165 km nordwestlich von Port Augusta, wo der Abbau im Jahr 1940 begann. Im Jahr 2000 wurde die Lagerstätte an Unimin Australia Ltd., heute Sibelco Australia Ltd., verkauft. Die Gewinnung erfolgt unter Tage auf mittlerweile sieben Sohlen. In Abbau stehen 1 bis 2,5 m breite und bis 250 m lange verfolgbare Gänge, die sich in Dehnungszonen einer Grabenstruktur entwickelt haben (McCallum 1990). Das Erz enthält durchschnittlich 97,6 % (94,6 – 98,5 %) $BaSO_4$ und 0,86 % SiO_2 bei einem spezifischen Gewicht von im Mittel 4,36 (4,24 – 4,40) g/cm³. Der dortige Baryt ist also von hoher Qualität (Valentine 1989).

Das Erz wird nach Förderung per Lkw 160 km zur firmeneigenen Aufbereitungsanlage nach Quorn, 30 km nordöstlich von Port Augusta, transportiert, wo je nach Farbe drei Qualitäten für Anwendungen als Füllstoff in der Papier- und Farbenindustrie sowie als Formschlichte für die Olympic Dam Mine in Roxby Downs erzeugt werden (Tabelle 2.2.1).

Ein Teil der A- und Standard-Qualitäten werden zudem in Gilman, einem Vorort von Adelaide, als Schweremittel für die Erdölbohrindustrie fein aufgemahlen. Nach Valentine (1989) betrugen die Ressourcen („Indicated“) der Oraparinna Lagerstätte vor 25 Jahren rund 140.000 t Baryt. Neuere Daten sind nicht verfügbar.

Eine weitere, von Sibelco Australia Ltd. betriebene Barytlagerstätte liegt bei **Dunbar**, rund 15 km südwestlich der Oraparinna Mine. Hier ist seit 1962 in einem Tagebau ein bis 30 m breites und 500 m langes subparalleles Gangsystem aufgeschlossen, in dem die Barytgänge bis 9 m Mächtigkeit erreichen. Ein Großteil des Baryts (typisch: 93 % $(Ba+Sr)SO_4$, 2 % SiO_2, 3,5 – 7 % Fe_2O_3, spez. Gewicht: 4,2 g/cm³) aus Dunbar wird auch in der Tiefbohrindustrie eingesetzt, bessere Qualitäten werden aber ebenfalls nach Quorn transportiert und dort zu hochweißem AA Grade aufbereitet. Nach Valentine (1989) betrugen die Ressourcen („Indicated“) vor 25 Jahren rund 250.000 t Baryt. Auch hier sind neuere Daten nicht verfügbar.

New South Wales

Aus New South Wales sind rund 130 Barytvorkommen bekannt. Das größte hiervon ist die auf über 3 km streichende Länge nachgewiesene, vulkanisch-sedimentäre Ag-Pb-Zn-Barytlagerstätte **Kempfield**, die 25 km südsüdwestlich von

Tab. 2.2.1: Barytqualitäten, die Sibelco Australia Ltd. in Quorn produziert (Valentine 1989).

	A Grade	Standard Grade	B Grade
Brightness	R457 : 75,3	R457 : 75,2	R457 : 71,3
Yellowness	R57-R457 : 7,1	R57-R457 : 9,3	R57-R457 : 10,7
spez. Gewicht in g/cm³	4,36	4,35	4,34

Bathurst bzw. 180 km westlich von Sydney liegt. In sechs Einzelvorkommen tritt hier feinkörniger, grauer Baryt zusammen mit Kieselgesteinen und, untergeordnet, fein verteilten Sulfiden in dünnen linsenförmigen Schichten auf. Die Schichtlagerung ist tektonisch und metamorph überprägt. Der ehemalige Lizenzinhaber Golden Cross Resources Ltd. identifizierte in Kempfield Gesamtressourcen von 3,72 Mio. t Erz @ 26,3 % $BaSO_4$, (978.000 t $BaSO_4$-Inhalt), zuzüglich 94,7 ppm Ag und 1,16 % Pb+Zn („cut-off grade" 60 ppm Ag). Zwischen 1918 und 2000 wurden hier bereits rund 65.000 t Barytkonzentrat produziert. Gegenwärtiger Lizenzinhaber ist Argent Minerals Ltd., die versucht, Kempfield als Ag/Au-Projekt mit beibrechendem Pb+Zn zu entwickeln (vgl. Kapitel 2.5). Neuere Ressourcenberechnungen von Argent Minerals Ltd. beinhalten dementsprechend kein $BaSO_4$ mehr.

Bei **Gurrunda**, westlich Goulburn bzw. rund 100 km südlich von Kempfield, lagern in Gängen zusätzliche Ressourcen von knapp 300.000 t Erz @ rund 75 % $BaSO_4$. Der Baryt ist grau, sehr feinkörnig und enthält zahlreiche dünne Bänder von Pyrit (Stevens 1976).

Western Australia

In Western Australia endete die bisherige großkommerzielle Produktion von Baryt im Jahr 1990. Bis zu diesem Jahr war dort die Lagerstätte **North Pole** in Betrieb, die zwischen ihrer Eröffnung im Jahr 1970 und ihrer Schließung insgesamt 129.505 t Baryt für die regionale Tiefbohrindustrie lieferte (Abeysinghe & Fetherston 1997). North Pole liegt rund 120 km südöstlich von Port Hedland und 40 km westlich Marble Bar in der Pilbara Region. Es handelt sich um eine zusammen mit Kieselschieferlagen 5 bis 50 m mächtige, geschichtete, submarin entstandene Lagerstätte inmitten vulkanischer Gesteine. Auch Barytgänge kommen vor. Der Baryt ist weiß bis hellblaugrau und grobkristallin. Reine Barytlagen erreichen 10 bis 20 cm Mächtigkeit. Der in Tagebauen gewonnene Baryt enthielt zwischen 79,9 und 98,6 % $BaSO_4$ mit 0,83 bis 15,30 % SiO_2 sowie Dichten von 4,35 bis 4,42 g/cm³. Historische Ressourcenschätzungen reichten von mehreren Hunderttausend bis mehrere Millionen Tonnen $BaSO_4$-Inhalt (Lipple 1976). Derzeitiger Lizenzinhaber ist Haoma Mining NL, die Ende der 1990er Jahre für wenige Monate durch einen Subkontraktor nochmals Baryt in North Pole gewinnen ließ.

Abeysinghe & Fetherston (1997) beschreiben zahlreiche weitere, teils auch qualitativ hochwertige Barytvorkommen und -lagerstätten in Western Australia. Keines dieser Vorkommen enthält jedoch wirtschaftlich interessante Tonnagen an Baryt.

Anforderungen und Bewertung

Baryt als Zusatz zu Bohrspülungen muss mindestens 92 M.-% $BaSO_4$ enthalten und ein spez. Gewicht von > 4,2 g/cm³ aufweisen. Als Füllstoff werden gebleichte oder ungebleichte Barytkonzentrate mit > 88 M-% $BaSO_4$ und häufig hohem Weißegrad (> 92 %) eingesetzt. Baryt für die chemische Industrie sollte > 94 (bis 97) M.-% $BaSO_4$ und nicht mehr als 1 – 2 M-% $SrSO_4$ und 0,5 M.-% CaF_2 aufweisen (Lorenz & Gwosdz 1998).

Aufbereitungs- und Transportkosten (Infrastruktur) beeinflussen wesentlich die Wirtschaftlichkeit einer Barytlagerstätte. Diese sollte, um für deutsche Investoren interessant zu sein, mindestens 10 Mio. t Baryt enthalten. Bei monomineralischen, oft qualitativ hochwertigen Ganglagerstätten reicht dagegen ein $BaSO_4$-Inhalt von 1 Mio. t aus.

Von den bekannten Barytlagerstätten Australiens weist keine ausreichend hohe Tonnagen für ein gezieltes deutsches Investment auf. Sollte Interesse an nur geringen Mengen Baryt bestehen, existieren regional jedoch zahlreiche kleine Vorkommen, die gegebenenfalls aufgeschlossen und genutzt werden könnten. Unternehmen, die Baryt benötigen, ohne in eine eigene Rohstoffversorgung investieren zu wollen, können sich jederzeit an den derzeitig einzigen australischen Baryt-Produzenten, Sibelco Australia Ltd., wenden.

Literatur

Abeysinghe, P. B. & Fetherston, J. M. (1997): Barite and fluorite in Western Australia. – Geol. Surv. Western Australia, Mineral Resources Bull., **17**: 97 S., 31 Abb., 22 Tab.; Perth.

Hiern, M. N. (1976): Barite – South Australia. – In: Knight, C. L. (Hrsg.): Economic Geology of Aust-

ralia and Papua New Guinea. 4. Industrial Minerals and Rocks. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **8**: 27–30; Parkville, VIC.

Lavingdale, M. (2014): South Australian mineral resource production statistics for the six months ended 31st December 2013.– Department for Manufacturing, Innovation, Trade, Resources and Energy, South Australia, Report Book, **2014/00012**: 8 S.; Adelaide. – URL: https://sarigbasis.pir.sa.gov.au/WebtopEw/ws/samref/sarig1/image/DDD/RB201400012.pdf
[Stand 29.01.2016].

Lavingdale, M. (2016): South Australian mineral resource production statistics for the six months ended 31st December 2015.– Department for Manufacturing, Innovation, Trade, Resources and Energy, South Australia, Report Book, **2016/00006**: 4 S.; Adelaide. – URL: https://sarigbasis.pir.sa.gov.au/WebtopEw/ws/samref/sarig1/image/DDD/RB201600006.pdf
[Stand 30.05.2016].

Lipple, S. L. (1976): Barite – Western Australia. – In: Knight, C. L. (Hrsg.): Economic Geology of Australia and Papua New Guinea. 4. Industrial Minerals and Rocks. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **8**: 30–32; Parkville, VIC.

Lorenz, W. & Gwosdz, W. (1998): Baryt (Schwerspat). – In: Bewertungskriterien für Industrieminerale, Steine und Erden. Teil 2: Karbonat- und Sulfatgesteine. – Geol. Jb., **H. 4**: 78–88, 5 Tab., 4 Abb.; Hannover.

McCallum, W. S. (1990): Oraparinna Barite Deposits. – In: Hughes, F. E. (Hrsg.): Geology of the Mineral Deposits of Australia and Papua New Guinea. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **14**: 1159–1161, 2 Abb.; Melbourne.

Stevens, B. P. J. (1976): Barite – New South Wales. – In: Knight, C. L. (Hrsg.): Economic Geology of Australia and Papua New Guinea. 4. Industrial Minerals and Rocks. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **8**: 24–25; Parkville, VIC.

Valentine, J. T. (1989): Barite. – In: Industrial and non metallic minerals – operations in South Australia. – Department of Mines and Energy South Australia, Report Book, **89/74**: 1–11; Adelaide.

Whitehouse, J., Brownlow, J. W., Burton, G. R., Ferguson, A. C., Glen, R. A., Lishmund, S. R., MacRae, G. P., Malloch, K. R., Oakes, G. M., Paterson, I. B. L., Pienmunne, J. T., Ray, H. N. & Watkins, J. J. (2007): Barite.– in: Facer, R. A. (Hrsg.): Industrial Mineral Opportunities in New South Wales.– Geological Survey of New South Wales, Bulletin, **33**: 13–16, 2 Tab., 1 Abb.; Maitland, NSW (NSW Department of Primary Industries). – URL: http://www.resourcesandenergy.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0008/237797/Barite.pdf [Stand 29.01.2016].

2.3 Bentonit

(Martin Schmitz)

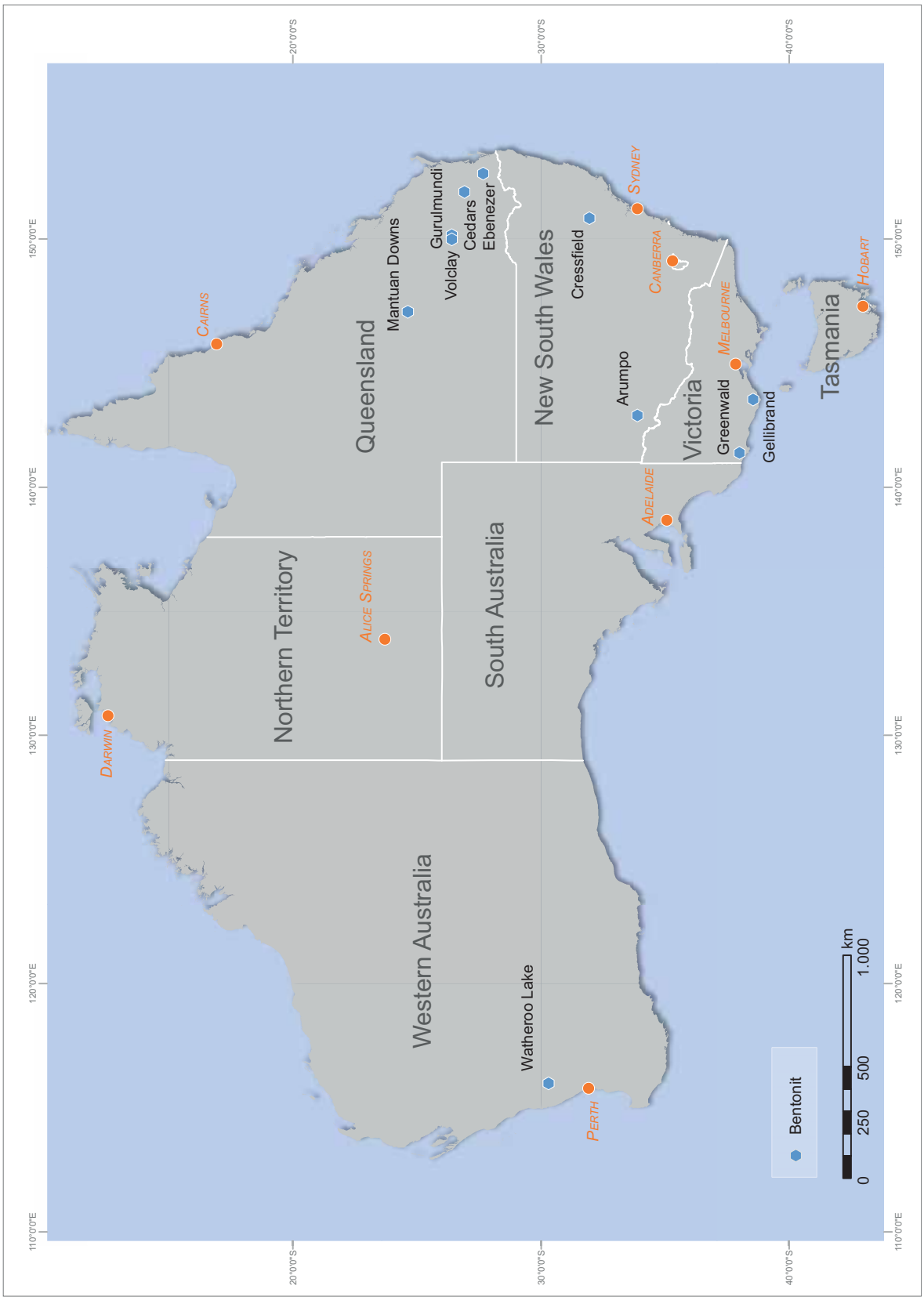


Abb. 2.3.1: Ausgewählte Bentonitlagerstätten in Australien.

Überblick und Verwendung

Bentonit ist ein Tonrohstoff, der zu mehr als 50 % aus Tonmineralen der Smektit-Gruppe (Montmorillonit-Gruppe) besteht. Die Bildung von Bentoniten erfolgt meist in situ durch die Verwitterung basischer magmatischer Gesteine, meist vulkanischer Aschen, im alkalischen Milieu. Bentonite können jedoch auch durch die hydrothermale Alteration von basischen Gesteinen bzw. sekundär durch die Umlagerung und den Transport von montmorillonitischen Verwitterungskrusten entstehen. Nebenbestandteile der Bentonite sind in der Regel Quarz, andere Tonminerale sowie akzessorische Reste des Ausgangsgesteins (Lorenz & Gwosdz 1997).

Der Montmorillonit der Bentonite besitzt mit der Kationenaustauschfähigkeit eine spezifische Eigenschaft, die ihn einzigartig macht. Nach Lorenz & Gwosdz (1997) sind Montmorillonite „quellfähige 2:1 Schichtsilikate, die in den Zwischenschichten anorganische und organische Kationen sowie Flüssigkeiten einlagern können und dabei die Schichtabstände in der C-Richtung verändern". Die Kationenaustauschfähigkeit der Montmorillonite und ihre Quellfähigkeit sind abhängig von den Kationen, die in den Zwischenschichten gebunden sind. Während Na-Bentonite stark quellfähig sind, ist dies bei den Ca-Bentoniten nur untergeordnet der Fall. Durch die Behandlung von Ca-Bentoniten mit 3- bis 8-prozentiger Sodalösung können jedoch die Ca-Ionen durch Na-Ionen ersetzt werden und der Bentonit wird „aktiviert". So entstehen „künstliche" Na-Bentonite. Durch Säurebehandlung können auch sogenannte sauer aktivierte Bentonite (H-Bentonite) hergestellt werden. Es gibt zudem natürliche Mg-Bentonite (Saponite) sowie Bentonite, die überwiegend Al-Montmorillonite (Beidellit) oder Fe-Montmorillonite (Nontronit) enthalten (Lorenz & Gwosdz 1997).

Insbesondere alkalische (Na) und erdalkalische Bentonite (Ca, Mg), aber auch sauer aktivierte Bentonite werden in der Industrie verwendet, so beispielsweise zum Entfärben und Reinigen von Flüssigkeiten und Ölen, als Katalysator und Füllstoff in der chemischen Industrie, als Zusatz in der pharmazeutischen Industrie, als Formbinder für Gießereisande, zur Pelletierung von Erzen sowie in der Bauindustrie als Gleit-, Stütz- und Dichtmittel. Natürlicher Na-Bentonit sowie aktivierter Bentonit werden zudem insbesondere für Spülungen in der Tiefbohrindustrie eingesetzt (Lorenz & Gwosdz 1997).

Wichtige Vorkommen in Australien

Die Bentonitproduktion in Australien ist in den letzten Jahren deutlich zurückgegangen. Derzeit werden etwa 50.000 t Bentonit pro Jahr produziert. Dies geschieht fast ausschließlich in Queensland sowie untergeordnet in New South Wales und Western Australia. Abbildung 2.3.1 gibt einen Überblick über ausgewählte australische Bentonitlagerstätten, die im Folgenden beschrieben werden.

Queensland

In Queensland, in der Region um den Ort Miles, liegen die bei weitem bedeutendsten Bentonitvorkommen Australiens. Der Na-Bentonit befindet sich am Top der oberjurassischen Orallo-Formation, direkt unter kretazischen Mooga-Sandsteinen. Der Bentonit liegt lagenförmig oder in einzelnen Linsen vor. Er ist das Verwitterungsprodukt vulkanischer Aschen. Der bedeutendste Produzent von Bentonit in Australien ist die Sibelco Australia Pty Ltd. Sie fördert Na-Bentonit in zwei Lagerstätten nahe **Gurulmundi**, ca. 30 km nördlich von Miles. Die Ressourcen („Inferred", „Measured" und „Indicated") betragen 12 Mio. t. Die Produktionskapazität liegt bei 120.000 t pro Jahr, die derzeit jedoch nicht ausgeschöpft wird. Der Bentonit wird für Bohrspülungen, aber auch für zahlreiche andere Anwendungen bis hin zu Tierstreu verwendet (von Gnielinski 2014).

Die Sibelco Australia Pty Ltd. besitzt eine weitere Bentonitlagerstätte, **Woleebee No. 1**, ca. 70 km nordwestlich von Miles. Dieser Na-Bentonit wird derzeit jedoch nicht gewonnen. Kleinere Mengen an Na-Bentonit produziert die Bioclay Pty Ltd. in einer Lagerstätte ca. 5 km südwestlich von Miles. Dieser Bentonit wird als Tierfutterzusatz und als Tierstreu verwendet. Die Ressourcen („Inferred", „Indicated" und „Measured") liegen bei ca. 3,3 Mio. t (von Gnielinski 2014).

Ebenfalls nahe Miles, 6 km westlich von Gurulmundi, gewinnt die Amcol Australia Pty Ltd. Na-Bentonit in der Lagerstätte **Queensland Bentonite** (Volclay Bentonite). Die Kapazität dieses Unternehmens beträgt 80.000 t pro Jahr, wobei

der Bentonit für Bohrspülungen und zahlreiche andere Anwendungen verwendbar ist (von Gnielinski 2014). Es ist derzeit nicht bekannt, ob die Lagerstätte in Abbau steht.

In **Cedars**, etwa 10 km südwestlich von Yarraman, gewann die PCP Douglas Pty Ltd. Bentonite aus einer mehrere Meter mächtigen Tonlage, die teilweise bentonitische Tone aufweist. Die Bentonite sind das Produkt der Verwitterung vulkanischer Gesteine, die möglicherweise in einer lakustrinen Umgebung abgelagert wurden. Derzeit findet dort keine Gewinnung statt. Der Bentonit wurde für Anwendungen im Feuerfestbereich, aber auch als Zuschlag für Tierfutter oder zum Pelletieren eingesetzt (Simpson 1976, von Gnielinski 2014).

Die Lagerstätte **Mantuan Downs** befindet sich 135 km südwestlich von Emerald. Hier baute bis 2008 die Pacific Environmin Ltd. über ihre Tochter Ipoh Pacific Resources Pty Ltd. Ca-Bentonit-Lagen ab. Die Ressourcen („Inferred", „Indicated" und „Measured") liegen bei etwa 17 Mio. t (von Gnielinski 2014).

In **Ebenezer**, 10 km südöstlich von Ipswich, wird Na-Bentonit durch die Clay Resources Company, eine Tochter der Ebenezer Mining Company Pty Ltd., als Nebenprodukt der Kohleförderung gewonnen. Die Bentonite werden für zahlreiche Anwendungsgebiete – unter anderem als Tierstreu und Dichtmasse – verwendet. Die Ressourcen („Inferred", „Indicated" und „Measured") betragen 1,9 Mio. t (von Gnielinski 2014).

New South Wales

In New South Wales gibt es nach Whitehouse (2007) 34 Bentonitvorkommen. Gefördert wird Bentonit derzeit aus zwei Lagerstätten.

Die Lagerstätte **Arumpo** befindet sich ca. 95 km nordöstlich des Ortes Mildura. Sie enthält mehrere Lagen eines hochwertigen Na-Mg-Bentonits von etwa 5 bis 10 m Mächtigkeit. Die Bentonite sind Alterationsprodukte vulkanischer Aschen, die die pliozänen Loxton-Parilla-Sande des känozoischen Murray-Basin überlagern (Whitehouse 2007). Die Ressourcen (nicht JORC-konform) belaufen sich auf ca. 70 Mio. t. Die Hauptlage ist ca. 5 m mächtig und wird von sandigem bis tonigem Abraum von durchschnittlich ca. 15 m Mächtigkeit überlagert. Der Bentonit ist teilweise durch sandige Linsen unterbrochen (Whitehouse 2007). Er wird unter anderem als Katzenstreu, für Tierfutter, als Absorber, Bodenverbesserer und für Bohrspülungen verwendet (Arumpo Bentonite Ltd. o.J.). Nach Whitehouse (2007) gibt es im Bereich des Murray-Basin durch Bohrungen Hinweise darauf, dass Bentonite dort weiter verbreitet sind, als bisher angenommen.

Zahlreiche kleine Vorkommen an Ca-Bentoniten sind aus dem Hunter Valley, nördlich und nordwestlich von Newcastle bekannt. Sie sind permischen oder karbonischen Alters und bildeten sich durch die Verwitterung vulkanischer Aschen. Die permischen Bentonite besitzen eine vergleichsweise hohe Quellfähigkeit, einige sind vermutlich Na-Bentonite und vergesellschaftet mit permischen Kohlen. Bei **Cressfield**, im oberen Hunter Valley, produziert die Sibelco Australia Ltd. geringe Mengen dieses Rohstoffs (Uren 1976, Whitehouse 2007).

Victoria

In Victoria werden derzeit keine Bentonite abgebaut. Im Bundesstaat sind jedoch zwei größere Vorkommen bekannt. In **Gellibrand**, ca. 28 km südlich von Colac, befinden sich Ca-Bentonite und bentonitische Tone an der Nordflanke der Otway Range, eingeschaltet in Sedimentabfolgen der unterkretazischen Otway-Gruppe. Die Otway-Gruppe besteht aus Abfolgen von Arkosen, Silt- und Tonsteinen sowie kleinen Kohleflözen (Bowen 1976, McHaffie & Buckley 1995). Montmorillonit ist das häufigste Tonmineral in der Abfolge. Nach Bowen (1976) sind die Bentonite durch die in situ-Alteration von Tuffen entstanden. Der Bentonit besitzt eine braune bis grünlich-graue Farbe. Die Bentonite sind im Streichen über 300 m zu verfolgen und fallen mit 30° nach Nordwesten ein. Es wird vermutet, dass die Bentonite im Streichen noch weitere 300 m zu verfolgen wären, wenn diese nicht durch tertiäre Überdeckungen verdeckt wären (Bowen 1976, McHaffie & Buckley 1995). Die Abfolge enthält eine Hauptbentonitlage, die etwa 7 bis 8 m mächtig ist, einige weitere dünnere Lagen sowie Bentonitlinsen von 0,3–5,6 m Mächtigkeit (McHaffie & Buckley 1995). Nach Bowen (1976) enthält der Ca-Bentonit von Gellibrand auch moderate Gehalte an Magnesium. Die Kationenaustauschkapazität der Montmoril-

lonite liegt bei ca. 68 me/100 g, die Korngröße beträgt etwa 0,25 µm. Die „Measured Resources" betragen je nach angesetzten Parametern ca. 28.000 bis 170.000 t, die „Indicated Resources" 57.000 bis 340.000 t Bentonitinhalt. Der Bentonit müsste allerdings für zahlreiche Anwendungen zunächst mit Natrium aktiviert werden (Darragh & Bowen 1965, Bowen 1970, Bowen 1976, McHaffie & Buckley 1995).

In **Greenwald**, ca. 40 km nordwestlich von Portland, treten ebenfalls Ca-Bentonite auf, die eine mittlere Mächtigkeit von 3 m aufweisen und über ca. 2 km² Fläche zu verfolgen sind. Die Bentonit-Schicht befindet sich im Hangenden von Kalk- und Mergelsteinen des mittelmiozänen Gambier-Kalksteins und wird ihrerseits von durchschnittlich 18 m mächtigen Basalten, quarz- und glimmerreichen Schluffen sowie Sanden überlagert. Es wird angenommen, dass der Bentonit das Verwitterungsprodukt eines Tuffs ist. Der grünlich-graue Bentonit ist teilweise durch die Oxidation des Eisens rötlich gefärbt. Er besteht überwiegend aus Montmorillonit, der Illit-Lagen enthält. Das Verhältnis Montmorillonit zu Illit beträgt 4:1. Die Ressourcen („Inferred)" betragen 2,4 Mio. t und die „Indicated Resources" 3,3 Mio. t. Der Bentonit bedarf zur Verwendung teilweise einer Na-Aktivierung (McHaffie & Buckley 1995, Bowen 1976).

Western Australia

Mg-Bentonite (Saponite) und Mg-Ca-Bentonite werden in Western Australia, ca. 20 km nördlich und nordöstlich der Stadt **Watheroo**, durch die Watheroo Minerals Pty Ltd. abgebaut. Hier lagern die Bentonite in pfannenartigen Strukturen. Die Tone sind sehr wahrscheinlich durch die Reaktion von magnesiumreichen Wässern mit kolloidalem Silizium- und geringen Mengen Aluminiumoxid in einem limnischen Umfeld entstanden. Die Watheroo Mineral Pty Ltd. betreibt derzeit in zwei dieser „Pfannen" Tagebaue, die Ressourcen („Inferred") von insgesamt etwa 0,31 Mio. t aufweisen. Es gibt jedoch weitere „Pfannen", weshalb das Gesamtpotenzial deutlich größer sein könnte. In Watheroo werden wenige 1.000 t Bentonit pro Jahr gefördert, die unter anderem als Katzenstreu, additiv für Tierfutter, als Bodenverbesserer oder als geotechnische Dichtmassen verwendet werden (Fetherston 2008, Lipple 1976).

Anforderungen und Bewertung

Aufgrund der zahlreichen Anwendungsgebiete sind die Anforderungen an Bentonite sehr unterschiedlich. Insgesamt sollten sie einen Montmorillonitanteil von > 70 – 80 % aufweisen. Der Anteil der Fraktion < 2 µm sollte > 80 % sein und der Anteil der Fraktion > 40 µm sollte nicht mehr als 5 % betragen. Für den Einsatz in der Tiefbohrindustrie müssen Na-Bentonite besondere Anforderungsprofile erfüllen, so beispielsweise des American Petroleum Institute (API). Von besonderer Bedeutung für die Beurteilung von Bentoniten sind die Zusammensetzung, die Korngrößenverteilung, die Viskosität, die Plastizität, die Kationenaustauschkapazität sowie für spezifische Anwendungen (z. B. Dichtmassen) der Durchlässigkeitsbeiwert. Große Lagerstätten weisen einen Lagerstäteninhalt von > 1 Mio. t Bentonit auf, kleine hingegen nur weniger als 100.000 t (Lorenz & Gwosdz 1997). Die genauen Anforderungen für einzelne Anwendungsgebiete können Lorenz & Gwosdz (1997) entnommen werden.

Es gibt zahlreiche Bentonitvorkommen in Australien, die meist jedoch eher klein und von geringer Qualität sind. Neben den bereits in Abbau stehenden Lagerstätten in Queensland und New South Wales weisen derzeit lediglich die Vorkommen in Victoria ein erhöhtes Potenzial auf. Um dies zu verifizieren, wären jedoch noch zahlreiche weitergehende Untersuchungen notwendig.

Literatur

Arumpo Bentonite Ltd. (o. J.): Company Profile. – URL: http://www.arumpo.com.au/ [Stand 27.04.2015].

Bowen, K.G. (1970): Further Report on Bentonite at Gellibrand, Victoria. – Mining and Geological Journal, **6** (6): 33–39, Department of Mines, Victoria.

Bowen, K. G. (1976): Bentonite – Victoria. – In: Knight, C. L. (Hrsg.): Economic Geology of Australia and Papua New Guinea. 4. Industrial Minerals and Rocks. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **8**: 55–56; Parkville, VIC.

Darragh, P. J. & Bowen, K. G (1965): The occurrence of bentonite at Gellibrand. Min. Geol. J. **6 (5)**: 32–36; Melbourne, VIC.

Fetherston, J.M. (2008): Industrial minerals in Western Australia: the situation in 2008. – Geological Survey of Western Australia, record **2008/16**, 70 S, Perth.

Lipple, S. L. (1976): Bentonite – Western Australia. – In: Knight, C. L. (Hrsg.): Economic Geology of Australia and Papua New Guinea. 4. Industrial Minerals and Rocks. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **8**: 68–69; Parkville, VIC.

Lorenz, W. & Gwosdz, W. (1997): Smektite (Bentonit, Montmorillonit). – In: Bewertungskriterien für Industrieminerale, Steine und Erden. Teil 1: Tone. – Geol. Jb, **H 4**: 65–80, 62 Tab., 8 Abb.; Hannover.

McHaffie, I. W. & Buckley, R. W. (1995): Bentonite. – In: Industrial minerals and rocks of Victoria. – Geological Survey Report, **102**: 23–29, 2 Abb., 1 Tab.; Melbourne, VIC.

McKenzie, D. A. (1978): Greenwald Bentonite – progress report. – Geological Survey of Victoria Unpublished Report, **1978/22**; Melbourne, VIC.

McKenzie, D. A. (1979): Greenwald Bentonite – summary of analytical work. – Geological Survey of Victoria Unpublished Report, **1979/20**; Melbourne, VIC.

Ray, H. N., MacRae, G. P., Cain, L. J., & Malloch, K. R. (2003): New South Wales Industrial minerals Database, 2nd edition. – Geological Survey of New South Wales, Sydney, CD-ROM.

Simpson, B. R (1976): Bentonitic Clay – Queensland. – In: Knight, C. L. (Hrsg.): Economic Geology of Australia and Papua New Guinea. 4. Industrial Minerals and Rocks. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **8**: 41–42; Parkville, VIC.

Uren, R. E. (1976): Bentonite – New South Wales. – In: Knight, C. L. (Hrsg.): Economic Geology of Australia and Papua New Guinea. 4. Industrial Minerals and Rocks. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **8**: 48–49; Parkville, VIC.

von Gnielinski, F. (2014): Queensland Minerals – A summary of major mineral resources mines and projects. – Department of Natural Resources and Mines, Geological Survey of Queensland, 206 S.; Brisbane.

Whitehouse, J. (2007): Bentonite. – In: Facer, R. A. (Hrsg.): Industrial Mineral Opportunities in New South Wales. – Geological Survey of New South Wales, Bulletin, **33**: 21–24, 2 Abb., Maitland, NSW (NSW Department of Primary Industries).

2.4 Bismut

(Harald Elsner)

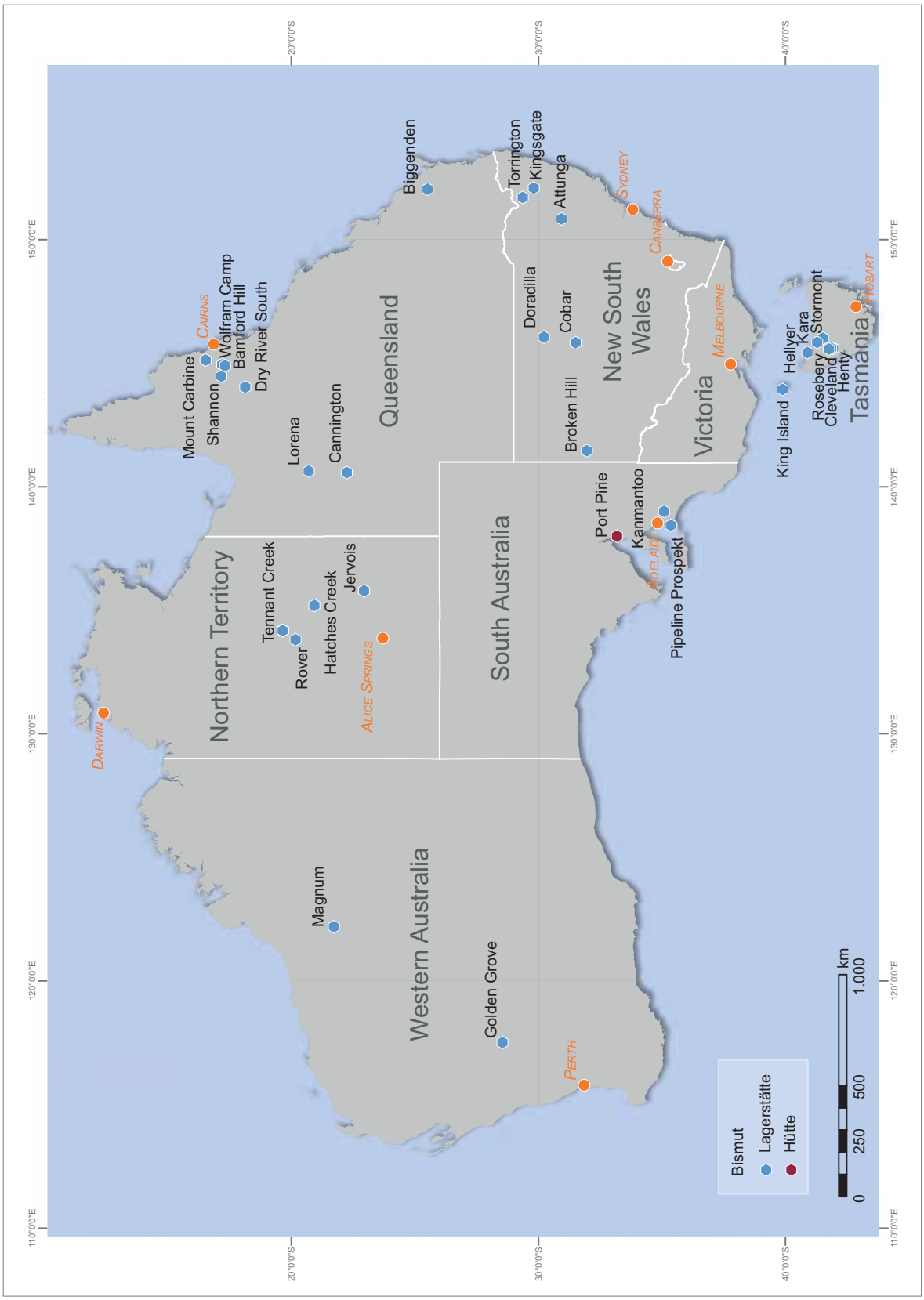


Abb. 2.4.1: Ausgewählte Bismutlagerstätten in Australien.

Überblick und Verwendung

Bismut (auch Wismut), chemisch Bi, ist ein silberfarbenes Schwermetall, das in der Natur gediegen und vor allem in Form der Minerale Bismuthinit (Bi_2S_3), Bismit (Bi_2O_3) und Bismutit ($Bi_2(CO_3)O_2$) vorkommt.

Primäres Bismut wird mit weltweit ganz wenigen Ausnahmen ausschließlich bei der Aufbereitung von Wolfram-/Zinn-/Gold-Magnetitskarnen, Zinn-, Gold-, Blei-Zink- oder Wolfram-Molybdän-Erzen bzw. der Verhüttung von Blei-, Blei-Zink-, Kupfer- oder Zinnerzkonzentraten ausgebracht.

Bismut findet Verwendung als Legierungszusatz für Automatenstähle und zerspanungsarmes Aluminium sowie in Lagermetallen aus Bismutbronze. In Loten ist Bismut ein zunehmend wichtiges Substitut für Blei und/oder Zinn. Auch in einigen Katalysatoren ist Bismut ein Substitut für Zinn.

Bismutoxid wird für die Herstellung von optischen Gläsern sowie als Sinterhilfsmittel in der technischen Keramik verwendet. Bismutoxichlorid dient als silberweißes Perlglanzpigment in Kosmetika. Bismutvanadat ist ein grünstichiges Gelb-Pigment und findet in hochwertigen Lacken, Dispersionsfarben, Kunststoffen und Druckfarben Verwendung. Auch in einigen medizinischen Anwendungen kommt Bismut zum Einsatz.

Wichtige Vorkommen in Australien

Australien galt bis 1986 als eines der größten Bergbauförderländer von Bismut, doch werden seit vielen Jahren keine Produktionszahlen mehr publiziert, weder von staatlichen australischen Stellen, noch von den (vermutlich) produzierenden Unternehmen bzw. Hütten. Bessere Daten liegen aus neuen Projekten vor, jedenfalls wenn die Erze auffällig erhöhte Gehalte an Bismut aufweisen. Abbildung 2.4.1 gibt einen Überblick über ausgewählte australische Bismutlagerstätten, die im Folgenden beschrieben werden.

Northern Territory

Die historisch bedeutendste und immer noch eine der größten Bismutlagerstätten Australiens ist **Tennant Creek** mit seinen zahlreichen bisher in Abbau stehenden Teilvorkommen, rund 500 km nördlich von Alice Springs gelegen. Zwischen 1934 und 2005, dem bisherigen Ende der Produktion, wurden in Tennant Creek mit Unterbrechungen 19,65 Mio. t Erz und rund 5,3 Mio. t alte Abgänge/Halden aufbereitet und daraus rund 173 t Gold, 56 t Silber, 488.000 t Kupfer, 220 t Selen und ca. 20.000 t Bismut ausgebracht (Le Messurier et al. 1990, Ahmad et al. 2009). Von folgenden der 17 größeren, bisher in Abbau stehenden Teilvorkommen sind Informationen zu Bismut bekannt:

- **Juno:** Abbau 1967 – 1977 mit Produktion von 455.000 t Erz @ 57 ppm Au (26.130 kg Au), 7 ppm Ag (2.752 kg Ag), 0,4 % Cu (1.429 t Cu) und 0,6 % Bi (2.293 t Bi). Eine aktuelle Neuberechnung der Ressourcen durch Excalibur Mining Corp. Ltd. (siehe unten) ergab Restvorräte von 1,322 Mio. t Erz @ 4,4 ppm Au bzw. 1,04 Mio. t Erz @ 0,5 % Cu (6.200 – 7.900 t Bi-Inhalt).
- **Orlando:** Abbau mit Unterbrechungen 1962–1975 und 1994–1997 mit Produktion von 320.000 t Erz @ 11 ppm Au (3.772 kg Au), 3,5 ppm Ag (1.223 kg Ag), 1,8 % Cu (4.852 t Cu) und 0,1 % Bi (4,7 t Bi). Eine aktuelle Neuberechnung der Ressourcen durch Emmerson Resources Ltd. (siehe unten) ergab Restvorräte von mindestens 2,22 Mio. t Erz @ 1,8 ppm Au und 1,4 % Cu (ca. 2.200 t Bi-Inhalt).
- **Gecko:** Abbau 1972–1975, 1980–1982 und 1989–1999 mit Produktion von 2,93 Mio. t Erz @ 1,2 ppm Au (3.450 kg Au), 3,9 % Cu (122.700 t Cu) und 0,1 % Bi (nicht ausgebracht). Eine aktuelle Neuberechnung der Ressourcen durch Emmerson Resources Ltd. (siehe unten) ergab Restvorräte von 1,48 Mio. t Erz @ 2,5 % Cu (ca. 1.500 t Bi-Inhalt).
- **Warrego:** Abbau 1972–1989, ab 1974 vornehmlich auf Au und Bi, mit Produktion (bzw. Ausbringen) von 4,95 Mio. t Erz @ 8 ppm Au (41.280 kg Au, 5.500 kg Ag), 1,9 % Cu (91.500 t Cu) und 0,3 % Bi (ca. 12.000 t Bi). 1994–1998 Aufbereitung von 4,98 Mio. t Altabgängen @ 1 ppm Au (3.280 kg Au) (Wedekind & Love 1990).
- **Peko:** Abbau mit Unterbrechungen 1935–1976 und Produktion von 3,16 Mio. t Erz @ 3,5 ppm Au (7.481 kg Au), 14 ppm Ag (44.163 kg Ag), 4,0 % Cu (118.884 t Cu) und 0,2 % Bi (ca. 7.350 t Bi). 1999 erwarb Peko

Rehabilitation Project Pty Ltd. die Halden mit Aufbereitungsrückständen des alten Bergwerks mit Ressourcen von 3,75 Mio. t @ 1,1 ppm Au. Der Versuch, über zuerst die Gewinnung und den Verkauf von Magnetit für die Kohlenwäsche weiteres Betriebskapital zu generieren, um damit später mikrobiologisch auch Gold, Kupfer, Bismut und Kobalt zu extrahieren, scheiterte nach kurzer Zeit aufgrund eines Preiseinbruchs auf den Weltrohstoffmärkten.

– **White Devil:** Abbau mit Unterbrechungen 1926 – 1999 mit Produktion von 1,30 Mio. t Erz @ 15,2 ppm Au (19.800 kg Au), 0,5–0,8 % Cu und 0,15–0,25 % Bi.
– **TC8:** Abbau 1986–1988 mit Produktion von 80.000 t Erz @ (1.420 kg Au). Die Abgänge des Bergwerks enthalten 0,7 ppm Au, 0,3 % Bi und 0,5 % Cu.

Historisch fiel Bismut in Tennant Creek in Form von Gold-Bismutmineralkonzentraten und in niedrig gradigen Kupfererzkonzentraten an. Die Gold-Bismutmineralkonzentrate wurden teils in dieser Form exportiert, teils zuvor das Bismut aber auch als Bismutmineralkonzentrat abgetrennt. Die Kupfererzkonzentrate wurden zwischen 1973 und 1974 durch Peko-Wallsend Ltd., dem damaligen Hauptproduzenten, in Tennant Creek in einer eigenen Hütte verarbeitet und ein Großteil des Bismuts dabei abgetrennt. Die Kupfererzkonzentrate, die zuvor und später ausgebracht und nach Japan exportiert wurden, enthielten ca. 0,225 % (Warrego) bzw. ca. 0,1 % (Peko und Orlando) ausbringbares Bismut (Roskill Information Services Ltd. 1976). In den japanischen Hütten wurden jährlich mehrere Hundert Tonnen Bismut aus den Kupfererzerzen von Tennant Creek ausgebracht.

Später, bis Ende der 1980er Jahre, unterhielt Peko-Wallsend vor Ort eine separate Bismut-Aufbereitungsanlage, die aus Bismutvorkonzentraten, Kupfer-Bismuterzkonzentraten und Altschlacken Bismutmineralkonzentrate, Rohgold, Kupfersulfat und bismuthaltige Abgänge erzeugte (Roskill Information Services Ltd. 1990).

Die Gold-Kupfer-Bismut-Vererzungen von Tennant Creek sind an Hunderte Zonen mit vornehmlich kleinen bis mittelgroßen Erzlinsen in tektonisch stark überprägten Magnetit-Chlorit-Hämatit-Eisenerzen proterozoischen Alters gebunden. Die häufigsten primären Erzminerale sind Chalcopyrit, gediegen Gold, Bismuthinit und verschiedene Bi-Sulfosalze. Seltener sind Bi-Se-Sulfide, Bornit, Bleiglanz, Zinkblende, Cobaltit, Uraninit und Scheelit. Die wichtigsten sekundären Erzminerale sind Chalkosin und gediegen Gold. In der Verwitterungszone sind häufig Bismutit und Bismit vertreten.

Im weiterhin unterexplorierten **Tennant Creek Mineral Field** sind mehrere Junior Exploration Companies wie Emmerson Resources Ltd. und Excalibur Mining Corporation Ltd. aktiv. Alle bestätigen auch in ihren Explorationsgebieten erhöhte Bi-Gehalte, ohne dass jedoch bisher zu allen Vorkommen neue Ressourcen nach JORC publiziert wurden.

70 km südwestlich von Tennant Creek liegt das Erzfeld **Rover**, das ähnliche lagerstättengeologische Verhältnisse und ein ebenso hohes Potenzial wie Tennant Creek aufweist. Die dortigen Teillagerstätten liegen jedoch unter einer 70 bis 200 m mächtigen Bedeckung und wurden erst 1974 im Rahmen einer aeromagnetischen Befliegung entdeckt. Die Lagerstätte Rover 1 (Abbildung 2.4.2), im Wesentlichen unter Lizenz von Metals X Ltd., besitzt „Indicated & Inferred Ressources“ von 6,81 Mio. t Erz @ 1,73 ppm Au, 1,21 % Cu, 2,1 ppm Ag, 0,14 % Bi (9.520 t Bi-Inhalt) und 0,06 % Co. Teilbereiche in der sogenannten Jupiter Deeps Zone von Rover 1 besitzen Gehalte bis 2,2 % Bi. Metals X Ltd. bereitet die weitere Untersuchung der lagerstättengeologischen Verhältnisse von einem tiefen Explorationsstollen aus vor. Geplant ist derzeit die Produktion eines Bismutmineralkonzentrats @ 80 % Bi, das zur Verhüttung nach China oder Belgien exportiert werden soll (freundliche mündliche Mitteilung, Metals X Ltd.).

Die Lizenzen über die Lagerstätten **Rover 4, Rover 11 East** und **Rover 12** werden durch Adelaide Resources Ltd. gehalten, die aber aufgrund der hohen Explorationskosten noch keine Ressourcenberechnungen vorlegen konnten.

Bei **Hatches Creek**, 200 km südwestlich Tennant Creek, wurden zwischen 1913 und 1971 mit Unterbrechungen aus mineralisierten Quarzgängen Wolframit und untergeordnet Scheelit, sowie beibrechend Chalcopyrit, Bismuthinit, Molybdänit und Gold gewonnen. Die historische Gesamtproduktion lag bei rund 3.000 t Konzentrat @ 65 % WO_3. Im Bergwerk Pioneer von Hatches Creek enthielt

Abb. 2.4.2: Bohrkern aus der Lagerstätte Rover 1 (Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung von Metals X Ltd.).

das Erz ca. 0,5 % Bi. Das produzierte Wolframkonzentrat hatte einen Gehalt von 5 bis 6 % Bi, wobei das Ausbringen auf 45 % Bi geschätzt wurde. Der Bi-Gehalt in den Abgängen lag bei 0,26 % (Sullivan 1946). Gegenwärtiger Lizenzinhaber ist Arunta Resources Ltd., die plant, die zahlreichen Abgänge in diesem Gebiet erneut auf Wolfram hin aufzuarbeiten. Bisher untersuchte Proben enthielten 0,32 –1,22 % WO_3, 0,03–3,96 % Cu, 0,00 – 0,46 ppm Au und 23 – 5.745 ppm Bi. Eine Ressourcenberechnung der verfügbaren Tonnagen steht noch aus.

Das Kupfer-Silber-Gold-Projekt **Jervois** von KGL Resources Ltd. liegt rund 350 km nordwestlich von Alice Springs, 15 km vom nicht asphaltierten Plenty Highway entfernt. Es befindet sich damit weitab jeglicher Infrastruktur. Jervois wurde 1929 entdeckt und besteht aus vier größeren und zahlreichen kleinen Einzelvorkommen in metamorph überprägten vulkanosedimentären Schiefern mit gegenwärtigen „Indicated & Inferred Resources" von 13,5 Mio. t Erz @ 1,30 % Cu, 25,5 ppm Ag und 0,17 ppm Au. Neben Kupfer-Gold- sind auch hochgradige Blei-Zink-Silber-Vererzungen bekannt. Das Kupfererz enthält im Mittel 600 ppm Bi (8.100 t Bi-Inhalt), das störendes Element im Kupfererzkonzentrat wäre, und daher mit Schwefelsäure ausgelaugt werden soll. Eine Ausfällung in Form verkaufsfähiger Bismutmineralkonzentrate wird angedacht.

Western Australia

Antipa Minerals Ltd. ist ein australisches Junior-Explorationsunternehmen, das sich auf die proterozoische Provinz Patterson im Nordwesten von Western Australia spezialisiert hat. Ihr dortiges Kupfer-Gold-Projekt Citadel umfasst auch die Lagerstätte **Magnum** aus niedriggradig mineralisierten Quarzgängen am Rande einer Gabbrointrusion. Im März 2012 publizierte Antipa Minerals Ltd. für Magnum „Inferred Resources" von 27,8 Mio. t Erz @ 0,3 % Cu, 0,5 ppm Au, 0,07 ppm Ag und 200 ppm Bi (6.400 t Bi-Inhalt). Als Bismutminerale treten gediegen Bismut und Bismuthinit auf.

Das Bergwerk **Golden Grove** von MMG Ltd. liegt rund 450 km nordöstlich von Perth bzw. 260 km östlich von Geraldton und umfasst das Bergwerk und den Tagebau Gossan Hill sowie das 3 km entfernt gelegene Bergwerk Scuddles. In Abbau stehen VMS-Ganglagerstätten mit sekundärer Edelmetall-Kupfer-Vererzung. Die primären Erzminerale sind Zinkblende, Chalcopyrit und Bleiglanz in einer Matrix aus Pyrit, Magnetit und Pyrrhotin. 2014 wurden 1,263 Mio. t Erz abgebaut, die 30.837 t Kupfer in Konzentrat, 37.896 t Zink in Konzentrat und 3.986 t Blei, 32 t Silber und 24.932 oz Gold in Edelmetall-Bleikonzentrat lieferten. Die vor Ort produzierten Kupfer-, Zink- und Blei-Edelmetallkonzentrate werden über den Hafen von Geraldton zu Hütten in China, Südkorea, Japan, Indien und Thailand exportiert. Zum 30.06.2014 lagen die Ressourcen von Golden Grove bei 20,2 Mio. t Kupfererz, 8,9 Mio. t Zinkerz sowie bei 1,2 Mio. t oxidiertem Kupfer- und 0,3 Mio. t oxidiertem Golderz (inklusive Reserven von 3,1 Mio. t Kupfererz, 1,9 Mio. t Zinkerz sowie 0,6 Mio. t oxidiertem Kupfererz). Im oberflächennah oxidierten Erz von Gossan Hill ist Bismut stark angereichert, bis zu 665 ppm im Cu-Gossan und 25 bis 120 ppm im Pb-Zn-Gossan (freundliche schriftliche Mitteilung, Department of Mines and Petroleum of Western Australia).

Queensland

Die Wolfram-Molybdän-Lagerstätte **Wolfram Camp** liegt 50 km westsüdwestlich von Cairns und wurde 1894 entdeckt. Sie ist an einen Greisenkörper gebunden, der in einem 3,8 km langen, 800 m breiten und 170 m tiefen Bereich von rund 250, teils mineralisierten Quarzgängen bis 6 m Mächtigkeit durchschlagen wurde. Als Erzminerale finden sich Wolframit, der häufig mit Molybdänit verwachsen ist, gediegen Bismut, der meist in Form von Lamellen und/oder Kristallen im Wolframit vorliegt, Bismuthinit, Pyrit, Markasit, Chalcopyrit und Arsenopyrit sowie untergeordnet Scheelit, Pyrrhotin, Zinkblende, Bleiglanz, Stibnit, Tetrahedit und Cassiterit (Plimer 1977). Bis Juni 1989 wurden rund 7.100 t Wolframit-, 1.625 t Molybdänit-, 1.480 t Wolframit-Bismutmineral-Misch- und 165 t Bismutmineralkonzentrat @ 40,4 % Bi ausgebracht (Murray 1990). Von Gnielinski (2013) nennt dagegen eine bisherige Produktion von 6.918,3 t Wolframit-,1.535 t Bismuthinit- und 159,6 t Molybdänitkonzentrat.

2011 wurde die Lagerstätte Wolfram Camp inklusive Aufbereitungsanlage von der Deutschen Rohstoff AG erworben und bis 2013 vollständig modernisiert. Im November 2013 begann die kommerzielle Produktion, jedoch wurde das Bergwerk im Sommer 2014 bereits wieder an die kanadische Almonty Industries Inc. verkauft, an der die Deutsche Rohstoff AG seitdem Anteile hält. Bisher konnte seit erneuter Inbetriebnahme im November 2013 noch kein wirtschaftlicher Betrieb realisiert werden. Erschwerend kommt hinzu, dass zwar ausreichende Ressourcen, aber unzureichende Reserven ausgewiesen sind. Die „Indicated & Inferred Resources“ betragen 1,42 Mio. t Erz @ 0,60 % WO_3 und 0,12 % MoS_2. Der durchschnittliche Bi-Gehalt des Erzes liegt bei 300 ppm, sodass der – allerdings nur theoretische, da wirtschaftlich nicht ausbringbare – Bi-Inhalt von Wolfram Camp rund 420 t beträgt.

Die Wolfram-Molybdän-Lagerstätte **Bamford Hill** liegt 100 km südwestlich Cairns und steht seit 1893 auf Molybdän in Abbau (Ball 1915). Rund zehn Jahre später, mit einem Höhepunkt im Ersten Weltkrieg, wurde zudem Wolframit abgebaut.

Abb. 2.4.3: Tagebau, Aufbereitungsanlage und Mining Camp von Wolfram Camp im März 2015 (Foto: BGR).

1958 wurde der Abbau aufgegeben, in den 1970er Jahren aber wieder für kurze Zeit aufgenommen. Insgesamt wurden bisher 2.250 t Wolframit-, 180 t Molybdänit-, 100 t Wolframit-Bismutmineral-Misch- und 20 t Bismutmineralkonzentrat ausgebracht (Murray 1990). Von Gnielinski (2013) nennt dagegen eine bisherige Produktion von 2.000 t Wolframit-, 20 t Bismuthinit- und 170 t Molybdänitkonzentrat. Als Bismutminerale treten gediegen Bismut, Bismuthinit, Bismutit und Bismit auf (Ball 1915). Die Mineralisation in Bamford Hill ist auf ein rund 2,5 km langes und 0,5 km breites Areal begrenzt, in dem in vergreisten Graniten rund 70 mineralisierte Quarzgänge eingedrungen sind. Bamford Hill ähnelt damit der Wolframlagerstätte Wolfram Camp (siehe oben), die rund 25 km nördlich von Bamford Hill liegt. In den frühen 1980er Jahren explorierte Gold Copper Exploration Ltd. die Lagerstätte und ermittelte „Potential Resources" von 21,4 Mio. t Erz @ 510 ppm W, 140 ppm Mo und 270 ppm Bi (5.780 t Bi-Inhalt). Nach verschiedenen Zwischeneigentümern ging Bamford Hill im Jahr 2011 auf die Deutsche Rohstoff AG und im Sommer 2014 auf die kanadische Almonty Industries Inc. über. Vor einer Fortsetzung des Bergbaus ist eine Definition der Reserven notwendig (freundliche mündliche Mitteilung, Almonty Industries).

In der Region Chillagoe, die für ihre zahlreichen, meist jedoch nicht abbauwürdigen Gold- und Polymetall-Bismut-Vorkommen bekannt ist, hielt die 2013 in Insolvenz gegangene Kagara Pty Ltd.

Abb. 2.4.4: Blick auf den Bamford Hill (Foto: BGR).

früher auch das **Shannon** Prospect. Das dortige Kupfer-Skarnvorkommen liegt rund 130 km westlich Cairns bzw. 5,5 km westlich Chillagoe. Bereits 1971 wurden „Inferred Resources" von 1,01 Mio. t Erz @ 1,23 % Cu, 0,53 % Zn, 800 ppm Bi (800 t Bi-Inhalt), 700 ppm Cassiterit, 20 ppm Ag und 1 ppm Au ermittelt.

Das Bergwerk **Dry River South** liegt rund 235 km südwestlich von Cairns und 39 km nordnordwestlich von Greenvale, es ging im Jahr 2004 in Betrieb. Bis Ende 2011 war es mit einer mehrmonatigen Unterbrechung in Produktion und ist seitdem gestundet. Im Frühjahr 2013 wurden Bergwerk und Aufbereitungsanlagen von Consolidated Tin Mines Ltd. übernommen, die aber vor allem Interesse an der Aufbereitungsanlage hatten. Dry River South ist wie die Nachbarlagerstätten Balcooma und Surveyor eine VMS-Zink-Blei-Kupfer-Gold-Lagerstätte. In den Zink-Blei-Erzen von Dry River South, untergeordnet auch in den Kupfererzen der beiden Nachbarlagerstätten, ist Bismut auf mehrere Hundert ppm, in Dry River South bis zu 1.000 ppm, angereichert. Zum 30.06.2011 beliefen sich die verbliebenen Ressourcen in Dry River South auf 730.300 t @ 6,9 % Zn, 2,5 % Pb, 0,9 % Cu, 59 ppm Ag und 0,69 ppm Au. Dementsprechend kann von verbliebenen Ressourcen von maximal 700 t Bi-Inhalt ausgegangen werden.

In der bekannten Bergbauregion Mount Isa stehen mehrere Buntmetalllagerstätten durch Glencore Plc in Abbau (vgl. Kapitel 2.5): **Black Star** (Blei-Zink-Silber), **Mount Isa** (Blei-Zink-Silber-Kupfer), **George Fisher** (Blei-Zink-Silber), **Handelbar Hill** (Blei-Zink-Silber), **Lady Loretta** (Blei-Zink-Silber), **McArthur River** (Blei-Zink-Silber), **Ernest Henry** (Kupfer-Gold), **E1/Monakoff** (Kupfer-Gold). Es gibt keine Hinweise darauf, dass Glencore Plc aus den in diesen Bergwerken bzw. Tagebauen gewonnenen Erzen, in der firmeneigenen Schmelze in Mount Isa auch Bismut abtrennen lässt – vermutlich aufgrund zu geringer Gehalte. Es gibt jedoch in dieser Region mehrere neue Kupfer-Kobalt-Gold-Seltene Erden-Uran-Projekte (z. B. durch Chinalco Yunnan Copper Resources Ltd. oder Superior Resources Ltd.), in denen zum Teil auch stark erhöhte Bi-Gehalte nachgewiesen wurden.

Östlich von Mount Isa bzw. 15 km östlich von Cloncurry wird das Gold-Projekt **Lorena** von Malachite Resources Ltd. entwickelt. Hier lagern 203.200 t Gold-Bismut-Arsen-Kupfer-Kobalterz @ 8,7 ppm

Au, wobei die hochgradigste Vererzung an mineralisierte Scherzonen gebunden ist. Das Gold ist mit gediegen Bismut und Bismuthinit verwachsen. Das Erz sollte ab 2014 innerhalb von zwei Jahren in einem bis zu 70 m tiefen Tagebau gewonnen werden. Eine Ausbringung des Bismuts, dessen Gehalt im Erz bis zu 0,5 % beträgt, ist nicht geplant. Auch in der Umgebung von Lorena bzw. Cloncurry wurden verbreitet erhöhte Bi-Gehalte nachgewiesen.

Der Ort **Biggenden** liegt rund 100 km südwestlich von Bundaberg im Südosten Queenslands. 8 km südsüdwestlich des Ortes wurde von 1890 bis 1912 im Wesentlichen unter Tage zunächst Gold, ab 1901 verstärkt auch Bismut aus den dortigen Magnetitskarnerzen gewonnen. Zwischen 1934 und 1938 standen ausschließlich bismutreiche Erzzonen (gediegen Bismut, Bismuthinit) erneut in Abbau. 1996 wurde der bis dahin kleine Tagebau erweitert und bis 1999 auch Magnetiterz gefördert. Bei der Aufbereitung des Magnetiterzes fiel auch eine nicht-magnetische Fraktion an, die neben Bismut auch Arsen, Kupfer, Gold und Kobalt als Wertmetalle enthielt. Die Aufbereitung dieses Metallkonzentrats erfolgte in Übersee. Bis Juni 1989 belief sich die Gesamtproduktion bei Biggenden auf 185 kg Gold, 235 t Bi-Inhalt und 440.533 t Magnetit (Murray 1990). Von Gnielinski (2013) nennt dagegen eine bisherige Produktion von 1.511 kg Gold, 6 t Kupfer, 1.613 t Bismuthinit- und 740.462 t Magnetitkonzentrat.

Bismut-Gold-Kupfer-Vererzungen sind auch aus zahlreichen anderen Vorkommen in der Nähe von Biggenden bekannt (Siemon 1977). In der nahen Goldlagerstätte **Mt. Shamrock** ist Gold fast immer mit gediegen Bismut vergesellschaftet (Allen 1925). Dortiger Lizenzinhaber ist derzeit DGR Global Ltd.

Die Wolframlagerstätte **Mount Carbine** liegt rund 80 km nordwestlich Cairns, wurde 1883 entdeckt und lieferte bis Mitte der 1960er Jahre rund 2.800 t Wolframit-Scheelit- und 100 t Wolframit-gediegen Bismut-Mischkonzentrat (de Keyser & Lucas 1968). Der Abbau wurde zwischen 1972 und 1986 wieder aufgenommen und erbrachte in diesem Zeitraum weitere 14.800 t Wolframit-Scheelit-Mischkonzentrat (Forsythe & Higgins 1990). Bis März 2012 war der Betrieb dann wieder gestundet und ist von Carbine Tungsten Ltd. seitdem wieder aufgenommen worden. Nach der Aufbereitung alter Aufbereitungsrückstände sollte ab 2015 wieder Primärerz abgebaut werden. Lagerstättengeologisch handelt es sich um steil einfallende, teils mineralisierte Quarzgänge in einem 2,5 km langen und 0,5 km breiten Gebiet. Als primäre Erzminerale treten Wolframit, Molybdänit und gediegen Bismut auf. Als sekundäre Erzminerale finden sich Scheelit, Cassiterit, Pyrit, Pyrrhotin, Arsenopyrit, Zinkblende und Chalcoyprit. Die Erzressourcen („Indicated & Inferred“) liegen bei 47,3 Mio. t @ 0,13 % WO_3, die Haldenressourcen („Inferred“) bei 12 Mio. t @ 0,07 % WO_3. Der Bi-Gehalt ist nicht publiziert.

Das Silber-Blei-Zinkbergwerk **Cannington** liegt im westlichen Queensland, rund 200 km südöstlich von Mount Isa (vgl. Kapitel 2.5). 1990 wurde die Lagerstätte von BHP Billiton erworben und 1997 aufgefahren. Seit 1999 ist sie im Regelbetrieb. Die sulfidische Erzmineralisation umfasst eine Vielzahl von Mineralien, darunter Bismuthinit (Balley 1998). Der Bi-Gehalt der Erze ist dennoch sehr niedrig und überschreitet selten 1 ppm (Bodon 2002).

South Australia

Die polymetallischen Lagerstätten im Mt. Lofty-Höhenzug östlich von Adelaide wurden 1845/46 entdeckt. Die dortige Lagerstätte **Kanmantoo** bei Callington, 44 km südöstlich von Adelaide, lieferte mit Unterbrechungen bis 1938 geschätzt 55.000 bis 61.000 t Erz, aus dem 5.100 t Kupfer, 10,5 t Silber, 100 t Blei, > 50 t Arsen und nicht näher bekannte Mengen an Gold und Bismut ausgebracht wurden. 1971 wurde Kanmantoo erneut aufgefahren und über fünf Jahre als Tagebau betrieben. 2004 wurde die Lagerstätte ein weiteres Mal, diesmal von Hillgrove Resources Ltd., exploriert und im Jahr 2011 neu eröffnet.

Die Gangmineralisation in Kanmantoo besteht aus Sulfiderzen, angereichert in dünnen Gängen und Lagen aber auch fein verteilt, mit den Erzmineralen Chalcopyrit, Pyrrhotin und Magnetit in ungefähr gleichem Verhältnis. Etwas weniger ist Pyrit sowie untergeordnet bzw. in Spuren Ilmenit, Cubanit, Pentlandit, Markasit, Mackinawit, Zinkblende, Bismuthinit, gediegen Bismut, Cobaltit, Bleiglanz, Molybdänit, Wolframit, Gold und Silber vertreten. Ende Februar 2013 lagen die Ressourcen in den inzwischen vier Tagebauen und alten Halden bei 31,3 Mio. t Erz @ 0,78 % Cu, 132 ppm Bi (4.130 t

Bi-Inhalt), 2,11 ppm Ag und 0,20 ppm Au inklusive Reserven von 22,1 Mio. t Erz @ 0,71 % Cu, 1,9 ppm Ag und 0,18 ppm Au.

Vom 01.02.2013 bis zum 31.01.2014 wurden von Hillgrove Resources 2,633 Mio. t Erz (mit rund 350 t Bi-Inhalt) gefördert und daraus 75.423 t Kupfererzkonzentrat @ 22,8 % Cu, 54,8 ppm Ag und 2,5 ppm Au aufbereitet, von denen 74.051 t verkauft bzw. über den Hafen von Adelaide nach China exportiert wurden.

Das Erz des unweit von Kanmantoo entfernt gelegenen Blei-Zink-Kupfer-Silber-Goldbergwerks **Angas**, das zwischen 2007 und Oktober 2013 von Terramin Australia Ltd. betrieben wurde, enthielt ebenfalls Bismut. Nordöstlich und südwestlich von Angas verfügt Terramin Australia Ltd. über fünf zusammenhängende Explorationslizenzen auf insgesamt 1.186 km² Fläche (Fleurieu Exploration Projekt) mit mehreren alten Kupfer-Goldbergwerken. Im **Pipeline Prospekt** der Bremer Explorationslizenz des Fleurieu Projekts wurden in einer über 1,2 km Länge verfolgbaren Scherzone in oberflächennahen Gesteins- und Bodenproben bis zu 0,44 % Bi analysiert.

Bei **Port Pirie** betreibt die schweizerisch-belgische Nyrstar N. V. (seit 2007 ein Zusammenschluss des australischen Bergbauunternehmens Zinifex Ltd. und den Zinkaktivitäten der belgischen Umicore SA) die weltgrößte Bleihütte. Die ursprüngliche Hütte wurde 1889 errichtet, um Bleierze aus den Lagerstätten bei Broken Hill zu verarbeiten. 1966 begann die Raffination von Zinkerzen. 1980 wurde die Anlage erweitert, um die ansteigenden Bi-Gehalte in den Erzen aus Broken Hill prozesstechnisch besser beherrschen zu können. In den dort erzeugten Bleierzkonzentraten lagen die Bi-Gehalte damals zwischen 100 und 500 ppm und durchschnittlich bei 200 ppm.

Gegenwärtig beträgt die jährliche Kapazität der Hütte rund 245.000 t Blei, 60.000 t Zink, 500 t Silber, 1 t Gold (enthalten im Rohsilber), 4.000 t Kupfer sowie 80.000 t Schwefelsäure. Im Jahr 2013 wurden 179.000 t Blei, 30.000 t Zink (Inhalt in ZnO), 4.000 t Kupfer (Kathoden), 557 t Silber und 65.800 oz Gold (Inhalt im Rohsilber) gewonnen. Daneben werden Tellur-, Cadmium- und Thallium-Verbindungen produziert. Bei der Bleiraffination fällt zudem jährlich rund 300 t „Bismutkruste“ @ ca. 55 % Bi, 25 % Pb sowie wechselnde Anteile von Ca und Mg an (freundliche schriftliche Mitteilung, Nyrstar N.V.).

Die bisherige Produktion soll sich verändern und Port Pirie mit Investitionen von 270 Mio. € bis zum ersten Quartal 2016 in eine „advanced metals recovery and refining facility“ umgebaut werden. In dieser sollen aus Rückständen anderer Nyrstarhütten und Elektronikschrott auch Antimon, Bismut, Tellur, Cadmium, Thallium, Germanium, Gallium und Tantal ausgebracht werden.

New South Wales

Das Zinn-Projekt **Doradilla** von YTC Resources Ltd. (s. Zinn) liegt südöstlich von Bourke und besteht aus einem oberflächennahen zinnhaltigen Laterit, der von einem oder mehreren Zinnsilikat-Skarn-Horizonten mit Potenzial für eine beibrechende Ausbringung von Kupfer, Nickel, Silber, Indium, Bismut und Zink unterlagert wird. Die Skarnhorizonte weisen eine streichende Länge von 16 km mit Zonen von oxidischer, verwitterter und primärer Zinnmineralisation auf. Der Zinnlaterit ist auf mindestens 2 km streichender Länge verbreitet.

Zinn liegt als Varlamoffit [$(Sn, Fe)(O,OH)_2$] sowie untergeordnet in Form von Cassiterit-Relikten vor. Metallurgische Tests erbrachten ein schlechtes Ausbringen des Zinns, sodass Doradilla nicht mehr im Fokus der Explorationstätigkeiten von YTC Resources Ltd. liegt.

Im Lizenzgebiet befindet sich auch das ehemalige Kupferbergwerk Doradilla, aus dem in den 1920er Jahren Kupfer und Silber gewonnen wurden. YTC Resources Ltd. erbohrte dort einen bisher unbekannten Silber-Bismut-Gang, der bis zu 449 ppm Ag und 7.720 ppm Bi führt.

YTC Resources Ltd. hat bisher nur eine Berechnung der „Inferred Resources“ des Laterithorizontes von 7,81 Mio. t Erz @ 0,28 % Sn vorlegen können. Die Metallgehalte im Laterit schwanken sehr stark und liegen bei 0,17 – 1,04 % Sn, 0,17 – 0,36 % Zn, 0,15 – 0,24 % Cu, 242 – 324 ppm (max. 1.822 ppm) Bi, 149 – 789 ppm As, 27 – 59 ppm Pb, 11 – 45 ppm In, 2 – 3 ppm Mo und 1 ppm Ag (Ore Research and Exploration Pty Ltd 2015), woraus sich eine theoretische Bismut-Ressource nur des Zinnlaterits von 1.900 – 2.500 t ergibt.

Kingsgate, 35 km östlich von Glen Innes gelegen, war einst das zweitgrößte Molybdän produzierende Bergwerk Australiens. In einem 2,5 km^2 großen Gebiet wurde zwischen 1877 und 1923 ein Gangschwarm von mindestens 99, teils hoch mit Bismut (bis zu 2,6 %), Molybdän (bis zu 2,2 %), Zinn und Wolfram mineralisierten Quarzgängen abgebaut, aus denen rund 350 t Molybdän- und 200 t Bismutmineralkonzentrat @ 45 % Bi ausgebracht wurden. Seit 2003 wird die dortige Lizenz von Auzex Exploration Ltd. gehalten, die bisher aufgrund der komplexen Struktur lediglich 23 Quarzgänge untersuchte und daraus nur eine sehr kleine JORC Ressource („Inferred") von 150.000 t Erz (mit vermutlich nur rund 240 t Bi-Inhalt) ableiten konnte. Mitte 2008 wurde dennoch eine (nicht publizierte) Wirtschaftlichkeitsstudie abgeschlossen. Geplant ist danach eine Jahresproduktion von 250.000 t Erz @ 0,18 % Mo und 0,16 % Bi, aus dem jährlich 800 t Ammoniummolybdat, 100.000 t hochreines SiO_2 @ 99,9 % und 260 t Bismutmetall gewonnen werden sollen. Zur Realisierung dieser Planung sucht Auzex Exploration Ltd. Projektpartner.

Eines der größeren Silber-Zink-Bleibergwerke Australiens ist immer noch **Broken Hill** im äußersten Westen von New South Wales (vgl. Kapitel 2.5). Zum 30.06.2012 lagen die Ressourcen bei 23,2 Mio. t Erz (inklusive Reserven von 11,7 Mio. t Erz). Da das Erz aber nur 8 bis 22 ppm Bi enthält (Tonui et al. 2003), ist dessen Ausbringung nicht erfolgversprechend. Der in den Ressourcen enthaltene Bi-Inhalt liegt bei 185 bis 510 t.

Auch die Kupfer-Zink-Silber-Bleierze der **CSA Mine** von Glencore Plc bei Cobar enthalten Bismut, das aber vermutlich ebenfalls nicht ausgebracht wird. Das Erz, größtenteils eine an Quarz-Chlorit-Scherzonen gebundene Chalcopyritvererzung, enthält durchschnittlich rund 20 ppm Bi und maximal 700 ppm Bi. Das daraus aufbereitete Kupfer-Silbererzkonzentrat enthält durchschnittlich 210 ppm Bi (Ore Research and Exploration Pty Ltd 2015). Das ehemals hergestellte Bleierzkonzentrat enthielt dagegen rund 1.000 ppm Bi. Auch die Erze, die früher mehr im Zentrum des Cobar Erzdistrikts abgebaut wurden, führten wesentlich mehr Bismut (McClatchie 1973).

Jährlich werden aus Erzen der CSA Mine rund 180.000 t Kupfer-Silbererzkonzentrat mit rund 38 t Bi-Inhalt gewonnen. Zum 31.12.2014 betrugen die Ressourcen („Measured, Indicated & Inferred") der CSA Mine 12,4 Mio. t Erz, inklusive Reserven von 5,4 Mio. t Erz. Die enthaltenen Bismutressourcen werden auf 248 t, die Bismutreserven auf 108 t geschätzt.

Die Kupferlagerstätte **Attunga** liegt 20 km nördlich von Tamworth. Sie wurde 1902 entdeckt und mit Unterbrechungen bis 1945 abgebaut. Insgesamt wurden damals 1.600 t Erz mit ca. 6 % Cu, 8 ppm Au und 150 ppm Ag gefördert. Auch Bismut und Molybdän waren im Erz enthalten. In den Jahren 2009 bis 2010 wurde das Gebiet durch Peel Exploration Ltd. näher erkundet und dabei eine größere Molybdän-Gold-Kupfer-Skarnvererzung mit Gehalten von 600 ppm Bi (maximal 1.000 ppm Bi) nachgewiesen. Sowohl eine Fortsetzung der Explorationsarbeiten als auch eine Ressourcenberechnung stehen aus.

Wiederholt auf dem Explorationsprogramm von Junior Explorationsunternehmen stehen auch die Wolfram-Bismut-Topas-Lagerstätten bei **Torrington**. Der letzte Abbau geht auf das Jahr 1982 zurück. Inzwischen liegt ein Großteil der ehemaligen Explorationslizenzen jedoch im Bereich des Torrington State Forest bzw. der Torrington State Recreation Area. Das ehemalige Bergwerk „Torrington Tungsten Mine" enthielt nachgewiesene Reserven von 6 Mio. t Erz @ 0,2 % WO_3, 17 % Topas und 500 ppm Bi (3.000 t Bi-Inhalt).

Tasmania

Bei Moina, 40 km südwestlich von Devonport im Nordwesten von Tasmania, wurden schon vor über 100 Jahren polymetallische Kalksilikat-Skarnerze abgebaut. Mit Bismut mineralisiert sind dort die Skarne von **Fletcher's Adit** (Zink-Blei-Kupfer-Wolfram, Ø 260 ppm Bi, Gold, Silber), **Ti Tree Creek** (Eisen-Kupfer-Zinn, Bismut) und vor allem von **Stormont** (Bismut-Gold). Als Bismutminerale treten stets Bismuthinit sowie untergeordnet gediegen Bismut, Galenobismutit ($PbBi_2S_4$) und Bi-Te-Sulfide auf. Zudem sind in dieser Region die Skarnlagerstätten Moina (Zinn-Wolfram-Fluorit, vgl. Zinn und Fluorit) sowie Shepherd and Murphy (Zinn-Wolfram-Fluorit) bekannt.

Das Bismut-Gold-Bergwerk **Stormont** war zwischen 1928 und 1934 in Betrieb und lieferte damals 6,33 t Bismutmineralkonzentrat @ 51 – 67 % (Ø 62,4 %) Bi, 164 – 1.234 ppm (Ø 435 ppm) Au

und 214 – 360 ppm Ag (Taylor 1990, MacDonald 2012). Gegenwärtig wird die Lizenz über Stormont von Frontier Resources Ltd. gehalten, die im Dezember 2013 begonnen hat, im Rahmen eines Joint Ventures mit BCD Resources NL, das dort verbliebene Erz in einem neuen Tagebau zu gewinnen, um es anschließend in BCD's Goldanlage in Beaconsfield (Tasmania) aufzubereiten. Frontier Resources Ltd. errechnete für Stormont bei einem „cut-off grade" von 0,5 ppm Au „Indicated Resources" von 150.772 t Erz @ 2,89 ppm Au, 3,82 ppm Ag und 1.699 ppm Bi, entsprechend 256 t Bi-Inhalt (MacDonald 2012).

Auch ein Teil des Erzes der Goldlagerstätte **Henty**, die von Unity Mining Ltd. noch bis Ende 2015 abgebaut wird, ist neben Kupfer mit Tellurobismutit (Bi_2Te_3) unbekannten Gehaltes mineralisiert.

Die Blei-, Zink- bzw. polymetallischen Lagerstätten von Tasmania stellen eine klassische Quelle für eine beibrechende Bismutgewinnung dar.

MMG Ltd., ein Tochterunternehmen der chinesischen Minmetals Corporation, baut die VMS-Zink-Blei-Kupfer-Gold-Silber-Lagerstätte **Rosebery** im Nordwesten von Tasmania ab (vgl. Kapitel 2.5). Dort wurden im Jahr 2014 aus 842.923 t Erz 154.786 t Zinkerzkonzentrat @ 53,9 % Zn, 37.227 t Bleierzkonzentrat @ 62,9 % Pb, 11.527 t Kupfererzkonzentrat @ 20,0 % Cu sowie 16.749 oz Rohgold mit 10.164 oz Au- und 5.904 oz Ag-Inhalt erzeugt und zur Verhüttung nach South Australia und China verschifft. Bei der dortigen Raffination sollen auch Cadmium, Bismut und Antimon ausgebracht werden. Die Ressourcen von Rosebery (inklusive der South Hercules-Teillagerstätte) zum 30.06.2014 betrugen 17,9 Mio. t Erz, inklusive Reserven von 5,4 Mio. t Erz. Der Bi-Gehalt des Erzes, das gediegen Bismut, Bismuthinit, Aikinit und andere Bismutminerale enthält, die in Rosebery mit Chalcopyrit vergesellschaftet sind, ist nicht publiziert, liegt aber nach Smith & Huston (1992) vermutlich unter 100 ppm.

Bass Metals Ltd. plant die bergmännische Erschließung der Fossey Mineralisationsszone der Zink-Blei-Kupfer-Gold-Silber-Lagerstätte **Hellyer** mit ebenfalls breibrechend Bismut und Antimon. Hellyer stand bereits zwischen 1989 und 2000 durch Aberfoyle Resources Ltd. in Produktion. Die Fossey Zone beinhaltet Ressourcen von 800.000 t Erz @ 9,9 % Zn, 5,8 % Pb, 0,4 % Cu, 137 ppm Ag und 2,5 ppm Au. Daneben hält Bass Metals Ltd. die Lizenzen über die Restvorräte der ehemaligen Bergwerke Hellyer mit 750.000 t Erz und Que River mit 680.000 t Erz. Die Bi-Gehalte auch dieser Erze sind nicht publiziert.

Das Kupfererzkonzentrat von **Mt. Lyell**, einem Bergwerk der Vedanta Resources plc, enthält nur 10 bis 14 ppm Bi.

Ein erhöhtes Potenzial für Bismut besitzen auch die Wolframlagerstätten Tasmaniens. Die Scheelitlagerstätte **King Island** stand bereits zwischen 1917 und 1990 mit Unterbrechungen in Abbau (vgl. Kapitel 2.26). King Island Scheelite Ltd. plante die Gewinnung ab 2015 fortzusetzen und hat dazu bereits eine Definitive Feasibility-Studie (DFS) vorgelegt. Die Gesamtressourcen aller Teillagerstätten und Halden belaufen sich auf 9,11 Mio. t @ 0,90 % WO_3 inklusive Reserven von 5,20 Mio. t @ 0,70 % WO_3. Das Skarnerz von King Island führt als Erzminerale molybdänarmen Scheelit und untergeordnet Molybdänit, aber unter anderem auch gediegen Bismut, Bismuthinit, Joséit (Bi_4TeS_2) und Gold. Die Bi-Gehalte sind allerdings nicht publiziert.

Im Nordwesten von Tasmania baut Tasmania Mines Ltd., ein Unternehmen der indischen Kanji Group Pty Ltd., seit 1978 die Magnetit-Scheelit-Skarnlagerstätte **Kara** ab. Gegenwärtig wird Scheeliterz noch im Tagebau Kara #1 mit verbliebenen Ressourcen von 1,4 Mio. t Erz @ 0,35 % WO_3 gewonnen. Die Magnetitreserven betragen im Vergleich 10,12 Mio. t Erz @ 50,8 % Fe. Als Erweiterungslagerstätten stehen Kara North und Eastern Ridge mit Scheelitressourcen von 3,88 Mio. t Erz @ 0,43 % WO_3 zur Verfügung. Hergestellt werden in einer im Jahr 2013 erweiterten Aufbereitungsanlage ein Magnetitkonzentrat für die Kohlenwäsche, Magnetitfeinerz, ein Scheelitkonzentrat @ 74 % WO_3 + 1 – 1,5 % MoS_2 sowie ein Bismuthinit-Goldkonzentrat @ 20 % Bi. Letzteres wird zur Verhüttung nach China verkauft (freundliche mündliche Mitteilung, Tasmania Mines Ltd.). Die produzierten Mengen sind allerdings nicht bekannt.

Zu den Zinnlagerstätten, die auf Tasmania abgebaut wurden bzw. werden und ebenfalls Bismut enthalten, gehören als prominenteste **Renison Bell**, **Mt. Bischoff** und **Cleveland**. Cleveland wurde von 1968 bis 1986 durch Aberfoyle Ltd. untertägig abgebaut und produzierte in diesem

Zeitraum 5.645.035 t Erz @ 0,68 % Sn und 0,28 % Cu, aus denen Konzentrate mit 23.519 t Sn-Inhalt und 9.691 t Cu-Inhalt hergestellt wurden. Lizenzinhaber von Cleveland ist seit April 2013 Elementos Ltd., die nachfolgende Ressourcen ausweisen:

– 7,444 Mio. t Erz @ 0,65 % Sn und 0,25 % Cu („cut-off grade“ 0,35 % Sn),
– 3,85 Mio. t Haldenmaterial @ 0,30 % Sn und 0,13 % Cu (kein „cut-off grade“) sowie
– 3,98 Mio. t Erz in der in 500 m Teufe erbohrten Foley Zone @ 0,30 % WO_3 („cut-off grade“ 0,2 % WO_3), 260 ppm MoS_2, 230 ppm Bi (915 t Bi-Inhalt), 330 ppm Sn und 220 ppm Cu. Es ist unklar, ob die Foley Zone jemals abgebaut werden wird.

Victoria

Im Bundesstaat Victoria sind heute keine abbauwürdigen Vorkommen von Bismut mehr bekannt.

In Croydon South produziert **AMAC Alloys** – The August Metal and Alloy Company – seit 1974 Barren und Legierungen, unter anderem aus Bismut, für die australische Industrie.

Anforderungen und Bewertung

Da Bismut weltweit vorwiegend bei der Verhüttung von Kupfer-, Blei- und polymetallischen Erzkonzentraten als Beiprodukt und nicht aus eigenständigen Bismutlagerstätten ausgebracht wird und diese auch relativ selten sind, existieren für sie keine definierten Anforderungen.

Nach Petrow et al. (2008) bzw. Anonym (2010) sind russische Bi-Lagerstätten als klein zu bewerten, wenn diese < 1.000 t Bi-Inhalt besitzen, als mittelgroß, wenn sie 1.000 bis 4.000 t Bi-Inhalt besitzen, als groß, wenn sie 4.000 bis 10.000 t Bi-Inhalt besitzen und als sehr groß, wenn sie > 10.000 t Bi-Inhalt besitzen. Abbauwürdig sind Lagerstätten > 500 t Bi-Inhalt, jedoch auch schon > 200 t Bi-Inhalt, wenn der Bi-Gehalt hoch (> 0,3 %) und die „geographischen und ökonomischen Bedingungen“ vorteilhaft sind.

Tab. 2.4.1: Gehalte, Ressourcen und Produktion von Bismutlagerstätten Australiens.

Lagerstätte	Bundesstaat/Territory	Bi-Gehalt [ppm]	Ressource [t Bi-Inhalt]	Produktion [t Bi-Inhalt]
Rover 1	Northern Territory	1.400	9.520	–
Jervois	Northern Territory	600	8.100	–
Juno/Tennant Creek	Northern Territory	6.000	6.200–7.900	–
Magnum	Western Australia	200	6.400	–
Bamford Hill	Queensland	270	5.780	–
Kanmantoo	South Australia	132	4.130	350
Torrington Tungsten	New South Wales	500	3.000	–
Orlando/Tennant Creek	Northern Territory	1.000	2.200	–
Doradilla	New South Wales	242–324	1.900–2.500	–
Gecko/Tennant Creek	Northern Territory	1.000	1.500	–
Foley Zone/Cleveland	Tasmania	230	915	–
Shannon	Queensland	800	800	–
Dry River South	Queensland	bis 1.000	max. 700	–
Wolfram Camp	Queensland	420	300	–
Kingsgate	New South Wales	1.600	240	–
Stormont	Tasmania	1.699	156	ja
Golden Grove	Western Australia	k. A.	k. A.	ja
Rosebery	Tasmania	< 100	k. A.	ja
Kara	Tasmania	k. A.	k. A.	ja
Lorena	Queensland	bis 5.000	k. A.	–

Literatur- bzw. Firmenangaben zu Mindestgehalten an Bismut in eigenständigen Bismutlagerstätten liegen nicht vor. Äquivalent zu Tantal sind Lagerstätten mit Bi als Hauptwertmetall in westlichen Ländern jedoch nur dann abbauwürdig, wenn der Bi-Gehalt > 200 ppm (> 0,02 %) beträgt. In polymetallischen Lagerstätten, aus denen Bismut als untergeordnetes Beiprodukt ausgebracht werden soll, liegt der entsprechende Gehalt bei >100 ppm (> 0,01 %). In Blei- und Kupfererzkonzentraten, aus denen Bismut nicht nur aus Reinheitsgründen des Kupfers oder Bleis, d. h. zwangsweise ausgebracht werden soll, sollte der Bi-Gehalt > 100 ppm, besser > 200 ppm betragen.

Tabelle 2.4.1 gibt einen Überblick über die größeren australischen Lagerstätten mit Bismutmineralisation. Potenziellen deutschen Investoren wird empfohlen, mit der Almonty Industries Inc., der Lizenzinhaberin der Wolfram Camp- und Bamford Hill-Lagerstätten, Kontakt aufzunehmen. Gemeinsam sollte versucht werden, ein Bismutmineralkonzentrat zu erzeugen, das allerdings vorzugsweise außerhalb von China und Japan, z. B. in Belgien, zu verhütten wäre. Kurzfristig ist auch das Bismutmineralkonzentrat aus Kara/Tasmania verfügbar. Langfristig ist dagegen die Lagerstätte Rover 1 als Bismutlieferant von Interesse.

Literatur

Ahmad M., Wygralak A. S & Ferenczi P. A (2009): Gold deposits of the Northern Territory (2nd Edition – updated by Wygralak A. S. & Scrimgeour I. R). – Northern Territory Geological Survey, Report, **11**: 131 S., 97 Abb., 11 Tab., 1 Anh.; Darwin. – URL: http://www.nt.gov.au/d/Minerals_EnergyGeoscience/Content/File/Pubs/Report/NTGSRep11.pdf [Stand 29.01.2016].

Allen, R. (1925): Bismuth ores. – Imperial Institute, Monograph, 62 S., zahlr. Tab. und Karten; London.

Anonym (2010): Zhelezny Kryazh gold deposit.– Report prepared by Dragon Georesource, Version 1.4: 93 S., 17 Abb., 41 Tab., 5 Anh.; o. O. – URL: http://graftonresources.com/wp-content/uploads/2011/09/ZK-Report-March-2010.pdf [Stand 29.01.2016].

Ball, L. C. (1915): The wolfram, molydenite and bismuth mines of Bamford, North Queensland. – Geol. Surv. Queensland, Publ., **248**: 78 S., 8 Abb., 18 Fotos, 3 topog. Karten, 1 geol. Karte; Brisbane.

Balley, A. (1998): Cannington silver-lead-zinc deposit. – In: Berkman, D. A. & Mackenzie, D. H. (Hrsg.): Geology of Australian and Papua New Guinean Mineral Deposits. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **22**: 783–792, 6 Abb., 2 Tab.; Melbourne.

Bodon, S. B. (2002): Geodynamic evolution and genesis of the Cannington Broken Hill-type Ag-Pb-Zn deposit, Mount Isa Inner, Queensland. – Ph. D. Dissertation, University of Tasmania: 337 + xii S., 113 Abb., 42 Tab., 5 Anh., Hobart.

De Keyser, F. & Lucas, K. G. (1968): Geology of the Hodgkinson and Laura basins, north Queensland. – Bureau of Mineral Resources, Geology and Geophysics, Bull., **84**: 254 S., 35 Abb., 9 Tab., 24 Taf., 1 Anh.; Melbourne. – URL: http://www.ga.gov.au/corporate_data/147/Bull_084.pdf [Stand 29.01.2016].

Drew, G. (2011): Tour 3: Mines in the Hahndorf – Hallett Cove area. – In: Proceedings of the Australian Mining History Association Annual Conference, Hahndorf, South Australia, 12–18 September 2011: 53–64, 15 Abb.; o. O. – URL: http://www.mininghistory.asn.au/wp-content/uploads/2011/10/2011-proc.pdf [Stand 29.01.2016].

Edwards, G. C., Booth, S. A. & Cozens, G. J. (1990): White Devil gold deposit. – In: Hughes, F. E. (Hrsg.): Geology of the Mineral Deposits of Australia and Papua New Guinea. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **14**: 849–855, 6 Abb.; Melbourne.

Forsythe, D. L. & Higgins, N. C. (1990): Mount Carbine tungsten deposit. – In: Hughes, F. E. (Hrsg.): Geology of the Mineral Deposits of Australia and Papua New Guinea. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **14**: 1557–1560, 2 Abb.; Melbourne.

Le Messurier, P., Williams, B. T. & Blake, D. H. (1990): Tennant Creek Inlier – Regional geology and mineralisation. – In: Hughes, F. E. (Hrsg.): Geology of the Mineral Deposits of Australia and Papua New Guinea.- The Australasian Institute of

Mining and Metallurgy, Monograph, **14**: 829–838, 4 Abb., 2 Tab.; Melbourne.

MacDonald, G. (2012): Frontier Resources Ltd. Stormont Gold + Bismuth Project Resource Estimate April 2012: 130 S., 86 Abb., 21 Tab., 4 Anh.; Hagley, TAS. – URL: http://www.torquemining.com.au/wp-content/uploads/2013/07/Stormont-Feasibility-Study-18Jun13-App-3-Resource-Report.pdf
[Stand 29.01.2016].

McClatchie, L. (1973): The occurrence of bismuth in the Lachlan Fold Belt in New South Wales. – Proc. Australasian Inst. Min. Metall., **248**: 27–36, 9 Abb., 1 Tab.; Parkville, VIC.

Murray, C. G. (1990): Tasman Fold Belt in Queensland. – In: Hughes, F. E. (Hrsg.): Geology of the Mineral Deposits of Australia and Papua New Guinea. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **14**: 1431–1450, 2 Abb., 2 Tab.; Melbourne.

Ore Research and Exploration Pty Ltd. (2015): OREA's CRMS: Bismuth. – Bayswater North, VIC. – URL: http://www.ore.com.au/search.php?search=Bismuth%2C+Bi&element%5B%5D=11&code%5B%5D=
[Stand 12.04.2015].

Petrow, O. W., Michailow, B. K., Kimelman, S. A., Ledowskich, A. A., Bawlow, N. N., Nezhenskii, I. A., Worob'ew, J. J., Schatow, W. W., Kopina, J. S., Nikolaeva, L. L., Bespalow, E. W., Boiko, M. S., Wolkow, A. W., Sergeew, A. S., Parschikowa, N. W. & Mirchalewskaja, N. W. (2008): Mineral resources of Russia (in Russian).– Ministry of the Natural Resources of the Russian Federation (VSEGEI): 302 S.; St. Petersburg.

Plimer, I. R. (1977): Bismuth minerals from quartz pipes in eastern Australia. – The Australian Mineralogist, **10**: 41–43, 2 Abb., 2 Tab.; Melbourne.

Roskill Information Services Ltd. (1976): The economics of bismuth. – Fourth Edition: 113 S., 70 Tab., 4 Anh.; London.

Roskill Information Services Ltd. (1990): The economics of bismuth. – Eighth Edition: 194 S., 3 Abb., 105 Tab., 3 Anh.; London.

Siemon, J. E. (1977): Mount Biggenden magnetite and bismuth mine. – In: Day, R. W. (Hrsg.): Lady Elliot Island – Fraser Island – Gayndah – Biggenden. – Geol. Soc. Australia Inc., Queensland Division, Guidebook 1977 Field Conference, 11–13 June 1977: 81–83, 1 Tab.; Brisbane.

Smith, R. N. & Huston, D. L. (1992): Distribution and association of selected trace elements at the Rosebery deposit, Tasmania. – Econ. Geol., **87**, 3: 706–719, 8 Abb., 3 Tab.; Lakewood, CO.

Sullivan, C. J. (1946): The Pioneer Mine, Hatches Creek. – Dept. of Supply and Shipping: Mineral Resources Survey, Records, **1946/7**: 7 S.; Canberra. – URL: http://www.ga.gov.au/corporate_data/9775/Rec1946_007.pdf [Stand 29.01.2016].

Taylor, A. C. (1990): Gold bearing skarns from the Moina area, Northwest Tasmania. – Centre for Ore Deposits and Exploration Studies, Geol. Dept., University of Tasmania, B.Sc. thesis: 113 + xiii S., 29 Abb., 11 Tab., 40 Taf., 8 Anh., 7 Karten; Hobart, TAS. – URL: http://eprints.utas.edu.au/11681/2/Whole-Taylor,_A.C.,_BSc_thesis,_1990.pdf
[Stand 29.01.2016].

Tonui, E., de Caritat, P. & Leyh, W. (2003): Geochemical signature of mineralization in weathered sediments and bedrock, Thunderdome prospect, Broken Hill region, western New South Wales, Australia: implications for mineral exploration under cover. – Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis, **3**: 263–280, 13 Abb., 5 Tab.; London. – URL: http://crcleme.org.au/Pubs/guides/curnamona/Thunderdome%20prospect_Tonui%20et%20al%202003.pdf
[Stand 29.01.2016].

Von Gnielinski, F. (2013): Queensland Minerals. A summary of major mineral resources, mines and projects. – Geological Survey of Queensland: 192 S., 3 Abb., 214 Fotos, 23 Tab., 11 Anh.; City East, QLD.

Wedekind, M. R. & Love R. J. (1990): Warrego gold-copper-bismuth deposit. – In: Hughes, F. E. (Hrsg.): Geology of the Mineral Deposits of Australia and Papua New Guinea. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **14**: 839–843, 4 Abb.; Melbourne.

YATES, K. R. & ROBINSON, P. (1990): Nobles Nob gold deposit. – In: HUGHES, F. E. (Hrsg.): Geology of the Mineral Deposits of Australia and Papua New Guinea. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **14**: 861–865, 4 Abb.; Melbourne.

2.5 Blei, Zink und Silber

(Katrin Kärner)

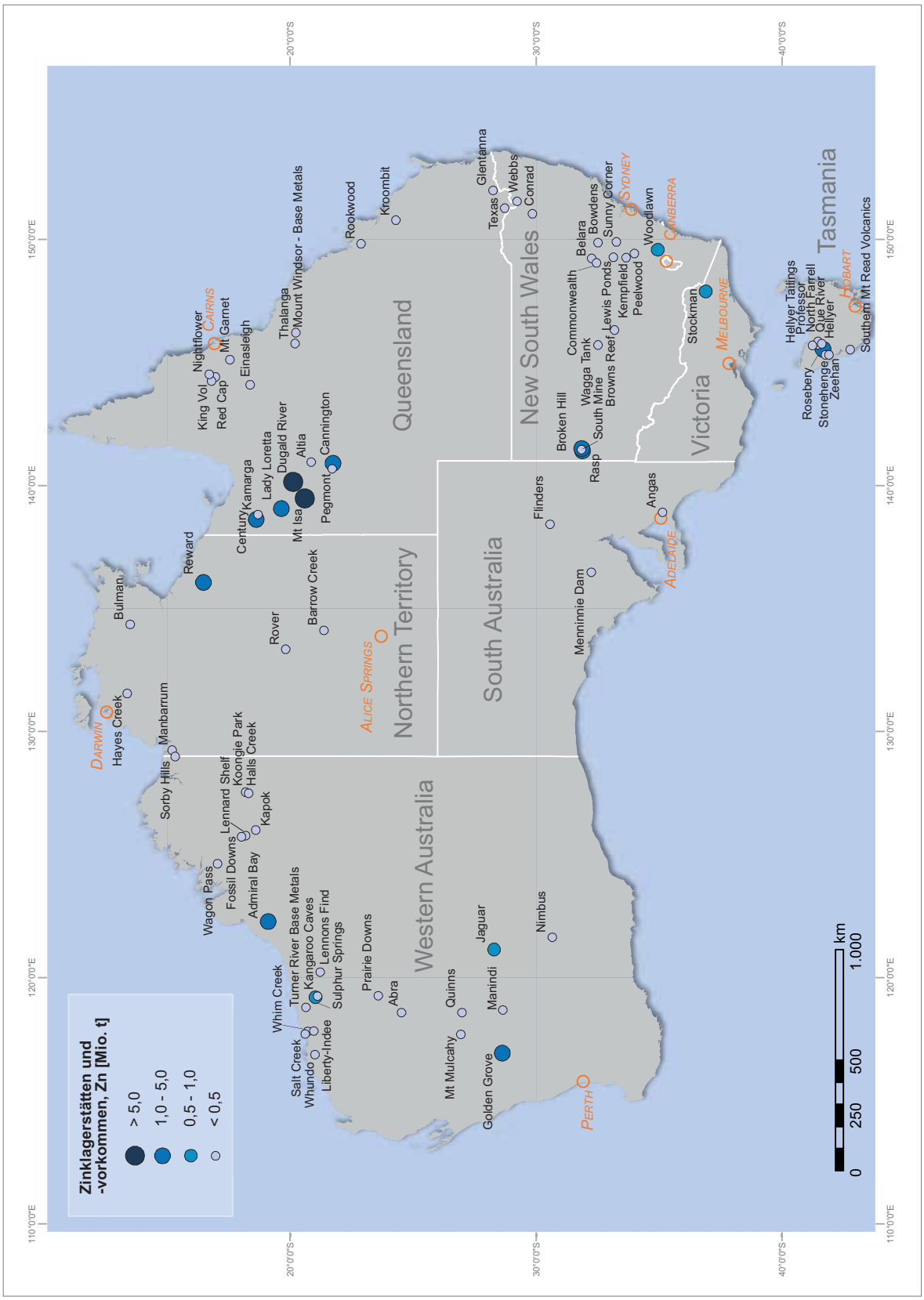


Abb. 2.5.1: Ausgewählte Zinklagerstätten und -vorkommen in Australien.

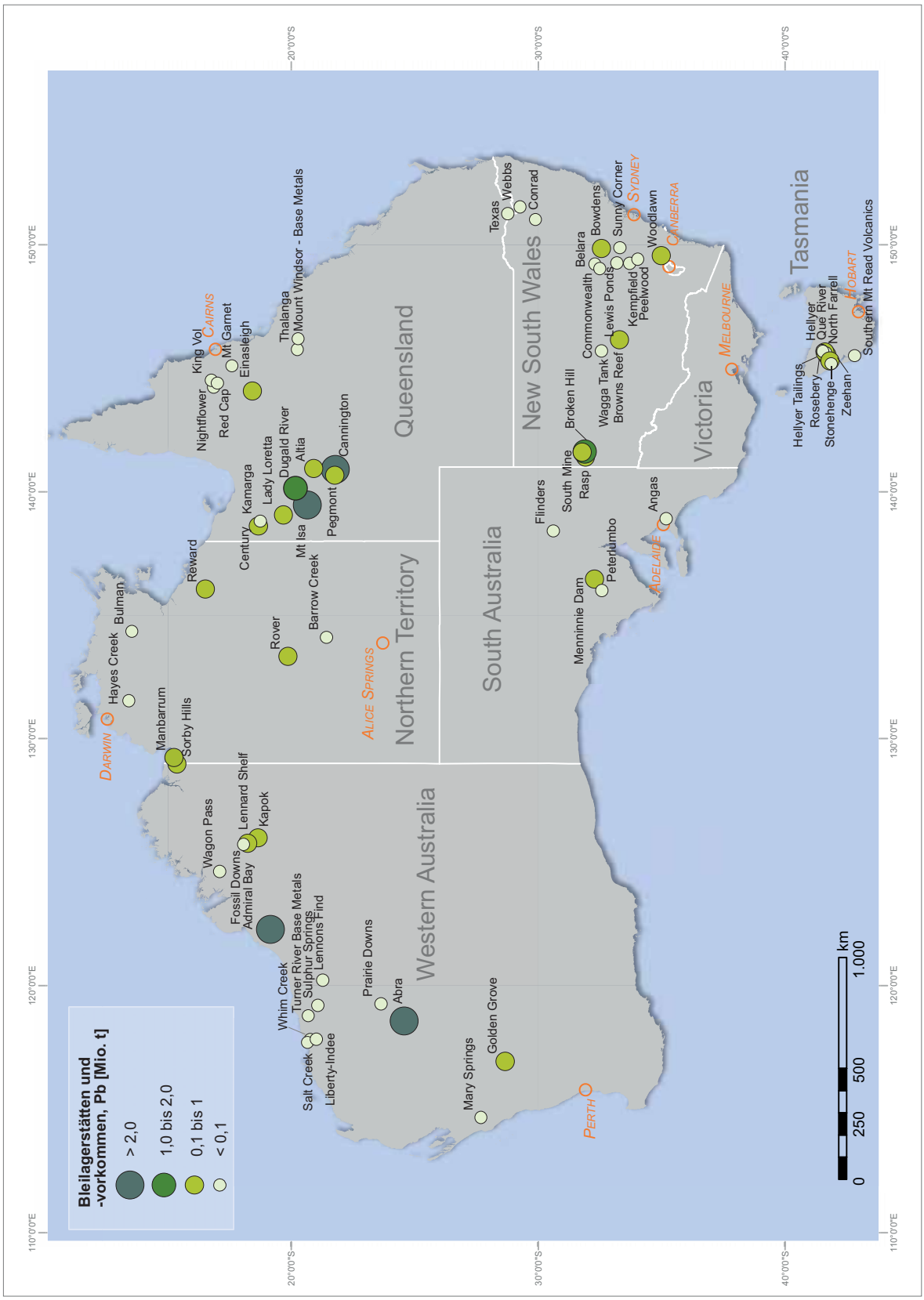


Abb. 2.5.2: Ausgewählte Bleilagerstätten und -vorkommen in Australien.

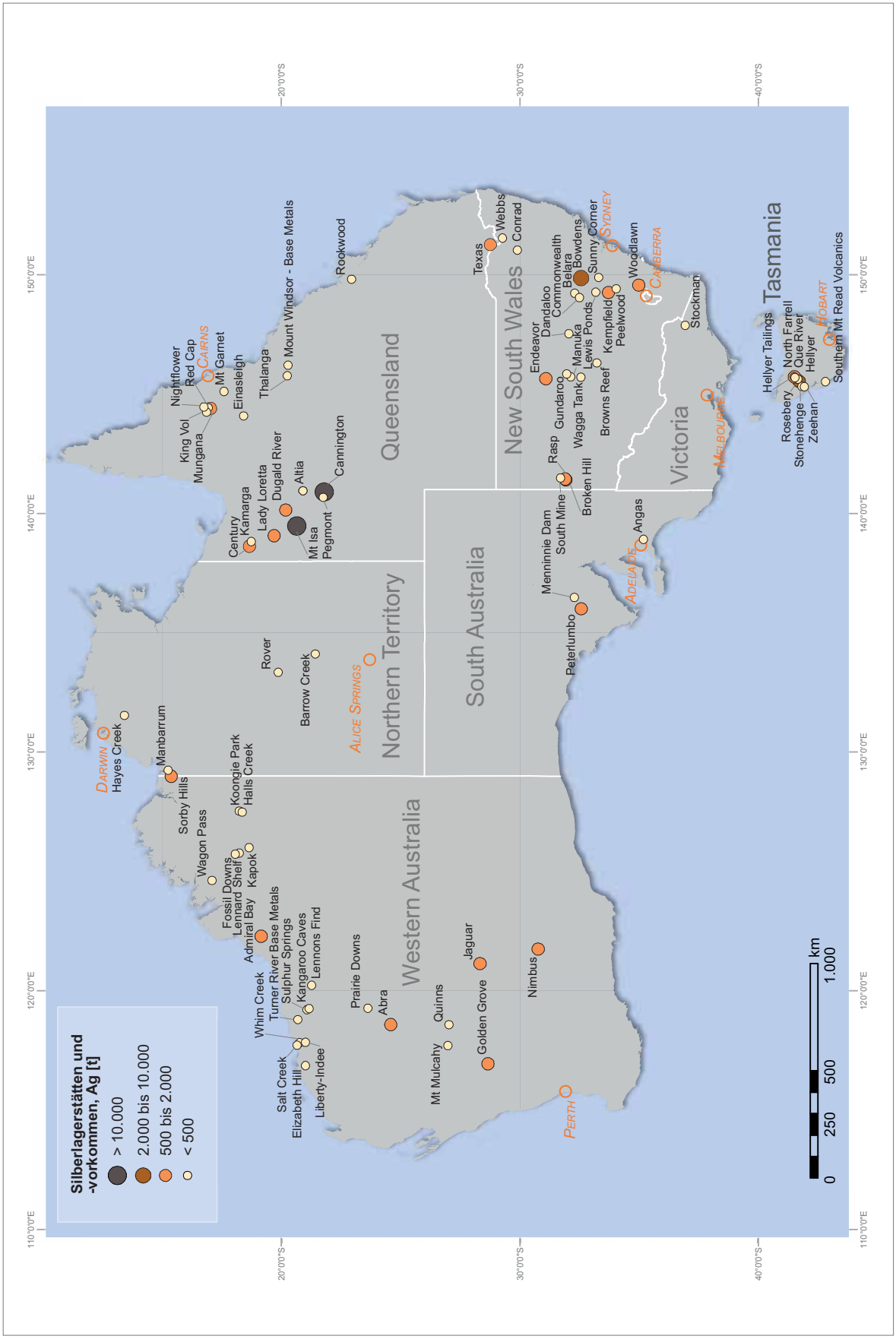


Abb. 2.5.3: Ausgewählte Silberlagerstätten und -vorkommen in Australien.

Überblick und Verwendung

Blei, Zink und Silber werden im Folgenden zusammen besprochen, da sie genetisch bedingt häufig gemeinsam in polymetallischen Lagerstätten auftreten.

Blei wird hauptsächlich in der Produktion von Bleiakkumulatoren verwendet. Aufgrund seiner Korrosionsbeständigkeit und hohen Dichte erfährt das Element nach wie vor eine große Bedeutung in der metallverarbeitenden Industrie. Daneben findet Blei Einsatz im Strahlenschutz, beispielsweise in der Nuklearmedizin, Radiologie und Strahlentherapie. Aufgrund seiner hohen Dichte kann das Metall in diesen Bereichen zur Abschirmung radioaktiver Strahlung verwendet werden.

Zink wird aufgrund seiner Korrosionsbeständigkeit vor allem als Korrosionsschutz in der Eisen- und Stahlindustrie genutzt. Weiterhin werden aus Zink unterschiedlichste Halbzeuge (z. B. Zinkblech) und Feinzinkgusslegierungen hergestellt.

Silber ist ein wichtiges Industriemetall. Es wird aber auch als Münzmetall, meist für Gedenk- und Sondermünzen, verwendet. Neben Gold hat sich Silber durch seine Kurs- und Wertstabilität als eine wichtige Anlageform erwiesen und ist auch ein bedeutendes Material für die Herstellung von Schmuck. Silberlegierungen (z. B. mit Kupfer, Zink oder Zinn) werden in der Elektronik als Lötlegierungen, Kontakt- und Leitmaterialien verwendet. Auch in der Medizintechnik findet Silber verbreitet Anwendung.

Polymetallische Blei-, Zink- (und Silber-)Lagerstätten werden nach ihrer Genese allgemein unterschieden in:

- Sedimentär-exhalative (SEDEX-)Lagerstätten
- Karbonat-gebundene Lagerstätten (z. B. Mississippi Valley-Type (MVT))
- Vulkanogene Massivsulfidlagerstätten (VHMS)
- Imprägnationslagerstätten in Sandstein
- Kontakt-metasomatische Lagerstätten
- Ganglagerstätten
- Skarnlagerstätten

Von den oben genannten Typen haben in Australien die SEDEX-Lagerstätten (z. B. **George Fisher**, Queensland) die größte wirtschaftliche Bedeutung. Aber auch VHMS-Lagerstätten (z. B. **Rosebery**, Tasmania) tragen in Australien maßgeblich zur Produktion von Blei, Zink und Silber bei.

In den oben aufgeführten Lagerstätten liegen in der Regel die Erzminerale in sulfidischer Form vor. Blei ist in Erzen meist als Galenit (Bleiglanz, PbS) anzutreffen. Galenit ist oft auch ein wichtiger Silberträger mit Gehalten von 0,01 bis über 1 % Silber, teils im Gitter, teils durch Einschlüsse von Silbermineralen (z. B. Akanthit). Zink tritt zumeist als Sphalerit (Zinkblende, ZnS) auf. Sphalerit kann im Gitter bis zu 20 % Eisen sowie unter anderem Spuren von Mangan, Cadmium, Indium und Gallium enthalten (Pohl 1992). Vereinzelt treten in Australien auch nicht-sulfidische Minerale von Zink und Blei auf (vgl. Lagerstätte **Paroo Station** und **Beltana**).

Wichtige Vorkommen in Australien

Die Ressourcen an Zink, Blei und Silber sind ungleichmäßig über den gesamten australischen Kontinent verteilt (Abbildung 2.5.1, Abbildung 2.5.2, Abbildung 2.5.3, Tabelle 2.5.30).

Der Bundesstaat mit den größten Zink-, Blei- und Silbervorkommen ist Queensland. Hier finden sich 47 % der Zink-, 42 % der Blei- und 52 % der Silberressourcen Australiens. Die bedeutendsten Vorkommen liegen geologisch innerhalb des proterozoischen Mount Isa Inliers im Nordwesten Queenslands.

Die zweit- bzw. drittgrößten Zink- und Bleivorkommen innerhalb Australiens befinden sich im proterozoischen McArthur Basin im Northern Territory. Mit 8,7 Mio. t Pb-Inhalt sowie 21,3 Mio. t Zn-Inhalt liegen 20 bzw. 30 % der australischen Ressourcen in diesem Territorium. Die Silberressourcen sind mit knapp 9.000 t Inhalt ebenfalls beachtenswert (Tabelle 2.5.1).

Western Australia weist hinter Queensland mit 11,0 Mio. t Pb-Inhalt die zweitgrößten Bleiressourcen auf. Hinzu kommen 10 bzw. 9 % der landesweiten Zink- bzw. Silberressourcen.

New South Wales weist hinter Queensland mit nahezu 15.000 t Ag-Inhalt die zweitgrößten Silberressourcen des Landes auf.

Tasmania hat Silberressourcen von etwa 3.900 t Inhalt. Das entspricht etwa 5 % der australischen Ressourcen. Hinzu kommen Ressourcen von 2,7 Mio. t Zn-Inhalt und 1,3 Mio. t Pb-Inhalt. Das entspricht 4 bzw. 3 % der australischen Ressourcen.

Die Vorkommen an Blei, Zink und Silber in South Australia sind sehr klein. Mit nur 0,2 Mio. t Pb-Inhalt, 0,4 Mio. t Zn-Inhalt und 800 t Ag-Inhalt befinden sich in diesem Bundesstaat weniger als 1 % der landesweiten Ressourcen.

In Victoria sind die Ressourcen an Zink, Blei und Silber unbedeutend.

Die Abbildung 2.5.1, Abbildung 2.5.2 und Abbildung 2.5.3 geben einen Überblick über ausgewählte australische Blei-, Zink- und Silberlagerstätten, die im Folgenden beschrieben werden.

Tab. 2.5.1: Blei-, Zink- und Silberressourcen der australischen Bundesstaaten und Territorien (SNL 2014).

Bundesstaaten/ Territorien	Blei [Mio. t]	Zink [Mio. t]	Silber [t]
Queensland	18,2	33,5	38.200
Northern Territory	8,7	21,3	8.700
Western Australia	11,0	7,0	6.300
New South Wales	4,1	5,8	14.800
Tasmania	1,3	2,7	3.900
Victoria	–	0,6	500
South Australia	0,2	0,4	800
Gesamt	**43,5**	**71,3**	**73.200**

Queensland

Innerhalb des Mount Isa Inliers stehen derzeit namentlich von Nord nach Süd die vier Lagerstätten **Century**, **Lady Loretta**, **George Fisher** (inklusive Handlebar Hill) und **Cannington** in Abbau.

Das Bergwerk **Century** war im Jahr 2013 hinter Rampura Agucha (Indien) und Red Dog (USA) mit einer Förderung von nahezu 0,5 Mio. t Zn-Inhalt der drittgrößte Zinkproduzent weltweit. Seit August 2015 ist das Bergwerk Century ausgeerzt. Bis zum Ende des Jahres 2015 werden noch Vorratshalden mit insgesamt 0,7 Mio. t Erz in der Anlage Century aufbereitet werden (SNL 2015).

Die Lagerstätte **George Fisher** repräsentiert das nördlichste Buntmetallvorkommen im Mount Isa District im Nordwesten Queenslands. Die Lagerstätte befindet sich 22 km nördlich von Mount Isa.

George Fisher wurde im Jahr 1948 durch Mount Isa Mines (MIM) entdeckt und im Oktober 2000 offiziell eröffnet. Im Jahr 2003 wurde MIM von Xstrata (jetzt Glencore plc) übernommen. Im Jahr 2010 erweiterte Xstrata die Produktionskapazität von 3,5 Mio. t auf 4,5 Mio. t Erz pro Jahr. Das Bergwerk wird bei gleichbleibender Förderung voraussichtlich bis zum Jahr 2031 in Produktion sein.

Die Lagerstätte ist vorwiegend an pyritische Silt- und Tonsteine gebunden und liegt geologisch im westlichen Faltengürtel des proterozoischen Mount Isa Inliers. Der größte Teil der Mineralisation tritt in Form von Sphalerit- und Galenit-Gängen sowie Brekzien auf, die von einer langen und komplexen Erzformung zeugen (Chapman 2004). Die derzeitigen Ressourcen inklusive Reserven liegen bei 226,1 Mio. t Erz @ 8,6 % Zn, 4,8 % Pb und 75 g/t Ag (19,3 Mio. t Zn-Inhalt, 10,8 Mio. t Pb-Inhalt, 530,6 Mio. oz Silber). Diese Angaben umfassen den nördlichen und südlichen Erzkörper. Letzterer ist in verschiedenen Quellen auch als „Hilton"-Erzkörper aufgeführt.

Im Vergleich zu anderen Vorkommen in Australien steht das Bergwerk George Fisher bezüglich seines Metallinhaltes bei den Rohstoffen Blei, Zink und Silber an erster Stelle.

Das Bergwerk **Lady Loretta** wird ebenfalls von Glencore plc. betrieben. Es befindet sich etwa 140 km nordwestlich von Mount Isa. Der Abbau der Lagerstätte begann im September 2012. Die Aufbereitung des Erzes erfolgt in der firmeneigenen Aufbereitungsanlage in Mt. Isa.

Die Lagerstätte ist an karbonatische und pyrithaltige Tonschiefer gebunden. Bei den Haupterzmineralen handelt es sich um Galenit und Sphalerit.

Im Jahr 2013 lag die Bergwerksförderung bei 0,5 Mio. t Erz mit Gehalten von 11,0 % Zn, 6,14 % Pb und 100 g/t Ag. Glencore sieht vor bis

Tab. 2.5.2: Reserven und Ressourcen der Lagerstätte Lady Loretta, Stand: Dezember 2014 (SNL 2015).

Kategorie	Erz [Mio. t]	Silber		Blei		Zink	
		Gehalt [g/t]	Inhalt [Mio. oz]	Gehalt [%]	Inhalt [Mio. t]	Gehalt [%]	Inhalt [Mio. t]
Reserven („Proved & Probable“)	11,0	85	30,7	5,1	0,57	15,5	1,70
Ressourcen („Inferred“)	1,0	80	2,6	5,0	0,05	14,0	0,14
Gesamt	**12,0**	**85**	**33,0**	**5,2**	**0,62**	**15,3**	**1,84**

zum Jahr 2016 die Förderung auf 1,6 Mio. t Erz pro Jahr zu erweitern.

Basierend auf den derzeitigen Reserven (Tabelle 2.5.2) wird das Bergwerk voraussichtlich bis zum Jahr 2024 in Betrieb sein.

Das Bergwerk **Cannigton**, das sowohl Silber als auch Blei produziert, liegt im Nordwesten von Queensland, etwa 140 km südlich von Cloncurry. Es wurde im Jahr 1997 eröffnet und gehörte bis Mai 2015 dem Unternehmen BHP Billiton (BHP). Seit der Ausgliederung einzelner Unternehmensbereiche ist South32 Ltd. Eigentümer des Bergwerkes.

BHP entdeckte die Lagerstätte Cannington im Jahr 1990. Der untertägige Abbau der Lagerstätte begann im April 1997. BHP gibt die verbleibende Lebensdauer der Lagerstätte („Life of Mine“, LOM) mit neun Jahren an (BHP Billiton 2014).

Cannington befindet sich in der östlichen Abfolge des Mount Isa Inliers. Die silberreiche Mineralisation ist an einen migmatitischen Quarz-Feldspat-Gneis gebunden. Vorherrschende Sulfidminerale sind Galenit und Sphalerit. Die außergewöhnliche Silberanreicherung ist gleichmäßig verteilt und mit silberhaltigem Galenit assoziiert. Antimon, Cadmium, Arsen, Kupfer und Fluor treten ebenfalls in erhöhten Konzentrationen auf (Walters & Bailey 1998).

Abb. 2.5.4: Aufbereitungsanlage des Bergwerks Cannington (Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung South32 Ltd.).

Tab. 2.5.3: Reserven und Ressourcen der Lagerstätte Cannington, Stand: Juni 2014 (SNL 2014).

Kategorie		Erz [Mio. t]	Silber		Blei		Zink	
			Gehalt [g/t]	Inhalt [Mio. oz]	Gehalt [%]	Inhalt [Mio. t]	Gehalt [%]	Inhalt [Mio. t]
Reserven („Proved & Probable“)		21,0	239	159,1	6,4	1,3	3,9	0,8
Ressourcen	„Measured & Indicated“	48,3	152	236,1	4,7	2,3	3,1	1,5
Ressourcen	„Inferred“	6,7	98	21,1	3,5	0,2	2,0	0,1
	Gesamt	**99,3**	**170**	**416,3**	**5,0**	**3,8**	**3,2**	**2,4**

Die Lagerstätte Cannington beinhaltet derzeit noch knapp 100 Mio. t Erz mit einem Inhalt von insgesamt 2,4 Mio. t Zink, 3,8 Mio. t Blei sowie mehr als 400 Mio. oz Silber (Tabelle 2.5.3). Die Aufbereitung erfolgt am Produktionsstandort (Abbildung 2.5.4).

Zum Abbaubeginn waren die Ag-Gehalte der Lagerstätte mit über 500 g/t überdurchschnittlich hoch. Seither hat der Gehalt deutlich abgenommen, liegt aber mit etwa 200 g/t nach wie vor über dem Durchschnitt im Vergleich zu anderen Silberlagerstätten. Im Jahr 2014 produzierte das Bergwerk Cannington etwa 25,2 Mio. oz Silber, mehr als 186.000 t Pb-Inhalt sowie knapp 58.000 t Zn-Inhalt (SNL 2015).

Aus den derzeit in der Entwicklung befindlichen australischen Zinkprojekten ragt die Lagerstätte **Dugald River** aufgrund der hohen Metallgehalte und des überdurchschnittlichen Lagerstäteninhalts heraus. Sie befindet sich ungefähr 65 km nordwestlich der Stadt Cloncurry, im Nordwesten von Queensland. Die Mining and Metals Group Ltd. (MMG) entwickelt das Vorhaben.

Dugald River wurde bereits in den 1870er Jahren erstmalig exploriert. Eine systematische Exploration der Lagerstätte begann allerdings erst in den 1950er Jahren. Eine Feasibility-Studie wurde im Jahr 2008 durch den vorherigen Lizenzhalter Oz Minerals durchgeführt. Die Studie zeigte, dass das geplante Bergwerk Dugald River in der Lage ist, jährlich 200.000 t Zink, 25.000 t Blei und 1 Mio. oz Silber über einen Zeitraum von 20 Jahren bei einem Kostenaufwand von etwa 1.433 US$ pro Tonne Zink zu produzieren (SNL 2015). Die Finanzierungszusage erhielt MMG im Jahr 2013.

Dugald River besteht aus zwei separaten Erzzonen, dem „Dugald River Main Lode“ und dem „Western Lode“. Die Vererzung ist an proterozoische Schiefergesteine gebunden (Xu 1998). Die derzeitigen Reserven und Ressourcen belaufen sich auf 59,6 Mio. t Erz mit einem Durchschnitts-

Tab. 2.5.4: Reserven und Ressourcen der Lagerstätte Dugald River, Stand: Juni 2014 (SNL 2015).

Kategorie		Erz [Mio. t]	Zink		Blei		Silber		Kupfer		Gold	
			Gehalt [%]	Inhalt [Mio. t]	Gehalt [%]	Inhalt [Mio. t]	Gehalt [g/t]	Inhalt [Mio. oz]	Gehalt [%]	Inhalt [Mio. t]	Gehalt [g/t]	Inhalt [oz]
Ressourcen	„Inferred“	28,8	11,1	3,2	1,6	0,5	12	11,0	0,3	< 0,1	0,015	28,300
Ressourcen	„Measured & Indicated“	9,6	15,9	1,5	2,4	0,2	63	19,5	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Reserven („Proved & Probable“)		21,2	12,6	2,7	2,2	0,5	49	33,4	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Gesamt		**59,6**	**12,4**	**7,4**	**2,0**	**1,2**	**33**	**63,9**	**0,1**	**< 0,1**	**0,015**	**28,300**

Tab. 2.5.5: Reserven und Ressourcen der Lagerstätte McArthur River, Stand: Dezember 2014 (SNL 2014).

Kategorie		Erz [Mio. t]	Zink		Blei		Silber	
			Gehalt [%]	Inhalt [Mio. t]	Gehalt [%]	Inhalt [Mio. t]	Gehalt [g/t]	Inhalt [Mio. oz]
Reserven („Proved & Probable“)		103,0	10	10,5	4,7	4,9	47	154,9
Ressourcen	„Measured & Indicated“	84,3	9,3	7,9	3,8	3,2	40	108,1
Gesamt		**187,3**	**9,8**	**18,4**	**4,3**	**8,1**	**44**	**263,0**

gehalt von 12,4 % Zn und einem Metallinhalt von 7,4 Mio. t Zink (Tabelle 2.5.4).

Das Bergwerk Dugald River soll zukünftig etwa 1,5 Mio. t Erz pro Jahr fördern und Konzentrate produzieren. Die voraussichtliche jährliche Produktion schätzt MMG auf etwa 160.000 t Zink in Zinkkonzentrat sowie Nebenprodukte über eine Betriebszeit von 28 Jahren. Das erste Konzentrat soll in der ersten Jahreshälfte 2018 produziert werden (MMG 2015a).

Im Juni 2015 unterzeichnete MMG einen Abnahmevertrag über insgesamt 20.000 t Zinkerzkonzentrat mit Minmetals North Europe (SNL 2015).

Northern Territory

Das Bergwerk **McArthur River**, betrieben von Glencore Plc, befindet sich etwa 750 km südöstlich von Darwin. Die Förderung wurde im Jahr 1995 aufgenommen. Mit 18,4 Mio. t Zn-Inhalt, 8,1 Mio. t Pb-Inhalt und 263 Mio. oz Silber besitzt die Lagerstätte die zweitgrößten bekannten Zink-, Blei- und Silberressourcen in Australien (Tabelle 2.5.5, SNL 2015).

McArthur River befindet sich im proterozoischen McArthur Basin. Die polymetallische Vererzung ist an dolomitische und kalzitische pyrithaltige Siltsteine und Schuttstrombrekzien gebunden (Williams 1998). Das Bergwerk produzierte im Jahr 2014 über 220.000 t Zn-Inhalt und 46.200 t Pb-Inhalt. Damit gehört es zu den wichtigsten Blei- und Zinkproduzenten weltweit. Zusätzlich wurden aus dem im Bergwerk geförderten Erz im Jahr 2014 1,5 Mio. oz Silber ausgebracht (Glencore 2014).

Im August 2012 genehmigte Xstrata (jetzt Glencore Plc) eine dreiphasige Erweiterung des Bergwerkes. Die Aufbereitungskapazitäten wurden von 2,5 Mio. t auf 5,5 Mio. t Erz pro Jahr ausgebaut und die Produktionskapazitäten auf 380.000 t Zink und 93,000 t Blei pro Jahr gesteigert. Das Bergwerk wird voraussichtlich bis zum Jahr 2038 fördern (SNL 2015).

Die Lagerstätte **Reward** liegt etwa 700 km südöstlich von Darwin und 20 km südlich des Bergwerkes McArthur River. Sie wird seit 2008 von Rox Resources Ltd. (Rox) exploriert. Mittlerweile ist Reward ein Joint Venture (JV) von Rox (49 %) und Teck Australia Pty Ltd. (Teck, 51 %), einem Tochterunternehmen des kanadischen Unternehmens Teck Resources Ltd. Teck besitzt zudem die Option, seinen Anteil auf 70 % zu erhöhen. Voraussetzung hierfür sind Explorationsausgaben in Höhe von 15 Mio. A$ bis August 2018 (Rox Resources Ltd. 2014).

Reward ist geologisch analog zur nahegelegenen McArthur River Lagerstätte charakterisiert und besteht aus zwei Vorkommen, namentlich **Myrtle** und **Teena**. Myrtle befindet sich 20 km südlich und Teena 8 km westlich der Lagerstätte McArthur River. Myrtle besitzt derzeit Ressourcen von 43,6 Mio. t Erz mit einem Metallinhalt von 1,78 Mio. t Zink und 0,41 Mio. t Blei (Tabelle 2.5.6).

Eine Ressourcenabschätzung für die Teillagerstätte Teena liegt noch nicht vor.

Über die hier beschriebenen Lagerstätten und Vorkommen im Northern Territory hinaus gibt es noch einige wenige andere Explorationsprojekte, für die bisher allerdings weder Ressourcen noch vielversprechende Bohrergebnisse publiziert wurden.

Tab. 2.5.6: Ressourcen der Teillagerstätte Myrtle, Stand: Dezember 2014 (SNL 2014).

Kategorie		Erz [Mio. t]	Zink		Blei	
			Gehalt [%]	Inhalt [Mio. t]	Gehalt [%]	Inhalt [Mio. t]
Ressourcen	„Measured & Indicated“	5,8	3,6	0,20	0,9	0,05
	„Inferred“	37,8	4,2	1,58	1,0	0,36
Gesamt		**43,6**	**4,1**	**1,78**	**1,0**	**0,41**

Western Australia

Derzeit werden in Western Australia die beiden Lagerstätten **Golden Grove** und **Jaguar** abgebaut. Es handelt sich um kleinere Bergwerke und primäre Kupfervorkommen, die aber auch bedeutende Mengen an Zink und Silber beinhalten und ausbringen.

Das Bergwerk **Jaguar** liegt rund 60 km nördlich der Ortschaft Leonora. Es handelt sich um eine VHMS-Kupferlagerstätte mit beträchtlichem Zn-Inhalt (Tabelle 2.5.7). Die Independence Group NL akquirierte das Projekt im Jahr 2011. Zwei Erzkörper, namentlich Jaguar und Bentley, wurden bzw. werden unter Tage abgebaut. Der Erzkörper Jaguar war im Jahr 2014 ausgeerzt. Seither kommt das Erz ausschließlich aus dem Erzkörper Bentley, der bereits im September 2012 in Produktion ging und voraussichtlich bis zum Jahr 2018 abgebaut wird.

Das Erz wird vor Ort aufbereitet. Die Erzkonzentrate werden durch den Hafen von Geraldton exportiert (Independence Group 2015). Im Geschäftsjahr 2014 belief sich die Produktion auf 7.396 t Cu-Inhalt, 34.258 t Zn-Inhalt, 1,23 Mio. oz Silber und 4.467 oz Gold in Konzentraten (SNL 2015).

Die Independence Group geht davon aus, im Finanzjahr 2015 insgesamt 0,42 Mio. t bis 0,44 Mio. t Erz mit einem Cu-Inhalt von 5.800 bis 6.500 t und einem Zn-Inhalt von 40.000 bis 43.000 t zu fördern.

In der Nähe des Bergwerkes exploriert das Unternehmen nach weiteren Massivsulfidvorkommen. Im Jahr 2014 wurde die Sulfidlinse **Flying Spur** entdeckt. Derzeit belaufen sich deren Ressourcen auf 0,45 Mio. t Erz mit Gehalten von 12,6 % Zn, 0,6 % Cu, 209 g/t Ag und 1,7 g/t Au (SNL 2015).

Weiterhin geht die Independence Group davon aus, dass entlang eines 50 km langen Korridors Potenzial für die Entdeckung weiterer Sulfidlinsen besteht. Insgesamt stehen dem Unternehmen im Finanzjahr 2015 8 Mio. A$ zur Verfügung, um auf der Konzession Jaguar weiter zu explorieren (SNL 2015).

Das Bergwerk **Golden Grove**, das von MMG betrieben wird, ist primär ebenfalls eine Kupferla-

Tab. 2.5.7: Reserven und Ressourcen der Lagerstätte Jaguar, Stand: Juni 2014 (SNL 2014).

Kategorie		Erz [Mio. t]	Zink		Kupfer		Silber		Gold	
			Gehalt [%]	Inhalt [Mio. t]	Gehalt [%]	Inhalt [Mio. t]	Gehalt [g/t]	Inhalt [Mio. oz]	Gehalt [g/t]	Inhalt [Mio. oz]
Reserven („Proved & Probable“)		2,56	10,1	0,26	1,8	0,05	154	12,6	0,80	0,07
Ressourcen	„Measured & Indicated“	2,82	6,8	0,19	1,6	0,05	100	9,1	0,41	0,04
	„Inferred“	1,87	4,3	0,08	1,3	0,02	76	4,6	0,41	0,02
Gesamt		**7,26**	**7,3**	**0,53**	**1,6**	**0,12**	**113**	**26,3**	**0,55**	**0,13**

gerstätte, die etwa 450 km nordöstlich von Perth und 250 km östlich von Geraldton gelegen ist.

Die Lagerstätte umfasst die beiden in Abbau befindlichen Erzkörper Scuddles and Gossan Hill. Die Erzkörper bestehen aus mehreren Massivsulfidlinsen. Haupterzminerale sind Chalkopyrit und Sphalerit. Insgesamt belaufen sich die Reserven und Ressourcen auf 1,3 Mio. t Zn-Inhalt und 0,64 Mio. t Cu-Inhalt (Tabelle 2.5.8).

Zu Golden Grove gehören drei Betriebe, und zwar zwei Bergwerke die unter Tage betrieben werden und ein Tagebau. Seit dem Jahr 1990 sind die Tiefbaue in Betrieb und produzieren Zink-, Kupfer- und Edelmetallkonzentrate. Aus dem Tagebau Gossan Hill, der im Januar 2012 in Betrieb genommen wurde, wird Kupfererz gefördert (MMG 2015b). Das in Golden Grove gewonnene Erz wird vor Ort zerkleinert, gemahlen und flotiert. Die produzierten Konzentrate werden durch den Hafen von Geraldton zu Hütten in China, Japan, Indien und Thailand verschifft.

Im Jahr 2014 produzierte Golden Grove insgesamt 30.836 t Cu-Inhalt, 37.896 t Zn-Inhalt und 3.986 t Pb-Inhalt in Konzentraten. Die voraussichtliche Produktion im Jahr 2015 schätzt MMG auf 47.500 t Zn-Inhalt und 22.500 t Cu-Inhalt in Konzentraten. Die Lagerstätte wird voraussichtlich im Jahr 2019 ausgeerzt sein (Mining Technology 2015a).

Die Lagerstätte **Paroo Station** liegt rund 30 km westlich von Wiluna und 750 km nordöstlich von Perth. Die Lagerstätte gehört Rosslyn Hill Mining Pty Ltd (Rosslyn Hill), einem Tochterunternehmen der Ivernia Inc. (Ivernia).

Die Lagerstätte liegt im östlichen Murchison Mineral Field am südlichen Rand des proterozoischen Yerrida-Beckens. Die Bleimineralisation ist an Quarzsandsteine sowie Siltsteine gebunden, die von einer Karstbrekzie überlagert werden (Piranjo et al. 2010). Paroo Station besteht aus den drei individuellen Erzkörpern Magellan, Cano und Pinzon. Magellan wurde im Jahr 1993 entdeckt, gefolgt von Cano im Jahr 2001 und Pinzon im Jahr 2004. Zwei weitere Vorkommen, 20 km südlich der zuvor genannten Erzkörper, sind Drake und Pizarro.

Bei der Lagerstätte handelt es sich um eine supergene nicht-sulfidische Bleilagerstätte, die sehr wahrscheinlich durch die Verwitterung einer sulfidischen MVT-Lagerstätte entstanden ist. Hier tritt Blei hauptsächlich in Form von Cerussit ($PbCO_3$) und Anglesit ($PbSO_4$) auf.

Die Erzkörper bilden flachliegende Horizonte, die im Tagebau abgebaut werden. Das Erz wird vor Ort zerkleinert und gemahlen. Nachfolgend wird es sulfidisiert, flotiert und entwässert. Bei der Sulfidisierung werden die nicht-sulfidischen Bleikarbonate mit einer molekularen Sulfid-Schicht überzogen, durch die eine nachfolgende konventionelle Flotation möglich ist. Das Erzkonzentrat enthält zwischen 64 und 67 % Pb (Ivernia Inc. 2014) sowie sehr geringe Verunreinigungen bzw. Nebenprodukte wie Silber und Zink. Hauptabsatz-

Tab. 2.5.8: Reserven und Ressourcen der Lagerstätte Golden Grove, Stand: Juni 2014 (SNL 2014).

Kategorie		Erz [Mio. t]	Zink		Kupfer		Silber		Gold		Blei	
			Gehalt [%]	Inhalt [Mio. t]	Gehalt [%]	Inhalt [Mio. t]	Gehalt [g/t]	Inhalt [Mio. oz]	Gehalt [g/t]	Inhalt [Mio. oz]	Gehalt [g/t]	Inhalt [Mio. oz]
Reserven („Proved & Probable“)		5,6	4,8	0,3	2,2	0,12	48	8,7	1,5	0,27	0,6	0,03
Ressourcen	„Measured & Indicated“	8,7	0,5	0,3	1,8	0,16	38	10,7	0,9	0,25	0,3	0,03
Ressourcen	„Inferred“	17,4	4,3	0,7	2,0	0,36	34	18,9	0,5	0,28	0,3	0,06
Gesamt		**31,7**	**7,1**	**1,3**	**2,0**	**0,64**	**38**	**38,3**	**0,8**	**0,80**	**0,4**	**0,12**

Tab. 2.5.9: Reserven und Ressourcen der Lagerstätte Paroo Station (alle fünf Erzkörper), Stand: Dezember 2014 (SNL 2014).

Kategorie		Erz [Mio. t]	Blei [%]	Blei [Mio. t]
Reserven („Proved & Probable“)		6,8	7,0	0,475
Ressourcen	„Measured & Indicated“	25,0	3,7	0,925
	„Inferred“	8,4	4,0	0,34
Gesamt		**40,2**	**4,3**	**1,74**

märkte des Konzentrates sind China und Südostasien (Ivernia Inc. 2013).

Das Bergwerk Paroo Station, ursprünglich Magellan genannt, wurde im Oktober 2005 durch Magellan Metals eröffnet. Im Zeitraum 2007 bis 2013 kam es wiederholt zu Produktionsunterbrechungen. Im Geschäftsjahr 2014 produzierte das Unternehmen Konzentrate mit einem Inhalt von 80.900 t Blei (SNL 2015) und verkaufte 77.600 t Blei im Konzentrat (freundliche schriftliche Mitteilung, J. Helm, Ivernia). Im Januar 2015 wurde die Förderung aufgrund der niedrigen Bleipreise eingestellt (Ivernia Inc. 2015). Bis dahin war Paroo Station hinter Cannington, Century und McArthur River der viertwichtigste Bleiproduzent im Land.

Die verbleibende Lebensdauer der Lagerstätte („Life of Mine“, LOM) wird von Ivernia auf etwas über vier Jahre geschätzt. In diesem Zeitraum hat das Bergwerk das Potenzial, jährlich 1,7 Mio. t Erz mit einem Durchschnittsgehalt von 7,0 % Pb zu fördern und damit Konzentrate mit einem Inhalt von 475.000 t Blei zu produzieren (freundliche schriftliche Mitteilung, J. Helm, Ivernia).

In Western Australia gibt es eine Reihe von Zink-, Blei- und Silber-Projekten, die aktiv exploriert und entwickelt werden. Diese konzentrieren sich vor allem im nördlichen Teil. Beispiele sind die MVT-Lagerstätten **Lennard Shelf** und **Kapok** am nördlichen Rand des Canning-Beckens sowie die MVT-Lagerstätte **Sorby Hills** im Bonaparte-Becken. Im zentralen Teil des Canning-Beckens befindet sich darüber hinaus die MVT-Lagerstätte **Admiral Bay**, die aufgrund ihres Lagerstätteninhalts am bedeutendsten ist. Hinzu kommen mehrere SEDEX-Vorkommen (z. B. **Abra**, **Prairie Downs**) und VHMS-Vorkommen (z. B. **Lennons Find**, **Nimbus**) im zentralen Teil von Western Australia. Die Vorkommen Admiral Bay, Sorby Hills, Abra werden aufgrund des derzeitigen Entwicklungsstandes nachfolgend näher beschrieben.

Die Zink- (Blei-, Silber-) Lagerstätte **Admiral Bay** liegt etwa 140 km südlich der Küstenstadt Broome. Sie wird als MVT-Lagerstätte interpretiert. Die Vererzung, hauptsächlich bestehend aus Galenit und Sphalerit, ist an ordovizische Kalksteine und Dolomite des Canning-Beckens gebunden (McCracken et al. 1996). Die Vererzung ist mit Teufen von 1.250 bis 1.550 m sehr tiefliegend und wird in eine obere zinkreiche sowie eine untere bleireiche Zone unterteilt.

Das Unternehmen Kagara Zinc (Kagara) akquirierte das Projekt im Jahr 1999. Eine Prefeasibility-Studie zeigte im Jahr 2010, dass Investitionen von 812,2 Mio. A$ notwendig wären, um jährlich 2,5 Mio. t Erz zu fördern und daraus 1,54 Mio. t Zinkkonzentrat @ 55 % Zn, 1,55 Mio. t Bleikonzentrat @ 79 % Pb sowie 19 Mio. oz Silber im Konzentrat über eine Laufzeit von etwa zehn Jahren zu produzieren (SNL 2015).

Das Unternehmen PLD Corporation (jetzt Metalicity Ltd.) wies im November 2014 „Inferred Resources“ von 72 Mio. t Erz @ 3,1 % Zn und 2,9 % Pb aus (Tabelle 2.5.10). Der Erwerb der Lagerstätte Admi-

Tab. 2.5.10: „Inferred Ressources“ der Lagerstätte Admiral Bay, Stand: Februar 2015 (SNL 2015).

Kategorie	Erz [Mio. t]	Zink		Blei		Silber	
		Gehalt [%]	Inhalt [Mio. t]	Gehalt [%]	Inhalt [Mio. t]	Gehalt [g/t]	Inhalt [Mio. oz]
„Inferred“	72	3,1	2,23	2,9	2,1	18	40,5
Gesamt	**72**	**3,1**	**2,23**	**2,9**	**2,1**	**18**	**40,5**

Tab. 2.5.11: Ressourcen der Lagerstätte Abra, Stand: Januar 2011 (SNL 2015).

Kategorie	Erz [Mio. t]	Blei		Kupfer		Zink		Gold		Silber	
		Gehalt [%]	Inhalt [Mio. t]	Gehalt [%]	Inhalt [Mio. t]	Gehalt [%]	Inhalt [t]	Gehalt [g/t]	Inhalt [Mio. oz]	Gehalt [g/t]	Inhalt [Mio. oz]
„Measured & Indicated“	37,0	3,7	1,37	0,2	0,07	0,1	0,03	0,1	0,13	9	11,2
„Inferred“	70,0	3,4	2,37	0,2	0,13	0,1	0,06	0,1	0,23	9	20,6
Gesamt	**107,0**	**3,5**	**3,74**	**0,2**	**0,20**	**0,1**	**0,09**	**0,1**	**0,36**	**9**	**31,8**

ral Bay durch Metalicity ist nahezu abgeschlossen (SNL 2015).

Die polymetallische Lagerstätte **Abra** befindet etwa 550 km östlich der Ortschaft Carnarvon. Abra ist primär eine Bleilagerstätte. Sie beinhaltet darüber hinaus Kupfer, Zink, Silber und Gold, wenngleich die Erzgehalte dieser Metalle auch sehr niedrig sind (Tabelle 2.5.11). Die hydrothermale Mineralisation in Abra ist an proterozoische Sedimente des Jillawarra Sub-Basins gebunden. Es werden zwei Vererzungszonen unterschieden, eine obere stratiforme Zone sowie eine tiefer liegende Stockwerksvererzung. Die Vererzungen sind in einer Teufe von etwa 250 bis über 650 m anzutreffen (Abra Mining 2015).

Im Juli 2011 wurde Abra Mining von der chinesischen Hunan Nonferrous Metals Holding Group (Hunan) übernommen. Im Januar 2015 unterzeichnete MMG Exploration Pty Ltd., ein Tochterunternehmen von MMG Ltd., eine Joint Venture-Vereinbarung mit Hunan, nach der MMG durch ein Explorationsinvestment von 6 Mio. A$, eine 60%ige Teilhaberschaft erlangen kann, die sich durch eine abgeschlossene Prefeasibility-Studie auf 85 % erhöht (SNL 2015).

Die Silber- und Blei-Lagerstätte **Sorby Hills** befindet sich etwa 40 km nordöstlich der Ortschaft Kununurra. Der Hafen von Wyndham ist etwa 120 km entfernt. Die oberflächennahe Blei-Silber-Zink-Vererzung, die im Tagebau abgebaut werden kann, ist an karbonische Karbonate des Bonaparte-Beckens gebunden und wird daher als klassische MVT-Lagerstätte interpretiert.

Lizenzinhaber ist das Unternehmen Kimberly Mining Ltd. (KBL). Die chinesische Guangdong Guangxin Mining Resource Group (Guangdong) hat im Jahr 2011 für 80 Mio. A$ eine 15%ige Teilhaberschaft an KBL erworben. Im Dezember 2012 legte KBL eine Prefeasibility-Studie zu dem Projekt vor. Diese basiert auf einem mehrphasigen Abbau. Im Anfangsstadium würde das Bergwerk 715.000 oz Silber und 20.500 t Pb-Inhalt pro Jahr über eine Gesamtlaufzeit von zehn Jahren produzieren. Der Investitionsbedarf wurde auf 70 Mio. A$

Tab. 2.5.12: Reserven und Ressourcen der Lagerstätte Sorby Hills, Stand November 2013 (SNL 2015).

Kategorie		Erz [Mio. t]	Silber		Blei		Zink	
			Gehalt [g/t]	Inhalt [Mio. oz]	Gehalt [%]	Inhalt [Mio. t]	Gehalt [%]	Inhalt [Mio. t]
Reserven („Proved & Probable“)		2,4	54	4,2	5,0	0,12	k. A.	k. A.
Ressourcen	„Measured & Indicated“	2,5	68	5,5	5,1	0,13	0,8	0,02
	„Inferred“	11,6	49	18,3	4,6	0,53	0,8	0,09
Gesamt		**16,5**	**53**	**28,0**	**4,7**	**0,78**	**0,7**	**0,11**

Tab. 2.5.13: Reserven und Ressourcen der Lagerstätte Broken Hill, Stand: Juni 2012 (SNL 2014).

Kategorie		Erz [Mio. t]	Zink		Blei		Silber	
			Gehalt [g/t]	Inhalt [Mio. t]	Gehalt [%]	Inhalt [Mio. t]	Gehalt [%]	Inhalt [Mio. oz]
Reserven („Proved & Probable“)		11,7	6,2	0,72	4,8	0,56	50	18,8
Ressourcen	„Measured & Indicated“	4,9	9,4	0,46	11,2	0,55	181	28,5
Ressourcen	„Inferred“	6,6	9,0	0,60	5,1	0,33	56	11,8
Gesamt		**23,2**	**7,7**	**1,78**	**6,2**	**1,44**	**79**	**59,1**

geschätzt. Im Juni 2015 gab KBL bekannt, eine Feasibility-Studie durchzuführen, die vorraussichtlich im Jahr 2016 fertig gestellt wird (SNL 2015).

Die derzeitigen Reserven und Ressourcen belaufen sich auf 16,5 Mio. t Erz mit einem Ag-Inhalt von 28 Mio. oz sowie 0,78 Mio. t Pb-Inhalt (Tabelle 2.5.12). Die Lagerstätte Sorby Hills verfügt entlang der Streichrichtung über weiteres Explorationspotenzial (KBL Mining 2014).

New South Wales

Derzeit stehen in New South Wales vier polymetallische Lagerstätten in Abbau, namentlich **Broken Hill**, **Rasp**, **Endeavour**, und **Manuka**.

Das Bergwerk **Broken Hill**, das bereits seit dem Jahr 1978 in Betrieb ist, gehörte bis 2013 Perilya Ltd. (Perilya). Perilya Ltd. wurde im Dezember 2013 vom chinesischen Unternehmen Shenzhen Zhongjin Lingnan Nonfemet Company (Shenzhen) übernommen. Broken Hill ist eine metamorph-überprägte SEDEX-Lagerstätte. Die für das Jahr 2013 veröffentlichten Produktionszahlen beliefen sich auf 1,6 Mio. oz Silber, 65.000 t Zn-Inhalt und 58.000 t Pb-Inhalt (SNL 2015). Bei gleichbleibender Produktion werden die derzeit bekannten Reserven der Broken Hill-Lagerstätte (Tabelle 2.5.13) voraussichtlich im Jahr 2021 erschöpft sein.

Das Bergwerk **Rasp** befindet sich im Zentrum der Ortschaft Broken Hill. Es wird seit dem Jahr 2012 von CBH Resources Ltd (CBH), einem Tochterunternehmen des japanischen Unternehmens Toho Zinc Co. Ltd. (Toho), betrieben.

Die Lagerstätte Rasp, die geologisch mit der Lagerstätte Broken Hill vergleichbar ist, beinhaltet etwa 1 Mio. t Zn-Inhalt, 0,84 Mio. t Pb-Inhalt sowie 47,3 Mio. oz Silber (Tabelle 2.5.14) und wird unter Tage abgebaut. Die Aufbereitungskapazitäten belaufen sich auf jährlich 34.000 t Zink und 28.000 t Blei im Konzentrat sowie 1,1 Mio. oz Silber (im

Tab. 2.5.14: Reserven und Ressourcen der Lagerstätte Rasp, Stand: Juni 2009 (SNL 2015).

Kategorie		Erz [Mio. t]	Zink		Blei		Silber	
			Gehalt [g/t]	Inhalt [Mio. t]	Gehalt [%]	Inhalt [Mio. t]	Gehalt [%]	Inhalt [Mio. oz]
Reserven („Proved & Probable“)		3,2	6,0	0,19	4,6	0,14	64	6,5
Ressourcen	„Measured & Indicated“	3,7	6,4	0,23	5,3	0,20	103	12,2
Ressourcen	„Inferred“	9,6	6,9	0,67	5,2	0,50	92	28,6
Gesamt		**16,5**	**6,6**	**1,09**	**5,1**	**0,84**	**89**	**47,3**

Tab. 2.5.15: Ressourcen der Lagerstätte Endeavour, Stand: Juni 2014 (SNL 2015).

Kategorie		Erz [Mio. t]	Silber	
			Gehalt [g/t]	Inhalt [Mio. oz]
Reserven („Proved & Probable“)		2,2	69	4,9
Ressourcen	„Measured & Indicated“	11,7	80	30,0
	„Inferred“	0,6	109	2,1
Gesamt		**14,5**	**79**	**37,0**

Bleierzkonzentrat). Die verbleibende Lebensdauer der Lagerstätte („Life of Mine“, LOM) beträgt bei gleichbleibender Produktion noch elf Jahre (SNL 2015). SNL (2015) schätzt, dass das Berkwerk im Jahr 2013 etwa 25.000 t Pb-Inhalt, 30.000 t Zn-Inhalt sowie knapp 1 Mio. oz Silber produzierte.

Die Lagerstätte **Endeavour** befindet sich im zentralen Teil von New South Wales, etwa 18 km nordwestlich der Stadt Cobar bzw. 700 km nordwestlich von Sydney. Der untertägige Abbau in Endeavour begann im Jahr 1983. CBH, ebenfalls Eigentümer der Lagerstätte Rasp, akquirierte das Projekt im Jahr 2003 und erweiterte sowohl das Bergwerk als auch die Aufbereitungsanlage. Im Geschäftsjahr 2014 lag die Förderung bei rund 719.000 t Erz/Jahr. Dies entspricht einer Produktion von etwa 0,6 Mio. oz Silber.

Zu den erwähnenswerten Explorationsprojekten in New South Wales zählen die Vorkommen **Bowdens, Kempfield** und **Woodlawn**. Alle drei genannten Vorkommen gehören zu den ostaustralischen paläozoischen VHMS-Lagerstätten, die bereits seit über 100 Jahren auf Buntmetalle exploriert und teilweise abgebaut werden.

Abb. 2.5.5: Luftaufnahme des Bowdens-Projektgebietes (Kingsgate Consolidated Ltd. 2015).

Das Vorkommen **Bowdens** liegt etwa 240 km westlich von Sydney bzw. 26 km östlich von Mudgee (Abbildung 2.5.5). Das Unternehmen Kingsgate Consolidated Ltd. (Kingsgate) ist Lizenzinhaber. Das Projekt befindet sich im Lachlan-Faltengürtel am westlichen Rand des Sydney-Beckens. Die dortige epithermale Silbermineralisation ist an felsische Vulkanite gebunden. Neben Silber kommen untergeordnet Blei und Zink vor. Silber ist unter anderem an Galenit und Sphalerit gebunden.

Tab. 2.5.16: Ressourcen der Lagerstätte Bowdens, Stand: November 2012 (SNL 2014).

Kategorie	Erz [Mio. t]	Silber		Blei		Zink	
		Gehalt [g/t]	Inhalt [Mio. oz]	Gehalt [%]	Inhalt [Mio. t]	Gehalt [g/t]	Inhalt [Mio. t]
„Measured & Indicated“	52	52	86,8	0,3	0,15	0,38	0,20
„Inferred“	36	41	47,4	0,3	0,11	0,40	0,14
Gesamt	**88,0**	**47**	**134,2**	**0,3**	**0,26**	**0,39**	**0,34**

Abb. 2.5.6: Bohrkern mit Sphalerit-Galenit-Vererzung (Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung von Argent Minerals Ltd.).

Abb. 2.5.7: Explorationsbohrung auf der Lagerstätte Kempfield (Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung von Argent Minerals Ltd.).

Seit Ende 2014 ist das Unternehmen mit der Erstellung einer Feasibility-Studie beschäftigt. Kingsgate strebt an, die Lagerstätte im Tagebau abzubauen und bis zu 9 Mio. oz Silber/Jahr zu fördern. Die gegenwärtigen Ressourcen (Tabelle 2.5.16) belaufen sich auf 134 Mio. oz Silber, 260.000 t Blei und 340.000 t Zink. Derzeit arbeitet das Unternehmen an der Erstellung eines Environmental Impact Statements (EIS), dessen Fertigstellung im Jahr 2017 erwartet wird (Kingsgate Consolidated 2015).

Die Lagerstätte **Kempfield**, die durch das Unternehmen Argent Minerals Ltd. (Argent) exploriert wird, liegt rund 180 km westlich von Sydney. Zu den Erzmineralen dieser VHMS-Lagerstätte gehören Sphalerit, Galenit, Argentit und Chalkopyrit (Abbildung 2.5.6).

Die Ressourcen belaufen sich momentan auf knapp 22 Mio. t Erz mit einem Metallinhalt von 33,4 Mio. oz Silber sowie 200.000 t Zink und 100.000 t Blei (Tabelle 2.5.17). Argent sieht Potenzial für die Entdeckung weiterer VHMS-Linsen sowie einer Stockwerksvererzung westlich der bisher identifizierten Ressourcen. Ein Bohrprogramm zur Erhöhung der Ressourcen (Abbildung 2.5.7), bestehend aus vier Kernbohrungen mit insgesamt 1.900 m Länge, begann im Januar 2015 (Argent Minerals 2015a).

Argent strebt an, zukünftig pro Jahr 3.000 oz Gold sowie 1,9 Mio. oz Silber zu produzieren. Zwischenzeitlich plante das Unternehmen den Bau einer kostengünstigen Silber-Gold-Haufenlaugungsanlage („heap leach operation“), die abhängig von der Preisentwicklung bei den Edelmetallen relativ zeitnah in Produktion gebracht werden kann (Argent Minerals 2015b).

Neben der Lagerstätte Kempfield ist Argent zu 70 % an dem Projekt **Sunny Corner**, nordöstlich von Kempfield beteiligt. Die Explorationsaktivitäten konzentrieren sich auf die Umgebung des stillgelegten und ausgeerzten Bergwerkes Sunny Corner. Die Ressourcen belaufen sich derzeit auf 1,5 Mio. t Erz @ 3,7 % Zn, 2,1 % Pb, 0,39 % Cu sowie 24 g/t Ag und 0,17 g/t Au.

Tab. 2.5.17: Ressourcen der Lagerstätte Kempfield, Stand: Mai 2014 (SNL 2014).

Kategorie	Erz	Silber		Blei		Zink		Gold	
	[Mio. t]	Gehalt [g/t]	Inhalt [Mio. oz]	Gehalt [%]	Inhalt [Mio. t]	Gehalt [%]	Inhalt [Mio. t]	Gehalt [g/t]	Inhalt [Mio. oz]
„Measured & Indicated“	18,0	49	29,0	0,4	< 0,1	0,8	0,2	0,1	< 0,1
„Inferred“	3,8	36	4,4	0,6	< 0,1	1,2	< 0,1	0,1	< 0,1
Gesamt	**21,8**	**47**	**33,4**	**0,4**	**0,1**	**0,9**	**0,2**	**0,1**	**0,1**

Abb. 2.5.8: Abfalldeponie im ehemaligen Tagebau Woodlawn (Foto: BGR).

Die Lagerstätte **Woodlawn**, die durch das Unternehmen Heron Resources Ltd. (Heron) exploriert wird, liegt im Südosten von New South Wales, etwa 200 km südwestlich von Sydney. Die Zink-, Blei-, Kupferlagerstätte befindet sich im südöstlichen Teil des paläozoischen Lachlan Orogens. Die Vererzung ist an silurische Vulkanite des Ngunawal-Beckens gebunden. Die Massivsulfid-Linsen streichen an der Oberfläche aus und fallen insgesamt steil nach Westen ein (Glen et al. 1995).

Woodlawn wurde bereits im Jahr 1970 entdeckt. Das polymetallische Erz wurde ab dem Jahr 1977 im Tagebau (Abbildung 2.5.8) und später auch unter Tage abgebaut. Im Jahr 1998 wurde Woodlawn unter anderem aufgrund niederiger Metallpreise geschlossen. Zu dieser Zeit hatte das Bergwerk insgesamt 18 Mio. t Erz mit Gehalten von 1 % Cu (180.000 t Cu-Inhalt), 4,8 % Pb (864.000 t Pb-Inhalt), 13,7 % Zn (2,47 Mio. t Zn-Inhalt) und 22 g/t Ag abgebaut (SNL 2015). Das Unternehmen Veolia betreibt im ehemaligen Tagebau eine Abfalldeponie (Abbildung 2.5.8) und bringt dort jährlich 1,1 Mio. t Abfall ein (Veolia 2015).

Im April 2015 legte Heron ein „Preliminary Economic Assessment“ vor. Die Gesamtressourcen belaufen sich auf etwa 18 Mio. t Erz mit Inhalten von 0,72 Mio. t Zink, 0,32 Mio. t Blei und mehr als 23 Mio. oz Silber (Tabelle 2.5.18). Sie teilen sich auf den Erzkörper (Tabelle 2.5.19) und die Aufbereitungsabgänge (Tabelle 2.5.20, Abbildung 2.5.9) aus dem vorherigen Betrieb auf.

Heron Resources Limited (2015) gibt die anfängliche Lebensdauer der Lagerstätte („Life of Mine“, LOM) auf Grundlage der angestrebten Jahresförderung von 1,5 Mio. t Erz mit elf Jahren an. Das Vorkommen hat die Kapazität, Konzentrate mit

Abb. 2.5.9: Aufbereitungsabgänge des geschlossenen Bergwerkes Woodlawn (Foto: BGR).

Inhalten von insgesamt 353.000 t Zink, 77.000 t Kupfer, 112.000 t Blei, 8,9 Mio. oz Silber sowie 59.000 oz Gold zu produzieren. Heron besitzt bereits eine Abbaulizenz für Woodlawn, die bis Ende 2034 gültig ist (Heron Resources Limited 2015).

Darüber hinaus besteht weiteres Explorationspotenzial. Flachere Explorationsziele stehen derzeit im Fokus. Die Fortsetzung der Massivsulfidlinsen in größerer Teufe soll nach Wiederinbetriebnahme des Bergwerkes untersucht werden.

Heron geht davon aus, dass Woodlawn in 1,5 bis 3 Jahren (2017 – 2019) in Produktion gehen könnte, eine positive Feasibility-Studie vorausgesetzt (freundliche mündliche Mitteilung, S. Jones, Heron). Die Zink-, Kupfer- und Bleierzkonzentrate sollen dann durch den Hafen von Port Kembla südlich von Wollongong verschifft werden.

Tasmania

Das Bergwerk **Rosebery** liegt im Nordwesten von Tasmania und ist dort die einzige, in Abbau ste-

Tab. 2.5.18: Gesamtressourcen des Projektes Woodlawn, Stand: April 2015 (SNL 2015).

Kategorie	Erz	Zink		Kupfer		Blei		Silber		Gold	
	[Mio. t]	Gehalt [%]	Inhalt [t]	Gehalt [%]	Inhalt [Mio. t]	Gehalt [%]	Inhalt [Mio. t]	Gehalt [g/t]	Inhalt [Mio. oz]	Gehalt [g/t]	Inhalt [Mio. oz]
Unter Tage	6,50	7,1	0,46	1,8	0,12	2,5	0,16	56	11,67	0,5	0,10
Halden	11,65	2,3	0,26	0,5	0,07	1,4	0,16	32	11,88	0,3	0,12
Gesamt	**18,15**	**4,0**	**0,72**	**1,1**	**0,19**	**1,7**	**0,32**	**40**	**23,55**	**0,4**	**0,22**

Tab. 2.5.19: Ressourcen des Erzkörpers Woodlawn, Stand: April 2015 (SNL 2015).

Kategorie	Erz	Zink		Kupfer		Blei		Silber		Gold	
	[Mio. t]	Gehalt [%]	Inhalt [Mio. t]	Gehalt [%]	Inhalt [t]	Gehalt [%]	Inhalt [t]	Gehalt [g/t]	Inhalt [Mio. oz]	Gehalt [g/t]	Inhalt [Mio. oz]
„Inferred“*	3,0	8,1	0,27	1,6	0,05	3,2	0,10	70	6,73	0,88	0,08
„Indicated“*	1,6	10,7	0,17	1,5	0,02	4,0	0,06	78	4,00	0,46	0,02
„Inferred“#	1,1	1,1	0,01	2,8	0,03	0,2	< 0,01	15	0,53	0,14	< 0,01
„Indicated“#	0,8	1,0	0,01	2,8	0,02	0,3	< 0,01	16	0,41	0,07	< 0,01
Sub-Gesamt	**6,5**	**7,1**	**0,46**	**1,8**	**0,12**	**2,5**	**0,16**	**56**	**11,67**	**0,48**	**0,10**

** polymetallisches Erz, # Kupfererz*

Tab. 2.5.20: Ressourcen der Aufbereitungsabgänge des Haldenprojektes Woodlawn, Stand: April 2015 (SNL 2015).

Kategorie	Erz	Zink		Kupfer		Blei		Silber		Gold	
	[Mio. t]	Gehalt [%]	Inhalt [Mio. t]	Gehalt [%]	Inhalt [t]	Gehalt [%]	Inhalt [t]	Gehalt [g/t]	Inhalt [Mio. oz]	Gehalt [g/t]	Inhalt [Mio. oz]
„Inferred“	2,25	2,1	0,05	0,4	0,01	1,3	0,03	31	2,24	0,3	0,02
„Measured & Indicated“	9,40	2,3	0,22	0,5	0,06	1,4	0,13	32	9,64	0,3	0,10
Sub-Gesamt	**11,65**	**2,3**	**0,27**	**0,5**	**0,07**	**1,4**	**0,16**	**32**	**11,88**	**0,3**	**0,12**

hende polymetallische Zink-, Blei- und Silberlagerstätte. Das Bergwerk wird durch das Unternehmen MMG Ltd. (MMG) betrieben und befindet sich etwa 190 km nordwestlich von Hobart bzw. etwa 90 km südlich der Hafenstadt Burnie. Rosebery ist seit dem Jahr 1936 kontinuierlich in Betrieb und hat eine verbleibende Lebensdauer („Life of Mine", LOM) von neun Jahren (SNL 2015). Rosebery produziert Zink-, Blei- und Kupferkonzentrate sowie Rohgold. Die Buntmetallerzkonzentrate werden per Schmalspurbahn zum Hafen von Burnie transportiert. Von dort aus werden sie zu Hütten in Hobart (Tasmania) und Port Pirie (South Australia) verschifft. Das Rohgold wird ebenfalls in Australien raffiniert (MMG 2015c).

Rosebery ist eine paläozoische deformierte und verfaltete VHMS-Lagerstätte. Die Erzlinsen haben eine Streichlänge von über 2.000 m und weisen eine Teufe von bis zu 1.800 m auf (LARGE et al. 2001). Die derzeitigen Ressourcen einschließlich Reserven belaufen sich auf knapp 18 Mio. t Erz mit Inhalten von 1,9 Mio. t Zink, 0,6 Mio. t Blei sowie 72 Mio. oz Silber (Tabelle 2.5.21). Im Jahr 2014 produzierte Roseberry 83.507 t Zn-Inhalt, 23.409 t Pb-Inhalt sowie 2.305 t Cu-Inhalt in Konzentraten (SNL 2015). Ähnliche Produktionszahlen erwartet MMG auch für das Jahr 2015.

In Umkreis der Lagerstätte Rosebery befinden sich mehrere Explorationsprojekte, die zum Teil bereits ausgewiesene, aber sehr kleine Ressourcen an Zink, Blei und Silber aufweisen. In den kommenden Jahren ist daher nicht mit einem Produktionszuwachs zu rechnen.

Erwähnenswerte Silberressourcen befinden sich in den Aufbereitungsrückständen des stillgelegten Bergwerks **Hellyer**, etwa 25 km nordöstlich von Rosebery. Die Halde enthält etwa 32 Mio. oz Silber, 290.000 t Blei und 240.000 t Zink sowie 0,8 Mio. oz Gold (Tabelle 2.5.22). Das private Unternehmen Ivy Resources akquirierte das Haldenprojekt von Bass Metals Ltd. im Februar 2013 für 11 Mio. A$, um dort vor allem Gold und Silber zu gewinnen (SNL 2015). Neuere Informationen zu diesem Projekt liegen nicht vor.

Tab. 2.5.21: Reserven und Ressourcen und der Lagerstätte Rosebery, Stand: Juni 2014 (SNL 2014).

Kategorie		Tonnage [Mio.t]	Zink		Gold		Blei		Silber		Kupfer	
			Gehalt [%]	Inhalt [Mio.t]	Gehalt [g/t]	Inhalt [Mio.oz]	Gehalt [%]	Inhalt [Mio.t]	Gehalt [g/t]	Inhalt [Mio.oz]	Gehalt [%]	Inhalt [Mio. t]
Reserven („Proved & Probable")		5,4	9,7	0,5	1,4	0,24	3,4	0,18	115	20,37	0,30	0,02
Ressourcen	„Measured & Indicated"	7,3	12,4	0,9	1,7	0,40	3,7	0,27	137	32,13	0,28	0,02
	„Inferred"	5,2	10,3	0,5	2,2	0,37	3,4	0,18	115	19,23	0,60	0,03
Gesamt		**17,9**	**11,0**	**1,9**	**1,8**	**1,01**	**3,5**	**0,63**	**125**	**71,72**	**0,39**	**0,07**

Tab. 2.5.22: Ressourcen der Aufbereitungsrückstände des Haldenprojektes Hellyer, Stand: Juni 2009 (SNL 2014).

Kategorie	Erz [Mio. t]	Blei [%]	Zink [%]	Kupfer [%]	Silber [g/t]	Gold [g/t]
„Measured"	4,9	3,1	2,8	0,2	105	2,7
„Indicated"	2,5	3,0	2,6	0,2	104	2,6
„Inferred"	2,1	2,9	1,7	0,2	103	2,4
Gesamt	**9,5**	**2,8**	**2,5**	**0,2**	**104**	**2,6**

South Australia

Derzeit befinden sich in South Australia keine Blei-, Zink- oder Silberlagerstätten in Abbau.

Die Lagerstätte **Angas**, ca. 60 km südöstlich von Adelaide, wurde von Terramin Australia Ltd. (Terramin) betrieben. Terramin zog mit der Stilllegung im Dezember 2013 die Konsequenzen aus sinkenden Rohstoffpreisen und ausbleibenden Explorationserfolgen in größeren Teufen der Lagerstätte. Die derzeigen Ressourcen der Lagerstätte sind nahezu erschöpft (Tabelle 2.5.23).

Im Jahr 2013 produzierte Angas etwa 33.000 t Zinkerzkonzentrat sowie 15.000 t Bleierzkonzentrat. Zukünftig plant das Unternehmen die Aufbereitungsanlage Angas zur Aufbereitung von Erzen der Lagerstätte **Bird-in-Hand-Gold** zu nutzen. Diese befindet sich etwa 35 km nördlich von Angas. Terrramin plant Bird-in-Hand-Gold im Jahr 2016 in Betrieb zu nehmen (Terramin Australia Ltd. 2014a).

Etwa 100 km westlich von Port Augusta in den Southern Gawler Ranges befinden sich einige Blei-Zinkvorkommen, unter anderem **Menninnie Dam** und **Flinders**, die derzeit exploriert werden. Allerdings handelt es sich dabei um kleine Vorkommen, von denen kurz- und mittelfristig keine Produktion zu erwarten ist.

Das Unternehmen Terramin, Eigentümer des im Jahr 2013 geschlossenen Bergwerkes Angas, ist mit 25 % am Projekt **Menninnie Dam** beteiligt. Die anderen 75 % gehören dem Unternehmen Musgrave Minerals Ltd. (Musgrave), das auch die Explorationsaktivitäten managt und durchführt.

Menninnie Dam liegt etwa 100 km nordwestlich des Hafens von Wyalla. Das Vorkommen weist unter den südaustralischen Explorationsprojekten die größten Ressourcen an Zink, Blei und Silber auf (Tabelle 2.5.24). Es besteht aus zwei Mineralisationszonen, die etwa 0,5 km voneinander entfernt sind, und deren Ausdehnung entlang des Streichens und Einfallens noch nicht bekannt ist (Terramin Australia Ltd. 2014b).

Darüber hinaus verfügt das Joint Venture von Musgrave und Terramin über weitere Explorationslizenzen in den „Southern Gawler Ranges“, die eine Fläche von nahezu 2.500 km² abdecken. Auf diesen Lizenzen befinden sich zahlreiche Greenfield-Projekte, die es weiterhin zu beobachten gilt.

Das Explorationsprojekt **Flinders** umfasst eine Reihe von hochangereicherten nicht-sulfidischen

Tab. 2.5.23: Ressourcen der Lagerstätte Angas, Stand: Januar 2013 (SNL 2014).

Kategorie		Tonnage [Mio. t]	Zink		Blei		Silber	
			Gehalt [%]	Inhalt [t]	Gehalt [%]	Inhalt [t]	Gehalt [g/t]	Inhalt [oz]
Ressourcen	„Measured & Indicated“	0,13	5,7	7.300	2,3	2.900	21	86.000
	„Inferred“	0,25	2,9	7.200	1,2	3.000	13	104.000
Gesamt		**0,38**	**3,9**	**14.500**	**1,6**	**5.900**	**16**	**190.000**

Tab. 2.5.24: Ressourcen des Vorkommens Menninnie Dam, Stand: Februar 2011 (Terramin Australia Ltd. 2014b).

Zone	Erz [Mio. t]	Zink [%]	Zink [Mio. t]	Blei [%]	Blei [Mio. t]	Silber [g/t]	Silber [Mio. oz]	Blei + Zink [%]
Menninnie Central „Inferred“	5,24	3,5	0,18	2,7	0,14	28	4,73	6,1
Viper „Inferred“	2,46	2,3	0,06	2,4	0,06	24	1,98	4,8
Gesamt	**7,70**	**3,1**	**0,24**	**2,6**	**0,20**	**27**	**6,71**	**5,7**

Tab. 2.5.25: Ressourcen des Explorationsprojekts Flinders, Stand: Dezember 2011 (SNL 2014).

Kategorie	Erz [t]	Zink		Blei	
		Gehalt [%]	Inhalt [t]	Gehalt [%]	Inhalt [t]
„Measured & Indicated“	569.000	35,0	199.000	1,4	8.000
„Inferred“	125.000	28,3	35.000	1,2	1.500
Gesamt	**694.000**	**33,8**	**234.000**	**1,4**	**9.500**

Zinkvorkommen. Diese Vorkommen sind etwa 450 km nördlich von Adelaide gelegen und gehörten bis zum Jahr 2013 Perilya Ltd. (Perilya). Im Dezember 2013 wurde Perilya von dem chinesischen Unternehmen Shenzhen Zhongjin Lingnan Nonfemet Company übernommen (SNL 2015).

Das Projekt Flinders umfasst mindestens sechs Einzelvorkommen, die entlang einer NW-SE-ausgerichteten regionalen Störungszone (Beltana-Aroona Trend) über eine Entfernung von 10 km auftreten. Dazu gehören **Beltana**, **Aristotle**, **Mooloolo**, **Reliance**, **Aroona** sowie **Aroona II** (Groves et al. 2003). Sowohl Aroona als auch Beltana standen in der Vergangenheit bereits in Abbau. Im Jahr 1991 wurden im Tagebau Aroona 26.000 t Erz abgebaut. In den 1990er Jahren war der Abbau zeitweise gestundet. Im Jahr 1997 wurden weitere 60.000 t Erz abgebaut. Im März 2007 begann Perilya in Beltana Erz abzubauen.

Die Vererzung ist hier mit großer Wahrscheinlichkeit auf hydrothermale Verkarstung zurückzuführen (Groves et al. 2003). Nicht-sulfidische Buntmetallvorkommen dieser Art sind aus wirtschaftlicher Sicht insbesondere aufgrund ihrer hohen Erzgehalte interessant. Der Durchschnittsgehalt der Lagerstätte Beltana liegt beispielsweise bei 33,8 % Zink (694.000 t Erz), allerdings sind Tonnage und Metallinhalt vergleichsweise klein. Das Zinkerz wurde über den Hafen von Port Pirie zu Hütten nach Asien verschifft. Der Abbau des Erzes im Tagebau Beltana wurde im Januar 2008 eingestellt. Insgesamt wurden in Beltana 316.400 t Erz mit Durchschnittsgehalten von 32 % Zn abgebaut. Die verbleibenden Ressourcen belaufen sich auf 0,7 Mio. t Erz mit Durchschnittsgehalten von nahezu 34 % Zn (Tabelle 2.5.25).

Victoria

Victoria weist weniger als 1 % der landesweiten Ressourcen an Zink, Blei und Silber auf. Das einzige erwähnenswerte Explorationsprojekt in Victoria ist **Stockman**. Es gehört der Independence Group NL und liegt etwa 300 km ostnordöstlich von Melbourne. Die polymetallische sedimentär-exhalative (SEDEX)-Vererzung befindet sich in einer Sequenz aus silurischen felsischen Vulkaniten, Tonsteinen, vulkanoklastischen Sedimenten und mafischen Vulkaniten. Zu den Erzmineralen gehören Sphalerit und Chalkopyrit (Abbildung 2.5.10).

Bis zum Jahr 2006 wurde Stockman durch das Unternehmen Austminex exploriert. Im Jahr 2007 erwarb Jabiru Metals Ltd. (Jabiru) die Rechte am Projekt. Jabiru wurde im Juni 2011 von der Independence Group NL übernommen. Diese veröffentlichte im Januar 2013 die Ergebnisse einer Feasibility-Studie. Die ausgewiesenen Reserven und Ressourcen wurden seitdem aktualisiert

Abb. 2.5.10: Massivsulfidmineralisation im Bohrkern (Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung von Independence Group NL).

Tab. 2.5.26: Reserven und Ressourcen des Projektes Stockman, Stand: November 2014 (SNL 2015).

Kategorie		Erz [Mio. t]	Zink		Kupfer		Gold		Silber	
			Gehalt [%]	Inhalt [Mio. t]	Gehalt [%]	Inhalt [Mio. t]	Gehalt [g/t]	Inhalt [Mio. oz]	Gehalt [g/t]	Inhalt [Mio. oz]
Reserven („Proved & Probable“)		9,00	4,3	0,39	2,1	0,19	1,2	0,35	40	11,57
Ressourcen	„Measured & Indicated“	3,57	3,9	0,14	2,0	0,07	0,4	0,03	32	3,69
Ressourcen	„Inferred“	1,45	4,5	0,07	2,1	0,03	0,8	0,04	38	1,79
Gesamt		**14,02**	**4,2**	**0,59**	**2,1**	**0,29**	**0,9**	**0,42**	**38**	**17,05**

und belaufen sich auf 14 Mio. t Erz @ 2,1 % Cu, 4,2 % Zn, 38 g/t Ag und 0,9 g/t Au (Tabelle 2.5.26).

Das Projekt Stockman besteht aus den beiden Erzkörpern Wilga und Currawong. Darüber hinaus entdeckte das Unternehmen im Februar 2013 ein weiteres Vorkommen (Eureka). Dieses ist nur etwa 350 m von Currawong entfernt (SNL 2015). Die Independence Group plant, das geschlossene Bergwerk Wilga, welches zwischen 1992 und 1996 betrieben wurde, wiederzueröffnen und Currawong neu zu eröffnen (SNL 2015). Die Erzkörper Wilga und Currawong sollen parallel abgebaut werden. Es ist geplant, jährlich bis zu 140.000 t Cu- und Zn-Inhalt über eine Laufzeit von etwa zehn Jahren zu produzieren. Das Erz soll in einer zentralen Flotationsanlage mit einer Kapazität von 1 Mio. t Erz vor Ort aufbereitet und konzentriert werden. Weiterhin ist geplant, die Konzentrate über den Hafen von Geelong zu Hütten nach Südostasien zu verschiffen. Die Investitionen belaufen sich auf ca. 290,7 Mio. A$ (Independence Group 2014). Verschiedene Lizenzen und Genehmigungen von Commonwealth und Landesregierung stehen noch aus (SNL 2015). Daher ist mit einem Abbau nicht vor dem Jahr 2017 bzw. 2018 zu rechnen.

Verhüttung in Australien

Zinkmetall wird in Townsville (Queensland) durch die Sun Metals Corporation (Sun Metals), ein Tochterunternehmen der Korea Zinc Company Limited, sowie in Hobart (Tasmania) und Port Pirie (South Australia) durch Nyrstar NV hergestellt (Tabelle 2.5.27).

Die Zinkhütte von Nystar NV in Hobart produziert Zink, vor allem „SHG – Special High Grade Zinc“ durch den RLE-(„Roast-, Leach-, Electrolysis-“)Prozess. Die Hütte ist seit über 90 Jahren in Betrieb und einer der größten Zinkproduzenten weltweit. Zu den Nebenprodukten gehören Cadmium, Kupfersulfat, Paragoethit, Bleisulfat sowie Schwefelsäure (Nyrstar NV 2016a).

Die Sun Metals-Hütte in Townsville, die im Jahr 1996 erbaut wurde, bezieht ihre Erzkonzentrate aus Alaska, Australien und Südamerika über den nahegelegenen Hafen von Townsville. Sun Metals produziert ebenfalls „SHG“-Zink. Zu den Nebenprodukten gehören Schwefelsäure, Zink-Ferrit und Kupfer (Sun Metals Corporation 2011).

Blei wird vor allem in der Hütte in Port Pirie (South Australia) hergestellt (Abbildung 2.5.11). Die Hütte ist seit 125 Jahren in Betrieb und befindet sich an der Ostküste des Spencer Gulfs, etwa 200 km nordnordöstlich von Adelaide. Im dazugehörigen Hafen werden die Erzkonzentrate angeliefert sowie Raffinadeprodukte der Hütte verschifft (Abbildung 2.5.12). Hauptabsatzmarkt für die Raffinadeprodukte ist Asien (Nyrstar NV 2016b).

Port Pirie ist weltweit eine der größten primären Bleihütten und darüber hinaus der weltweit drittgrößte Silberproduzent.

Gegenwärtig beträgt die jährliche Kapazität der Hütte rund 245.000 t Blei, 60.000 t Zink, 500 t Silber, 1 t Gold (enthalten im Rohsilber), 4.000 t Kupfer sowie 80.000 t Schwefelsäure. Im Jahr 2013 wurden 179.000 t Blei, 30.000 t Zink (Inhalt in ZnO), 4.100 t Kupfer (Kathoden), 18 Mio. oz Silber

Tab. 2.5.27: Übersicht der Zink-, Blei- und Silberhütten in Australien (ILZSG 2014).

Eigentümer	Primäres Produkt	Lage	Inbetrieb-nahme	Prozess	Raffinade-Kapazität [t]	Produktion im Jahr 2013
Nyrstar NV	Zn	Hobart, Tasmania	1916	Elektrolyse	280.000 t Zn	272.000 t Zn
Nyrstar NV	Pb (Zn, Cu, Au, Ag)	Port Pirie, South Australia	1967	Elektrolyse	45.000 t Zn 235.000 t Pb	30.000 t Zn 179.000 t Pb 4.100 t Cu-Kathoden 17,9 Mio. oz Ag 65.8000 oz Au
Sun Metals Corp. Pty Ltd	Zn	Townsville, Queensland	1999	Elektrolyse	225.000 t Zn	keine Angabe
Valmont Asia Pacific #		Macquarie Park, New South Wales	1982	Induktions-schmelzen	3.000 t Zn	keine Angabe
Glencore Plc (Mt Isa Mines)	Pb	Mt Isa, Queensland	1932		175.000 t Pb	keine Angabe

 # es liegen keine aktuellen Informationen zu der Hütte vor

und 65.800 oz Gold (Inhalt im Rohsilber) gewonnen. Daneben werden Tellur-, Cadmium- und Thallium-Verbindungen produziert. Bei der Bleiraffination fallen zudem jährlich rund 300 t „Bismutkruste“ an (vgl. Kapitel 2.4, freundliche schriftliche Mitteilung, Nyrstar NV).

In Mt. Isa werden Blei-Silber-Barren hergestellt, die in Großbritannien in der Northfleet-Raffinerie raffiniert werden (Mining Technology 2015b).

Abb. 2.5.11: Blei- und Zinkhütte in Port Pirie (Foto: BGR).

Abb. 2.5.12: Verschiffung von Bleibarren am Hafen von Port Pirie (Foto: BGR).

Anforderungen und Bewertung

Basierend auf den Produktionszahlen für das Jahr 2013 befinden sich mit Century (MMG Ltd.), Mt. Isa Mines (incl. George Fisher und Lady Loretta, beide Glencore plc) sowie McArthur River (Glencore plc) drei australische Bergwerke unter den zehn weltweit führenden Zinkproduzenten. Die oben genannten drei Bergwerke produzierten im Jahr 2013 zusammen nahezu 1,1 Mio. t Zink und stellten damit etwa 8 % der globalen Zinkproduktion.

Unter den zehn wichtigsten produzierenden Bleibergwerken sind sechs australische Projekte zu finden. Dazu gehören Cannington (South 32 Ltd.), Mt. Isa Mines (Glencore plc), Broken Hill (Zhongjin Lingnan Mining HK), Century (MMG Ltd.), McArthur River (Glencore plc) and Paroo Station (Ivernia Inc.). Diese Bergwerke produzierten im Jahr 2013 nahezu 0,6 Mio. t Blei und stellten somit etwa 10 % der globalen Bleiproduktion.

Darüber hinaus ist das Bergwerk Cannington weltweit der größte Silberproduzent mit einem Anteil von 3,4 % an der globalen Silberproduktion im Jahr 2013.

Bis auf das Bergwerk Century, welches den Betrieb aufgrund der ausgeerzten Lagerstätte eingestellt hat, haben die oben genannten Projekte verbleibende Laufzeiten von sechs (Broken Hill) bis 23 Jahren (McArthur River). Daher ist davon auszugehen, dass Australien mittelfristig weiterhin ein bedeutender Produzent von Zink, Blei und Silber sein wird.

Auch langfristig wird Australien ein wichtiger Rohstofflieferant für Zink-, Blei- und Silber bleiben. Darauf deuten die nach wie vor signifikanten Explorationsausgaben für Zink hin. Global beliefen sich diese im Jahr 2014 auf mehr als 560 Mio. US$, von denen mehr als 10 % in Australien investiert wurden (SNL 2015). Damit zählt Australien neben China, Kanada und Mexiko zu den wichtigsten Explorationsgebieten für Zink und auch Blei.

In Tabelle 2.5.30 sind die hier beschriebenen australischen Zink-, Blei- und Silberlagerstätten mit ausgewiesenen Reserven und Ressourcen zusammengefasst. Nach dem Klassifizierungssystem von Petrow et al. (2008) (Tabelle 2.5.28) kann die Lagerstätte Mt. Isa hinsichtlich des Zn-, Pb- und Ag-Inhalts als sehr groß eingestuft werden. Die Lagerstätte Cannington wird hinsichtlich des Pb- und Ag-Inhalts als sehr groß und bezogen auf den Zn-Inhalt als groß eingestuft (vgl. Tabelle 2.5.30).

Tab. 2.5.28: Größeneinteilung der Lagerstätten basierend auf Metallinhalt, nach PETROW et al. (2008).

Rohstoff	Einheit	Lagerstätte			
		klein	mittelgroß	groß	sehr groß
Zink	Mio. t	< 0,5	< 1	< 5	> 5
Blei	Mio. t	< 0,1	< 1	< 2	> 2
Silber	t	< 500	< 2.000	> 2.000	> 10.000

Das Projekt Dugald River in Queensland ist weltweit eine der größten nicht in Abbau stehenden Zink-(Blei-)Lagerstätten und derzeit das einzige Zink-(Blei-)Projekt in Australien, das eine abgeschlossene positive Feasibility-Studie vorzuweisen hat. Der Metallinhalt der Lagerstätte ist nach dem Klassifizierungssystem von PETROW et al. (2008) überdurchschnittlich hoch (vgl. Tabelle 2.5.30). Die Gehalte der Lagerstätte rangieren demnach ebenfalls über dem Durchschnitt (vgl. Tabelle 2.5.29). Allerdings sind die angegebenen Kapitalausgaben mit 1,5 Mrd. A$ sehr hoch. Mit einem Produktionsbeginn ist nach aktuellem Stand ab dem Jahr 2018 zu rechnen.

In Western Australia liegen drei weit fortgeschrittene Explorationsprojekte, namentlich Admiral Bay, Abra und Sorby Hills. Im Gegensatz zu Dugald River können diese Projekte allerdings noch keine abgeschlossenen Feasibility-Studien vorweisen.

Admiral Bay ist ein großes Vorkommen mit durchschnittlichen Metallgehalten (vgl. Tabelle 2.5.30). Das Unternehmen PLD Corp Ltd. wird im Zeitraum 2014 bis 2017 insgesamt 5 Mio. A$ in das Vorhaben investieren. Die Nähe zu Hauptverkehrsstraßen, Gas-Pipeline und den Häfen von Broome, Derby und Port Hedland ist positiv zu bewerten.

Tab. 2.5.29: Typische Gehalte von Rohstoffen in Lagerstätten, nach Mineral (ohne Jahresangabe).

Rohstoff	Einheit	Gehalt		
		Min.	Max.	Durchschnitt
Zink	%	1,8	12,8*	2 – 4
Blei	%	0,7	10,5	1,5 – 3
Silber	g/t	30	400	50 – 100

** ausschließlich nicht-sulfidische Vererzung*

Aufgrund der großen Teufe von bis zu 1.500 m kann das Vorkommen nur unter Tage und mit einem hohen Kapitalaufwand abgebaut werden. Da die bezifferten Ressourcen derzeit ausschließlich der Kategorie „Inferred“ zugeordnet werden, sind für weiterführende Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen zusätzliche Bohrungen notwendig.

Bei Abra handelt es sich mit einem Pb-Inhalt von mehr als 3,7 Mio. t um die größte nicht in Abbau stehende Bleilagerstätte Australiens. Kurz- und mittelfristig ist von dieser Lagerstätte allerdings keine Produktion zu erwarten.

Bei Sorby Hills handelt es sich mit nahezu 900 t Silber und 0,8 Mio. t Pb-Inhalt um ein mittelgroßes (vgl. Tabelle 2.5.30) Silber- und Bleivorkommen. Während die Ag-Gehalte der Lagerstätte mit durchschnittlich 53 g/t relativ niedrig sind, sind die Pb-Gehalte von etwa 5 % überdurchschnittlich hoch (vgl. Tabelle 2.5.29).

In New South Wales gehören Woodlawn, Bowdens und Kempfield zu den erwähnenswerten Projekten. Neben Dugald River in Queensland ist Woodlawn eines der am weitesten entwickelten Projekte. Woodlawn ist ein mittelgroßes Projekt (vgl. Tabelle 2.5.30), welches etwa 0,7 Mio. Zink, 0,3 Mio. t Blei sowie 700 t Silber beinhaltet. Eine Feasibility-Studie soll im Jahr 2016 vorliegen. Daher ist mit einem Produktionsstart nicht vor dem Jahr 2018 zu rechnen.

Bowdens und Kempfield sind primäre Silberlagerstätten. Bowdens ist mit mehr als 4.000 t Ag-Inhalt eine große, Kempfield mit etwa 1.000 t Ag-Inhalt eine mittelgroße Lagerstätte (vgl. Tabelle 2.5.30). Allerdings sind die Ag-Gehalte mit durchschnittlichen 47 g/t relativ niedrig (vgl. Tabelle 2.5.29). Beide Vorkommen beinhalten auch signifikante Mengen an Zink und Blei. Reserven sind bisher jedoch für keines der Projekte definiert. Auch fehlt

es an Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen. Daher ist mittelfristig nicht mit einem Produktionsbeginn zu rechnen.

Mit derzeit 1,78 Mio. t Zn-Inhalt und 0,41 Mio. t Pb-Inhalt zählt das Projekt Reward zu den großen Zinkvorkommen im Northern Territory. Die Zn-Gehalte der Lagerstätte sind durchschnittlich, die Pb-Gehalte hingegen gering (vgl. Tabelle 2.5.30). Mittelfristig ist von Reward keine Produktion zu erwarten, da sich Explorationsaktivitäten derzeit noch auf die Definition von Ressourcen und Reserven konzentrieren.

Über die obengenannten Projekte hinaus gibt es landesweit eine Vielzahl von Explorationsprojekten, die es über die nächsten Jahre zu beobachten gilt. Zu den höffigsten geologischen Provinzen für Blei-, Zink- und Silbermineralisationen gehören der Lachlan-Faltengürtel in New South Wales, an den vor allem vulkanische Sulfidmineralisationen gebunden sind, sowie die Becken Canning und Bonaparte in Western Australia, in denen vor allem MVT- und SEDEX-Mineralisationen anzutreffen sind. Weiteres Explorationspotenzial besteht darüber hinaus nach wie vor um die traditionsreiche Bergbauregion Mt. Isa.

Tab. 2.5.30: Übersicht australischer Blei-, Zink- und Silberlagerstätten.

Projekt	Primärer Rohstoff	Status	Bundesstaat	Erz [Mio. t]	Gehalt [%]		Gehalt [g/t]	Silber [Mio. oz]	Metall [t]	
					Blei	Zink	Silber		Zink	Blei
Bergwerk										
Mt. Isa	Cu	Aktiv	QLD	1.056,4	2,0	3,5	39	1.333,2	36,72	21,36
Cannington	Ag	Aktiv	QLD	76,0	5,0	3,2	170	416,4	2,43	3,83
Broken Hill	Zn	Aktiv	NSW	23,2	6,2	7,7	79	59,1	1,78	1,45
Rosebery	Zn	Aktiv	TAS	17,9	3,5	11,0	125	71,7	1,97	0,63
Lady Loretta	Zn	Aktiv	QLD	12,0	5,2	15,3	85	33,0	1,84	0,62
Rasp	Pb	Aktiv	NSW	16,5	5,1	6,6	89	47,3	1,09	0,84
Paroo Station	Pb	Inaktiv	WA	40,2	4,3					1,74
Century	Zn	Aktiv	QLD	12,7	4,0	8,6	59	24,2	1,09	0,51
Golden Grove	Cu	Aktiv	WA	31,7	0,4	4,1	38	38,3	1,30	0,12
Mt Garnet	Zn	Inaktiv	QLD	4,9	1,4	5,2	28	4,5	0,26	0,07
Texas	Ag	Inaktiv	QLD	13,1	0,1	0,2	54	22,7	0,03	0,01
Angas	Zn	Inaktiv	SA	0,4	1,6	3,8	16	0,2	0,01	0,01
Mungana	Zn	Inaktiv	QLD	47,8				20,1		
Manuka	Ag	Aktiv	NSW	1,7			74	4,1		
Endeavor	Ag	Aktiv	NSW	14,5			79	37,0		
Jaguar	Zn	Aktiv	WA	7,3		7,3	113	26,3	0,53	
„Feasibility“										
Dugald River	Zn	Aktiv	QLD	59,6	1,9	12,4	33	63,9	7,40	1,16
Sorby Hills	Ag	Aktiv	WA	16,5	4,7	0,7	53	28,0	0,11	0,78
Sulphur Springs	Cu	Aktiv	WA	20,0	0,2	4,2	18	11,5	0,84	0,03
Kapok	Zn	Aktiv	WA	7,5	5,9	4,1	10	2,3	0,31	0,44
Lennard Shelf	Zn	Aktiv	WA	8,6	3,4	4,9	26	7,1	0,42	0,29
Bowdens	Ag	Aktiv	NSW	88,0	0,3	0,4	47	134,1	0,34	0,26
Stockman	Cu	Aktiv	VIC	14,0		4,2	38	17,1	0,59	
Hellyer Tailings	Zn	Aktiv	TAS	9,5	3,0	2,5	104	31,8	0,24	0,29
Einasleigh	Cu	Aktiv	QLD	21,6	0,5	1,2	17	11,5	0,25	0,10
Kempfield	Ag	Aktiv	NSW	21,8	0,4	0,9	47	33,4	0,20	0,10

Projekt	Primärer Rohstoff	Status	Bundesstaat	Erz [Mio. t]	Gehalt [%]		Gehalt [g/t]	Silber [Mio. oz]	Metall [t]	
					Blei	Zink	Silber		Zink	Blei
Whim Creek	Cu	Aktiv	WA	6,8	0,5	1,3	23	5,0	0,09	0,03
Nimbus	Ag	Aktiv	WA	12,1		0,9	52	20,3	0,10	
Boorara	Ag	Aktiv	WA	10,8						
„Reserve Development“										
Admiral Bay	Zn	Inaktiv	WA	96,7	2,9	2,4	15	46,6	2,32	2,80
Abra	Pb	Aktiv	WA	107,0	3,5	0,1	9	31,8	0,09	3,74
Reward	Zn	Aktiv	NT	43,6	1,0	4,1			1,78	0,41
Pegmont	Pb	Aktiv	QLD	8,2	6,0	2,5	9	2,4	0,20	0,49
South Mine	Pb	Aktiv	NSW	9,2	2,8	4,1	32	9,5	0,38	0,26
Rover	Au	Aktiv	NT	18,9	1,3	2,0	8	4,7	0,39	0,24
Browns Reef	Zn	Aktiv	NSW	20,0	1,1	2,0	9	5,8	0,40	0,22
Manbarrum	Zn	Aktiv	NT	32,4	0,3	1,5	9	9,5	0,48	0,10
Thalanga	Cu	Aktiv	QLD	3,9	2,1	7,7	51	6,4	0,30	0,08
King Vol	Zn	Aktiv	QLD	3,0	0,6	11,9	30	2,9	0,36	0,02
Red Cap	Zn	Aktiv	QLD	7,3	0,1	4,9	21	4,8	0,36	0,01
Kamarga	Zn	Aktiv	QLD	10,4	0,2	2,7	1	0,3	0,28	0,02
Zeehan	Zn	Aktiv	TAS	5,8	3,5	1,3	47	8,9	0,08	0,21
Menninnie Dam	Zn	Aktiv	SA	3,8	3,2	4,0	34	4,2	0,15	0,12
Altia	Ag	Aktiv	QLD	5,8	4,0	0,5	40	7,5	0,03	0,23
Lewis Ponds	Au	Aktiv	NSW	6,6	1,4	2,4	69	14,7	0,16	0,09
Fossil Downs	Zn	Aktiv	WA	2,2	2,1	9,5	50	3,5	0,20	0,05
Flinders	Zn	Inaktiv	SA	0,7	1,4	33,8			0,23	0,01
Kangaroo Caves	Cu	Aktiv	WA	6,3		3,3	12	2,4	0,21	
Prairie Downs	Zn	Aktiv	WA	3,0	1,6	4,9	15	1,4	0,15	0,05
Mount Windsor – Base Metals	Zn	Aktiv	QLD	1,8	2,4	7,5	28	1,7	0,14	0,04
Hellyer	Zn	Aktiv	TAS	1,2	4,9	8,6	96	3,6	0,10	0,06
Hayes Creek	Au	Aktiv	NT	2,6	0,9	4,8	129	10,8	0,12	0,02
Belara	Zn	Aktiv	NSW	2,5	1,1	3,8	40	3,2	0,10	0,03
Lennons Find	Zn	Aktiv	WA	1,8	1,5	5,2	82	4,9	0,09	0,03
Turner River Base Metals	Zn	Aktiv	WA	2,9	1,0	2,4	82	7,7	0,07	0,03
Kroombit	Zn	Inaktiv	QLD	6,0		1,6			0,10	
Wagon Pass	Zn	Aktiv	WA	0,6	8,0	8,5	75	1,4	0,05	0,05
Salt Creek	Zn	Aktiv	WA	1,0	2,1	7,1	52	1,7	0,07	0,02
Sunny Corner	Pb	Aktiv	NSW	1,5	2,1	3,7	24	1,2	0,06	0,03
Manindi	Zn	Aktiv	WA	1,4		6,0			0,08	
Barrow Creek	Cu	Aktiv	NT	2,5	1,2	2,0	36	2,8	0,05	0,03
Professor	Zn	Aktiv	TAS	1,1		6,6			0,07	
Wagga Tank	Zn	Aktiv	NSW	1,3	1,8	3,3	69	2,8	0,04	0,02
Southern Mt. Read Volcanics	Zn	Aktiv	TAS	0,6	3,4	7,3	94	1,7	0,04	0,02

Projekt	Primärer Rohstoff	Status	Bundesstaat	Erz [Mio. t]	Gehalt [%]		Gehalt [g/t]	Silber [Mio. oz]	Metall [t]	
					Blei	Zink	Silber		Zink	Blei
Conrad	Ag	Inaktiv	NSW	3,1	1,3	0,6	95	9,6	0,02	0,04
Rookwood	Cu	Aktiv	QLD	2,6		2,0	10	0,8	0,05	
Que River	Zn	Aktiv	TAS	0,7	2,5	4,9	79	1,7	0,03	0,02
Whundo	Cu	Aktiv	WA	2,9		1,6			0,04	
Peelwood	Zn	Aktiv	NSW	0,9	0,8	3,9	15	0,4	0,04	0,01
Webbs	Ag	Aktiv	NSW	1,5	0,7	1,6	245	11,8	0,02	0,01
North Farrell	Pb	Aktiv	TAS	0,2	11,2	3,9	331	1,9	0,01	0,02
Liberty-Indee	Cu	Aktiv	WA	0,7	0,3	3,7	36	0,8	0,02	0,00
Mary Springs	Pb	Aktiv	WA	0,4	6,4					0,03
Halls Creek	Cu	Aktiv	WA	1,8		1,4	12	0,7	0,02	
Quinns	Cu	Aktiv	WA	1,5		1,4	4	0,2	0,02	
Nightflower	Ag	Aktiv	QLD	0,2	4,9	2,2	194	1,3	0,00	0,01
Commonwealth	Au	Aktiv	NSW	0,7	0,6	1,5	48	1,1	0,01	< 0,01
Stonehenge	Zn	Aktiv	TAS	0,3	1,5	2,8	31	0,3	0,01	< 0,01
Mt. Mulcahy	Cu	Aktiv	WA	0,6		1,8	20	0,4	0,01	
Glentanna	Zn	Aktiv	QLD	0,2		5,0			0,01	
Narndee	Zn	Aktiv	WA	19,0						
Gundaroo	Ag	Aktiv	NSW	1,8			47	2,7		
Elizabeth Hill	Ag	Aktiv	WA	0,1			117	0,3		
Peterlumbo	Ag	Aktiv	SA	5,9	0,6		110	20,9		0,04
„Pre-Feasibility/Scoping“										
Woodlawn	Zn	Aktiv	NSW	18,2	1,8	3,9	41	23,7	0,70	0,32
Koongie Park	Zn	Aktiv	WA	8,1		3,6	23	5,9	0,29	

Literatur

Abra Mining (2015): Abra Mining Limited Western Australia – Mulgul Project. – URL: http://www.abramining.com.au/project/?project=22 [Stand 13.10.2015].

Argent Minerals (2015a): December 2014 quarterly activities and cashflow report. – ASX media release. – URL: http://www.asx.com.au/asxpdf/20150130/pdf/42w8gfqs1s7czw.pdf [Stand 05.02.2015].

Argent Minerals (2015b): Kempfield exploration project. – URL: http://www.argentminerals.com.au/lead-zinc-copper-gold-exploration-projects/kempfield/ [Stand 05.02.2015].

BHP (2014): BHP Billiton Annual Report 2014. 348 S., Melbourne, VIC. – URL: http://www.bhpbilliton.com/~/media/bhp/documents/investors/annual-reports/bhpbillitonannualreport2014.pdf [Stand 04.05.2015].

Chapman, L. H. (2004): Geology and Mineralization Styles of the George Fisher Zn-Pb-Ag-Lagerstätte, Mount Isa, Australia. – Economic Geology, **99 (2)**: 233–255; Littleton, CO.

Glen, R. A., Walshe, J. L., Bouffler, M., Ho, T. & Dean, J. A. (1995): Syn- and post-tectonic mineralization in the Woodlawn deposit, New South Wales, Australia. – Economic Geology, 90: 1857–1864; Littleton, CO.

Glencore (2014): Annual Report 2014. 208 S., Baar, Switzerland. – URL: http://www.glencore.com/assets/investors/doc/reports_and_results/2014/GLEN-2014-Annual-Report.pdf [Stand 04.05.2015].

Groves, I. M., Carman, C. E. & Dunlap, W. J. (2003): Geology of the Beltana Willemite Deposit, Finders Range, South Australia. – Economic Geology, **98**: 797–818; Littleton, CO.

Heron Resources Limited (2015): Kate Iens delivers highest grade intercept – 26 % Zn + Pb + 2 % Cu over 12,3 m. – ASX/TSX Release, 8 December 2014. – URL: http://www.heronresources.com.au/announcements.php?year=2014
[Stand 04.05.2015].

Independence Group (2014): Independence delivers positive optimisation study for Stockman copper-zinc project. – ASX Release, 28 November 2014. – URL: http://www.asx.com.au/asxpdf/20141128/pdf/42v30cyq0zt26d.pdf
[Stand 04.05.2015].

Independence Group (2015): Jaguar Operation. – URL: http://www.igo.com.au/irm/content/jaguar-operation.aspx?RID=301
[Stand 04.05.2015].

Ivernia Inc. (2013): Mining – Paroo Station Mine. – URL: http://www.ivernia.com/mining/paroo/default.aspx
[Stand 28.10. 2014].

Ivernia Inc. (2014): Ivernia reports second quarter 2014 financial results. – URL: http://www.ivernia.com/files/doc_financials/2014/Quarterly/IVW-Q2-Quarterly-Report_v001_h1h690.pdf
[Stand 28.10.2014].

Ivernia Inc. (2015): Ivernia announces move to care & maintenance amid difficult market conditions. – URL: http://www.ivernia.com/news/News-Releases/news-details/2015
[Stand 03.02.2015].

ILZSG – The International Lead and Zinc Study Group (2014): World directory: Primary and Secondary Zinc Plants 2014. 58 S., Lisbon, Portugal.

KBL Mining (2014): Company Presentation May 2014. – URL: http://www.kblmining.com.au/files/8114/0142/4272/ASX_Announcement_Updated_Company_Presentation_-_30.05.14.pdf
[Stand 03.11.2014].

Kingsgate Consolidated Ltd (2015): Bowdens Overview. – URL: http://www.kingsgate.com.au/bowdens-overview/
[Stand 13.10.2015].

Large, R., Allen, R. L., Blake, M. D. & Herrmann, W. (2001): Hydrothermal alteration and volatile element halos for the Rosebery K lens volcanic-hosted massive sulfide deposit, Western Tasmania. – Economic Geology, **96**: 1055–1072; Littleton, CO.

McCracken, S.R., Etminan, H., Connor, A.G. & Williams, V. A. (1996): Geology of the Admiral Bay carbonate-hosted zinc-lead deposit, Canning Basin, Western Australia. – Society of Economic Geologists, Special Publications, **4**: 330–349; Littleton, CO.

Mineral (ohne Jahresangabe): Durchschnittliche Gehalte von Rohstoffen bei einigen Ländern. – URL: http://www.mineral.ru/ (in Russisch)
[Stand 04.05.2015].

Mining Technology (2015a): Golden Grove. – URL: http://www.mining-technology.com/projects/golden-grove/
[Stand 04.05.2015].

Mining Technology (2015b): Mount Isa Lead, Zinc and Silver Mine, Australia. – URL: http://www.mining-technology.com/projects/mount_isla_lead/ [Stand 04.05.2015].

MMG (2015a): Dugald River. – URL: http://www.mmg.com/en/Our-Operations/Development-projects/Dugald-River.aspx
[Stand 06.10.2015].

MMG (2015b): Golden Grove. – URL: http://www.mmg.com/en/Our-Operations/Mining-operations/Golden-Grove.aspx
[Stand 04.05.2015].

MMG (2015c): Rosebery overview. – URL: http://www.mmg.com/en/Our-Operations/Mining-operations/Rosebery.aspx
[Stand 04.05.2015].

Nyrstar NV (2016a): Resources for a changing world – Hobart. 2 S., Hobart, Tasmania. – URL:http://www.nyrstar.com/operations/Documents/Fact%20Sheet%20HOBART%20EN.pdf
[Stand 15.06.2016].

NYRSTAR NV (2016b): Resources for a changing world – Port Pirie. 2 S., Port Pirie, South Australia. – URL: http://www.nyrstar.com/operations/Documents/Fact%20Sheet%20PORT%20PIRIE%20EN.pdf [Stand 15.06.2016].

PETROW, O. W., MICHAILOW, B. K., KIMELMANN, S. A., LEDOWSKICH, A. A., BAWLOW, N. N., NEZHENSKII, I. A., WOROBEW, J. J., SCHATOW, W. W., KOPINA, J. S., NIKOLAEVA, L. L., BESPALOW, E. W., BOIKO, M. S., WOLKOW, A. W., SERGEEW, A. S., PARSCHIKOWA, N. W. & MIRCHALEWSKAJA, N. W. (2008): Mineral Resources of Russia (in Russisch). – Ministry of Natural Resources of the Russian Federation (VSEGEI), 302 S.

PIRANJO, F., BURLOW, R. & HUSTON, D. (2010): The Magellan Pb deposit, Western Australia, a new category within the class of supergene non-sulphide mineral systems. – Ore Geology Reviews, 37: 101–113; Amsterdam.

POHL, W. (1992): W. & W. E. Petrascheck's Lagerstättenlehre. 504 S., 264 Abb.; Stuttgart.

ROX RESOURCES LTD. (2014): Teena Zinc Drilling Results – ASX Announcement, 27 October 2014. – URL: http://www.roxresources.com.au/wp-content/uploads/2014/10/20141027-TEENA-ZINC-DRILLING-RESULTS.pdf [Stand 04.05.2015].

SNL (2014): SNL Financial Data. – Kostenpflichtige Datenbank. [Stand 31.12.2014].

SNL (2015): SNL Financial Data. – Kostenpflichtige Datenbank. [Stand 02.06.2015].

SUN METALS CORPORATION (2011): Sun Metals Corporation – Our company. URL: http://www.sunmetals.com.au//aboutus/company.aspx [Stand 06.05.2015].

TERRAMIN AUSTRALIA (2014a): Bird-in-Hand Gold Project. URL: http://www.terramin.com.au/project/bird-hand-gold-project/ [Stand 11.11.2014].

TERRAMIN AUSTRALIA (2014b): Menninnie Project. URL: http://www.terramin.com.au/project/menninnie-project/menninnie-sub-project/ [Stand 11.11.2014].

VEOLIA (2015): Woodlawn Eco-precint - Veolia Australia and Newzealand. – URL: http://www.veolia.com.au/sustainable-solutions/community-development/woodlawn-bioreactor [Stand 13.10.2015].

WALTERS, S. & BAILEY, A. (1998): Geology and mineralization of the Cannington Ag-Pb-Zn Deposit: An example of Broken Hill-Type Mineralization in the Eastern Succession, Mount Isa Inlier, Australia. – Economic Geology, **93**: 1307–1329; Littleton, CO.

WILLIAMS, P. J. (1998): An introduction to the metallogeny of the McArthur River-Mount Isa-Cloncurry Minerals Province. – Economic Geology, **93**: 1120–1131; Littleton, CO.

XU, G. (1998): A fluid inclusion study of syntectonic Zn-Pb-Ag mineralization at Dugald River, Northwest Queensland, Australia. – Economic Geology, **93**: 1165–117; Littleton, CO.

2.6 Bor und Borate

(Harald Elsner)

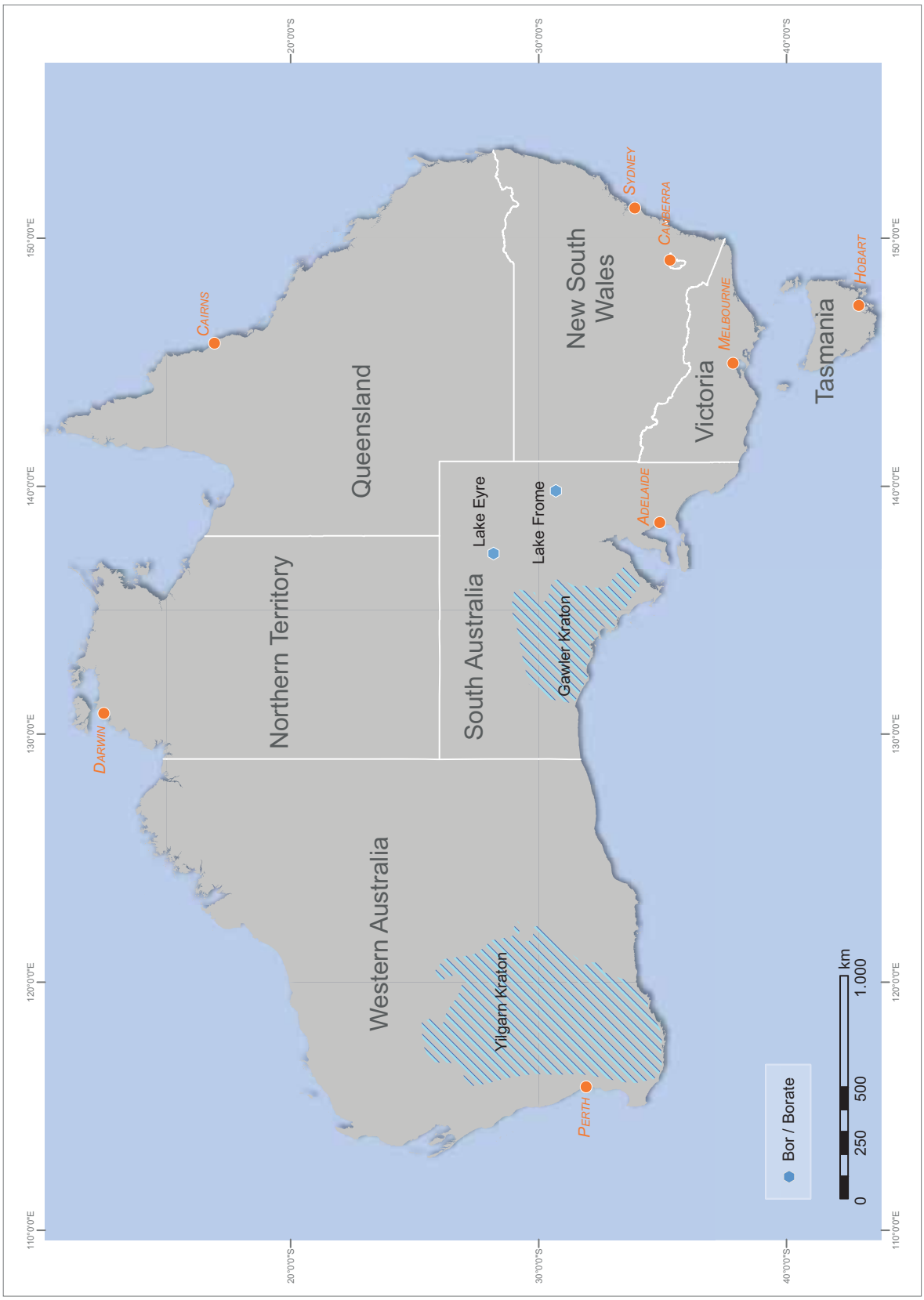


Abb. 2.6.1: Ausgewählte Borlagerstätten in Australien.

Überblick und Verwendung

Bor, chemisch B, kommt in der Natur als gediegenes Element nicht vor, sondern tritt nur in Form von Natrium-, Calcium- und/oder Magnesium-Salzen, d. h. in Evaporiten, auf. Trotz der hohen Zahl an bekannten Bor-Mineralen sind aus wirtschaftlicher Sicht nur wenige verwertbar. Davon decken die vier Minerale Borax ($Na_2B_4O_7$ x $10H_2O$), Kernit ($Na_2B_4O_7$ x $4H_2O$), Colemanit ($Ca_2B_6O_{11}$ x $5H_2O$) und Ulexit ($NaCaB_5O_9$ x $8H_2O$) fast 90 % der industriellen Nutzung ab (Lorenz & Gwosdz 2003).

Die Hauptmasse der Bor-Minerale und Bor-Verbindungen finden in der Glasindustrie, speziell in der Spezialglasindustrie (inklusive der Produktion von Fiberglas und Glaswolle) Verwendung. Weitere wichtige Anwendungsbereiche sind die Herstellung von Wasch- und Reinigungsmitteln sowie die Emaille- und Glasurenherstellung. Ferner werden Bor-Minerale bzw. Bor-Verbindungen als Flammschutzmittel in der Dämmstoffindustrie eingesetzt.

Wichtige Vorkommen in Australien

In Australien sind keine wirtschaftlich abbauwürdigen Vorkommen an Boraten bekannt. Es gibt jedoch zahlreiche Salzseen in New South Wales, die aber bisher noch nicht auf ihren Bor-Gehalt hin untersucht wurden. Ähnliches gilt für die Salzseen im nordöstlichen Yilgarn Kraton von Western Australia und für die Central Gawler und Lake Frome (Lake Eyre Regionen von South Australia), von denen aber zumindest bekannt ist, dass sie in geringen Mengen Bor führen (Mernagh 2013).

Aus dem Zentrum Australiens sind Analysen von hypersalinen Grundwässern bekannt, die bis zu 2.000 ppm (0,2 %) Bor führen (Whitehouse et al. 2007). Abbildung 2.6.1 gibt einen Überblick über ausgewählte australische Borlagerstätten.

Anforderungen und Bewertung

Für die technische Gewinnung von Borax sind natürlich vorkommende Na-Borate (Borax, Kernit) am günstigsten, da sie wasserlöslich sind und nur geringe Mengen an Verunreinigungen enthalten. Die Calcium- und Magnesium-Borate (Colemanit, Ulexit) sowie die Bor-Silikate erfordern dagegen eine Umsetzung mit Alkali und ergeben eine erhebliche Menge Schlamm. Stets ist die leichte Umwandlung des Rohmaterials in Borax gewünscht, deshalb werden hohe B_2O_3-Gehalte im Erz/in der Sole gefordert. Handelsübliche Bor-Mineralkonzentrate besitzen durchschnittlich 40 M.-% B_2O_3. Magnesiumbeimengungen stören bei der Umwandlung in Borax. Abgesehen davon sind die physikalisch-technischen Charakteristika gehandelter Borax-Produkte außerordentlich vielfältig. Sie richten sich wegen der Marktführerschaft der amerikanischen und türkischen Produkte jedoch weitgehend nach deren natürlichen Spezifikationen (Lorenz & Gwosdz 2003).

In Australien existieren, soweit bekannt, keine abbauwürdigen Vorkommen von Bor-Mineralen. Auch das mögliche geologische Potenzial ist aufgrund fehlender geothermaler Quellen eher gering.

Literatur

Lorenz, W. (1991): Criteria for the Assessment of Non-Metallic Mineral Deposits. – Geol. Jb., **A 127**: 299–326, 2 Abb., 11 Tab., 1 Taf.; Hannover.

Lorenz, W. & Gwosdz, W. (2003): Bor-Minerale. – In: Bewertungskriterien für Industrieminerale, Steine und Erden. Teil 7: Feldspäte und andere Flussmittel. – Geol. Jb, **H 10**: 109–125, 15 Tab.; Hannover.

Mernagh, T. P. (2013): A review of Australian salt lakes and assessment of their potential for strategic resources. – Geoscience Australia, Record 2013/39: 243 S., zahlr. Abb. und Tab.; Canberra. – URL: http://www.ga.gov.au/corporate_data/76454/Rec2013_039.pdf [Stand 29.01.2016].

Whitehouse, J., Brownlow, J. W., Burton, G. R., Ferguson, A. C., Glen, R. A., Lishmund, S. R., MacRae, G. P., Malloch, K. R., Oakes, G. M., Paterson, I. B. L., Pienmunne, J. T., Ray, H. N. & Watkins, J. J. (2007): Boron and Borates. – In: Facer, R. A. (Ed.): Industrial Mineral Opportunities in New South Wales.– Geological Survey of New South Wales, Bulletin, **33**: 29–30; Maitland, N.S.W. (NSW Department of Primary Industries). URL: http://www.resourcesandenergy.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0004/237802/Boron.pdf [Stand 29.01.2016].

2.7 Farbedelsteine und Opale

(Harald Elsner, Siyamend Al Barazi)

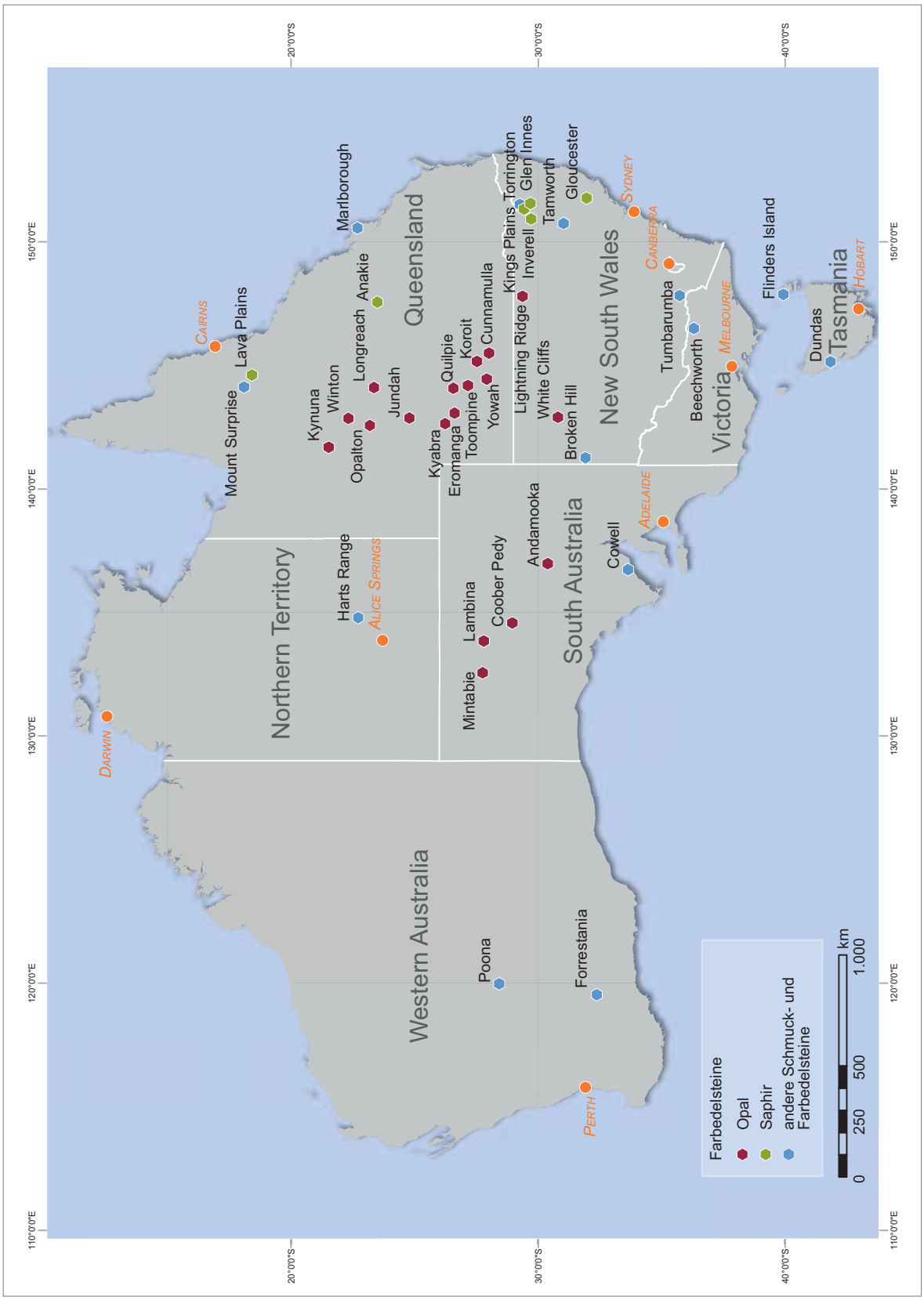


Abb. 2.7.1: Ausgewählte Edelsteinlagerstätten in Australien.

Überblick und Verwendung

Unter Farbedelsteinen sollen hier alle farbigen, transparenten und schleifwürdigen, d. h. meist hochpreisigeren, Edelsteine mit Ausnahme von Diamant verstanden werden. Opake, meist nur als dekorative Schmucksteine verwendete Mineralien, werden dagegen nur erwähnt, wenn sie in Australien in bedeutenden Vorkommen auftreten. Korallen, versteinertes Holz bzw. versteinerte Farne sowie Bernstein und Perlen werden nicht betrachtet.

Rund 95 % der weltweiten Opalförderung stammt aus Australien. Dort wird in erster Linie zwischen Schwarzopal („black opal"), Dunklem Opal („dark opal"), Hellem Opal („light opal"), Boulder Opal und behandelter Opalmatrix unterschieden. Die einzelnen Gruppen lassen sich in weitere Unterkategorien einteilen. Schütz & Szykora (1996) geben hierüber einen Überblick. Weiter wird zwischen sogenannten Dubletten und Tripletten unterschieden. Bei den Dubletten handelt es sich um einen Stein, der aus zwei Teilen zusammengesetzt ist. In der Regel aus einem flach geschliffenen Edelopal verklebt mit sogenanntem schwarzen „Potch" (Opal ohne Farbspiel), dem Trägermaterial. Tripletten zeichnen sich zusätzlich durch eine Schutzkappe aus Quarz, Glas oder transparentem Kunststoff aus.

Die Opalentstehung ist im Detail noch nicht abschließend geklärt. Rey (2013) beleuchtet umfassend die Opalentstehung im artesischen Becken und fasst die notwendigen Bedingungen für die sedimentäre Opalentstehung zusammen. Die in Abbau stehenden Vorkommen in New South Wales, Queensland und South Australia sind zum Großteil an feinkörnige, tonreiche Mergelschichten bis grobkörnige Konglomeratbänke gebunden, die vor 135 bis 70 Mio. Jahren in großen inländischen artesischen Becken abgelagert wurden (Abbildung 2.7.2). Lediglich in Mintabie findet man Opale in älteren Gesteinen.

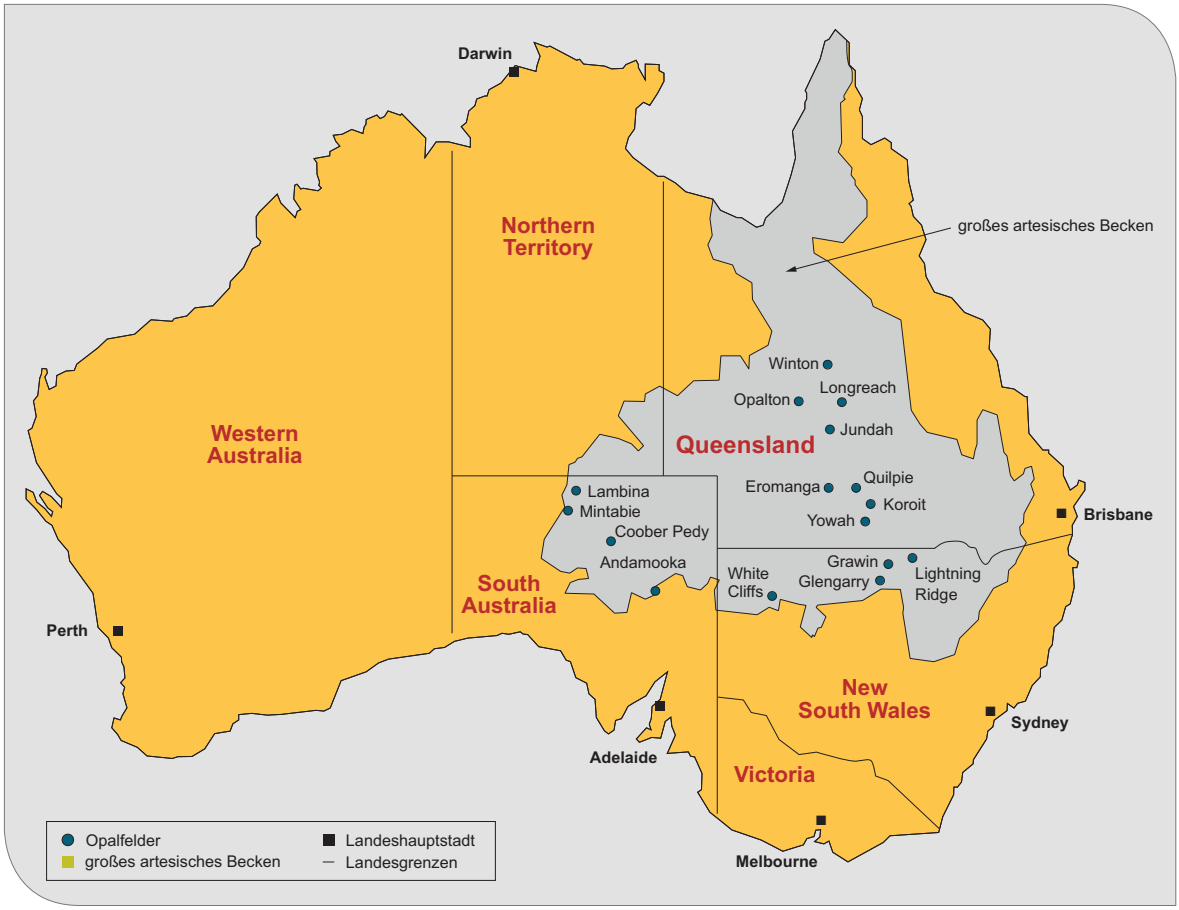


Abb. 2.7.2: Die australischen Opalfelder der Bundesstaaten New South Wales, Queensland und South Australia innerhalb des artesischen Beckens (BGR, nach Cody & Cody 2008).

Wichtige Vorkommen in Australien

Die wichtigsten in Australien auftretenden Farbedelsteine sind Granat, Opal, Saphir, Topas, Turmalin und Zirkon. Hiervon haben Opal und Saphir die mit Abstand größte volkswirtschaftliche Bedeutung für das Land. Abbildung 2.7.1 gibt einen Überblick über ausgewählte australische Edelsteinlagerstätten, die im Folgenden beschrieben werden.

Sedimentär gebildete Edelopale kommen in den Bundesstaaten New South Wales, Queensland und South Australia vor (Abbildung 2.7.2). Es existieren vereinzelt Opalvorkommen vulkanischen Ursprungs, z. B. in New South Wales, südlich von Brisbane und in Western Australia, in der Nähe von Kalgoorlie (Townsend 1996), die jedoch nicht in Abbau stehen und keine wirtschaftliche Bedeutung haben.

New South Wales

Die Opalfelder von **Lightning Ridge** sind berühmt für ihre einzigartigen „black opals“ (Abbildung 2.7.3). Mit einer Vielzahl von Einzelvorkommen verteilen sich die Opalfelder mittlerweile auf vier Erkundungs- und Abbaugebiete („Opal Prospecting Areas“), die sich ca. 550 km südwestlich von Brisbane befinden. Das erste Erkundungs- und Abbaugebiet („OPA No 1“) umfasst die Einzelvorkommen um den Ort Lightning Ridge sowie südwestlich und nordöstlich vom See Coocoran (Abbildung 4.1.1, im Anhang). Das zweite Erkundungs- und Abbaugebiet („OPA No 2“) erstreckt sich nördlich von „OPA No 1“ (Abbildung 4.1.2, im Anhang), das dritte und vierte südwestlich von „OPA No 1“ (Abbildung 4.1.3 und Abbildung 4.1.4, im Anhang).

In den Jahren 1901 bis 1903 wurden die ersten Schächte in Lighting Ridge abgeteuft. Der Wert, der im Jahr 1910 aus den Opalfeldern um Lightning Ridge geförderten Opale wurde auf 92.400 A$ geschätzt. Die Förderung erhöhte sich ab 1958 aufgrund steigender Nachfrage und erreichte 1983/1984 einen geschätzten Wert von 14,9 Mio. A$ (Watkins 1984). 2005/2006 wurde der Gesamtwert der geförderten Opale aus den Feldern um Lightning Ridge auf 30 Mio. A$ geschätzt (Department of Industry 2008). Die Opal Association schätzt den Wert der in den Feldern um Lightning Ridge geförderten Opale derzeit auf ca.

Abb. 2.7.3: Ungeschliffene Schwarzopale („Seam Opal“) aus Grawin in „OPA No 3“ (Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung von Absolute Opals & Gems P/L).

40 bis 50 Mio. A$/Jahr, wobei dieser Wert abhängig von neuen Funden sehr stark schwanken kann (freundliche mündliche Mitteilung, P. Sedawie, Opal Association).

Die opalführenden Tonsteine („Finch Clay Facies“) kommen als lagige und linsenförmige Einschaltungen im „Wallangulla Sanstone Member“, häufig in Teufen von 6 bis 18 m, vor (Watkins 1984). Ihre Mächtigkeit variiert zwischen 5 und 15 m; durchschnittlich beträgt sie 1,5 bis 2 m und wird in der Regel von 5 bis 10 m mächtigen Sandstein überlagert. Opale kommen in Lightning Ridge und Umgebung häufig, jedoch nicht ausschließlich, direkt unterhalb der überlagernden Sandsteine bzw. im oberen Bereich der „Finch Clay Facies“ in Form von Konkretionen, sogenannten „Nobbies“ (Abbildung 2.7.4) und Bändern („Seams“) vor (Whitehouse et al. 2007). Die Felder um den Ort Lightning Ridge, und insbesondere die Einzelvorkommen des Feldes Coocoran, ca. 30 km westlich von Lightning Ridge (z. B. Molyneux’s, Dead Bird, The Rocks, Ken’s Retreat etc.), waren und sind teilweise noch bekannt für „Nobbies“. Die südwestlich von Lightning Ridge gelegenen Felder wie beispielsweise Grawin, Glengary und Sheepyard etc. sind hingegen für „Seam-Opal“ bekannt (Abbildung 2.7.3), der auch bis in Teufen von 30 m vorkommt (Whitehouse et al. 2007).

Watkins (1984) führte Berechnungen zur gewinnbaren Tonnage der opalführenden Tonsteine („Opal Dirt“) durch und berücksichtigte dabei ins-

Abb. 2.7.4: Ungeschliffene („Nobbies“, links) und geschliffene (rechts) dunkle Opale und Schwarzopale aus Lightning Ridge (Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung von Black Opal Direct).

gesamt acht Einzelgebiete mit ca. 60 Feldern auf einer Gesamtfläche von 6,5 km^2 um den Ort Lightning Ridge. Er schätzte die Reserven opalführender Tonsteine auf insgesamt 14,16 Mio. t, wovon 1,44 Mio. t aus Sicherheitsgründen nur noch im Tagebaubetrieb gewonnen werden können. Von

Abb. 2.7.5: Stillgelegter Tagebau „Three Mile“ bei Lightning Ridge (links, Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung von Len Cram) und Abbau unter Tage in Grawin (Foto: BGR).

den restlichen 12,72 Mio. t könnten ca. 60 % (7,63 Mio. t) zunächst unter Tage abgebaut werden. Die verbliebenen 5,09 Mio. t wären aus Sicherheitsgründen eher im Tagebau mittels Kammer-Pfeiler-Bau zu fördern (Abbildung 2.7.5). Bei gleichbleibender Produktion von 206.000 t/Jahr „Opal Dirt" ergibt sich eine Lebensdauer von ca. 44 Jahren (7,63 + 1,44 Mio. t) bzw. ca. 70 Jahren (14,16 Mio. t). Diese Berechnung bezog viele der heute bekannten Felder westlich und südwestlich des Coocoran-Sees sowie die Felder der Erkundungs- und Abbaugebiete No 2, 3 und 4 nicht mit ein. Neuere Angaben zu den Reserven liegen nicht vor. Da die vier Erkundungs- und Abbaugebiete mittlerweile eine Gesamtfläche von ca. 5.000 km^2 umfassen, wird davon ausgegangen, dass ein Großteil der australischen Opale auch zukünftig aus den Feldern um Lightning Ridge gefördert wird. Von neuen Funden qualitativ hochwertiger Edelopale wurden in den Jahren 2014/2015 vor allem aus dem Feld Allawa (in „OPA No 2"), ca. 14 km nordwestlich von Lightning Ridge, berichtet (freundliche mündliche Mitteilung, P. Sedawie, Opal Association).

Die im Umfeld der gleichnamigen Ortschaft liegenden Opalfelder von **White Cliffs** (Abbildung 2.7.6) befinden sich ca. 200 km nordöstlich von Broken Hill. Die Produktion wurde bereits 1889 aufgenommen und erlebte eine Hochphase bis 1902/1903 (Croll 1950). In White Cliffs werden in erster Linie „Light Seam Opal", aber auch opalisiertes Holz und Fossilien aus Teufen von ca. 15 m gefördert. Bis 1930 wurden die bekannten Hauptvorkommen abgebaut (Croll 1950). Seitdem ist die Produktion stark rückläufig.

Abb. 2.7.6: Unterkünfte des Opalfeldes White Cliffs (teilweise in die Hügel gebaut, Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung von Cody Opal Australia Pty Ltd.).

Abb. 2.7.7: Ein sogenannter „Pineapple" Opal aus White Cliffs (Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung von Cody Opal Australia Pty Ltd.).

Sogenannte „Pineapples", die pseudomorph nach radialstrahligen Glauberit-Kristallen gebildet sind, kommen ausschließlich in White Cliffs vor und erzielen entsprechend hohe Preise (Abbildung 2.7.7). Auch opalisierte Saurierskelette wurden in White Cliffs gefunden (Ritchie 1996). Die Opal Association schätzt den Wert der derzeit in White Cliffs geförderten Opale auf ca. 900.000 A$/Jahr, wobei dieser Wert, abhängig von neuen Funden, sehr stark schwanken kann (freundliche mündliche Mitteilung, P. Sedawie, Opal Association).

Ähnlich wie das Feld Anakie im südlichen Queensland (siehe unten) besitzt das **Feld Kings Plains** nordöstlich von Inverell große Ressourcen an Saphir höchster Qualität (Abbildung 2.7.8). Früher

Abb. 2.7.8: Schwach gerundete Saphirkristalle bis 2,5 cm Durchmesser aus einem Seifenabbau bei Inverell in New South Wales (Foto: Matthew Goodwin/Mindat).

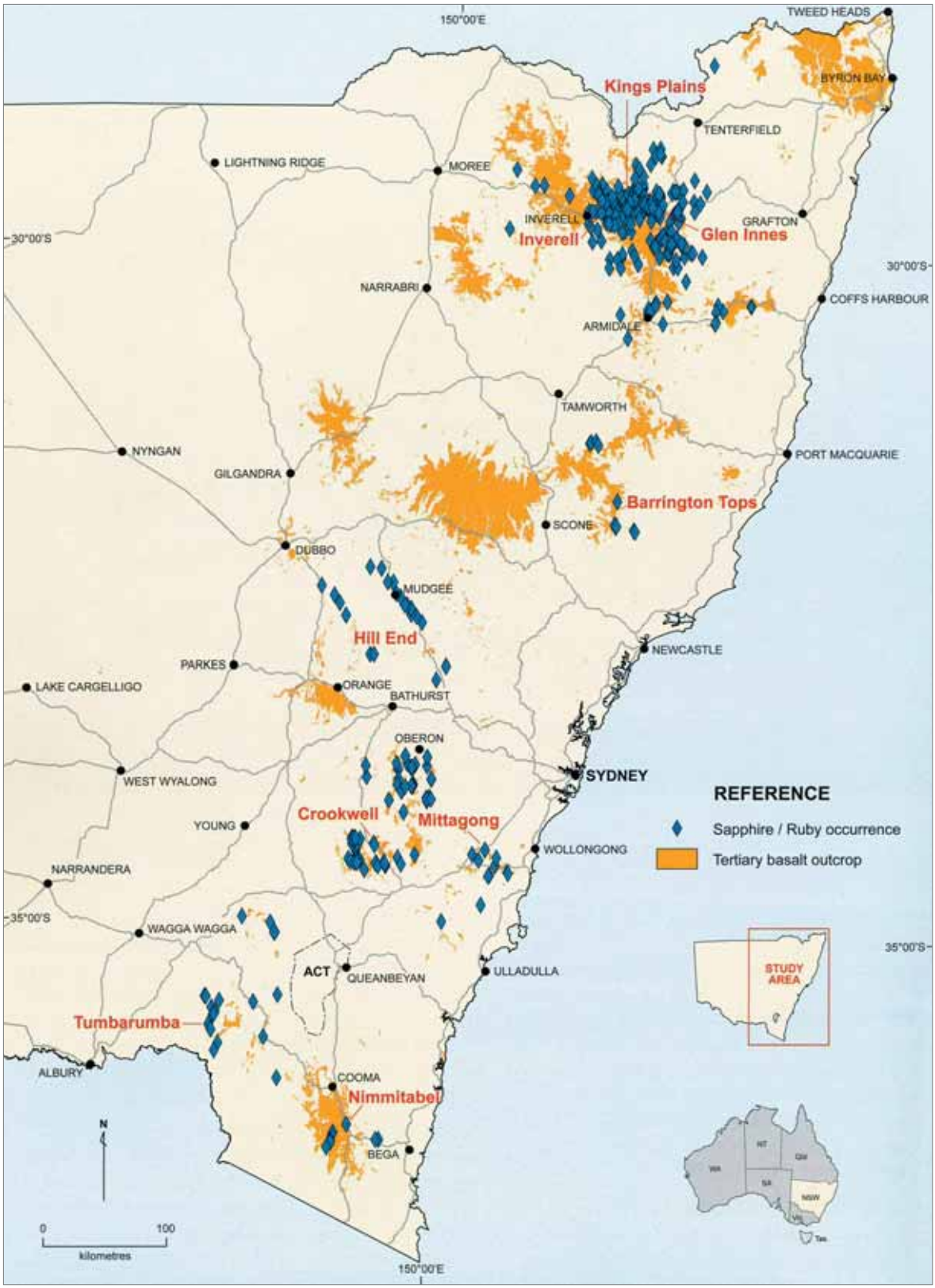


Abb. 2.7.9: Vorkommen von Saphir und Rubin sowie Lage prospektiver tertiärer Vulkanite in New South Wales (WHITEHOUSE et al. 2007).

stammten jeweils bis zu 35 % der Weltproduktion an Saphir aus diesen beiden Bundesstaaten.

Geologisch handelt es sich im Wesentlichen um fluviatil aufgearbeitete, vulkanoklastische Eruptiva aus den Frühphasen des in der Neuengland Region und anderen Gebieten Ostaustraliens weit verbreiteten basaltischen Vulkanismus tertiären Alters. Heute sind die meist nur schwach angerundeten Saphirkristalle in rezenten Flusstälern und Paläoflusstälern, teils unter jüngerer Bedeckung konzentriert. Die Mächtigkeit der fluviatilen Ablagerungen („wash") liegt zwischen 1 und 2 m, wobei die höchsten Edelsteingehalte direkt über dem Liegenden auftreten (MacNevin 1976a). Die bekannten Saphirvorkommen in New South Wales liegen dabei von Nord nach Süd zwischen **Inverell** und **Glen Innes** (Swan Brook, Frazers Creek, Horse Gully, Wellingrove Creek, Reddestone Creek, Kings Plains Creek) und im Gebiet von Barrington Tops (**Gloucester**), Hill End, Crookwell, Mittagong, Tumbarumba und Nimmitabel (Abbildung 2.7.9).

In New South Wales sind 378 Vorkommen von Saphir und 41 Vorkommen von Rubin bekannt. Das bedeutendste Rubinvorkommen liegt dabei nahe **Gloucester** im Entwässerungsgebiet des ehemaligen Barrington Vulkans bzw. heutigen Barrington Tops Plateaus. Diese Lagerstätte stand zwischen Anfang 2005 und Ende 2006 durch die damalige Cluff Resources Pacific NL in Abbau und erbrachte aus 65.359 t Kies 801.406 ct Rubine und Saphire (= durchschnittlich 12,3 ct pro Tonne) in verschiedenen Qualitäten. Dunkel- oder taubenblutrote Rubine höchster Qualität, wie sie aus Südostasien bekannt sind, waren jedoch nicht vertreten.

Rubine kommen auch bei **Tumbarumba** und in den Flüssen Macquarie und Cudgegong vor. Überwiegend handelt es sich in New South Wales aber um Vorkommen blauer und gelber, untergeordnet aber auch grüner, orangener und rosafarbener Saphire (häufig von sehr hoher Qualität).

Auch Smaragde wurden früher in New South Wales abgebaut, zusammen mit Beryll und Aquamarin. Der Abbau erfolgte zwischen 1890 und 1897 durch die damalige Emerald Pty Company aus dem **de Milhous Reef**, gelegen rund 9 km nordnordöstlich von Emmaville nahe Torrington. Bei der Bearbeitung der schwach bis hellgrünen Smaragde in London stellte sich jedoch heraus, dass nur ein kleiner Teil der geschürften Steine von guter Qualität war (MacNevin 1976b). Auch heute noch findet sich Smaragd am Fielders Hill nahe Torrington, wo er charakteristische grüne Zonen in ansonsten farblosen Beryllkristallen bildet. Diese grünen Zonen können herausgeschnitten und dann wie Smaragd bearbeitet werden (Whitehouse et al. 2007).

Bei **Tamworth** findet sich massiger Rhodonit, der selten auch tiefrot gefärbt ist (Abbildung 2.7.10). Transparente, leuchtend- bis tiefrote Kristalle von Rhodonit und zudem von Spessartin sind dagegen aus den Bergwerken von **Broken Hill** bekannt (Abbildung 2.7.11). Meist kommen sie dort nur in

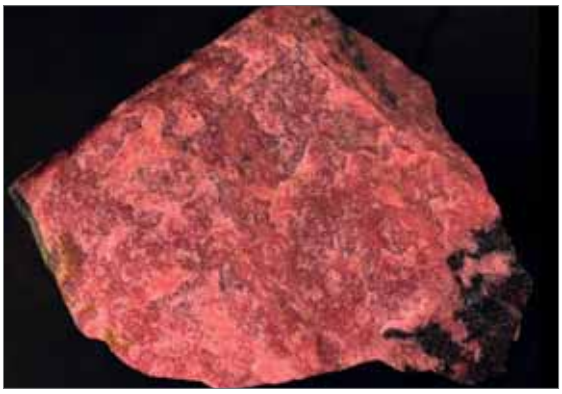


Abb. 2.7.10: Ca. 10 cm großes Handstück von „Imperial Red" Rhodonit aus dem Rhodonitbergwerk Wood's bei Tamworth, Darling Co, New South Wales (Foto: Matthew Goodwin/Mindat).

Abb. 2.7.11: Rhodonitkristalle auf Bleiglanz aus Broken Hill, New Sotuh Wales (Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung von Surrey Minerals, UK).

Matrix vor, doch gelegentlich sitzen Kristalle auch Bleiglanz auf und lassen sich dann zu hochwertigen Schmucksteinen schleifen (MacNevin 1976c).

In der Lagerstätte **Torrington**, einem großen Vorkommen von Silexit (Quarz-Topas-Greisengestein mit 20 bis 30 Vol.-% Topas) liegen auch Ausbildungen von Topasen in Edelsteinqualität vor. Diese sind größtenteils farblos, besitzen meist nur eine geringe bis mittlere Kristallgröße, sind abgerundet und lagern vorwiegend in den fluviatilen Seifen um die Torrington State Recreation Area. Ebenfalls fluviatil abgerundete Topase finden sich im **Oban** und **Mitchell River**. Die dortigen klaren, häufig kieselsteingroßen Topase wurden schon häufig zu großen Schmucksteinen geschliffen (MacNevin 1976c).

Queensland

Queensland ist berühmt für seine sogenannten Boulder Opale und Opalnüsse („Opal Nuts“ bzw. „Yowah Nuts“). Die Boulder-Opalfelder sind an verwitterte kreidezeitliche Sedimente der „Winton-Formation“ gebunden (Cooper & Neville 1996), die sich von der Ortschaft Hungerford über Quilpie, Longreach und Winton bis nach Kynuna erstreckt und eine Gesamtfläche von ca. 400.000 km² umfasst (Wise 1993). Opal kommt hier überwiegend in kieseligen und limonitreichen Konkretionen, sogenannten „Ironstones“, vor (Abbildung 2.7.12).

Es wird zwischen „Sandstein-Boulder“ und „Eisenstein-Boulder“ unterschieden. In letzterem füllt der Opal häufig konzentrische Schichtrisse und unregelmäßig verlaufende Sprünge. In kleineren Konkretionen, wie sie für die Felder Yowah und Koroit charakteristisch sind, können sich ganze Opalkerne ausbilden („Opal Nuts“). Der Opal ist in Boulder Opalen fest mit der Matrix verwachsen. Seltener tritt „Seam-Opal“ im Eisenstein auf (Cooper & Neville 1996). Es wird zwischen Boulder Opal auf limonitreichem Muttergestein, sogenanntem „Boulder Split“, Boulder-Matrix und Opalnüssen (Abbildung 2.7.13) unterschieden (Schütz & Szykora 1996).

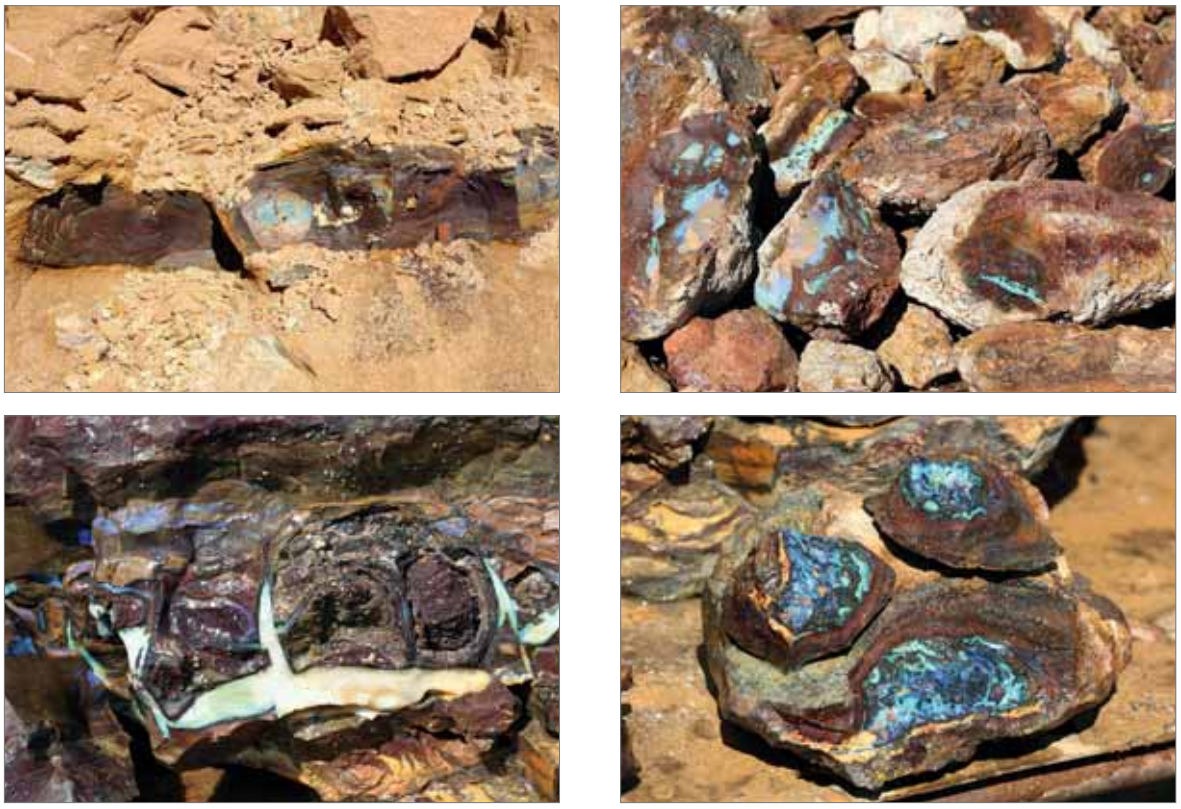


Abb. 2.7.12: Opalführende „Ironstone“-Konkretionen der Vorkommen „Elusive“ und „Hollaways“ vom Feld Koroit (Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung von G. Jung, Black Opal).

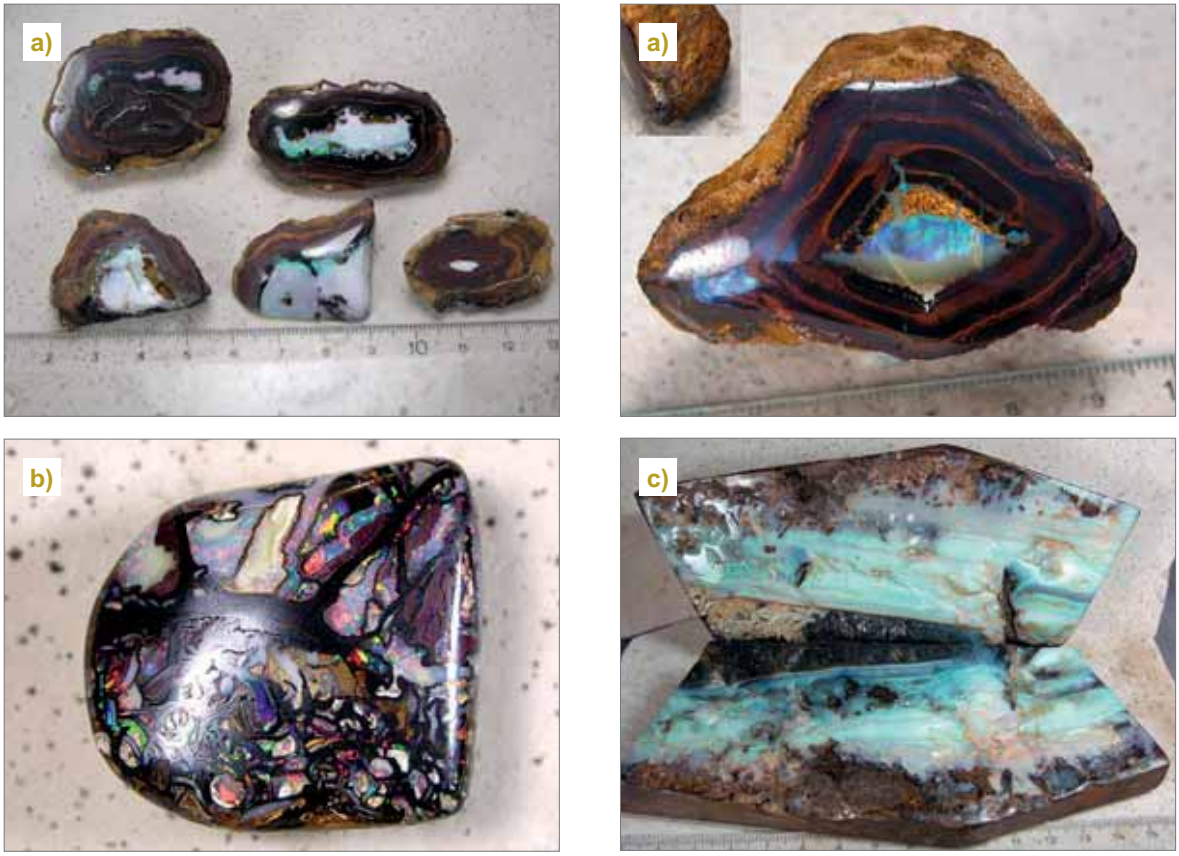


Abb. 2.7.13 a–c: a) Opal Nüsse, b) Boulder-Matrix, c) Boulder Split (Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung von Martin Tumann, Opal Direkt).

Die kommerzielle Opalförderung begann mit der Erschließung der Felder Kynuna, Opalton, Kyabra, Yowah und Koroit in den 1890er Jahren. Von 1900 bis 1957 beschränkte sich die Förderung fast ausschließlich auf die mittlerweile legendäre Lagerstätte Hayricks, nordnordwestlich von Quilpie (Cooper & Neville 1996). Die Produktion in Queensland erlebte ihre Hochphase 1973/1974 und ist seitdem rückläufig. Ende der 1980er Jahre wurden in Queensland Opale mit einem Wert von ca. 6,6 Mio. A$ gefördert (Wise 1993). Nachdem in den Jahren 1994/1995 der Wert der in Queensland

Abb. 2.7.14: Tagebau auf dem Feld Koroit (links) und Blick über das Feld Yowah mit gesicherten Schächten, die den Zugang zum Abbau unter Tage ermöglichen (Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung von Cody Opal Australia Pty Ltd.).

geförderten Opale noch bei 1,5 Mio. A$/Jahr lag (Cooper & Neville 1996), wurde er für das Finanzjahr 2014/15 nur noch mit 665.376 A$ angegeben (Queensland Government 2016). Es wird jedoch davon ausgegangen, dass der tatsächliche Wert um ein Vielfaches höher liegt. Im Gegensatz zu den Opalfeldern in New South Wales und South Australia erfolgt der Abbau zum Großteil im Tagebau, der Abbau unter Tage stellt hier die Ausnahme dar (Abbildung 2.7.14). Cooper & Neville (1996) geben einen kurzen Überblick über die Felder Yowah, Koroit, Toompine, Quilpie, Kyabra, Eromanga, Yakara, Jundah, Bulgroo, Opalton und Kynuna. Weitere Einzelfelder sind beispielsweise Duck Creek, Sheep Station Creek, Emu Creek, Coparella und Lushinton.

Ebenso wie New South Wales ist auch Queensland reich an Saphirvorkommen. Diese entstanden unter ähnlichen lagerstättengeologischen Bedingungen wie in New South Wales (siehe oben) und befinden sich im südlichen Queensland im ca. 900 km² großen Feld **Anakie** (Hoy Basaltprovinz, 40 km westlich von Emerald) sowie im nördlichen Queensland im kleineren Feld **Lava Plains** (McBride Basaltprovinz). Detailliertere lagerstättengeologische Hintergrundinformationen zum Feld Anakie sind bei Robertson (1976a) zu finden. Im Gegensatz zum Feld Kings im nördlichen New South Wales kann die Abraummächtigkeit über den älteren Seifen hier bis zu 20 m betragen.

Die Saphire aus dem Feld **Anakie** weisen ebenso wie im angrenzenden New South Wales alle Farben auf (blau, grün, gelb, gold, mehrfarbig (blau/grün/gelb), orange, rosa und hell- bis dunkelviolett). Dunkelblaue und schwarze Sternsaphire sind relativ häufig, Rubine dagegen sehr selten. Für orangefarbene Saphire werden die höchsten Preise erzielt. Zusammen mit den Saphiren finden sich in den Seifen schleifwürdiger Zirkon, Quarz, Pleonast, roter Spinell, Topas, Turmalin und selten auch Diamanten. Beibrechende Schwerminerale sind Ilmenit, Magnesit, Hämatit, Magnetit und Limonit.

Die Mehrheit der gewonnenen blauen Saphire wird unter Kontrakten nach Thailand, untergeordnet auch nach Sri Lanka, exportiert. Dort werden sie hitzebehandelt, geschliffen und im Anschluss als südostasiatisches Material wieder exportiert. Die kleineren Steine werden in normierten Größen dem Massenjuweliermarkt zugeführt. Bessere Qualitäten, außergewöhnliche Stücke und farbige Varietäten finden Liebhaber in Nischenmärkten in Europa, den USA und Australien und auch bei Touristen, die die Edelsteinabbaugebiete in Australien besuchen. In den letzten Jahren ist die Produktion deutlich zurückgegangen und die Preise für Saphire haben stark angezogen.

Die Hauptvorkommen im Feld **Lava Plains** liegen um Wyandotte Creek und Mines Hill. Gewonnen werden hier Saphir und Zirkon aus jungen eluvialen, kolluvialen und fluviatilen Seifen entlang der Entwässerungsstrukturen einer begrenzten Anzahl eruptiver Basaltschlote. Beibrechende Minerale sind hier Ilmenit, Olivin, Hämatit und Feldspat. Der bisherige kommerzielle Abbau im Feld Lava Plains endete 1993.

Im Feld Anakie erfolgt die Gewinnung der Edelsteine im Kleinbergbau mittels Schaufel und Sieb bis hin zu kommerziellen Abbaumethoden im Tief- oder Tagebau mit schwerem Gerät und großtechnischen Aufbereitungsanlagen. Gegenwärtige semiprofessionelle bis professionelle Edelsteinbergwerke, die größtenteils im Familienbesitz sind, liegen im Umfeld von Anakie, dem wirtschaftlichen Zentrum der Region:

- **Rubyvale** (Scrub Lead, Bedford Hill (Abbildung 2.7.15), Normans Hill, Middle Ridge, Russian Gully, Divide, Goanna Flat),
- **Sapphire** (Big Bessie, Graves Hill, Millionaires Hill, Mount Clifford, Subera, Rice Bowl, New Rush, Blue Bird),
- **Tomahawk Creek** (Featherbed Run, Oak Flats, Zircon Gully, Ironstone Gully, Mount Hoy Diggings),
- **Reward** (Sultana Claim, Washpool),
- **Glenalva** (Paceys Ridge, McAuleys Hill) und
- **The Willows** (Augies Gully, Rubbish Tip, Duffer, Klondyke, Thru-the-Fence, Green Ant Hill).

Der 1998 eröffnete Tagebau Subera östlich von Sapphire war bis 2014 das größte Saphirbergwerk der Welt mit einer Jahresproduktion von bis zu 2 t Korund und geschätzten ursprünglichen Ressourcen von 69 t Saphir. Diese Position soll zukünftig das bereits zwischen Mai 2005 und März 2006 unter dem Namen Nardoo betriebene und nun als Capricorn bezeichnete Saphirbergwerk bei Sapphire wieder einnehmen. Dort betragen auf 494 ha Lizenzfläche die „Measured Resources“ 21,6 t

Abb. 2.7.15: Farbvarietäten von Saphiren aus der Fundregion Bedford Hill bei Rubyvale, Rubyvale Gem Gallery (Foto: BGR).

Korund (davon nur ein Teil Edelsaphir) bei durchschnittlich 20 ct pro Tonne. Bei einer Anlagenkapazität von 4,16 t Korund/Jahr soll die zukünftige Produktion des neuen Besitzers, Richland Resources Ltd., jedoch „nur" 2 t/Jahr betragen.

Während Saphir und Zirkon aus Saphirseifen gewonnen werden, ist Topas ein Nebenmineral in den Cassiteritseifen der Lagerstätten im Bundesstaat Queensland. Da hiervon gegenwärtig jedoch keine in kommerzieller Produktion steht, ist die zurzeit nur bescheidene Topasproduktion auf die Region um **Mount Surprise** beschränkt. In diesem Gebiet ist Topas in den ausgetrockneten Flussläufen immer noch relativ leicht zu finden.

Erwähnenswert sind in Queensland ansonsten nur noch die Vorkommen von Chrysopras bei **Marlborough**, rund 80 km nordwestlich von Rockhampton. Hier ist über einem Serpentinit ein nickelhaltiger Laterit entwickelt, der bis zu 20 cm mächtige Lagen und Gänge von teils hochwertigem Chrysopras enthält (Robertson 1976b). Seit 1963 erfolgt dort der Abbau für den chinesischen Markt (Substitut für Jade). Das Chrysoprasbergwerk **Gumigil** befindet sich in chinesischem Besitz. Seit 2006 wird zusätzlich im Chrysoprasbergwerk **Candala** durch die private Candala Pty Ltd. produziert (Osmond & Baker o. J.).

Die in Queensland gewonnenen Edelsteine besaßen im Finanzjahr 2012/2013 einen (gemeldeten) Rohsteinwert von 571.278 A$ – Opal, 1.964.528 A$ – Saphir, 55.450 A$ – Zirkon, 2.550 A$ – Topas bzw. 36.166 A$ – andere Edelsteine (Queensland Government 2016).

Western Australia

Während des gesamten 20. Jahrhunderts war Western Australia ein kleiner, aber ständiger Produzent von Farbedelsteinen aus Pegmatiten, wie Turmalin (Elbait, Schorl und Dravit), Smaragd, Morganit, Heliodor, Goshenit, Aquamarin, Petalit und Phenakit. Andere typische Edelsteine (mit Ausnahme von Diamant) wie beispielsweise Saphir, Rubin oder Opal sind dagegen in Western Australia praktisch nicht zu finden. Hinzu kommt jedoch eine große Auswahl an dekorativen Schmucksteinen aller Art, vor allem SiO_2-Varietäten, aber auch Lepidolith, Spodumen, Gaspeit, Hämatit, Tigerauge, Variscit und viele andere mehr (Fetherston et al. 2013).

Fast die gesamte kommerzielle Produktion von Smaragd in Western Australia stammt aus dem Distrikt **Poona**, rund 500 km nordöstlich von Perth. Hier kommen sowohl grüner Beryll als auch Smaragd vor, die in Quarz-Feldspat-Pegmatiten, Quarzgängen verschiedener Mineralparagenese sowie in Biotit-Phlogopit-Schiefern ausgebildet sind. Die Smaragdkristalle erreichen bis 4 cm Länge. Einschlüsse und Zonierungen sind häufig. Das Hauptbergwerk in dieser Region war **Aga Khan** (Deep), das zwischen 1914 und 2002 mit zahlreichen Unterbrechungen in Produktion stand – seit 1977 im Unter-Tage-Betrieb. Es hat in den 90 Jahren seiner Produktionszeit etwas über 10 kg

Smaragd, meist geringen Wertes, geliefert. Östlich von Aga Khan standen zudem zahlreiche kleine Tagebaue wie **Quartz Blow**, **Mid-section**, **Solomon**, **Reward** und **Lee's Trench** in Abbau. Weitere Smaragdabbaue im Poona District umfassen die Bergwerke **Emerald Pool** (16 km südwestlich von Poona) und **Poona East Emerald** (rund 10 km östlich von Poona) (FETHERSTON et al. 2013).

Das einzige andere erwähnenswerte, unter zahlreichen weiteren Smaragdvorkommen ist der **Wonder Well Pegmatit**, rund 60 km westlich von Menzies. Er wurde mit Unterbrechungen zwischen 1974 und 2003 durch North Kalgurli Mines Ltd. in einem bis 7 m tiefen und 38 m langen Tagebau abgebaut und lieferte auch Phenakit in Edelsteinqualität (FETHERSTON et al. 2013).

Größere Mengen an Rubellit wurden aus dem **Forrestania Rubellit Pegmatit** (auch als Lagerstätte **Southern Cross Rubellit** bekannt) gewonnen, der im Pegmatitfeld Mount Holland, ca. 112 km südsüdöstlich der Ortschaft Southern Cross und 6 km ostsüdöstlich vom Mount Holland liegt. Der Pegmatit ging in den 1980er Jahren auf Tantal und Rubellit in Abbau. Bis 1991 wurden rund 1.400 ct rosa bis tiefroter Rubbelit in Edelsteinqualität gewonnen, wobei der größte Einzelkristall 120 ct wog. Seit 2001 wird die Lagerstätte von Privatpersonen abgebaut.

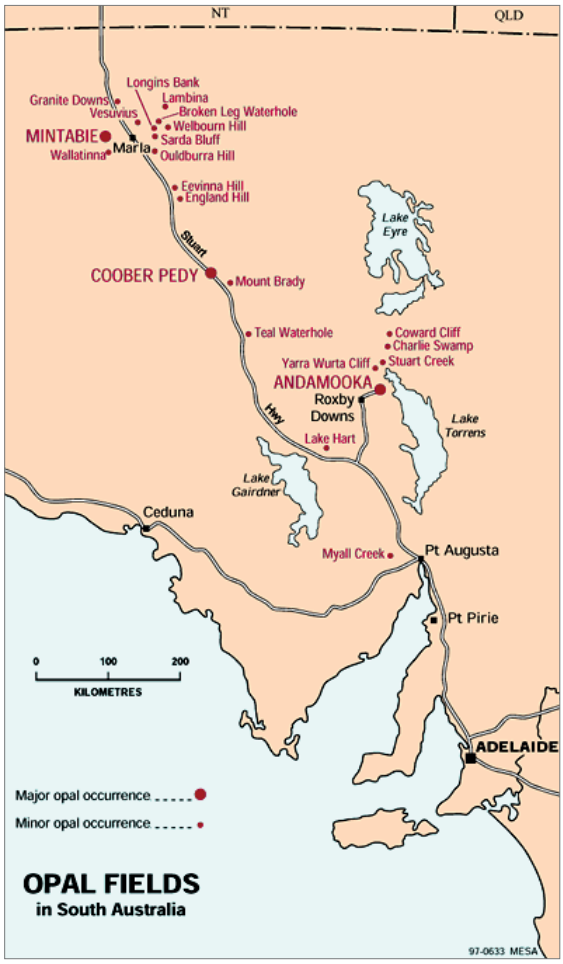


Abb. 2.7.16: Opalfelder und -vorkommen in South Australia (GOVERNMENT OF SOUTH AUSTRALIA 2015).

South Australia

Zu den Opalfeldern in South Australia zählen **Andamooka**, **Coober Pedy**, **Lambina** und **Mintabie** sowie etliche kleinere Einzelvorkommen (Abbildung 2.7.16). Nachdem der Wert der in South Australia geförderten Rohopale in den 1990er Jahren noch ca. 40 Mio. A$/Jahr betrug, ist die Förderung bis heute rückläufig und wurde 2014 mit 13,56 Mio. A$ angegeben (GOVERNMENT OF SOUTH AUSTRALIA 2015). Nach Auskunft des Department of State Development (GOVERNMENT OF SOUTH AUSTRALIA 2015) ist der Rückgang nicht auf unzureichende Opalressourcen zurückzuführen, sondern auf die rückläufige Anzahl an Bergleuten, die in South Australia Opal fördern.

Das Opalfeld **Andamooka** (Abbildung 2.7.17), liegt ca. 520 km nordnordwestlich von Adelaide, knapp 30 km nordöstlich der Ortschaft Roxby Downs. Es wurde 1930 entdeckt. Andamooka ist bekannt für seine hellen Kristallopale („Crystal Opal") und sogenannte Opalmatrix (Abbildung 2.7.17), die aus opalführenden Tonen in Teufen von drei bis zehn Metern gefördert werden (GOVERNMENT OF SOUTH AUSTRALIA 2015).

Opalmatrix aus Andamooka ist nicht mit Boulder-Matrix aus Queensland zu verwechseln. Bei der Opalmatrix aus Andamooka („Andamooka Treated Matrix") handelt es sich um ein feinkörniges Gemenge aus Opal-, Sand-, Kaolin- und Ton-Partikeln, dessen Bindemittel Kieselsäure ist (SCHÜTZ & SZYKORA 1996). Aufgrund ihrer Porosität wird sie häufig behandelt, sodass sie eine dunkle bis schwärzliche Tönung erhält (Abbildung 2.7.17). Vereinzelt wurden in Andamooka auch Schwarzopale gefördert.

Die Hochphase erlebte das Feld in den 1960er Jahren. Mit Fördermitteln in Höhe von 55.000 A$ wurden zwischen 2008 und 2011 insgesamt 134 Bohrungen abgeteuft und 68 Explorationsschürfe aufgefahren, um neue höffige Gebiete zu identifizieren. In nur zwölf Bohrungen in fünf unterschiedlichen Gebieten wurden Opalspuren (überwiegend „potch“, Opal ohne Farbspiel) angetroffen. **White Dam**, südlich des Ortes Andomooka gelegen, wurde als aussichtsreiches Gebiet für neue Opalfunde identifiziert (Morris 2015). Heute beschränkt sich die Förderung auf ca. 20 Einzelvorkommen (Opals Down Under 2015). Der Wert der im Opalfeld Andamooka geförderten Rohopale wurde 2014 mit 2,27 Mio. A$, nach 2,17 Mio. A$ im Vorjahr angegeben (Government of South Australia 2015).

Das Feld **Mintabie** (Abbildung 2.7.18), ca. 240 km nordwestlich von Coober Pedy gelegen, erlebte seine letzte Hochphase von 1978 bis ca. 1988 im gleichnamigen Ort (bis zu 1.500 Einwohner). Heute leben und arbeiten noch ca. 200 bis 250 Personen in Mintabie, wo heller und schwarzer „Seam-Opal“ überwiegend oberflächennah (Tagebau), aber auch unter Tage aus Teufen von bis zu ca. 30 m gefördert wird. Dieser ist an horizontale und vertikale Störungen und Brüche gebunden und tritt zunehmend in deren Kreuzungsbereich auf (Government of South Australia 2015). Das Feld gehört zu einem größeren Gebiet von „freehold Aboriginal land“. Um nach Mintabie zu fahren, ist eine Genehmigung erforderlich. (Government of South Australia 2015). Der Wert der im Opalfeld Mintabie geförderten Rohopale wurde 2014 mit 1,77 Mio. A$, nach 2,63 Mio. A$ im Jahr 2012 angegeben (Government of South Australia 2015).

Opal wurde in **Lambina**, das sich ca. 58 km nordöstlich der Ortschaft Marla befindet, erstmals in den 1920er Jahren entdeckt. Doch erst mit der

Abb. 2.7.17: Die Ortschaft Andamooka mit den Opalfeldern im Hintergrund (oben links). Kristallopal mit 34,85 Karat aus Andamooka (oben rechts). Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung von Cody Opal Australia Pty Ltd. Behandelte Opalmatrix aus Andamooka (unten). Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung von Martin Tumann, Opal Direkt.

Abb. 2.7.18: Blick über die Opalfelder von Mintabie (links) und den Tagebau in Lambina (rechts). (Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung von Cody Opal Australia Pty Ltd.).

rückläufigen Förderung in Mintabie im Jahr 1988 nahm das Interesse an dem Feld zu. Bis 1994 wurde allein aus dem Einzelvorkommen „Seven Water Holes" Opal im Wert von schätzungsweise 5 Mio. A$ gefördert (Cram 2000). Townsend (2004) gibt den Wert der von 1989 bis 2002 geförderten Opale aus dem Feld Lambina mit insgesamt 43 Mio. A$ an, davon allein 10,2 Mio. A$ im Jahr 2001. Seit 2005 ist die Förderung rückläufig. Der Wert der im Feld Lambina geförderten Rohopale wurde 2014 mit lediglich 490.000 A$ angegeben (Government of South Australia 2015).

Etwa 200 bis 300 Personen fördern derzeit noch hellen und dunklen Opal aus Tagebauen (Abbildung 2.7.18). Townsend (2004) sieht aufgrund einer Vielzahl von Einzelvorkommen in einem Gebiet von insgesamt 10.000 km^2 nördlich und südlich von Lambina Potenzial für weitere, möglicherweise wirtschaftlich gewinnbarere Opalvorkommen.

In **Coober Pedy** (Abbildung 2.7.19) wurde Opal im Jahr 1915 entdeckt. Die Felder, ca. 750 km nordwestlich von Adelaide am Stuart Highway gelegen, sind bekannt für ihre hellen Opale („light opals", Abbildung 2.7.20). Sie erstrecken sich mit einer Vielzahl von Einzelvorkommen über einen ca. 50 km langen NNW-SSE-streichenden Korridor. Auch hier kommt Opal in sedimentär abgelagertem Ton- und feinkörnigem Sandstein („Bulldog Shale") vor. Dieser ist meist an horizontale und vertikale Störungen und Brüche gebunden. Auch opalisierte Fossilien sind hier keine Seltenheit (Abbildung 2.7.20). Häufig existieren mehrere opalführende Schichten übereinander, die teilweise lokal linsenförmig ausgeprägt sind. Dies erschwert den Abbau unter Tage (Government of South Australia 2015).

Die Hochphase erlebte Coober Pedy in den 1970er Jahren. Obwohl keine offiziellen Vergleichszahlen vorliegen, wird geschätzt, dass aus Coober Pedy gemeinsam mit Andamooka und Mintabie ca. 80 % der weltweiten Opalförderung kommen. Der Wert der in Coober Pedy geförderten Rohopale wurde 2014 mit 9,07 Mio. A$, nach 13,9 Mio. A$ im Jahr 2004 und 19,5 Mio. A$ im Jahr 1994 angegeben (Government of South Australia 2015). Nach wie vor leben ca. 3.500 Einwohner in Coober Pedy, der Großteil unter Tage. Aufgrund dieser Besonderheit hat sich der Ort zu einem beliebten Touristenziel entwickelt.

Abb. 2.7.19: Blick über einen Teil der Opalfelder von Coober Pedy (Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung von Cody Opal Australia Pty Ltd.).

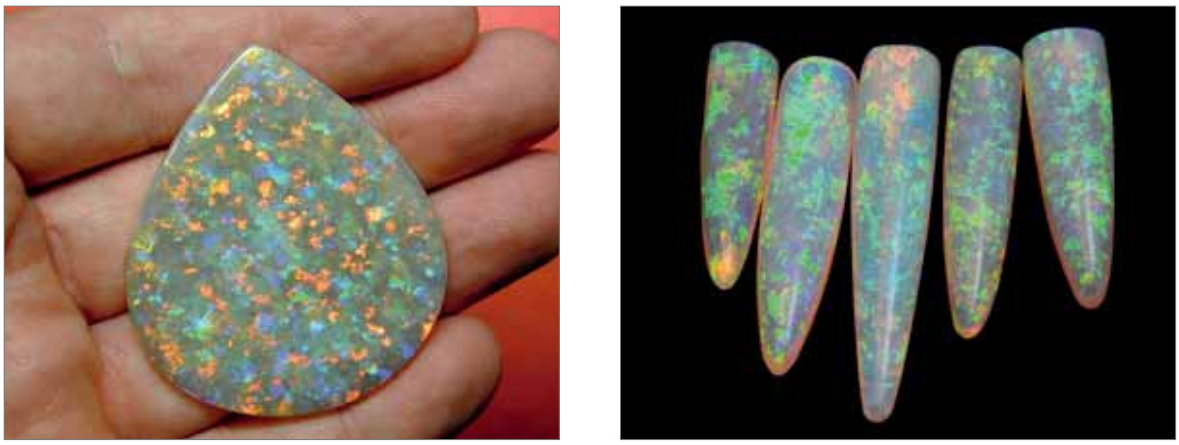


Abb. 2.7.20: Geschliffener Edelopal mit 79,96 Karat (links) und geschliffene opalisierte Belemnitenrostren aus Coober Pedy (rechts) (Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung von Cody Opal Australia Pty Ltd.).

In South Australia sind Farbedelsteine mit Ausnahme von Opal eher selten. In einem 10 km² großen Gebiet auf der Halbinsel Eyre (25 km nördlich von **Cowell**) liegen jedoch die weltgrößten bekannten Vorkommen an nephritischer Jade mit „Inferred Resources“ von rund 80.000 t Jade bis in 10 m Teufe (Flint & Dubowski 1990). Ursprünglich 1965 entdeckt, sind inzwischen weit über 100 Einzelvorkommen bekannt, aus denen bisher rund 3.000 t Jade gefördert wurden. Bis zum Juli 2001 war über ein Vierteljahrhundert die Gemstone Corporation of Australia Ltd. der einzige Lizenzinhaber dieser Lagerstätte.

Die einzelnen Jadekörper haben meist eine längliche, linsenförmige Form von bis zu 40 m Länge und bis zu 3 m Breite. Daneben findet sich Jade hoher Qualität in Kreuzungen von Störungen und mit Einschlüssen von Diopsid in Verwitterungszonen von brekziösem Diopsid. Muttergesteine sind mesoproterozoische dolomitische Marmore und geschichtete Kalksilikatgesteine. Die Jade bei Cowell tritt in einer Vielzahl von Farben und Texturen auf. Vorwiegend handelt es sich um fein- bis mittelkörniges, hochpolierfähiges Material grünlichgelber bis grünlich-schwarzer Färbung. Vermarktet werden grüner Nephrit, schwarzer Nephrit und premiumschwarzer Nephrit sowie seltene Varietäten mit dendritischen Einschlüssen oder wellenförmiger Bänderung.

Tasmania

Der Bundesstaat Tasmania ist ebenfalls nicht reich an schleifwürdigen Farbedelsteinen. Bottrill & Matthews (2006) haben eine umfangreiche Mineralübersicht zusammengetragen. Hiernach sind zumindest Funde von qualitativ gutem Chrysoberyll im Ringarooma River, Alexandrit im Weld River und Edelfluorit bei Luina erwähnenswert. Saphire sind in den Seifenzinngebieten von Nordost-Tasmania weit verbreitet, besitzen aber nicht die Qualität wie die Saphire in Queensland und New South Wales.

Topas in Edelsteinqualität ist in Tasmania aus zahlreichen Lokationen bekannt (seltener gelblich,

Abb. 2.7.21: „Killiecrankie Diamonds“ aus dem Mines Creek, Flinders Island, Tasmania (Foto: Prospectingaustralia).

Abb. 2.7.22: Stichtit mit Lizardit vom Stichtite Hill, Zeehan District, Tasmania (Foto: Didier Descouens/ Wikipedia).

Abb. 2.7.23: Anhänger aus Silber mit Stichtit aus Tasmania (Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung von Mark Teahan/Crystalheart, Carton, Victoria).

häufiger farblos bis hellgrünlich). Die wichtigsten Fundstellen sind **Mines Creek** südöstlich von Mount Tanner und die der **Diamond Creek-Mündung** in der Killiecrankie Bay auf **Flinders Island**. Die dort sehr häufig vorkommenden farblosen, aber auch eisblauen und rosagoldenen Edeltopase stammen ursprünglich aus pegmatitischen Einschlüssen in Graniten. Sie erreichen eine Größe von bis zu 8 cm und werden als „Killiecrankie Diamonds“ (Abbildung 2.7.21) bezeichnet. Auch bei Moina finden sich blaue Topase in Edelsteinqualität.

Stichtit, ein weiches, lilafarbenes Mineral, kommt in Form kleiner Einschlüsse in Serpentiniten vor, die, wenn sie apfelgrün gefärbt sind, gemeinsam als polierbarer Schmuckstein („Atlantisit“) genutzt werden können (Abbildung 2.7.22 und Abbildung 2.7.23). Eine entsprechende Abbaustelle (Privatbesitz) liegt am **Stichtite Hill** nahe Dundas.

Das typischste Mineral von Tasmania ist Krokoit, dessen Verbreitung an große Scherzonen im Nordwesten der Insel gebunden ist und das weltweit exportiert wird. Krokoit gilt als das Staatsmineral Tasmaniens.

Northern Territory

Im Northern Territory finden sich verschiedene Farbedelsteine, doch nur Diamanten (und Prehnit) standen bzw. stehen in kommerziellem Abbau.

Im Gebiet Mud Tank der **Harts Range**, rund 150 km nordnordöstlich von Alice Springs, treten Zirkon und Apatit in Edelsteinqualität auf. Zudem sind in den Metamorphiten der Harts Range farbloser, gelber, orangefarbener (Hessonit) und roter Grossular nicht selten. Einige der dortigen Pegmatite haben zudem große Aquamarin- und Turmalinkristalle geliefert. Ab 1978 wurden für kurze Zeit auch Rubine gewonnen, von denen allerdings nur 10 % schleifwürdig waren.

Victoria

Auch der Bundesstaat Victoria ist nicht sehr reich an Farbedelsteinen und hat in der Vergangenheit nur geringe Mengen an Türkis und Kristallquarz geliefert (Tan 1976). In den Seifen des Reedy Creek nahe **Beechworth** wurden neben zahlreichen SiO_2-Varietäten viele Edelsteine wie Saphir, Granat, Zirkon, Turmalin, Topas und sogar Diamanten in guter Qualität nachgewiesen (McHafie & Buckley 1995).

Anforderungen und Bewertung

Farbedelsteine werden nach ihrer Seltenheit, Farbe, Härte, Klarheit, Größe, Form, dem Fehlen von Einschlüssen und Fehlern sowie nach ihrer Bearbeitbarkeit und Beliebtheit bewertet. Bei geschliffenen Steinen kommen Art und Perfektion des Schliffs hinzu.

Potenzielle Interessenten sollten sich, je nach ihrem Bedarf und ihrer Spezialisierung, unterschiedliche Varietäten zur Ansicht bestellen bzw. geeignete Lagerstätten/Vorkommen befahren. Ein möglicher Bezug wird auch vom Vertrauen in die einzelnen australischen Anbieter/Bergwerkseigentümer bzw. von deren Zuverlässigkeit abhängen.

Unabhängig von diesen eher subjektiven Bewertungskriterien dürften für deutsche Verarbeiter diejenigen Farbedelsteine besonders von Interesse sein, die in Australien besonders vielfältig und reichhaltig auftreten und damit, gegebenenfalls über Beteiligungen, günstiger zu beziehen sind. Dies trifft uneingeschränkt nur auf Opal und Saphir aus Queensland, New South Wales und South Australia zu.

Obwohl die Förderung australischer Edelopale insgesamt rückläufig ist, hat die Vergangenheit gezeigt, dass kurzfristig immer wieder neue Funde möglich sind (z. B. Lambina, South Australia und Allawah, New South Wales). Die Felder um Lightning Ridge, insbesondere innerhalb des Erkundungs- und Abbaugebietes 2 („OPA No 2) nördlich des Ortes und zukünftig auch innerhalb „OPA No 4“, bieten nach wie vor großes Potenzial. Auch die Boulder-Opal-Felder im nördlichen Queensland, die teilweise noch unterexploriert sind, haben das Potenzial für neue Opalfunde. Die wieder ansteigende Nachfrage nach hochwertigen Edelopalen in den letzten Jahren, vor allem aus dem asiatischen Raum, hat zu einem leichten Anstieg der Förderung und der Preise geführt. Potenziellen Investoren, die mit dem Gedanken spielen, in die Opalförderung zu investieren, wird empfohlen, sich intensiv mit den Gegebenheiten der einzelnen Felder auseinanderzusetzen.

Aber auch Verarbeiter von selteneren Farbedelsteinen und ausgefallenen Schmucksteinen, die ihr eigenes Angebot erweitern wollen, können in Australien neue Bezugsquellen finden.

Literatur

Bottrill, R. S. & Matthews, W. L. (2006): Occurrences of gemstone minerals in Tasmania. 8th Edition – Mineral Resources Tasmania: 30 S., zahlr. Abb.; Rosny Park, TAS.

Cody, A. & Cody D. (2008): The Opal Story. – A Guidebook. 39 S., Melbourne.

Cooper, W. & Neville, B. J. (1996): Queensland: Home of the Boulder Opal. – In: Weise, C. (Hrsg.): Opal, das edelste Feuer des Mineralreichs, ExtraLapis, **10**: 40–49; München.

Cram, L. (1996): Neue Ideen über Australien. – In: Weise, C. (Hrsg.): Opal, das edelste Feuer des Mineralreichs, ExtraLapis, **10**: 36–37; München.

Cram, L. (2000): Beautiful Opals – Australia's national gem. Special 2000 commemorative edition. 80 S.; Brisbane.

Croll, I. C. H. (1950): The Opal Industry in Australia. Department of Supply and Development, Bulletin, **17**: 47 S., 3 Abb., 3 Tab.; Victoria.

Department of Industry (2008): Mining Overview. Department of Industry, Division Resources & Energy. – URL: http://www.resourcesandenergy.nsw.gov.au/miners-and-explorers/applications-and-approvals/opal-mining/mining-overview [Stand 17.07.2015].

Department of Industry Resources & Energy New South Wales (2015): Opal prospecting. – URL: http://www.resourcesandenergy.nsw.gov.au/miners-and-explorers/applications-and-approvals/opal-mining/opal-prospecting [Stand 22.07.2015].

Fetherston, M., Stocklmayer, S. M. & Stocklmayer, V. C. (2013): Gemstones of Western Australia. – Geol. Surv. Western Australia, Mineral Resources Bull., **25**: 306 S., 245 Abb., 5 Tab., 1 Anh.; Perth.

Flint, D. J. & Dubowski, E. A. (1990): Cowell nephrite jade deposits. – In: Hughes, F. E. (Hrsg.): Geology of the Mineral Deposits of Australia and Papua New Guinea. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **14**: 1059–1062, 3 Abb.; Melbourne.

Government of South Australia (2015): Opal. Department of State Development. – URL: http://www.minerals.statedevelopment.sa.gov.au/invest/mineral_commodities/opal
[Stand 22.07.2015].

Gübelin, E. (1996): Opal, der bunte Harlekin.– In: Weise, C. (Hrsg.): Opal, das edelste Feuer des Mineralreichs, ExtraLapis, **10**: 8–11; München.

Holmes G. G, Lishumund S. R. & Oakes G. M (1982): A Review of Industrial Minerals and Rocks in New South Wales. Geological Survey of New South Wales, Bulletin **30**: 249 S., 21 Abb., 52 Tab.; Maintland.

MacNevin, A. A. (1976a): Sapphire – New South Wales – In: Knight, C. L. (Hrsg.): Economic Geology of Australia and Papua New Guinea. 4. Industrial Minerals and Rocks. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **8**: 314 – 316; Parkville, VIC.

MacNevin, A. A. (1976b): Emerald – New South Wales. – In: Knight, C. L. (Hrsg.): Economic Geology of Australia and Papua New Guinea. 4. Industrial Minerals and Rocks. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **8**: S. 311; Parkville, VIC.

MacNevin, A. A. (1976c): Semi-precious stones – New South Wales. – In: Knight, C. L. (Hrsg.): Economic Geology of Australia and Papua New Guinea. 4. Industrial Minerals and Rocks. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **8**: 348–349; Parkville, VIC.

McHafie, I. W. & Buckley, R. W. (1995): Gemstones. – In: Industrial minerals and rocks of Victoria. – Geological Survey Report, **102**: 83–89, 1 Abb., 2 Tab.; Melbourne, VIC.

Morris; B. J. (2015): Opal Exploration Program – Andamooka Opal Fields. Geological Survey of South Australia, Mineral and Energy Resources Group, Report Book **2015/00005**: 40 S., Adelaide.

Opals Down Under (2015): The home of Australian White Opal. – URL: http://www.opalsdownunder.com.au/learn-about-opals/intermediate/south-australian-opal-mining-fields
[Stand 22.07.2015].

Osmond, R. & Baker, D. (o. J.): Chrysoprase Chalcedony: Marlborough District, Queensland, Australia: 7 Abb. – URL: http://www.candalachrysoprase.com/articlesandinterests.htm
[Stand 22.07.2015].

Queensland Government (2016): Quantity and value of minerals produced 2014–15 (preliminary). – URL: https://data.qld.gov.au/dataset/annual-mineral-metal-and-petroleum-statistics/resource/23d3e863-9646-4ec9-8cd9-d109b96436e1
[Stand 30.05.2016].

Rey, P. F. (2013): Opalisation of the Great Artesian Basin (central Australia): an Australian story with a Martian twist. – In: Australian Journal of Earth Sciences: An International Geoscience Journal of the Geological Society of Australia, **60**, 3: 291–314; Sydney.

Ritchie, A. (1996): Funkelnder Opal in den Knochen. – In: Weise, C. (Hrsg.): Opal, das edelste Feuer des Mineralreichs, ExtraLapis, **10**: 92–95; München.

Robertson, A. D. (1976a): Sapphire – Queensland. – In: Knight, C. L. (Hrsg.): Economic Geology of Australia and Papua New Guinea. 4. Industrial Minerals and Rocks. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **8**: 313–314; Parkville, VIC.

Robertson, A. D. (1976b): Semi-precious stones – Queensland. – In: Knight, C. L. (Hrsg.): Economic Geology of Australia and Papua New Guinea. 4. Industrial Minerals and Rocks. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **8**: 347–348; Parkville, VIC.

Schütz, J. & Szykora, M. (1996): Edelopale: Benennung und Einteilung. – In: Weise, C. (Hrsg.): Opal, das edelste Feuer des Mineralreichs, ExtraLapis, **10**: 80–83; München.

Tan, S. H. (1976): Semi-precious stones – Victoria. – In: Knight, C. L. (Hrsg.): Economic Geology of Australia and Papua New Guinea. 4. Industrial Minerals and Rocks. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **8**: 350–351; Parkville, VIC.

Townsend, J. (1996): Die Opal-Entstehung in Australien. – In: Weise, C. (Hrsg.): Opal, das edelste Feuer des Mineralreichs, ExtraLapis, **10**: 30–35; München.

Townsend, J. (2004): Lambina Opalfield – a gem in SouthAustralia'sFarNorth.MESAJournal33;24–27. URL: http://www.minerals.statedevelopment.sa.gov.au/__data/assets/pdf_file/0008/241946/mj33_lambina.pdf
[Stand 22.07.2015].

Watkins, J. J. (1984): Future Prospects for Opal Mining in the Lightning Ridge Region. New South Wales Geological Survey Report GS **1985/119**: 50 S., 11 Abb., 9 Tab.; Sydney.

Whitehouse, J., Brownlow, J. W., Burton, G. R., Ferguson, A. C., Glen, R. A., Lishmund, S. R., MacRae, G. P., Malloch, K. R., Oakes, G. M., Paterson, I. B. L., Pienmunne, J. T., Ray, H. N. & Watkins, J. J. (2007): Beryl/Emerald. – In: Facer, R. A. (Hrsg.): Industrial Mineral Opportunities in New South Wales. – Geological Survey of New South Wales, Bulletin, **33**: 25–26; Maitland, NSW (NSW Department of Primary Industries). URL: – http://www.resourcesandenergy.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0003/237801/Beryl.pdf
[Stand 29.01.2016].

Whitehouse, J., Brownlow, J. W., Burton, G. R., Ferguson, A. C., Glen, R. A., Lishmund, S. R., MacRae, G. P., Malloch, K. R., Oakes, G. M., Paterson, I. B. L., Pienmunne, J. T., Ray, H. N. & Watkins, J. J. (2007): Sapphire and ruby. – In: Facer, R. A. (Hrsg.): Industrial Mineral Opportunities in New South Wales. – Geological Survey of New South Wales, Bulletin, **33**: 171–174, 2 Abb., 2 Tab.; Maitland, NSW (NSW Department of Primary Industries).

Wise, R. W. (1993): Queensland Boulder Opal. – In: Keller, A. S. (Hrsg.): Gems & Geology, **29**: 4–15, 16 Abb., 1 Tab.; Santa Monica.

2.8 Fluorit (Flussspat)

(Harald Elsner)

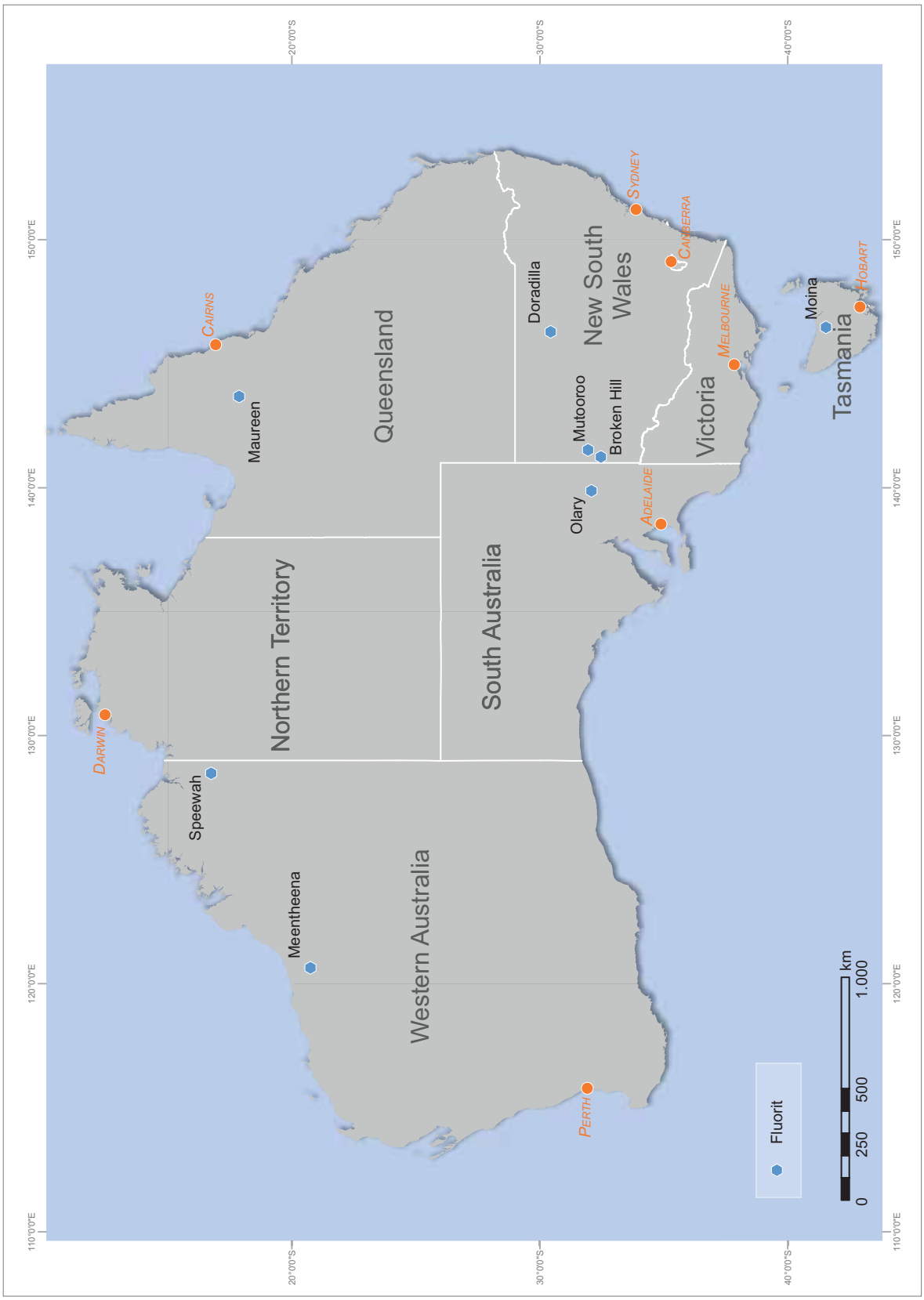


Abb. 2.8.1: Ausgewählte Fluoritlagerstätten in Australien.

Überblick und Verwendung

Fluorit oder Flussspat (chemisch CaF_2) ist das häufigste und mit Abstand wirtschaftlich bedeutendste Fluor-Mineral. Es wird, je nach Qualität, in der Stahl-, Chemie-, Aluminium-, Glas-, Keramik- und optischen Industrie eingesetzt. In Abhängigkeit dieser Hauptanwendungsgebiete werden metallurgischer Fluorit (Hüttenspat), Säurespat, Glas- und Keramikspat sowie Fluorit für optische Anwendungen unterschieden.

Wichtige Vorkommen in Australien

Australien verzeichnet keine Produktion von Fluorit, doch gibt es einige nennenswerte Vorkommen und Projekte. Abbildung 2.8.1 gibt einen Überblick über ausgewählte australische Fluoritlagerstätten, die im Folgenden beschrieben werden.

Tasmania

Im zentralen Norden von Tasmania liegt das Fluorit-Magnetit-Zinn-Wolframvorkommen **Moina**. Die nächstgelegene asphaltierte Straße liegt 14 km, die nächstgelegene Ortschaft (Sheffield) 23 km und die nächstgelegene Stadt (Devonport) 40 km von Moina entfernt. Die Skarnerze von Moina wurden zuerst auf Fluorit, später auf Wolfram und Zinn, zwischenzeitlich aber auch auf andere Metalle (Zink, Beryllium, Eisen, Kupfer) sowie Gold exploriert und sind teils auch schon abgebaut. Gegenwärtiger Lizenzinhaber ist Geotech International Pty Ltd. TNT Mines Ltd. besitzt eine Option, 80 % der Anteile an diesem Projekt zu erwerben.

Die „Inferred Resources“ von Moina betragen 24.654.300 t Erz @ 15,99 % CaF_2, was rund 3,9 Mio. t CaF_2-Inhalt zuzüglich 17,2 % Fe (Magnetit), 0,1379 % Sn und 0,1043 % WO_3 entspricht. Das Zinn ist zu 50 % in Zinngranat und nur untergeordnet in Cassiterit gebunden, sodass das Ausbringen von Zinn nur 22 % (von WO_3: 83 %) beträgt. Der Magnetit ist mit Fluorit verwachsen, sodass sich dieser eher nicht für eine Kohlenwäsche eignet (Summons et al. 2013).

Western Australia

Ein ebenfalls vergleichsweise großes polymetallisches Fluoritvorkommen liegt 11 km nordnordwestlich von **Speewah Homestead** in der östlichen Kimberley Region von Western Australia. Trotz jahrzehntelanger Exploration gibt es aufgrund der Größe (Verbreitung auf 30 x 8 km Fläche), der Komplexität (steil einfallende Gänge, Stockwerks- und Brekzienvererzungen) und der Abgelegenheit des Vorkommens (110 km südwestlich von Kununurra bzw. 30 km westlich des Great Northern Highway bzw. 80 km entfernt von der nächstgelegenen Siedlung (Warmun mit 320 Einwohnern)) nur wenige eindeutige lagerstättengeologische Informationen (Rogers 1998). Gegenwärtiger Lizenzinhaber des dortigen Projektes ist King River Copper Ltd., deren Vorgängergesellschaften noch Flusspatkonzentrat für den Exportmarkt erzeugen wollten. King River Copper Ltd. will sich dagegen auf die Exploration von Kupfer und Gold im Gebiet von Speewah (Abbildung 2.8.2) konzentrieren.

Die aktuellste Berechnung der Fluorit-Ressourcen von Speewah ergab „Indicated Resources“ von 4,1 Mio. t Erz @ 25,3 % CaF_2 zuzüglich „Inferred Resources“ von 2,6 Mio. t Erz @ 23,6 % CaF_2, d. h. zusammen 6,7 Mio. t Erz @ 24,6 % CaF_2 („cut-off grade“ 10 % CaF_2) mit entsprechend rund 1,65 Mio. t CaF_2-Inhalt. Fluorit ist in dieser Region

Abb. 2.8.2: Satellitenaufnahme des Prospektionsgebietes von King River Copper Ltd. um den Speewah Dome in Western Australia. Der Great Northern Highway liegt 30 km östlich (Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung von King River Copper Ltd.).

nur wenig aufgeschlossen. Er wurde meist im Rahmen der Erkundung von Kupfer-, Silber-, Gold-, Blei-, Vanadium- und Titanomagnetitvorkommen in Bohrungen angetroffen.

Abeysinghe & Fetherston (1997) nennen **Meentheena** im Pilbara Goldfield bzw. am Nullagine River, rund 220 km ostsüdöstlich von Port Hedland und 76 km östlich der nächstgelegenen Ortschaft Marble Bar (240 Einwohner) gelegen, als ein weiteres wichtiges Fluoritvorkommen. Dieses noch wenig explorierte Fluoritvorkommen liegt am Top des Mount Roe-Basalts und setzt sich aus acht Einzelvorkommen mit Gängen von bis zu 5 m Mächtigkeit und 1,6 km Länge sowie geringmächtigen Gängen zusammen. Der Fluorit ist aufgrund erhöhter SiO_2-Gehalte unrein. Die gewinnbaren Ressourcen werden auf gut 100.000 t Fluoritkonzentrat @ 80 % CaF_2 geschätzt. Gegenwärtiger Lizenzinhaber ist Federation Metals NL.

Queensland

Das U-Mo-Fluorit-Vorkommen **Maureen** weist in Queensland die höchsten Inhalte an Fluorit auf. Die Lagerstätte liegt 45 km nördlich von Georgetown bzw. 260 km südwestlich von Cairns. Der Fluorit findet sich dort in den Zwickeln einer grobkörnigen, fluviatilen Arkose spätpaläozoischen Alters. 1998 wurden durch den damaligen Lizenzinhaber Anacaonda Uranium Corporation nicht-JORC konforme Ressourcen von 2,397 Mio. t Erz @ 10,70 % CaF_2 (256.479 t CaF_2-Inhalt) ausgewiesen. Dazu enthält das Vorkommen knapp 3.000 t U_3O_8 und rund 1.650 t Molybdän. Derzeitiger Lizenzinhaber ist Mega Uranium Ltd. (Georgetown Project).

New South Wales

Einige der großen Halden des Blei-Zink-Silberbergbaus bei **Broken Hill**, ganz im Westen von New South Wales, enthalten im Mittel 2 %, selten bis zu 3 % Fluorit. Hier war Fluorit eines der Gangminerale des seit 1884 in Abbau befindlichen Blei-Zink-Silbererzes. Fluorit war besonders in der Galenit-reichen Primärzone als Gangmineral mit Quarz, Calcit, Rhodonit, Sphalerit und Spessartin angereichert. Zwischen 1960 und 1963 untersuchte die damalige The Zinc Corporation Ltd. die wirtschaftlichen Möglichkeiten, Fluorit entweder aus den Aufbereitungsabgängen oder aus den alten Halden im Süden der Lagerstätte zu gewinnen. Die Ergebnisse fielen jedoch negativ aus (MacNevin & Dawood 1973, MacNevin 1976). Anscheinend war es seinerzeit besonders schwierig, Fluorit in Säurespatqualität zu erzeugen. Heute könnten bei einer erneuten Aufwältigung dieser Halden hingegen auch Blei, Zink und Silber sowie Fluorit und andere Gangminerale von wirtschaftlichem Interesse sein. Ressourcenberechnungen des möglichen CaF_2-Inhalts, der zur Aufwältigung geeigneten alten Bergbauhalden bei Broken Hill sind nicht publiziert. Driessen (1987) geht von rund 100 Mio. t Haldenmaterial @ 2 % CaF_2 (2 Mio. t CaF_2-Inhalt) aus.

Bei **Doradilla**, rund 50 km südöstlich Bourke im Norden von New South Wales, enthalten die dortigen Kupfer-Gold-Zinnskarne, die sich auf eine Länge von bis zu bis 16 km erstrecken, erhebliche Mengen sowohl an Fluorit als auch an Wollastonit. Die Kalksilikatskarne sind zwischen 50 und 80 m breit und bis in Teufen von > 200 m nachgewiesen. Die Verwitterung in dieser Region war sehr intensiv und könnte das anstehende Gestein bis in 50 m Teufe aufgelockert haben. Sollten die Skarne zukünftig als abbauwürdig eingestuft werden, wären diese beiden Industrieminerale vermutlich beibrechend wirtschaftlich ausbringbar. Seit Dezember 2012 ist YTC Resources Ltd. Lizenzinhaber des Projektes Doradilla. Sie versucht, es langfristig als Zinnprojekt zu entwickeln.

South Australia

Die bisher einzige kommerzielle Produktion von Fluorit in South Australia erfolgte aus geringmächtigen Gängen in der Region Olary. Hier wurden zwischen 1932 und 1936, zwischen 1956 und 1958 sowie in den Sommern 1970 und 1971 aus zwei Vorkommen (**Plumbago** und **Mutooroo**) insgesamt 745 t Flussspatkonzentrat für die metallurgische und Glasindustrie gewonnen (Olliver 1976).

Anforderungen und Bewertung

Aufgrund des hohen Investitionsbedarfs, vor allem für einen oft notwendigen untertägigen Bergbau, beträgt der Mindestinhalt in neu zu erschließende Lagerstätten außerhalb Deutschlands, für deutsche Investoren 1 Mio. t gewinnbares CaF_2. Für Unternehmen, die eher an Beteiligungen an aust-

ralischen Projekten/Lagerstätten interessiert sind, können als Richtwerte > 0,5 Mio. t CaF_2-Inhalt für eine untertägige Gewinnung und > 0,1 Mio. t CaF_2-Inhalt für einen Förderung im Tagebau genannt werden. Auch wesentlich kleinere Lagerstätten können in Einzelfällen abbauwürdig sein, sie stellen aber kein seriöses Investitionsziel dar. In jedem Fall sollte, wie bei allen Massenrohstoffen, auch bei Fluorit sehr genau auf die Infrastruktur im Umfeld der Lagerstätte geachtet werden.

Der Mindestgehalt an Fluorit in untertägig abzubauenden Gängen (von mindestens 0,3 – 0,4 m Mächtigkeit) beträgt 40 – 50 M.-% CaF_2 in-situ (vor der Aufbereitung), während Gänge in Tagebauen mindestens 15 – 20 M.-% CaF_2 beinhalten müssen. In Knollen aus Fluoriterz muss >60 M.-% CaF_2 enthalten sein.

In Abhängigkeit von der geplanten Verwendung gibt es verschiedene weitere chemische Anforderungen. So darf der $CaCO_3$-Gehalt in Hüttenspat 3 M.-% und in Säure- und Keramikspat 1 M.-% nicht überschreiten. Generell müssen sowohl Säure- als auch Keramikspate sehr rein sein. Fluorit für optische Anwendungen muss sogar hochrein, farblos und transparent sein. Weitere Anforderungen sind Lorenz & Gwosdz (2003) zu entnehmen.

Von den bekannten australischen Fluoritvorkommen ist Moina in Tasmanien, trotz seiner Größe und relativ guten Infrastruktur, aufgrund der Verwachsung von Fluorit und Magnetit und des dadurch vermutlich schlechten Ausbringens, für eine Investition nicht zu empfehlen.

Trotz der sehr schlechten Infrastruktur wäre Speewah in Western Australia zu bevorzugen, wobei hier potenziellen Interessenten ausschließlich der Abschluss eines Abnahmevertrages für den bei der vorgesehenen Gewinnung des vanadiumhaltigen Titanomagnetits beibrechenden Fluorit zu empfehlen ist.

Der Fluorit aus dem Vorkommen Maureen in Queensland ist radioaktiv. Daher dürfte diese Lagerstätte für deutsche Investoren nicht geeignet sein.

Für alle weiteren Fluoritvorkommen liegen noch keine gesicherten Ressourcenberechnungen vor oder sie sind offensichtlich für eine Investition zu klein.

Literatur

Abeysinghe, P. B. & Fetherston, J. M. (1997): Barite and fluorite in Western Australia. – Geol. Surv. Western Australia, Mineral Resources Bull., **17**: 97 S., 31 Abb., 22 Tab.; Perth.

Driessen, R. G. (1987): Fluorine. – In: Bureau of Mineral Resources, Geology and Geophysics: Australian Mineral Industry Annual Review for 1984: 137–139, 2 Tab.; Canberra.

Lorenz, W. & Gwosdz, W. (2003): Fluorit. – In: Bewertungskriterien für Industrieminerale, Steine und Erden. Teil 7: Feldspäte und andere Flussmittel. – Geol. Jb, **H 10**: 69–86, 8 Tab., 1 Abb.; Hannover.

MacNevin, A. A. (1976): Fluorite – New South Wales. – In: Knight, C. L. (Hrsg.): Economic Geology of Australia and Papua New Guinea. 4. Industrial Minerals and Rocks. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **8**: 138–140; Parkville, VIC.

MacNevin, A. A. & Dawood, A. D. (1973): Fluorite (Fluorspar). – Department of Mines, Geological Survey of New South Wales, The Mineral Industry of New South Wales, **16**: 30 S., 1 Abb., 1 Tab., 2 Anh., 1 Karte; Maitland, NSW.

Olliver, J. G. (1976): Fluorite – South Australia. – In: Knight, C. L. (Hrsg.): Economic Geology of Australia and Papua New Guinea. 4. Industrial Minerals and Rocks. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **8**: 141–142; Parkville, VIC.

Rogers, K. A. (1998): Speewah fluorite deposit. – In: Berkman, D. A. & Mackenzie, D. H. (Hrsg.): Geology of Australian and Papua New Guinean Mineral Deposits. – Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **22**: 387–392, 3 Abb., 1 Tab.; Melbourne.

Summons, T. G., Hutchin, S. & Williams, B. (2013): Valuation of the mineral assets of TNT Mines Ltd. & Niuminco Group Ltd. – Technical Assessment Report of Mining One Pty Ltd. for DMR Corporate Pty, **3708v1**: 63 S., zahlr. Abb. und Tab.; Melbourne. – URL: http://www.tntmines.com.au/documents/MiningoneReport.pdf
[Stand 29.01.2016].

Whitehouse, J., Brownlow, J. W., Burton, G. R., Ferguson, A. C., Glen, R. A., Lishmund, S. R., MacRae, G. P., Malloch, K. R., Oakes, G. M., Paterson, I. B. L., Pienmunne, J. T., Ray, H. N. & Watkins, J. J. (2007): Fluorite. – In: Facer, R. A. (Hrsg.): Industrial Mineral Opportunities in New South Wales. – Geological Survey of New South Wales, Bulletin, **33**: 63–65, 2 Tab., 1 Abb.; Maitland, NSW (NSW Department of Primary Industries). – URL http://www.resourcesandenergy.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0009/237834/Fluorite.pdf [Stand 29.01.2016].

2.9 Technologie-Füllstoffe

(Harald Elsner)

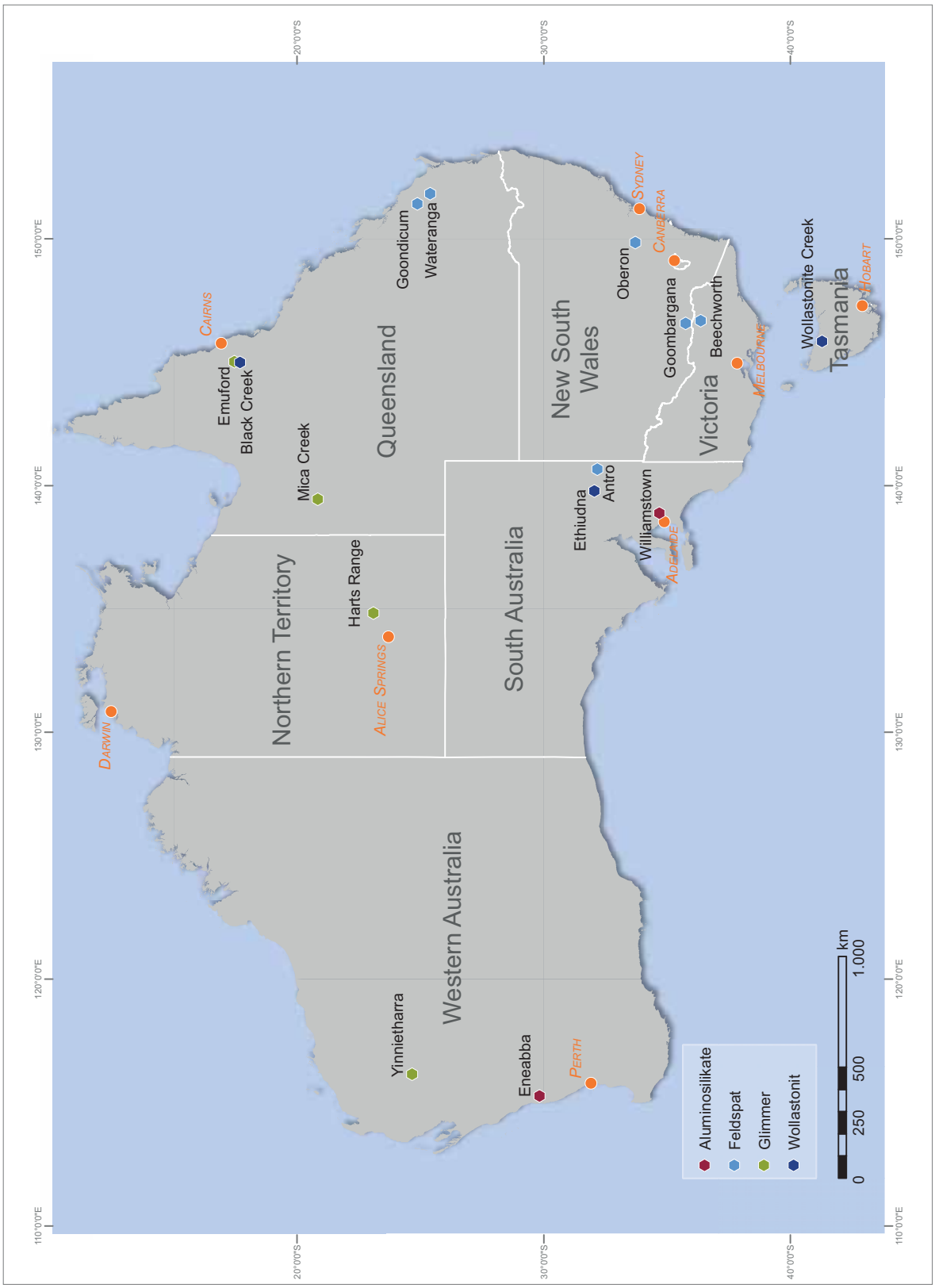


Abb. 2.9.1: Ausgewählte Lagerstätten und Vorkommen mit Relevanz für die Produktion von Technologie-Füllstoffen in Australien.

Überblick und Verwendung

Technologie-Füllstoffe sind Hochleistungsfüller („high-performance filler“) natürlichen oder künstlichen Ursprungs, welche die jeweiligen technischen Eigenschaften eines Produktes verbessern. Sie unterscheiden sich dadurch von anderen Füllstoffen, die hauptsächlich der kostengünstigen Erhöhung der Menge eines Produktes dienen.

Zu den natürlichen Technologie-Füllstoffen, die in dieser Studie näher betrachtet werden sollen, zählen:

- Vermahlener und aufbereiteter **Glimmer** (Muskovit, Phlogopit) für die Herstellung technischer Thermoplaste wie Polyamid für großflächige, verzugsarme, temperaturbeständige Teile in der Automobilindustrie, zur Rissverhinderung in dispersionsgebundenen Farben und Putzen sowie für Antikorrosionsbeschichtungen
- Feinstvermahlener weißer **Feldspat** für Dentalanwendungen und Verpackungs-, Agrar- und Verbundfolien
- Vermahlener reiner, weißer **Nephelinsyenit** für die Herstellung von Porzellan, Keramik, Glas, Dispersionsfarben, Silikatfarben und -putzen, Kunststoff-Folien und für den Einsatz in Klarlacksystemen
- Weißer **Wollastonit**, je nach Einsatzzweck entweder blockig mit einem niedrigen oder nadelförmig mit einem hohen Längen-/Durchmesserverhältnis. Anwendungsgebiete sind die Produktion von technischen Kunststoffteilen für die Automobilindustrie, Fluorelastomeren, Reibbelägen, Pulverlacken und Antikorrosionsbeschichtungen
- Weiße **Aluminosilikate** (Andalusit/Sillimanit/Disthen) für die Produktion von Isolatoren, feuerhemmenden Produkten, Schleifmitteln, Bremsscheiben, Plastikvorhängen und Farben

Wichtige Vorkommen in Australien

Australien verzeichnet einige nennenswerte Vorkommen und Projekte, die für die Produktion von Technologie-Füllstoffen relevant sein könnten. Abbildung 2.9.1 gibt einen Überblick über ausgewählte australische Lagerstätten und Vorkommen, die im Folgenden beschrieben werden.

Glimmer

Soweit bekannt, wird in Australien gegenwärtig weder Muskovit noch Phlogopit als Produkt oder Beiprodukt gewonnen, jedoch sind mehrere, möglicherweise wirtschaftlich aufbereitbare Halden mit erhöhten Glimmergehalten aus dem Altbergbau bekannt.

Zwischen der Entdeckung von Glimmer im Northern Territory 1892 und dem Jahr 1961 stammte fast der gesamte in Australien geförderte Glimmer aus den Pegmatiten der dortigen **Harts Range** und des 80 km nordöstlich gelegenen **Plenty River**-Glimmerdistriktes (Joklik 1955). Die verwertbare Gesamtproduktion im Northern Territory betrug in diesem Zeitraum 997 t Tafelglimmer und 542 t Abfallglimmer (Ahmad & Khan 2013). In den meist nur schlecht erreichbaren Halden der ehemaligen Bergwerke **Benstead**, **Kismet** und **Central** befinden sich noch heute reichlich Muskovit und in den Halden der Bergwerke **Painted Canyon**, **Spotted Tiger** und **Rex** Biotit und Muskovit. Der Muskovit ist meist klar oder rosafarben, untergeordnet auch olivgrün. Im Mount Palmer-Gebiet mit den Bergwerken **Billy Hughes**, **Oolgarinna**, **Caruso**, **Spotted Dog** und **Disputed** standen im Bergwerk Spotted Dog Glimmertafeln mit Hämatiteinschlüssen an, ähnlich wie im weiter westlich gelegenen Bergwerk **Spotted Tiger**. Im Bergwerk Caruso trat rosa und weißer Muskovit, teils mit Quarzeinschlüssen, auf. Joklik (1955) nannte folgende Zusammensetzung des Caruso-Muskovits: 46,10 % SiO_2, 34,28 % Al_2O_3, 0,51 % Fe_2O_3, 1,57 % FeO, 1,25 % MgO, 0,18 % CaO, 0,19 % Na_2O, 9,98 % K_2O, 1,32 % H_2O^-, 4,58 % H_2O^+, 0,29 % TiO_2, Spuren von MnO, F und Li_2O unterhalb der Nachweisgrenze.

Neben den genannten Bergwerken gab es noch zahlreiche andere Abbaustellen von Muskovit in der Harts Range (Abbildung 2.9.2), über die es aber kaum Aufzeichnungen gibt und deren Lage heute nur noch ortskundigen Experten bekannt ist (Anonym 1976).

Auch am **Mica Creek**, rund 13 km südsüdwestlich von Mt. Isa im Nordwesten Queenslands, standen ab 1943 mehrere große Pegmatite in Abbau, aus denen vornehmlich teils Cassiterit, teils Beryll, aber auch Muskovit gewonnen wurden. In einzelnen, relativ gut erreichbaren Bergwerken (Mica #1, #2, #3) war der abgebaute Pegmatit teils sehr reich an Muskovit; die bis heute verbliebene, teils fußhohe

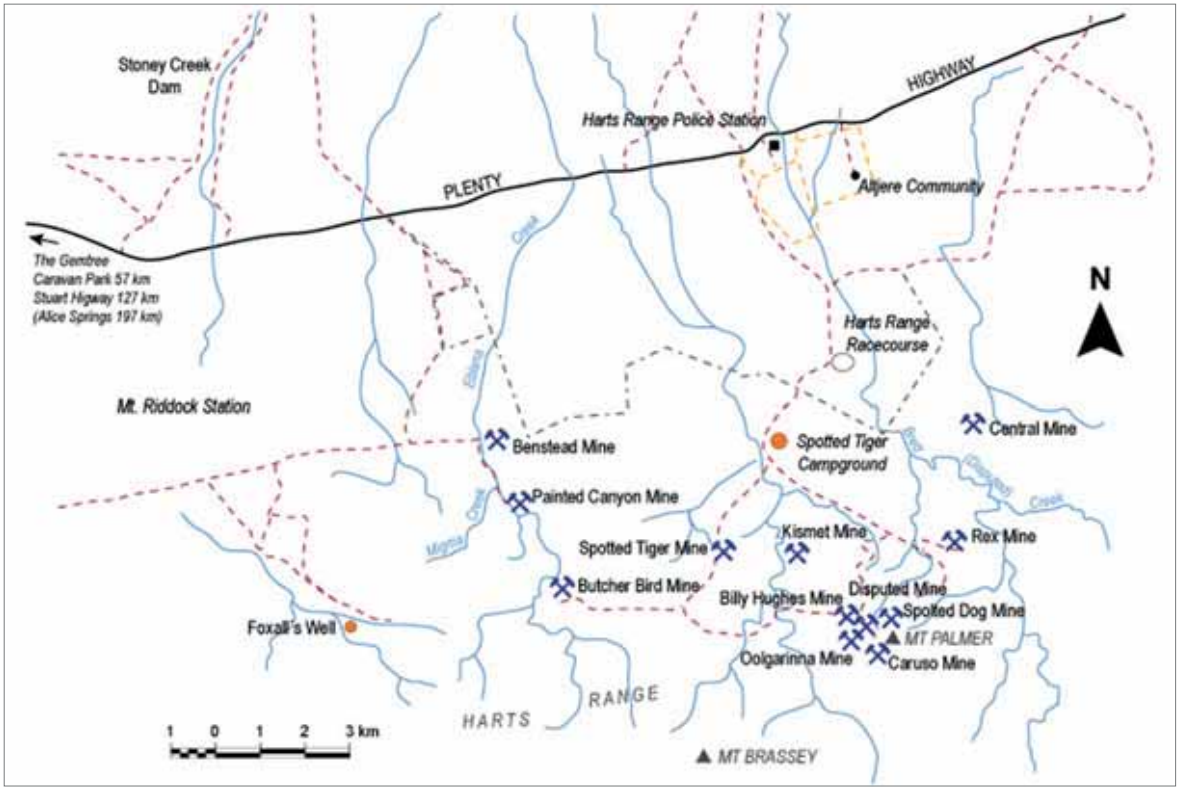


Abb. 2.9.2: Übersichtskarte der ehemaligen Glimmerbergwerke in der Harts Range, Northern Territory (nach NORTHERN TERRITORY GOVERNMENT 1976).

Streu besteht fast vollständig aus Glimmerplatten von durchschnittlich 10 cm und maximal 30 cm Durchmesser.

Eine andere Abbaustelle von Glimmer in Queensland, an der ebenfalls noch reichlich Haldenmaterial vorhanden sein dürfte, lag an der Quelle des Bloodwood Creek, 7,2 km östlich von **Emuford**. Hier wurden im Jahr 1958 rund 10 t Abfallmuskovit aus einem Pegmatit gewonnen, der in zahlreichen kleinen Abbaustellen aufgeschlossen war (BROOKS et al. 1976).

In Western Australia wurde beim Abbau von Pegmatiten auf Cassiterit, Beryll, Tantalit und anderen Mineralen häufig auch Lepidolith und Muskovit ausgebracht. Der größte muskovitreiche Pegmatit, der 20 m lange und 10 m breite **Mica King Pegmatit**, liegt bei Yinnietharra – dort allerdings mit äußerst schlechter Infrastruktur. In seiner inneren Randzone sind bis zu 2 m Gesamtmächtigkeit Muskovittafeln ausgebildet. Diese waren neben Beryll und Columbit Ziel verschiedener Abbaumaßnahmen in den 1920 bis 1940er Jahren. Durch unprofessionellen Abbau war nur ein Bruchteil des Muskovits nutzbar und der meiste Glimmer ist heute noch in Halden vor Ort zu finden.

15 km weiter westlich lag das Bergwerk **Commonwealth Mica**, das bis zum Ende des Zweiten Weltkriegs in Produktion stand, aber kontinuierlich defizitär arbeitete (OWEN 1944). Der dortige Muskovit kam in großen Tafeln mit bis zu 60 cm Durchmesser vor, war farblos bis bräunlich-rosa und in dickeren Tafeln rot. Ein bis zwei Millimeter große Einschlüsse von Hämatit, Magnetit und Turmalin waren nicht selten, sodass auch hier große Muskovit-Halden (jedoch vermutlich unrein) zurückgeblieben sind.

Muskovit in abbauwürdigen Mengen und in teils großen Tafeln tritt auch in einigen Zonen des **Greenbushes Pegmatits** (vgl. Kapitel 2.15) auf. Diese stehen derzeit jedoch nicht in Abbau.

Bis ins Jahr 2005 wurde feinkörniger, hellgrüner Muskovit als Beiprodukt aus der Kaolinlagerstätte **Williamstown** in South Australia gewonnen (siehe unten). Der Muskovit wurde als Damourit in zwei Qualitäten vermarket; als Füller für die Gipskar-

tonplatten-, Farben- und Schweißindustrie sowie als Zusatz für die Gießerei- und Klebstoffindustrie sowie als Glitzer (Barnes 1990).

In New South Wales wäre Muskovit ein mögliches Beiprodukt bei einem Abbau der großen Feldspatlagerstätte **Oberon Alaskite** (Whitehouse et al. 2007a) (siehe unten).

Feldspat

Nach den offiziellen Statistiken der australischen Bundesstaaten wird derzeit nur in Victoria Feldspat gefördert (im Finanzjahr 2013/2014: 44.254 t).

In Victoria wurde Feldspat früher aus zahlreichen kleineren Abbaustellen in Pegmatiten gewonnen, woraus die Lagerstätte **Koetong** als größter Produzent herausstach. Mittlerweile ist Koetong mit jährlich rund 750 t Feldspat nur noch der zweitgrößte Produzent in Victoria – mit großem Abstand hinter **Beechworth**. Rund 4 km südwestlich der Siedlung Beechworth werden in Biotitgraniten des Pilot Range-Granitkomplexes seit September 1997 durch ACI Industrial Minerals Pty Ltd., ein Tochterunternehmen von Sibelco Australia Ltd., jährlich rund 50.000 bis 70.000 t Orthoklas für die heimische Glasindustrie gewonnen. Dieser hat nach McHafie & Buckley (1995) folgende chemische Zusammensetzung: 65,40 % SiO_2, 19,10 % Al_2O_3, 0,32 % Fe_2O_3, 0,47 % CaO, 0,30 % MgO, 3,49 % Na_2O, 10,79 % K_2O, 0,00 % TiO_2, 0,26 % H_2O^+ und 0,18 % H_2O^-.

Auch bei **Sheep Station Creek**, 3 km östlich von Beechworth, wurde in einem grobkörnigen leukokraten Granit eine „Proved Reserve“ von 3 Mio. t hellen Orthoklases identifiziert. In Aufbereitungsversuchen konnte ein relativ sauberes Quarz-Feldspat-Gemisch mit niedrigem Fe-Gehalt erzeugt werden, das für die Glasherstellung geeignet sei (McHafie & Buckley 1995).

Der massive Orthoklas aus dem Pegmatitgang von **Tallangalook** in South Australia wurde als für die Keramikherstellung geeignet befunden. Ähnliche Pegmatitgänge finden sich bei **Huons Hill**, **Mount Pilot** und **Mount Lady Franklin** im Gebiet Beechworth-Albury-Wodonga in South Australia. Die feldspatreichen Pegmatite am Huons Hill führen im Mittel 81 % Feldspat (Mikroklin) und 15 % Quarz, sind bis zu 30 m mächtig, über 550 m Länge verfolgbar und haben auch bereits kleinere Mengen Feldspat geliefert. Dieser hat nach McHafie & Buckley (1995) folgende chemische Zusammensetzung: 71,52 % SiO_2, 15,14 % Al_2O_3, 0,25 % Fe_2O_3, 0,35 % FeO, 0,20 % CaO, 0,00 % MgO, 2,39 % Na_2O, 10,41 % K_2O, 0,00 % TiO_2, 0,33 % H_2O^+ und 0,06 % H_2O^-. Auch viele andere, meist jedoch kleine Feldspatvorkommen in Victoria werden von McHafie & Buckley (1995) beschrieben.

In South Australia ist die Produktion von Feldspat in den letzten Jahren eingestellt worden. Einer der letzten größeren Produzenten bis 2005 war Unimin Australia Ltd. (Lagerstätte **Mount Crawford** bei Willamstown, siehe unten). Die weitere Produktion stammte aus den zahlreichen feldspatreichen Pegmatiten der **Olary Region**, von denen sich nur zwei durch größere Fördermengen auszeichneten bzw. charakterisieren lassen. Seit 1992 baute Unimin Australia Ltd. bzw. heute Sibelco Australia Ltd. bei **Antro** (35 km nordwestlich von Olary) einen diskordant in Metasedimentgesteine eingedrungenen Albitpegmatit ab. Dieses im Bimbowrie Conservation Park gelegene Vorkommen gilt als erschöpft. Bei **Weekeroo Hill** (25 km nordnordwestlich von Manna Hill) wurde durch Manna Hill Mining Co. Pty Ltd. aus feldspatreichen Gesteinskörpern am albitisierten Rande eines Amphibolits, Albit gewonnen.

In New South Wales standen im Gebiet Broken Hill historisch Pegmatite auf Feldspat in Abbau. Für eine Wiederaufnahme der Feldspatproduktion wäre am ehesten der **Rossdhu Granit** bei Ferndale (nahe Oberon) geeignet. Es ist ein Alaskit aus 26 % Kalifeldspat, 32 % Albit, 12 % hellem Muskovit und 28,5 % Quarz. Der Alaskit, der hier auf einer 4 km^2 großen Fläche auftritt, ist sehr gut untersucht, soll sich ebenfalls unter Lizenz von Sibelco Australia Ltd. befinden und beinhaltet in der Teillagerstätte „**Oberon Alaskite**“ nachgewiesene Ressourcen von 3,3 Mio. t Gestein. Aufbereitungsversuche verliefen erfolgreich und erbrachten unter anderem ein Feldspatprodukt mit nur 0,05 % Fe (Whitehouse et al. 2007a).

An zweiter Stelle unter den potenziell interessanten Feldspatvorkommen in New South Wales folgt der **Jindera Granit** bei Goombargana, westlich von Walbundry. Dieser Granit ist sehr grobkörnig mit Aplitgängen und wenigen Pegmatiten. Er führt im Mittel 70 – 75 % Feldspat (Zusammensetzung nicht publiziert), 15 – 25 % Quarz, 5 – 10 % Musko-

vit und bis zu 3 % Biotit. Sein Gesamteisengehalt beträgt 1,57 %, sein Alkaligehalt 9,1 %. Die geologischen Gesamtvorräte übersteigen 100 Mio. t Gestein, was für die Produktion von Feldspat für die Glas- und Keramikindustrie geeignet sein dürfte (Whitehouse et al. 2007a).

Auch in Queensland gibt es zwei interessante Feldspatvorkommen bzw. -projekte. Das eine ist das geschichtete Ilmenit-Titanomagnetit-Feldspat-Apatit-Gabbrovorkommen von **Goondicum**, 30 km östlich von Monto. Erhöhte Wertmineralgehalte treten hier in einem eluvialen Verwitterungshorizont von 25 m Mächtigkeit, in einem topographischen Krater von 6 km Durchmesser auf. Im Juni 2007 veröffentlichte der damalige Lizenzinhaber, Monto Minerals Ltd., „Measured Resources" von 57,7 Mio. t Erz @ 5,2 % Ilmenit und 3,1 % Titanomagnetit bzw. 5,3 Mio. t Erz @ 12,3 % Feldspat bzw. 6 Mio. t Erz @ 1,9 % Apatit. Dazu kamen noch erhebliche „Indicated & Inferred Resources". Bei Dakiel (25 km westlich von Goondicum) wurde eine Aufbereitungsanlage errichtet, um den Fe-Gehalt im Feldspat auf ein für die australische Glasindustrie akzeptables Niveau zu reduzieren. Der Abbau begann im Dezember 2007 und wurde im August 2008 durch die Insolvenz von Monto Minerals Ltd. aufgrund erheblicher Aufbereitungsschwierigkeiten eingestellt. Bis zu diesem Zeitpunkt wurden 14.042 t Ilmenit, 5.269 t Apatit, 9.905 t Feldspat und 3.986 t Apatit produziert. Der Finanzinvestor RMM Capital, der sich später in Belridge Enterprises Ltd. umbenannte, übernahm den Tagebau und die Anlagen im Januar 2009 und nahm die Gewinnung im Juni 2012 wieder auf. Ein Jahr später wurde der Betrieb nach einer Produktion von 47.425 t Ilmenit aufgrund niedriger Ilmenitpreise auf dem Weltmarkt erneut eingestellt und ist seitdem gestundet. Im Mai 2014 erwarb Melior Resources Inc. das Projekt, nachdem das Unternehmen zuvor im Februar 2014 eine neue Ressourcenabschätzung nach NI43-101 vorlegte. In dieser wird nur noch von Ilmenit als Wertmineral ausgegangen. Die Wiederaufnahme der Produktion erfolgte im April 2015.

Das Projekt **Wateranga** von Queensland Industrial Minerals Ltd. liegt 30 km südöstlich von Mt. Perry. Es besteht ähnlich wie Goondicum aus dem im Mittel 4,5 m mächtigem Verwitterungshorizont eines geschichteten Gabbros mit Vorräten (in einem explorierten Teilgebiet) von 204 Mio.t Erz, davon 58 Mio. t als „Proved Reserves", 84 Mio. t als „Measured & Indicated" und 62 Mio. t als „Inferred Resources" @ 5 % Ilmenit, 0,2 % Zirkon, 20 % Feldspat, 0,8 % Apatit und 0,1 % Rutil. Jährlich sollen zukünftig 3,75 Mio. t Erz zur Produktion von Ilmenit, Feldspat, Magnetit, Zirkon, Rutil, Korund und evtl. Glimmer abgebaut werden. Der Feldspat enthält im Mittel 60,7 % SiO_2, 24,4 % Al_2O_3, 0,19 % Fe_2O_3, 8,94 % CaO, 0,04 % MgO, 0,04 % BaO, 0,05 % SrO, < 0,01 % MnO, 4,72 % Na_2O, 0,32 % K_2O, 0,06 % TiO_2,< 0,01 % ZrO_2, 0,003 % V_2O_5, 0,03 % P_2O_5, 0,11 % SO_3 und 0,40 % LOI (Glühverlust). Queensland Industrial Minerals ist an Interessensbekundungen jeder Art interessiert.

Nephelinsyenit

Bisher wurden keine klassischen Nephelinsyenitvorkommen in Australien entdeckt. Der gesamte Bedarf an diesem Rohstoff wird importiert. Zwar sind Nephelinsyeniten-ähnliche alkalische Magmatite in einzelnen Bundesstaaten bekannt (z. B. **Mount Ramsay** in Queensland), jedoch gelang es bisher in keinem Aufbereitungsversuch, die relativ hohen Fe-Gehalte mit wirtschaftlichen Methoden auf akzeptable Gehalte zu senken.

Wollastonit

In Australien wurde früher nie Wollastonit gewonnen, doch meldete Queensland erstmalig für das Finanzjahr 2014/15 eine Wollastonitproduktion von 2.428 t. Zuvor war das Land vollständig auf Importe angewiesen. In zahlreichen Lagerstätten, verteilt auf mehrere Bundesstaaten, wurde jedoch Wollastonit nachgewiesen, ohne dass es in den meisten Fällen zu einer intensiveren Erkundung oder zu einem Abbau kam.

Ein seit mehreren Jahrzehnten bekanntes Vorkommen liegt im Kupfer-Kobalt-Distrikt **Ethiudna**, westlich Plumbago Station im Nordosten von South Australia (4 km östlich von Ethiudna Hill bzw. 47 km nordnordwestlich von Manna Hill). Es handelt sich um einen eng gefalteten Quarz-Diopsid-Wollastonit-Kalksilikat-Marmor mit geschätzten 6.000 t Wollastonit pro m^2 auf 120 m x 60 m Fläche (Lagerstätte **Lady Katherine**). Die „Demonstrated & Indicated Resources" betragen bei einem „cut-off grade" von 20 % Wollastonit 600.000 t Wollastonit bei durchschnittlich 33 % Wollastonit im Erz. Hiervon wären ca. 50 % im Tagebau gewinnbar.

Aufbereitungsversuche mit konventionellen, d. h. nicht photometrischen Verfahren ergaben ein Ausbringen von durchschnittlich 70,3 % zu einem Konzentrat @ 67.8 % Wollastonit aus einem Ausgangsmaterial @ 33 % Wollastonit.

Der Wollastonit von Ethiudna ist farblos bis hellgrau mit stumpfen, länglichen Kristallen von maximal 0,5 bis 1 cm Durchmesser bei einer Länge von 3 bis 5 cm. Entlang der Spaltflächen ist der Wollastonit mineralogisch vor allem zu Calcit alteriert. Die chemische Analyse einer Probe aus einem Ausbiss ergab 47,23 % SiO_2, 0,06 % Al_2O_3, 0,23 % Fe_2O_3, 0,21 % FeO, 44,22 % CaO, 0,12 % MgO, 0,30 % MnO, 0,01 % Na_2O, 0,03 % K_2O, 0,01 % TiO_2, 0,06 % P_2O_5, 0,97 % H_2O^+, 0,15 % H_2O^- und 6,40 % CO_2 (Summe: 99,99 %), was einer mineralogischen Zusammensetzung von 74,7 % Wollastonit, 14,5 % Calcit und 8,6 % Quarz bzw. amorphem SiO_2 entsprechen würde. Die Dichte der Probe betrug 2,91 g/cm³, die Mohs-Härte 5. Die Helligkeit des Wollastonits (< 75 µ) in Bohrkernen ist höher als die der untersuchten Probe (R457: 66,9 %, R570: 74,5 %, Gelbfärbung: 7,6 % Crooks 1999).

Die in Privatbesitz befindliche und in Singapur ansässige AuzMinerals Resource Group Pte Ltd. ist nicht nur die Muttergesellschaft von Solar Silicon Resources Group Pty Ltd. mit bedeutenden Quarzlagerstätten in Queensland (vgl. Kapitel 2.20), sondern auch Lizenzinhaber des Wollastonitprojektes **Black Creek**, rund 12 km westlich von Mount Garnet im Nordosten des Bundesstaates. Durch Bohrungen wurden dort im Jahr 2012 mindestens zwei 20 m breite Zonen mit ca. 50 % langfaserigem Wollastonit über 500 m streichende Länge nachgewiesen. In einer dieser Zonen sollen „Indicated Resources“ von 560.000 t Wollastonit-Inhalt lagern, auf deren Basis der Lizenzinhaber den Inhalt der Gesamtlagerstätte auf 2,5 Mio. t Wollastonit schätzt. Der Wollastonit soll nicht nur langfaserig, sondern auch hell und weiß sein, sodass sein Einsatz als Technologie-Füllstoff in der ozeanisch-pazifischen Automobil- und Farbenindustrie und eine Produktion von rund 50.000 t/Jahr angedacht ist (Patel 2012). Nähere Informationen liegen nicht vor. Vermutlich stammt die erstmalig für das Finanzjahr 2014/15 für Queensland gemeldete Wollastonitproduktion aus diesem Vorkommen.

In New South Wales wurde an 63 Orten Wollastonit (größtenteils in Skarnen) nachgewiesen (Whitehouse et al. 2007b). Das interessanteste Vorkommen scheint der polymetallische Zinnskarn von **Doradilla** nahe Bourke zu sein (vgl. Kapitel 2.27), wo aber die weitere Erkundung aufgrund schlechter Ausbringungsergebnisse gegenwärtig ruht.

Auch in Tasmania gibt es zahlreiche Wollastonitvorkommen in Skarnen, die beim Aufdringen von Graniten im Devon entstanden sind. Das bekannteste Vorkommen ist infrastrukturell gut erschlossen und liegt am **Wollastonite Creek** unweit des Magnetit-Scheelit-Bismutinit-Bergwerks Kara der Tasmania Mines Ltd. (vgl. Kapitel 2.4 und 2.26). Der dort auftretende Wollastonit ist mittel- bis grobfaserig, weist eine Länge von 0,5 bis 5 mm auf und besitzt ein Längen/Breiten-Verhältnis > 3 : 1. Nach Aufmahlung und Flotation konnte aus einer Ausgangsprobe mit 20 % Wollastonit und 80 % Calcit ein Konzentrat @ 96 % Wollastonit erzeugt werden, von dem 70 % faserig war. Als störender Nebengemengeanteil tritt im Erz unter anderem jedoch stets Diopsid auf, der sich nur sehr schwer abtrennen lässt. Auch Experten von Tasmania Mines halten daher ein wirtschaftliches Ausbringen des Wollastonits vom Wollastonite Creek für nicht möglich (Botrill 2001).

Aluminosilikate

Derzeit werden weder Disthen, Sillimanit noch Andalusit in Australien produziert, noch gibt es publizierte Meldungen, dass dieses zukünftig wieder geschehen soll.

Die letzte bekannte Produktionsstätte lag bei **Williamstown** im südlichen Mt. Lofty-Höhenzug in South Australia (Barnes 1990). Dort produzierten das zuletzt von Unimin Australia Ltd. betriebene Bergwerk **Australian Industrial Minerals** am Mount Crawford und die älteren, in anderen Erzkörpern stehenden Bergwerke **Springfield**, **Reservoir** und **Warren** zwischen 1914 und 2005 insgesamt rund 226.000 t Industrieminerale, darunter 151.535 t Kaolin, 53.125 t Ton, 10.445 t Sillimanit/Disthen, 9.719 t Feldspat und 1.495 t Muskovit/Damourit. Alle Gruben standen in tiefgründig verwitterten Muskovit- und Biotitschiefern, Quarz-Sillimanitgneisen und Sillimanitquarziten. Das produzierte Sillimanit/Disthen-Konzentrat

(ursprünglich 500 bis 600 t/Jahr, zum Ende des Abbaus noch rund 70 t/Jahr) fand Verwendung in der Feuerfestindustrie.

Wichtiger, weil kurzfristig möglicherweise wieder fortsetzbar, war die Abtrennung von feinkörnigem Disthen aus der Schwermineralseifenlagerstätte **Eneabba** in Western Australia. Seit 1982 bis 2005 wurden hier jährlich bis zu 10.000 t, im Jahr 2005 auslaufend nur noch 38 t Disthenkonzentrat produziert. Nähere Informationen zu den Ressourcen liegen nicht vor.

Auch in den fossilen Dünensanden bei Port Gregory in Western Australia, wo von GMA Garnet Pty Ltd., einer deutschen Beteiligung, Ilmenit und Zirkon/Rutil abgebaut werden, sind Disthen und Sillimanit unter den verworfenen Schwermineralen vertreten.

Von keiner der in Abbau stehenden Schwermineralagerstätten in Western Australia, Victoria, South Australia, Queensland und Northern Territory, die derzeit durch Iluka Resources Ltd., Tronox Management Pty Ltd., Cristal Mining Australia Ltd., Sibelco Australia Ltd., MZI Resources Ltd., Doral Mineral Sands Pty Ltd. und GMA Garnet Pty Ltd. abgebaut werden, ist bekannt, wie hoch der Gehalt und die Verteilung an Aluminosilikaten genau ist. Dies liegt daran, dass die Aluminosilikate von diesen Unternehmen als unerwünschte Nebenminerale betrachtet werden, für die es keinen leicht zu erschließenden Absatzmarkt und auch keine bekannten Abnehmer gibt. Eine Abtrennung der Aluminosilikate aus dem Schwermineralspektrum jeder dieser Lagerstätten wäre jedoch technisch mittels Standardaufbereitungsverfahren leicht und schnell möglich.

Anforderungen und Bewertung

Glimmer

Für Technologie-Füllerzwecke muss Glimmer eine hohe Reinheit, extrem niedrige Schwermetallgehalte, eine geringe Restfeuchte und eine geringe Schüttdichte besitzen. Für die Verwendung in Farben und Lacken sind zudem eine niedrige Ölzahl, eine gute Benetzbarkeit, ein hoher Weißegrad und eine hervorragende Elastizität von Bedeutung. Die Größe des Ausgangsproduktes, häufig der Rückstand der Tafelglimmerherstellung, ist nicht von Bedeutung, da der Glimmer zerkleinert wird. Nach dem Mahlen sollten allerdings eine spezifische Korngrößenverteilung und eine möglichst hohe „aspect ratio“ (Verhältnis von Durchmesser zu Dicke der Glimmerplättchen) vorliegen; letzterer führt zu einer deutlichen Erhöhung der Biegefestigkeit von Kunststoffen. Die technischen Lieferbedingungen (Qualitätsanforderungen) für nass und trocken vermahlene Glimmer, der Beschichtungsstoffen als Füllstoff zugesetzt wird, sind in DIN 55 635, DIN 55 929 und DIN EN ISO 3262 festgelegt (vgl. Gwosdz et al. 2006).

Potenzielle Interessenten für australische (Abfall-) Glimmervorkommen sollten diese befahren, die vorhandene Tonnage abschätzen, den Haldenglimmer beproben und ihn auf die oben genannten Eigenschaften hin analysieren. Aufgrund der Zugänglichkeit und des bereits bekannten Potenzials der Halden bei Mica Creek (Queensland), sollte man diesen den Vorzug vor denen der Harts Range und jener im Gebiet des Northern Territory geben. Emuford (Queensland) und Yinnietharra (Western Australia) folgen in dieser Prioritätenliste nach.

Feldspäte

Feldspäte, die als Technologie-Füllstoffe in Frage kommen, müssen eine gute chemische Beständigkeit, einen niedrigen Fe_2O_3-Gehalt (< 0,1 M.-%), geringe Restfeuchte (< 0,1 M.-%), eine hohe Reinheit und Transparenz sowie nach dem Mahlen eine subangulare Kornform und eine definierte Korngrößenverteilung aufweisen. Zusätzlich sind in einem erfahrenen Labor unter anderem Weißegrad (> 90 %), Öladsorption und spezifische Oberfläche (> 0,8 – 4,0 m^2/g) zu bestimmen. Gesucht sind generell reine Kalifeldspäte (Orthoklas, Mikroklin, Sanidin) bzw. an Kalifeldspäten reiche Gesteine, daneben auch reine Kali-Natron-Feldspäte (Anorthoklas) (Lorenz & Gwosdz 2003a).

Die australische Feldspatindustrie wird seit langem von Sibelco Australia Ltd. bzw. ihren Tochterunternehmen dominiert. Außerhalb der Einflusssphäre dieses Unternehmens erscheint von den feldspatreichen Pegmatiten derzeit nur die vermutlich sehr kleine Lagerstätte Huons Hill in South Australia potenziell interessant zu sein. Auch die Eignung des einst aus der Lagerstätte Goondicum

in Queensland produzierten Feldspats als Technologie-Füller könnte erneut überprüft werden. Bei dem Feldspat aus dem Projekt Wateranga in Queensland handelt es sich dagegen um einen nicht als Füllstoff geeigneten Plagioklas.

Wollastonit

Wollastonit kann sowohl bei niedrigen Längen-/Durchmesserverhältnissen von z. B. 3 : 1 („low apect ratio", blockig) als auch bei hohen Längen-/Durchmesserverhältnissen von > 8 : 1 („high aspect ratio", nadelförmig) als Füllstoff interessant sein. Hohe Längen-/Durchmesserverhältnisse sind im Allgemeinen gefragter. Gemeinsam müssen alle Produkte einen hohen Wollastonitgehalt (> 90 M.-%), einen niedrigen thermischen Ausdehnungskoeffizienten, eine hohe Reinheit, einen niedrigen Fe_2O_3-Gehalt (≤0,3 M.-%) und einen hohen Weißegrad (85 – 90 %) aufweisen. Wollastoniterz sollte bereits einen möglichst hohen Ausgangsgehalt von > 30 – > 50 M.-% Wollastonit besitzen und arm an den für die Aufbereitung störenden Mineralen Calcit, Dolomit, Quarz, Granat, Diopsid und besonders auch asbestiformem Tremolit sein (Lorenz & Gwosdz 2003c). Die wenigen bisher bekannten und untersuchten Wollastonitvorkommen Australiens besitzen eine durchschnittliche bis geringe Qualität und Quantität. Potenzielle Investoren sollten daher mit AuzMinerals Resource Group Pte Ltd. in Singapur Kontakt aufnehmen, um nähere Informationen über deren Black Creek Wollastonitprojekt in Queensland zu erhalten, über das nur wenig bekannt ist.

Aluminosilikate

Um wirtschaftlich gewinnbar zu sein, sollte der Anteil an den in Schwermineralseifen meist völlig farblosen Aluminosilikaten Sillimanit und Disthen (Andalusit ist in den meisten Seifen eher selten) als Hauptwertmineral 20 M.-% bzw. als Beiprodukt 15 M.-% übersteigen. Das aufbereitete Konzentrat muss > 84 % Sillimanit/Disthen, < 1,0 % Glimmer + Rutil + Pyrit sowie < 1,0 % Quarz enthalten. Der Fe_2O_3-Gehalt wird durch unerwünschte Nebenminerale bestimmt und darf 0,5 M.-% nicht übersteigen (Elsner 2010).

Potenzielle Interessenten finden in Australien eine Vielzahl von erfahrenen, teils seit Jahrzehnten Schwerminerale produzierenden Unternehmen vor, die bei entsprechender Nachfrage kurzfristig im Labormaßstab Testkonzentrate erzeugen und auch im kommerziellen Maßstab Disthen-Sillimanit-Konzentrate produzieren könnten. Am Anfang sollte jedoch eine Recherche der in den Lagerstätten enthaltenen Aluminosilikatkonzentrationen stehen, da eine Aufbereitung nur bei höheren Ausgangsgehalten wirtschaftlich ist.

Literatur

Ahmad, M. & Khan, M. (2013): Commodity reviews. – In: Ahmad, M. & Munson, T. J. (Hrsg.): Geology and mineral resources of the Northern Territory. – Northern Territory Geol. Surv., Spec. Publ., **5**: 3:31–43, 21 Abb., 12 Tab.; Darwin, NT.

Anonym (1976): Pegmatite minerals (feldspar, mica, lithium, beryllium) – Northern Territory. – In: Knight, C. L. (Hrsg.): Economic Geology of Australia and Papua New Guinea. 4. Industrial Minerals and Rocks. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **8**: 240–242; Parkville, VIC.

Barnes, L. C. (1990): Willamstown kaolin-sillimanite-mica deposits. – In: Hughes, F. E. (Hrsg.): Geology of the Mineral Deposits of Australia and Papua New Guinea. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **14**: 1163–1166, 2 Abb., 1 Tab.; Melbourne.

Botrill, R. S. (2001): Wollastonite in Tasmania: an update. – Tasmanian Geol. Surv., Record, 2001/02: 8 S., 3 Abb., 2 Tab., 1 Anh.; Rosny Park, TAS. – URL: http://www.mrt.tas.gov.au/mrtdoc/dominfo/download/UR2001_02/UR2001_02.pdf [Stand 29.01.2016].

Brooks, J. H., Simpson, B. R. & Cribb, H. G. S. (1976): Pegmatite minerals (beryl, potash feldspar, lithium, mica) and nepheline syenite – Queensland. – In: Knight, C. L. (Hrsg.): Economic Geology of Australia and Papua New Guinea. 4. Industrial Minerals and Rocks. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **8**: 227–229; Parkville, VIC.

Crooks, A. F. (1999). Wollastonite in South Australia: Dept. Primary Industries and Resources SA,

Report Book, **99/00016**: 11 S., 4 Abb., 2 Fotos; Adelaide.

Elsner, H. (2010): Heavy Minerals of Economic Importance. – Assessment Manual: 218 S., 31 Abb., 125 Tab.; Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe; Hannover. – URL: http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Min_rohstoffe/Downloads/heavy-minerals-economic-importance.pdf?__blob=publicationFile [Stand 29.01.2016].

Gwosdz, W., Röhling, S. & Lorenz, W. (2006): Muskovit, Phlogopit, Sericit. – In: Bewertungskriterien für Industrieminerale, Steine und Erden. Teil 11: Glimmer (Muskovit, Phlogopit, Sericit, Vermiculit, Glaukonit, Chlorit). – Geol. Jb, **H 12**: 116–157, 1 Abb., 26 Tab.; Hannover.

Joklik, G. F. (1955): The mica-bearing pegmatites of the Harts Range, Central Australia. – Economic Geology, **50**, 6: 625–649, 5 Abb., 3 Tab.; New Haven, CT.

Lorenz, W. & Gwosdz, W. (2003a): Feldspat und Feldspatgesteine. – In: Bewertungskriterien für Industrieminerale, Steine und Erden. Teil 7: Feldspäte und andere Flussmittel. – Geol. Jb, **H 10**: 18–40, 1 Abb., 16 Tab.; Hannover.

Lorenz, W. & Gwosdz, W. (2003b): Foidgesteine. – In: Bewertungskriterien für Industrieminerale, Steine und Erden. Teil 7: Feldspäte und andere Flussmittel. – Geol. Jb, **H 10**: 41–52, 10 Tab.; Hannover.

Lorenz, W. & Gwosdz, W. (2003c): Wollastonit. – In: Bewertungskriterien für Industrieminerale, Steine und Erden. Teil 7: Feldspäte und andere Flussmittel. – Geol. Jb, **H 10**: 53–68, 13 Tab.; Hannover.

McHafie, I. W. & Buckley, R. W. (1995): Feldspat. – In: Industrial minerals and rocks of Victoria.- Geological Survey Report, **102**: 71–77, 2 Tab.; Melbourne, VIC.

Owen, H. B. (1944): Report on the Commonwealth mica mine at Yinnietharra, Gascoyne River, Northwest Divison, Western Australia. – Dept. of National Development, Bureau of Mineral Resources, Geology and Geophysics, Records, **1944/34b**: 16 S., 5 Tab.; Canberra. URL: http://www.ga.gov.au/corporate_data/9876/Rec1944_034B.pdf [Stand 29.01.2016].

Patel, K. (2012): Wollastonite: slow and steady. – In: Industrial Minerals, **541** (Oktober 2012): 53–55, 1 Abb., 1 Tab.; London.

Whitehouse, J., Brownlow, J. W., Burton, G. R., Ferguson, A. C., Glen, R. A., Lishmund, S. R., MacRae, G. P., Malloch, K. R., Oakes, G. M., Paterson, I. B. L., Pienmunne, J. T., Ray, H. N. & Watkins, J. J. (2007a): Feldspar. – In: Facer, R. A. (Hrsg.): Industrial Mineral Opportunities in New South Wales. – Geological Survey of New South Wales, Bulletin, **33**: 55–59, 2 Abb., 1 Tab.; Maitland, NSW (NSW Department of Primary Industries). URL: http://www.resourcesandenergy.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0008/237833/Feldspar.pdf [Stand 29.01.2016].

Whitehouse, J., Brownlow, J. W., Burton, G. R., Ferguson, A. C., Glen, R. A., Lishmund, S. R., MacRae, G. P., Malloch, K. R., Oakes, G. M., Paterson, I. B. L., Pienmunne, J. T., Ray, H. N. & Watkins, J. J. (2007b): Wollastonite. – In: Facer, R. A. (Hrsg.): Industrial Mineral Opportunities in New South Wales. – Geological Survey of New South Wales, Bulletin, **33**: 209–212, 1 Abb.; Maitland, NSW (NSW Department of Primary Industries). URL: http://www.resourcesandenergy.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0008/237797/Barite.pdf [Stand 29.01.2016].

2.10 Gips

(Harald Elsner)

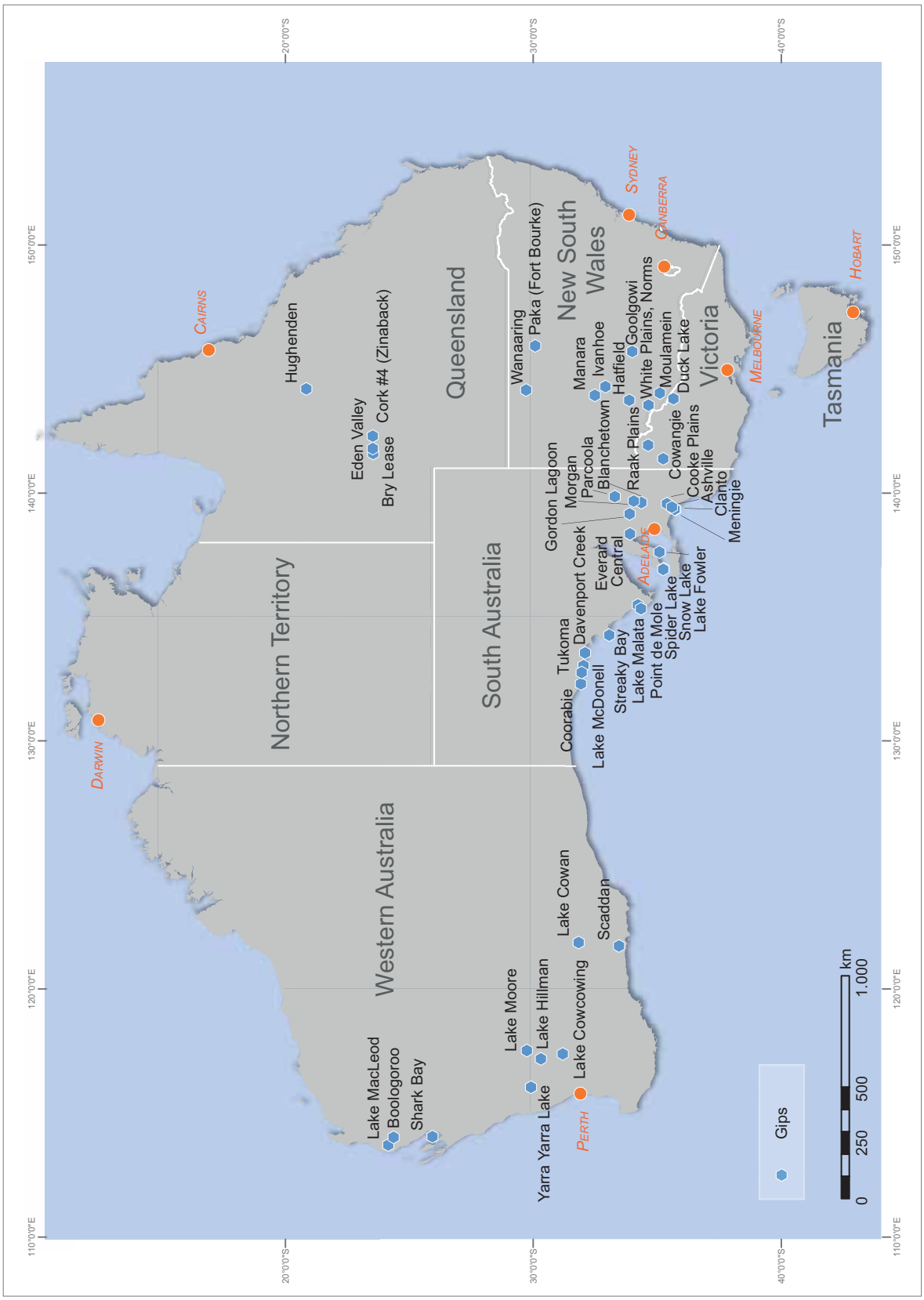


Abb. 2.10.1: Ausgewählte Gipslagerstätten in Australien.

Überblick und Verwendung

Natürlicher Gips bzw. Gipsstein ($CaSO_4$ x $2H_2O$) ist ein Evaporitgestein, das sich bei der Eindampfung in marinen oder kontinentalen Becken bzw. in Inlandseen bildet. Die primären sulfatischen Abscheidungsprodukte werden später häufig diagenetisch-metamorph überprägt. Dabei kommt es zu einer Phasenumwandlung von Gips in wasserfreies Calciumsulfat, Anhydrit und umgekehrt. In Einzelfällen kann die Gips(stein)schicht recht dünn sein, deshalb sollte aus der oberflächennahen Verbreitung von Gips allein nicht auf Vorratsmengen und Abbauwürdigkeit eines Vorkommens geschlossen werden.

REA-Gips bildet sich bei der Entschwefelung von Rauchgasen in Kohlekraftwerken mittels Kalkstein bzw. Branntkalk. REA-Gips ist nach der Entwässerung ein feuchtes, extrem feinkörniges Pulver, das nach weiterer Aufbereitung praktisch gleichwertig zu natürlichem Gips ist.

Phospho(r)gips entsteht bei der Verarbeitung von Fluorapatit mit Schwefelsäure bei der Produktion von Phosphorsäure als Rohstoff für die chemische und die Düngemittelindustrie. Darüber hinaus entstehen synthetische Gipse unter anderem bei der Titandioxid- und der Zitronensäure-Herstellung. Nur ein Bruchteil des weltweit erzeugten Phosphogipses kann weiterverwendet werden, weil er wegen ungünstiger Kristallstruktur (erhöhte Restfeuchte), erhöhter Radioaktivität und des zu hohen Fluoridgehalts nicht mit anderen Gipssorten konkurrieren kann.

Natürlicher Gips(stein) und REA-Gips finden als Bindemittel im Innenausbau (Putze und Estriche), als Abbindeverzögerer bei der Zementherstellung, als Trägerstoff (z. B. für Insektizide), als Füllstoff (für Papier, Kunststoffe, Farben, Kleber) sowie als Düngemittel/Bodenverbesserer Anwendung. Durch Dehydration gewinnt man aus Gips Halbhydrat, das Ausgangsprodukt für die Herstellung von Gipskartonplatten ist (Lorenz & Gwosdz 1998).

Wichtige Vorkommen in Australien

Nur in einem Teil der australischen Bundesstaaten wird Gips bzw. Gipsstein gewonnen. Führend ist South Australia, wo im Jahr 2015 2.303.519 t Gips für die Herstellung von Gipskartonplatten, für die Zementproduktion und untergeordnet für einen Einsatz in der Landwirtschaft gewonnen wurden. In Victoria wurden im Finanzjahr 2013/14 454.526 m^3 Gips produziert. Western Australia folgte mit einer Menge von 621.211 t (2014). In New South Wales gewannen Unternehmen im Finanzjahr 2010/11 106.897 t Gips und in Queensland im Finanzjahr 2013/14 59.560 t Gips. Abbildung 2.10.1 gibt einen Überblick über ausgewählte australische Gipslagerstätten, die im Folgenden beschrieben werden.

South Australia

In South Australia findet sich Gips in abbauwürdigen Anreicherungen in küstennahen Salzwasserseen, in ausgetrockneten Inlandsalzwasserseen (Playas) und ausgeblasen in Form von Gipsdünen (Barnes 1990). Ein Großteil des in South Australia gewonnenen hochwertigeren Gipses wird nach Victoria und News South Wales verschifft, wo es in der Zementproduktion und bei der Herstellung von Gipskartonplatten weiterverarbeitet wird. Der Rohgips niedriger Qualität, meist aus Gipsdünen, wird in der australischen Landwirtschaft zur Bodenverbesserung benötigt.

Als Abbauzentrum von Gips in South Australia sowie gleichzeitig auch in ganz Australien ist der 87 km^2 große **Lake McDonell** (Abbildung 2.10.2) südlich von Penong bzw. 60 km westlich Ceduna anzuführen. Hier fielen im Mittleren Holozän, in einem küstennahen Salzwassersee Aragonit-Pellets und Selenit (Marienglas) aus. Die dabei entstandene Lagerstätte baut sich heute aus rund 1 m mächtigem Gipsarenit mit ca. 93 % $CaSO_4$ x $2H_2O$ auf. Dieser überlagert einen rund 5 m und maximal 7,3 m mächtigen Selenit mit durchschnittlich 94,5 % $CaSO_4$ x $2H_2O$, 3,5 % $CaCO_3$, 0,9 % NaCl und 0,2 % unlöslichen Bestandteilen (Hiern 1976). Die Ressourcen betragen ca. 575 Mio. t Rohgipsinhalt. Der oberflächennahe Rohgips ist unverfestigt und wird mit Bulldozern abgeräumt. Der liegende Selenit ist meist verfestigt und wird häufig von Sole überlagert. Er muss daher vor der Gewinnung mit Baggern teils durch Sprengungen aufgelockert werden. Zudem enthält der Rohgips einen zu hohen Salzgehalt, sodass er vor Ort mehrere Jahre in Mieten aufgehaldet wird, in denen Regenwasser das Salz auslösen kann. Der „aufbereitete“ Gips wird dann zunächst per Eisenbahn in den 64 km entfernten Hafen von Thevenard und von dort per Schiff zu Lagern auf Glebe Island bei

Abb. 2.10.2: Abbau und Aufhaldung von Gips (und Salz) im Lake McDonell (Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung von SNL).

Sydney transportiert. Hier wird er verarbeitet und im Anschluss zu Endabnehmern in ganz Ozeanien exportiert. Die Gipsgewinnung in Lake McDonell begann 1919. Seit 1984 ist Gypsum Resources of Australia Pty Ltd., ein 50/50-Joint Venture von CSR Ltd. und USG Boral (50 % Boral Ltd., 50 % United States Gypsum Corporation), der Abbaubetreiber.

Auf der südlichen Halbinsel Yorke (Stenhouse Bay) im **Lake Inneston** wurde schon Ende des 19. Jahrhunderts Gips mit durchschnittlich 92 – 94 % $CaSO_4$ x $2H_2O$ abgebaut. 1993 wechselte der Abbau zum Spider Lake, wo „Indicated Resources" von 2,4 Mio. t geschichteten Gipsarenits mit durchschnittlich 91,6 % $CaSO_4$ x $2H_2O$ in durchschnittlich 1,18 m Mächtigkeit festgestellt wurden. Lizenzinhaber ist Waratah Gypsum Pty Ltd., ein Tochterunternehmen der Australian Gypsum Industries Pty Ltd., die seit 1978 zur Boral-Gruppe gehört. Aus dem Spider Lake werden jährlich einige Tausend Tonnen Gips gewonnen. Auch bei Morgan, 150 km nordöstlich von Adelaide, war früher Waratah Gypsum Ltd. aktiv, hier allerdings im Abbau von Dünen aus Gipsarenit mit durchschnittlich 75,6 % $CaSO_4$ x $2H_2O$ (Hiern 1976).

Die nahe Lagerstätte **Snow Lake** enthält bei einer durchschnittlichen Mächtigkeit von 0,92 m noch unverritzte „Indicated Resources" von 2,8 Mio. t Gipsarenit mit durchschnittlich 76,3 % $CaSO_4$ x $2H_2O$ (Geological Survey of South Australia o. J.).

Die Vorräte des wohl ebenfalls noch unverritzten Gipsvorkommens **Parcoola**, 50 km nördlich Waikerie, werden auf 12 – 17 Mio. t Gipsinhalt geschätzt (Hiern 1976). Die hangende Gipskristallschicht enthält 67 – 81 % $CaSO_4$ x $2H_2O$, 0,3 % $CaCO_3$, 0,4 % Fe_2O_3 und 2,8 % unlöslichen Bestandteile und ist durch roten Dünensand kontaminiert. Sie lagert auf mit Alunit verunreinigtem körnigem Gips mit 63,3 % $CaSO_4$ x $2H_2O$ und 23,4 % unlöslichen Bestandteilen.

Bei Davenport Creek, rund 10 km westlich Ceduna, hat Pioneer Plasterboard Pty Ltd. auf 6 km² Fläche die zwei Vorkommen von **Bielamah Lakes** mit „Indicated Resources" von zusammen 5 Mio. t Selenit und Gipsarenit in bis zu 5 m Mächtigkeit und einem Gehalt von durchschnittlich 97 % $CaSO_4$ x $2H_2O$ in Verhieb genommen. Nach mehrjähriger Auslaugung der enthaltenen Salze durch Regenwasser soll der dort bereits aufgehaldete Rohgips über den Hafen von Thevenard nach Sydney und Melbourne verbracht und dann dort zu Gipskartonplatten verarbeitet werden.

Eine der bis zu 23 m hohen Gipsdünen an den Ost- und Südostufern des **Lake Fowler** mit „Inferred Resources" von 250.000 t Gypsite und Gipsarenit mit durchschnittlich 92,9 % $CaSO_4$ x $2H_2O$, 1,1 % $CaCO_3$, 0,7 % NaCl, 0,1 % Fe_2O_3 und 3,9 % unlöslichen Bestandteilen wird in kleinem Maßstab durch Adelaide Brighton Cement Ltd. zur Zementproduktion genutzt. Lake Fowler selbst und benachbarte Salzwasserseen enthalten bis zu 4 m mächtige Selenitablagerungen mit durchschnittlich 72,8 % $CaSO_4$ x $2H_2O$ und 5,0 % $CaCO_3$ (Hiern 1976).

Ein größeres, aber geologisch nicht genau untersuchtes Inlandseevorkommen (Playa und Gipsdünen) mit „Indicated Resources" von 9 Mio. t Gips wird nahe **Blanchetown** von der David Linke Contractor Pty Ltd. abgebaut. Das Playavorkommen besteht aus bis zu 3,6 m mächtigem, geschichteten cremefarbenen Gipsarenit, der mit zunehmender Teufe immer toniger wird. Bei Blanchetown und Nuriootpa wird der abgebaute Rohgips für verschiedenste Anwendungszwecke aufbereitet (Geological Survey of South Australia o. J.).

5 km östlich **Cooke Plains** werden aus bereits 1876 entdeckten Gipsdünen von bis zu 12 m Höhe durch die familiengeführte Paterson Bulk Transport seit Jahrzehnten Gypsite und Gipsarenit mit durchschnittlich 83,9 % $CaSO_4$ x $2H_2O$, 2,8 % $CaCO_3$ und 11,1 % unlöslichen Bestandteilen (Hiern 1976) für heimische landwirtschaftliche Zwecke gewonnen. Die „Indicated Resources" dieses Vorkommens betragen rund 2 bis 3 Mio. t Gipsinhalt (Geological Survey of South Australia o. J.).

Gips, der vor allem für den Einsatz in der Landwirtschaft abgebaut wird, wird auch aus zwei der zahlreichen Salzwasserseen bei Meningie durch Meningie Gypsum Pty Ltd. gewonnen. 1998 begann die Gewinnung aus dem **Gemlake**, ca. 6 km südlich Meningie. Wenig später folgte der Abbaubeginn der Lagerstätte **Elephant Lake** (12 km nordöstlich von Meningie) mit Ressourcen von 1,4 Mio. t Rohgips mit durchschnittlich 91,8 % $CaSO_4$ x $2H_2O$ und 1,7 – 3,5 % NaCl. Weitere rund 910.000 t Rohgips lagern im bisher unverritzten Clanto Vorkommen (rund 4 km südlich Meningie) (Geological Survey of South Australia o. J.).

Ebenfalls für Landwirtschaftszwecke bauen bzw. bauten:

- G. J. Mills and McArdle Pty Ltd. Gipsarenit aus Dünen mit durchschnittlich 70 % $CaSO_4$ x $2H_2O$ (nahe Everard Central, 15 km östlich von Lochiel),
- M.E. Neindorf und G.G. Strachan Gipsdünen an den Ost- und Südufern der Gordon Lagune, (29 km ostsüdöstlich von Burra),
- Malata Nominees Pty Ltd. langgestreckte Gipsdünen am Ostufer von Lake Malata (20 km westnordwestlich von Cummins) für Abnehmer auf der südlichen Halbinsel Eyre

ab.

Die größten, bisher noch nicht abgebauten Gipsvorkommen in South Australia liegen 26 km südlich von Streaky Bay. Bei einer Mindestmächtigkeit von 1 m und einer Durchschnittsmächtigkeit von 2,8 m (max. 4,7 m) lagern im **Lake Purdilla** (Abbildung 2.10.3) auf einer 18,8 km² großen Fläche „Proved Reserves" (non-JORC) von 44 Mio. t Gipsarenit (Abbildung 2.10.4) mit durchschnittlich 88,4 % $CaSO_4$ x $2H_2O$, enthalten in „Probable Resources" (non-JORC) von 48 Mio. t Rohgips mit durchschnittlich 87,8 % $CaSO_4$ x $2H_2O$ (Mernagh 2013). Der hohe $CaCO_3$-Gehalt von durchschnittlich 6,0 % wird durch Kalkstaub und feine Muschelschalen hervorgerufen. Der NaCl-Gehalt liegt bei 2,5 %, der Gehalt an unlöslichen Bestandteilen bei 0,3 % (Hiern 1976, Barnes 1990).

Im unweit entfernt gelegenen **Lake Tooma** lagern zudem bei einer Mindestmächtigkeit von 1 m und einer Durchschnittsmächtigkeit von 2,1 m „Proved Reserves" (non-JORC) von 6 Mio. t Gipsarenit mit durchschnittlich 85,9 % $CaSO_4$ x $2H_2O$, enthalten in „Probable Resources" (non-JORC) von 48 Mio. t Rohgips mit durchschnittlich 87,8 % $CaSO_4$ x $2H_2O$ (Mernagh 2013). Zusätzlich enthalten Lake Purdilla und Lake Tooma „Indicated Resources" von jeweils 4 Mio. t Rohgips. An den Ufern sind Gips-

Abb. 2.10.3: Oberfläche von Lake Purdilla (Wiedergabe mit freundlicher von Genehmigung Minotaur Exploration Ltd.).

Abb. 2.10.4: Typischer Gipsarenit aus Lake Purdilla (Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung von Minotaur Exploration Ltd.).

dünen mit 94 – 98 % $CaSO_4$ x $2H_2O$ bzw. 0,5 Mio. t bzw. 0,17 Mio. t Gipsinhalt („Possible Reserves“) (non-JORC) ausgebildet. Gegenwärtiger Lizenzinhaber des Purdilla Gipsprojektes ist Minotaur Exploration Ltd., die hofft, durch weitere Exploration die Gesamtressourcen auf 50 bis 60 Mio. t Rohgips zu erhöhen. Minotaur Exploration strebt an, den Rohgips über einen neu zu errichtenden Jetty 15 km von Lake Purdilla oder über den Hafen von Thevenard (Entfernung 130 km) zu potenziellen Endkunden zu verschiffen.

Rund 35 km südlich von Tailem Bend wurden in den Vorkommen **Warnes und Lihou** der dortigen **Ashville** Gipslagerstätte Ressourcen von rund 5 Mio. t Gips mit durchschnittlich 73 – 88 % $CaSO_4$ x $2H_2O$ erbohrt. Näheres zur Lagerstättengeologie dieser Vorkommen ist nicht bekannt.

Weitere, möglicherweise wirtschaftlich interessante Gipsvorkommen werden auch in den küstennahen Playas von **Coorabie**, **Tukoma** und **Point de Mole** auf der westlichen Halbinsel Eyre vermutet. Viele dieser und anderer Playas sind zudem von Gipsdünen umgeben.

Victoria

In Victoria wird Gips fast ausschließlich für landwirtschaftliche Zwecke gewonnen. Benötigter hochwertigerer Gips wird dagegen aus South Australia importiert. McHafie & Buckley (1995) berichten von 67 Abbaustellen in den trockenen Regionen von Mallee und Wimmera im Nordwesten von Victoria. Größere Abbaustellen lagen früher auch bei Nypo, Jeparit, Tullyvae (South) und Hopetown.

Im Nordwesten Vicorias baut z. B. Gypsum Australia Pty Ltd. (westlich von **Albacutya**) Rohgips mit 85 % $CaSO_4$ x $2H_2O$, 4,5 % $CaCO_3$ und 0,09 % Na ab.

Die private Cumco Pty Ltd. gewinnt seit 1980 Gips aus dem **Duck Lake**, 17 km nordwestlich Kerang. Die dortigen Reserven sollen > 10 Mio. t Rohgips mit 85 – 90 % $CaSO_4$ x $2H_2O$ und 0,3 – 0,7 % Na betragen.

Boral Australian Gypsum Ltd. baut ein flächenmäßig größeres Gipsvorkommen bei **Cowangie** ab. Der Gips fungiert auch als Rohstoff für die Zementproduktion. Hier steht unter einem Meter tonigem Abraum eine ein Meter mächtige Lage aus Gips mit 95 % $CaSO_4$ x $2H_2O$ an.

Auf über 10 km^2 Fläche ist Gips bei **Raak Plains** verbreitet. Ehemalige, über 40 Jahre bestehende und relativ große Abbaubetriebe durch CSR Ltd. und Mildura Plaster Mills sind dagegen seit bereits mehreren Jahrzehnten geschlossen.

Western Australia

In Western Australia sind rund 180 Gipsvorkommen bekannt, die theoretisch Vorräte von zusammen 1.500 Mrd. t Gips enthalten sollen. Ein Großteil der westaustralischen Gipsproduktion wird exportiert, vor allem nach Japan.

Die größten Gipsvorkommen Westaustraliens treten in küstennahen, ganz oder zumindest teilweise abgeschnürten Becken auf. Die Salz-Gips-Lagerstätte **Lake MacLeod** (rund 60 km nördlich von Carnarvon) ist die diesbezüglich größte des Bundesstaates. Hier lagern bei rund 2 m Mächtigkeit rund 3,5 Mrd. t Gips, von denen > 300 Mio. t wirtschaftlich gewinnbar sein sollen. Lizenzinhaber ist seit 1978 Dampier Salt Pty Ltd., ein Joint Venture von Rio Tinto Ltd. (68,4 %) sowie der japanischen Unternehmen Marubeni Corporation (21,5 %) und Sojitz Corporation (10,1 %). Seit 1997 wird neben Salz auch Gips mittels Schwimmbaggern gewonnen, die im Anschluss mittels Grund- und Regenwasser ausgelaugt werden, um den Chloridgehalt auf ein tolerierbares Maß abzusenken. Die Förderkapazität beträgt rund 1,5 Mio. t Gips; die Jahresproduktion erreichte in den Rekordjahren 2002 bis 2006 über 1,3 Mio. t Gips. Zwischen 2009 und Anfang 2013 war der Gipsabbau gestundet. Der gereinigte und getrocknete Gips wird seitdem wieder über eine nahe Verladungsstelle bei Cape Cuvier per Schiff exportiert.

Im **nördlichen Teil von Lake MacLeod** besitzt auch Australia Minerals and Mining Group Ltd. zwei Lizenzblöcke. Diese enthalten „Inferred Resources“ von 30,9 Mio. t Gipsinhalt bei einem Gehalt von 89,5 % $CaSO_4$ x $2H_2O$ im Rohgips und einem „cut-off grade“ von 85 % $CaSO_4$ x $2H_2O$. Der Gehalt an freiem Quarz ist zum Teil deutlich erhöht. Dieses Vorkommen am Nordrand von Lake Macleod war zuvor von Prima Resources NL als Lyndon River Gipsprojekt vorgeschlagen worden. Der Abtransport müsste ebenfalls über die Verladestelle bei Cape Cuvier in 35 km Entfernung erfolgen.

Östlich von Lake MacLeod bei **Boologooro Station**, 56 bis 77 km nordnordöstlich von Canarvon, existieren drei isolierte, sicherlich ebenfalls noch unverritzte Gipsvorkommen mit „Inferred Resources“ von 9 Mio. t Gips @ 79–98 % $CaSO_4$ x $2H_2O$ bis 1 m Tiefe (Low 1976).

Eine weitere größere Lagerstätte existiert im Gebiet **Shark Bay**. Die Gewinnung, die ausschließlich für den Export bestimmt ist, begann hier 1968. In den 1980er Jahren hat hier das Joint Venture Shark Bay Gypsum, eine gemeinsame Beteiligung von Agnew Clough Ltd. und AMP Society, in großem Umfang Gips gewonnen. Der Gips erreicht hier unter 0,3 bis 1,5 m mächtigem Gypsite eine Mächtigkeit von 2 bis 5 m. Mit der Unterschutzstellung von Shark Bay als UNSECO Weltkulturerbe wurde die Gipsgewinnung 1991 eingestellt.

Weiter südlich, 12 km nordnordwestlich **Jurien Bay**, wurde historisch, ebenfalls durch CSR Readymix Ltd., in größerem Umfang Gips für die Herstellung von Gipskartonplatten gewonnen.

Die Inlandgipslagerstätten von Western Australia sind in Playas mit angrenzenden Gipsdünen im Südwesten des Bundesstaates konzentriert. 13 der dortigen Vorkommen besitzen Reserven > 1 Mio. t Rohgipsinhalt. Darunter sollen **Lake Moore** Vorräte von rund 100 Mio. t, **Lake Cowan** von 12,5 Mio. t und **Yarra Yarra Lake** von 10 Mio. t Rohgips beinhalten. Lake Cowan wurde früher durch Southern Asiatic Enterprises Pty Ltd. abgebaut, die den dort gewonnen Gipsarenit über Esperance exportierten. Derzeitig verbliebener Abbaubetreiber im Dundas Mineral Field von Lake Cowan, rund 8 km nordwestlich von Norseman, ist Whitfield Minerals Pty Ltd. Das Unternehmen produziert seit 1993 unter anderem gipshaltigen Spritzbeton für die Bergbauindustrie.

In der gleichen Region gewinnen parallel

- Gypsum Industries of Australia (ein Tochterunternehmen der AG Lime of Australia und damit von Sibelco Australia Ltd.) Gips für Landwirtschaftszwecke aus dem Lake Cowcowing nahe Wyalkatchem,
- Lake Hillman Mining Pty Ltd. seit 1978 jährlich rund 58.000 t Gips (auch für die Zementherstellung geeignet) aus Dünen am Lake Hillman, 7 km nordöstlich von Kalannie und
- Wandell Gypsum, ein Unternehmen der Weizenfarmerfamilie gleichen Namens, Gips für landwirtschaftliche Zwecke bei Scaddan.

New South Wales

Auch in New South Wales wird der dort gewonnene Gips weit vorwiegend für landwirtschaftliche Zwecke genutzt. Insgesamt sind aus diesem Bundesstaat 146 Gipsvorkommen bekannt, wobei die größten Potenziale die Regionen Bourke-Wanaaring im Nordwesten sowie Balranald-Hatfield im Südwesten besitzen. Genetisch handelt es sich sowohl um Gipsvorkommen in Playas als auch um Gipsdünen (Cooper 1976).

Gegenwärtig größter Produzent ist Balranald Gypsum Pty Ltd. mit den Gruben **White Plains** und der Ersatzlagerstätte **Norm's** bei Balranald sowie der Grube **Paxtons** nahe Hatfield. Kleinere Abbaustellen sind zudem 30 km westlich von Bourke (Grube **Paka**, in Abbau durch Far Western Stone Quarries Pty Ltd.) sowie bei Ivanhoe, Moulamein, Manara und Goolgowi in Betrieb.

Queensland

Queensland ist mit Abstand der kleinste unter den aktiven Produzentenstaaten von Gips in Australien. Südwestlich der Kleinstadt **Winton** sind zahlreiche Vorkommen von bis zu 2 m mächtigen Lagen unverfestigter Gipskristalle bekannt. Die genaue Genese dieser Vorkommen, die jeweils bis zu 2 Mio. t Rohgips enthalten, ist unklar, jedoch handelt es sich vermutlich um die Erosionsreste tertiärer Inlandsseen in diesem Gebiet. Der Gips ist ausschließlich für landwirtschaftliche Zwecke nutzbar und steht durch mehrere Privatunternehmen in Abbau:

- **Bry Lease** (195 km südwestlich von Winton) durch Brian Malcom Conolly (Mayne River Gypsum Sales Pty Ltd.) mit einer durchschnittlichen Jahresproduktion über die letzten 15 Jahre von 4.655 t pro Jahr (von Gnielinski 2013),
- **Eden Valley** (175 km südwestlich Winton), ebenfalls durch Mayne River Gypsum Sales Pty Ltd. (zuvor Eden Valley Mining Pty Ltd.) für die Lizenzinhaber Coupe mit einer durchschnittlichen Jahresproduktion über die letzten 15 Jahre von 4.821 t pro Jahr (von Gnielinski 2013),
- **Cork #4** (Zinaback) (110 km südwestlich Winton) durch Zinaback Pty Ltd. mit einer durchschnittlichen Jahresproduktion über die letzten sechs Jahre von 18.737 t pro Jahr (von Gnielinski 2013); derzeit gestundet.

Auch die private Burdekin Lime Company Pty Ltd. (Sydney Wieben Earth Moving) hat sich ein „Gipsvorkommen“ 8 km westlich von **Hughenden** gesichert. Es handelt sich dabei aber eher um einen mit Gipsadern durchzogenen erdigen Kalk, der in einem 10 km langen Abschnitt innerhalb kretazischer Sedimente auftritt. Über die letzten 16 Jahre betrug die durchschnittliche Jahresproduktion 13.465 t pro Jahr (von Gnielinski 2013).

Incitec Pivotec Ltd. betreibt in NW-Queensland, aufbauend auf einer Phosphatlagerstätte bei **Phosphate Hill**, eine Düngemittelfabrik. Bei der Produktion fallen jährlich große Mengen Phospho(r)gips an, der allerdings radioaktiv ist und deponiert wird.

Anforderungen und Bewertung

Für alle wesentlichen Anforderungen muss der Gipsgehalt im Rohgips(stein) > 70 M.-%, für die Produktion von Gipskartonplatten > 80 M.-% betragen. An die tolerierbaren Anteile von Tonmineralen, Fe_2O_3, Al_2O_3, Chloriden (< 100 ppm), Karbonaten sowie aller unlöslichen Minerale wie Quarz, aber auch aller wasserlöslichen Salzen und Verbindungen bestehen erhöhte Anforderungen. Generell sind sie unerwünscht. Der Weißegrad sollte möglichst hoch (> 70 %) sein. Zudem muß der Rohgips(stein) möglichst gleichmäßig ausgebildet sein, damit sich der Endkunde auf ein Produkt bzw. eine gleichbleibende Produktqualität einstellen kann.

In Australien wird Gips in großem Stil für landwirtschaftliche Zwecke bzw. als Bodenverbesserer eingesetzt. Hierbei werden je nach Bundesstaat vier Qualitäten („Premium“, „Grade“ 1, 2 und 3) unterschieden, an die verschiedene Anforderungen in Bezug auf die Kornverteilung sowie den Gips-, Ca-, S-, Na- und Wassergehalt gestellt werden. Es gelten:

- Premium: min. 90 % $CaSO_4 \times 2H_2O$ oder 16,7 % S
- Grade 1: min. 81 % $CaSO_4 \times 2H_2O$ oder 15,0 % S
- Grade 2: min. 67 % $CaSO_4 \times 2H_2O$ oder 12,5 % S
- Grade 3: min. 54 % $CaSO_4 \times 2H_2O$ oder 10,0 % S
- Salz: < 2,0 % NaCl bzw. < 0,8 % Na (sonst Warnhinweis erforderlich)
- Wassergehalt: < 15 %
- Korngröße: > 50 % < 2 mm und > 80 % < 5,6 mm
- Schwermetalle: < 0,001 % Cd, < 0,01 % Pb

Für eine Gewinnung im Tagebau sind nachgewiesene Gipsvorräte von > 0,5 Mio. t, besser > 5 Mio. t erforderlich. Im Tiefbau sollten die gewinnbaren Vorräte > 1 Mio. t, besser > 10 Mio. t betragen (Lorenz & Gwosdz 1998).

Deutsche Unternehmen werden in Australien kaum Gips für landwirtschaftliche Zwecke benötigen und sind somit auf die wenigen Produzenten höherwertigen Gipses angewiesen.

South Australia bietet das höchste Potenzial zur Entwicklung einer eigenen Gipsversorgung, wobei bei Interesse an den Streaky Bay Lagerstätten die Abtransportmöglichkeit des Rohgipses und die damit verbundenen Kosten gesondert zu prüfen wären. Auch sonst sind aus South Australia noch einige wenige andere, vermutlich aber kleinere und noch näher zu untersuchende Gipsvorkommen bekannt.

Eine für potenzielle Investoren interessante Gipslagerstätte liegt zudem im nördlichen Lake MacLeod (Western Australia) wobei aber auch hier der Abtransport des Gipses Probleme bereiten könnte und zudem der Gehalt an freiem Quarz deutlich erhöht ist.

Literatur

Barnes, L. C. (1990): Gypsum deposits in South Australia and Western Australia. – In: Hughes, F. E. (Hrsg.): Geology of the Mineral Deposits of Australia and Papua New Guinea. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **14**: 1651–1654, 3 Abb.; Melbourne.

Cooper, P. F. (1976): Gypsum – New South Wales. – In: Knight, C. L. (Hrsg.): Economic Geology of Australia and Papua New Guinea. 4. Industrial Minerals and Rocks. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **8**: 163–164; Parkville, VIC.

Department of Natural resources and Mines (2013): Queensland's metalliferous and industrial minerals 2012. – State of Queensland: 56 S., zahlr. Abb., 7 Tab.; Brisbane.

De La Hunty, L. E. & Low, G. H. (1958): The gypsum deposits of Western Australia. – Geological Survey of Western Australia, Bull., **6**: 110 S., 2 Abb., 7 Tab., 5 Taf.; Perth.

Geological Survey of South Australia (o. J.): Gypsum. Adelaide, South Australia. – URL: http://www.minerals.statedevelopment.sa.gov.au/invest/mineral_commodities/gypsum
[Stand. 30.04.2015].

Hiern, M. N. (1976): Gypsum – South Australia. – In: Knight, C. L. (Hrsg.): Economic Geology of Australia and Papua New Guinea. 4. Industrial Minerals and Rocks. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **8**: 166–170; 1 Tab.; Parkville, VIC.

Lorenz, W. & Gwosdz, W. (1998): Gips- und Anhydritstein. – In: Bewertungskriterien für Industrieminerale, Steine und Erden. Teil 2: Karbonat- und Sulfatgesteine. – Geol. Jb, **H 4**: 58–77, 11 Tab., 6 Abb.; Hannover.

Low, G. H. (1976): Gypsum – Western Australia. – In: Knight, C. L. (Hrsg.): Economic Geology of Australia and Papua New Guinea. 4. Industrial Minerals and Rocks. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **8**: 170–172; 1 Tab.; Parkville, VIC.

McHafie, I. W. & Buckley, R. W. (1995): Gypsum. – In: Industrial minerals and rocks of Victoria. – Geological Survey Report, **102**: 90–97, 3 Abb., 1 Tab.; Melbourne, VIC.

Mernagh, T. P. (2013) (Hrsg.): A review of Australian salt lakes and assessment of their potential for strategic resources. – Geoscience Australia, Record 2013/39: 243 S., zahlr. Abb. und Tab.; Canberra. – URL: http://www.ga.gov.au/corporate_data/76454/Rec2013_039.pdf
[Stand 29.01.2016].

von Gnielinski, F. (2013): Queensland Minerals. A summary of major mineral resources, mines and projects. – Geological Survey of Queensland: 192 S., 3 Abb., 214 Fotos, 23 Tab., 11 Anh.; City East, QLD.

Whitehouse, J., Brownlow, J. W., Burton, G. R., Ferguson, A. C., Glen, R. A., Lishmund, S. R., MacRae, G. P., Malloch, K. R., Oakes, G. M., Paterson, I. B. L., Pienmunne, J. T., Ray, H. N. & Watkins, J. J. (2007): Gypsum. – In: Facer, R. A. (Hrsg.): Industrial Mineral Opportunities in New South Wales. – Geological Survey of New South Wales, Bulletin, **33**: 75–80, 2 Abb., 1 Tab.; Maitland, NSW (NSW Department of Primary Industries). – URL: http://www.resourcesandenergy.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0005/237848/Gypsum.pdf
[Stand 29.01.2016].

2.11 Graphit

(Harald Elsner)

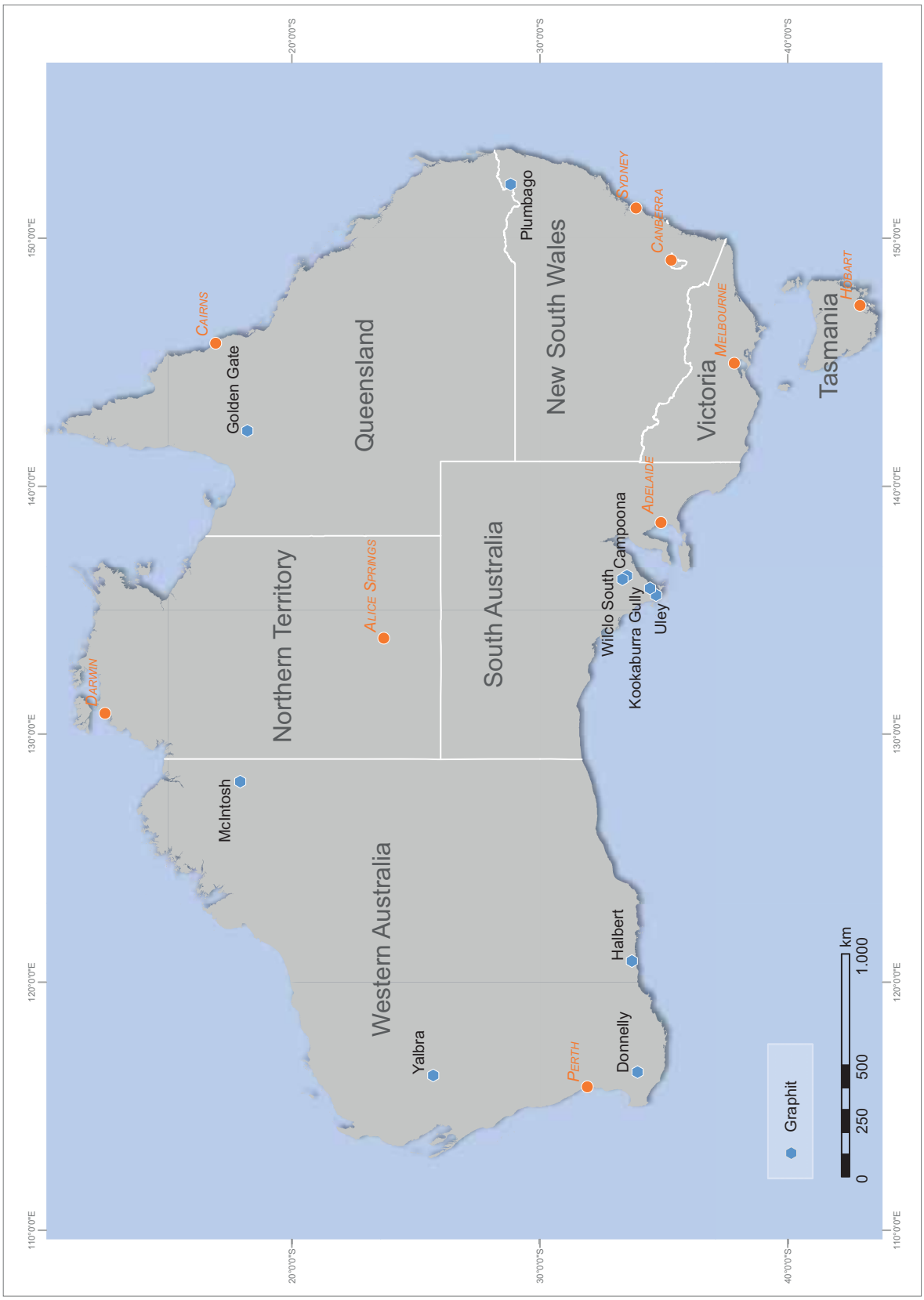


Abb. 2.11.1: Ausgewählte Graphitlagerstätten in Australien.

Überblick und Verwendung

Graphit ist eine der zwei Kristallmodifikationen von reinem Kohlenstoff (C). Die andere ist Diamant. Graphit ist ein schwarzes, sehr weiches und fettiges Mineral, das typisch für metamorphe Gesteine ist, deren organische Anteile metamorph zu Graphit umgewandelt wurden. In der Natur gibt es drei Modifikationen von Graphit: a) Flockengraphit, der am häufigsten auftritt, b) massiger Ganggraphit, der nur auf Sri Lanka gewonnen wird, und c) amorpher Graphit, der durch die Metamorphose von Kohleflözen entstand.

Graphit ist ein High-Tech-Industriemineral. Aufgrund seiner hohen Feuerfestigkeit wird ein Großteil des natürlichen Graphits zur Auskleidung von Schmelztiegeln, Gießformen und Öfen sowie für Bremsbeläge verbraucht. Weitere Anwendungsfelder sind die Nutzung als Graphitelektroden für Batterien, Lichtbogenöfen und Kraftstoffzellen, als Festschmierstoff bzw. als Werkstoff für selbstschmierende Lager und Dichtungen, die Herstellung von Kohlebürsten für Elektromotoren sowie die Produktion von Spezialkunststoffen, Bleistiften und Graphitdispersionen.

Wichtige Vorkommen in Australien

In Australien wurde zwischen 1993 und 2014 kein Graphit mehr gewonnen, nachdem das Bergwerk Uley in South Australia wegen eines starken Preisrückgangs auf dem Weltgraphitmarkt die Produktion einstellen musste. Derzeit gibt es jedoch wieder zahlreiche Graphitprojekte, von denen die meisten in South Australia angesiedelt sind. Auch die Aufbereitungsanlage in Uley wurde im Frühjahr 2014 wieder in Betrieb genommen und im Jahr 2015 dort erneut 20 t Graphit produziert. Abbildung 2.11.1 gibt einen Überblick über ausgewählte australische Graphitlagerstätten, die im Folgenden beschrieben werden.

South Australia

Die Halbinsel Eyre nordwestlich Adelaide (South Australia) besitzt die meisten und insgesamt sicherlich größten Graphitlagerstätten Australiens. In einer rund 200 km langen Zone von Port Lincoln in Südwesten bis nach Kimba im Nordosten ist Flockengraphit, aber auch amorpher Graphit in den metamorphen Gesteinen der dortigen paläoproterozoischen Hutchison Group weit verbreitet. Im Süden dieser Zone liegt die sogenannte Graphitprovinz Mikkira mit mehreren Einzellagerstätten von Flockengraphit und Gesamtvorräten von rund 350 Mio. t Erz @ 6–7 % Graphit (Keeling 2000). Im Nordosten der Zone, in den Cleve Uplands, sind die Graphite dagegen deutlich feinkörniger ausgebildet (Johns 1976).

In der Graphitprovinz Mikkira liegt auch der Graphittagebau **Uley** (22 km westsüdwestlich von Port Lincoln in unmittelbarer Küstennähe). Die Graphitlagerstätte Uley wurde in den 1910er Jahren entdeckt und seit den 1920er Jahren mit Unterbrechungen abgebaut. Nach Johns (1976) wurde in Uley sogar schon 1866 Graphit gewonnen. Neue Explorationstätigkeiten in den 1980er Jahren kulminierten in einer Wiedereröffnung des gestundeten Tagebaus im Jahr 1986, doch aufgrund stark gefallener Weltmarktpreise für Graphit im Jahr 1992 musste die Produktion ein Jahr später erneut eingestellt werden. In Abbau standen zuletzt in einem bis 20 m tiefen und 120 x 100 m großen, inzwischen gefluteten Tagebau eng gefaltete, zerscherte und hochgradig metamorph überprägte, verwitterte Schiefer und Gneise mit einer Mächtigkeit von bis zu 12 m (Abbildung 2.11.2). In der oberen Hälfte der Grube wurde der Abbau durch sekundäre Kalkzementationslagen stark behindert. Das gewonnene Graphiterz wurde gebrochen, gemahlen und mit Diesel flotiert; danach wurde der Flockengraphit aus dem Vorkonzentrat

Tab. 2.11.1: Chemische Zusammensetzung des Rückstandes (McNally 1997).

Asche	**4,59 %**
Flüchtige Bestandteile	1,50 %
S	0,11–0,18 %
SiO_2	47,65–50,88 %
Al_2O_3	27,15–27,30 %
Fe_2O_3	14,96–15,23 %
TiO_2	0,98–1,03 %
P_2O_5	0,35–0,42 %
CaO	1,32–1,98 %
MgO	1,95–3,36 %
Na_2O	0,50–0,85 %
K_2O	1,52–1,89 %
SO_3	0,16–0,54 %
Mn	Spuren

Abb. 2.11.2: Bohrkerne mit verwitterten, sehr stark vererzten Graphitschiefern der Graphitlagerstätte Uley (Foto: BGR).

über Rütteltische abgetrennt und mittels Magnetscheidern von Fe-Oxiden gesäubert und gesiebt. Verkauft wurde ein Vielzahl von kundenspezifischen Graphitkonzentraten @ 85–94 % Graphit (McNally 1997, Keeling 2000).

Nach McNally (1997) bestätigten Untersuchungen der NGS Naturgraphit GmbH die sehr gute Qualität des Uley-Graphits bei gleichzeitig erhöhtem Kalkgehalt. Den höchsten Preis erzielte im Jahr 1993 der +594 Grade, ein Produkt mit 80 % > 250 µm Korngröße und min. 94 % (typisch 95,6–97,8 %) C-Gehalt. Die chemische Zusammensetzung des Rückstands ist in Tabelle 2.11.1 zusammengefasst.

Valence Industries Ltd. (früher Strategic Graphite Ltd.) nahm im März 2014 die technisch überarbeitete Aufbereitungsanlage in Uley erneut in Testbetrieb (Abbildung 2.11.3) und begann im Dezember 2014 – ebenfalls noch testweise – mit der ersten kommerziellen Produktion. An einer Optimierung der Aufbereitung wird derzeit intensiv gearbeitet. Geplant ist in einer Phase I die Aufbereitung vor Ort verbliebener Graphitkonzentrate, insgesamt ca. 800 t @ max. 53 % TGC („total graphitic carbon"), sowie der Erzhalden (174.000 t @ Ø 6,2 % TGC) zu 8.000 t Graphit/Jahr (Kapazität 14.000 t/Jahr). Ab Mitte 2016 ist in einer Phase II die Produktion von bis zu 64.000 t Graphit/Jahr aus dem neu aufzufahrenden, bis 60 m tiefen Uley Pit #2 geplant. Die Anteile der erwarteten Flockengrößen ist in Tabelle 2.11.2 zusammengefasst.

Das Graphitkonzentrat aus Uley soll per Lkw nach Adelaide transportiert und in einer dort noch zu errichtenden Aufbereitungsanlage zu neun Standardprodukten sowie, je nach Kundenwunsch, zu weiteren Produkten veredelt werden. Der kurzfristige Investitionsbedarf hierfür liegt bei 57 Mio. A$ (freundliche mündliche Mitteilung, Valence Industries Ltd.), sodass Valence Industries an strategischen Investoren interessiert ist.

Die aktuellen „Measured, Indicated & Inferred Resources" von Uley betragen unter Annahme eines „cut-off grades" von 3,8 % TGC 3,214 Mio. t Erz @ 11,54 % TGC (rund 371.000 t C-Inhalt). Die „Proved & Probable Reserves" betragen 2,034 Mio. t Erz @ 12,9 % TGC (262.400 t C-Inhalt).

Direkt nordöstlich an Uley schließen sich das Graphitprojekt **Gum Flat** und rund 50 km weiter nordöstlich die Graphitprojekte **Koppio** und die **Kookaburra Gully** an. Diese drei Projekte werden von Lincoln Minerals Ltd. entwickelt. Das Unternehmen strebt an, die eigene Produktion von Graphit, vor allem aus der Lagerstätte Kookaburra Gully (35 km nördlich von Port Lincoln)

Tab. 2.11.2: Spezifikationen der geplanten Graphitproduktion aus dem Uley Pit #2.

Spezifikation	Anteil [%]	Größe [µm]	„Mesh"
Fine flakes	46,5	105–50	– 150 + 300
Large flakes	14,7	180–105	– 80 + 150
Premium large flakes	22,7	250–180	– 60 + 80
Premium large flakes	16,1	> 420–250	– 40 + 60

Abb. 2.11.3: Aufbereitungsanlage von Valence Industries in Uley im März 2015 (Foto: BGR).

bis 2015 aufnehmen zu können. Geplant ist dort die Gewinnung der Graphitschiefer in einem Tagebau bis 100 m Teufe und die jährliche Aufbereitung von 250.000 t (200.000–400.000 t) Erz zu 30.500–35.500 t (24.000–55.000 t) Flockenerzkonzentrat @ > 93 % TGC. Die bisher festgestellte Größenverteilung der Flocken in Kookaburra Gully variiert sehr stark (Tabelle 2.11.3).

Oberflächennah anstehendes Graphiterz besitzt deutlich gröbere Flocken als in größeren Teufen in Bohrungen angetroffenes Erz. Lincoln Minerals Ltd. ist zur Umsetzung der Pläne an strategischen Investoren sehr interessiert. **Kookaburra Gully** weist unter Annahme eines „cut-off grade" von 2 % TGC „Indicated & Inferred Resources" von 3,23 Mio. t Erz @ 11,2 % TGC (360.700 t C-Inhalt) bzw. äquivalent unter Annahme eines „cut-off grades" von 5 % TGC Ressourcen von 2,20 Mio. t Erz @ 15,1 % TGC (331.800 t C-Inhalt) auf. Für die verbliebenen Restvorräte in der 1946 aufgegebenen Grube Koppio Graphite (Johns 1976) existiert eine Abschätzung der „Inferred Resources" von 57.000 t Erz @ 13,1 % TGC (7.400 t C-Inhalt).

Tab. 2.11.3: Größenverteilung der Graphitflocken in Kookaburra Gully (nach Lincoln Minerals Ltd. 2015).

Spezifikation	Größe [µm]	Anteil [%]
sehr feine Flocken	< 20	2–31
feine Flocken	20–75	34–61
mittelgroße Flocken	75–106	10–24
große Flocken	106–150	6–16
sehr große Flocken	> 150	2–24

Im Zentrum zwischen Kookaburra Gully, Koppio und Campoona (siehe unten) liegt ein weiteres großes Explorationsgebiet mit zahlreichen Graphitvorkommen (**Siviour**, **Carpa**, **Mt. Priscilla**, **Beames Farm**), das von Ausmin Development Pty Ltd. gehalten, aber bis zum 31.12.2016 von ActivEX Ltd. erworben werden kann. Alle notwendigen Explorationsarbeiten in diesem Gebiet stehen noch aus.

Zwischen Kimba und Cowell, im äußersten Nordosten der Eyre Peninsula-Graphitzone (Cleve Uplands), befinden sich das Graphitprojekt **Campoona** und 15 km westlich davon das Projekt **Carappee Hill** (Sugarloaf). Während letzteres noch näher exploriert werden muss, hat der Lizenzinhaber beider Projekte (Archer Exploration Ltd.) für Campoona (Campoona Shaft & Campoona Central), unter Annahme eines „cut-off grade" von 2 % TGC, „Measured, Indicated & Inferred Resources" von 5,27 Mio. t Erz @ 7,6 % TGC (397.600 t C-Inhalt) publiziert. Unter Annahme eines „cut-off grades" von 5 % TGC ergeben sich äquivalent Ressourcen von 2,527 Mio. t Erz @ 12,3 % TGC (310.800 t C-Inhalt). Aus diesem im Tagebau gewinnbaren Vorkommen könnten amorpher Graphit und ultrafeine Graphitflocken produziert werden. In Zusammenarbeit mit der University of Adelaide sollen zudem verschiedene Graphenprodukte erzeugt werden.

Im Juni 2014 übernahm Archer Exploration Ltd. zudem die Explorationslizenz **Waddikee**, die sich nordwestlich an die Explorationslizenz von Carappee Hill anschließt. Im diesem Gebiet sind mehrere Graphitvorkommen (**Jamieson Tank**, **Cut Snake**, **Ridgestone**, **Argent**, **Lacroma**, **Francis**, **Balumbah**, **Wilclo**, **Wilclo South**) bekannt, wobei zumindest in einigen dieser Vorkommen auch grober Flockengraphit auftritt. Das Vorkommen **Wilclo South** (Qualität des Graphits nicht publiziert) besteht aus einer oberen und einer unteren Graphiterzlinse, die durch Störungen voneinander getrennt sind. Unter Annahme eines „cut-off grade" von 5 % TGC wurden von dem bisherigen Lizenzinhaber Monax Mining Ltd. in Wilclo South „Inferred Resources" von 6,38 Mio. t Erz @ 8,8 % TGC (561.400 t C-Inhalt) berechnet.

Western Australia

Im Norden von Western Australia, unweit des Great Northern Highway bzw. rund 280 km südlich von Port Wyndham, entwickelt Xexagon Resources Ltd. das Projekt **McIntosh**. Entlang eines 10 km langen Ausstrichgebietes eines Graphitschiefers wurden fünf elektromagnetische Anomalien identifiziert, von denen ein Teil des „Target 1" bereits näher untersucht wurde. Dieses enthält über 400 m streichende Länge und bei einem „cut-off grade" von 2,0 % TGC „Indicated & Inferred Resources" von 7,135 Mio. t verwitterten und primären Graphiterzes @ 4,73 % TGC (337.500 t C-Inhalt). Hexagon Resources Ltd. plant aktuell, das „Target 1" weiter und vollständig zu explorieren, um die dortige Tonnage zu vergrößern. Zudem soll mit den Explorationsarbeiten im nordöstlich anschließenden Projekt **Black Rock** begonnen und die Aufbereitungsversuche am Graphiterz aus dem Projekt McIntosh fortgeführt werden. Bei dem dortigen Flockengraphit soll es sich um „all large to coarse" „high purity flake graphite" handeln, das für die Produktion von Li-Ionen-Batterien geeignet ist. Die Korngrößenverteilung des in Aufbereitungsversuchen erhaltenen Flockengraphits ist in Tabelle 2.11.4 zusammengefasst.

In einer im Juni 2014 vorgelegten Scoping Studie ging Lamboo Resources Ltd. (heute Hexagon Resources Ltd.) von einer jährlichen Aufbereitung von 2,4 Mio. t Erz zu 87.000 t Flockengraphitkonzentrat @ > 95 % TGC aus.

Das Graphitprojekt **Yalbra** liegt ca. 250 km nordwestlich von Meekatharra und 280 km östlich von Carnarvon und erstreckt sich über eine rund 37 km² große Fläche. Graphit ist hier in steil einfallenden, archaischen Graphitschiefern fein verteilt, tritt aber auch in dünnen Gängen auf. Der Lizenzinhaber, Buxton Resources Ltd., hat im Februar 2014 eine erste Ressourcenabschätzung („Inferred") der „Main Zone" von Yalbra vorgelegt. Die Schätzung beziffert sich auf 2,27 Mio. t Erz @ 20,1 % TGC bei einem „cut-off grade" von 7 % TGC (456.600 t C-Inhalt). Das Unternehmen will nun die Erkundung fortsetzen, um die Ressourcenzuverlässigkeit zu erhöhen. Auch muss geklärt werden, wie hoch der Anteil an grobkörnigem Flockengraphit im Vorkommen ist.

Im Süden von Western Australia liegt das Graphitprojekt **Halbert** der ehemals privaten Graphite Australia Pty Ltd, die sich aktuell in Konkurs befindet. Die dortigen Graphitressourcen sollen 1,47 Mio. t Erz @ 18,2 % C (268.000 t C-Inhalt) betragen. In der Nachbarschaft des Vorkommens hielt Lithex Resources Ltd. Explorationslizenzen über das seit langem bekannte Graphitprojekt **Munglinup** (Lagerstätte mit grobem Flockengraphit, Carter 1976). Jedoch hat das Unternehmen die Lizenzen im Sommer 2014 an Sol Jar Property Pty Ltd. veräußert.

Ebenfalls im Süden von Western Australia (95 km südöstlich von Bunbury) ist Australia Minerals and Mining Group Ltd. Lizenzinhaber des Graphitpro-

Tab. 2.11.4: Korngrößenverteilung des in Aufbereitungsversuchen erhaltenen Flockengraphits im Projekts McIntosh (nach Hexagon Resources Ltd. 2015).

Korngröße [µm]	< 38	38 – 53	53 – 75	75 – 90	90 – 106	106 – 125	125 – 180	180 – 250	250 – 355	355 – 425	425 – 500	> 500
Anteil [%]	37,5	6,2	9,8	4,7	4,6	4,5	10,4	7,4	7,4	3,2	2,5	1,8

jekts **Donnelly** (Ellis 1951, Carter 1976). Hier wurden bereits seit 1905 mit Unterbrechungen unter Tage insgesamt rund 4.000 t toniges Graphiterz abgebaut. Das aufbereitete Konzentrat wurde im Anschluss nach England verschifft. Nach Ellis (1951) tritt am Donnelly River fein- bis mittelgroßer Flockengraphit, nach Carter (1976) jedoch ausschließlich amorpher Graphit auf. Ende der 1980er Jahre wurde das Gebiet das erste Mal systematisch exploriert. Der jetzige Lizenzinhaber arbeitet daran, zukünftig ausreichende Graphitressourcen für eine Wiederaufnahme des Abbaus nachweisen zu können.

Queensland

Im Norden von Queensland, in der Region Croydon, hält Crater Gold Mining Ltd. mehrere Explorationslizenzen über polymetallische Vererzungen (Zn, Ag, Sn, Cu, Pb), aber auch über ein Graphitpropjekt namens **Golden Gate**. Dabei handelt es sich um eine vermutlich hydrothermale Graphitmineralisation bis max. 7,5 m Mächtigkeit entlang der flach einfallenden Kontaktzone eines Granits zu älteren rhyolithischen Vulkaniten. Schätzungen eines früheren Lizenzinhabers gingen von Ressourcen (non-JORC) von 20 Mio. t Erz @ 5,5 % Graphit inklusive einer Reicherzzone mit 6 Mio. t Erz @ 10 % Graphit aus. Weitere Explorationsarbeiten sind notwendig, um eine Ressourcenabschätzung nach JORC zu generieren und die Graphitqualitäten näher zu bestimmen. Nicht weit entfernt wurden auch im 10 km südöstlich liegenden Goldprospekt **Jolly Tar** von Crater Gold Mining hochgradige Graphitmineralisationen erbohrt.

Cribb (1976) gibt eine Übersicht über die historischen Abbaustellen von Graphit in Queensland. Darunter sind auch Beschreibungen der Graphitlagerstätten bei **Collinsville** und am **Mount Bopple**, in denen früher amorpher Graphit aus metamorph überprägten Kohleflözen abgebaut wurde. Eine systematische Exploration neueren Datums steht hier noch aus.

New South Wales

New South Wales besitzt nur ein geringes Potenzial für Graphit, wobei ein Großteil der bekannten 14 Vorkommen beim Eindringen von Granitoiden in Mergel oder Siltsteine mit organischen Anteilen entstand. Im Gebiet von Undercliff Falls, nördlich von Tenterfield, liegen neun der 14 Graphitvorkommen, von denen **Plumbago** das bekannteste ist. Dieses Vorkommen lieferte historisch knapp 3.000 t Erz mit feinkörnigem bzw. amorphem Graphit geringer Qualität. Gegenwärtiger Lizenzinhaber ist die Sol Jar Property Pty Ltd.

Anforderungen und Bewertung

Die Mindesttonnage von Flockengraphitlagerstätten, die im Tagebau abgebaut werden sollen, liegt bei 1.000 t Graphitinhalt. Mittelgroße Flockengraphitlagerstätten besitzen 50.000 – 500.000 t Lagerstätteninhalt. Lagerstätten von amorphem Graphit müssen deutlich mehr Inhalt aufweisen, um wirtschaftlich interessant zu sein. Kleine Lagerstätten besitzen bis zu 1 Mio. t, mindestens jedoch 100.000 t Graphitinhalt. Erst ab 10 Mio. t Lagerstätteninhalt kann von großen Graphitlagerstätten gesprochen werden (Gwosdz et al. 2008).

Um in einem Tagebau abbauwürdig zu sein, muss verwittertes Erz mit großen Flocken > 2 M.-% C und unverwittertes Primärerz > 5 M.-% C enthalten. Für einen zukünftigen Tiefbau sind durchschnittliche C-Gehalte im Graphiterz von > 20 M.-% erforderlich (Gwosdz et al. 2008).

Sulfide wie Pyrit oder Pyrrhotin, aber auch Verwachsungen zwischen Glimmer und Graphit sind unerwünscht und müssen während der Aufbereitung entfernt werden. Analysen und Anwendungstests von Graphiterzen sind dabei nur aussagekräftig, wenn sie von etablierten Graphitgewinnungs- und/oder -aufbereitungsunternehmen durchgeführt wurden. Dies ist bei vielen australischen Projektentwicklern offensichtlich nicht der Fall, da universitäre oder andere Forschungseinrichtungen mit den Untersuchungen beauftragt werden.

Jegliches Graphiterz muss nach der Gewinnung zerkleinert (gemahlen) und flotiert werden. Graphiterz sollte deshalb nur aus einem der drei anfangs genannten Graphittypen bestehen, da Mischerz nicht flotiert und das Konzentrat untypische Eigenschaften aufweisen wird. Obwohl es für solch ein untypisches Konzentrat vermutlich auch Kunden gäbe, dürfte die Vermarktung schwierig und langwierig sein.

Tab. 2.11.5: Gehalte und Ressourcen bedeutender Graphitlagerstätten Australiens.

Lagerstätte	Bundesstaat	@ Cut-off [% TGC]	Gehalt [% TGC]	Ressource C [in t]
Golden Gate	Queensland	–	~5,5	> 1.000.000?
Wilclo South	South Australia	5,0	8,8	561.400
Yalbra	Western Australia	7,0	20,1	465.600
Campoona	South Australia	2,0	7,6	397.600
		5,0	12,3	310.800
Uley	South Australia	3,8	11,54	371.000
Kookaburra Gully	South Australia	2,0	11,2	360.700
		5,0	15,1	331.800
McIntosh	Western Australia	2,0	4,73	337.500
Halbert	Western Australia	?	18,2	268.000

Generell ist das weltweite Interesse an grobflockigem Graphit größer als an feinkörnigem Graphit oder amorphem Graphit. Gleichzeitig werden derzeit aber weltweit über 300 Graphitprojekte entwickelt, die sich alle um Investoren bemühen. Im Vergleich der Lagerstätten mit publizierten Ressourcen und Gehalten liegen die australischen Lagerstätten bei den C-Gehalten im oberen Mittelfeld, bei den Tonnagen (gegebenenfalls mit Ausnahme der Lagerstätte Golden Gate) im unteren Mittelfeld (Hatch 2014).

Mit Ausnahme der Kriterien Tonnage und Gehalte (Tabelle 2.11.5) ist eine Bewertung der australischen Graphitprojekte anhand der verfügbaren Daten nur bezüglich der Art des Graphits und der vorhandenen Infrastruktur möglich. Demnach sind gegenwärtig nur die Lagerstätten Uley sowie Kookaburra Gully und McIntosh (letztere mit Einschränkungen) für Investoren zu empfehlen. Außer beim Uley-Graphit sind vor allem umfassende eigene Anwendungstests vor einer weiteren Bewertung zwingend notwendig.

Literatur

Anonym (2013): Graphite. – Geological Survey of SA: 2 S., 2 Abb.; Adelaide (Primary Industries and Regions SA). – URL: http://www.pir.sa.gov.au/minerals/geological_survey_of_sa/commodities/graphite
[Stand 29.01.2016].

Carter, J. D. (1976): Graphite – Western Australia. – In: Knight, C. L. (Hrsg.): Economic Geology of Australia and Papua New Guinea. 4. Industrial Minerals and Rocks. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **8**: 158–159; Parkville, VIC.

Cribb, H. G. S. (1976): Graphite – Queensland. – In: Knight, C. L. (Hrsg.): Economic Geology of Australia and Papua New Guinea. 4. Industrial Minerals and Rocks. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **8**: 155–156; Parkville, VIC.

Ellis, H. A. (1951): Report on the Donnelly River graphite deposits, W.A. – Geol. Surv. Western Australia, Annual Report 1952: 13–14; Perth. – URL: http://geodocs.dmp.wa.gov.au/viewer/multipageViewerAction.do?documentId=46129&viewMarkId=0&ct=true&at=none&btv=true&atv=false&vmtv=false&ac=ff0000&cabinetId=1101&pg=0&scl=41&bds=0|0|3196|3996
[Stand 29.01.2016].

Gwosdz, W., Röhling, S. & Lorenz, W. (2008): Graphit. – In: Bewertungskriterien für Industrieminerale, Steine und Erden. Teil 13: Beryllium-Minerale, Brom, Jod, Graphit, Farberden, Mangan-Minerale und Zeolithe. – Geol. Jb, **H 14**: 52–75, 1 Abb., 16 Tab.; Hannover.

Hatch, G. (2014): TMR Advanced Graphite Projects Index: 2 Tab., 2 Abb.; Carpentersville, IL. – URL: http://www.techmetalsresearch.com/metrics-indices/tmr-advanced-graphite-projects-index/
[Stand 29.01.2016].

Hexagon Resources Ltd. (2015): McIntosh Flake Graphite Project. – URL: http://hexagonresources.com/operations/mcintosh/
[Stand 29.01.2016].

Johns, R. K. (1976): Graphite – South Australia. – In: Knight, C. L. (Hrsg.): Economic Geology of Australia and Papua New Guinea. 4. Industrial Minerals and Rocks. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **8**: 157–158; Parkville, VIC.

Keeling, J. L. (2000): Uley graphite – a world class resource. – MESA Journal, **18**: 6–11, 11 Abb.; Adelaide. – URL: https://sarigbasis.pir.sa.gov.au/WebtopEw/ws/samref/gui/image/DDD/MESAJ018.pdf
[Stand 29.01.2016].

Lincoln Minerals Ltd. (2015): Kookaburra Gully Graphite. – URL: http://www.lincolnminerals.com.au/projects.php?body_id=5?project=Kookaburra%20Gully%20Graphite
[Stand 29.01.2016].

McNally, T. C. (1997): Uley graphite deposit. – MESA Journal, **5**: 16–18, 4 Abb., 2 Tab.; Adelaide. – URL: https://sarigbasis.pir.sa.gov.au/WebtopEw/ws/samref/gui/image/DDD/MESAJ005.pdf
[Stand 29.01.2016].

Whitehouse, J., Brownlow, J. W., Burton, G. R., Ferguson, A. C., Glen, R. A., Lishmund, S. R., MacRae, G. P., Malloch, K. R., Oakes, G. M., Paterson, I. B. L., Pienmunne, J. T., Ray, H. N. & Watkins, J. J. (2007): Graphite. – In: Facer, R. A. (Hrsg.): Industrial Mineral Opportunities in New South Wales. – Geological Survey of New South Wales, Bulletin, **33**: 71–73; Maitland, NSW (NSW Department of Primary Industries). – URL: http://www.resourcesandenergy.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0004/237847/Graphite.pdf
[Stand 29.01.2016].

2.12 Indium

(Siyamend Al Barazii)

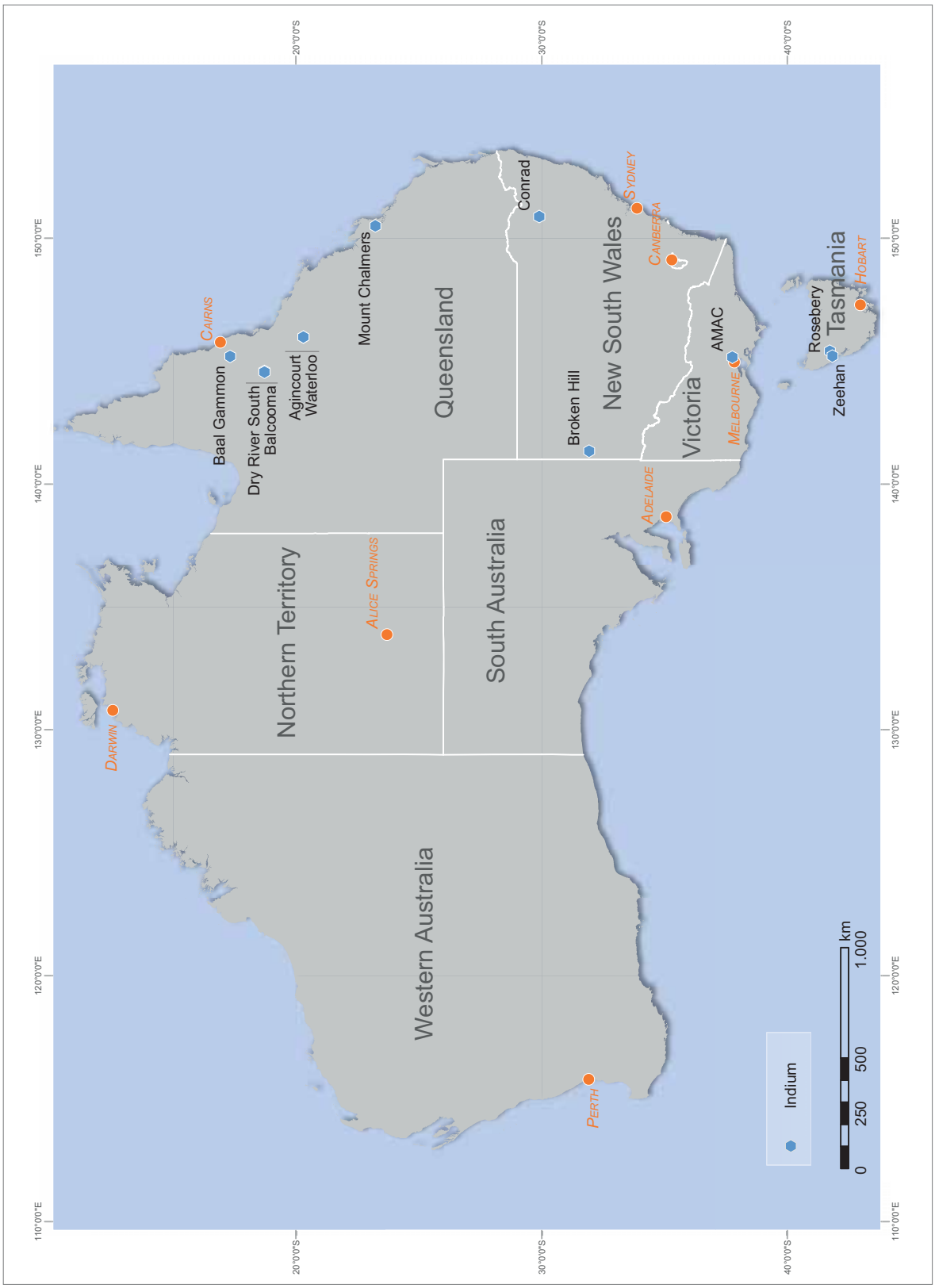


Abb. 2.12.1: Ausgewählte Buntmetalllagerstätten und -vorkommen mit ausgewiesenen In-Gehalten in Australien.

Überblick und Verwendung

Indium (In) ist ein silber-weißes, gut verformbares weiches Metall. Von den zwölf bekannten indiumführenden Mineralen hat Roquesit ($CuInS_2$) die größte wirtschaftliche Bedeutung (Schwarz-Schampera & Herzig 2002). Indium wird ausschließlich als Beiprodukt im konventionellen Bergbau auf Buntmetalle, vor allem aus zinkreichen und nachgeordnet aus zinn- und kupferreichen Sulfiderzen gewonnen (Schwarz-Schampera & Herzig 2002). Der In-Gehalt in Erzen schwankt abhängig vom Lagerstättentyp zwischen 20 und 200 ppm. In den Konzentraten der Buntmetallerze Blei, Zink, Kupfer und Zinn beträgt er durchschnittlich 70 bis 200 ppm und ist somit relativ gering (Schwarz-Schampera 2014). Nach Schwarz-Schampera & Herzig (2002) treten hohe In-Gehalte, gemeinsam mit hohen Buntmetallgehalten, in folgenden Lagerstättentypen auf:

- Zinn-Wolfram-Stockwerksvererzungen und porphyrische Zinnlagerstätten
- vulkanogene Massivsulfidlagerstätten
- sedimentär-exhalative Massivsulfidlagerstätten
- polymetallische Ganglagerstätten
- epithermale Ganglagerstätten
- Skarnlagerstätten
- porphyrische Kupferlagerstätten
- aktive magmatische Systeme

Nahezu die gesamte weltweite Indiumproduktion (ca. 95 %) stammt aus Aufbereitungs- und Verhüttungsrückständen der Zinkgewinnung, unter anderem aus Anodenschlämmen und Schlacken sowie aus dem Recycling von Stäuben und Gasen, die beim Schmelzen von Zinkerzkonzentraten entstehen. Das Ausbringen von Indium beträgt hierbei nur etwa 35 % (Liedtke et al. 2011, Polinares Consortium 2012).

Die Verwendungsmöglichkeiten von Indium sind sehr vielfältig. Der Großteil (ca. 80 %) des weltweit produzierten Indiums wird in Indium-Zinn-Oxiden („indium-tin oxides“, ITO) gebunden. Diese leitfähigen und dennoch transparenten Dünnschichten finden vor allem in Flüssigkristallanzeigen („liquid crystal display“, LCD) bzw. Flachbildschirmen ihre Anwendung. Zudem wird Indium zunehmend für die Herstellung von Photovoltaikmodulen (Kupfer-Indium-Selenid bzw. -Sulfid und Cadmium-Tellurid-Zellen) eingesetzt. Indium wird weiterhin als Halbleiter, z. B. in Form von Indiumphosphid (InP), als Legierungsbestandteil und zur Herstellung bleifreier Lote sowie in Form von Verbindungen mit Nichtmetallen in vielfältigen Einsatzgebieten verwendet (Liedtke et al. 2011).

Wichtige Vorkommen in Australien

In Australien wird derzeit kein Primärindium, d. h. nicht als Beiprodukt bei der Gewinnung von Buntmetallerzen, gewonnen; auch nicht bei der Elektrolyse von Zink. Allerdings sind die Voraussetzungen im Land dafür gegeben.

Insgesamt wurden im Jahr 2014 Erze mit 1,52 Mio. t Zn-Inhalt im Land gefördert und 384.000 t Raffinadezink produziert (BGR 2015). Unter der Annahme eines durchschnittlichen Zn-Gehaltes von 7,5 % im Erz beläuft sich die Bergwerksförderung von Zinkerz für das Jahr 2014 auf ca. 20,3 Mio. t. Unter der Annahme eines durchschnittlichen In-Gehalts von nur 10 ppm im geförderten Zinkerz läge der mitgeförderte In-Inhalt bei 203 t. Unter Berücksichtigung des Ausbringens von etwa 35 % hätten 2014 etwa 71 t In-Inhalt aus dem in Australien geförderten Zinkerz ausgebracht werden können. Vor diesem Hintergrund ist das Rohstoffpotenzial zur Gewinnung von Indium im Land enorm.

Das Schweizer Unternehmen Nyrstar betreibt eine Zinkhütte in Hobart (Tasmania) und eine weitere in Port Pirie (South Australia). Die Kapazität beider Hütten beträgt zusammen 325.000 t Raffinadezink. Die Sun Metals Corporation Pty Ltd., ein Tochterunternehmen der Korea Zinc Company Ltd., betreibt in Townsville (Queensland) eine Hütte mit einer Raffinadekapazität von jährlich 225.000 t Zink. Das Unternehmen produziert Indiumbarren mit 99,999 % In (5N) in der Republik Korea, wahrscheinlich auch aus australischem Zinkerzkonzentrat.

Es liegen nur wenige Informationen zu australischen Buntmetalllagerstätten mit ausgewiesenen In-Gehalten vor. Tabelle 2.12.1 und Abbildung 2.12.1 geben einen Überblick über ausgewählte australische Buntmetalllagerstätten und -vorkommen mit ausgewiesenen In-Gehalten. Diese werden im Folgenden beschrieben.

Tab. 2.12.1: Ausgewählte Buntmetalllagerstätten und -vorkommen mit ausgewiesenen In-Gehalten in Australien (Schwarz-Schampera & Herzig 2002, Monto Minerals Ltd. 2012, Geoscience Australia 2014).

Lagerstätte	Bundes-staat	Hauptwertmetall	Beiprodukte	Abbauart	Status
Broken Hill	NSW	Zn, Pb, Ag	(In)	UG	Produktion
Conrad	NSW	Zn, Pb, Ag	Sn,(In)	UG	Prospektion
Baal Gammon	QLD	Cu, Ag	Sn, (In)	OP	Produktion
Waterloo	QLD	Zn, Cu	Ag, (In)	OP	Prospektion
Agincourt	QLD	Zn, Pb	Ag, (In)	OP	Prospektion
Dry River South	QLD	Zn, Pb, Ag	Au, (In)	UG	Wartung und Instandhaltung
Balcooma	QLD	Zn, Pb, Ag	Au, (In)	OP, UG	Wartung und Instandhaltung
Mount Chalmers	QLD	Cu, Au	(In)	OP	Prospektion
Rosebery	TAS	Zn, Pb	Cu, Au, (In)	UG	Produktion
Zeehan	TAS	Zn	(In)	H	Wartung und Instandhaltung

OP = Tagebau, UG = Tiefbau, H = Halde, (In) = Indium wird nicht als Beiprodukt gefördert.

Queensland

Die polymetallischen vulkanogenen Massivsulfidvorkommen **Waterloo** und **Agincourt** befinden sich ca. 35 bis 40 km südwestlich von Charters Towers. Monecke (2002) führt für Waterloo Ressourcen ohne nähere Kategorisierung von 243.500 t Erz @ 13,8 % Zn, 3 % Pb neben weiteren Metallen auf. Der In-Gehalt im Sphalerit schwankt zwischen 60 bis 140 ppm, wird jedoch für das Gesamtvorkommen auf durchschnittlich 10 ppm geschätzt (Schwarz-Schampera & Herzig 2002). Für Agincourt wurden keine Ressourcen ausgewiesen. Der In-Gehalt im dortigen Sphalerit wird mit > 20 ppm angegeben und für das Gesamtvorkommen ebenfalls auf durchschnittlich 10 ppm geschätzt (Schwarz-Schampera & Herzig 2002).

Die polymetallischen vulkanogenen Massivsulfidlagerstätten **Dry River South** und **Balcooma** befinden sich ca. 230 km nordwestlich von Townsville und sind über die Kennedy Development Road 62 zu erreichen (Abbildung 2.12.2). Kagara Ltd. wies im Jahr 2010 noch Ressourcen ohne nähere Kategorisierung von 1,26 Mio. t Erz @ 8,7 % Zn, 3,7 % Pb neben weiteren Metallen für die Lagerstätte Balcooma und von 1,56 Mio. t Erz @ 7,8 % Zn, 3,7 % Pb neben weiteren Metallen für die Lagerstätte Dry River South aus (Kagara Ltd. 2012).

Kagara Ltd. meldete im Jahr 2012 Insolvenz an und wurde von Snow Peak Mining Pty Ltd. für 40 Mio. A$ übernommen. Der In-Gehalt im Sphalerit wird für die Lagerstätte Dry River South mit 40 bis 210 ppm und im Chalkopyrit mit 30 bis 300 ppm angegeben. Den In-Gehalt für das Gesamtvorkommen schätzen Schwarz-Schampera & Herzig (2002) jedoch lediglich auf durchschnittlich 10 ppm. Der In-Gehalt im Sphalerit wird für die Lagerstätte Balcooma mit 15 bis 25 ppm und im Chalkopyrit mit 10 bis 85 ppm angegeben. Den In-Gehalt für das Gesamtvorkommen schätzen Schwarz-Schampera & Herzig (2002) jedoch lediglich auf durchschnittlich 5 ppm.

Snow Peak Mining Pty Ltd. hat mit der Übernahme von Kagara Ltd. die Lizenz zur Gewinnung der polymetallischen Lagerstätte **Baal Gammon** erworben. Im März 2014 hat Consolidated Tin Mines Ltd. für Snow Peak Mining Pty Ltd. im Unterauftrag von Monto Minerals Ltd. mit der Fortsetzung des seit April 2012 gestundeten Abbaus der Lagerstätte begonnen (siehe auch Kapitel 2.27). Monto Minerals Ltd. hatte 2012 noch Ressourcen („Indicated & Inferred“) von 2,8 Mio. t Erz @ 1 % Cu, 0,2 % Sn und 39 ppm In neben weiteren Metallen ausgewiesen. Die Ressource („Indicated & Inferred“) beinhaltete 829.000 t Erz @ 2,5 % Cu, 0,4 % Sn und 96 ppm In neben weiteren Metallen (Monto Minerals Ltd. 2012). Bezogen auf die ausgewiesene Gesamtressource entspricht dies einem möglichen In-Inhalt von ca. 109 t. Die

Abb. 2.12.2: Satellitenaufnahme der Tagebaue Dry River South (im Südwesten) und Balcooma (im Nordosten). Die Kennedy Development Road 62 befindet sich ca. 8 km nordwestlich der Tagebaue (Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung von SNL).

Aufbereitung der polymetallischen Erze der Lagerstätte Baal Gammon erfolgt in der Aufbereitungsanlage von Snow Peak Mining Pty Ltd. in Mount Garnet (Geoscience Australia 2014). Indium wird hier nicht ausgebracht.

Die polymetallische vulkanogene Massivsulfidlagerstätte **Mount Chalmers** wurde zuletzt von 1979 bis 1982 abgebaut. Sie befindet sich ca. 15 km nordöstlich von Rockhampton. Taube (1990) kalkulierte, dass über die gesamte Lebensdauer der Lagerstätte (1898 – 1943 und 1979 – 1982) insgesamt 1,2 Mio. t Erz @ 3,5 ppm Au und 2 % Cu ausgebracht wurden. Das Erz wurde in Mount Morgan verhüttet. Die Reserven („Proved & Probable“) der Lagerstätte Mount Chalmers wurden 1980 noch mit 3,86 Mio. t Erz @ 1,65 % Cu und 1,87 ppm Au angegeben (Porter GeoConsultancy 2015). Der In-Gehalt im Chalkopyrit wird mit 10 bis 60 ppm angegeben. Den In-Gehalt für das Gesamtvorkommen schätzen Schwarz-Schampera & Herzig (2002) jedoch lediglich auf durchschnittlich 10 ppm. Es liegen keine aktuellen Angaben zu Ressourcen/Reserven für die Lagerstätte Mount Chalmers vor. Nach den vorliegenden Informationen könnte die Lagerstätte jedoch zum Zeitpunkt der Betriebseinstellung noch über Reserven von ca. 2,6 Mio. t Erz verfügt haben. Unter dieser Annahme würde der In-Inhalt noch 27 t betragen.

New South Wales

Das chinesische Unternehmen Shenzhen Zhongjin Lingnan Nonfemet Co. Ltd (Shenzhen) hat im Jahr 2013 die metamorph überprägte sedimentär-exhalative Massivsulfidlagerstätte **Broken Hill** von Perilya Ltd. übernommen (siehe auch Kapitel 2.5). Die Lagerstätte befindet sich ca. 430 km nordöstlich von Adelaide. Für Broken Hill wurden „Proved & Probable Reserves“ von 11,7 Mio. t Erz @ 6,2 % Zn und 4,8 % Pb ausgewiesen (Stand Juni 2012, SNL 2014). Der In-Gehalt im Sphalerit wird mit 10 bis 75 ppm angegeben, für das Gesamtvorkommen jedoch auf durchschnittlich 50 ppm geschätzt (Schwarz-Schampera & Herzig 2002). Dies entspricht einem möglichen In-Inhalt von 585 t.

Noch ist Malachite Resources Ltd. Lizenzinhaber des polymetallischen Vorkommens **Conrad**, welches sich ca. 25 km südlich von Inverell befindet. Das Vorkommen wird derzeit an Silver Mines Ltd. verkauft; im Juni 2015 erhielt Malchite Resources Ltd. eine Anzahlung in Höhe von 50.000 A$ (Malachite Resources Ltd. 2015). Die „Indicated Resources" wurden 2014 mit 447.000 t Erz @ 7,7 ppm In und die „Inferred Resources" mit 1,8 Mio. t Erz @ 6,4 ppm In (Geoscience Australia 2014) neben weiteren Metallen angegeben (siehe auch Kapitel 2.27).

Tasmania

Die polymetallische vulkanogene Massivsulfidlagerstätte **Rosebery** befindet sich ca. 190 km nordwestlich von Hobart und 90 km südlich der Hafenstadt Burnie. Das Unternehmen MMG Ltd. ist derzeit Betreiber des Bergwerks und produziert Zink-, Blei- und Kupfererzkonzentrate sowie Rohgold. Die Buntmetallerzkonzentrate werden per Schmalspurbahn zum Hafen von Burnie transportiert. Von dort aus werden sie zu Hütten in Hobart (Tasmania) und Port Pirie (South Australia) verschifft (siehe auch Kapitel 2.5). Das Rohgold wird ebenfalls in Australien raffiniert. Für Rosebery wurden „Proved & Probable Reserves" von 5,4 Mio. t Erz @ 9,7 % Zn, 3,4 % Pb neben weiteren Metallen ausgewiesen. Die Ressourcen einschließlich der Reserven belaufen sich auf 17,9 Mio. t Erz @ 11 % Zn, 3,5 % Pb neben weiteren Metallen (Stand Juni 2012, SNL 2014). Der In-Gehalt im Sphalerit wird mit 25 bis 220 ppm und im Chalkopyrit mit 10 bis 70 ppm angegeben. Den In-Gehalt für das Gesamtvorkommen schätzen Schwarz-Schampera & Herzig (2002) jedoch lediglich auf durchschnittlich 10 ppm. Bezogen auf die Reserven entspricht dies einem möglichen In-Inhalt von 54 t.

Die polymetallischen Lagerstätten **Allison**, **West Comstock**, **South Comstock**, **Balstrup** und **Oceana** im Umfeld der kleinen Ortschaft Zeehan an der Westküste des Bundesstaates Tasmania, ca. 195 km nordwestlich von Hobart, wurden von 1882 bis 1914 und von 1947 bis 1960 abgebaut (Anderson & Schwab Australia Ltd. 2005). Bis 1913 hat die damalige Tasmanian Smelting Company die Erze vor Ort verhüttet. Die Schlacke wurde vor Ort aufgehaldet. Die Halde befindet sich ca. 4 km südlich der Ortschaft Zeehan und verfügt über „Proved Reserves" in Höhe von 450.750 t Erz @ 13,4 % Zn, 1,7 % Pb und 54 ppm Ag (Pyrosmelt N. L. 1991). Anderson & Schwab Australia Ltd. (2005) wiesen 495.000 t Erz @ 13,95 % Zn, 1,5 % Pb und 35 ppm Ag für die Schlackehalde aus. Geoscience Australia (freundliche schriftliche Mitteilung, S. Cadman, Geoscience Australia) weist für die Halde eine Ressource ohne nähere Kategorisierung von 22 t In-Inhalt aus. Bezogen auf die ausgewiesene Ressource aus dem Jahr 2005 entspricht dies einem In-Gehalt von 45 ppm.

Intec Envirometals Pty Ltd. hat im Jahr 2010 angekündigt, 30.000 t Schlacke der Halde mit 8.000 t Aufbereitungsstaub des Bergwerks Hellyer zu mischen und zur Aufbereitung nach China zu exportieren (Intec Envirometals Pty Ltd. 2010). Das Unternehmen hat das Vorhaben aufgrund fallender Zinkpreise nach 2011/2012 nicht weiterverfolgt und 2014 seine Forschungseinrichtung in Burnie aufgrund finanzieller Schwierigkeiten geschlossen. Vor diesem Hintergrund erscheint es möglich, dass Intec Envirometals Pty Ltd. einen Verkauf der Halde in Erwägung zieht. Die vom Unternehmen gehaltene Abbaulizenz lief bis zum 05. Januar 2016.

Im Rahmen eines Versuchsabbaus lieferte Oceania Tasmania Pty Ltd. im Jahr 1989 noch insgesamt 7.334 t Erz @ 14,8 % Zn, 3,6 % Pb und 62 ppm Ag aus dem Bergwerk **South Comstock** an die Aufbereitungsanlage in Rosebery (Anderson & Schwab Australia Ltd. 2005). Für die Lagerstätte Oceana wies ZZ Exploration Pty Ltd. (2007) „Inferred Ressources" von 2,1 Mio. t Erz @ 9,2 % Zn, 2,6 % Pb neben weiteren Metallen aus. Obwohl kein In-Gehalt für die Ressource ausgewiesen wurde, kann davon ausgegangen werden, dass auch diese Lagerstätte Indium führt.

Victoria

AMAC Alloys produziert in Victoria unter anderem Indiumbarren mit einem Gewicht von 0,6 kg und einem Gehalt von 99,99 % In. Das Ausgangsmaterial für die Herstellung wird allerdings aus China importiert.

Anforderungen und Bewertung

Da nahezu die gesamte weltweite Indiumproduktion als Beiprodukt bei der Verhüttung von Buntmetallerzen, vorwiegend aus Aufbereitungs- und

Tab. 2.12.2: Reserven und Ressourcen ausgewählter Buntmetalllagerstätten mit ausgewiesenen In-Gehalten in Australien (Schwarz-Schampera & Herzig 2002, Monto Minerals Ltd. 2012, Geoscience Australia 2014).

Reserven				
Lagerstätte	**Bundesstaat**	**Erz [Mio. t]**	**In-Gehalt [ppm]**	**In-Inhalt [t]**
Broken Hill	NSW	11,7	50	585
Rosebery	TAS	5,4	10	54
Ressourcen				
Lagerstätte	**Bundesstaat**	**Erz [Mio. t]**	**In-Gehalt [ppm]**	**In-Inhalt [t]**
Baal Gammon	QLD	2,8	39	109
Mount Chalmers	QLD	2,7	10	27
Zeehan	TAS	0,5	45	22
Conrad	NSW	2,3	8	18
Dry River South	QLD	1,6	10	16
Balcooma	QLD	1,3	5	6
Waterloo	QLD	0,2	10	2

Verhüttungsresten der Zinkgewinnung, unter anderem aus Anodenschlämmen und Schlacken sowie dem Recycling von Stäuben und Gasen, ausgebracht wird, existieren keine allgemeingültigen Anforderungen für Lagerstätten mit Indium als Hauptwertmetall. Literatur- und Unternehmensangaben zu Mindestgehalten an Indium in Buntmetalllagerstätten liegen ebenfalls nicht vor. Jedoch wird Indium weltweit aus indiumführenden Konzentraten mit bereits etwa 100 ppm In und aus Anodenschlämmen mit 120 ppm In ausgebracht (Liedtke et al. 2011). Verfahren zur Indiumextraktion sind sehr kostenintensiv. Obwohl die direkten Produktionskosten für Indium schwierig zu ermitteln sind, schätzt Schwarz-Schampera (2014) diese auf 50 bis 100 US$/kg Indium.

Tabelle 2.12.2 gibt einen Überblick über ausgewählte australische Buntmetalllagerstätten mit ausgewiesenen In-Gehalten.

Aus keinem der gewonnenen polymetallischen Erze der Lagerstätten Broken Hill, Baal Gammon und Rosebery wird derzeit in Australien Indium ausgebracht. Die polymetallischen Erze werden in Hobart, Port Pirie und Townsville verhüttet oder exportiert. Über den Verbleib der bei der elektrolytischen Raffination anfallenden indiumführenden Aufbereitungsrückstände aus diesen Hütten liegen keine Informationen vor. Da die Korea Zinc Company Ltd. in der Republik Korea Raffinadeindium produziert, wird vermutet, dass die anfallenden indiumführenden Anodenschlämme vom Betreiber selbst weiter aufbereitet werden. Nyrstar investiert derzeit unter anderem in die Modernisierung der Hütten in Hobart und Port Pirie. Für den Ausbau der Produktionskapazität und die Erweiterung um eine Gallium- und Indiumaufbereitung der Hütte in Hobart investiert Nyrstar allein 52 Mio. A$. Die tasmanische Landesregierung unterstützt die Modernisierung und den Ausbau mit 29 Mio. A$. Es ist vorgesehen, Indium und Gallium aus Zinkoxid auszubringen, das in Port Pirie anfällt (Nyrstar 2015). Bisher liegen noch keine Informationen zur Produktionskapazität von Indium in Hobart und zu den Reinheiten des zu produzierenden Raffinadeindiums vor. Neben der von Nyrstar betriebenen Zinkhütte Auby in Frankreich (Raffinadeindium @ 99,998 % In) wird Hobart die zweite Hütte des Unternehmens sein, die Indium ausbringt. Deutschen Abnehmern/Verarbeitern von Indium bietet sich mit der Produktionszunahme zur Herstellung von Indium in Hobart die Möglichkeit der Lieferquellendiversifizierung.

Potenziellen deutschen Investoren wird hingegen empfohlen, sich mit Intec Environmetals Pty Ltd. in Verbindung zu setzen, um das Potenzial der Schlackenhalde südlich der Ortschaft Zeehan im Detail zu prüfen. Inwieweit das Material für die

Abb. 2.12.3: Reserven und Ressourcen ausgewählter Buntmetalllagerstätten mit ausgewiesenen Indiumgehalten in Australien.

Aufbereitung in der Hütte in Hobart geeignet ist, wäre direkt mit Nyrstar zu klären.

Mittelfristig ist nicht zu erwarten, dass Snow Peak Mining Pty Ltd. die Produktion aus den Lagerstätten Dry River South und Balcooma wieder aufnimmt. Die polymetallischen indiumführenden Lagerstätten Conrad, Watterloo, Agincourt und Mount Chalmers empfehlen sich aufgrund der frühen Projektstadien und geringer In-Gehalte (Abbildung 2.12.3) derzeit nicht für eine Investition. Ob diese Lagerstätten zukünftig wieder in Produktion gebracht werden können, bleibt abzuwarten.

Literatur

ANDERSON & SCHWAB AUSTRALIA LTD. (2005): Review and Valuation of the Mineral Assets of Zeehan Zinc Limited. – URL: http://www.sec.gov/Archives/edgar/data/788206/000119312506081421/dex991.htm [Stand 13.07.2015].

BGR – BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE (2015): Fachinformationssystem Rohstoffe. – unveröff.; Hannover [STAND: 11.12.2015].

GEOSCIENCE AUSTRALIA (2014): Australia's Identified Mineral Resources 2013. – Geoscience Australia. 173 S., 24 Abb., 19 Tab.; Canberra.

INTEC ENVIROMETALS PTY LTD. (2010): Zeehan Residues/EAFD Blending Project – Environmental Effects Report. URL: http://epa.tas.gov.au/assessment/pages/assessments/document.aspx?docid=182 [Stand 13.07.2015].

KAGARA LTD. (2012): Company Presentation. The VMS deposits of North Queensland. Deposition, Deformation, Discovery, Development. – URL: http://smedg.org.au/M&W%202010/Morrison%20North%20Queensland%20VMS%20Deposits.pdf [Stand 29.06.2015].

Liedtke, M., Buchholz, P. & Schwarz-Schampera, U. (2011): Fachgutachten, Rohstoffrisikobewertung für Metalle, Gallium, Tellur, Indium, Tantal: 110 S., (nicht veröffentlicht).

Malachite Resources Ltd. (2015): ASX Announcement. Malachite Proceeding with Sale of Conrad Silver Project. – URL: http://www.malachite.com.au/IRM/Company/ShowPage.aspx/PDFs/1579-10000000/MalachiteProceedingwithSaleofConradSilverPr [Stand 29.06.2015].

Monecke, T. (2002): Geology, host rock succession, and hydrothermal alteration of the Waterloo volcanic-hosted massive sulphide deposit (Northern Queensland, Australia). PhD thesis, Technische Universitat Bergakademie Freiberg.

Monto Minerals Ltd. (2012): Baal Gammon Resource Update. – URL: http://montominerals.com/baal%20_gammon_polymetallic_project [Stand 15.07.2015].

Nyrstar (2015): Nyrstar Hobart secures multi-metals future. – URL: http://www.nyrstar.com/investors/en/news/Pages/1937558.aspx [Stand 15.07.2015].

Polinares Consortium (2012): Fact Sheet: Indium. – Polinares working paper No. 39: 17 S., 8 Abb., 6 Tab.; Dundee.

Porter GeoConsultancy (2015): Mt. Chalmers – Deposit Description. – URL: http://www.portergeo.com.au/database/mineinfo.asp?mineid=mn367 [Stand 29.06.2015].

Pyrosmelt N. L. (1991): Zeehan Slag Dump Retreatment Project – Pre-Feasibility Study (Volume 1), 209 S., 6 Abb., 28 Tab.; Hobart.

Schwarz-Schampera, U. & Herzig, P. (2002): Indium, Geology, Mineralogy, and Economics: 275 S.; Springer-Verlag, Heidelberg.

Schwarz-Schampera, U. (2014): Indium. – In: Gunn, G. (Hrsg.): Critical Metals Handbook. – British Geological Survey: 204–229, 6 Abb., 7 Tab.; Nottingham.

SNL – SNL Financial LC (2014): SNL Metals & Mining. – Kostenpflichtige Datenbank; USA [Stand 17.06.2015].

Taube, A. (1990): Mount Chalmers Gold-Copper deposit. – In: Hughes F. E. (Hrsg.): Geology of the Mineral Deposits of Australia & Papua New Guinea, The Australasien Institute of Mining and Metallurgy, Monograph 14: 1493–1497; 4 Abb., 2 Tab.; Melbourne.

ZZ Exploration Pty Ltd. (2007): Exploration Licence 20/2002 – Annual Report ZZ 2006. – URL: http://www.mrt.tas.gov.au/webdoc2/app/default/document_tasxrept_detail?id=84379&pageMode=directLink [Stand 13.07.2015].

2.13 Kalisalz

(Harald Elsner)

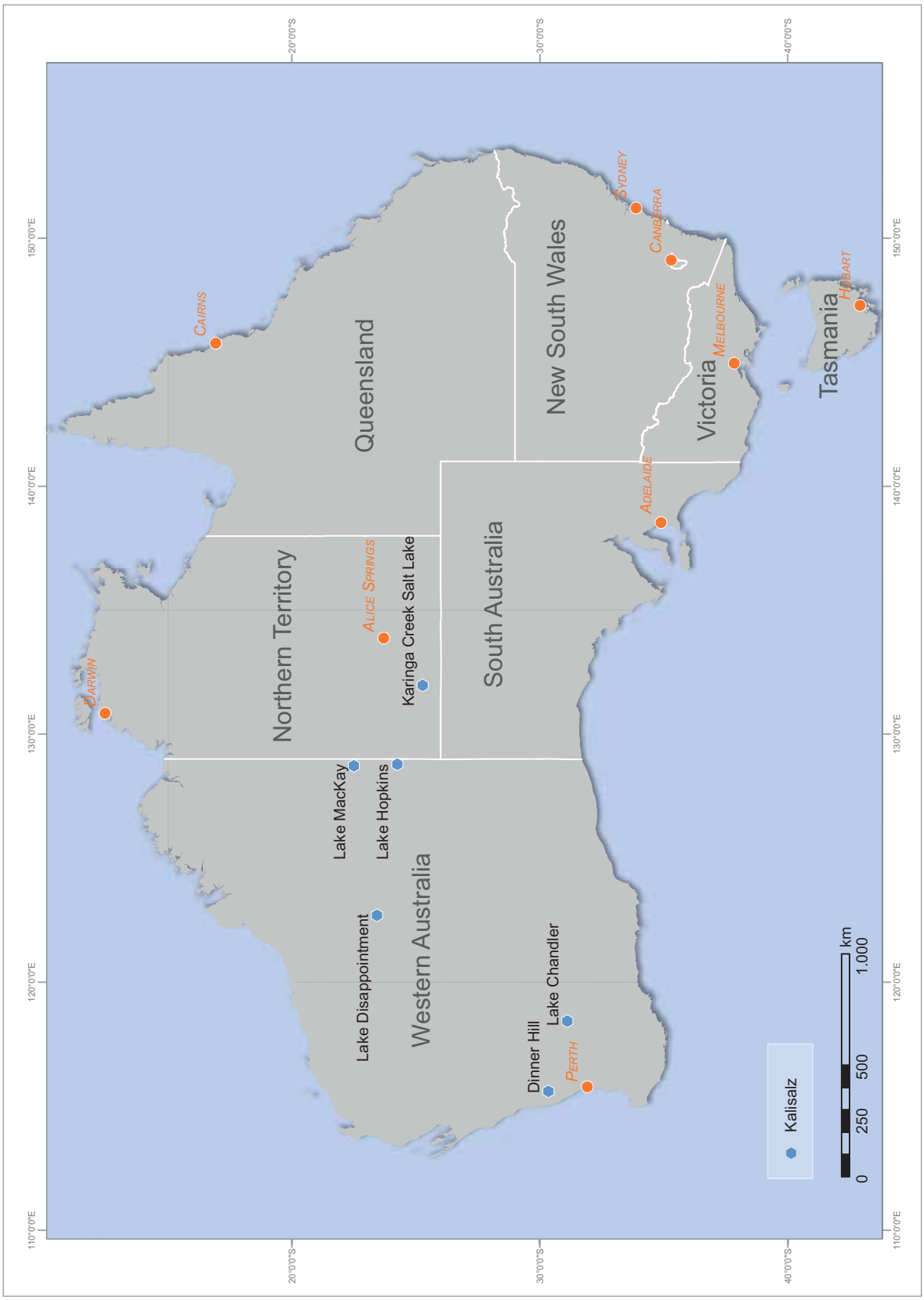


Abb. 2.13.1: Ausgewählte Kalilagerstätten in Australien.

Überblick und Verwendung

Unter dem Sammelbegriff Kalisalz werden alle kaliumhaltigen Salze zusammengefasst, von denen die drei wichtigsten folgende sind:

- Sylvin (KCl) mit einem theoretischen Gehalt von 52,44 M.-% K bzw. 63,17 M.-% K_2O
- Carnallit ($KMgCl_3 \times 6H_2O$) mit einem theoretischen Gehalt von 14,07 M.-% K bzw. 16,95 M.-% K_2O
- Kainit ($KCl \times MgSO_4 \times H_2O$) mit einem theoretischen Gehalt von 15,99 M.-% K bzw. 19,26 M.-% K_2O

Andere, wesentlich seltenere Kalisalze sind:

- Polyhalit ($K_2Ca_2Mg(SO_4)_4 \times 2H_2O$) mit einem theoretischen Gehalt von 15,6 M.-% K_2O
- Langbeinit ($K_2Mg_2(SO_4)_3$) mit einem theoretischen Gehalt von 22,7 M.-% K_2O
- Leonit ($K_2Mg(SO_4)_2 \times 4H_2O$) mit einem theoretischen Gehalt von 25,7 M.-% K_2O
- Schönit ($K_2Mg(SO_4)_2 \times 6H_2O$) mit einem theoretischen Gehalt von 23,4 M.-% K_2O
- Glaserit ($K_3Na(SO_4)_2$) mit einem theoretischen Gehalt von 42,5 M.-% K_2O und
- Syngenit ($K_2Ca(SO_4)_2 \times H_2O$) mit einem theoretischen Gehalt von 28,7 M.-% K_2O

Kalisalze und -gesteine treten ausschließlich in Verbindung mit größeren Steinsalzlagerstätten auf und sind flözartig in die Natriumsalze eingelagert. In Kalilagerstätten ist die Mischung Sylvin und Steinsalz, der Sylvinit, am weitesten verbreitet und als begehrtes Kalirohsalz in fast allen Kalibergwerken der Erde Hauptgegenstand des Abbaus. Auch Sole kann an Kalium angereichert sein, wobei Gehalte von 2 M.-% K nur selten überschritten werden (Gwosdz et al. 2006).

Kalium ist ein unverzichtbarer Bestandteil der physiologischen Prozesse in Pflanzen. Ca. 95 % des weltweit produzierten Kaliumchlorids wird zur Düngung verwendet. Auch für die australische Landwirtschaft ist die Düngung mit kaliumhaltigen Düngern unverzichtbar. Diese werden gegenwärtig in einer Menge von rund 300.000 t pro Jahr vor allem aus Kanada, Taiwan und Deutschland importiert.

Wichtige Vorkommen in Australien

Australien ist sehr arm an Kalisalzlagerstätten, weswegen zur Minderung der Importabhängigkeit auch im Weltmaßstab relativ kleine und „ungewöhnliche“ Kaliumlagerstätten von Interesse sind und volkswirtschaftliche Bedeutung besitzen können. Die Exploration auf Kalisalze in Australien konzentriert sich auf bekannte Vorkommen in den ariden Gebieten von Western Australia und des Northern Territory (Abbildung 2.13.1).

Western Australia

Lake Disappointment liegt in der Little Sandy Wüste Westaustraliens rund 320 km östlich von Newman. Es handelt sich um einen rezenten Salzsee mit einer Fläche von ca. 1.600 km^2 (Abbildung 2.13.2) und Kaliumanreicherungen in den Seesedimenten und der Sole. Reward Minerals Ltd. möchte das Kalium in Form von K_2SO_4 ausbringen und schätzt die verfügbaren „Indicated Resources“ bis in 4 m Tiefe auf 7,705 Mrd. t Sediment @ 3,17 kg K_2SO_4/t (24,4 Mio. t K_2SO_4- bzw. 13,3 Mio. t K_2O-Inhalt) zuzüglich Sole @ 12,37 kg K_2SO_4/m^3 (6,58 g K/l). In einem vierstufigen Aufbereitungsverfahren konnte ein Ausbringen des K_2SO_4 im Sediment von 91,9 % K zu einem Endprodukt (Leonit-Kainit-Carnallit-Sylvit-Gemisch) mit 6,97 % K und 9,85 % NaCl erreicht werden.

Nördlich und westlich von Lake Disappointment hält Reward Minerals Ltd. zusätzliche Explorationslizenzen über u. a Lake **Winifred**, **Lake Dora**, **Lake Waukarlycarly**, **Lake Auld**.

Abb. 2.13.2: Satellitenaufnahme des Lake Disappointment im Jahr 2007 (Foto: NASA/Wikipedia).

Rund 150 km südlich von Lake MacKay liegt der Salzsee **Lake Hopkins**, der durch Rum Jungle Resources Ltd. exploriert wird. Das Unternehmen wies für das dortige Teillizenzgebiet E69/2814 mit einer Fläche von 85,91 km² bei einer Durchschnittsmächtigkeit von 18,7 m Sediment je nach angenommener Porosität „Inferred Resources" von 1.606 Mio. m³ Sediment mit Sole @ 3,849 kg K/m³ (1,6 – 2,5 Mio. t K bzw. 3,6 – 5,6 Mio. t K_2SO_4) nach.

Ein weiterer Salzsee in Western Australia, **Lake Chandler**, 45 km nördlich von Merredin und 300 km östlich von Perth gelegen, enthält nach Berechnungen von ActivEX Ltd. aus dem Jahr 2009 in bis zu 6 m mächtigen alunitreichen Tonen „Inferred Resources" von 5,78 Mio. t K_2O-Inhalt bei einem Gehalt von 5,73 % K_2O. Eine Scoping-Studie ergab, dass ein geplantes Projekt nur bei hohen Kalipreisen wirtschaftlich sein würde.

Kretazische glaukonitische Grünsande der Molecap- und der Poison Hill-Greensand-Formationen des Perth Basin stehen im Interesse von Potash West NL. Im Projekt Dandaragan Trough sollen aus der Lagerstätte **Dinner Hill**, 175 km nördlich von Perth, die Grünsande abgebaut, der Glaukonit durch magnetische Aufbereitungsverfahren abgetrennt und aus ihm vermarktungsfähige Kalium- und Phosphor-Produkte hergestellt werden. Die durchschnittliche Mächtigkeit des Abraums im Lagerstättengebiet beträgt 11 m. Der Poison Hill-Sand weist ebenfalls eine Mächtigkeit von durchschnittlich 11 m (maximal bis 30 m) auf. Die Zwischenlage Gingin Chalk erreicht eine Mächtigkeit von bis zu 11 m. Für den Molecap-Grünsand ist ein Mittelwert von 9 m (Spannweite 4 – 14 m) dokumentiert. Phosphoritgerölle sind in einem 2 m mächtigen Horizont an der Basis des Molecap-Grünsandes angereichert. Die „Inferred & Indicated Resources" von Dinner Hill betragen 244 Mio. t Sand @ 3,0 % K_2O (7,32 Mio. t K_2O-Inhalt) und 1,6 % P_2O_5. Der phosphatreiche nördliche Teil der Lagerstätte enthält „Indicated Resources" von 90 Mio. t Sand @ 2,65 % P_2O_5, 3,6 % K_2O und 4,5 % CaO.

Noch ungewöhnlicher sind die lagerstättengeologischen Verhältnisse im Vorkommen **Oxley**, ca. 120 km nordwestlich von Geraldton. Sheffield Resources Ltd. erkundet dort mikrosyenitische Lavaausflüsse, die abschnittsweise mehr als 90 % Kalifeldspat (Sanidin) enthalten. Im nördlichen Teil des Moora Basin hat im Jahr 2013 in einer Zone von 32 km streichender Länge die Exploration begonnen.

In der Gibson Wüste, an der Grenze zwischen Western Australia und dem Northern Territory liegt der rezente Salzsee **Lake MacKay**. Dieser See besitzt eine Oberfläche von mehr als 2.250 km² und führt im Lizenzgebiet von Reward Minerals Ltd. bis in 2 m Tiefe „Inferred Resources" von 4.780 Mio. m³ Sediment mit Sole @ 4,3 kg K_2SO_4/m³, (20,6 Mio. t K_2SO_4- bzw. 10,4 Mio. t K_2O-Inhalt). Seit Ende 2010 stocken die für die weiteren Projektarbeiten notwendigen Verhandlungen mit den lokalen Aborigines.

Northern Territory

In einem Joint Venture mit Reward Minerals Ltd. untersucht Rum Jungle Resources Ltd. die Möglichkeit der Gewinnung von K_2SO_4 aus Aquiferen entlang des Lassiter Highway zwischen Alice Springs und Uluru im Northern Territory bzw. in der Umgebung des **Karinga Creek Salt Lake**. Die „Inferred, Indicated & Measured Resources" der geologisch verfügbaren Sole unterhalb der bzw. in den dortigen insgesamt 25 Salzseen mit einer Fläche von insgesamt 132 km² betragen ca. 19 Mio. t Schönit-, bzw. 8,4 Mio. t K_2SO_4-, bzw. 4,2 Mio. t K_2O-, bzw. 3,8 Mio. t K-Inhalt. Die durchschnittliche Aquifermächtigkeit beträgt 17 m, der durchschnittliche Gehalt der Sole 4,76 g K/l. Eine Prefeasibility-Studie soll in Zusammenarbeit mit der China International Chemical Consulting Coorporation (CICCC) und dem China National Petroleum and Chemical Planning Institute bis Ende 2014 erstellt werden. Der vorläufige Plan ist Schönit/Leonit solarthermisch abzutrennen bzw. anzureichern.

Anforderungen und Bewertung

Für Kalisalzlagerstätten, wie sie in Australien auftreten, gelten nach Gwosdz et al. (2006) folgende Anforderungen:

- Solen aus Salzseen, Salaren etc. sollten einen K_2O-Gehalt > 1 M.-%, entsprechend ca. 8 g K/l besitzen.
- Beibrechende Minerale mindern im Allgemeinen die Bauwürdigkeit. Kieserit ($MgSO_4$ x

H_2O), Brom, Bor und Jod können die Bauwürdigkeit von Kalisalzen bzw. Solen jedoch erhöhen.
– Der K_2O-Gehalt der gut aufbereitbaren, meist chloridischen Kalisalze muss (> 8) > 10 (> 14) M.-% betragen, bei sonst besonders günstigen Voraussetzungen. Höhere K_2O-Gehalte mit bis zu 30 M.-% erhöhen die Bauwürdigkeit. Der Gehalt an unlöslichen Bestandteilen muss < 5 M.-% liegen.
– Kalisalzlagerstätten gelten als klein bei Lagerstätteninhalten von < 5 – 10 Mio. t K_2O, als mittelgroß mit 10 – 100 Mio. t K_2O- und groß bei > 100 Mio. t K_2O-Inhalt.
– Schließlich beeinflusst die geographische Lage den Wert eines Vorkommens bezüglich der Distanz zu den Märkten und im Hinblick klimatischer Faktoren wie z. B. Luftfeuchtigkeit und Temperatur über Tage.

Die australischen Kalilagerstätten sind im Weltmaßstab klein und die in den Solen gemessenen K-Gehalte relativ niedrig. Am wahrscheinlichsten erscheint aktuell die Chance, aus dem weitab jeglicher Infrastruktur gelegenem Lake Disappointment zukünftig einmal Kalium zu gewinnen. Die an Kalilagerstätten ganz anderer Größenordnung gewöhnten deutschen Unternehmen dürften jedoch an einer Investition kaum Interesse haben. In Anbetracht dessen ist eher die Fortsetzung der Lieferung von Kalidüngern nach Australien vorziehen.

Literatur

Gwosdz, W., Röhling, S. & Lorenz, W. (2006): Steinsalz und Kalisalze. – In: Bewertungskriterien für Industrieminerale, Steine und Erden. Teil 10: Phosphate, Schwefel, Natrium-, Kalium- und Magnesiumsalze. – Geol. Jb, **H 12**: 50–79, 15 Tab., 1 Anh.; Hannover.

Mernagh, T. P. (Hrsg.) (2013): A review of Australian salt lakes and assessment of their potential for strategic resources. – Geoscience Australia, Record **2013/39**: 243 S., zahlr. Abb. und Tab.; Canberra. – URL: http://www.ga.gov.au/corporate_data/76454/Rec2013_039.pdf [Stand 29.01.2016].

Miezitis, Y. (2013): Potash. – Australian Mines Atlas 2011: 5 S.; Canberra. – URL: http://www.australianminesatlas.gov.au/aimr/commodity/potash.html [Stand 29.01.2016].

2.14 Kaolin

(Martin Schmitz)

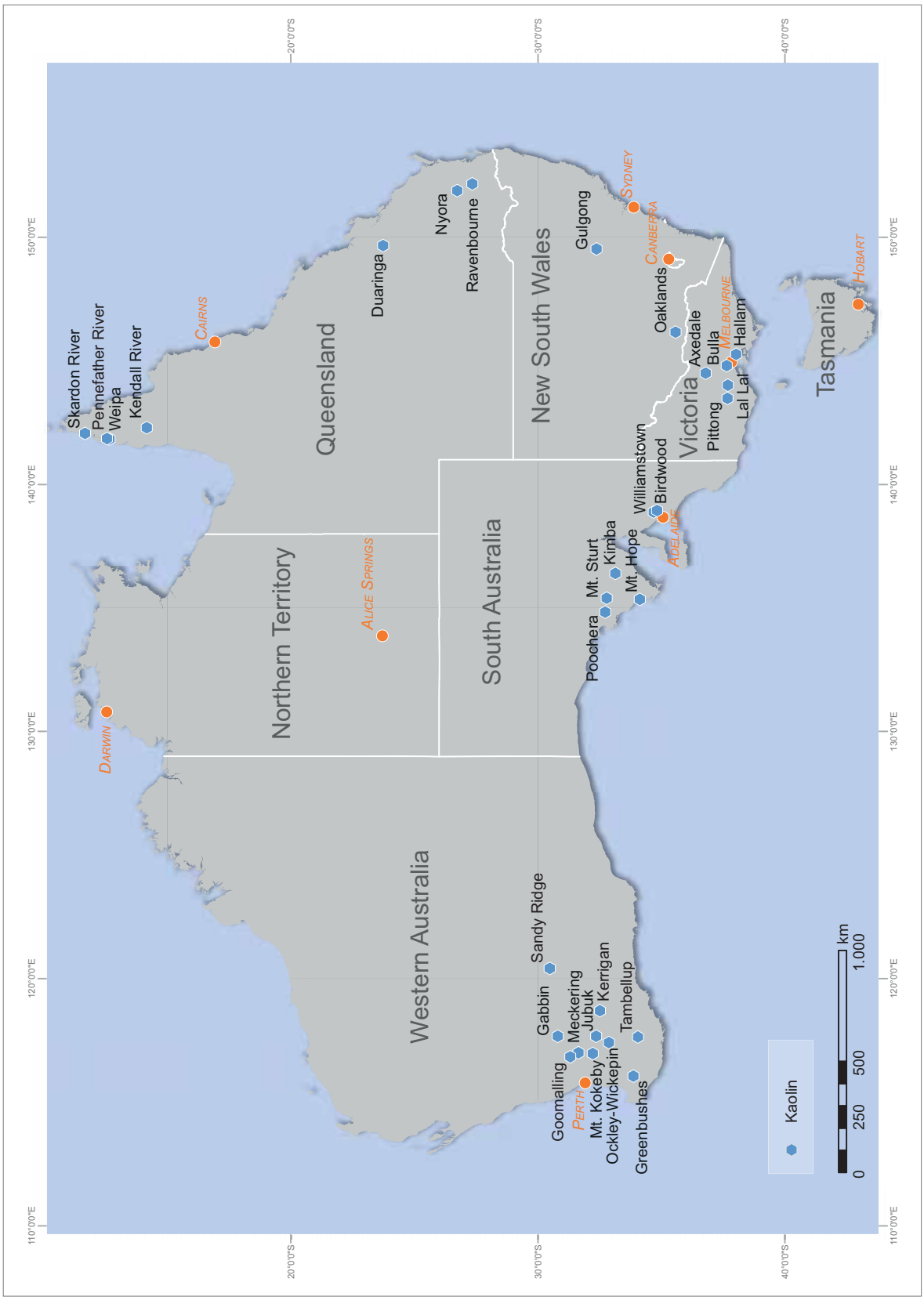


Abb. 2.14.1: Ausgewählte Kaolinlagerstätten und -vorkommen in Australien.

Überblick und Verwendung

Kaolin ist ein Gestein, das im Wesentlichen aus Kaolinit und Quarz, weiteren Tonmineralen wie Illit sowie aus Resten von Glimmern und Feldspäten besteht. Es ist ein Verwitterungsprodukt intermediärer bis saurer, im Wesentlichen granitischer Gesteine im sauren Milieu. Des Weiteren entsteht Kaolin durch hydrothermale Umwandlung von feldspat- und glimmerreichen Gesteinen. Durch Umlagerung von kaolinitischen Verwitterungskrusten kann eine Anreicherung von Kaolinit in sedimentären Beckenstrukturen erfolgen. Die so entstandenen Kaoline werden als sedimentäre (sekundäre) Kaoline, teilweise auch als kaolinitische Tone bezeichnet (Lorenz & Gwosdz 1997).

Kaolin wird in zahlreichen Anwendungen eingesetzt. Er dient beispielsweise als Füllstoff in der Papier-, der chemischen und der pharmazeutischen Industrie sowie zur Beschichtung von Papier. Des Weiteren ist er ein bedeutender Rohstoff für die Keramikindustrie, beispielsweise für die Porzellanproduktion (Lorenz & Gwosdz 1997).

Wichtige Vorkommen in Australien

Die Kaolinproduktion in Australien ist in den letzten Jahren dramatisch zurückgegangen. War 2009 noch von einem „Kaolinrausch“ die Rede (O'Driscoll 2009), im Zuge dessen zahlreiche Vorkommen untersucht wurden, so folgte in den Folgejahren Ernüchterung. Wurden 2005 noch etwa 230.000 t Kaolin abgebaut, so waren es 2011 und 2012 jeweils nur jeweils etwa 50.000 t. Viele alte, aber auch die neuen Projekte wurden aufgegeben. Einige davon wurden bereits seit vielen Jahren untersucht, jedoch nie weiter entwickelt.

Die Produktion von Kaolin erfolgt derzeit nahezu ausschließlich im Staat Victoria. Laut Statistik werden einige hundert bis tausend Tonnen zudem in Queensland gefördert. Abbildung 2.4.1 gibt einen Überblick über ausgewählte australische Kaolinlagerstätten und -vorkommen, die im Folgenden beschrieben werden.

Victoria

Die einzige bedeutende Kaolinförderung in Australien erfolgt derzeit im Bundesstaat Victoria durch die Imerys Minerals Australia Pty Ltd. in den Lagerstätten **Pittong** sowie **Lal Lal** westlich bzw. südwestlich von Ballarat. Dort befinden sich einige im Tertiär tiefgründig kaolinisierte Granite und Granodiorite devonischen Alters (McHaffie & Buckley 1995, Tan 1976).

In der bedeutendsten Lagerstätte **Pittong** wird ein residualer Kaolin abgebaut, der durch die Verwitterung eines devonischen Granits entstanden ist. Der Kaolin weist die granitische Textur des Ausgangsgesteins auf, der zur Tiefe hin grobkörniger wird. Er besteht neben Kaolinit aus Quarz, Resten von Glimmern, etwas Montmorillonit sowie Ti- und Fe-Oxiden/-Hydroxiden. Der Quarz kann aufgrund seiner vergleichsweise groben Korngröße einfach abgetrennt werden. Der Kaolin ist cremefarben, kann jedoch aufgrund der an Fe-Mineralen angereicherten Partien auch rosa bis rote Farben aufweisen. Seine durchschnittliche Mächtigkeit beträgt ca. 36 m, der überlagernde Abraum ist etwa 1 bis 3 m mächtig. Der Kaolin weist Qualitäten auf, die ihn für den Einsatz in hochwertigen Anwendungen, beispielsweise als Streichkaolin in der Papierindustrie, in der keramischen Industrie und als Füllstoff prädestinieren (McHaffie & Buckley 1995, Tan 1976).

Die Entstehung der Lagerstätte **Lal Lal** ist auf die tertiäre Verwitterung eines Granodiorits zurückzuführen. Hier beträgt die durchschnittliche Mächtigkeit des Kaolins ca. 20 m. Er wird durch einen ca. 5 m mächtigen Ton überdeckt, in Teilen ist die Verwitterungskruste auch durch einen heute verwitterten grünen Basalt abgeschnitten. Der Kaolin von Lal Lal ist sehr weiß und weist eine geringe Plastizität auf (McHaffie & Buckley 1995, Tan 1976).

Neben den genannten Lagerstätten befinden sich kleinere Vorkommen granodioritischer Residualkaoline auch bei **Hallam** (südöstlich von Melbourne) und bei **Bulla** (ca. 20 km nördlich von Melbourne). Bei **Bulla** tritt hochreiner Kaolin in Linsen sehr unregelmäßig innerhalb eines verwitterten Granodiorits auf. Das Material wurde teilweise als Füllstoff verwendet. Der Kaolin von **Hallam** weist eine weit geringere Qualität auf und wurde als Zuschlag für feuerfeste Ziegel eingesetzt (McHaffie & Buckley 1995, Tan 1976).

Der Staat Victoria besitzt zudem zahlreiche Vorkommen an sedimentären (sekundären) Kaolinen, die meist jedoch keine hohe Qualität aufweisen.

Das bedeutendste Vorkommen liegt bei **Axedale**. Hier finden sich tertiäre Kaoline, die linsenförmig in Sande, Schluffe und andere Tone eingeschaltet sind. Die Mächtigkeit beträgt maximal 15 m. Nach McHaffie (1984) stammen die Minerale aus verwitterten ordovizischen Sedimentgesteinen, die teilweise unterhalb der kaolinitischen Tone auftreten, sowie untergeordnet aus verwitterten Graniten. Der Axedale-Kaolin wurde je nach Qualität für die Produktion von Fein- und Grobkeramik verwendet (McHaffie & Buckley 1995, Tan 1976). Die Fraktion < 2 µm besteht im Wesentlichen aus Kaolinit, untergeordnet aus Mixed-Layer-Tonmineralen, Montmorillonit, geringen Anteilen Illit/Muskovit und Spuren von Quarz. Die Kristallinität des Kaolinits liegt im mittleren Bereich (nach McHaffie 1984).

Queensland

In Queensland befinden sich Kaolinvorkommen entlang der westlichen Seite der Cape York Halbinsel im Kingaroy-Distrikt, ca. 150 bis 200 km nordwestlich von Brisbane und bei Duaringa. Die größten Kaolinvorkommen des Staates sind Teil der tertiären Lateritprofile der Bulimba-Formation des Karumba-Beckens bei **Weipa** sowie entlang des **Pennefather River**, **Kendall River** und **Skardon River** am Cape York (von Gnielinski 2014).

In der Bauxitlagerstätte **Weipa** wurden bis 1996 durch die Comalco Aluminium Ltd. neben Bauxit ca. 1 Mio. t Kaolin abgebaut. Insgesamt belaufen sich die Ressourcen („Measured, Indicated & Inferred“) auf ca. 48 Mio. t (von Gnielinski 2014).

Das größte Vorkommen an Kaolin im Bereich von Cape York liegt nördlich von Weipa im Bereich des **Pennefather River**. Hier wurden durch die Cape Alumina Pty Ltd. Ressourcen („Measured, Indicated & Inferred“) von ca. 2,8 Mrd. t Kaolininhalt festgestellt (von Gnielinski 2014). Das Vorkommen steht nicht in Abbau.

Noch etwas weiter nördlich liegt das Vorkommen von **Skardon River**. Hier befinden sich sandige Kaolinlinsen innerhalb eines lateritischen Verwitterungsprofils. Der Kaolin wurde bis 2008 durch die Minerals Corporation Ltd. abgebaut. Seit 2009 wird die Lagerstätte durch die Gulf Alumina Ltd. betrieben, die Bauxit gewinnt und den Kaolin aufhaldet (von Gnielinski 2014).

Das ebenfalls im Bereich des Cape York (ca. 150 km südlich von Weipa) gelegene Vorkommen **Kendall River** wird durch die Gulf Minerals Ltd. exploriert. Eine Feasibility-Studie wird derzeit erstellt. Das Vorkommen enthält ca. 100 Mio. t eines sehr homogenen hochqualitativen Kaolins, der kanalartige morphologische Rinnen ausfüllt und durchschnittlich 12 m mächtig und nur gering überdeckt ist. Der Kaolin erfüllt nach Angaben der Eigentümer die Anforderungen an Streichkaolin für die Papierindustrie (von Gnielinski 2014).

Im Kingaroy-Distrikt befinden sich bei **Nyora** (ca. 200 km nordwestlich von Brisbane), kaolinisierte Granite mit einem Kaolinitgehalt von 20 bis 30 % sowie lagige Kaoline, die sich inmitten der Sedimente des triassischen Tarong-Beckens befinden und einen Kaolinitgehalt von 60 – 80 % aufweisen. Die Mächtigkeit der Kaoline wird mit 3 bis 8 m bzw. mit bis zu 18 m angegeben (von Gnielinski 2014, Simpson 1976). Die Entstehung der lagigen Kaoline ist noch nicht endgültig geklärt. Sie sind über eine Distanz von bis zu 3 km zu verfolgen (Simpson 1976). Derzeitige Inhaberin der Lagerstätten Nyora und der nahegelegenen Lagerstätte **Winter No. 1** ist die Sibelco Australia Ltd. Beide Vorkommen stehen derzeit nicht in Abbau (von Gnielinski 2014).

Bei **Ravensbourne** in der Region Esk, westlich von Brisbane, befinden sich weiß bis rosa und gelb gefärbte Kaoline innerhalb des jurassischen Helidon-Sandsteins unterhalb tertiärer Basalte. Die Kaoline sind bis 15 m mächtig und enthalten ca. 25 – 30 % Al_2O_3 sowie ca. 55 – 60 % SiO_2 (Simpson 1976). Die Hanson Construction Materials Pty Ltd. hat hier bis 2006 Kaolin als Zuschlag für die Ziegelherstellung abgebaut (von Gnielinski 2014).

South Australia

South Australia weist zahlreiche Vorkommen an Kaolinen und kaolinitischen Tonen auf, viele sind jedoch eher klein und von mittlerer bis geringer Qualität. Daher wird in South Australia derzeit kein Kaolin abgebaut. Die bedeutendsten Vorkommen befinden sich im Bereich der Halbinsel Eyre westlich und in den Mount Lofty Ranges östlich und nordöstlich von Adelaide. In der Lagerstätte **Birdwood** belief sich die Förderung bis 2013/2014 auf etwa 1.000 bis 5.000 t pro Jahr (Lavingdale 2014).

Auf der Halbinsel Eyre befinden sich einige Kaolinvorkommen, die durch die tertiäre Verwitterung von Gneisen und anatektischen Graniten entstanden sind. Das Kaolinprojekt **Poochera** des Unternehmens Minotaur Exploration Ltd. umfasst hier beispielsweise fünf Kaolinvorkommen, die sich ca. 15 – 20 km südwestlich des Ortes Poochera befinden. Das bedeutendste von ihnen und eines der bedeutendsten in Australien ist **Carey's Well**. Das Vorkommen liegt etwa 21 km südwestlich von Poochera. Der Kaolin ist das Verwitterungsprodukt eines Granits. Die Ausdehnung des Vorkommens beträgt ca. 8 km^2, die Mächtigkeit variiert zwischen einigen Metern und maximal 25 m. Der Weißegrad nach ISO R457 der Fraktion < 45 µm liegt bei > 75 %. Die Ressourcen („Measured") belaufen sich auf insgesamt 16,3 Mio. t kaolinisierten Granit, bzw. 8 Mio. t Kaolin < 45 µm. Der Gehalt an Eisen liegt bei ca. 0,3 bis 0,4 % und der TiO_2-Gehalt bei ca. 0,2 bis 0,25 %. Neben umfangreichen Bohrungen erfolgte bereits die Installation einer Pilotanlage zur Aufbereitung der Kaoline. Der produzierte Kaolin ist nach Unternehmensangaben sehr rein und erfüllt die technischen Parameter insbesondere für hochwertige Anwendungen in der Papier- und Keramikindustrie sowie für die Verwendung als Füllstoff. Die Kaoline enthalten neben Kaolinit auch Quarz, wenig Glimmer, sekundäre Eisenoxide und -hydroxide sowie akzessorisch Anatas. Etwa 50 % der Kaoline weisen Gehalte von < 10 % Halloysit auf. (Minotaur Exploration 2014a, b). Die Problematik der Erschließung der Vorkommen besteht darin, dass in der Region kaum Süßwasser zum Schlämmen der Kaoline zur Verfügung steht (O'Driscoll 2009).

Weitere Vorkommen auf der Halbinsel Eyre befinden sich am **Mt. Hope** nahe Kimba und im Bereich des Mt. Sturt (Government of South Australia 2013). Südlich von Kimba wurden bei ersten Untersuchungen ca. 150 Mio. t verwitterte Quarz-Kaolin-Gesteine entdeckt. Die Kaoline weisen in der Fraktion < 50 µm, die etwa 50 % des Gesamtgesteins ausmacht, einen Al_2O_3-Gehalt von ca. 33 bis 38 % auf. Erste Analysen wiesen darauf hin, dass die Kaoline für die keramische Industrie geeignet sein könnten (Hiern 1976).

Im Bereich der Mount Lofty Ranges östlich und nordöstlich von Adelaide wurden früher einige kleine, aber sehr hochwertige Kaolinvorkommen bei Bradbury und nahe Woodside abgebaut, zudem sedimentäre Kaoline für die Ziegelindustrie in One Tree Hill und Golden Grove (Government of South Australia 2013). Bis vor wenigen Jahren standen zudem Lagerstätten im Bereich von Birdwood und Williamstown in Abbau. In **Williamstown** wurde bis 2005 ein kaolinitischer, sillimanithaltiger Ton gewonnen, der mehr als 40 % Al_2O_3 aufweist und zur Produktion von Feuerfestmaterialien und keramischen Isolatoren verwendet wurde. Der Kaolin entstand in Zonen intensiver Metasomatose, in denen Sillimanit und Disthen zu Kaolinit durch hydrothermale Alteration umgewandelt wurden. Die unregelmäßigen, meist pipe-artigen Erzkörper befinden sich innerhalb einer Scherzone mit hochdeformierten Tonschiefern, Gneisen und Quarziten, die eine Ausdehnung von ca. 800 m aufweist. Aufgrund der schwierigen geologischen Verhältnisse können maximal nur wenige 1.000 t im Jahr gewonnen werden (Hiern 1976, Government of South Australia 2013). In **Birdwood** wurde durch die Brighton Cement Ltd. ein hochreiner Kaolin gewonnen, der als Zuschlag zur Produktion von reinem weißen Zement verwendet wurde. Der Kaolin ist das Produkt der tiefgreifenden tertiären Verwitterung eines bis zu 30 m mächtigen Quarz-Biotit-Schiefers. Während der Kaolin zumeist eine leicht gelblich-weiße Farbe aufweist und sandig ist, sind Zonen reinen Kaolins nur etwa 50 m breit, 30 m tief und über etwa 100 m zu verfolgen (Government of South Australia 2013). Die ungleichmäßige Verteilung von Fe-Oxiden und Fe-Hydroxiden erschwerte den selektiven Abbau. Eine metasomatische Beeinflussung der Gesteinsformation ist aufgrund geringmächtiger Kaolingänge, die die Schichtung durchschlagen, zu vermuten (Hiern 1976).

Western Australia

In Western Australia werden derzeit keine Kaoline abgebaut. Bedeutende Vorkommen befinden sich im Bereich des Yilgarn-Kratons. Neben archaischen Grünsteinen treten hier archaische Granite und Gneise auf, die teilweise im Känozoikum tiefgründig verwittert sind. In einigen Regionen finden sich daher qualitativ hochwertige Residualkaoline im Hangenden der Granite und Gneise (Fetherston 2008) sowie einige sedimentäre Kaolinvorkommen. Der Yilgarn-Kraton besteht aus unterschiedlichen geologischen Einheiten, sogenannten „terranes", wobei das South-West-Terrane und das Murchison-Terrane die meisten derzeit bekannten Kaolinvorkommen Western Australias aufweisen.

Obwohl die Vorkommen teilweise hochwertig, schon sehr lange bekannt und teilweise sehr gut untersucht sind, findet derzeit kein Abbau statt. Neben konjunkturellen bzw. ökonomischen Gründen sind die geringen Wasservorkommen in der Region ein wesentliches Problem der weiteren Entwicklung der Projekte. Einen guten Überblick über die Vorkommen geben Abeysinghe & Fetherston (1999).

Die Vorkommen nahe **Jubuk** liegen ca. 20 km südwestlich von Corrigin. Hier befinden sich Residualkaoline im Bereich des South-West-Terrane des Yilgarn-Kratons über archaischen granitischen Gesteinen. Der Kaolin ist im Hauptbereich 5 bis 20 m mächtig, weiß bis bleich-cremefarben und liegt unter 2 bis 4 m sandigem Abraum. Er besteht nahezu ausschließlich aus Kaolinit und Quarz. In den vier bisher untersuchten Vorkommen der Region lag die durchschnittliche Mächtigkeit des Kaolins bei 10 m. Erste Untersuchungen weisen darauf hin, dass die Region Jubuk, zumindest teilweise, sehr hoch-qualitativen Kaolin aufweist, sodass auch ein Einsatz zur Beschichtung von Papier möglich erscheint. Die Ressourcen („Inferred“) in der Region Jubuk betragen ca. 31 Mio. t. In vier weiteren Prospektionsarealen könnten nach ersten Berechnungen zudem weitere ca. 20 Mio. t Kaolin vorliegen (Abeysinghe & Fetherston 1999). Nach Featherston (2008) weist das Vorkommen in Jubuk Kaolin-Ressourcen („Measured & Indicated“) von etwa 48,9 Mio. t auf. Letzte Rechteinhaberin war bis 2014 die Montezuma Mining Company Ltd. (Government of Western Australia o.J.).

Ebenfalls in granitischen Gesteinen des South-West-Terrane des Yilgarn-Kratons befinden sich Kaolinvorkommen in der Region Ockley-Wickepin. Das bedeutendste von ihnen ist **Sparks**, ca. 15 km östlich von Wickepin. Der Residualkaolin wird hier von 2 bis 32 m mächtigen känozoischen Sedimenten überdeckt und besteht überwiegend aus Kaolinit (teilweise deutlich über 50 %) und den Nebenbestandteilen Quarz, Glimmer- und Feldspatresten sowie untergeordnet (< 2 %) Halit (Steinsalz). Die Fraktion < 2 µm besitzt einen Anteil von ca. 28 % an der Gesamtzusammensetzung. Der Weißegrad des Rohkaolins liegt bei ca. 65 bis 75 %, nach magnetischer Separation bei bis zu 89 %. Er eignet sich für Anwendungen in der keramischen und der Feuerfestindustrie, aber auch für weitere Anwendungen (Abeysinghe & Fetherston 1999). Nach Abeysinghe & Fetherston (1999) ist der Kaolin von Ockley-Wickepin ein gutes Ziel für weitere Untersuchungen. Die Rechte am Vorkommen Sparks liegen derzeit bei der Western Australia Kaolin Holdings Pty Ltd. (Government of Western Australia, o.J.).

Bei Kerrigan, ca. 25 km südöstlich von Karlgarin, liegen ebenfalls in situ Kaoline über den granitischen Ausgangsgesteinen des South-West-Terranes des Yilgarn-Kratons. Im Bereich **Bradley** befinden sich hochreine und weiße Kaoline unter einer durchschnittlich 4 m mächtigen, teilweise lateritischen Bedeckung. Die Verwitterungszone ist bis zu 30 m mächtig und enthält große Linsen von hochreinen, weißen Kaolinen. Der Kaolin von „Bradley“ weist im Rohkaolin einen Weißegrad von ca. 85 bis 90 % auf. Der Anteil der Fraktion < 2 µm beträgt ca. 42 bis 83 %, der Quarzgehalt liegt insgesamt bei < 1 %. Die Ressourcen („Inferred“) wurden auf Grundlage von 115 Bohrungen durch die CRA Exploration Ltd. auf ca. 80 Mio. t auf einer Fläche von 3 km^2 geschätzt (Abeysinghe & Fetherston 1999). Derzeit hält die Canning Coal Pty Ltd. die Abbaurechte. Das Unternehmen ist eine Tochter der Altech Chemicals Ltd., die bis 2014 unter dem Namen Australian Minerals and Mining Group Ltd. (AMMG) zahlreiche Kaolinvorkommen in Western Australia untersuchte (Government of Western Australia o.J.). Nach Analysen der AMMG belaufen sich die Ressourcen („Inferred“) in „Bradley“ auf etwa 85 Mio. t (RM Research 2012), bei einem Anteil der Fraktion < 45 µm von ca. 42 % und einem Weißegrad von ca. 83,5 %. Der Kaolin wäre somit für zahlreiche Anwendungen, auch für die Beschichtung von Papier geeignet. Abeysinghe & Fetherston (1999) untersuchten weitere Vorkommen der Region westlich von Bradley. Ihre Proben weisen ebenfalls einen hohen Anteil Kaolinit auf sowie einen Weißgrad > 80 %. Sie schließen darauf, dass in der Region neben dem Vorkommen von Bradley weitere bedeutende Vorkommen reinen weißen Kaolins vorhanden sind.

Das Vorkommen von **Meckering** befindet sich ca. 50 km östlich von Northam im Bereich des South-West-Terranes des Yilgarn-Kratons. Hier liegt ein 4 bis 12 m mächtiger Residualkaolin über unverwitterten granitischen Gesteinen. Überlagert wird der Kaolin durch eine lateritische Bedeckung. Das Vorkommen wurde durch die AMMG entwickelt. Die Lizenz hält bis heute ihr Rechtsnachfolger, die Altech Chemicals Ltd. Der Kaolin ist nach

Firmenangaben sehr rein und weist einen Anteil der Fraktion < 45 µm von ca. 42 % auf. Der Weißegrad liegt bei ca. 83 %. Die Ressourcen („Indicated“) betragen ca. 17 Mio. t, die „Inferred“-Ressourcen ca. 48 Mio. t. Durch die AMMG wurde angedacht, den Kaolin von Meckering zur Produktion von Aluminium zu verwenden, aber auch der Einsatz für etablierte Anwendungsgebiete von Kaolin wurde diskutiert. Ein erster Test-Tagebau wurde angelegt und eine Versuchsanlage zur Aufbereitung des Kaolins im Avon Valley Industrial Park durch die Swan River Kaolin Pty Ltd. errichtet (Australian Minerals and Mining Group Ltd. 2011, RM Research 2012). Bis heute wird jedoch in Meckering kein Kaolin in industriellem Maßstab abgebaut.

Weitere Vorkommen residualer Kaoline im Bereich des South-West-Terranes des Yilgarn-Kratons befinden sich unter anderem 4 bis 18 km westlich von **Tambellup**, einem Ort der 110 km westnordwestlich von Albany liegt bzw. nahe Kellerberrin, ca. 60 km östlich von Meckering (Fetherston 2008, RM Research 2012). Die Vorkommen wurden bis 2013 durch die AMMG bzw. die Western Australian Kaolin Holdings Pty Ltd. untersucht. Derzeit sind die Lizenzen wieder verfügbar. Das Vorkommen von **Tambellup** ist an kaolinisierte archaische granitische Gesteine und jüngere Dolerit-Gänge gebunden (Lipple 1976). Nach früheren Untersuchungen der Portman Mining Ltd. belaufen sich die Ressourcen („Indicated“) auf ca. 7,1 Mio. t. Kaolin der Fraktion < 2 µm (Fetherston 2008, Abeysinghe & Fetherston 1999). Der Kaolin weist zum Teil einen hohen Weißegrad auf, soll laut Abeysinghe & Fetherston (1999) jedoch keine Qualitäten zeigen, die für die Beschichtung von Papier geeignet wären.

Bei **Greenbushes**, ca. 250 km südlich von Perth, wurde bis 2004 ein Kaolin, der durch die Verwitterung eines Pegmatits entstanden ist, als Nebenprodukt der Förderung von Tantal und Lithium gewonnen bzw. aufgehaldet. Der Kaolintagebau befindet sich südöstlich der Tagebaue auf Tantal und Lithium. Der Abbau endete, nachdem der Betreiber, die Sons of Gwalia Ltd., 2004 in Konkurs ging (siehe auch Kapitel 2.15, 2.23, 2.27). Der Kaolin könnte in der keramischen Industrie verwendet werden. Da er nach Lipple (1977) erhöhte Anteile an Halloysit enthält, ist er nicht für die Papierindustrie geeignet (Abeysinghe & Fetherston 1999).

Sedimentäre Kaoline treten im Bereich des South-West-Terranes unter anderem am **Mount Kokeby** und 16 km westlich von Goomalling auf. Sie werden als „semi-ball clays“ bezeichnet und wurden bis in die 1980er bzw. 1990er Jahre gewonnen. Während der Kaolin vom Mount Kokeby sowohl als Füllstoff als auch für den Einsatz in der keramischen Industrie geeignet ist, ist der Kaolin von Goomalling aufgrund seines geringeren Weißegrads lediglich als Grundstoff für die Produktion von Keramik oder Dachziegeln geeignet (Abeysinghe & Fetherston 1999).

Ein bedeutendes Kaolinvorkommen im Bereich des Murchison-Terranes des Yilgarn-Kratons liegt bei **Gabbin**, ca. 280 km nordöstlich von Perth. Hier befindet sich ein 7 bis 40 m mächtiger kaolinisierter Granit, der von ca. 7 m mächtigen Sanden, Laterit- und Kieselkrusten (Silcretes) überdeckt ist. Der Kaolin besteht nahezu ausschließlich aus Kaolinit und mittelkörnigem bis grobem Quarz (Tabelle 2.14.1), wobei der Kaolinit eine typische Ausbildung in Form von „flakes“ zeigt sowie „booklet“-Strukturen aufweist, die auf die Kaolinisierung der Feldspäte zurückgehen. Gröbere, unregelmäßig begrenzte Kaolinite sind durch die Verwitterung der Glimmer entstanden. Der Kaolin von Gabbin ist hochwertig und könnte die Qualität für die Beschichtung von Papier erreichen (Walker 1978, Gaskin et al. 1979). Jedoch weisen Gaskin et al. (1979) darauf hin, dass geringe Mengen an wenig-löslichen Aluminium- und Silizium-Komponenten auftreten, die sich im Hinblick auf die Viskosität und Dispersionsfähigkeit für dieses Anwendungsgebiet als problematisch erweisen könnten. Die Ressourcen („Inferred“) betragen ca. 8,4 Mio. t Kaolin (Fetherston 2008). Gabbin befand sich zuletzt im Besitz der Western Australia Kaolin Holdings Pty Ltd.

Tab. 2.14.1: Chemische Analyse eines Streichkaolins von Gabbin (Walker 1978); Angaben in M.-%.

Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	Na_2O	K_2O	CaO	MgO	TiO_2	Glühverlust
38,0	45,7	0,32	0,27	0,045	0,003	0,015	0,41	13,7

Das Kaolinvorkommen **Sandy Ridge** wird seit Januar 2013 von der Tellus Holdings Ltd. entwickelt und befindet sich etwa 140 km nordwestlich der Stadt Kalgoorlie im Bereich des Southern-Cross-Terranes des Yilgarn-Kratons. Die Kaoline sind das residuale Produkt der tertiären Verwitterung eines Granits. Das Vorkommen erstreckt sich über eine Länge von ca. 3,1 km. Flankiert werden die Kaoline durch metamorphisierte mafisch-dominierte Granit-Grünstein-Zonen (Tellus Holdings Ltd. 2014). Die Kaolinmächtigkeit wird mit durchschnittlich 13 m angegeben, bei maximalen Mächtigkeiten von 26 m. Die Ressourcen („Inferred“) betragen ca. 41 Mio. t kaolinisierten Granits bei Gehalten der Fraktion < 45 µm von > 30 % und einem Weißegrad von > 80 %. Es wurde ein „Ceramic Model“ unterschieden, bei dem zwei Zonen besonders hochwertigen Kaolins für die Keramikindustrie ausgehalten wurden. Hier betragen die Ressourcen („Inferred“) ca. 16,5 Mio. t, bei Gehalten der Fraktion < 45 µm von > 30 % sowie einem Fe_2O_3-Gehalt von < 0,7 %, einem K_2O-Gehalt von < 2,0 % und einem TiO_2-Gehalt von < 0,5 %. Auch hier liegt der Weißegrad bei > 80 % (Tabelle 2.14.2). Aufgrund seiner Eigenschaften könnte der Kaolin als Füllstoff in zahlreichen Anwendungen (z. B. für die Glasfaserproduktion und für die keramische Industrie) interessant sein. Eine Prefeasibility-Studie liegt vor. Geplant ist ein Tagebau, in dem in einer ersten Stufe 20.000 t Kaolin pro Jahr gewonnen und aufbereitet werden können (Tellus Holdings Ltd. 2014).

Western Australia weist noch eine ganze Reihe weiterer Kaolinvorkommen auf (siehe Abeysinghe & Fetherston 1999). Ein großer Teil von ihnen sind jedoch kleinere Vorkommen sedimentärer Kaoline, die ökonomisch von untergeordneter Bedeutung sind.

New South Wales

In New South Wales wird derzeit kein Kaolin gefördert. Nach Whitehouse (2007) weist New South Wales ca. 250 Kaolinvorkommen auf. Es handelt sich sowohl um primäre als auch um sekundäre (sedimentäre) Kaolinvorkommen. Die bedeutendsten von ihnen befinden sich in der Region Mudgee-Gulgong, ca. 250 km nordwestlich von Sydney, und in der Region Oaklands-Coorabin im südlichen New South Wales. In beiden Regionen wurden historisch bereits Kaoline und kaolinitische Tone gewonnen, jedoch sind die Vorkommen meist sehr klein und unregelmäßig verteilt. Weitere interessante Regionen befinden sich im Bereich von Invernell und östlich von Bourke (Whitehouse 2007). In New South Wales wurden bislang keine hochwertigen Kaolinqualitäten entdeckt, die sich zur Beschichtung von Papier eignen würden (New South Wales Government 2012).

Im Bereich **Mudgee-Gulgon** wurden sedimentäre Kaoline gefördert, die durch die Umlagerung des kaolinisierten Gulgong-Granits entstanden sind. Die Kaolin-Linsen befinden sich unregelmäßig innerhalb mächtiger Abfolgen känozoischer Sedimente und Basalte. Gebunden sind die Kaoline an tertiäre Paläo-Entwässerungssysteme (Whitehouse 2007, Nicholson 1976). Wie die meisten sedimentären Kaoline weist der Kaolin von Gulgong einen geringen Ordnungsgrad und eine sehr feine Korngröße auf (Gaskin et al. 1979). Es gibt auch einige kleine primäre Kaolinvorkommen in der Region, die jedoch von untergeordneter Bedeutung sind (Whitehouse 2007, Nicholson 1976).

Die Vorkommen in der Region **Oaklands-Coorabin** sind an bis zu 180 m mächtige tertiäre Sedimente gebunden, die einige Meter mächtige Linsen von kaolinitischen Tonen enthalten. Die Menge identifizierter Ressourcen (nicht JORC-konform)

Tab. 2.14.2: Kaolin-Ressourcen („Inferred“) des Sandy Ridge-Projekts (Tellus Holdings Ltd. 2014).

Ressourcen	Mio. t	Fraktion < 45 µm	ISO-Weißegrad	Fe_2O_3 [%]	K_2O [%]	TiO_2 [%]
„Global Resources“/> 30 % Fraktion < 45 µm; Weißegrad > 80 %						
„Global Inferred“	41,3	40,38 µm	83,42	0,75	0,71	0,41
„Ceramic Resources“/> 30 % Fraktion < 45 µm; Fe_2O_3 < 0,7 %, K_2O < 2,0 %; TiO_2– < 0,5 %						
„Global Inferred“	16,5	42,42 µm	84,61	0,57	0,63	0,35
„Ceramic Inferred“	7,9	43,46 µm	85,08	0,49	0,50	0,34

liegt bei etwa 45 Mio. t. Das Gesamtpotenzial könnte Ressourcen von mehreren hundert Millionen Tonnen umfassen. Früher wurde der Kaolin zur Keramik- und Ziegelproduktion verwendet (Whitehouse 2007, Nicholson 1976).

Im Norden von New South Wales befinden sich zudem hochreine Kaoline in der Region von **Invernell** bei Elsmore. Die Kaoline sind hydrothermale Alterationsprodukte am Rande vergreister Regionen des Elsmore-Granits (Whitehouse 2007).

Nach Whitehouse (2007) weist auch die Region östlich von **Bourke** im Norden von New South Wales ein erhöhtes Potenzial für die zukünftige Gewinnung von hochwertigem Kaolin auf. Demnach befinden sich hier tiefgreifend verwitterte silurische Granite ebenso wie sedimentäre Kaoline innerhalb tertiärer Sedimentabfolgen von Tonen, Kiesen und Sanden, die bislang kaum untersucht wurden. Nach Whitehouse (2007) sind die Kaoline durchschnittlich 4 m, lokal auch bis 14 m mächtig und entweder sandig und locker oder hart und sehr rein ausgebildet.

Tasmania

In Tasmania existieren einige Kaolinvorkommen im Bereich von **St. Helens**, des **South Mt. Cameron**, der **Surges Bay** und bei **Scottsdale**. Die Qualitäten sind jedoch für hochwertige Anwendungen wie der Papierbeschichtung nicht ausreichend. Teilweise handelt es sich eher um vergleichsweise quarzreiche feuerfeste Tone, wie im Falle des Vorkommens von **Mawbanna** im Nordwesten der Insel. Der Abbau von Kaolinen in Tasmania endete 1999. In **Tonganah** bei Scottsdale wurde ein hydrothermal kaolinisierter devonischer Granit abgebaut und als Füllstoff für die Papierindustrie verwendet (Threader 1976, Bacon et al. 2008).

Anforderungen und Bewertung

Aufgrund der verschiedenen Einsatzgebiete für Kaoline sind die Anforderungen an den Rohstoff sehr unterschiedlich. Von besonderer Bedeutung sind neben dem Kaolinitgehalt der Weißegrad des Kaolins, die Korngröße der Kaolinite, die Korngrößenverteilung der Komponenten, die Viskosität des Kaolins bei verschiedenen Feststoffgehalten in einer Suspension und die Brenneigenschaften. Der Anteil von Oxiden, Sulfiden und organischen Komponenten ist ebenfalls von Bedeutung, da sich diese Komponenten je nach Anwendung negativ auf die Verarbeitungseigenschaften auswirken bzw. die Farbgebung der Produkte beeinträchtigen können (Lorenz & Gwosdz 1997). Die genauen Anforderungen können Lorenz & Gwosdz (1997) entnommen werden.

Im Zuge der Aufbereitung wird der Kaolin geschlämmt, dabei Kaolinit angereichert und die anderen Komponenten weitgehend abgetrennt. Neben der Schweretrennung zur Abtrennung von Quarz, Feldspäten, Glimmer, Oxiden und Hydroxiden können über Magnetscheider magnetische Komponenten abgetrennt werden. Über das Verfahren der Ozonierung besteht die Möglichkeit, feinste organische Komponenten zu entfernen und den Kaolin so zu bleichen. Nach der Aufbereitung enthalten Kaoline (Handelsprodukte) bis > 98 % Kaolinit. Diese hochwertigen Kaoline werden in der Papierindustrie als Streichkaolin eingesetzt. Einen etwas geringeren Kaolinitanteil benötigen Füllstoffkaoline. Für die keramische Industrie reichen je nach Anwendung auch 75 % Kaolinitanteil aus (Lorenz & Gwosdz 1997). Ein hoher Weißegrad ist insbesondere für Kaoline von Bedeutung, die in der Papier- sowie der Porzellanindustrie, aber auch als Füllstoffe eingesetzt werden.

Die australischen Kaoline besitzen teilweise eine hohe Qualität, so beispielsweise einige der Vorkommen entlang des Cape York in Queensland oder in South Australia bzw. Western Australia. Das Problem der australischen Kaolinvorkommen besteht jedoch häufig in der vergleichsweise schlechten Anbindung an die Infrastruktur des Landes und auch in der Wasserknappheit, die die weitere Aufbereitung des Kaolins in zahlreichen Regionen erschwert. Ohne eine ausreichende Wasserversorgung ist es nicht möglich, den Kaolin vor Ort zu schlämmen. Einige Vorkommen sind zudem klein oder die Kaoline treten in unregelmäßigen Linsen auf, was sowohl die Exploration als auch den Abbau deutlich erschwert.

Australien weist somit zwar eine Reihe durchaus interessanter und hochwertiger Vorkommen auf, in Bezug auf die geographische Lage und die Infrastruktur sind diese Vorkommen unter ökonomischen Gesichtspunkten jedoch schwer zu entwickeln. Dies zeigt sich auch darin, dass in den letzten Jahren die Entwicklung zahlreicher,

zunächst erfolgversprechender Vorkommen wieder aufgegeben wurde.

Literatur

Abeysinghe, P. B. & Fetherston, J. M. (1999): Kaolin in Western Australia. – Mineral Resources Bulletin, Western Australia Geological Survey, **19**, 142 S.; Perth.

Australian Minerals and Mining Group Ltd. (2011): Surface mineral rights obtained at advanced kaolin project, Meckering Western Australia. – AMMG Media/ASX Release, 14 February 2011. – URL: http://www.infomine.com/index/pr/Pa996222.PDF [Stand 29.01.2016].

Bacon, C. A.; Calver, C. R. & Pemberton, J. (2008): The Industrial Mineral Deposits of Tasmania. – Mineral Resources of Tasmania, **13**, Department of Infrastructure, Energy and Resources: S. 17, Mineral Resources Tasmania.

Byrnes, J. G. (1993): Bourke 1:250.000 Metallogenic Map SH/55-10: metallogenic study and mineral deposits data sheets. – Geological Survey of New South Wales, Sydney.

Fetherston, J. M. (2008): Industrial minerals in Western Australia: the situation in 2008. – Geological Survey of Western Australia, record **2008/16**, 70 S.; Perth, WA.

Gaskin, A. J. Darragh, P. J. & Loughnan, F. C. (1979): Australian Kaolins. – In: International Clay Conference 1978; proceedings of the VI International Clay Conference 1978, 591–599, Clay Minerals Group, Mineralogical Society, London.

Government of South Australia (2013): Kaolin. – URL: http://www.minerals.dmitre.sa.gov.au/geological_survey_of_sa/commodities/kaolin [Stand 28.04.2015].

Government of Western Australia (o.J.): Mines and Mineral Deposits (MINDEX). – Department of Mines and Petroleum. – URL: http://minedexext.dmp.wa.gov.au/minedex/external/common/appMain.jsp [Stand 27.04.2015].

Hiern, M. N. (1976): Clay – South Australia. – In: Knight, C. L. (Hrsg.): Economic Geology of Australia and Papua New Guinea, 4. Industrial Minerals and Rocks. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph Series, **8**: 57–62; Parkville, VIC.

Lavingdale, M. (2014): South Australian mineral resource production statistics for the six month ended 30th June 2014. – Report Book, **2014/00022**, Department of State Development, South Australia, Adelaide.

Lipple, S. L. (1976): Kaolin – Western Australia. – In: Knight, C. L. (Hrsg.): Economic Geology of Australia and Papua New Guinea. 4. Industrial Minerals and Rocks. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **8**: 66–67; Parkville, VIC.

Lipple, S. L. (1977): Kaolin occurences in the southwest of Western Australia. – Western Australia Geological Survey, Record **1976/17**, 26 S.; Perth, WA.

Lorenz, W. & Gwosdz, W. (1997): Kaolin und kaolinitische Tone. – In: Bewertungskriterien für Industrieminerale, Steine und Erden. Teil 1: Tone.- Geol. Jb, **H 4**: 19–41, 62 Tab., 8 Abb.; Hannover.

McHaffie, I. W. (1984): The Axedale ball clay deposits. – Geological Survey of Victoria, unpublished Report, **1984/46**; Adelaide, VIC.

McHaffie, I. W. & Buckley, R. W. (1995): Kaolin. – In: Industrial minerals and rocks of Victoria. – Geological Survey Report, **102**: 98–113, 3 Abb., 1 Tab.; Melbourne, VIC.

Miller, P. G. (1972): Summary report of exploration of kaolin prospects, October 1969–April 1972, Kimba, South Australia. – S.M.L. 664-Dept. Mines open file envelope **1948** (unpublished); Adelaide, VIC.

Minotaur Exploration Ltd. (2014a): Poochera Kaolin Deposits. – URL: http://www.minotaurexploration.com.au/projects/poochera-kaolin-project [Stand 20.04.2015].

Minotaur Exploration Ltd. (2014b): Carey's Well Kaolin Project. – URL: http://www.minotaurexploration.com.au/sites/default/files/documents/

Carey'sWellKaolinBrochure2web_may13.pdf [Stand: 27.04.2015].

New South Wales Government (2012): Minerals and metals availability in New South Wales Australia. – Industry Coordination, Division of Resources & Energy New South Wales. – URL: http://www.resourcesandenergy.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0007/82474/Minerals-and-metals-availability-in-NSW-2012.pdf [Stand 27.04.2015].

Nicholson, D. A. (1976): Kaolinitic Clay – New South Wales. – In: Knight, C. L. (Hrsg.): Economic Geology of Australia and Papua New Guinea. 4. Industrial Minerals and Rocks. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **8**: 42–47; 1 Tab.; Parkville, VIC.

O'Driscoll (2009): Australia's kaolin rush. – Industrial Minerals, July 2009: 10–11; London, UK.

Ray, H. N., MacRae, G. P., Cain, L. J., & Malloch, K. R. (2003): New South Wales Industrial minerals Database, 2nd edition. – Geological Survey of New South Wales, Sydney, CD-ROM.

RM Research (2012): Initiating Coverage – Australia Minerals & Mining Group Ltd. – Focus on the bulks – early days but kaolin (aluminous clay) project looking good. – RM Research – 11 July 2012. – URL: http://www.rmresearch.com.au [Stand 27.04.2015].

Simpson, B. R. (1976): Kaolin – Queensland. – In: Knight, C. L. (Hrsg.): Economic Geology of Australia and Papua New Guinea. 4. Industrial Minerals and Rocks. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **8**: 39–40; 1 Tab.; Parkville, VIC.

Tan S. H. (1976): Kaolinitic Clay – Victoria. – In: Knight, C. L. (Hrsg.): Economic Geology of Australia and Papua New Guinea. 4. Industrial Minerals and Rocks. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **8**: 53–55; 1 Tab.; Parkville, VIC.

Tellus Holdings Ltd. (2014): Sandy Ridge Project – JORC Inferred Resource. – Tellus Holdings Ltd. Media Release, June 20th, 2014. – URL: http://www.tellusholdings.com/pdf/2014/2014_Jun_19_Sandy_Ridge_Inferred_JORC_Resource.pdf [Stand 27.04.2015].

Threader, V. M. (1976); Kaolinitic Clay – Tasmania. – In: Knight, C. L. (Hrsg.): Economic Geology of Australia and Papua New Guinea, 4. Industrial Minerals and Rocks. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph Series, **8**: 57; Parkville, VIC.

Vivian (1994): Surrender report, E70/1120, Tambellup kaolin project, southwest region, Western Australia, Portman Mining Ltd. – Western Australia Geological Survey, M-series, Item 7672; Perth (unpublished).

von Gnielinski, F. (2014): Queensland Minerals – A summary of major mineral resources mines and projects. – Department of Natural Resources and Mines, Geological Survey of Queensland, 206 S.

Walker, A. L. (1978): The Gabbin Kaolin Deposit and its Markets. – In: Proceedings of the 3rd Industrial Minerals International Congress, Paris on 13–15 March 1978, 87–93; Paris.

Whitehouse, J. (2007): Kaolin. – In: Facer, R. A. (Hrsg.): Industrial Mineral Opportunities in New South Wales. – Geological Survey of New South Wales, Bulletin, **33**: 87–91, 2 Abb., 1 Tab.; Maitland, NSW (NSW Department of Primary Industries).

2.15 Lithium

(Harald Elsner)

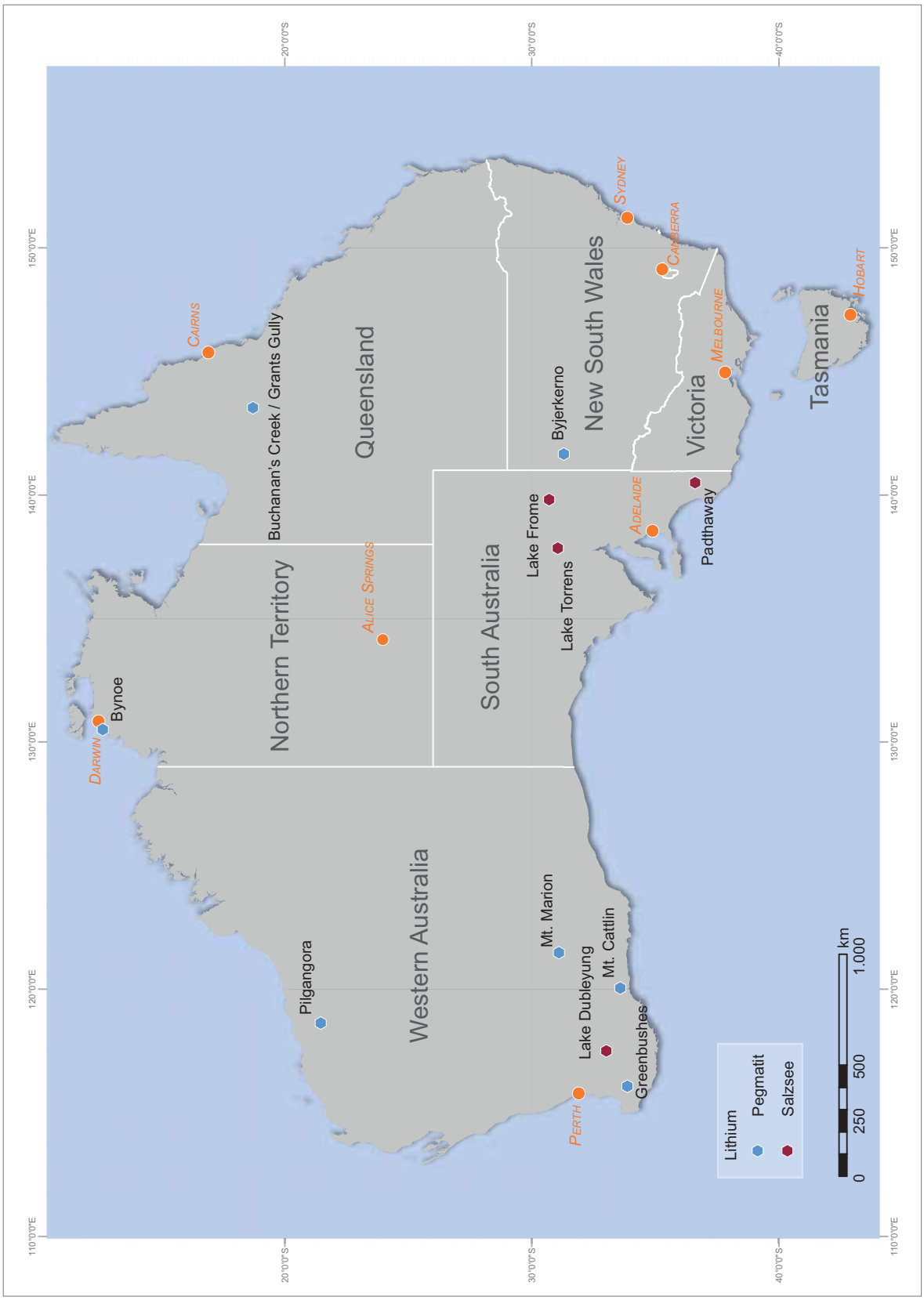


Abb. 2.15.1: Ausgewählte Lithiumlagerstätten und -vorkommen in Australien.

Überblick und Verwendung

Lithium (Li) ist ein silberweißes, weiches Leichtmetall. Es findet sich in der Natur:

- vergesellschaftet mit anderen Elementen, wie beispielsweise Bor,
- angereichert in einigen geothermalen Wässern,
- in Erdöllagerstätten,
- konzentriert in Salzseen in der Nähe von aktiven Vulkanen,
- in Pegmatiten, häufig zusammen mit Tantalit, Cassiterit und/oder Beryll, sowie in Form der Li-Minerale Spodumen $LiAl[Si_2O_6]$, Petalit $Li[AlSi_4O_{10}]$ und untergeordnet Amblygonit $LiAl(PO_4)(F,OH)$, Lepidolith $K(Li,Al)_3[(F,OH)_2|(Si,Al)_4O_{10}]$ und Eukryptit LiAl(SiO4).

Lithium wird als Oxid, Karbonat, Amid, Bromid, Chlorid, Hypochlorit oder Hydroxid in Schmiermitteln, Arzneimitteln, Chemikalien, Klimaanlagen und Katalysatoren eingesetzt. Weiterhin ist es im Rahmen der Herstellung von Emaille, Keramik und Gläsern (insbesondere hitzebeständigen Gläsern) sowie von Glasuren und Fritten bedeutsam. Als Metall findet Lithium Verwendung in Legierungen mit geringem Gewicht und neuerdings besonders in Lithium- und Lithium-Ionen-Batterien.

Wichtige Vorkommen in Australien

Australien ist nach Chile der weltweit zweitgrößte Lithiumproduzent, wobei die gesamte Produktion aus Western Australia und dort aus dem Pegmatit von Greenbushes stammt. Im Jahr 2014 förderte der dortige Betreiber, Talison Lithium Pty Ltd., 1,514 Mio. t Erz bzw. gewann aus rund 1,113 Mio. t Erz 426.000 t Lithiumkonzentrat, davon 78,9 % „chemical grade“ und 21,1 % „technical grade“ (siehe unten). Abbildung 2.15.1 gibt einen Überblick über ausgewählte australische Lithiumlagerstätten und -vorkommen, die im Folgenden beschrieben werden.

Western Australia

Die Gewinnung und Aufbereitung von Lithium begann in **Greenbushes** im Jahr 1983. Zinn wurde in Greenbushes dagegen schon 1888 (aus Seifen) und Tantal erst später, 1992, ausgebracht. Auch Kaolin wurde früher gewonnen. 1987 wurden die Li-Förderaktivitäten erst durch Lithium Australia Ltd. und 1990 durch Sons of Gwalia Ltd. übernommen, die jedoch 2004 in Konkurs ging. 2007 wurde die Talison Minerals-Gruppe gegründet, die bis 2010 die gesamten Lithiumaktivitäten in Greenbushes aus der Konkursmasse erwarb. Im Frühjahr 2013 wurde Talison Lithium Pty Ltd. durch die private chinesische Chengdu Tianqi Industry Group Co. Ltd. übernommen. Im Mai 2014 übernahm die US-amerikanische Rockwood Holdings Inc. (2015 von der US-amerikanischen Albemarle Corporation übernommen) 49 % der Anteile an Talison Lithium Pty Ltd., sodass dieses Unternehmen jetzt ein Joint Venture zwischen Albemarle Corporation (49 %) und Sichuan Tianqi Lithium Industries Inc. (51 %) darstellt.

Talison Lithium Pty Ltd. produziert zwei Sorten von Lithiumkonzentrat @ 5,0–7,5 % Li_2O. Zum einen ein Konzentrat technischer Qualität mit niedrigem Fe-Gehalt, das unter anderem in der Produktion von Glas, Keramik und hitzeresistentem Kochgeschirr Verwendung findet. Zum anderen ein Lithiumkonzentrat chemischer Qualität als Ausgangsrohstoff für Lithiumchemikalien, die als Ausgangsrohstoff unter anderem für die Herstellung von Lithiumionen-Batterien verwendet werden.

Die Greenbushes-Pegmatite (Abbildung 2.15.2) intrudierten vor 2.527 ± 2 Millionen Jahren entlang einer größeren regionalen Störungszone. Der Hauptpegmatitkörper lässt sich über rund 3,3 km streichende Länge bei einer Breite von bis zu 250 m und einer Teufe von mindestens 500 m nachweisen. Er wird auf rund 7 km streichender Länge und mit bis zu 1 km Breite von zahlreichen kleinen Pegmatitgängen begleitet (Hatcher & Clynick 1990). Innerhalb des Hauptpegmatits ist die lithiumreiche Zone über 2 km lang und mit Spodumen angereichert, der häufig über 50 Vol.-% des Gesteins ausmacht. Im Durchschnitt setzen sich die Greenbushes Pegmatite jedoch aus 28 Vol.-% Quarz, 26 Vol.-% Spodumen, 23 Vol.-% Albit, 20 Vol.-% Kalifeldspat, 1 Vol.-% Turmalin, 1 Vol.-% Apatit, 0,5 Vol.-% Glimmer und 0,5 Vol.-% anderen Mineralen (Beryll, Cassiterit, Tantalit, Zirkon, Rutil, Granat unter anderem) zusammen.

Nach Ingham et al. (2012) enthält Greenbushes bei einem Grenzwert („boundary condition“) von 0,7 % Li_2O „Measured & Indicated Resources“ von 118,4 Mio. t Erz @ 2,4 % Li_2O (+ 220 ppm Ta_2O_5)

Abb. 2.15.2: Blick in den aktiven Tagebau von Greenbushes im März 2015. Der helle, an Spodumen reiche Hauptpegmatit fällt steil ein (Foto: BGR).

bzw. 7,1 Mio. t LCE („Lithium Carbonate Equivalent“) inklusive bei einem „cut-off grade“ von 1,8 % Li_2O „Proved & Probable Reserves“ von 61,5 Mio. t Erz @ 2,8 % Li_2O bzw. 4,3 Mio. t LCE.

2 km nördlich Ravensthorpe liegt der flach lagernde Pegmatit **Mount Cattlin**, der zwischen Ende 2009 und Juli 2012 von Galaxy Resources Ltd. abgebaut wurde. Das in Mount Cattlin produzierte Spodumenkonzentrat sollte zur Versorgung der Lithiumkarbonat-Anlage von Galaxy Resources in China dienen. Bis Mitte 2012 waren 616.714 t Erz @ 1,11 % Li_2O abgebaut worden, aus denen seit Oktober 2010 63.863 t Spodumenkonzentrat @ 6,18 % Li2O extrahiert werden konnten. Im März 2013 entschied sich Galaxy Resources aus Kostengründen, Spodumenkonzentrat von Talison Lithium Pty Ltd. aus Greenbushes zu beziehen, anstatt selbst die Gewinnung aus Mount Cattlin fortzusetzen.

Mount Cattlin enthielt im Februar 2011 bei einem „cut-off grade“ von 0,4 % Li_2O Gesamtressourcen von 18,188 Mio. t Erz @ 1,08 % Li_2O + 156 ppm Ta_2O_5 (197.000 t Li_2O + 2.845 t Ta_2O_5). In den Ressourcen sind „Proved Reserves“ von 2,803 Mio. t Erz @ 1,09 % Li_2O + 136 ppm Ta_2O_5 und „Probable Reserves“ von 7,933 Mio. t Erz @ 1,03 % Li_2O + 150 ppm Ta_2O_5 enthalten.

Die Aufbereitungsanlage von Mount Cattlin verfügt über eine Jahreskapazität von 137.000 t Spodumenkonzentrat. Experten gehen davon aus, dass sie erst wieder in Produktion gehen wird, wenn die weltweite Lithiumnachfrage deutlich ansteigt und damit auch eine Gewinnung von Lithium aus Festgesteinslagerstätten mit geringen Gehalten wirtschaftlich wird.

Das Lithium Projekt **Mt. Marion** liegt rund 40 km südwestlich von Kalgoorlie und wird von Neometals Ltd. (70 %) und Mineral Resources Ltd. (30 %) entwickelt. Die Lagerstätte erstreckt sich über 9 km Länge und 600 m Breite und besteht aus sechs Schwärmen aus flach einfallenden, parallelen spodumenhaltigen Pegmatitgängen.

Neben Spodumen, deren Kristalle bis 1 m Länge und 30 cm Durchmesser erreichen können, führt der Pegmatit wirtschaftlich interessante Gehalte an Beryll, Columbit-Tantalit und Muskovit.

Bei einem „cut-off grade“ von 0,3 % Li_2O betrugen die Ressourcen („Measured, Indicated & Inferred“) von Mt. Marion im Juli 2011 14,866 Mio. t Erz @ 1,30 % Li_2O (193.300 t Li_2O-Inhalt). Bisher ist die Lagerstätte in alle Richtungen und in der Teufe nicht begrenzt. Gegenwärtig geplant ist eine jährliche Produktion von 30 t Tantalitkonzentrat, 60.000 t Muskovitkonzentrat und 147.100 t Spodumenkonzentrat @ 6,0 % Li_2O, die vorzugsweise in Malaysia zu jährlich 10.000 t LiOH und 8.810 t Li_2CO_3 für die Batterieproduktion verarbeitet werden sollen.

Auch Altura Mining Ltd. hofft, das Lithium-Projekt **Pilgangoora** (120 km südlich von Port Hedland in der Pilbara Region gelegen) zukünftig in Produktion zu bringen. Bei dieser Lagerstätte handelt es sich um zwölf, teils ausstreichende, teils flach lagernde spodumenführende Pegmatitgänge. Die „Indicated & Inferred Resources“ zum September 2015 betrugen 26,06 Mio. t Erz @ 1,20 % Li_2O (rund 315.000 t Li_2O-Inhalt). Erste Planungen gehen von einer Gewinnung von 830.000 t Erz jährlich aus, aus dem bis zu 150.000 t/Jahr Spodumenkonzentrat @ min. 6,0 % Li_2O ausgebracht werden sollen. Unweit südlich liegt zudem das gleichnamige Tantal-Lithium-Projekt von Pilbara Minerals Ltd. (vgl. Kapitel 2.23) mit „Indicated & Inferred Resources“ von 52,2 Mio. t Spodumenerz @ 1,28 % Li_2O (668.00 t Li_2O-Inhalt).

Altura Mining exploriert auch das Lithium-, Zinn- und Tantal-Potenzial von Pegmatiten bei **Smithfield**, rund 15 km südlich von Greenbushes.

Auch die Salzseen Westaustraliens werden von einigen Unternehmen als potenzielle Lithiumressourcen angesehen. Die US-amerikanische AmeriLithium Corp. hat sich drei Explorationslizenzen (**Bare Rocks**, **Hoffman Hills**, **Normans Lake**) auf insgesamt 174 km² Fläche im Umkreis von 25 km um Lake Dumbleyung in der Wagin Lakes Region gesichert.

New South Wales

In New South Wales ist eine Lithium-Mineralisation nur nahe Byjerkerno, 70 km nördlich von Broken Hill, bekannt. Hier wurden früher beibrechend geringe Mengen Amblygonit aus Cassiterit führenden Pegmatiten des Zinnfeldes **Euriowie** gewonnen.

Queensland

Auch Queensland verfügt über ein geringes Potenzial an Lithium in mineralisierten Pegmatiten. Prospektiv ist z. B. die Region **Buchanan's Creek-Grants Gully** (45 km südsüdwestlich von Georgetown), wo Artemis Resources Ltd. vor einigen Jahren in Bohrkernproben erhöhte Gehalte an Nb, Ta, Sn, und auch Lithium nachgewiesen hat.

Northern Territory

Die Regierung des Northern Territory sieht ein Potenzial für Lithium im Pegmatitfeld von Bynoe. Altura Mining Ltd. hat in ersten Gesteinsproben seines dortigen Projektes **7up** neben Tantal auch erhöhte Werte an Lithium festgestellt.

South Australia

South Australia besitzt keine lithiumführenden Pegmatite, aber ein Potenzial für die Lithiumgewinnung aus Salzseen. Einige dieser Salzseen wie **Lake Frome** und **Lake Torrens** bei Padthaway will Ero Mining Ltd. näher untersuchen. Nach Mernagh (2013) führt die Sole von Lake Frome nur Höchstgehalte von > 20 mg Li/l, d. h. einen Bruchteil der Gehalte, wie sie aus südamerikanischen Salzseen (50 – 1.400 mg Li/l) bekannt sind.

Anforderungen und Bewertung

Für Spodumen und Amblygonit liegt die Bauwürdigkeitsgrenze in Pegmatiten bei 1,0 M.-% Li_2O. Durch einfache Aufbereitungsmethoden wie Zerkleinern (Brechen, Mahlen), Magnetscheidung, optische Sortierung und Flotation lassen sich verkaufsfähige Mineralkonzentrate mit > 3 – 4 M.-% (Spodumen bzw. Amblygonit: > 5 – 7 M.-%) Li_2O-Gehalt erzeugen. Die für den Einsatz in der

Glas- und Keramikindustrie geeigneten Konzentrate, besonders von Spodumen, sollten zudem Gehalte von < 0,1 M.-% Fe_2O_3, < 0,5 M.-% Na_2O bzw. K_2O, < 0,1 M.-% P_2O_5 und < 0,1 M.-% H_2O besitzen. Bei der Verarbeitung von Lepidolith kann dessen Fluor-Gehalt zu Umweltbeeinträchtigungen führen. Lithiumpegmatite sollten mindestens 0,5 Mio. t, besser 1 Mio. t Mineralinhalt besitzen, um abbauwürdig zu sein (Lorenz & Gwosdz 2003).

Lithiumhaltige Sole sollte > 200 mg Li/l enthalten, um von wirtschaftlichem Interesse zu sein (Mernagh 2013). Sole wird aus Brunnenbohrungen in Evaporationsbecken gepumpt, wo durch natürliche Verdunstung der Li-Gehalt um das 20- bis 40-Fache ansteigt. Hierbei spielt das Mg : Li-Verhältnis eine wichtige Rolle. Je höher das Verhältnis ist, umso unwirtschaftlicher wird die Aufbereitung, da mehr Kalk zur Fällung der Mg-Ionen zugeführt werden muss. Durch Zugabe von Kalk und Soda wird abschließend Li_2CO_3 aus der LiCl-Sole ausgefällt. Lithium-Solen sollten mindestens 500 Mio. t, besser 1 Mrd. t Soleninhalt besitzen, um abbauwürdig zu sein (Lorenz & Gwosdz 2003).

In Australien sind keine wirtschaftlich abbauwürdigen Lithiumvorkommen in Salzseen bekannt. Es gibt jedoch zahlreiche Salzseen, die bisher noch nicht auf ihren Li-Gehalt hin untersucht wurden. Mit einem abbauwürdigen Potenzial ist nach Mernagh (2013) jedoch eher nicht zu rechnen.

Von den derzeit bekannten Lithiumpegmatiten Australiens besitzt derzeit nur Greenbushes ein wirtschaftliches Potenzial. Alle anderen Pegmatite sind deutlich geringhaltiger und bei den derzeitigen niedrigen Lithiumpreisen mit den wesentlich günstiger abzubauenden südamerikanischen Salzseen nicht konkurrenzfähig.

Literatur

Calderwood, M. A., Grguric, B. A. & Jacobson, M. I. (2007): Guidebook to the Pegmatites of Western Australia: 394 S., 100 Abb., 75 Karten; Victoria Park, WA.

Hatcher, M. I. & Clynick, G. (1990): Greenbushes Tin-Tantalum-Lithium Deposit. – In: Hughes, F. E. (Hrsg.): Geology of the Mineral Deposits of Australia and Papua New Guinea. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **14**: 599–603, 3 Abb., 2 Tab., 1 Taf.; Melbourne.

Ingham, P. D., White, I. R. & Jackson, S. (2012): Greenbushes Lithium Operations. NI 43-101 Technical Report prepared for Talison Lithium Limited, 21.12.2012: 103 S., 26 Abb., zahlr. Tab., North Sydney, NSW.

Lorenz, W. & Gwosdz, W. (2003): Lithium-Minerale. – In: Bewertungskriterien für Industrieminerale, Steine und Erden. Teil 7: Feldspäte und andere Flussmittel. – Geol. Jb, **H 10**: 94–108, 9 Tab.; Hannover.

Mernagh, T. P. (Hrsg.) (2013): A review of Australian salt lakes and assessment of their potential for strategic resources. – Geoscience Australia, Record **2013/39**: 243 S., zahlr. Abb. und Tab.; Canberra. – URL: http://www.ga.gov.au/corporate_data/76454/Rec2013_039.pdf [Stand 29.01.2016].

Whitehouse, J., Brownlow, J. W., Burton, G. R., Ferguson, A. C., Glen, R. A., Lishmund, S. R., MacRae, G. P., Malloch, K. R., Oakes, G. M., Paterson, I. B. L., Pienmunne, J. T., Ray, H. N. & Watkins, J. J. (2007): Lithium. – In: Facer, R. A. (Hrsg.): Industrial Mineral Opportunities in New South Wales. – Geological Survey of New South Wales, Bulletin, **33**: 99–100; Maitland, NSW (NSW Department of Primary Industries). – URL: http://www.resourcesandenergy.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0005/238154/Lithium.pdf [Stand 29.01.2016].

2.16 Magnesit

(Harald Elsner)

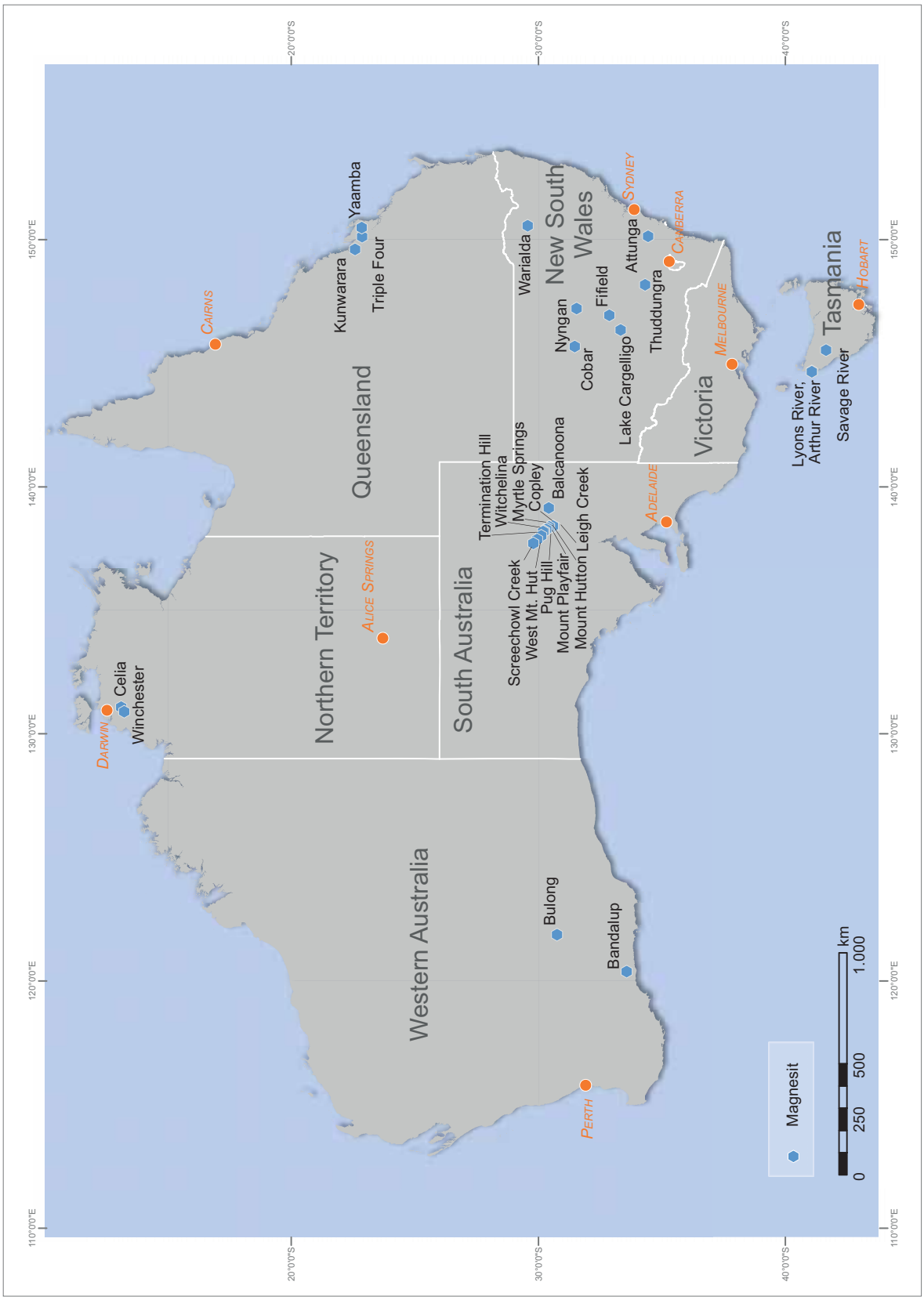


Abb. 2.16.1: Ausgewählte Magnesitlagerstätten in Australien.

Überblick und Verwendung

Magnesit ($MgCO_3$) ist ein Magnesiumkarbonat, das in der Natur häufig zusammen mit anderen Karbonaten wie Calcit, Siderit oder Dolomit vorkommt. Während sich der Name Magnesit nur auf das natürliche ungebrannte Mineral bezieht, werden mit Magnesia die kalzinierten Verarbeitungsprodukte (Zwischen- und Endprodukte) bezeichnet und durch erläuternde Zusatzworte unterschieden. Rohmagnesit kann als Bodenverbesserer, als Zuschlagstoff bei der Glas- und Keramikherstellung, als Füllstoff in Farben, Papier, Kunststoff und Gummi, als Trägerstoff für Pestizide und als Antihaftmittel in Speisesalz, Explosivstoffen und Ammoniumnitratdünger verwendet werden. Der Großteil des bergmännisch gewonnenen Magnesits wird jedoch in kalzinierter (Kauster oder kaustische Magnesia, Brenntemperatur 600 – 1.000 °C) und totgebrannter Form (Sinter oder Sintermagnesia, Brenntemperatur 1.700 – 2.000 °C) verwendet. Während Kauster ähnliche Eigenschaften wie Rohmagnesit besitzt, ist Sinter ein wichtiges Feuerfestmaterial. Es kann sogar noch weiter zu Schmelzmagnesia (Brenntemperatur 2.800 – 3.000 °C) gebrannt werden, ein Ausgangsprodukt zur Herstellung hochfeuerfester Steine.

Wichtige Vorkommen in Australien

In Australien sind Hunderte von Magnesitvorkommen und -lagerstätten bekannt, von denen viele auch schon einmal in Produktion standen, für heutige Verhältnisse aber eher geringe Mengen an Magnesit lieferten. Gegenwärtig wird Magnesit noch in den Bundesstaaten Queensland (658.562 t im Jahr 2014/15), New South Wales (25.180 t im Jahr 2010/11) und South Australia (4.650 t im Jahr 2015) abgebaut. Abbildung 2.16.1 gibt einen Überblick über ausgewählte australische Magnesitlagerstätten, die im Folgenden beschrieben werden.

Queensland

Eine der weltweit bedeutendsten Abbaustellen eisenarmen, kryptokristallinen Magnesits ist **Kunwarara** in Queensland (Abbildung 2.16.2). Das dortige Magnesitvorkommen wurde 1985 entdeckt und steht seit 1991 in Abbau. Seit dem Jahr 2012 erfolgt der Abbau durch den Industriemineralkonzern Sibelco Australia Ltd., die den damaligen Betreiber Queensland Magnesia Pty Ltd. (QMAG) übernahm.

Die Tagebaue von Kunwarara (Abbildung 2.16.2) liegen in den Magnesitlagerstätten von Kunwarara und Yaamba, die sich 40 bis 70 km nördlich von

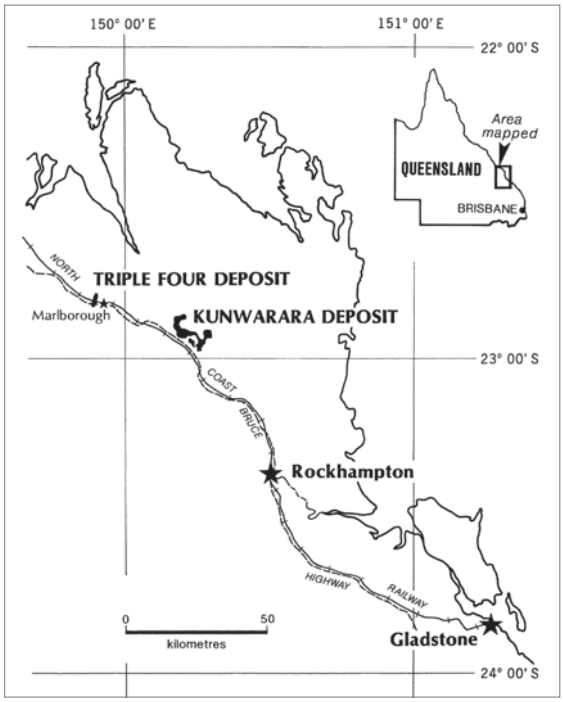


Abb. 2.16.2: Lage der Magnesitlagerstätten Kunwarara und Triple Four, Queensland (Burban 1990).

Abb. 2.16.3: Satellitenaufnahme der Magnesittagebaue in der Lagerstätte Kunwarara-Yaamba, Queensland (Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung von SNL).

Rockhampton über eine Ebene von 30 km Länge bei 0,5 bis 3 km Breite auf 63 km² Fläche erstrecken. Das Lagerstättengebiet ist sowohl durch Eisenbahn- als auch Straßeninfrastruktur sehr gut erschlossen.

Die Lagerstätten entstanden innerhalb eines mäandrierenden, spättertiären bis quartären Paläoflußsystems, das ein Gebiet Mg-reicher ultrabasischer Gesteine entwässerte. Innerhalb der Hauptlagerstätte Kunwarara (49 km²) gibt es fünf Areale (KG1, KG2, KG3, Oldman North und Oldman South) mit hohen Gehalten eisenarmer und kryptokristalliner Magnesitknollen, die den Ausgangsstoff für die Produktion von Magnesia bilden. Die durchschnittliche Mächtigkeit des Erzes beträgt 7,6 m, überlagert von durchschnittlich 4,6 m (von 0,3 bis 12 m) mächtigen schwarzen Tonen. Die Magnesitknollen sind cremeweiß bis schneeweiß, nehmen 20 – 95 Vol.-% des Erzes ein und haben wenige Millimeter bis 60 cm Durchmesser. Publizierte Analysen von Magnesit aus vier Explorationsgruben in Kunwarara zeigen Werte (glühverlustfrei gerechnet) von 94,4 – 98,2 % MgO, 0,82 – 2,04 % CaO, 0,69 – 2,76 % SiO_2, 0,17 – 0,29 % Fe_2O_3, 0,08 – 0,29 % Al_2O_3 und 0,06 – 0,2 % MnO. Der mittlere Borgehalt liegt bei 0,002 % (Burban 1990). Der Kern der Knollen enthält bis zu 99,5 % MgO (Milburn & Wilcock 1998)

Derzeit werden jedes Jahr aus Kunwarara (Abbau seit 1991) rund 3 Mio. t Magnesiterz und aus der Nachbarlagerstätte Yaamba (Abbau seit 2000) 1 Mio. t Erz gewonnen. Von Gnielinski (2013) nennt für Kunwarara als Durchschnitt über neun Jahre eine Jahresproduktion von 447.480 t Magnesitinhalt. Im Geschäftsjahr 2012/13 betrug die Produktion 503.735 t Magnesitinhalt. Die „Inferred Resources“ im Kunwarara-Distrikt werden auf 11,2 Mrd. t Erz mit 500 Mio. t Magnesitinhalt geschätzt (Whitehouse et al. 2007). Milburn & Wilcock (1998) nennen „Measured Resources“ von 1,2 Mrd. t Magnesiterz. Die Reserven werden vom Department of Natural resources and Mines von Queensland (2013) mit 430 Mio. t Erz @ 35 % $MgCO_3$ (150 Mio. t Magnesitinhalt) angegeben. Nach Towner (2013) betragen die „Economic Demonstrated Resources“ („Proved & Probable Reserves“ und „Measured & Indicated Resources“) dagegen „nur“ 63 Mio. t. Magnesitinhalt. Von Gnielinski (2013) zitiert Ressourcenberechnungen nach JORC aus dem Jahr 2004, wonach damals die Teilvorkommen KG1 – 3, Oldman North und Oldman South Ressourcen („Measured & Indicated“) von 90,2 Mio. t Erz mit 28,9 Mio. t Magnesitinhalt inklusive Reserven („Proved & Probable“) von 55,6 Mio. t Erz mit 17,6 Mio. t Magnesitinhalt enthielten.

Nach Aufbereitung vor Ort wird der Magnesit per Lkw 70 km zur Anlage Parkhurst in Rockhampton transportiert, wo er in drei Öfen mit einer Kapazität von 345.000 t/Jahr zu Magnesia gebrannt wird. Parkhurst produziert jährlich ca. 80.000 t kaustische Magnesia, 110.000 t Sintermagnesia und 32.000 t Schmelzmagnesia.

Neben Sibelco Australia Ltd. verfügt auch Magnesite Queensland Pty Ltd. über eine rund 2 km² große Lizenz (**Herbert Creek Prospect**) im Bereich der Kunwarara-Yaamba Lagerstätten.

Eine ähnliche Magnesitlagerstätte wie Kunwarara oder Yaamba ist auch 50 km weiter nordwestlich, bei Marlborough (**Marlborough Magnesite Prospect**) nachgewiesen. Die dortige Lagerstätte **Triple Four** soll Vorräte von 77 Mio. t Erz mit 35 Mio. t (andere Quellen: 39 Mio. t) Magnesitinhalt beinhalten. Sie ist derzeit, soweit bekannt, ohne Lizenzinhaber.

Das Magnesitprojekt **Princhester** liegt 8 km südsüdöstlich von Marlborough nahe des Bruce Highway. Hier lagern nach Von Gnielinski (2013) „Indicated Resources“ von 4,8 Mio. t Magnesiterz @ durchschnittlich 46,9 % $MgCO_3$ (2.251.200 t Magnesitinhalt) zuzüglich „Inferred Resources“ von 0,6 Mio. t Magnesiterz @ durchschnittlich 46,7 % $MgCO_3$ (280.200 t Magnesitinhalt). Die Lagerstätte entstand insitu durch Verwitterung eines liegenden Serpentinits (Brooks 1976). Derzeitiger Lizenzinhaber ist Lachlan Star Ltd.

New South Wales

In New South Wales wurden bisher 68 Magnesitvorkommen entdeckt. Seit 1935 wird Magnesit bei **Thuddungra** (40 km nordwestlich von Young bzw. 200 km nordwestlich Canberra) im Tagebau gewonnen. Er findet sich hier auf Gängen in Serpentiniten und Knollen, die sich tertiärzeitlich in Paläoseen und -flüssen durch die Ausfällung Mg-reicher Wässer bildeten, die wiederum bei der Umwandlung mafischer Gesteine entstanden (Abbildung 2.16.4). Die durchschnittliche Erzmächtigkeit beträgt 7,1 m, die

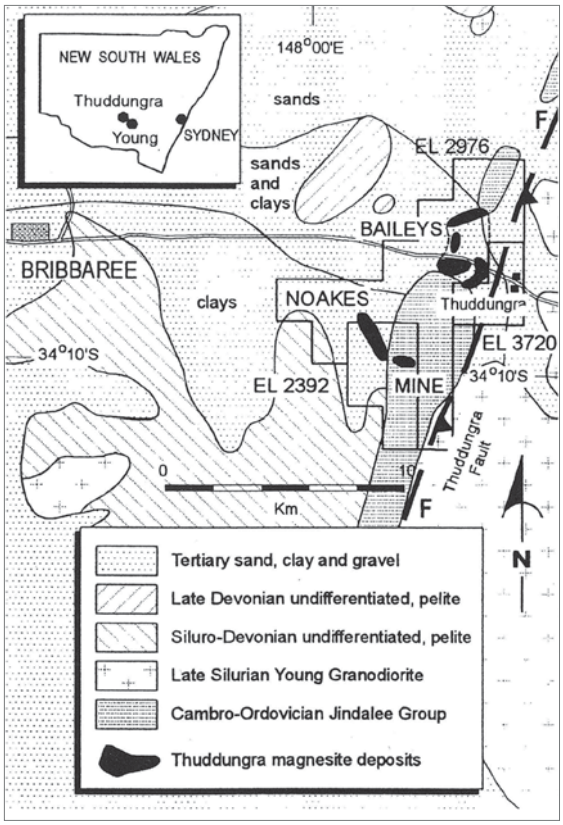


Abb. 2.16.4: Geologische Übersichtskarte der Magnesitlagerstätten bei Thuddungra, New South Wales (Diemar 1998).

durchschnittliche Abraummächtigkeit 11,9 m. Das krypto- bis feinkristalline Erz ist von sehr hoher Qualität, führt (glühverlustfrei gerechnet) 97 – 98 % $MgCO_3$, 1,03 – 1,84 % SiO_2, 0,56 – 1,28 % CaO, 0,02 – 0,17 % Fe_2O_3, 0,08 – 0,18 % Al_2O_3 bzw. im Mittel 47,7 % MgO und variiert in seiner Mächtigkeit zwischen 2 und 10 m. Abbautreibende bzw. magnesitverarbeitende Unternehmen sind Young Mining Co Pty Ltd. und Causmag Ore Co. Pty Ltd. (Causmag International), beide Töchter der Orind Australia Pty Ltd., ihrerseits ein Tochterunternehmen der Orind Mauritis Private Ltd, die wiederum eine Tochter des indischen Unternehmens Excel Colours and Fritz Ltd. darstellt. Der Magnesit von Thuddungra wird in Young aufbereitet und dient im Wesentlichen als Ausgangsprodukt für die Herstellung von Kauster für die veterinärmedizinische (70 %) und pharmazeutische Industrie sowie die Landwirtschaftsindustrie. Die Produktionskapazität liegt bei 18.000 t/Jahr.

Zwischen 1987 und 1989 wurden zwei weitere Erzkörper (**Noakes** und **Bailey**) nördlich bzw. nordwestlich der bisherigen Abbaustelle gefunden und exploriert, sodass der Magnesitabbau in dieser Region noch für mehrere Jahrzehnte fortgesetzt werden kann. Die verbliebenen Ressourcen bei Thuddungra betrugen 2005 rund 2 Mio. t Magnesit, die von Noakes und von Bailey rund 15 Mio. t Magnesit (Diemar 1998, Whitehouse et al. 2007).

Unweit entfernt, bei Lake Cargelligo, liegen zwei weitere, mittlerweile historische Abbaustellen (**Whitton Road Mine**, **Lachlan Mine**). Hier findet sich gangförmiger Magnesit, der durch die niedrigthermale Alteration liegender nephelinführender Olivinbasalte entstand. Nennenswerte historische Abbaustellen liegen zudem bei Fifield, ca. 30 km nordwestlich von Condobolin, bei Cobar, Nyngan, Attunga und Warialda (Lishmund 1976).

South Australia

In South Australia sind sedimentäre Magnesitvorkommen mit bis zu 17 steil einfallenden Einzellagen von 0,3 bis 1,9 m wahrer Mächtigkeit nordwestlich von **Leigh Creek** bekannt. Die dortigen, alle über mehrere Kilometer Länge in NW-SE-Richtung streichenden Einzelvorkommen sind in Tabelle 2.16.1 aufgeführt bzw. in Abbildung 2.16.5 aufgezeigt.

Insgesamt werden die Ressourcen aller Magnesitvorkommen nordwestlich Leigh Creek mit 579 Mio. t Magnesitinhalt angegeben (Johns 1976). Überlegungen zur Nutzung dieser großen Ressourcen auch zur Produktion von Magnesiummetall führten Ende der 1990er Jahre zur Gründung der SAMAG (South Australian Magnesium Project) Ltd., die, aufbauend auf Know-how der The Dow Chemical Company, das bei Port Pirie (South Australia) zu produzierende Magnesium über die ThyssenKrupp Metallurgical Products GmbH weltweit vermarkten wollte. Nach über mehrere Jahre laufenden Planungen wurde das Projekt 2003/2004 aufgrund zu hoher Energiekosten in South Australia, unzureichender Nachfrage nach Magnesiummetall seitens der Automobilindustrie sowie eines ausreichenden Magnesiumsangebots aus China aufgegeben.

Während der historische Abbau in **Copley** ruht, werden in **Myrtle Springs** (Abbildung 2.16.6),

Tab. 2.16.1: Übersicht über die Ressourcen und Durchschnittsgehalte der Teilvorkommen der Leigh Creek-Magnesitlagerstätte, ergänzt nach SAMAG Ltd. (1999). Berücksichtigt wurden nur Magnesitlagen > 60 cm Mächtigkeit, > 40 % MgO-Gehalt und bis 60 m Teufe (obwohl Magnesit bis in Teufen > 100 m nachgewiesen wurde).

Ressourcen	„Measured"	„Indicated"	„Inferred"	Durchschnittsgehalt [% MgO]
	[Mio. t Magnesit]			
Copley		k. A.		42,7
Mount Hutton	18,3	42	53	42,9
Myrtle Springs		k. A.		46,7
Mount Playfair	–	11	23	42,5
Pug Hill	–	10	10	42,7
Termination Hill	4	5	20	42,8
Witchelina	23,7	94	99	40,0
West Mt. Hut	k. A.	k. A.	67	44,3
Screechowl Creek	k. A.	k. A.	36	44,3

k. A. = keine Angaben

rund 35 km Straßen- bzw. Pistenkilometer von Leigh Creek entfernt, durch den gegenwärtigen Lizenzinhaber Calix Ltd., jährlich intermittierend einige Tausend Tonnen Magnesit gewonnen und teils selbst (in Bacchus Marsh, Victoria), teils durch Sibelco Australia Ltd., zur Herstellung von Feuerfestprodukten für die Bauindustrie genutzt.

Alle weiteren Lizenzen der Teilvorkommen von Leigh Creek mit einer JORC-Gesamtressource von 413 Mio. t Magnesitinhalt bei einem Durchschnittsgehalt von 41,3 % MgO werden seit 2011 von Archer Exploration Ltd. gehalten. Dieses Junior-Explorationsunternehmen hat sich mittlerweile auf die Exploration von Graphit spezialisiert und

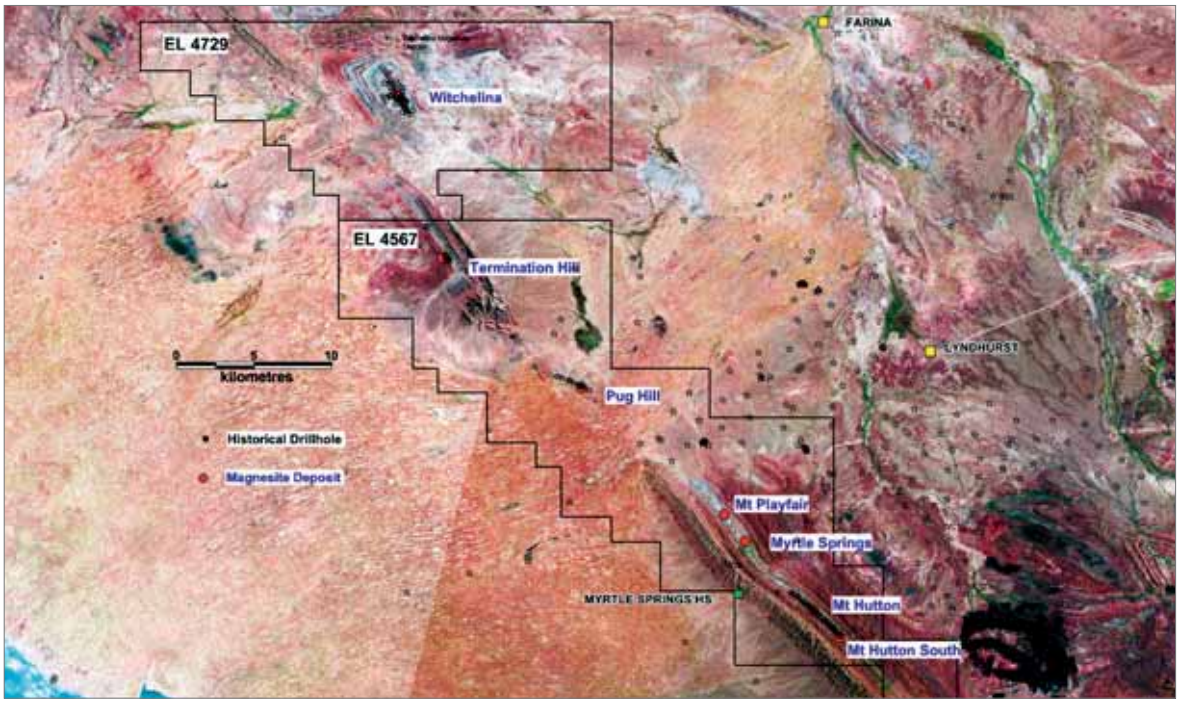


Abb. 2.16.5: Übersichtskarte der Explorationslizenzgebiete und Einzellagerstätten bei Leigh Creek (Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung von Archer Exploration Ltd.).

Abb. 2.16.6: Gewinnung steil einfallender Magnesitbänke im Myrtle Springs Tagebau nordwestlich Leigh Creek. In der Bildmitte die hellen Magnesitlagen 4 (rechts) und 5 (links) (Foto: BGR).

möchte ihre Lizenzgebiete veräußern. Vorgeschlagen wird die Nutzung des Magnesits als Grundlage für die Produktion von Magnesia für die Feuerfestindustrie. Details sind Archer Exploration Ltd. (o. J.) zu entnehmen.

Ein kleineres Magnesitvorkommen existiert auch bei **Balcanoona**, 110 km östlich von Copley inmitten des Gammon Ranges National Park (Zufahrt zur Lagerstätte nicht asphaltiert). Hier wurden in vier Haupterzkörpern „Inferred Resources" von 20 Mio. t Magnesiterz mit durchschnittlich 95,7 % $MgCO_3$, 0,7 % $CaCO_3$, 0,8 % SiO_2, 1,8 % Fe_2O_3 und 0,5 % Al_2O_3 nachgewiesen (Johns 1976; McCallum 1990).

Tasmania

Im Nordwesten von Tasmania, im Gebiet von Arthur River bzw. 4 km südwestlich bei Lyons River und rund 50 km südwestlich von Burnie, bildeten sich feinkörnige, brekziöse, meist aber massige Magnesite durch die Verdrängung von Kalkstein und Dolomit. Die Lagerstätte **Arthur River** (Abbildung 2.16.7) ist über 3,5 km streichende Länge bei einer Breite von 150 bis 400 m und einer Teufe von

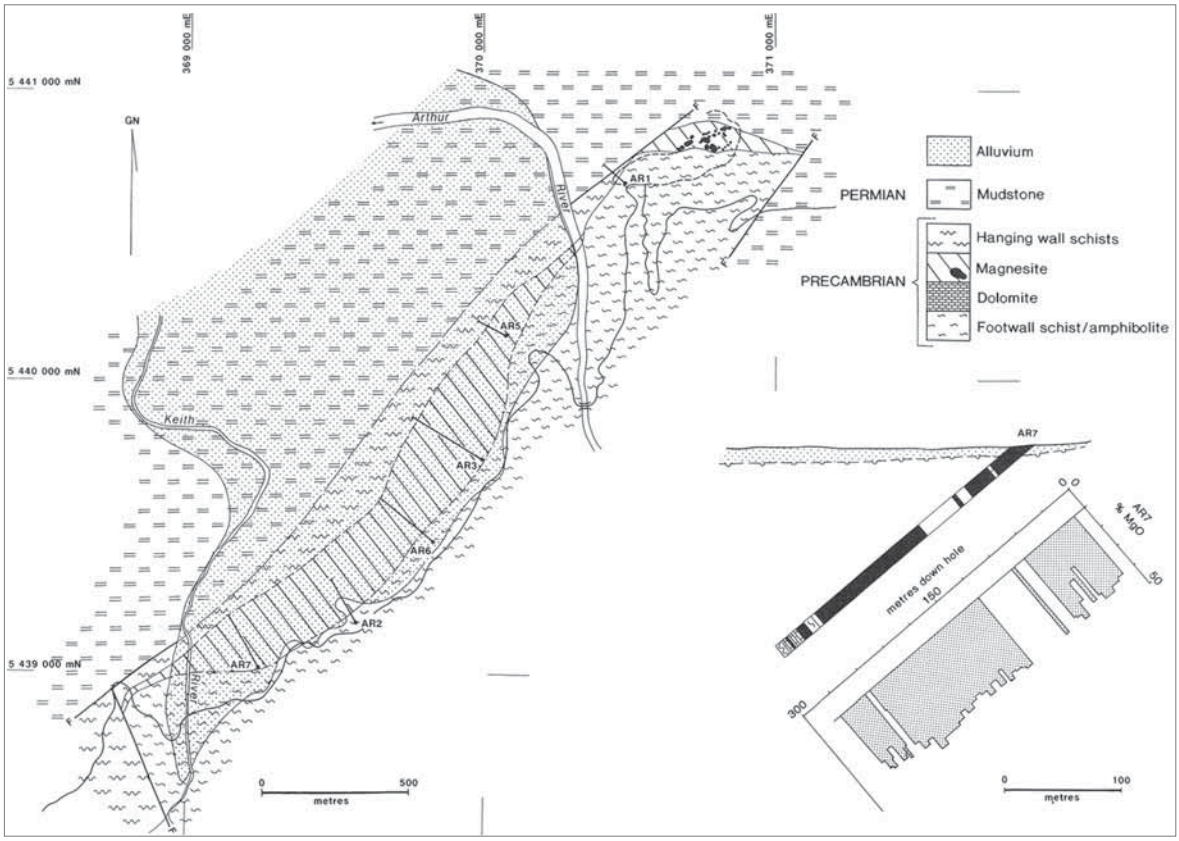


Abb. 2.16.7: Geologischer Überblick über die Magnesitlagerstätte Arthur River, Tasmania (Dickson 1990).

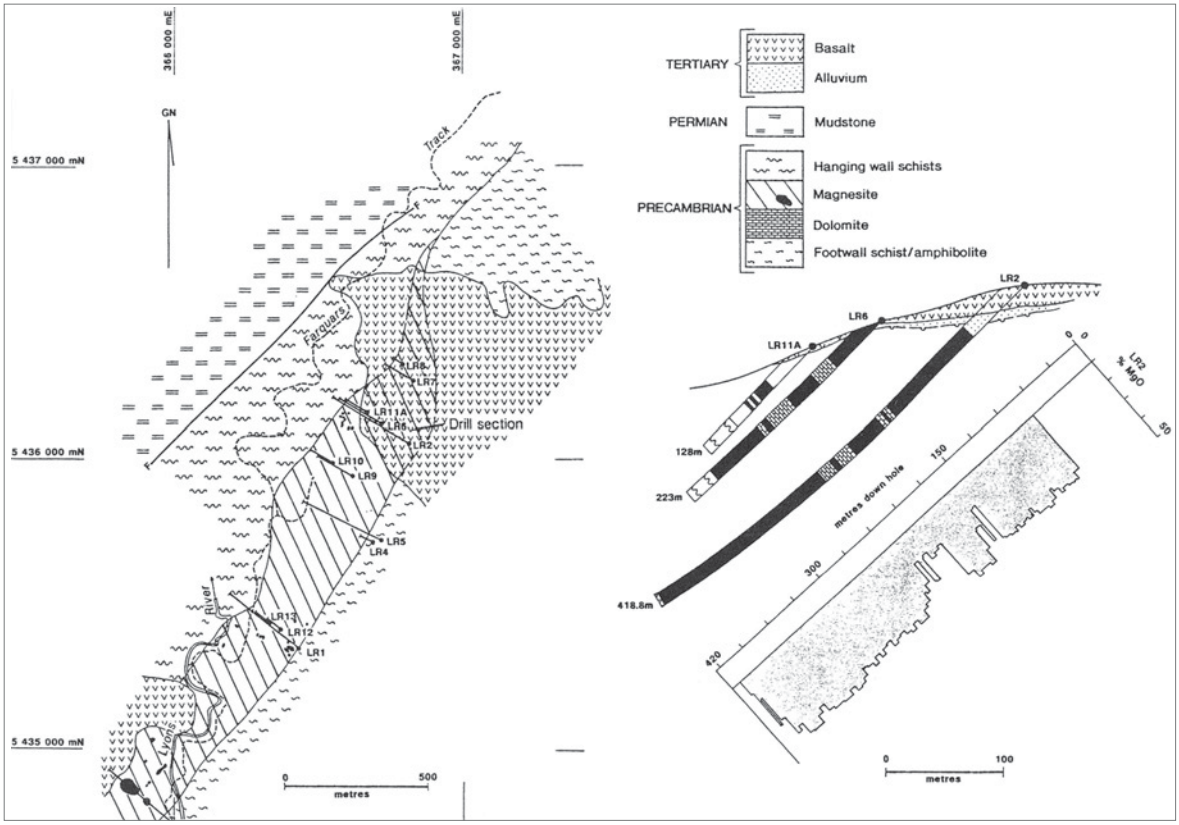


Abb. 2.16.8: Geologischer Überblick über die Magnesitlagerstätte Lyons River, Tasmania (Dickson 1990).

> 200 m nachweisbar (Dickson 1990). Der größtenteils cremeweiße Magnesit ist weitflächig von fluviatilem Kies (6 – 20 m Mächtigkeit) bedeckt. Der derzeitige Lizenzinhaber, Tasmania Magnesite NL, ein Tochterunternehmen von Beacon Hill Resources plc, führt für die Lagerstätte bis in eine Teufe von 100 m und bei einem „cut-off grade“ von 40 % MgO „Inferred Resources“ von 25,1 Mio. t Magnesitinhalt an. Der Magnesit enthält durchschnittlich 42,4 % MgO, 4,8 % SiO_2, 1,4 % Fe_2O_3 und 2,6 % CaO.

Die unweit südlich von Arthur River gelegene Lagerstätte **Lyons River** (Abbildung 2.16.8), ebenfalls unter Lizenz von Tasmania Magnesite NL, besitzt mindestens 2 km streichende Länge und bis zu 400 m Mächtigkeit. Nach Süden geht der Magnesit in Dolomit über, während er nach Norden unter eine Basaltdecke abtaucht. Die Qualitäten sind ähnlich der Lagerstätte Arthur River und liegen bei im Mittel 42,4 % MgO, 7,2 % SiO_2, 1,09 % Fe_2O_3 und 3,4 % CaO (Dickson 1990). Nach Vorlage einer positiven „Preliminary Scoping-Study“ im Mai 2012 hat Tasmania Magnesite NL seine Aktivitäten im Nordwesten von Tasmania stark reduziert. Towner (2013) nennt für das gesamte Gebiet Arthur River-Lyons River Ressourcen von 195 Mio. t und nur für Arthur River „Measured Resources“ von 13,2 Mio. t Magnesitinhalt.

Die vermutlich wesentlich kleinere, unzureichend erkundete Magnesitlagerstätte **Savage River** (geschätzte Ressourcen von 1 Mio. t Magnesitinhalt) wurde von Threader (1976) beschrieben.

Northern Territory

Ca. 10 km vom Stuart Highway und 75 km südlich von Darwin liegt die infrastrukturell gut angeschlossene Magnesitlagerstätte **Winchester** (auch bekannt als: Coomalie). Magnesiterz mit im Mittel 91 % $MgCO_3$ ist hier auf 7,5 km streichender Länge, 500 m Breite und > 100 m Teufe nachgewiesen. Je nach Fe-Gehalt reicht das Farbspektrum des Magnesits von dunkelbraun über grau bis schneeweiß. Für diese Lagerstätte hat der Lizenzinhaber, Korab Resources Ltd., eine Wirt-

schaftlichkeitsstudie erstellt und sucht nun schon seit einiger Zeit einen Partner für die Entwicklung bzw. den Aufschluss der Lagerstätte bzw. einen Käufer zu einem Kaufpreis von 33,2 Mio. A$ (Towner 2013). Die „Indicated & Inferred Resources“ von Winchester betragen 16,6 Mio. t Magnesitinhalt mit einem Gehalt von durchschnittlich 43,23 % MgO im Magnesit.

Weitere Magnesitlagerstätten im Northern Territory sind **Celia** (unweit der Lagerstätte Winchester) mit Ressourcen von 10 Mio. t Magnesitinhalt @ 45 % MgO (derzeitiger Lizenzinhaber Resource Star Ltd.) sowie **Huandot**, 70 km südlich Darwin, mit einer Breite von 80 – 100 m, einer Länge > 500 m, einer durchschnittlichen Abraummächtigkeit von 11 m und mit Ressourcen bis in 45 m Teufe von 4,6 Mio. t Magnesitinhalt @ 43,4 % MgO, 0,6 % CaO, 0,76 % Fe_2O_3, 0,26 % Al_2O_3, 0,11 % SiO_2 und 5,9 % unlöslichen Bestandteilen (derzeitiger Lizenzinhaber Thessally Resources Pty Ltd.) (Prichard 1976, Scoggings & Barnett 2014).

Western Australia

Ein Großteil der historischen Magnesitproduktion von Western Australia stammte aus der bereits 1909 entdeckten Lagerstätte **Bandalup**, rund 30 km östlich Ravensthorpe. Hier wurden bis 1984 aus mehreren Tagebauen rund 70.000 t Magnesit gewonnen. Der Magnesit tritt residual als Knollen und als massige Lagen in bis zu 2,5 m Mächtigkeit über Serpentiniten auf. Die gewinnbaren Ressourcen wurden 1972 auf 0,3 bis 1,2 Mio. t Magnesits sehr unterschiedlicher Qualität geschätzt. Thom (1976) nennt dagegen für den Bezugszeitraum 1971 Reserven von 5,5 Mio. t. hochreinen Magnesits. Zudem findet sich Magnesit höherer und einheitlicherer Qualität (46,2 – 48,3 % MgO) bei Bandalup in eozänen Siltsteinen. Die „Indicated Resources“ in dieser Verdrängungslagerstätte betragen rund 1,3 Mio. t Magnesit (Abeysinghe 1996).

Die größte, schon seit 1897 bekannte Magnesitlagerstätte in Western Australia ist **Bulong**, 37 km östlich von Kalgoorlie, mit „Indicated Resources“ von 1,11 Mio t Erz und „Inferred Resources“ von 2,33 Mio. t Erz, jeweils mit durchschnittlich 97,0 % $MgCO_3$. Der dort schon ab 1913 abgebaute Magnesit wechselt sich mit erdigen Lagen ab und enthält 44,3 – 47,4 % MgO, 0,12 – 4,99 % SiO_2, 0,16 – 0,56 % Fe_2O_3 und 0,0 – 1,06 % CaO (Towner 2013). Der Magnesit entstand durch Verwitterung über serpentinisierten Peridotiten (Thom 1976).

Die anderen 68 in Western Australia bekannten Magnesitlagerstätten besitzen, soweit bekannt, kein wirtschaftliches Potenzial (Abeysinghe 1996).

Anforderungen und Bewertung

Rohmagnesite sollten > 40 M.-% MgO, idealerweise > 45 M.-% MgO bzw. > 95 M.-% $MgCO_3$ und < 1,5 M.-% Fe_2O_3 enthalten. Magnesite > 98 M.-% $MgCO_3$ können als hochwertig gelten. Sehr helle und sehr eisenarme (< 0,05 M.-% Fe_2O_3) Magnesite sind besonders gesucht. Weil Magnesit ein Massenrohstoff mit niedrigen Preisen ist, sollten Lagerstätten mindestens 10 Mio. t, besser 100 Mio. t Magnesitinhalt und eine hervorragende Infrastrukturanbindung in Form von Straßen und Eisenbahn besitzen.

Deutsche Unternehmen, die in Australien Magnesit bzw. Magnesia benötigen, sollten sich, je nach Bedarf, an die Unternehmen Sibelco Australia Ltd. bzw. Causmag International wenden.

Zudem gibt es verschiedene Magnesitlagerstätten, deren Lizenzinhaber ausdrücklich Partner zur Projektentwicklung suchen. Es sind in

- South Australia: Archer Exploration Ltd. mit Zugriff auf 413 Mio. t Magnesit bei Leigh Creek mit relativ guter Infrastruktur,
- Tasmania: Beacon Hill Resources plc. mit Zugriff auf zwei Vorkommen mit insgesamt rund 50 Mio. t Magnesit im Arthur River-/ Lyons River-Gebiet mit relativ schlechter Infrastruktur,
- Northern Territory: Korab Resources Ltd. mit Zugriff auf rund 16 Mio. t Magnesit im Winchester, Vorkommen mit guter Infrastruktur,
- Northern Territory: Thessally Resources Pty Ltd. mit Zugriff auf 4,6 Mio. t Magnesit im Huandot, Vorkommen mit guter Verkehrsanbindung.

In Queensland besteht die Möglichkeit in direkte Konkurrenz zu Sibelco Australia Ltd. zu treten und eventuell noch freie Lizenzen im Gebiet Kunwarara-Yaamba bzw. für das Magnesitvorkommen Triple Four (35 Mio. t Magnesitinhalt) zu erwerben.

Über die genannten Lagerstätten hinaus existieren noch zahlreiche andere, teils auch noch unterexplorierte Magnesitvorkommen in Australien (möglicherweise in hoher Qualität), die aber vermutlich für eine gezielte Investition (deutlich) zu klein sind.

Literatur

Abeysinghe, P. B. (1996): Talc, pyrophyllite and magnesite in Western Australia. – Western Australia Geological Survey, Mineral Resources Bulletin, **16**: 116 S., 33 Abb., 45 Tab.; Perth.

Archer Explortion Ltd. (o. J.): Magnesite. Archer's exploration portfolio. 9 S., 10 Abb., 2 Tab.; Wayville, SA. – URL: http://www.archerexploration.com.au/assets/pdfs/AXEMagnesite120919.pdf [Stand 29.01.2016].

Brooks, J. H. (1976): Magnesite – Queensland. – In: Knight, C. L. (Hrsg.): Economic Geology of Australia and Papua New Guinea. 4. Industrial Minerals and Rocks. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **8**: S. 215; Parkville, VIC.

Burban B. (1990): Kunwara magnesite deposit. – In: Hughes, F. E. (Hrsg.): Geology of the Mineral Deposits of Australia and Papua New Guinea. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **14**: 1675–1677, 3 Abb., 1 Tab.; Melbourne.

Departent of Natural resources and Mines (2013): Queensland's metalliferous and industrial minerals 2012. – State of Queensland: 56 S., zahlr. Abb., 7 Tab.; Brisbane.

Dickson, T. W. (1990): Arthur River and Lyons River Magnesite Deposits. – In: Hughes, F. E. (Hrsg.): Geology of the Mineral Deposits of Australia and Papua New Guinea. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **14**: 1181–1183, 3 Abb., 1 Tab.; Melbourne.

Diemar, V. A. (1998): Thuddungra magnesite deposit. – In: Berkman, D. A. & Mackenzie, D. H. (Hrsg.): Geology of Australian and Papua New Guinean Mineral Deposits. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **22**: 655–660, 3 Abb., 2 Tab.; Melbourne.

Johns, R. K. (1976): Magnesite – South Australia. – In: Knight, C. L. (Hrsg.): Economic Geology of Australia and Papua New Guinea. 4. Industrial Minerals and Rocks. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **8**: 219–220; Parkville, VIC.

Lishmund, S. R. (1976): Magnesite – New South Wales. – In: Knight, C. L. (Hrsg.): Economic Geology of Australia and Papua New Guinea. 4. Industrial Minerals and Rocks. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **8**: 216–217; Parkville, VIC.

Lorenz, W. & Gwosdz, W. (1998): Magnesit. – In: Bewertungskriterien für Industrieminerale, Steine und Erden. Teil 2: Karbonat- und Sulfatgesteine. – Geol. Jb, **H 4**: 44–57, 7 Tab., 2 Abb.; Hannover.

McCallum, W. S. (1990): Magnesite Deposits in South Australia. – In: Hughes, F. E. (Hrsg.): Geology of the Mineral Deposits of Australia and Papua New Guinea. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **14**: 1151–1154, 2 Abb.; Melbourne.

Milburn, D. & Wilcock, S. (1998): Kunwarara magnesite deposit. – In: Berkman, D. A. & Mackenzie, D. H. (Hrsg.): Geology of Australian and Papua New Guinean Mineral Deposits. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **22**: 815–818, 3 Abb., 1 Tab.; Melbourne.

Prichard, C. E. (1976): Magnesite – Northern Territory. – In: Knight, C. L. (Hrsg.): Economic Geology of Australia and Papua New Guinea. 4. Industrial Minerals and Rocks. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **8**: 222–223; Parkville, VIC.

SAMAG Ltd. (1999): Project report 1999, 15 S., zahlr. Abb. und Tab. – URL: http://www.milresources.com/files/pdf/annual_reports/SAMAG_Project_Report_1999.pdf.
[Stand. 01.03.2014]

Scoggings, A. & Barnett, R. (2014): Thessally Resources view prospects in Australia's magnesite market. – In: Industrial Minerals, **564** (September 2014): 37–41, 6 Abb., 5 Tab.; London.

Thom, J. H. (1976): Magnesite – Western Australia. – In: Knight, C. L. (Hrsg.): Economic Geology

of Australia and Papua New Guinea. 4. Industrial Minerals and Rocks. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **8**: 220–221; Parkville, VIC.

Threader, V. M. (1976): Magnesite – Tasmania. – In: Knight, C. L. (Hrsg.): Economic Geology of Australia and Papua New Guinea. 4. Industrial Minerals and Rocks. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **8**: 218–219, 1 Tab.; Parkville, VIC.

Towner, R. (2013): Magnesite. – In: McKay, A. D., Meizitis, Y., Porritt, K., Champion, D. C., Britt, A., Whitaker, A., Summerfield, D., Sexton, M., Jaireth, S., Huston, D., Hoatson, D., Schofield, A., Carson, L., Towner, R. & Huelatt, M. (Hrsg.): Australia's Identified Mineral Resources 2012: 59–60; Canberra (Geoscience Australia). – URL: http://www.australianminesatlas.gov.au/aimr/commodity/magnesite.html [Stand 29.01.2016].

von Gnielinski, F. (2013): Queensland Minerals. A summary of major mineral resources, mines and projects. – Geological Survey of Queensland: 192 S., 3 Abb., 214 Fotos, 23 Tab., 11 Anh.; City East, Queensland.

Whitehouse, J., Brownlow, J. W., Burton, G. R., Ferguson, A. C., Glen, R. A., Lishmund, S. R., MacRae, G. P., Malloch, K. R., Oakes, G. M., Paterson, I. B. L., Pienmunne, J. T., Ray, H. N. & Watkins, J. J. (2007): Magnesite. – In: Facer, R. A. (Hrsg.): Industrial Mineral Opportunities in New South Wales. – Geological Survey of New South Wales, Bulletin, **33**: 101–107, 3 Abb., 4 Tab.; Maitland, NSW (NSW Department of Primary Industries).

2.17 Mangan

(Siyamend Al Barazi)

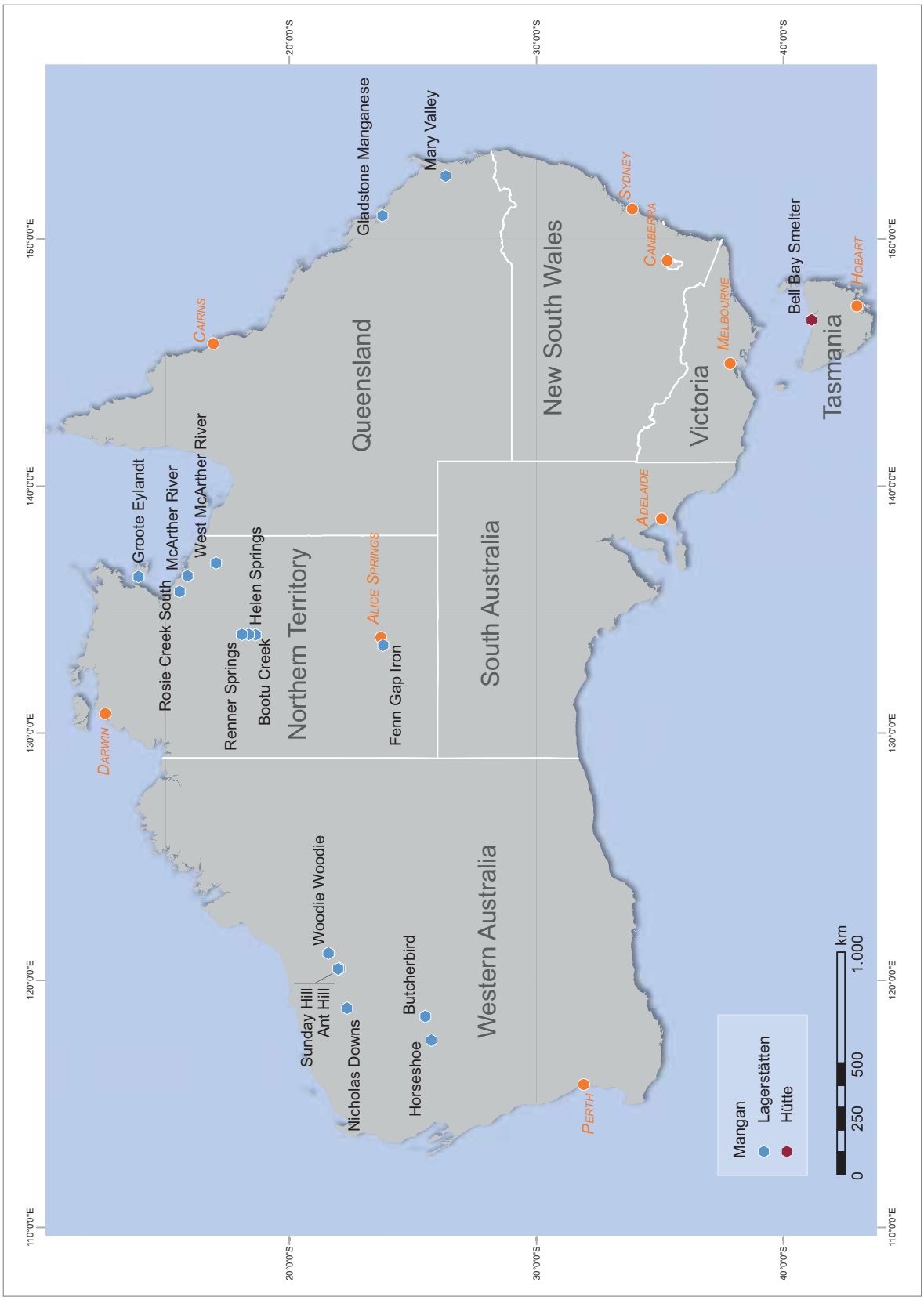


Abb. 2.17.1: Ausgewählte Manganlagerstätten in Australien.

Überblick und Verwendung

Mangan (Mn) ist ein silbergraues, hartes und sprödes Schwermetall. Unter den etwa 250 wichtigen manganführenden Mineralen haben für die wirtschaftliche Gewinnung von Mangan, neben weiteren Oxiden und Hydroxiden, vor allem Pyrolusit (ß-MnO_2), Psilomelan [(Ba, Mn^{2+})$_3$(O, OH)$_6$$Mn_8O_{16}$] und Rhodochrosit ($MnCO_3$) eine große wirtschaftliche Bedeutung. Silikatische Manganminerale wie Rhodonit [($CaMn_4$)SiO_3] sind dagegen von untergeordneter Bedeutung.

Die Verwendungsmöglichkeiten von Mangan sind sehr vielfältig, wobei etwa 90 % des produzierten Mangans bzw. Ferromangans (FeMn) und Silikomangans (SiMn) aufgrund seiner werkstoffverbessernden Eigenschaften in der Eisen-, Stahl- und Sonderwerkstoffherstellung eingesetzt werden. Darüber hinaus wird Mangandioxid (MnO_2) unter anderem als Kathodenmaterial in Batterien, bei der Glasherstellung und in unterschiedlichen Bereichen der chemischen Industrie verwendet.

Wichtige Vorkommen in Australien

Die australischen Manganreserven („Proved & Probable“) betragen 135,4 Mio. t Inhalt (Geoscience Australia 2014). Derzeit wird Manganerz aus drei Bergwerken und aus manganführenden Aufbereitungsrückständen in Western Australia und im Northern Territory gewonnen. TEMCO (Tasmanian Electro Metallurgical Company) betreibt im Bundesstaat Tasmania die einzige Hütte zur Herstellung von Ferrolegierungen in Australien. Neben den derzeit in Produktion befindlichen Manganlagerstätten existiert eine Vielzahl an Manganvorkommen. Die Tabelle 2.17.1 und Abbildung 2.17.1 geben einen Überblick über ausgewählte australische Manganlagerstätten und -vorkommen, die im Folgenden näher beschrieben werden.

Tab. 2.17.1: Ausgewählte Manganlagerstätten in Australien.

Lagerstätte	Bundesstaat	Hauptwertmetall	Abbauart	Lagerstättentyp	Status
Woodie Woodie	WA	Mangan	OP	hydrothermal/ supergen	Produktion
Woodie Woodie South	WA	Mangan	–	supergen	Exploration
Nicholas Downs	WA	Mangan	OP	supergen	Wartung und Instandhaltung
Ant Hill & Sunday Hill	WA	Mangan	OP	supergen	Wartung und Instandhaltung
Horseshoe Range	WA	Mangan	–	supergen	Prospektion
Butcherbird	WA	Mangan	(OP)	supergen	Exploration
Woodie Woodie West	WA	Mangan	–	k. A.	Prospektion
Groote Eylandt	NT	Mangan	OP	sedimentär/ supergen	Produktion
Bootu Creek	NT	Mangan	OP	hydrothermal	Produktion
Renner Springs & Helen Springs	NT	Mangan	–	hydrothermal	Prospektion
Groote Eylandt Project	NT	Mangan	–	sedimentär/ supergen	Prospektion
Rosie Creek South	NT	Mangan	–	sedimentär	Prospektion
McArthur River Manganese	NT	Mangan	–	k. A.	Prospektion
Fenn Gap Iron-Manganese	NT	Mangan	–	k. A.	Prospektion
Mary Valley	QLD	Mangan	–	k. A.	Prospektion
West McArthur River	QLD	Mangan	–	k. A.	Prospektion
Gladstone Manganese	QLD	Mangan	–	k. A.	Prospektion

Western Australia

Betreiber der Lagerstätte **Woodie Woodie** ist Pilbara Manganese Pty Ltd., eine 100%ige Tochter von Consolidated Minerals Ltd. mit Sitz in Jersey (Kanalinseln). Die Woodie Woodie-Lagerstätte befindet sich ca. 400 km südöstlich von Port Hedland und ist von dort über die State Route 138 und die Ripon Hills Road erreichbar. Mit Unterbrechungen wird in der Region bereits seit 1953 Manganerz aus mehreren Tagebauen gewonnen. Portman Mining Ltd. entwickelte in den 1990er Jahren die Vorkommen Radio Hill, Lox und Cracker und exportierte im Oktober 1990 die ersten 22.000 t Manganerz. Valiant Manganese Pty Ltd. erwarb 1996 sämtliche Lizenzen und Anlagen von Portman Mining Ltd. und benannte sich 1998 in Pilbara Manganese Pty Ltd. um (Roberts & Francis 2013). Das Unternehmen betreibt den Abbau der primär hydrothermal gebildeten und sekundär überprägten Manganoxide derzeit aus mehreren Tagebauen, die in einem nordsüdlich verlaufenden Korridor von ca. 3,5 km Breite und 30 km Länge liegen (Abbildung 2.17.2).

Im Jahr 2011 erfolgte die Produktion von Manganerz noch aus insgesamt 15 Tagebauen (Roberts & Francis 2013); im Jahr 2014 hingegen hauptsächlich aus den drei Tagebauen Greensnake, Paystar und Homestead (Consolidated Minerals Ltd. 2015). Greensnake ist fast vollständig ausgerzt (Abbildung 2.17.3).

Seit dem zweiten Quartal 2015 wird Manganerz aus dem neu aufgefahrenen großen Tagebau Topvar gewonnen. Im Jahr 2014 produzierte das Unternehmen 1.632.000 t Manganerz @ durchschnittlich 44,4 % Mn, dies entspricht einer Produktionssteigerung von 4 % gegenüber dem Vorjahr (Consolidated Minerals Ltd. 2015).

Im Jahr 2014 investierte Consolidated Minerals Ltd. insgesamt 45,4 Mio. A$ in das Vorhaben, davon 27,8 Mio. A$ in die Exploration. Ein Großteil der Explorationsbohrungen wurde innerhalb des Abbaukorridors abgeteuft (Abbildung 2.17.2), in dem bisher ca. 210 Explorationsziele definiert wurden.

Consolidated Minerals Ltd. konnte seine Reserven und Ressourcen auf insgesamt 50,3 Mio. t Erz @ 31,4 % Mn ausweiten. Diese beinhalten 25,5 Mio. t Erzreserven der Kategorie „Proved & Probable“ @

Abb. 2.17.2: Übersicht der Tagebaue der Woodie Woodie-Lagerstätte. Der 2015 neu aufgefahrene Topvar Pit liegt nordöstlich vom Tagebau „Big Mack“ (Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung von Consolidated Minerals Ltd.).

29,9 % Mn (Consolidated Minerals Ltd. 2015). Dies entspricht 7,6 Mio. t Mn-Inhalt. Obwohl die Erzreserven der Kategorie „Proved & Probable“ gegenüber dem Jahr 2011 von 16,7 Mio. t Erz um 52,7 % gesteigert werden konnten, beträgt die

Abb. 2.17.3: Der fast vollständig ausgeerzte Greensnake Tagebau mit Blickrichtung nach Norden (Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung von Consolidated Minerals Ltd.).

Steigerung des Mn-Inhalts aufgrund geringerer durchschnittlicher Mn-Gehalte lediglich 19,5 %.

Bei einem Ausbringen von 57 % und einem jährlichen Durchsatz von 3,2 Mio. t Erz beträgt die Lebensdauer der Lagerstätte („Life of Mine", LOM) bezogen auf die Reserven von 25,5 Mio. t noch 4,5 Jahre. Consolidated Minerals Ltd. weist ein LOM von 8,9 Jahren aus (Consolidated Minerals Ltd. 2015) und zieht hierfür die derzeit ausgewiesenen Gesamtressourcen von 50,3 Mio. t Erz heran.

Pilbara Manganese Pty Ltd. produziert in der Aufbereitungsanlage vor Ort (Abbildung 2.17.4) Manganerze mit unterschiedlichen Spezifikationen (Tabelle 2.17.2). Diese werden mit Lastkraftwagen nach Utah Point in Port Hedland transportiert und von dort exportiert. Die jährliche Transportkapazität zum Exporthafen beträgt derzeit 1,5 Mio. t (Roberts & Francis 2013).

Abb. 2.17.4: Woodie Woodie Aufbereitungsanlage (Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung von Consolidated Minerals Ltd.).

Das Unternehmen Process Minerals International Pty Ltd., eine 100%ige Tochter von Mineral Resources Ltd., hat zwischen 1996 und 2013 die Aufbereitungsrückstände der Woodie Woodie Anlage aufbereitet („Super Fines Agreement" zwischen Process Minerals International Pty Ltd. und Consolidated Minerals Ltd.). Die Anlage hatte eine Kapazität von 400.000 t/Jahr. Eine weitere Anlage mit einer Kapazität von 240.000 t/Jahr wurde von Process Minerals International Pty Ltd. in Peak Hill betrieben.

Rechtsstreitigkeiten führten 2013 zur Beendigung der Zusammenarbeit. Die seit März 2014 anfallenden Aufbereitungsrückstände sind wieder Eigentum von Consolidated Minerals Ltd. und werden derzeit in ausgeerzte Tagebaue im Abbaukorridor verbracht (Consolidated Minerals Ltd. 2015). Die Aufbereitungsanlagen von Process Minerals International Pty Ltd. wurden Ende 2014 abgebaut. Es liegen keine Informationen vor, ob Process Minerals International Pty Ltd. beabsichtigt, die Anlage an einem anderen Projektstandort wieder in Betrieb zu nehmen.

Spitfire Resources Ltd. ist Lizenzinhaber des Vorkommens **South Woodie Woodie**, welches sich ca. 70 km südsüdwestlich der Aufbereitungsanlage von Consolidated Minerals Ltd. befindet. Das Unternehmen hält insgesamt zwölf Explorationslizenzen mit einer Gesamtfläche von ca. 600 km^2. Zuletzt wurden von Spitfire Resources Ltd. im März 2012 „Inferred Resources" von 11,3 Mio. t Erz @ 15 % Mn (1,7 Mio. t Mn-Inhalt) veröffentlicht (Spitfire Resources Ltd. 2012).

Tab. 2.17.2: Spezifikationen der Manganerzkonzentrate von Pilbara Manganese Pty Ltd. (Roberts & Francis 2013).

Produktname Stückerz	Mn [%]	Fe [%]	SiO_2 [%]	Al_2O_3 [%]	P [%]	Größe in mm [85 % min]
WW48L – super high grade lump	49	5	10	1	0,04	6,3–75
WW46L – high grade lump	47	6	16	1	0,04	6,3–75
WW40L – medium grade lump	41	14	10	1	0,05	6,3–75
WW32L – blast furnace lump	34	20	10	1	0,04	6,3–75
Produktname Feinerz	**Mn [%]**	**Fe [%]**	**SiO_2 [%]**	**Al_2O_3 [%]**	**P [%]**	Größe in mm [85 % min]
WW44F – high grade fines	45	8	10	1	0,05	1–12,5
WW40F – medium grade fines	41	14	10	1	0,05	1–12,5
WW32F – blast furnace fines	34	22	10	1	0,06	1–12,5

Die supergene Manganlagerstätte **Nicholas Downs** (ehemals Balfour Downs) befindet sich ca. 130 km nordwestlich der Ortschaft Newman. Hancock Prospecting Pty Ltd. ist Lizenzinhaber von drei Abbaulizenzen, die die Lagerstätte umfassen. Für Nicholas Downs wurden „Inferred Resources" von 20 Mio. t Erz @ 38 % Mn (7,6 Mio. t Mn-Inhalt) ausgewiesen (SNL 2015).

Mineral Resources Ltd. wurde im Oktober 2009 von Hancock Prospecting Pty Ltd. beauftragt, die Lagerstätte in Produktion zu bringen (Mineral Resources Ltd. 2009). Im November 2010 wurden 25.000 t Manganerzkonzentrat aus Nicholas Downs über Port Hedland nach China exportiert (Geoscience Australia 2012). Mineral Resources Ltd. exportierte 2011 noch insgesamt 449.000 t Manganerzkonzentrat aus Nicholas Downs, Woodie Woodie und Peak Hill (Geoscience Australia 2013), wobei die Produktionszahlen je Projekt nicht dokumentiert sind. Im Jahr 2012 wurden 269.000 t Manganerzkonzentrat und im Jahr 2013 weitere 147.000 t exportiert (Roskill 2015). Im Jahr 2014 erfolgte kein Export. Im ersten Halbjahr 2015 exportierte Mineral Resources Ltd. wieder 317.000 t Manganerzkonzentrat (Mineral Resources Ltd. 2015). Zum Ursprung dieses Materials liegen keine Informationen vor. Im September 2012 wurde die Produktion in Nicholas Downs eingestellt. Seitdem wird für das Vorhaben der Status Wartung und Instandhaltung ausgewiesen (SNL 2015).

Die Manganlagerstätten **Ant Hill** und **Sunday Hill** (Mesa Minerals Ltd.) befinden sich ca. 290 km südöstlich von Port Hedland und ca. 50 km südöstlich der Ortschaft Nullagine. Sie sind von Port Hedland über die Marble Bar Road 138 und ab Nullagine über unbefestigte Straßen erreichbar.

Mesa Minerals Ltd. hält seit November 2000 zwei Abbaulizenzen für beide Vorkommen. Mineral Resources Ltd. erwarb im Juli 2011 Auvex Resources Ltd. und damit den 50%igen Joint Venture-Anteil für die Projekte Ant Hill und Sunday Hill (Mineral Resources Ltd. 2011). Mineral Resources Ltd. ist mit 59,4 % größter Anteilseigner an Mesa Minerals Ltd. (Mesa Minerals Ltd. 2014).

Die Ressourcen („Indicated & Inferred") für Ant Hill wurden 2009 mit 4,9 Mio. t Erz @ 20,3 % Mn und für Sunday Hill mit 4,7 Mio. t Erz @ 18,4 % Mn ausgewiesen (Montezuma Mining Company Ltd. 2011). Die für Ant Hill ausgewiesene Ressource umfasst ca. 30 % des bekannten Lagerstättenkörpers. Montezuma Mining Company Ltd. führte 2009 einen Versuchsabbau durch und produzierte 30.000 t Manganerzkonzentrat @ 44,75 % Mn, die nach China exportiert wurden. Seit 2010 befinden sich beide Projekte in „Care & Maintenance" (SNL 2015).

Mineral Resources Ltd. ist Inhaber einer Abbaulizenz für die Lagerstätte **Horseshoe Range**. Diese Lagerstätte ist bereits seit 1905 bekannt und befindet sich ca. 130 km nördlich der Ortschaft Meekatharra. Sie ist von dort über den Great Northern Highway 95 und ca. 60 km unbefestigte Straßen zu erreichen.

Seit 1948 förderte Westralien Ores Pty Ltd. insgesamt ca. 300.000 t Manganerz aus der Lagerstätte Horseshoe Range, zuletzt 19.915 t Erz @ 43,2 % Mn im Jahr 1962 (De La Hunty 1965). Ursprünglich war geplant, die Lagerstätte im Jahr 2012 erneut in Produktion zu bringen und jährlich zunächst 300.000 t Manganerz, später 500.000 t Manganerz aufzubereiten (Auvex Manganese Ltd. 2012). Eine Umsetzung ist bisher nicht erfolgt.

Die Manganlagerstätte **Butcherbird** setzt sich aus mehreren Einzelvorkommen zusammen und liegt ca. 120 km südlich der Ortschaft Newman. Sie ist von dort auf direktem Weg über den Great Northern Highway 95 zu erreichen. Montezuma Mining Company Ltd. hält hier mehrere Explorationslizenzen. Das Unternehmen hat im Jahr 2011 „Inferred Resoures" von insgesamt 174,9 Mio. t Erz @ 10,87 % Mn ausgewiesen und diese in 119 Mio. t Erz @ 11,6 % Mn („cut-off grade" 10 % Mn) und 55,9 Mio. t Erz @ 9,3 % Mn („cut-off grade" 8–10 % Mn) aufgeteilt. Das derzeit größte Teilvorkommen mit 48,8 Mio. t Erz @ 11,8 % Mn ist Yanneri Ridge (Montezuma Mining Company Ltd. 2011). Der Highway 95 kreuzt dieses sowie die Teilvorkommen Coodamudgi (12,9 Mio. t Erz @ 11,48 % Mn, „cut-off grade" 10 % Mn) und Illgararie Ridge (17 Mio. t Erz @ 10,71 % Mn, „cut-off grade" 10 % Mn).

Darüber hinaus hat Montezuma Mining Company Ltd. im Juli 2014 eine 75%ige Option mit Ucabs Pty Ltd. auf Übernahme einer Explorationslizenz abgeschlossen, die das Projekt **Woodie Woodie West** umfasst (Montezuma Mining Company Ltd. 2014). Diese Lizenz liegt ca. 3 km westlich der Woodie Woodie Aufbereitungsanlage von Consolidated Minerals Ltd. Erste Explorationsbohrungen haben jedoch keine Manganmineralisation angetroffen (Montezuma Mining Company Ltd. 2015).

de la Hunty (1963, 1965), Blockley (1975a, 1975b) und Pirajo & Preston (1998) beschreiben etliche weitere Manganvorkommen in Western Australia. Viele der Vorkommen in der östlichen Pilbara Region sind zwischen 1954 und 1972 kurzfristig in Produktion gewesen und haben zusammen 1,3 Mio. t Manganerzkonzentrat @ durchschnittlich 49,1 % Mn geliefert (Blockley 1975a). Hierzu zählen Woodie Woodie, Ripon Hills, Mount Sydney, Skull Springs und Ant Hill. In der Peak Hill Region wurden in diesem Zeitraum etwa 600.000 t Manganerz gefördert (de la Hunty 1963).

Northern Territory

Derzeit sind 153 Manganvorkommen im Northern Territory bekannt. Diese verteilen sich auf Carpentaria Bassin (84), Tennent Region (21), McArthur Bassin (17), Ammadeus Bassin (14), Georgina Bassin (8) und auf weitere Regionen (9) (Ahmed & Khan 2013).

Die bekannteste Manganlagerstätte Australiens, **Groote Eylandt**, befindet sich auf der gleichnamigen Insel im Gulf von Carpentaria, ca. 640 km ostsüdöstlich von Darwin. Eine Beprobung im Jahr 1960 zwischen dem Angurugu und Emerald Fluss auf der Westseite der Insel resultierte in vier Proben mit Mn-Gehalten > 50 %. Zwischen 1963 und 1967 teufte Broken Hill Propriety Company Ltd. daraufhin insgesamt ca. 1.500 Bohrungen ab und führte intensive Aufbereitungsversuche durch. Der ursprüngliche Lagerstätteninhalt wurde danach auf 64 Mio. t Erz @ 30 – 50 % Mn geschätzt (Ferenczi 2001).

Die stratiformen, sedimentär gebildeten und teils supergen überprägten Erzhorizonte, mit einer Mächtigkeit von 0,1 bis 11,5 m, fallen mit ca. 5° nach Westen und Südwesten ein (Pracejus & Bolten 1992; Ferenczi 2001). Die Lagerstätte setzt sich aus einzelnen Teilbereichen zusammen, die sich N-S-streichend über eine Gesamtfläche von 22 km Länge und 6 km Breite erstrecken. Groote Eylandt wird seit 1965 im Tagebau durch die Groote Eylandt Mining Company Pty Ltd. (GEMCO), einem derzeit durch das Unternehmen South 32 (60 %) kontrollierten Joint Venture mit Anglo American (40 %), betrieben (Ahmed & Khan 2013).

Die Reserven („Proved & Probable") der Lagerstätte Groote Eylandt werden derzeit mit 94 Mio. t Erz @ 44,6 % Mn (41,9 Mio. t Mn-Inhalt) angegeben (BHP 2014). Bei einem Ausbringen von 58 % beläuft sich die Lebensdauer der Lagerstätte (LOM) auf 11,4 Jahre. Die Ressourcen („Measured, Indicated & Inferred") belaufen sich nach BHP (2014) auf insgesamt 175 Mio. t Erz @ 44,8 % Mn (78,4 Mio. t Mn-Inhalt). Das Ausbringen wird für die Ressourcen derzeit mit 48 % angegeben (BHP 2014). Die theoretische zusätzliche Lebensdauer für die ausgewiesenen Ressourcen würde bei gleichbleibender Produktion von 4,8 Mio. t/Jahr weitere 17,5 Jahre betragen.

Tab. 2.17.3: Spezifikationen der Manganerzkonzentrate von GEMCO (Ferenczi 2001).

Produktname Stückerz	Mn [%]	Fe [%]	SiO_2 [%]	Al_2O_3 [%]	P [%]	Größe in mm
Premium	51–53	2,5–3,5	3,5–4,5	3–4	0,07–0,10	6,7–75
Metallurgical	48–50	3–4	5,5–7,5	4–5,5	0,07–0,10	6,7–75
Silicious	40–42	4–7	13–16	4–7	0,07–0,10	6,7–75
Produktname Feinerz	**Mn [%]**	**Fe [%]**	**SiO_2 [%]**	**Al_2O_3 [%]**	**P [%]**	**Größe in mm**
Premium	51–53	2,5–4	3,5–4,5	3–4	0,07–0,10	0,5–6,7
Metallurgical	48–50	3–4	5,5–7,5	4–5,5	0,07–0,10	0,5–6,7

GEMCO investierte von 2011 bis 2013 insgesamt 279 Mio. US$ in den Ausbau der Infrastruktur (Straßennetz und Verladehafen) und der Aufbereitungsanlage (GEMCO Expansion Project 2). Die Kapazität der Aufbereitungsanlage konnte von 4,2 Mio. t/Jahr auf 4,8 Mio. t/Jahr gesteigert werden. Die ausgebaute Exportinfrastruktur ermöglicht bereits den Export von 5,9 Mio. t/Jahr für zukünftige Erweiterungen. GEMCO investierte 2014/2015 weitere 139 Mio. US$ in den Bau einer zusätzlichen Aufbereitungsanlage zur Herstellung von Premiumkonzentrat mit 51–53 % Mn. Die Fertigstellung ist für Dezember 2015 geplant. Die Anlage soll zusätzliche 200.000 t Manganerzkonzentrat im Fiskaljahr 2016 und anschließend 500.000 t/Jahr produzieren (BHP 2014).

GEMCO produziert vor Ort unterschiedliche Fein- und Stückerzqualitäten (Tabelle 2.17.3), die für den Export zum 16 km entfernten Hafen in Milner Bay transportiert werden.

Northern Manganese Ltd. hat im August 2014 die letzten vier Explorationslizenzen ihres eigenen **Groote Eylandt Projekts** im Gulf of Carpentaria, westlich und nördlich von Groote Eylandt, gegen eine Ausgleichszahlung in Höhe von 2,8 Mio. A$ an die Regierung des Northern Territory abgetreten (Northern Manganese Ltd. 2014). Diese hatte sich zuvor gegen die Exploration und einen möglichen Abbau im Flachwasserbereich ausgesprochen. Northern Manganese Ltd. hält noch zwei weitere Explorationslizenzen für die Inseln Winchelsea und Connexion. Bis März 2016 will die Regierung des Northern Territory entscheiden, ob das Unternehmen wenigstens auf diesen Inseln Explorationsarbeiten durchführen darf (Northern Manganese Ltd. 2014).

In den Jahren 1994 und 1995 explorierte BHP Minerals Pty Ltd. das Vorkommen **Rosie Creek South** (Berents 1994), ca. 75 km nordwestlich der Ortschaft Borroloola und ca. 200 km südsüdwestlich der Grote Eylandt-Lagerstätte gelegen. Insgesamt wurden 30 Bohrungen abgeteuft. Berents (1994) schätzte den Lagerstätteninhalt auf 4,5–5,5 Mio. t Erz @ 25 % Mn und stufte das Vorkommen als unwirtschaftlich ein. Weitere Arbeiten wurden seitdem nicht durchgeführt.

Die Lagerstätte **Bootu Creek** ist seit den 1950er Jahren bekannt. Sie befindet sich ca. 110 km nördlich der Ortschaft Tennant Creek und ist von dort über den Stuart Highway 87 zu erreichen. Betreiber der Lagerstätte ist OM (Manganese) Ltd., eine 100%ige Tochter von OM Holdings Ltd. mit Hauptsitz in Bermuda. Das Unternehmen betreibt den Abbau der primär hydrothermal gebildeten und supergen angereicherten Manganoxide der unteren Bootu Formation (Scriven & Munson 2007) aus derzeit mehreren Tagebauen. Diese orientieren sich an der Ausbisslinie der Bootu Formation entlang der flach nach nordnordwesten einfallenden Bootu Synklinale.

Nachdem bereits zwischen 1955 und 1969 ca. 13.280 t Erz @ ca. 42 % Mn aus dem Teilvorkommen Mucketty gefördert wurden, erfolgten bis 1998 phasenweise Explorationsarbeiten (zuletzt durch BHP), die jedoch beendet wurden. OM (Manganese) Ltd., ehemals Bootu Creek Resources Pty Ltd., explorierte die Lagerstätte ab Oktober 2001. Die Ressourcen wurden im Jahr 2004 mit 11 Mio. t Erz @ 26 % Mn angegeben (Scriven & Munson 2007). Seit November 2005 ist OM Holdings Ltd. alleiniger Lizenzinhaber und begann noch im gleichen Monat mit dem Abbau der Teillagerstätte

Shekuma, gefolgt von der Teillagerstätte Gogo im März 2007 (Scriven & Munson 2007).

Die Reserven („Proved & Probable") der Lagerstätte Bootu Creek betragen gemäß OM Holdings Ltd. (2015) derzeit 9 Mio. t Erz @ 20 % Mn (1,8 Mio. t Mn-Inhalt). Die Ressourcen („Measured, Indicated & Inferred") belaufen sich demnach auf insgesamt 22,3 Mio. t Erz @ 20,9 % Mn (4,5 Mio. t Mn-Inhalt). Im Jahr 2014 wurden 2 Mio. t Erz @ 22,45 % Mn aus den Gruben Shekuma, Yaka, Tourag, Masai und Chugga South gewonnen und in der Aufbereitungsanlage vor Ort insgesamt 890.337 t Fein- und Stückerz mit einem durchschnittlichen Gehalt von 35,84 % Mn produziert (OM Holdings Ltd. 2015).

Die Produktkapazität dieser Aufbereitungsanlage wird vom Unternehmen mit 1 Mio. t/Jahr Fein- und Stückerz angegeben. Die Produkte werden mit Lastwagen bis zum 60 km entfernten Muckaty Verladebahnhof und von dort auf dem Schienennetz bis zum ca. 800 km entfernten Verladehafen in Darwin transportiert. Im Jahr 2014 exportierte OM Holdings Ltd. 686.068 t Stückerz @ 35,5 % Mn und 277.083 t Feinerz @ 37,3 % Mn, in erster Linie zur unternehmenseigenen Hütte in Qinzhou in der Provinz Guangxi (China). Diese wird von OM Materials (Qinzhou) Co. Ltd., einer 100%igen Tochter von OM Holdings Ltd., betrieben. Der Vertrieb des in China produzierten Ferromangans und Silikomangans wird von OM Materials (S) Pte Ltd. (Singapur) koordiniert (OM Holdings Ltd. 2015).

OM (Manganese) Ltd. hält weitere Explorationslizenzen, die unter anderem die Vorkommen **Helen Springs** und **Renner Springs**, ca. 30 km nördlich und ca. 60 km nordwestlich der Lagerstätte Bootu Creek, umfassen. Im Jahr 2014 wurden diese Vorkommen nicht weiter exploriert. Für 2015 sind Explorationsbohrungen um das Renner Springs Vorkommen geplant (OM Holdings Ltd. 2015).

Ferenczi (2001) beschreibt weitere Manganvorkommen im Northern Territory, unter anderem Caledon 1, Peter John, Probable Island, Yiyintyi, Batten Creek, Caledon 2, Masterton No2 (auch als Calvert Hills bekannt), Robinson River No1 und No2, Camp No1, Manganese1, Manganese2, Photo, McLeans, Green Ant Creek und Fenn Gap, die jedoch aufgrund ihrer geringen Gehalte und/oder geringen Größe derzeit als unwirtschaftlich einzustufen sind.

Tasmania

TEMCO (Tasmanian Electro Metallurgical Company), eine 100%ige Tochter von GEMCO (siehe oben), betreibt an der Nordküste des Bundesstaates von Tasmania die **Bell Bay-Hütte** zur Herstellung von Ferrolegierungen. Das Erz (ca. 400.000 t/Jahr) für die Herstellung von hoch gekohltem Ferromangan (HC FeMn) und Silikomangan (SiMn) kommt in erster Linie von Groote Eylandt, seltener auch aus Südafrika (Roskill 2015). Die Hütte besitzt Kapazitäten von 150.000 t/Jahr HC FeMn, 120.000 t/Jahr SiMn und 325.000 t/Jahr Sinter (BHP 2014). Im Jahr 2014 hat TEMCO 269.000 t Ferrolegierungen hergestellt (BHP 2014).

Queensland

Das Manganvorkommen **Mary Valley** wurde mit Unterbrechungen zwischen 1915 und 1960 abgebaut. Insgesamt wurden 31.500 t Manganerz mit Gehalten von bis zu 51 % Mn aus zwölf Teillagerstätten gefördert. Sie befinden sich etwa 15 km südlich der Ortschaft Gympie in der Nähe von Amamoor. Smith (1959) schätzte die Reserven kurz vor Einstellung der Förderung noch auf insgesamt ca. 8.000 t Erz. Eclipse Metals Ltd. hält hier derzeit drei Explorationslizenzen und schätzt das vorhandene Potenzial auf 167.000 t Erz @ 40 % Mn (Eclipse Metals Ltd. 2015). Eclipse Metals Ltd. hält eine weitere Explorationslizenz (**West McArthur River Manganese**) auf Mangan im Northern Territory.

Genesis Resources Ltd. hält eine Explorationslizenz ca. 15 km westlich von Gladstone. Das Unternehmen exploriert dort die historische Manganlagerstätte Mount Millner im Rahmen des Projekts **Gladstone Manganese**. Ab 1895 bis 1960 wurden hier mit Unterbrechungen ca. 22.000 t Manganerz @ 44 – 47 % Mn gefördert. Der bekannte Erzkörper hat eine Ausdehnung von 70 m Länge, 1 bis 6 m Breite und 96 m Teufe (Genesis Resources Ltd. 2015). Das Unternehmen hält weitere Explorationslizenzen (**McArthur River Manganese & Fenn Gap Iron-Manganese**) auf Mangan im Northern Territory.

Anforderungen und Bewertung

In Tabelle 2.17.4 sind die hier beschriebenen australischen Manganlagerstätten mit ausgewiesenen Reserven und Ressourcen zusammengefasst. Nach dem Klassifizierungssystem von PETROW et al. (2008) kann die Manganlagerstätte Groote Eylandt, unter Berücksichtigung der Reserven & Ressourcen, als sehr groß eingestuft werden, die restlichen Lagerstätten sind als klein einzustufen.

Abbildung 2.17.5 zeigt die Reserven und Ressourcen der hier beschriebenen australischen Manganlagerstätten und -projekte in einem Grade-Tonnage-Diagramm. Die Wirtschaftlichkeit eines jeden Vorkommens wird dabei stark von den Abbau- und Verarbeitungskosten, der Qualität der Infrastruktur und der Gesetzgebung bestimmt. Die Betriebskosten der Lagerstätten Woodie Woodie (2,46 A$/„dry metric tonne unit“) und Bootu Creek (4,12 A$/„dry metric tonne unit“) sind aufgrund ihrer Projektlokation wesentlich höher, als die von Groote Eylandt (ca. 1,60 A$/„dry metric tonne unit“).

Bei gleichbleibender Produktion verfügt die Lagerstätte Groote Eylandt, bezogen auf die ausgewiesenen Reserven, mit 11,4 Jahren über die derzeit längste Lebensdauer, vor Woodie Woodie (4,5 Jahre) und Bootu Creek (ca. 2,6 Jahre). Die ausgewiesenen Ressourcen der drei in Produktion befindlichen Lagerstäten lassen jeweils auf eine noch längere Lebensdauer schließen.

OM Materials (S) Pte Ltd. (Sitz in Singapur) koordiniert unter anderem auch den Vertrieb der Manganerze, die aus der Bootu Creek Lagerstätte gefördert werden. Allerdings werden diese in erster Linie in der unternehmenseigenen Hütte in China, zukünftig auch in einer Hütte in Malaysia zu Ferrolegierungen weiterverarbeitet. Wenn überhaupt, dürften nur geringe Mengen an Manganerz aus der Lagerstätte Bootu Creek für den Weiterverkauf bestimmt sein. Abnehmer von Manganerz, die an mittel- und langfristigen Lieferverträgen interessiert sind, sollten Kontakt mit Consolidated Minerals Ltd. und South32 aufnehmen. In der Regel werden zwischen Produzent und Hersteller Jahres- und Quartalsverträge abgeschlossen.

Von den hier beschriebenen Vorkommen mit ausgewiesenen Ressourcen empfiehlt sich derzeit vor allem Nicholas Downs für eine Investition. Bei steigenden Preisen ist zu erwarten, dass Mesa Minerals Ltd. und Mineral Resources Ltd. die Lagerstätten Ant Hill und Sunday Hill in Produktion bringen werden. Aufgrund der überwiegend geringen Mn-Gehalte der Einzelvorkommen der Lagerstätte Butcherbird sind hier weitere Aufbereitungsarbeiten abzuwarten. Mineral Resources Ltd. hat in der Vergangenheit gezeigt, dass es seine Aufbereitungsanlagen schnell und flexibel einsetzen kann und über die entsprechende Infrastruktur verfügt, um Manganerz zu exportieren. Abhängig von den Investitionszielen bieten sich hier möglicherweise Kooperationsmöglichkeiten für deutsche Investoren für die gemeinsame Projektentwicklung.

Tab. 2.17.4: Ausgewählte Manganlagerstätten in Australien mit ausgewiesenen Reserven und Ressourcen.

Reserven				
Lagerstätte	**Bundesstaat**	**Erz [Mio. t]**	**Mn-Gehalt [%]**	**Mn-Inhalt [t]**
Groote Eylandt	NT	94,0	44,60	41.924.000
Woodie Woodie	WA	25,5	29,9	7.624.500
Bootu Creek	NT	9,0	20,00	1.800.000
Ressourcen				
Lagerstätte	**Bundesstaat**	**Erz [Mio. t]**	**Mn-Gehalt [%]**	**Mn-Inhalt [t]**
Butcherbird	WA	174,9	10,87	19.011.630
Nicholas Downs	WA	20,0	38,0	7.600.000
Woodie Woodie South	WA	11,3	15,0	1.695.000
Ant Hill	WA	4,9	20,30	994.700
Sunday Hill	WA	4,7	18,40	864.800

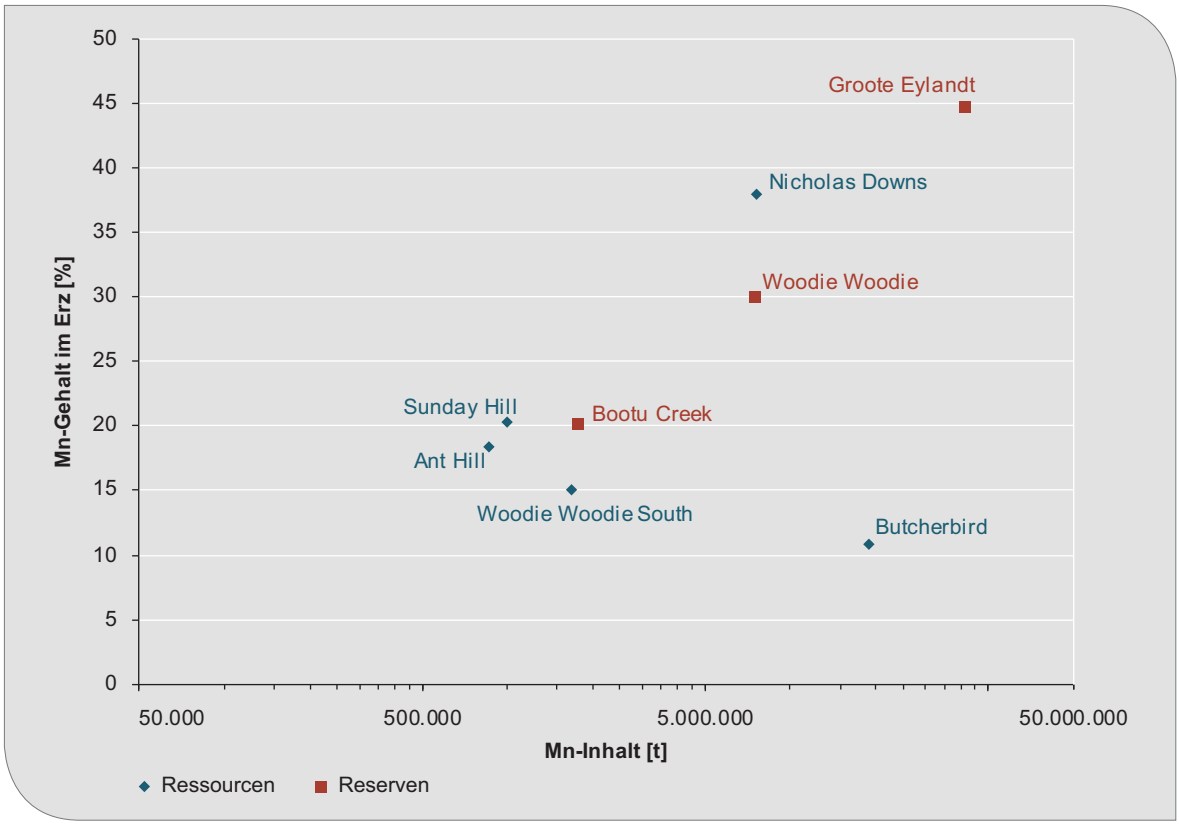


Abb. 2.17.5: Reserven und Ressourcen australischer Manganlagerstätten.

Literatur

Ahmad, M. & Khan, M. (2013): Commodity reviews. – In: Ahmad, M. & Munson, T.J. (Hrsg.): Geology and mineral resources of the Northern Territory. – Northern Territory Geol. Surv., Spec. Publ., **5**, 3: 1–42, 21 Abb., 12 Tab.; Darwin, NT.

Auvex Manganese Ltd. (2012): Financial Report for the half-year ended 31 December 2012. – URL: http://www.auvexmn.com.au/Investor/Investor/half-yearly-reports.html
[Stand 18.06.2015].

Berents, H. W. (1994): Annual Report for Yiyinntyi South EL8492 for the period to 28 March 1995. 99 S.; Perth.

BHP–BHP Billiton Ltd. (2014): Annual Report 2014; 346 S. – URL: http://www.bhpbilliton.com/home/investors/reports/Documents/2014/BHPBillitonAnnualReport2014.pdf
[Stand 24.06.2015].

Blockley, J. G. (1975a): Pilbara Manganes Provice, Western Australia. – In: Knight, C. L., (Hrsg.): Economic Geology of Australia and Papua New Guinea – 1. Metals; Monograph Series, **5**: 1019–1020, 1 Abb., 1 Tab.; Victoria.

Blockley, J. G. (1975b): Peak Hill Manganese Deposits, Western Australia. – In: Knight, C. L., (Hrsg.): Economic Geology of Australia and Papua New Guinea – 1. Metals; Monograph Series, **5**: 1021, 1 Abb.; Victoria.

Consolidated Minerals Ltd. (2015): Annual Report 2014. – URL: http://www.consmin.com/financials/annual-report-2014/
[Stand 17.06.2015].

De La Hunty, L. E. (1963): The Geology of the Manganese Deposits of Western Australia. Geological Survey of Western Australia; Bulletin, **116**: 122 S.; 23 Abb.; 21. Tab.; Perth.

De La Hunty, L. E. (1965): Manganese ore deposits of Western Australia, S. 140–146, 1 Abb., 3 Abb. – In: McAndrew, J. (Hrsg.): Geology of Australian

Ore Deposits. Eighth Commonwealth Mining and Metallurgical Congress Austalia and New Zealand, 1965. Australasian Institute of Mining and Metallurgy: 547 S.; Melbourne.

Eclipse Metals Ltd. (2015): ASX Announcement. Positive petrological/petrophysical test results mark another step forward for Mary Valley Manganese Project. – URL: http://eclipseuranium.com.au/wp-content/uploads/2015/05/Positive-Test-Results-Another-Step-Forward-for-Mary-Valley.pdf
[Stand 25.06.2015].

Ferenczi P. (2001): Iron ore, manganese and bauxite deposits of the Northern Territory. Northern Territory Geological Survey, Report **13**: 113 S, 78 Abb., 21 Tab.; Darwin, NT.

Genesis Resources Ltd. (2015): Gladstone Manganese Project (Genesis 100 %). – URL: http://www.genesisresourcesltd.com.au/content/?f=projects&page=gladstone-manganese
[Stand 25.06.2015].

Geoscience Australia (2012): Australia's Identified Mineral Resources 2011. Geoscience Australia, Canberra.

Geoscience Australia (2013): Australia's Identified Mineral Resources 2012. Geoscience Australia, Canberra.

Geoscience Australia (2014): Australia's Identified Mineral Resources 2013. Geoscience Australia, Canberra.

Mesa Minerals Ltd. (2009): ASX Announcement. Ant Hill Manganese Deposit global resource tonnage increased by over 400 %. – URL: http://www.asx.com.au/asxpdf/20090326/pdf/31gs3s6j05ppjy.pdf
[Stand 18.06.2015].

Mesa Minerals Ltd. (2014): Annual report – 30 June 2014. – URL: http://www.asx.com.au/asxpdf/20140926/pdf/42sgjd4r3nrx49.pdf
[Stand 18.06.2015].

Mineral Resources Ltd. (2009): ASX Announcement. Mineral Resources confirms commencement of operations at Nicholas Downs. – URL: http://www.asx.com.au/asx/statistics/displayAnnouncement.do?display=pdf&idsId=00997412
[Stand 17.06.2015].

Mineral Resources Ltd. (2011): ASX Announcement. MRL finaliese Auvex Resources acquisition. – URL: http://www.asx.com.au/asxpdf/20110802/pdf/4205c6qvpnbpc0.pdf
[Stand 18.06.2015].

Mineral Resources Ltd. (2015): 2014/15 Half Year Financial Report. – URL: http://www.asx.com.au/asx/statistics/displayAnnouncement.do?display=pdf&idsId=01600580
[Stand 18.06.2015].

Montezuma Mining Company Ltd. (2011): ASX Announcement. 144 % Increase in Butcherbird Project Global Manganese Resource to 119 Mt @ 11,6 % Mn. – URL: http://www.asx.com.au/asxpdf/20111207/pdf/42345zp2lx70tk.pdf
[Stand 18.06.2015].

Montezuma Mining Company Ltd. (2014): ASX Announcement. Montezuma Mining signs option agreement to purchase 75 % interest in Woodie Woodie West manganese prospect. – URL: http://www.asx.com.au/asx/statistics/displayAnnouncement.do?display=pdf&idsId=01532631
[Stand 18.06.2015].

Montezuma Mining Company Ltd. (2015): RC drilling programme completed at the Woodie Woodie West Manganese project. – URL: http://www.asx.com.au/asxpdf/20150331/pdf/42xm5bf7l5bt8z.pdf
[Stand 18.06.2015].

Northern Manganese Ltd. (2014): ASX Announcement. Quarterly Report to 30 September 2014. – URL: http://www.asx.com.au/asxpdf/20141028/pdf/42t8993rzgrwrg.pdf
[Stand 24.06.2015].

OM Holdings Ltd. (2015): Annual Repor 2014; 133 S. – URL: http://www.omholdingsltd.com/ir_report.htm
[Stand 24.06.2015].

Petrow, O. W., Michailow, B. K., Kimelman, S. A., Ledowskich, A. A., Bawlow, N. N., Nezhenskii, I. A., Worob'ew, J. J., Schatow, W. W., Kopina, J. S., Nikolaeva, L. L., Bespalow, E. W.; Boiko, M. S., Wolkow, A. W., Sergeew, A. S., Parschikowa, N. W. & Mirchalewskaja, N. W. (2008): Mineral resources of Russia (in Russia). – Ministry of the Natural Resources of the Russian Federation (VSEGEI): 302 S.; St. Petersburg.

Pirajo, F. & Preston, W. A. (1998): Mineral deposits of the Padbury, Bryah and Yerrida basins. – In: Berkman, D. A. & Mackenzie, D. H. (Hrsg.): Geology of Australian and Papua New Guinean Mineral Deposits; Monograph, **22**: 63–69, 2 Abb., 2 Tab.; Melbourne.

Pracejus, B. & Bolten, B. R. (1992): Geochemistry of supergene manganese oxide deposits, Groote Eylandt, Australia. – In: Economic Geology **87**: 1310–1335, 14 Abb., 4 Tab.; Pennsylvania.

Roberts, D. J. & Francis, R. S. (2013): Woodie Woodie Operations. – In: The Australasian Mining and Metallurgical Operating Practices, Volume 2. The Sir Maurice Mawby Memorial Volume, Third Edition (Monograph **28**). The Australian Institute of Mining and Metallurgy 2013: 1863–1878; 14 Abb., 8 Tab.; Melbourne.

Roskill – Roskill Information Services Ltd. (2015): Manganese: Market Outlook to 2020, 13th Edition: 279 S., 109 Abb., 143 Tab.; London.

Scriven, N. H. & Munson, T. J. (2007): Manganese in the sand and spinifex, Bootu Creek area, Northern Territory. – In: Munson, T. J. & Ambrose, G. (Hrsg.): Proceedings of the Central Australian Basins Symposium, Alice Springs, 16–18 August, 2005. Northern Territory Geological Survey, Special Publications, **2**: 60–70, 11 Abb.; Alice Springs, NT.

Smith, K. G. (1959): Mary Valley Manganese Deposits. - Report of an inspection, February 1959; 12 S., Brisbane.

SNL – SNL Financial LC (2015): SNL Metals & Mining. – Kostenpflichtige Datenbank; USA [Stand 17.06.2015].

Spitfire Resources Ltd. (2012): ASX Announcement. Contact & Contact North Inferred JORC Resource. – URL: http://www.asx.com.au/asxpdf/20120314/pdf/4250b2hr2xvszn.pdf [Stand 17.06.2015].

Spitfire Resources Ltd. (2014): ASX Announcement. Exploration drilling locates new manganese discovery. – URL: http://www.asx.com.au/asxpdf/20141223/pdf/42vp0sz30cw49c.pdf [Stand 17.06.2015].

Wellbeloved, D. B., Craven, P. M., Waudby, J. W. (2000): Manganese and Manganese Alloys. – In: Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 175–221, 24 Abb., 21 Tab.; Weinheim.

2.18 Naturwerksteine

(Harald Elsner)

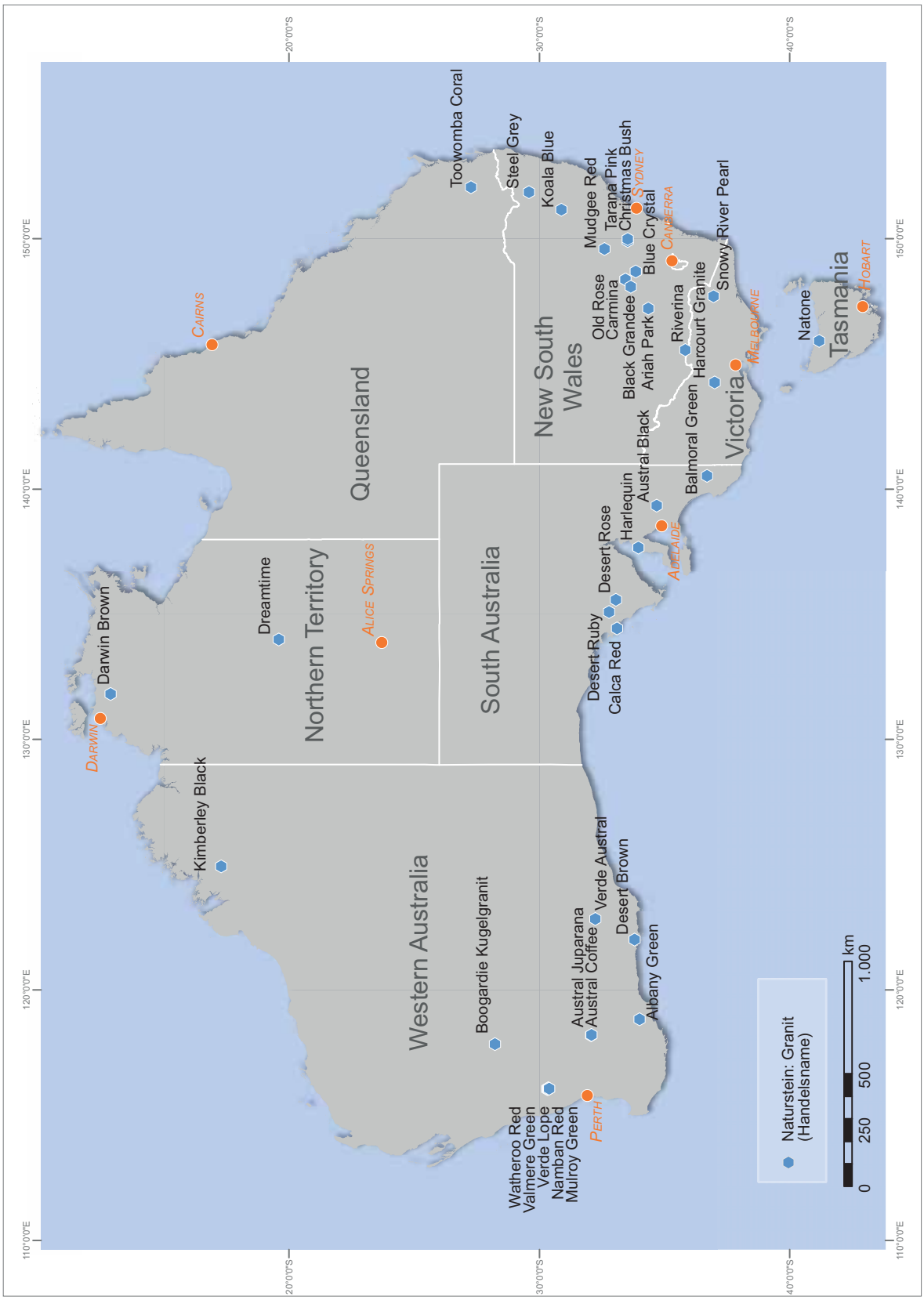


Abb. 2.18.1: Ausgewählte Naturwerksteinlagerstätten (Granite) in Australien.

Überblick und Verwendung

Naturwerksteine sind harte, nicht-brüchige Gesteine natürlichen Ursprungs, die entweder mechanisch oder mit der Hand zu geometrischen Körpern mit mehr oder weniger gleichmäßigen Abmessungen oder zu Kunstobjekten bearbeitet werden.

Naturwerksteine werden heutzutage größtenteils zu Fassadenplatten, Grabsteinen, Fensterbänken, Trittstufen, Bordsteinen, Denkmälern, Küchenarbeitsplatten sowie zu Boden- oder Wandfliesen verarbeitet.

Wichtige Vorkommen in Australien

In allen australischen Bundesstaaten werden Naturwerksteine, größtenteils für den heimischen Markt, gewonnen. Aktuelle und genaue Produktionsdaten liegen nur zum Teil vor. Führend ist danach Queensland, wo im Finanzjahr 2014/15 44.314 t Sandstein, 3.141 t Marmor, 97 t Schiefer und 5.146 t andere Naturwerksteine zu Durchschnittswerten von 84 A$/t, 188 A$/t, 306 A$/t bzw. 27 A$/t abgebaut wurden. Es folgt New South Wales mit einer Produktion in den Jahren 2010/2011 von über 57.300 t Sandstein und Granit sowie untergeordnet Schiefer und Marmor zu durchschnittlich 206 A$/t. South Australia liegt auf dem 3. Platz mit einer Produktion im Jahr 2013 von 11.003 t Norit zu durchschnittlich 99 A$/t, 7.800 t Kalkstein zu 67 A$/t, 6.933 t metamorphem Siltstein („bluestone“) zu 173 A$/t, 4.973 t Sandstein zu durchschnittlich 53 A$/t, 2.347 t Granit zu durchschnittlich 139 A$/t und 1.047 t Schiefer zu durchschnittlich 1.010 A$/t. In Victoria wurden im Finanzjahr 2011/2012 32.361 t Naturwerksteine (18.518 t Basalt („bluestone“), 6.559 t Sandstein, 6.374 t Granit, 636 t Tuffit, 218 t Quarzit und 56 t Schiefer) mit einem Durchschnittswert von 28 A$/t abgebaut. In Tasmanien wurden im Finanzjahr 2011/2012 7.543 t Naturwerksteine, davon 1.064 t Sandstein, gewonnen. Western Australia hat nur eine sehr geringe Produktion. Hier wurden im Jahr 2014 6.013 t Naturwerksteine zu einem Durchschnittspreis von 463 A$/t verkauft, was aber möglicherweise nur einem Teil der tatsächlichen Naturwerksteinproduktion in diesem Bundesstaat entspricht. Northern Territory meldete im Finanzjahr 2014/15 eine Produktion von 6.000 t Naturwerksteinen.

Für dieses Handbuch sind nur diejenigen australischen Naturwerksteine interessant, die aufgrund ihrer speziellen Eigenschaften, vor allem Farbe, Struktur und Textur, auch für den Export nach Deutschland geeignet interessant sind. Dies sind vor allem Granite. Abbildung 2.18.1 gibt einen Überblick über ausgewählte australische Naturwerksteinlagerstätten (Granite), die im Folgenden beschrieben werden. Datenblätter zu der Mehrheit der derzeit noch in Australien abgebauten Granitsorten sind mit freundlicher Genehmigung der ASAA (Australian Stone Advisory Association Ltd.) im Anhang beigefügt. Alle anderen Naturwerksteinvorkommen bzw. gewinnenden Betriebe in Australien werden nur der Vollständigkeit halber erwähnt.

Queensland

Die Naturwerksteinproduktion in Queensland wird durch Sandstein, untergeordnet Marmor dominiert. Andere Gesteinsarten spielen keine Rolle.

Das Zentrum der Sandsteinproduktion liegt seit den 1860er Jahren im Raum **Helidon**, 80 bis 90 km westlich von Brisbane. In zahlreichen Steinbrüchen jeder Größenordnung und unterschiedlicher Betreiber (Australian Sandstone Industries Pty Ltd., Gosford Quarries Pty Ltd., Albatio Sandstone, Helidon Sandstone Industries Pty Ltd., J. H. Wagner & Sons P/L, Brisbane Sandstone, Comerford Sandstone Pty Ltd. u. a. m.) stehen dort fluviatil abgelagerte, spättriassische bis frühjurassische Sandsteine mit charakteristischer brauner Grundfärbung bzw. Bänderung in Abbau. Je nach Steinbruch, Lage im Steinbruch und abgebauter Schicht werden dabei unterschiedliche Varietäten produziert, die jedoch alle der Handelsname „Helidon Sandstone“ eint.

Andere Sandsteinsorten werden zudem bei **Warwick** und **Yangan** (Tanamerah Sandstone Pty Ltd.), bei Stanwell westlich Rockhampton (Capricorn Sandstone Quarries Pty Ltd.), Gundala nördlich Gympie (4 Mile Sandstone Pty Ltd.) sowie zwischen Beaudesert und Boonah (Stonehouse Creations Pty Ltd./Queensland Sandstone) gewonnen. Letztgenannter Sandstein ist einheitlich mittelgrau gefärbt und ähnelt sehr dem seit über 400 Jahren in der Toskana abgebauten Pietra Serena.

Abb. 2.18.2: Naturwerksteinplatten aus grobkonglomeratischem Marmor am Flughafen von Cairns, Queensland (Foto: BGR).

Der bedeutendste Marmorproduzent Queenslands ist Cairns Marble Australia Pty Ltd. mit Steinbrüchen in **Chillagoe** im Norden des Bundesstaates. Die dort abgebauten Marmore (Abbildung 2.18.2) besitzen ein spätsilurisches bis frühdevonisches Alter. Ein Großteil der Produktion wird inzwischen über den Hafen von Brisbane exportiert (vor allem nach Italien). Die Varietäten haben die schillernden Handelsnamen: „Australian Emperador", „Bianca Mist", „Black Ice", „Blue Crystal", „Champagne", „Dreamtime", „Gold Drop", „Iron Lace", „Orazia Gold", „Pink Crystal", „Sunset" und „White Pearl".

Einzige bekannte Granitsorten aus Queensland, die auch als Naturwerksteine genutzt werden, sind der „Toowomba Coral", wie er von Melocco Stone Pty Ltd. aus einem Steinbruch bei **Crows Nest** vermarktet wird, und „Brisbane Beige" (auch: „New England Beige"), ein sehr feinkörniger, unscheinbarer Granit, der im Straßenbau Verwendung findet.

New South Wales

Auch in New South Wales dominiert die Gewinnung von Sandsteinen, zudem werden aber auch zahlreiche Granitarten abgebaut.

Führender Produzent von Sandsteinen im Bundesstaat – und in ganz Australien – ist Gosford Quarries Pty Ltd. mit Steinbrüchen (Abbau teilweise nur auf Nachfrage) in:

- **Mount White** (hellbraun, auffällig braun gebändert: „Mount White Brown", hellrosa-weiß: „Mount White Pink", schneeweiß: „Mount White White"),
- **Piles Creek** (beige: „Piles Creek Cream", goldbraun: „Piles Creek Guinea Gold"),
- **Wondabyne** (grau: „Wondabyne Sandstone"),
- **Somersby** („Debden Sandstone"),
- **East Kurrajong** und
- **Cattai** (Gosford Buff).

Weitere Sandsteinproduzenten sind:

- Bundanoon Sandstone Pty Ltd. mit einem Bruch in **Bundanoon** („Banded", „Fawn", „Bundy Brown", „Heritage Leaf", „White") und
- Australian Sandstone Merchants Pty Ltd. mit einem Steinbruch in **Glenorie** („White", „Buff", „Brown", „Pink").

Ein Großteil der Granitproduktion in New South Wales stammt aus den Regionen **Bathurst-Mudgee** und **Eugowra-Mulyandry**. Granitsteinbrüche stehen auch bei **West Wyalong**, **Tocumwal**, **Cowra**, **Grenfell** und in der New England Region (**Tamworth-Tenterfield**) in Abbau. Harb Quarries

Pty Ltd. (Granites of Australia) betreibt drei Granitsteinbrüche:

- **Riverina** in Tocumwal: Hier wird in großen Blöcken ein mittelkörniger, weiß-grau-schwarzer Granit gewonnen, der unter den Handelsnamen „Riverina“, „Riverina Grey“ oder „Sydney Grey“ (Fotos und Spezifikationen siehe Anhang) vermarktet wird.
- **Mudgee Red** in Mudgee, aus dem der mittel- bis grobkörnige „Mudgee Red“, „Cameron Red“, „Sydney Red“ Granit stammt. Melocco Stone Pty Ltd. (siehe unten) vermarktet den gleichen Granit unter dem Namen „Lio Red“ bzw. „New Mudgee Red“ (Fotos und Spezifikationen siehe Anhang).
- **Steel Grey** in Dundee, aus dem der gleichnamige feinkörnige, dunkelblau-graue Granit stammt (Fotos und Spezifikationen siehe Anhang).

Ein noch größerer Granitproduzent in New South Wales ist Melocco Stone Pty Ltd. mit den Steinbrüchen:

- in **Cowra**, aus dem der schwarz-weiß-graue, zum Teil bläulich schimmernde, grobkörnige „Blue Crystal“ bzw. „Sydney Blue“ stammt,
- in **Bendemeer** mit dem grobkörnigen, bräunlich-weiß-grauen „Koala Blue“,
- in **Eugowra** mit dem Abbau der fein- bis mittelkörnigen, bräunlich-weißen, unterschiedlich intensiv rosafarbenen Varietäten „Carmina“ („Canberra Grey“), „Lio Rosa“, „Loch Lomond Pink“ und „Old Rose“ („Australian Granato“),
- in **Tarana** mit Produktion des feinkörnigen, rosafarbenem „Tarana Pink“ („Sydney Pink“),
- in **Sodwalls** mit dem intensiv roten, dennoch schwarz-grün gesprenkelten, mittelkörnigen „Christmas Bush“ oder auch „Sydney Cedar“ sowie
- in **Ariah Park**, wo die Granitvarietäten „Aria Park Beige“ (braun-beige-grau), „Ariah Park Gold“ (orange-rötlich mit grünlich-schwarzen Einsprenglingen) und „Ariah Park Grey“ (grau) gewonnen werden.

Die technischen Gesteinsparameter der von Melocco Stone vertriebenen australischen Granite sind in Tabelle 2.18.1 zusammengefasst.

Im Mulyandry-Distrikt, zwischen den Ortschaften Forbes und Grenfell, liegt der inzwischen rund 85 ha große Granitsteinbruch **Grandee**. Er wird seit über 65 Jahren von der Familie Morris betrieben. Der sehr dunkle, schwarz-weiß gesprengelte, feinkörnige Granit eignet sich gut für Denkmäler und andere Verwendungszwecke im Außenbereich. Er wird unter den Handelsnamen „Black Grandee“ von Marble Craft Pty Ltd. bzw. „Grandee Lio“ oder „Sydney Pearl“ von Melocco Stone Pty Ltd. vermarktet.

South Australia

South Australia ist seit vielen Jahren der größte Produzent von Granit unter den australischen Bundesstaaten und besitzt zudem die größten Granitsteinbrüche. Diese liegen bei **Black Hill** nahe Mannum, rund 85 km ostnordöstlich von Adelaide. Petrographisch handelt es sich bei dem dort in mehreren Großsteinbrüchen abgebauten Gestein keineswegs um Granit, sondern um einen gabbroiden Norit unterschiedlicher Körnigkeit und Einschlussdichte (McCallum 1993). Dieser steht bei Black Hill auf einer 3 x 4 km großen Fläche an. Je nach Qualität und Produzent (Harb Quarries Pty Ltd. (Granites of Australia), Melocco Stone Pty Ltd.) werden die Varietäten „Imperial Black/Black Imperial”, „Austral Black”, „Adelaide Black”, „Adelaide Black Select/ Select Adelaide”, „Black Hill Norite”, „Black Veined”, „Austral Grey” und „Charcoal Grey” unterschieden (Fotos und Spezifikationen, siehe Anhang).

Die Granite auf der Halbinsel **Eyre** besitzen ein mesoproterozoisches Alter und zeichnen sich durch typische rote und rosa Farben aus, die durch zahlreiche winzige Eisenoxideinschlüsse in den Plagioklasen und Kalifeldspäten hervorgerufen werden. Der bekannteste Granit aus dieser Region ist „Calca Red“ („Empire Red“, „Dragon Red“, „Autum Brown“) (Fotos und Spezifikationen, siehe Anhang), der seit 1975 in mehreren Brüchen bei **Calca**, 35 km südöstlich von Streaky Bay, derzeit durch Freewest Quarry Products Pty Ltd., gewonnen wird (Olliver 2004a).

Während der frühen 1990er Jahre wurde dann nahe Wudinna in einem grobkörnigen Granit der Steinbruch **Desert Rose** von AustralAsian Granite Pty Ltd. eröffnet (Fotos und Spezifikationen, siehe Anhang). Melocco Stone Pty Ltd. bietet zudem weiterhin den „Desert Ruby“ aus **Minnipa** an.

Tab. 2.18.1: Technische Gesteinsparameter ausgewählter, von Melocco Stone Pty Ltd. abgebauter bzw. vertriebener australischer Granite (Melocco Stone Pty Ltd. 2015).

Sorte/Name	ASTM C241 Verschleißwiderstand	ASTM C170-90 Druckfestigkeit [Mpa]		ASTM C99 Biegefestigkeit [MPa]		ASTM C880 Biegebruchfestigkeit [MPa]		ASTM C97 Absorption [M.-%]	Roh-dichte [t/m³]
		Nass	Trocken	Nass	Trocken	Nass	Trocken		
Albany Green		142	197	14,1	13,3	10,1	10,9	0,10	2,720
Ariah Park Beige	58,23	177	208	14,5	17,1	10,5	11,8	0,2	2,508
Ariah Park Gold	86,66	177	208	14,5	17,1	10,5	11,8	0,311	2,610
Austral Black	104	193	217		19,9	17,7	15	0,06	2,970
Austral Juparana		192	240			5,8	6,2	0,40	2,621
Balmoral Green		166	173			12,4	13	0,23	2,630
Blue Crystal	82,02	186	226	14	15,4	8,5	9,4	0,154	2,701
Calca Red	133	148	150	12	9,5	10,6	9,5	0,17	2,610
Christmas Bush	79,67	203	225	14,6	10,6	10,1	12,1	0,113	2,619
Darwin Brown		183	207			9,6	11,1	0,121	2,706
Desert Brown		184	206			12,8	13	0,243	2,636
Desert Rose		162	183			11,4	11,5	0,19	2,630
Dreamtime		138	147			18,7	19	0,09	2,650
Grandee Lio	55,35	240	270	18	15	9,5	11,1	0,14	2,940
Harcourt		72	95	12	13	9,8	12,3	0,04	2,680
Harlequin		206	218			18,7	23,6	0,16	2,960
New Mudgee Red	66,42	151	175	12,6	11,1	5,7	6,9	0,176	2,633
Old Rose	83,61	216	228	14,1	15,8	9,0	9,3	0,163	2,614
Riverina	64,97	190	223	12	10,7	6,9	8,1	0,128	2,631
Snowy River Pearl		85	156			6,5	6,5	0,4	2,650
Tarana Pink	74,34	167	203	12,7	12,7	8,2	8,7	0,297	2,607
Verde Austral			240		12,7		16	0,068	2,660

In den Oorlano Metasomatiten nahe Wallaroo, auf der nördlichen **Yorke Halbinsel**, befindet sich ein weiterer Steinbruch von AustralAsian Granite Pty Ltd. In Abbau stehen dort unterschiedlich farbige Kalksilikatgneise mit rosa-grünem Albit und Mikroklin, Aktinolith, Magnetit, Hämatit, Quarz, Epidot, Dolomit, Titanit, Pyrit und Spuren von Chalcopyrit und Apatit. Das teils rötlichbraune, teils bunte, nur im Innenbereich einsetzbare Gestein, wird unter der Bezeichnung „Harlequin“ („Verde Fuoco“) vermarktet (Fotos und Spezifikationen, siehe Anhang).

Im Jahr 1992 begann rund 13 km nordwestlich von **Padthaway**, 240 km südöstlich von Adelaide, die Produktion eines durch grünliche Kalifeldspäte hell- bis dunkelgrünen, kambroordovizischen Granits, der in Australien unter dem Handelsnamen „Balmoral Green“ („Padthaway Green“, „Tatiara Green“) bekannt wurde (Olliver 2004b). Er ist sowohl für Einsätze im Innen- als auch im Außenbereich geeignet. Der Steinbruch wird von AustralAsian Granite Pty Ltd. betrieben, der Granit aber auch von Melocco Stone Pty Ltd. als Bearbeiter vertrieben (Fotos und Spezifikationen, siehe Anhang).

Für lokale Baumaßnahmen in South Australia weit wichtiger als der Granitabbau, ist die Produktion von Kalksteinen. Den seit der Besiedlung genutzten pliozänen „Waikerie Limestone“ baut seit einigen Jahren wieder die Heritage Stone Restoration (SA) Group in D’Onise ab. Vom Volumen bedeutsamer ist der tertiäre „Mount Gambier Limestone“, der mit über 300 m Mächtigkeit große Teile der südöstlichen Küstenebene Australiens unterlagert. Dieser Kalkstein ist fossilführend, leicht, porös, gleichmäßig texturiert, cremefarben bis weiß und wenn noch frisch, sehr leicht bearbeitbar. Beim Austrocknen hellt er auf und verfestigt sich. Die besten Qualitäten und die höchste Produktion kommen aus zwei Regionen im Gebiet von **Marte**, 10 km westlich von Mount Gambier. Die dortigen Steinbrüche sind im Besitz von Gambier Stone Supplies Pty Ltd. und Bruhn Limestone. Ein dolomitischer Kalkstein von Mount Gambier wird als „Compton Sandstone“ vermarktet.

Spalding Slate & Stone Products betreibt bei **Coobowie** auf der Yorke Halbinsel einen Kalksteinbruch („Yorke Peninsula Limestone“). D L Scott & Son Pty Ltd. bauen im **Sunnyside** Steinbruch, 13 km nordöstlich von Murray Bridge, den „Murray Bridge Freestone/Limestone“ ab.

Auch Marmor ist in South Australia weit verbreitet, wird jedoch heute fast ausschließlich als gebrochene Gesteinskörnung verwendet. Einzige Ausnahme ist ein schwarzer Marmor mit goldener Textur, der bei entsprechender Nachfrage durch Southern Quarry Pty Ltd. in ihrem Großsteinbruch bei **Sellicks Hill** abgebaut und unter der Handelsbezeichnung „Austral Gold“ vermarktet wird.

Sandstein wird seit den 1850er Jahren in South Australia als lokaler Bauwerkstein gewonnen. Abbaustellen mit den jeweiligen Orten als Handelsnamen liegen heute bei **Carey Gully**, **Basket Range**, **Hindmarsh Valley**, **Stirling** („Mount Lofty Sandstone“) und nördlich **Goolwa** („Finnis River Sandstone“).

Auch die ältesten, immer noch produzierenden Dachschiefersteinbrüche Australiens liegen in South Australia. Der sowohl als Dachschiefer als auch für Bodenplatten geeignete „Mintaro Slate“ wird seit 1856, gegenwärtig durch Tillett Natural Stone Industries und Mintaro Slate Quarries Pty Ltd., beim gleichnamigen Ort gewonnen. Auch der zwischen 1840 bis in die 1930er Jahren abgebaute „Willunga Slate“ aus dem Steinbruch **Bangor** in Willunga steht wieder zur Verfügung. Aus Steinbrüchen in Spalding und East Spalding gewinnt **Spalding** Slate & Stone Products „Spalding Slate“ bzw. „Broughton River Slate“, die beide jedoch nur als Wand- und Bodenplatten geeignet sind.

Victoria

In Victoria, als einzigem australischem Bundesstaat, dominiert die Gewinnung von blaugrauem Basalt, genannt „bluestone“, der für das Anlegen von Bürgersteigen sowie die Herstellung von Weg- und Fassadenplatten genutzt wird. Größter Produzent ist BAM Stone Pty Ltd. mit einem Großsteinbruch nördlich **Port Fairy**. Andere, kleinere Anbieter von basaltischem „bluestone“ sind Melocco Stone Pty Ltd. mit einem Steinbruch bei **Deer Park** und Victorian Bluestone Quarries mit einem Steinbruch in **Lara**. Bei dem in South Australia abgebauten „bluestone“ handelt es sich stattdessen um einen metamorph überprägten kambrischen Siltstein (Hough 2005). Dieser wird durch Albern Slate Pty Ltd. in Faulkner/SA („Kanmantoo Bluestone“), Wistow Bluestone Quarries Pty Ltd. in Wistow/SA und Petwood/SA („Wistow Bluestone“)

sowie Rollond Landscaping südöstlich Mt. Barker/SA („Wistow Bluestone“) abgebaut.

Während früher in vielen Steinbrüchen in Victoria Sandstein gewonnen wurde, sind derzeit nur noch drei Sandsteinbrüche in Betrieb. Die Grampians Sandstone Pty Ltd. in **Dunkeld** betreibt einen kleinen Steinbruch am Rande des Grampians National Park, aus dem weiße, rötliche und cremefarbene Sandsteine silurischen Alters vertrieben werden. Diese ähneln deutschem Buntsandsteinmaterial. Westlich der Grampians, bei **Stawell**, besitzt das Unternehmen Layton Stone Pty Ltd. einen Bruch mit feinkörnigem beigem Sandstein. Einen weiteren Sandsteinbruch mit beigem Sandstein betreiben Damian & Kym Bird (d & k sandstone) bei **Campbells Creek**, 5 km südlich Castlemaine. Devonisch-karbonischer Quarzit wird durch Mt. Angus Sandstone in der gleichnamigen Region im Central Gippsland gewonnen.

Schiefer bzw. eher metamorph überprägter, spaltender quarzitischer Sandstein wird an zwei Standorten, in mehreren Brüchen nordöstlich von **Castlemaine** durch Pyrenees Quarries Pty Ltd. und bei **Yea** durch Killingworth Quarries Pty Ltd., abgebaut.

Früher existierten auch zahlreiche Granitsteinbrüche in Victoria, von denen jedoch die bedeutendsten, am Mount Alexander bei **Harcourt**, vor wenigen Jahren geschlossen wurden. Die letzte dortige Abbaustelle betrieb das Unternehmen Henderson's Marble & Granite. „Harcourt Granite“ („Melbourne Grey“) ist bzw. war ein grauer, monotoner Granit, der seit den 1860er Jahren weitflächig Verwendung in Melbourne und Umgebung für Denkmäler und Großprojekte fand.

Übrig geblieben ist „Snowy River Pearl“, ein Quarzsyenitporphyr, der von Melocco Stone Pty Ltd. in einem Steinbruch bei **Benambra** abgebaut wird. „Snowy River Pearl“ ist ein im Innen- und Außenbereich einsetzbares, sehr gut polierbares, mittelkörniges Gestein mit auffallend großen, teils blau schillernden Orthoklasen (Fotos und Spezifikationen, siehe Anhang).

Tasmania

In Tasmania wird vorwiegend heller Sandstein gewonnen und zwar durch die Unternehmen:

- Tasmanian Sandstone Quarries Pty Ltd. in ihren Steinbrüchen **Oatlands** („Oatlands Banded“), **Mace's** bei Buckland („Buckland Banded“) sowie **Colebrook** („Colebrook Banded“). Die Vermarktung erfolgt über den Partner Design in Stone.
- Dunn Stone Industries Pty Ltd. in den familieneigenen Steinbrüchen **Nunamara** und **Melton Mowbray** sowie
- Argus Stone im Steinbruch **Mike Howes Marsh**.

Mit Ausnahme von Nunamara liegen alle Sandsteinbrüche nördlich von **Hobart** und beliefern diesen Großraum.

Echter, schwarzer bis grauer Schiefer mit weißem Verwitterungsrand wird mit Unterbrechungen, seit 1979 durch die Tasmanian Slate Company aus dem **Back Creek Quarry** nördlich Launceston gewonnen. Dieser Schiefer ist für Bedachungen nicht geeignet, sondern wird als Wegeplatten genutzt (Sharples 1990).

Soweit bekannt, ist nur noch einer der ehemals zahlreichen Granitsteinbrüche in Tasmania in Produktion. Nargun Pty Ltd. baut seit Anfang der 1990er Jahre auf ihrer 21 ha großen Lizenzfläche bei Natone (südlich Burnie) den dortigen **Housetop Granit** ab. Die dort aufgeschlossene Varietät wird unter der Handelsbezeichnung „Natone Granite“ vermarktet und ist gleichförmig grobkörnig und von massiver, einheitlicher Struktur. Der frische Granit ist rot bis schwach rötlich-braun und besitzt braunrote und schwachgrüne Feldspäte. Polierte Steine wirken eher braun und sind im Innen- wie Außenbereich einsetzbar (Sharples 1990).

Western Australia

Eine umfassende Zusammenstellung über das große Naturwerksteinpotenzial von Western Australia hat vor wenigen Jahren Fetherston (2007, 2010) vorgelegt. Seit dieser Zeit ist zumindest die offizielle Menge der verkauften Naturwerksteine in diesem australischen Bundesstaat deutlich zurückgegangen. Die reduzierten Werte könnten aber auch, zumindest teilweise, auf unterlassene Rückmeldungen an die zuständige Behörde zurückgehen.

Das immer noch bedeutendste Abbaugebiet von Granit in Western Australia liegt rund 20 km südsüdöstlich von **Bruce Rock** mit zwei Steinbrüchen. Die Abbaustellen gehören Melocco Stone Pty Ltd. und werden von AustralAsian Granite Pty Ltd. betrieben. Melocco Stone Pty Ltd. vermarktet auch die Granite im Inland, während AustralAsian Granite für das Auslandsgeschäft zuständig ist.

Im seit 2002/2003 betriebenen Hauptsteinbruch wird die Sorte „Austral Juparana/Juperana“ (Abbildung 2.18.3) abgebaut. Das beliebte, sehr gut polierbare Gestein lässt sich in Blöcken bis 800 t Gewicht abbauen. Es handelt sich um einen harten, mittelkörnigen, granitischen, archaischen Gneis mit Bändern oder Gängen von 1 bis 30 mm Stärke bis hin zu einem leukokraten Quarzsyenitgranofelsen mit granuloblastischer Textur und keiner oder wenig Bänderung. Das Gestein besitzt eine rosabeige bis goldgelbe kristalline Matrix mit gelegentlicher grünlich-gelber Überprägung. Die Aderung reicht von rotbraun bis dunkelgrau und bildet attraktive strudelnde Formen über das Gestein hinweg. Hauptmineral ist ein perthitischer Kalifeldspat mit untergeordneten Anteilen von Plagioklas und Quarz (Fetherston 2007).

Abb. 2.18.3: Rohblockansicht von „Austral Juparana“ (Fetherston 2007).

3,5 km weiter südsüdwestlich steht seit dem Jahr 2004 die Granitsorte „Austral Coffee“ (Abbildung 2.18.4) in Abbau. Dieses Gestein liegt im Kontaktbereich eines feinkörnigen granodioritschen Granofelsens zu einem eingedrungenen monzogranitischen Pegmatit. Der Granodiorit/-felsen ist von granoblastischer Struktur mit bis 8 mm großen Quarzkörnern, aber auch kleinen Plagioklas- und Mesoperthitkristallen in den Zwischenräumen. Bis zu 3 mm große Biotitflitter sind teilweise zu Chlorit umgewandelt. Der Pegmatit enthält einzelne Körner von xenomorphem, bis zu 15 mm großem Quarz, bis zu 20 mm großem Kalifeldspat und kleinerem Plagioklas. Opake Erzminerale sind häufig als bis zu 3 mm große Körner in Zwischenräumen und Aggregaten zu finden. Biotit wird bis zu 7 mm groß. Sowohl der Granodiorit/-fels als auch der Pegmatit führen fadenförmige Mikrorisse, die mit Karbonat gefüllt sind.

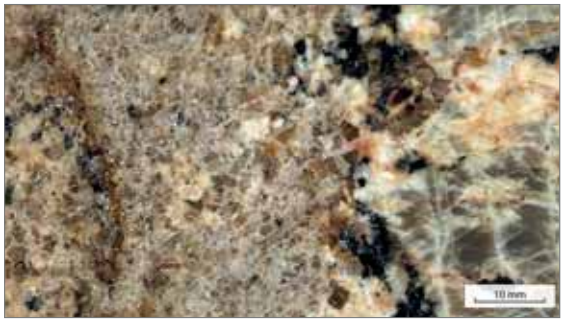


Abb. 2.18.4: Detailansicht von „Austral Coffee“ (Fetherston 2007).

14 km ostnordöstlich von Esperance, an der Südküste Western Australias, hat AustralAsian Granite Pty Ltd. Zugriff auf den mittelgroßen Steinbruch **Merivale Road**, der in einem 900 m langen x 200 m breiten Granitdom angelegt ist. Hier wird intermittierend die Granitsorte „Desert Brown“ (früher auch als „Salmon Pink“ oder „Perth Nutmeg“ bezeichnet) abgebaut. Der tägliche Bedarf wird aus einem großen Vorrat an 10 t Blöcken befriedigt. „Desert Brown“ (Abbildung 2.18.5) ist ein bekannter, beliebter und vielfältig einsetzbarer Naturwerkstein, der in ganz Australien und Südostasien eingesetzt wird. Petrographisch handelt es sich um einen Biotitsyenogranit mit bis 12 mm großen Kristallen aus rosa Kalifeldspat, bis 8 mm großem und schwach serizitisiertem weißem Plagioklas, bis 8 mm großem Quarz, zum Teil myrmekitisch mit Plagioklas verwachsen, bis 3 mm

Abb. 2.18.5: Detailansicht von „Desert Brown“ (Fetherston 2010).

großen Biotitflittern, opaken Erzmineralen sowie Spuren von Apatit und Zirkon (FETHERSTON 2010).

Am **Mount Malcolm**, am Südende der Fraser Range, wird von Dimension Stone Group Australia Pty Ltd. ein sehr harter, charnokitischer, vergneister Granodiorit gewonnen. Dieser „Verde Austral" ist ein grobkörniges, grünlich-graues Gestein, das eine satte olivgrüne Farbe annimmt, wenn es poliert wird. Die Ressourcen im gegenwärtigen Steinbruch liegen bei rund 16.000 t (FETHERSTON 2010). Aufgrund seiner extremen Härte wird „Verde Austral" vorwiegend im stark beanspruchten Außenbereich, d. h. für Gehwegplatten und Bordsteine eingesetzt.

Bei **Jerramungup** wurden früher drei verschiedene Granitvarietäten abgebaut: „Albany Green" (Abbildung 2.18.6), „Gairdner River Pink" und „Laguna Green" („Verde Laguna"). Hiervon ist nur noch der Steinbruch **Albany Green** von Melocco Stone Pty Ltd. gelegentlich in Betrieb. Letztgenannter Steinbruch liegt 10 km westsüdwestlich von Jerramungup und rund 140 km nordöstlich von Albany. Der Bruch wurde Anfang der 2000er Jahre entwickelt, war dann aber nur kurze Zeit in ständigem Betrieb. „Albany Green" ist ein riesenkörniger Quarzsyenit mit graugrünlicher Färbung und bis zu 30 mm großen schwachrosa Kalifeldspatkristallen. Das Gestein ist sehr massiv. Im 6 m hohen und nur 40 m breiten Steinbruch sind praktisch keine Klüfte sichtbar. Petrographisch handelt es sich um einen schwach umgewandelten Hornblende-Clinopyroxen-Biotit-Quarzsyenit bis -Syenogranit mit geringen Anteilen von Erzmineralen und Apatit sowie Spuren von Zirkon, Chlorit-Ton-Aggregaten und Karbonaten in Bruchstellen. „Albany Green" wurde schon in mehreren Großbaustellen vor allem in Ostaustralien eingesetzt (FETHERSTON 2010).

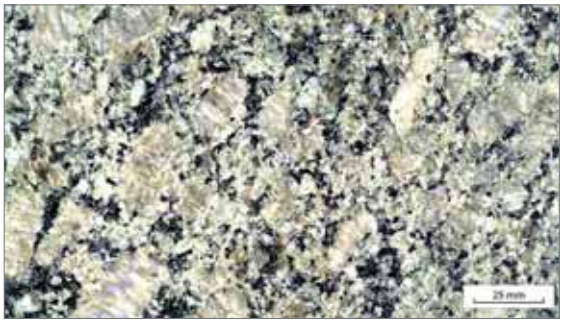


Abb. 2.18.6: Detailansicht von „Albany Green" (FETHERSTON 2010).

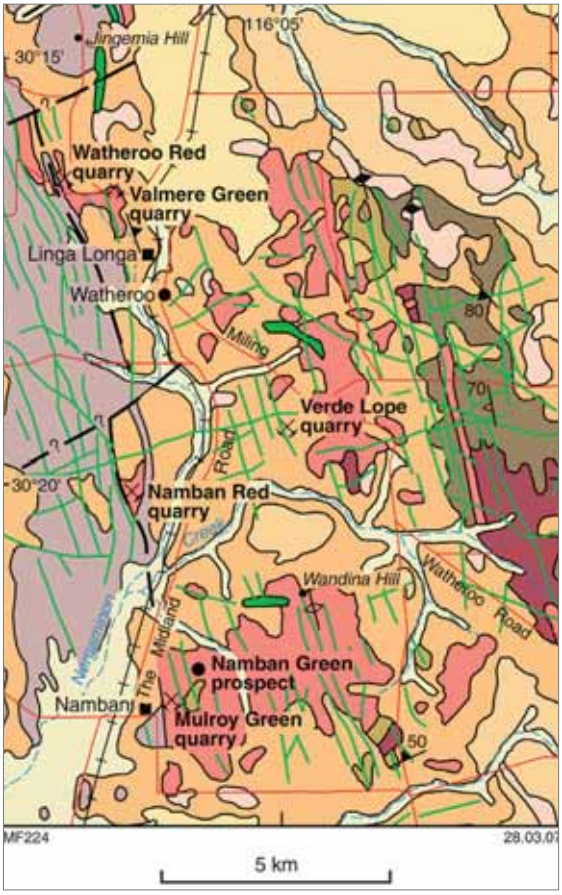


Abb. 2.18.7: Übersichtskarte über die Lage der Naturwerksteinvorkommen im Gebiet von Watheroo-Namban (FETHERSTON 2007).

Besonders spektakuläre Granite kommen aus der Region **Watheroo-Namban** (Abbildung 2.18.7), rund 200 km nördlich von Perth. Hier steht weitflächig der archaische **Namban Granit** an, der eine Abfolge von grobkörnigen und großkristallinen, rosa und grünen Monzograniten, Quarzmonzoniten und Quarzsyeniten umfasst. Fünf völlig unterschiedliche Varietäten wurden vor allem in den 1990er Jahren betriebenen, derzeit aber gestundeten Steinbrüchen abgebaut.

Folgende Steinbrüche bzw. Varietäten aus der Region **Watheroo-Namban** sind von Norden nach Süden dargestellt (Abbildung 2.18.7):

– Der grobkörnige „Watheroo Red-Granit" (auch „Moora Red-Granit", Abbildung 2.18.8) stammt aus einem kleinen Bruch, rund 4 km nordwestlich von **Watheroo**. Es handelt sich um einen grobkörnigen Biotit-Monzogranit

mit auffällig rötlicher Färbung. Petrographisch besteht dieser Granit aus grobkörnigem roten Kalifeldspat, bis zu 8 mm großem Plagioklas bzw. Quarz, bis zu 4 mm großem ehemaligen Biotit, der in Chlorit-Karbonat umgewandelt ist, ehemaligem Titanit (inzwischen zu Leukoxen umgewandelt) sowie aus Magnetit und Spuren von Apatit sowie Zirkon und Monazit mit bis zu 0,4 mm Korngröße.

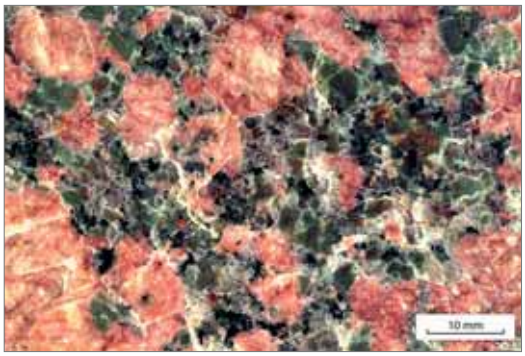


Abb. 2.18.8: Detailansicht von „Watheroo Red“ (Fetherston 2007).

– Wenige Kilometer südlich liegt der große Steinbruch **Valmere Green** (ehemals „Jade Green“, Abbildung 2.18.9), in dem ein grobkörniger, heterogener Quarzmonzonit gleichen Namens abgebaut wurde. In Handstücken besitzt das Gestein eine mittelgrüne, durch Körner und Aggregate von Plagioklas hervorgerufene Färbung, in der bis 25 mm große Riesenkristalle aus rosafarbenem Kalifeldspat auffallen. Das restliche Gestein setzt sich aus Quarz, ehemaligem Biotit und Titanit sowie geringen Mengen Magnetit, Apatit und Zirkon zusammen.

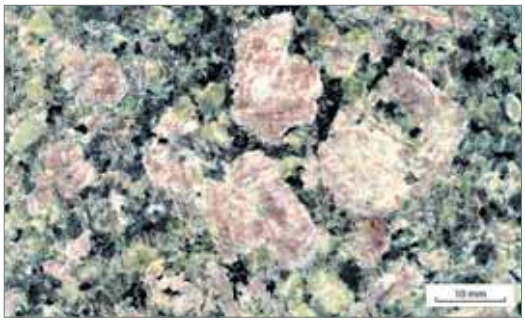


Abb. 2.18.9: Detailansicht von „Valmere Green“ (Fetherston 2007).

– Rund 4 km südwestlich von Watheroo folgt ein weiterer kleiner Steinbruch, in dem der noch ungewöhnlichere „**Verde Lope(z)**“ Granit (Abbildung 2.18.10) gewonnen wurde. Dieser sehr grobkörnige Hornblende-Biotit-Monzogranit besteht aus bis zu 40 mm großen Kristallen von Kalifeldspat, bis zu 6 mm großem Plagioklas bzw. Quarz, bis zu 4 mm großem Biotit bzw. Titanit und nur wenig kleineren Körnern von Hornblende, Magnetit und Apatit sowie Spuren von Zirkon.

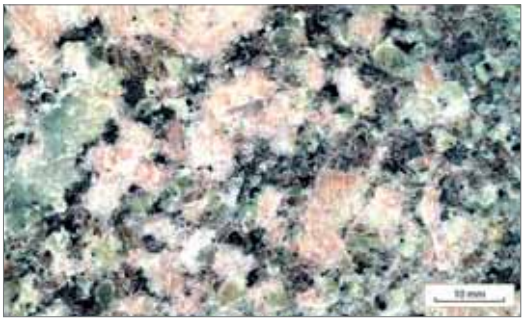


Abb. 2.18.10: Detailansicht von „Verde Lope(z)“ (Fetherston 2007).

– Der nur 2 bis 3 m tiefe Steinbruch **Namban Red** liegt ca. 5 km südsüdwestlich von Watheroo in einem Quarzsyenitvorkommen begrenzter Ausdehnung. Dieses spektakuläre Gestein (Abbildung 2.18.11) ist durch große, häufig ausgerichtete, tiefrote Mikroklinkristalle geprägt und wird im Steinbruch partiell durch einen feinkörnigeren, aber ebenfalls tiefroten Syenit ersetzt. Quarz (häufig mit Einschlüssen von Plagioklas), überprägte mafische Erzminerale und ehemaliger Titanit bauen den Großteil der restlichen Gesteinsmasse auf.

Abb. 2.18.11 Detailansicht von „Namban Red“ (Fetherston 2007).

– Ganz im Süden des Gebietes, ca. 10 km südlich von Watheroo, schließt sich der „Mulroy Green“ Monzogranit (Abbildung 2.18.12) an, der im „Namban Green“ Granit seine nördliche Fortsetzung findet. Die Vorräte sind dementsprechend sehr groß und das Gestein fand auch schon Verwendung in einigen repräsentativen Bauten in Perth. In Handstücken zeigt der Granit eine mittel- bis dunkelgrüne Farbe, die durch die zahlreichen 15 bis 20 mm langen, grünen Plagioklaskristalle hervorgerufen wird. Dazu gesellen sich viele tiefrosafarbene 15 bis 20 mm große Kristalle von Kalifeldspat. Bis zu 10 mm große Körner von Quarz sowie untergeordnet ehemaliger Biotit (jetzt Chlorit), ehemaliger Titanit (zwischenzeitlich leukoxenisiert), Magnetit, Ilmenit sowie Spuren von Zirkon und Apatit bauen den Rest des Gesteins auf. Die gesteinstechnischen Parameter sind nach Fetherston (2007):

  – Absorption: 0,11 M.-%
  – Rohdichte: 2,66 t/m³
  – Druckfestigkeit, trocken: 236,3 MPa
  – Biegefestigkeit, trocken. 12,8 MPa
  – Biegebruchfestigkeit, trocken: 11,1 MPa

Abb. 2.18.12: Detailansicht von „Mulroy Green“ (Fetherston 2007).

Ein farblich interessanter, mittel- bis grobkörniger Biotit-Monzogranit mit schwacher serizitisch-chloritisch-karbonatischer Überprägung (Abbildung 2.18.13) wurde Mitte der 1990er Jahre rund 90 km westsüdwestlich von Coolgardie bzw. 2 km westlich von **Boorabbin** in zwei direkt am Great Eastern Highway gelegenen Steinbrüchen gewonnen. Ein Handelsname für dieses Gestein wurde noch nicht vergeben – derzeit ruht der Abbau (Fetherston 2007).

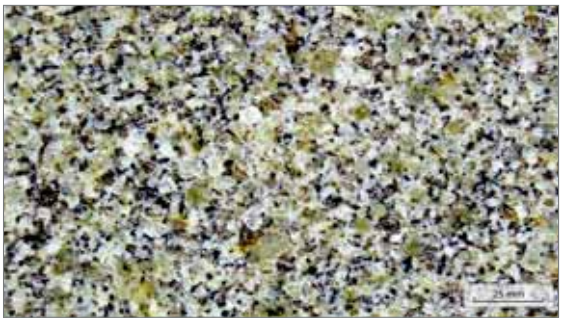


Abb. 2.18.13: Detailansicht des Biotit-Monzogranits aus Boorabbin (Fetherston 2007).

35 km westlich von Mount Magnet, an der **Boogardie Station**, liegt eine der wenigen Stellen auf der Erde, wo ein Kugelgranit (Orbikulit) aufgeschlossen ist (Abbildung 2.18.14). Bei Boogardie wurden mindestens zwei begrenzte Kugelgranitvorkommen, das eine mit 40 m Breite x mind. 55 m Länge x 11,4 m Mächtigkeit, das zweite mit 14 m Mächtigkeit exploriert, die in Lizenzgebieten von K. Seivwright und H & J Jones and Sons Pty Ltd. liegen. Die schwarz-weißen, konzentrisch aufgebauten Kugeln haben nur zum Teil eine fast runde, meist aber eine elliptische Form. Sie besitzen eine durchschnittliche Länge von 140 mm, maximal 200 mm, bei einer Durchschnittsbreite von 75 mm. Nach ihrer Entstehung wurden die Kugelgranite noch mehrfach von anderen Gesteinen durchschlagen. Zum einen finden sich bis über 1 m breite Gänge von feinkörnigen, mittelgrauen Biotit-Quarz-Mikrodioriten, zum anderen von sich kreuzenden 0,1 bis 2 m breiten rosa Pegmatiten. Die Ressourcen im bereits vorhandenen Bruch von K. Seivwright und H & J Jones and Sons Pty Ltd. werden auf 11.000 bis 16.500 t verkaufsfähiges Material geschätzt, die Ressourcen im anderen Lizenzgebiet dürften deutlich größer sein. Das

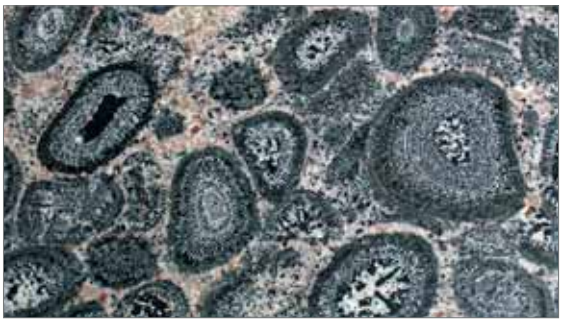


Abb. 2.18.14: Detailansicht des Boogardie Kugelgranit (Fetherston 2010).

auffällige Gestein wird vor allem für künstlerische Zwecke sowie für alle Einsätze im Innenbereich sehr geschätzt. Die gesteinstechnischen Parameter des Kugelgranits sind nach FETHERSTON (2010):

– Absorption: 0,11 M.-%
– Rohdichte: 2,76 t/m³
– Druckfestigkeit: 138,8 MPa
– Biegebruchfestigkeit: 15,66 Mpa

Zudem gibt es in Western Australia mehrere Steinbrüche (**Fraser Range Black Quarry**, **Gold Leaf Black Quarry** (Dolerit mit schillernden Orthopyroxenen), **Kimberley Black Granite Quarries**) und noch mehr Vorkommen von „schwarzen Graniten", die im Detail in FETHERSTON (2010) beschrieben sind. Besonders „Kimberley Black", ein Dolerit aus der Region 135, 150 km östlich von Derby, ist in Australien ein beliebter und weit verbreiteter schwarzer Naturwerkstein (Abbildung 2.18.15).

Abb. 2.18.15: Detailansicht eines hochwertigen, feinkörnigen „Kimberley Black Granite" von Quarry Camp (FETHERSTON 2010).

An Sedimentgesteinen Western Australias ist ein gebänderter, fast weißer Sandstein mit der Handelsbezeichnung „Acrogem" zu erwähnen, den Gosford Quarries Pty Ltd. bei ausreichender Nachfrage aus einem Steinbruch, 5 km nördlich von **Donnybrook**, abbaut. 4 bis 5 km nordöstlich liegen zudem die Sandsteinbrüche **Beelerup** von Meteor Stone Pty Ltd., die ein ähnliches Material liefern. Auch die Italia Stone Group betreibt bei Donnybrook einen Sandsteinbruch. Im Gebiet von Mount Jowlaenga (nahe **Dampier Hill**) gewinnt Meteor Stone einen cremefarbenen/hellbeigen und in einem zweiten Steinbruch einen auffallend rötlich-bunten, hämatitreichen „Kimberley Sandstone". 40 km südsüdöstlich von Karratha liegt der Steinbruch von Karratha Stone Pty Ltd., aus dem der mittelbraune „Karratha Sandstone" stammt.

Der in Western Australia abgebaute Kalkstein stammt größtenteils aus dem Raum **Caraboo-da-Nowgerup-Neerabup-Wannerroo**, direkt nördlich von Perth, wo mehrere Unternehmen (Meteor Stone, Limestone Resources Australia, Limestone Natural, Limestone Building Blocks, Italia Stone Group, Crown Limestone Supply) mit eigenen Brüchen aktiv sind. 50 km weiter nördlich, im Gebiet von Guilderton, wird zudem der in Western Australia bekannte „Moore River Limestone" gewonnen. Bei allen diesen küstennahen Vorkommen handelt es sich um leicht gewinn- und bearbeitbare pleistozäne Äolianite bzw. mikrofossilreiche Kalkarenite.

Unbedingt erwähnenswert, weil spektakulär und vermutlich weltweit einmalig, sind für die Naturwerksteinproduktion ausreichend große Vorkommen von Tigeraue und Jaspis in Western Australia („Desert Sunset Banded Jasper", „Brockman Tiger Eye Jasper" (Abbildung 2.18.16), „Ord Ranges Tiger Iron") (FETHERSTON 2010). Diese Gesteine kommen auch in konglomeratischer Form vor (Three Corner Conglomerate, Asteroid Breccia, Marillana Conglomerate). Die hieraus hergestellten Produkte sind aber so auffällig, dass an eine kommerzielle Massenproduktion nicht zu denken ist.

Abb. 2.18.16: Ausschnitt aus einer großen polierten Platte von „Brockmann Tiger Eye Jasper" (FETHERSTON 2010).

Northern Territory

Die schon mehrfach genannte Melocco Stone Pty Ltd. betreibt auch die vermutlich einzigen Granitwerksteinbrüche im Northern Territory. Im **Halkitis Quarry** bei Mount Bundey, 100 km südöstlich von Darwin, gewinnt sie den paläo-

proterozoischen Mount Goyder Syenit, der unter dem Handelsnamen „Darwin Brown“ vermarktet wird (Foto und Parameter siehe Anlage). Er ist in zahlreichen Gebäuden in Darwin verbaut. In der Region **Tennant Creek**, rund 450 km nördlich von Alice Springs, wird zudem auf Nachfrage der „Dreamtime Granit“ („Darwin Dreamtime“, „Darwin Dreamtime Pink“) abgebaut (Foto und Parameter siehe Anlage).

Anforderungen und Bewertung

Während es zahlreiche technische Anforderungen an aufzuschließende Naturwerksteinbrüche und besonders auch an Naturwerksteine gibt, sind als die wichtigsten Parameter die Schönheit des Gesteins und die gewinnbare Blockgröße zu nennen. Während Schönheit subjektiv ist, sollte das Gestein von homogener Struktur und Farbe sein. Für den Export sind nur ungewöhnliche Naturwerksteine geeignet, denn der Massenmarkt wird von niedrigpreisigen, indischen und chinesischen Sorten beherrscht. Italien dominiert zudem den Weltmarmormarkt.

Abgebaute Gesteinsblöcke müssen mindestens 1,5 m^3 Volumen bei > 1 m Länge, > 1 m Breite und > 0,4 m Mächtikeit besitzen. Blöcke für den Export sollten ein Volumen von 1,5 – 6 m^3, bei Längen von > 2 – 3 m, Breiten von >1 – 2 m und Mächtigkeiten von >0,5 – 1 m haben. Andere Anforderungen betreffen die gute Säg- bzw. Spaltbarkeit, die sehr gute Verwitterungsbeständigkeit, den hohen Verschleißwiderstand, die geringe Wasseraufnahmefähigkeit (Absorption), die ausreichende Frostbeständigkeit, die hohe Druck-, Biege- und Biegedruckfestigkeit, die geringe thermische Ausdehnung, die einheitliche Rohdichte, die hohe Polierbarkeit und wenn möglich, auch die gute Haftbarkeit (Adhäsion) schützender Oberflächenbezüge. Daten zu all diesen gesteinstechnischen Parametern seitens zertifizierter Prüflabore müssen vorliegen und vom Kunden nachprüfbar sein (Lorenz & Gwosdz 2003).

Die Mehrheit (aber nicht alle) der australischen Naturwerksteinproduzenten ist bei der ASAA (Australian Stone Advisory Association Ltd.) (www.asaa.com.au) organisiert, die umfangreiches Hintergrundmaterial zum australischen Naturwerksteinmarkt bereithält. Potenziell interessierte deutsche Händler und Verarbeiter können von dort weitergehende Informationen und Kontaktadressen erhalten. Bei ernsthaftem Interesse am Bezug einer australischen Gesteinsorte sollte jedoch zudem mittelfristig auch eine Untersuchung vor Ort angedacht werden.

Literatur

Anonym (2013): Dimension stone. – Geological Survey of SA: 1 S., 7 Abb.; Adelaide. – URL: http://www.pir.sa.gov.au/minerals/geological_survey_of_sa/commodities/dimension_stone
[Stand 29.01.2016].

Bacon, C.A., Calver, C.R. & Pemberton, J. (2008): The industrial mineral deposits of Tasmania. – Mineral Resources of Tasmania, **13**: 48 S., 23 Abb., 8 Tab.; Rosny Park, Tasmania. – URL: http://www.mrt.tas.gov.au/mrtdoc/dominfo/download/GSMR13/GSMR13.pdf
[Stand 29.01.2016].

Fetherston, J.M (2007): Dimension stone in Western Australia. Vol. 1: Industry review and dimension stone industry of the southwest region. – Geol. Surv. Western Australia, Mineral Resources Bull., **23**: 181 S., 152 Abb., 10 Tab., 3 Anh., 1 Taf.; Perth.

Fetherston, J.M (2010): Dimension stone in Western Australia. Vol. 2: Dimension stones of the southern, central western and northern regions. – Geol. Surv. Western Australia, Mineral Resources Bull., **24**: 218 S., 161 Abb., 5 Tab., 3 Anh., 1 Taf.; Perth.

Hough, J. (2004): South Australian dimension stone – a feature of the North Terrace library precinct redevelopment. – MESA Journal, **35**: 46–47, 5 Abb.; Adelaide. – URL: http://www.pir.sa.gov.au/__data/assets/pdf_file/0007/11032/mj35_library_stone.pdf
[Stand 29.01.2016].

Hough, J. (2005): South Australian bluestone. – MESA Journal, **37**: S. 36, 1 Abb.; Adelaide. URL: http://www.pir.sa.gov.au/__data/assets/pdf_file/0016/11059/mj37_bluestone.pdf
[Stand 29.01.2016].

Lorenz, W. & Gwosdz, W. (2003): Naturwerksteine. – In: Bewertungskriterien für Industrieminerale, Steine und Erden. Teil 6: Naturwerksteine

und Dachschiefer. – Geol. Jb, **H 9**: 13–63, 6 Abb., 27 Tab.; Hannover.

McCallum, S. (1993): The geology of the dimension stone quarries at Black Hill, South Australia (2014 revised). – Geol. Surv. South Australia, Report Book, **2014/00001**: 52 S., 8 Abb., 6 Tab., 3 Anh.; Adelaide.

Melocco Stone Pty Ltd. (2015): Test data. – Clayton, VIC. – URL: http://www.melocco.com.au/html/test_data.html
[Stand: 30.04.2015].

Olliver, J. (2004a): Calca red granite – a high-quality South Australian monumental stone. – MESA Journal, **34**: 22–23, 5 Abb.; Adelaide. – URL: http://www.pir.sa.gov.au/__data/assets/pdf_file/0004/11002/mj34_calca_granite.pdf
[Stand 29.01.2016].

Olliver, J. (2004b): Padthaway Green granite. – MESA Journal, **35**: 44–45, 4 Abb., 1 Tab.; Adelaide. – URL: http://www.misa.net.au/__data/assets/pdf_file/0006/11022/mj35_padthaway_granite.pdf
[Stand 29.01.2016].

Ray, H. & Trezise, D. (1992): Granite dimension stone in the New England granite belt – New South Wales and Queensland. – In: Wilmott, W.F. (Hrsg): Regional and economic geology of the New England District.– Geol. Soc. of Australia, Queensland Division, 1992 Field Conference: 22–27, 2 Abb.; Brisbane.

Sharples, C.E. (1990): The building and ornamental stone resources of Tasmania. – Tasmania Department of Resources and Energy, Division of Mines and Mineral Resources, Report, **1990/31**: 271 S., zahlr. Abb., 1 Anh.; Hobart.

2.19 Nickel

(Michael Szurlies)

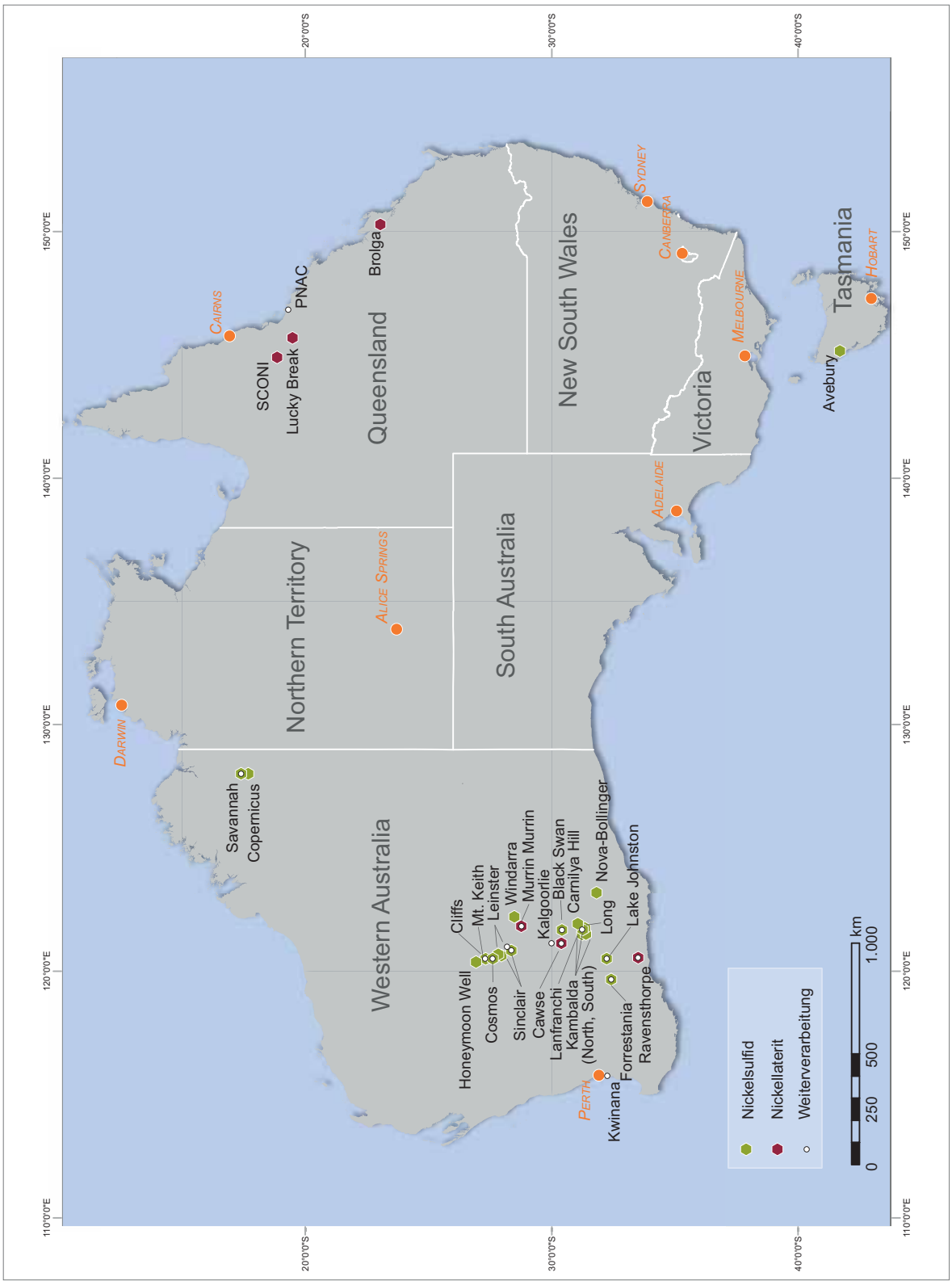


Abb. 2.19.1: Ausgewählte australische Nickelsulfid- und Nickellateritvorkommen (Standorte der Weiterverarbeitung umfassen Hütten und Raffinerien; PNAC: Palmer Nickel- und Kobalt-Raffinerie).

Überblick und Verwendung

Nickel (Ni) ist ein silbrig-weiß glänzendes Metall. Es ist schmiedbar, elektrisch leitend und verfügt über einen hohen Schmelzpunkt (1.453 °C) sowie über eine Dichte von 8,91 g/cm^3 (bei 20 °C). Unterhalb einer Temperatur von 356 °C ist Nickel ferromagnetisch. Nickel ist ein sehr wichtiges Legierungsmetall für Stähle, wo es einerseits zur Erhöhung der Festigkeit und Zähigkeit beiträgt und andererseits der Korrosionsbeständigkeit dient. Im Jahr 2013 machte diese Verwendung etwa 82 % des globalen Nickelverbrauchs aus (Roskill 2014). Außerdem dient Nickel zur Herstellung von Münzen, galvanischen Beschichtungen sowie Gießereiprodukten und findet in der chemischen Industrie Verwendung (z. B. in Batterien oder als Katalysator).

Nickel ist ein Übergangsmetall und hat die gleiche Oxidationszahl sowie einen ähnlichen Ionenradius wie z. B. Eisen, sodass es Eisen in gesteinsbildenden Mineralen (wie z. B. Olivin, Pyroxen und Amphibol) substituieren kann. Von den über 160 bekannten Nickelmineralen sind für die bergbauliche Gewinnung vor allem der in Nickelsulfiden vorkommende Pentlandit ($(Ni,Fe)_9S_8$) sowie die in Nickellateriten auftretenden Minerale Garnierit ($(NiMg)_6Si_4O_{10}(OH)_8$) und nickelhaltiger Goethit ((Fe,Ni)OOH) von großer wirtschaftlicher Bedeutung.

Primäre und sekundäre Nickelmineralisationen lassen sich ihrer Entstehung nach vereinfacht folgenden Lagerstättentypen zuordnen:

- Nickelführende ultramafische Vulkanite (Komatiite) in Form massiver Vererzungen (sogenannter Kambalda-Typ) oder als im Wirtsgestein fein verteilte Sulfidvererzung (sogenannter Mt. Keith-Typ)
- Nickelführende mafisch-ultramafische Intrusionen („Layered Intrusions“)
- Hydrothermale Nickellagerstätten
- Nickelführende Laterite
- Nickelführende Manganknollen

Von diesen Lagerstättentypen besitzen in Australien vor allem die an Komatiite, z. B. in der Region Kambalda (Western Australia), gebundenen sulfidischen Nickelvorkommen sowie sulfidische Nickelvererzungen in magmatischen Intrusionen (z. B. Savannah, WA) und oxidische und silikatische Nickelanreicherungen in Lateriten (z. B. Murrin Murrin und Raventhorpe, beide WA) die größte wirtschaftliche Bedeutung (Hoatson et al. 2006). Daneben treten in Australien auch durch hydrothermale Remobilisierung gebildete Nickelvorkommen (z. B. Avebury, Tasmania) auf. In den australischen Bergbaubetrieben, die Nickel produzieren, stellt es gegenwärtig das Hauptwertmineral dar. Darüber hinaus treten in den sulfidischen Vorkommen vor allem auch Kupfer, Kobalt und Platingruppenmetalle auf, während in den oxidischen und silikatischen Nickellateritvorkommen vor allem Kobalt von wirtschaftlicher Bedeutung ist.

Wichtige Vorkommen in Australien

Nach einem ersten Nickelboom in den späten 1960er und 1970er Jahren, der Australien zum seinerzeit weltweit viertgrößten Nickelproduzenten machte sowie einer anschließenden Phase der Stagnation in den 1980ern und frühen 1990er Jahren, erlebte Australien Mitte der 1990er Jahre einen zweiten Nickelboom (unter anderem Hronsky & Schodde 2006, Mudd 2007, Elias 2013). Während dieses letzten Booms, zu dessen Höhepunkt Australien weltweit zu den drei größten Nickelproduzenten zählte, erreichte auch das wirtschaftliche Interesse an Nickellateriten einen Höhepunkt, zu dem mehrere große Nickellaterit-Projekte (Cawse, Bulong, Murrin Murrin, alle WA) in Produktion gingen.

Australien verfügte im Jahr 2014 mit einer Förderung von etwa 234.800 t Nickel, über die weltweit viertgrößte Nickelproduktion, was einem globalen Anteil von ca. 11,5 % entspricht (BGR-Datenbank). Im Jahr 2014 stammte dabei fast die gesamte australische Nickelförderung aus dem Bundesstaat Western Australia (McKay et al. 2014). Dort befinden sich auch 95 % der australischen Nickelressourcen (Britt et al. 2014). Die übrigen Ressourcen lagern in Queensland und Tasmania. Australien verfügt im weltweiten Vergleich mit ca. 19 Mio. t über die größten Nickelressourcen (Reserven nach JORC und „Measured & Indicated Resources“), was einem globalen Anteil von 25 % entspricht (Britt et al. 2014). Gemäß JORC-Standard klassifiziert Australien insgesamt 8,3 Mio. t als sichere und wahrscheinliche Reserve (Britt et al. 2014). Die statische Reichweite der gesamten australischen Nickelreserven betrug im Jahr 2013 ca. 81 Jahre. In Australien sind gegenwärtig mehr als 300 Nickelprojekte bekannt, die sich

Tab. 2.19.1: Ausgewählte australische Nickelvorkommen (WA = Western Australia, QLD = Queensland, TAS = Tasmania; L = Lateriterz, S = Sulfiderz).

Projekt	Region	Unternehmen	Status	Rohstoffe	Typ
Lanfranchi	WA	Panoramic Resources Ltd.	in Betrieb	Nickel, Kupfer	S
Savannah	WA	Panoramic Resources Ltd.	in Betrieb	Nickel, Kupfer, Kobalt	S
Copernicus	WA	Panoramic Resources Ltd.	in Betrieb	Nickel, Kupfer, Kobalt	S
Mt. Keith	WA	BHP Billiton Group	In Betrieb	Nickel	S
Cliffs	WA	BHP Billiton Group	in Betrieb	Nickel	S
Leinster	WA	BHP Billiton Group	in Betrieb	Nickel	S
Forrestania (Flying Fox, Spotted Quoll)	WA	Western Areas Ltd.	in Betrieb	Nickel, Kobalt	S
Miitel	WA	Mincor Resources NL	in Betrieb	Nickel, Kobalt, Kupfer	S
Mariners	WA	Mincor Resources NL	in Betrieb	Nickel, Kobalt, Kupfer	S
Wannaway	WA	Mincor Resources NL	Wartung und Instandhaltung	Nickel, Kupfer, Kobalt	S
Redross	WA	Mincor Resources NL	Wartung und Instandhaltung	Nickel, Kobalt, Kupfer	S
Otter Juan	WA	Mincor Resources NL	Wartung und Instandhaltung	Nickel	S
McMahon	WA	Mincor Resources NL	Wartung und Instandhaltung	Nickel	S
Carnilya Hill	WA	Mincor Resources NL	k. A.	Nickel, Gold	S
Long	WA	Independence Group NL	in Betrieb	Nickel, Kupfer, Kobalt	S
Nova-Bollinger	WA	Independence Group NL	Feasibility	Nickel, Kupfer, Kobalt	S
Murrin Murrin	WA	Glencore Plc	in Betrieb	Nickel, Kobalt	L
Cosmos	WA	Glencore Plc	Wartung und Instandhaltung	Nickel, Kupfer, Kobalt	S
Sinclair	WA	Talisman Mining Ltd.	Wartung und Instandhaltung	Nickel, Kupfer	S
Ravensthorpe	WA	First Quantum Minerals Ltd.	in Betrieb	Nickel, Kobalt	L
Windarra (Mt. Windarra, South Windarra, Cerberus)	WA	Poseidon Nickel Ltd.	Feasibility, Preproduction	Nickel, Gold	S
Lake Johnston (Emily Ann, Maggie Hays)	WA	Poseidon Nickel Ltd.	Feasibility	Nickel, Kobalt	S
Black Swan (Black Swan, Silver Swan)	WA	Poseidon Nickel Ltd.	Feasibility	Nickel, Kupfer, Kobalt, Arsen	S
Honeymoon Well	WA	OJSC MMC Norlisk Nickel	Preproduction	Nickel, Kobalt, Gold	S
SCONI	QLD	Metallica Minerals Ltd.	Prefeasibility	Nickel Kobalt, Scandium	L
Avebury	TAS	QCG Resources Ltd.	Wartung und Instandhaltung	Nickel, Kobalt, Kupfer	S
Cawse	WA	Wingstar Investments Pty Ltd.	Wartung und Instandhaltung	Nickel, Kobalt	L
Brolga	QLD	Queensland Nickel Resources Pty Ltd.	In Betrieb	Nickel, Kobalt	L
Lucky Break	QLD	Metallica Minerals Ltd.	In Betrieb	Nickel, Kobalt	L

in den unterschiedlichsten Entwicklungsstadien befinden. Darüber hinaus stehen gegenwärtig insgesamt 14 Lagerstätten in Produktion.

Bei der Raffinadeproduktion belegte Australien im Jahr 2014 mit ca. 137.800 t Nickelmetall und einem Anteil von ca. 6,9 % weltweit den fünften Rang (BGR-Datenbank). Davon produziert das Unternehmen BHP Billiton Nickel West Pty Ltd. jährlich allein etwa 100.000 t, was im Jahr 2014 einem globalen Anteil von fast 5 % entsprach.

Im Folgenden werden ausgewählte australische Nickelvorkommen, die entweder in Abbau stehen oder in der Projektentwicklung sehr weit fortgeschritten sind, näher beschrieben (Abbildung 2.19.1, Tabelle 2.19.1).

Western Australia

Das Bergwerk **Lanfranchi**, das etwa 40 km südlich Kambalda liegt (Abbildung 2.19.1, Abbildung 2.19.2, Tabelle 2.19.1), wurde ursprünglich durch WMC Resources Ltd., von 1976 bis zur Schließung im Jahr 2002, betrieben, wobei im Zeitraum 1987 bis 2002 insgesamt 3,17 Mio. t Erz @ 3,18 % Ni (100.900 t Ni-Inhalt) produziert wurden. Im November 2004 wurde das Projekt durch ein Joint Venture von Sally Malay Mining Ltd. (75 %) und Donegal Resources Pty Ltd. (25 %, seit Februar 2006 zur Brilliant Mining Corp. gehörend) erworben und im Januar 2005 wieder in Betrieb genommen. Seit Frühjahr 2009 ist das Projekt vollständig im Besitz von Panoramic Resources Ltd., das durch Namensänderung im Juni 2008 aus Sally Malay Mining Ltd. hervorgegangen ist (Sally Malay Mining Ltd. 2008).

Der Lagerstättenkomplex Lanfranchi befindet sich strukturgeologisch im südlichen Norseman-Wiluna-Grünsteingürtel des Kalgoorlie Terranes (Eastern Goldfields Superterrane, vgl. Wyche et al. 2012; Abbildung 2.19.3). Bei den Erzkörpern handelt es sich im Wesentlichen um hochgradige Massiv-Sulfiderze (Sulfidgehalte >80 %, sogenannter Kambalda-Typ, in Form länglicher Erzkörper (sogenannte Shoots) im Basisbereich mit einer Sequenz ultramafischer Vulkanite (Komatiite) der Kambalda Komatiit-Formation auftretend) (Gresham & Loftus-Hill 1981). Gegenwärtig sind insgesamt zehn dieser Erzkörper bekannt. Die steil einfallenden Erzkörper führen eine Mineralparagenese von im Wesentlichen Pyrrhotin, Pentlandit und Pyrit.

Im Geschäftsjahr 2014 (Juli 2013 bis Juni 2014) wurden aus dem Bergwerk Lanfranchi aus Teufen

Abb. 2.19.2: Bergwerk Lanfranchi des Unternehmens Panoramic Resources Ltd. im südlichen Western Australia (Foto: BGR).

von etwa 600 m bis 1.200 m insgesamt 518.273 t Erz @ 2,66 % Ni (13.775 t Ni-Inhalt) und 0,23 % Cu gefördert (Panoramic Resources Ltd. 2014a). Die Produktionskosten (inklusive Förderzins) des Nickelerzes betrugen nach Unternehmensangaben im 1. Quartal 2015 4,99 US$/lb Nickel (Panoramic Resources Ltd. 2015). Das Erz wird im Wesentlichen im Firstenstoßbau mit anschließendem Versatz (Aufbereitungstailings und Zement) gewonnen. Das geförderte Nickel-Kupfer-Erz wird über einen Abnahmevertrag (derzeitige Laufzeit bis Februar 2019) mit BHP Billiton Nickel West Pty Ltd. (Panoramic Resources Ltd. 2009a) zu deren etwa 40 km nördlich gelegenen Aufbereitungsanlage Kambalda geliefert (Abbildung 2.19.1). Für das Geschäftsjahr 2014/2015 ist der Abnahmevertrag auf eine Mindestabnahme von nunmehr 551.000 t Nickelerz erweitert worden.

Die Reserven („Probable“) von Lanfranchi (Deacon-, Jury-Metcalfe-, Lanfranchi-, Schmitz- und Helmut South-Erzkörper) betrugen zum 30.06.2014 bei einem „cut-off grade“ von 1 % Ni 942.000 t Erz @ 2,05 % Ni (19.300 t Ni-Inhalt) (Panoramic Resources Ltd. 2014b). Die Gesamtressourcen von Lanfranchi beliefen sich zum glei-

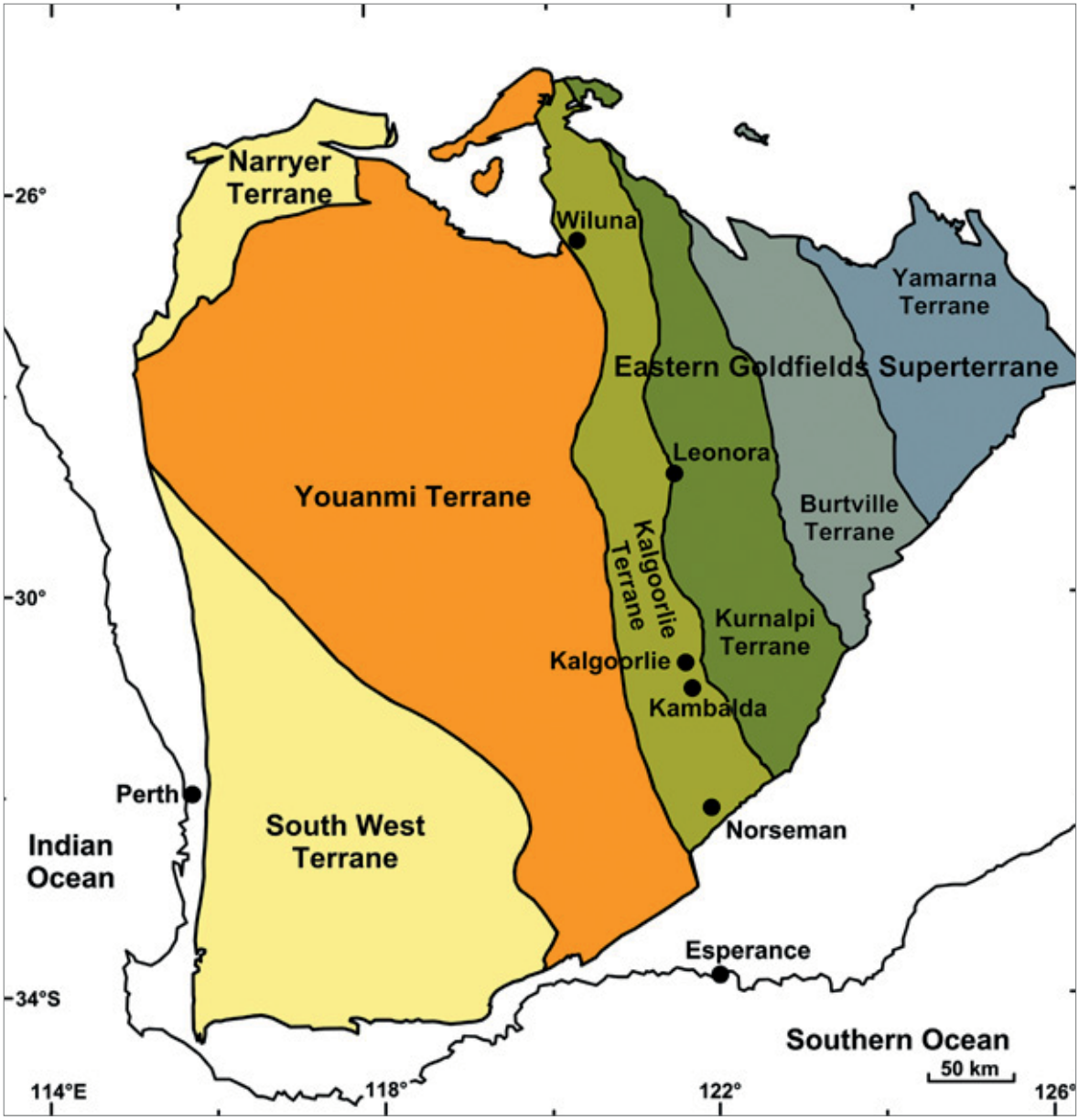


Abb. 2.19.3: Unterteilung des Yilgarn Kratons in einzelne Terranes (BGR, nach Wyche et al. 2012, Pawley et al. 2012).

chen Zeitpunkt auf 5.937.000 t Erz @ 1,69 % Ni (100.300 t Nickel-Inhalt), wobei aber ein Großteil der Ressourcen von 2.629.000 t Erz @ 1,28 % Ni (33.600 t Ni-Inhalt) auf den Cruikshank-Erzkörper mit vergleichsweise geringen Gehalten entfiel. Gegenwärtig wird hauptsächlich aus dem Deacon-Erzkörper produziert, der aber nach Unternehmensangaben im Sommer 2015 ausgeerzt sein wird. Durch zuletzt verstärkte Brownfield-Exploration wurde unterhalb des Schmitz-Erzkörpers eine neue hochgradige Mineralisation entdeckt (Panoramic Resources Ltd. 2014c). Zusätzlich wurde östlich des Deacon-Erzkörpers ein potenzieller neuer Erzkörper identifiziert.

Die Lagerstätte **Savannah** (ehemals Sally Malay) befindet sich etwa 200 km südlich von Kununurra in East Kimberley im nördlichen Western Australia (Abbildung 2.19.1, Abbildung 2.19.4, Tabelle 2.19.1). Sie wurde im Jahr 1974 durch Anglo American Ltd. entdeckt und im Februar 2001 von der heutigen Panoramic Resources Ltd. erworben. Der Abbau wurde Anfang 2004 aufgenommen (seit Anfang 2005 unter Tage). Im August 2004 wurde das erste Nickelkonzentrat von Savannah über den Hafen Wyndham an die Jinchuan Group (China) geliefert. Der derzeitige Abnahmevertrag mit der Sino Nickel Pty Ltd. (ein Joint Venture der Jinchuan Group (60 %) und Sino Mining International Ltd. (40 %)) läuft noch bis April 2020 (Panoramic Resources Ltd. 2009b). Das produzierte Konzentrat (die maximale Jahreskapazität der Anlage beträgt etwa 1 Mio. t Erz) führt nach Unternehmensangaben etwa 7 bis 8 % Nickel, 4 bis 5 % Kupfer und 0,5 bis 1 % Kobalt. Das Konzentrat weist zwar nur einen geringen Ni-Gehalt auf, zeichnet sich aber durch niedrige Magnesium- (< 0,5 % MgO) und Arsengehalte (< 100 ppm Arsen) aus.

Beim Erzkörper Savannah handelt es sich um Massiv- und Matrixsulfide sowie um fein verteilte Sulfiderze (sogenannter Magma-Brekzien-Typ) in einem Norit im Randbereich einer mafisch-ultramafischen Intrusion („Savannah-Layered-Intrusion“) innerhalb des Halls Creek Orogens. Der fast senkrecht stehende, etwa 30 m mächtige Erzkörper führt hauptsächlich eine Paragenese von Pyrrhotin, Chalkopyrit, Pentlandit sowie untergeordnet Pyrit.

Im Geschäftsjahr 2014 (Juli 2013 bis Juni 2014) wurden aus der Lagerstätte Savannah insgesamt 760.335 t Erz @ 1,29 % Ni (9.815 t Ni-Inhalt) sowie @ 0,75 % Cu und 0,06 % Co gefördert (Panoramic Resources Ltd. 2014a). Daraus wurden 117.122 t Konzentrat mit einem durchschnittlichen Ni-Gehalt von 7,24 % (8.481 t Ni-Inhalt) erzeugt. Die Produktionskosten (inklusive Förderzins) betrugen nach Unternehmensangaben im 1. Quartal 2015 4,47 US$/lb Nickel (Panoramic Resources Ltd. 2015).

Die Reserven („Probable“) betrugen zum 30.06.2014 bei einem „cut-off grade“ von 1 %

Abb. 2.19.4: Aufbereitungsanlage Savannah im nördlichen Western Australia (Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung von Panoramic Resources Ltd.).

Nickel-Äquivalent 2.381.000 t Erz @ 1,27 % Ni (30.200 t Ni-Inhalt) sowie 17.900 t Kupfer- und 1.500 t Co-Inhalt (Panoramic Resources Ltd. 2014b). Die Gesamtressourcen von Savannah beliefen sich auf 3.095.000 t Erz @ 1,5 % Ni (46.300 t Ni-Inhalt). Unterhalb des eigentlichen Savannah-Erzkörpers wurde im Frühjahr 2014 der Erzkörper Savannah-North entdeckt (Panoramic Resources Ltd. 2014d).

Etwa 20 km östlich des Great Northern Highways und etwa 50 km südlich der Lagerstätte Savannah befindet sich die Nickellagerstätte **Copernicus** (Abbildung 2.19.1, Tabelle 2.19.1), die zunächst im Jahr 2006 durch ein Joint Venture von Panoramic Resources Ltd. (60 %) und Thundelarra Ltd. (40 %) entwickelt und im Mai 2014 durch Panoramic Resources Ltd. vollständig erworben wurde. Nach einer kurzen Betriebsphase von Juli 2008 bis Januar 2009, mit einer Gesamtförderung von etwa 8.000 t Erz, wurde der Tagebau Copernicus im Dezember 2014, wo die ersten etwa 7.000 t Erz gewonnen wurden, wieder in Betrieb genommen (Panoramic Resources Ltd. 2014c). Das im Tagebau gewonnene Erz wird zur Aufbereitung nach Savannah transportiert. Die Reserven („Probable") von Copernicus beliefen sich zum 30.06.2014, bei einem Nickel-Äquivalent „cut-off grade" von 0,5 % Ni, auf 365.000 t Erz @ 1,03 % Ni (3.800 t Ni-Inhalt) (Panoramic Resources Ltd. 2014b). Die Gesamtressourcen von Copernicus belaufen sich auf 812.000 t Erz @ 1,23 % Ni (10.000 t Ni-Inhalt).

Etwa 485 km nördlich von Kalgoorlie bzw. 90 km nordnordöstlich Leinster befindet sich östlich des Goldfields Highway die Nickellagerstätte **Mt. Keith** (Abbildung 2.19.1, Tabelle 2.19.1). Sie wurde im Jahr 1968 während des „Nickel Booms" (1966 bis 1971) entdeckt und 1995 durch WMC Resources Ltd. in Produktion genommen. Im Jahr 2005 wurde das Unternehmen von BHP Billiton übernommen (BHP Billiton Ltd. 2005).

Die Lagerstätte Mt. Keith befindet sich im nördlichen Norseman-Wiluna Grünstein-Gürtel (Eastern Goldfields Superterrane) des Yilgarn Kratons (Abbildung 2.19.3). Das in Mt. Keith im Tagebau gewonnene Nickelsulfiderz weist tendenziell geringe Gehalte auf und führt Pentlandit und Pyrrhotin, die fein verteilt in metamorph überprägten Komatiiten auftreten (sogenannter Mt. Keith-Typ). In Mt. Keith sind die Komatiite durch einen hohen Mg-Gehalt (erhöhte Talkgehalte) gekennzeichnet. Zur Verbesserung der Nickelaufbereitung und unter zusätzlicher Gewinnung eines verkäuflichen Magnesiumoxidkonzentrats wurde Ende 2011 eine „Talc Redesign"-Anlage fertiggestellt.

Die Nickelreserven („Proved & Probable") von Mt. Keith betrugen zum 30.06.2014 insgesamt 95 Mio. t @ 0,6 % Ni (570.000 t Ni-Inhalt), was nach Unternehmensangaben einer Lebensdauer des Bergwerks von etwa zwölf Jahren entspricht. Die Gesamtressourcen („Measured, Indicated & Inferred") beliefen sich zum gleichen Zeitpunkt auf insgesamt 318 Mio. t Erz @ 0,5 % Ni (1.590.000 t Ni-Inhalt) (BHP Billiton 2014). Die zugehörige Aufbereitungsanlage in Mt. Keith hat eine jährliche Kapazität von 11,5 Mio. t Nickelerz, woraus nach Informationen des Unternehmens bei einem Ausbringen von etwa 57 % Nickel ein Konzentrat mit etwa 16 % Nickel gewonnen wird (BHP Billiton 2014). Die Jahresproduktion von Mt. Keith beträgt demnach 35.000 bis 40.000 t Nickel im Konzentrat. Dieses Konzentrat wird per Lkw zur Trocknung nach Leinster transportiert und dann per Bahn weiter zur Nickelhütte Kalgoorlie verbracht.

Etwa 480 km nördlich Kalgoorlie und etwa 12 km südlich der Lagerstätte Mt. Keith befindet sich die Nickellagerstätte **Cliffs** (Abbildung 2.19.1, Tabelle 2.19.1). Diese ist strukturgeologisch dem nördlichen Norseman-Wiluna Grünsteingürtel zuzuordnen (Eastern Goldfields Superterrane; Abbildung 2.19.3). Cliffs wurde 1978 entdeckt und durch BHP Billiton im Jahr 2008 in Betrieb genommen. Das unter Tage geförderte Nickelsulfiderz (Kambalda-Typ) weist vergleichsweise hohe Gehalte auf. Es wird per Lkw zur unternehmenseigenen Aufbereitungsanlage nach Leinster transportiert. Nach Angaben des Unternehmens wird dort, bei einem Ausbringen von ca. 84 %, ein Konzentrat mit einem Ni-Gehalt von ca. 12 % gewonnen (BHP Billiton 2014). Die Nickelreserven beliefen sich zum 30.06.2014 auf 1,6 Mio. t @ 2,6 % Ni (41.600 t Ni-Inhalt). Die Gesamtressourcen betrugen zum gleichen Zeitpunkt 5,7 Mio. t Erz @ 2,7 % Ni (153.900 t Ni-Inhalt) (BHP Billiton 2014).

Etwa 375 km nördlich Kalgoorlie (östlich des Goldfields Highway) befindet sich die Lagerstätte **Leinster** (Abbildung 2.19.1, Tabelle 2.19.1). Sie umfasst die Erzkörper **Perseverance** und **Rocky's Reward** innerhalb des Norseman-Wiluna Grünstein-Gürtels (Eastern Goldfields Superterrane) des Yilgarn Kratons (Abbildung 2.19.3). Das

Bergwerk Perseverance musste nach einem Erdbeben im Oktober 2013 aus Sicherheitsgründen geschlossen werden (BHP Billiton Ltd. 2013).

Die Gesamtressourcen („Measured, Indicated & Inferred") von Leinster (Perseverance und Rocky's Reward) beliefen sich zum 30.06.2014 auf 198,9 Mio. t Erz @ 0,69 % Ni (1.372.410 t Ni-Inhalt) (BHP Billiton 2014). Die Reserven („Proved & Probable") von Leinster betrugen zum gleichen Zeitpunkt 3,0 Mio. t Erz @ 1,3 % Ni (39.000 t Ni-Inhalt). Nach Schließung des Bergwerks Perseverance wurde der Betrieb im 2 km nördlich gelegenen Tagebau Rocky's Reward wieder aufgenommen. Die Nickellagerstätte Rocky's Reward wurde 1984 entdeckt und der Tagebau im Jahr 2009 geschlossen. Die Reserven betrugen nach Unternehmensangaben im Jahr 2007 insgesamt 6,4 Mio. t Erz @ 1,4 % Ni (89.600 t Ni-Inhalt).

Zu den Betriebsanlagen von Leinster gehört auch eine Aufbereitungsanlage mit einer Jahreskapazität von 3 Mio. t Nickelerz. Das dort produzierte Konzentrat wird per Bahn zur **Hütte Kalgoorlie** (Abbildung 2.19.1, Abbildung 2.19.5, Tabelle 2.19.1) von BHP Billiton verbracht. Diese verfügt über eine jährliche Kapazität von etwa 100.000 t Nickel in Nickelmatte (@ 68 % Ni) (BHP Billiton 2014). Die Hütte ist zur Verarbeitung von pyrrhotin- und pyritreichen, massiven Nickelsulfiderzkonzentraten (Kambalda-Typ) ausgelegt. Der überwiegende Teil der produzierten Nickelmatte wird zur **Nickelraffinerie Kwinana** (Abbildung 2.19.1, Tabelle 2.19.1) verbracht, die sich etwa 30 km südlich von Perth befindet und ebenfalls im Besitz von BHP Billiton ist. Dort können jährlich 65.000 t Nickelmetall (LME-Qualität) erzeugt werden (BHP Billiton 2014). Außerdem werden dort Kupfersulfide, Kobalt-Nickelsulfide und Ammoniumsulfide hergestellt. Eine Herausforderung ist die sich anbahnende Erschöpfung der zu BHP Billiton gehörenden Bergwerke, was Kalgoorlie schrittweise zu einer Lohnhütte werden lässt. So wird bereits die etwa 55 km südlich von Kalgoorlie stehende unternehmenseigene Aufbereitungsanlage **Kambalda** (jährliche Nominalkapazität 1,6 Mio. t Nickelerz; Abbildung 2.19.6) (BHP Billiton 2014) allein mit „Fremderz" der umliegenden Produzenten Independence Group NL, Panoramic Resources Ltd., Western Areas Ltd. und Mincor Resources NL mit Nickelerz bzw. Nickelkonzentrat beschickt.

Abb. 2.19.5: Nickelhütte Kalgoorlie im südlichen Western Australia (Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung von BHP Billiton).

Abb. 2.19.6: Aufbereitungsanlage Kambalda im südlichen Western Australia (Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung von BHP Billiton).

Der Nickellagerstättenkomplex **Forrestania**, der etwa 400 km östlich Perth liegt (Abbildung 2.19.1, Tabelle 2.19.1), gehörte ursprünglich dem Unternehmen Outokumpu, das von 1992 bis 1999 oberflächennah, bis in Teufen von etwa 200 m Nickelerz abbaute (so z. B. aus dem Bergwerk Flying Fox 0,24 Mio. t Nickelerz @ 3,2 % Nickel) und Forrestania im Oktober 2003 an das Unternehmen Western Areas Ltd. verkaufte. Forrestania baut auf den zwei Lagerstätten Flying Fox (in Betrieb seit Oktober 2006), zu der auch der im März 2012 von Kagara Ltd. erworbene Tagebau Lounge Lizard gehört, sowie auf der im Oktober 2007 durch Western Areas Ltd. entdeckten Lagerstätte Spotted Quoll (in Betrieb seit 2009). Außerdem gehört zu Forrestania noch die Aufbereitungsanlage Cosmic Boy (Jahreskapazität ca. 550.000 t Erz). Bis zu deren Inbetriebnahme im März 2009 wurde das Nickelerz über einen Abnahmevertrag mit LionOre Mining International Ltd. (später OJSC MMC Norilsk Nickel) zur Lake Johnston Aufbereitungsanlage geliefert (Western Areas Ltd. 2009).

Der Nickellagerstättenkomplex Forrestania befindet sich im gleichnamigen Grünsteingürtel der Southern Cross Domäne des Youanmi Terrane (Wyche et al. 2012; Abbildung 2.19.1, Abbildung 2.19.3, Tabelle 2.19.1). Bei den Erzkörpern handelt es sich vorwiegend um massive Sulfiderze an der Basis ultramafischer Komatiite (Kambalda-Typ).

Abb. 2.19.7: Tagebau Tim King und Zugang zum Bergwerk Spotted Quoll (linke Bildhälfte) im südlichen Western Australia (Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung von Western Areas Ltd.).

Die heute steil stehenden und bis zu 10 m mächtigen Erzkörper sind im Wesentlichen durch eine Paragenese von Pyrrhotin, Pyrit und Pentlandit, mitunter auch Chalkopyrit gekennzeichnet.

Im Geschäftsjahr 2014 (Juli 2013 bis Juni 2014) wurden im Bergwerk Flying Fox insgesamt 317.031 t Erz @ 4,6 % Ni (14.714 t Ni-Inhalt) gefördert. Die Reserven („Probable“) von Flying Fox beliefen sich zum 30.06.2014, bei einem „cut-off grade“ von 1,5 % Ni, auf 1.561.771 t Erz @ 4,1 % Ni (64.122 t Ni-Inhalt) (Western Areas Ltd. 2014a). Die Ressourcen („Indicated & Inferred“) von Flying Fox betrugen zum 30.06.2014 6.807.027 t Erz @ 2,0 % Ni (137.150 t Ni-Inhalt), wobei sich die Ressourcen mit höheren Gehalten auf 1.824.027 t @ 5,3 % Ni (41.500 t Ni-Inhalt) belaufen.

Im Bergwerk Spotted Quoll (Abbildung 2.19.7) wurden im Geschäftsjahr 2014 (Juli 2013 bis Juni 2014) insgesamt 281.928 t Erz @ 5,0 % Ni (13.973 t Ni-Inhalt) gefördert. Die Reserven der Lagerstätte beliefen sich zum 30.06.2014 auf 2.837.000 t Erz @ 4,29 % Ni (121.707 t Ni-Inhalt) (Western Areas Ltd. 2014a). Im letzten Geschäftsjahr (Juli 2013 bis Juni 2014) wurde im Bergwerk Spotted Quoll mit insgesamt 281.928 t Nickelerz, die bisher größte Förderung erreicht. Die Ressourcen („Indicated & Inferred“) von Spotted Quoll beliefen sich zum 30.06.2014 sich auf 3.207.000 t Erz @ 5,5 % Ni (174.491 t Ni-Inhalt).

Im Geschäftsjahr 2014 (Juli 2013 bis Juni 2014) hat Western Areas Ltd. ein Konzentrat mit einem Ni-Inhalt von 25.700 t hergestellt. Dessen Produktionskosten betrugen nach Unternehmensangaben im Geschäftsjahr 2014 etwa 2,28 US$/lb (Western Areas Ltd. 2014a), was Western Areas Ltd. zum derzeit günstigsten australischen Nickelproduzenten macht. Western Areas Ltd. entwickelt das Verfahren BioHeap, um das Ausbringen von Nickel in der Aufbereitungsanlage, das gegenwärtig bei etwa 90 % liegt, mittels Bakterienkulturen noch weiter zu erhöhen. Das produzierte Konzentrat (mit 14 bis 15 % vergleichsweise hohe Ni-Gehalte) eignet sich zum Mischen mit anderen geringerhaltigen Konzentraten und ist zusätzlich durch geringe Mg-Gehalte (Eisen/Magnesium-Verhältnis > 15 : 1) und geringe As-Gehalte gekennzeichnet. Das gesamte Nickelerzkonzentrat wird derzeit über zwei Abnahmeverträge verkauft. Dabei gehen jährlich Konzentrate mit einem Ni-Inhalt von etwa 13.000 t per Lkw zum etwa 300 km südlich gelegenen Hafen Esperance und von dort per Schiff zur Nickelhütte Ganshu (China) der Jinchuan Group (zweijähriger Abnahmevertrag seit Dezember 2014). Außerdem werden jährlich Konzentrate mit einem Ni-Inhalt von etwa 12.000 t per Lkw zur etwa 350 km östlich gelegenen Aufbereitungsanlage Kambalda von BHP Billiton (Vertrag bis Frühjahr 2017) gebracht (Western Areas Ltd. 2014b).

Der Lagerstättenkomplex **Kambalda** des Unternehmens Mincor Resources NL umfasst mehrere Erzkörper im Umfeld der Stadt Kambalda (sogenannter Kambalda Dome District). Hierzu zählen unter anderem Mariners, Redross, Miitel, Wannaway, Carnilya Hill, Otter Juan und McMahon, von denen gegenwärtig nur Miitel und Mariners in Betrieb sind. Es handelt sich im Wesentlichen um linsenförmige Erzkörper, die in Senken an der Basis ultramafischer Komatiite gebildet wurden (Kambalda-Typ). Die Erzkörper bestehen typischerweise aus einer Abfolge von 2 bis 3 m mächtigen, massiven Sulfiderzen (> 80 % Sulfidanteil) an der Basis, überlagert von Matrixsulfiden (60 bis 80 % Sulfidanteil) und im Hangenden der Abfolge aus einem Abschnitt mit Sulfiden, die fein verteilt (< 60 % Sulfidanteil) in den ultramafischen Wirtsgesteinen auftreten. Die Sulfiderze führen Pyrrhotin sowie Pentlandit und untergeordnet Pyrit und Chalkopyrit. Der Kambalda Dome District befindet sich im südlichen Teil des Norseman-Wiluna Grünsteingürtel des Kalgoorlie Terranes (Abbildung 2.19.3).

Ein Joint Venture (Mincor Resources Ltd. (76 %), Clough Ltd. (12 %) und Donegal Resources Pty Ltd. (12 %)) erwarb die Lagerstätte **Miitel** im südlichen Kambalda Dome District (Kambalda South; Abbildung 2.19.1) ursprünglich von WMC Resources Ltd. im Februar 2001 und begann unmittelbar danach mit dem Abbau. Mit einer Unterbrechung von 18 Monaten (Januar 2009 bis Juni 2010; im Anschluss an die Finanzkrise 2007/2008) steht Miitel seitdem in Abbau (Mincor Resources NL 2015).

Das Bergwerk **Mariners** (Kambalda South; Abbildung 2.19.1) wurde ursprünglich von WMC Resources Ltd. von 1991 bis 1999 betrieben, wobei insgesamt 1.114.730 t Erz @ 2,53 % Ni (28.190 t Ni-Inhalt) gefördert wurden (Mincor Resources NL 2015). Mincor Resources NL erwarb das Bergwerk gemeinsam mit der nördlich gelegenen Lagerstätte Miitel im Jahr 2001 und setzte es im Januar 2005 wieder in Betrieb. Bis Ende des Jahres 2013 wur-

den daraus 1.27 Mio. t Erz @ 2,74 % Ni (34.822 t Ni-Inhalt) gefördert (Mincor Resources NL 2015).

Im Geschäftsjahr 2014 (Juli 2013 bis Juni 2014) hat Mincor Resources Ltd. insgesamt 319.766 t Erz @ 3,2 % Ni (10.219 t Ni-Inhalt) produziert (Mincor Resources NL 2014). Hiervon stammen 169.502 t Erz @ 2,56 % Ni (4.337 t Ni-Inhalt) aus dem Bergwerk Miitel und 117.204 t Erz @ 3,92 % (4.594 t Ni-Inhalt) aus dem Bergwerk Mariners. Bis zur Schließung im März 2014 wurden weitere 13.393 t Erz @ 5,46 % (732 t Ni-Inhalt) im Bergwerk Otter Juan und 19.667 t @ 2,83 % (557 t Ni-Inhalt) im Bergwerk McMahon gefördert. Die Produktionskosten des Nickelerzes betrugen nach Firmenangaben 4,56 US$/lb Nickel. Insgesamt wurde daraus ein Konzentrat mit 9.067 t Ni-Inhalt in der nahegelegenen Aufbereitungsanlage Kambalda des Unternehmens BHP Billiton erzeugt und über Abnahmeverträge (Laufzeiten bis maximal Frühjahr 2019) an BHP Billiton verkauft (Mincor Resources NL 2014).

Die Reserven („Proved & Probable“) von Miitel beliefen sich zum 30.06.2014 auf 434.000 t Erz @ 2,5 % Ni (10.800 t Ni-Inhalt). Die Ressourcen („Measured, Indicated & Inferred“) von Miitel betrugen 785.000 t Erz @ 3,2 % Ni (25.300 t Ni-Inhalt). Die Reserven („Proved und Probable“) von Mariners beliefen sich zum 30.06.2014 auf 351.000 t Erz mit durchschnittlich 3,0 % Ni (10.500 t Ni-Inhalt). Die Ressourcen („Measured, Indicated & Inferred“) von Mariners betrugen 590.000 t Erz @ 3,7 % Ni (21.800 t Ni-Inhalt). Die Gesamtressourcen („Measured, Indicated & Inferred“) aller Nickelprojekte von Mincor Resources NL im Kambalda Dome District belaufen sich auf 3.458.000 t Erz @ 3,6 % Ni (123.000 t Ni-Inhalt) (Mincor Resources NL 2014).

Das Nickelbergwerk **Wannaway** (Kambalda South, Abbildung 2.19.1) wurde von 1984 bis 1998 von WMC Resources Ltd. betrieben. Im September 2001 ging es durch Verkauf auf ein Joint Venture aus Mincor Resources Ltd. (76 %), Clough Ltd. (12 %) und Donegal Resources Pty Ltd. (12 %) über. Bis dahin wurden 553.000 t Erz @ 2,3 % Ni (12.560 t Ni-Inhalt) produziert (Mincor Resources NL 2015). Mincor Resources Ltd., die im August 2008 die Lagerstätte vollständig erwarb, betrieb das Bergwerk von Oktober 2001 bis August 2008. In diesem Zeitraum wurden 524.000 t Erz @ 3,0 % Ni (15.844 t Ni-Inhalt) gefördert. Die Ressourcen („Indicated & Inferred“) von Wannaway beliefen sich zum 30.06.2014 auf 126.000 t Erz @ 3,1 % Ni (3.900 t Ni-Inhalt) (Mincor Resources NL 2014). Das **Redross**-Nickelprojekt (Kambalda South, Abbildung 2.19.1) wurde im September 2004 von Mincor Resources NL in Betrieb genommen. Bis Mai 2009 wurde dort Nickelerz gefördert. Die Reserven („Proved“) von Redross betrugen zum 30.06.2013 49.000 t Erz @ 3,3 % Ni (1.600 t Ni-Inhalt) (Mincor Resources NL 2014).

Das Bergwerk **Otter Juan**, eines der ältesten Bergwerke im Kambalda Dome District, stand von 1970 bis 2014 fast durchgängig in Betrieb. Es befindet sich im nördlichen Teil des Kambalda Dome District (Kambalda North, Abbildung 2.19.1). Im Juli 2007 ging Otter Juan von Mincor Resources Ltd. auf Goldfield Mine Management (GMM) Pty Ltd. über. Seit Anfang 2014 ist der Betrieb gestundet. Bis dahin hatte das Bergwerk insgesamt 8.760.000 t Erz @ 3,58 % Ni mit einem Ni-Inhalt von mehr als 314.000 t produziert (Mincor Resources NL 2015). Die Reserven („Proved“) von Otter Juan beliefen sich zum 30.06.2014 auf 2.000 t Erz @ 6,9 % Ni (100 t Ni-Inhalt). Die Ressourcen („Measured, Indicated & Inferred“) betrugen 70.000 t Erz @ 4,2 % Ni mit einem Ni-Inhalt von 2.900 t (Mincor Resources NL 2014).

Das Bergwerk **McMahon** (Kambalda North, Abbildung 2.19.1), das insgesamt sieben Erzkörper umfasst, wurde 2007 durch Mincor von WMC Resources Ltd. erworben und von Mitte 2008 bis Anfang 2014 betrieben. Die Reserven („Probable“) von McMahon beliefen sich zum 30.06.2014 auf 3.000 t Erz @ 2,4 % Ni (ca. 100 t Ni-Inhalt) (Mincor Resources NL 2014).

Im Frühjahr 2006 erwarb Mincor Resources Ltd. einen 70 %-Anteil an der Lagerstätte Carnilya Hill im Joint Venture mit Celsius Coal Ltd. (30 %). **Carnilya Hill** wurde Anfang 2009 in Betrieb genommen. Die Förderung im März 2012 jedoch vorerst wieder eingestellt. In diesem Zeitraum wurden Erze mit einem Ni-Inhalt von 5.942 t gefördert. Die Ressourcen („Measured & Indicated“) beliefen sich zum 30.06.2014 auf 80.000 t Erz @ 3,0 % Ni (2.400 t Ni-Inhalt) (Mincor Resources NL 2014).

Das Nickelbergwerk **Long** (Abbildung 2.19.1, Tabelle 2.19.1), das 4 km nördlich Kambalda liegt, wurde anfänglich von WMC Resources Ltd. bis 1999 betrieben. WMC Resources Ltd. förderte

dort über etwa 20 Jahre insgesamt 4.660.000 t Erz @ 3,7 % Ni (173.600 t Ni-Inhalt). Im September 2002 wurde das Bergwerk Long von der heutigen Independence Group NL erworben und durch deren Tochterunternehmen Lightning Nickel Pty Ltd. einen Monat später wieder in Betrieb genommen. Durch Brownfield-Exploration im Umfeld des Bergwerks Long entdeckte Independence Group NL den Erzkörper McLeay (im Jahr 2005) und den Erzkörper Moran (2008), die heute in Abbau stehen (Independence Group NL 2014a).

Independence Group NL hat 2002 mit WMC Resources Ltd. einen langfristigen Abnahmevertrag geschlossen, der im Jahr 2006 durch BHP Billiton mit dem Erwerb von WMC Resources Ltd. übernommen wurde. Die Independence Group NL liefert das geförderte Erz, aus dem neben Nickel- auch Kupferkonzentrat hergestellt wird, zur nahegelegenen Aufbereitungsanlage Kambalda von BHP Billiton. Der gegenwärtige Vertrag läuft noch bis Februar 2019 (Independence Group NL 2014a).

Die Erzkörper des Lagerstättenkomplexes Long befinden sich geologisch gesehen im südlichen Norseman-Wiluna-Grünsteingürtel (Abbildung 2.19.3). Bei den Erzkörpern handelt es sich um massive Sulfiderze an der Basis ehemaliger Komatiit-Laven (Kambalda-Typ). Die heute steil lagernden und mehrere Meter mächtigen Erzkörper führen im Wesentlichen Pyrrhotin, Pentlandit, Chalkopyrit und Pyrit.

Im Geschäftsjahr 2014 wurden im Bergwerk Long insgesamt 268.162 t Erz @ 4,1 % Ni (10.909 t Ni-Inhalt) gefördert und zur Konzentratherstellung nach Kambalda geliefert (Independence Group NL 2014b). Im Lagerstättenbereich Long stehen derzeit vier Nickelerzkörper (Long, McLeay, Moran, Victor South) in Teufen bis etwa 800 m in Abbau. Im Geschäftsjahr 2014 stammten fast 80 % des geförderten Erzes aus dem Erzkörper Moran mit relativ hohen Gehalten. Die Reserven („Proved & Probable“) der Lagerstättenkomplexes Long betrugen zum 30.06.2014 743.000 t Erz @ 4,0 % Ni (29.900 t Ni-Inhalt), wobei sich mehr als 75 % der gegenwärtigen Reserven im Erzkörper Moran befinden (Independence Group NL 2014a). Um die Lebensdauer des Bergwerks Long zu erhöhen, wird gegenwärtig in der Verlängerung der bekannten Erzkörper McLeay, Moran und Long exploriert. Die Ressourcen („Measured, Indicated & Inferred“) von Long beliefen sich zum 30.06.2014 auf 1.392.000 t Erz @ 5,3 % Ni (73.400 t Ni-Inhalt) (Independence Group NL 2014a).

Das Nickelprojekt **Nova-Bollinger** befindet sich etwa 350 km südöstlich von Kalgoorlie (Abbildung 2.19.1, Tabelle 2.19.1). Im Juli 2012 wurde der Erzkörper Nova von Sirius Resources NL (im Fraser Joint Venture mit 70 % Sirius Resources NL und 30 % Mark Creasy) entdeckt. Im Februar 2013 wurde östlich von Nova noch der Erzkörper Bollinger identifiziert. Das Projekt ging im Mai 2014 im Rahmen einer Auflösung des Joint Ventures vollständig auf Sirius Resources NL über (Sirius Resources NL 2014a).

Das Projekt befindet sich strukturgeologisch im proterozoischen Albany-Fraser Orogen am Südrand des Yilgarn Kratons. Es handelt sich um eine magmatische Lagerstätte, die neben Nickel auch Kupfer und Kobalt führt. Der nach Osten einfallende linsenförmige Erzkörper Nova erstreckt sich über eine Länge von etwa 500 m und erreicht eine maximale Mächtigkeit von etwa 60 m. Nova ist die erste bedeutende Nickellagerstätte in diesem Teil des Albany-Fraser Orogens.

Im Juni 2014 wurde zum Nickelprojekt Nova eine Definitive Feasibility-Studie abgeschlossen (Sirius Resources NL 2014b). Die Reserven („Probable“) des Erzkörpers Nova beliefen sich zum 01.07.2014 auf 10,3 Mio. t Erz @ 2,1 % Ni (218.000 t Ni-Inhalt), 0,9 % Cu und 0,07 % Co (Sirius Resources NL 2014b). Die Reserven („Probable“) von Bollinger betrugen zum gleichen Zeitpunkt 2,8 Mio. t Erz @ 2,0 % Ni (55.000 t Ni-Inhalt), 0,8 % Cu und 0,08 % Co. Die Gesamtreserven von Nova-Bollinger betrugen zum 01.07.2014 13,1 Mio. t Erz @ 2,1 % Ni (273.000 t Ni-Inhalt), 0,9 % Cu und 0,07 % Co und die Gesamtressourcen beliefen sich auf 14,3 Mio. t Erz @ 2,4 % Ni (325.000 t Ni-Inhalt), 0,9 % Cu und @ 0,09 % Co.

Es ist vorgesehen im Nickelprojekt Nova jährlich 26.000 t Nickel sowie 850 t Kobalt im Konzentrat (bei einem metallurgischen Nickelausbringen von 89 % Ni) sowie zusätzlich 11.500 t Kupfer in einem separaten Konzentrat zu gewinnen (Sirius Resources NL 2014b). Das Erz ist durch geringe Mg-Gehalte gekennzeichnet. Es ist geplant, eine Aufbereitungsanlage mit einer Jahreskapazität von 1,5 Mio. t Erz zu errichten. Für die Auslieferung muss noch ein 38 km langes Straßenstück asphaltiert werden, um damit das Projekt Nova

an den Eyre Highway anzuschließen. Im Februar 2015 teilte Sirius Resources NL mit, dass es einen Abnahmevertrag über 50 % des geplanten Nickelkonzentrats, d. h. in Anbetracht der oben genannten Planung etwa 13.000 t Nickel im Konzentrat, mit BHP Billiton abgeschlossen hat (Sirius Resources NL 2015). Der Produktionsstart ist für Ende 2016 geplant. Bei einer Vertragslaufzeit von drei Jahren würde der Abnahmevertrag bis Ende 2019 laufen. Im Mai 2015 gab Independence Group NL den Fusionsplan mit Sirius Resources NL bekannt (Independence Group NL 2015).

Die Lagerstätte **Murrin Murrin** (Abbildung 2.19.1, Tabelle 2.19.1), die sich etwa 50 km östlich von Leonora befindet, wurde im Mai 1999 von Minara Resources Ltd. (seinerzeit unter dem Namen Anaconda Nickel Ltd.) in einem Joint Venture mit Glencore International AG (60 % Minara/40 % Glencore) in Betrieb genommen. Im Jahr 2011 wurde Minara Resources Ltd. durch die Glencore International AG erworben. Seit Mai 2013 gehört Murrin Murrin zu Glencore Plc. Die Lagerstätte umfasst die drei Erzkörper Murrin Murrin North, Murrin Murrin East und Murrin Murrin South. Es handelt sich um durchschnittlich 30 m mächtige Nickellaterite, die vermutlich durch Tertiär-zeitliche Verwitterung auf ultramafischen Gesteinen (serpentinisierte Komatiite) des zentralen Norseman-Wiluna Grünsteingürtels des Eastern Goldfields Superterrane (Abbildung 2.19.3) entstanden sind. Die ultramafischen Ausgangsgesteine haben einen durchschnittlichen Ni-Gehalt von 0,2 %, der im Wesentlichen an Lizardit (Magnesium-Serpentinmineral) gebunden ist. In Murrin Murrin tritt Nickel in den überlagernden Lateritprofilen in wirtschaftlich gewinnbaren Anreicherungen in der sogenannten Smektitzone auf, wo Nickel insbesondere in eisenreichen Smektiten (sogenannte Nontronite) eingebaut ist, sowie auch in Chloriten und untergeordnet in Serpentinen (Magnesium-Eisen-Nickel-Schichtsilikat) und Manganoxiden (Co- und Ni-Manganoxide). In Murrin Murrin werden daraus hydrometallurgisch Nickel und Kobalt mit dem HPAL-Verfahren („High-Pressure Acid Leach“) gewonnen. Auf diese Weise werden nach Unternehmensangaben Nickel- und Kobaltpulver und -briketts sowie auch Ammoniumsulfat als Nebenprodukt für die Düngemittelindustrie hergestellt.

Im Geschäftsjahr 2014 (Januar bis Dezember 2014) hat Glencore Plc insgesamt 36.400 t Nickel und etwa 2.700 t Kobalt in Murrin Murrin gewonnen (Glencore 2015a). Die jährliche Maximalkapazität liegt nach Angaben des Unternehmens bei 40.000 t Nickel und 5.000 t Kobalt. Die Reserven („Proved & Probable“) von Murrin Murrin beliefen sich zum 31.12.2014 auf 200,4 Mio. t Erz @ 0,97 % Ni (1.943.880 t Ni-Inhalt) sowie ca. 0,069 % Co. Die Ressourcen („Measured & Indicated“) beliefen sich zum 31.12.2014 auf 256,3 Mio. t Erz @ 1,02 % Ni (2.614.260 t Ni-Inhalt) und 0,074 % Co (Glencore 2015b).

Die Nickellagerstätte **Sinclair**, die sich etwa 80 km westlich von Leonora befindet (Abbildung 2.19.1, Tabelle 2.19.1), wurde im Oktober 2005 von Jubilee Mines NL entdeckt und von 2008 bis August 2013 durch Xstrata Nickel Pty Ltd. abgebaut. In diesem Zeitraum wurden dort aus Teufen von bis zu etwa 450 m Erz mit insgesamt 38.500 t Ni-Inhalt gefördert. Der elongierte Erzkörper fällt flach nach Norden ein und umfasst ein massives Sulfiderz (Kambalda-Typ) mit relativ hohen Gehalten sowie in dessen Hangendem außerdem noch ein fein verteiltes Nickelsulfiderz. Die Lagerstätte befindet sich strukturgeologisch im südlichen Teil des Norseman-Wiluna Grünsteingürtels (Abbildung 2.19.3). Im Februar 2015 wurde das Bergwerk, zu dem auch eine Aufbereitungsanlage mit einer Jahreskapazität von 300.000 t Erz gehört, von Talisman Mining Ltd. erworben. Talisman hat dort Anfang 2015 mit einer Explorationskampagne begonnen (Talisman Mining Ltd. 2015). Zum 31.12.2012 beliefen sich die Ressourcen („Measured & Indicated“) von Sinclair auf 550.000 t Erz @ 2,47 % Ni (13.585 t Ni-Inhalt) und 0,15 % Cu (Glencore Xstrata 2014).

Die Nickellagerstätte **Cosmos** (Abbildung 2.19.1, Tabelle 2.19.1), die etwa 40 km nördlich von Leinster liegt, gehört strukturgeologisch zum Norseman-Wiluna Grünsteingürtel. Das Bergwerk Cosmos wurde ursprünglich (seit dem Jahr 2000) durch Jubilee Mines NL betrieben, bevor es im Februar 2012 von Xstrata Nickel Pty Ltd. erworben wurde. Der Betrieb wurde dann im September 2012 aufgrund des niedrigen Nickelpreises gestundet. Im Jahr 2012 wurden in Cosmos noch 4.200 t Nickel produziert. Cosmos umfasst eine Aufbereitungsanlage mit einer Jahreskapazität von 450.000 t Erz sowie die Bergwerke Cosmos (Erzkörper Cosmos Deeps und Alec Mairs) und Prospero (Erzkörper Prospero und Tapinos). Zu Cosmos gehören darüber hinaus die Erzkörper AM5, AM6

und Mt. Goode sowie die zuletzt entdeckten Erzkörper Odysseus, Odysseus North und Odysseus Massive. Von 2000 bis September 2012 wurden in Cosmos insgesamt 2,9 Mio. t Erz abgebaut, woraus ca. 127.000 t Nickel im Konzentrat produziert wurden. Die Ressourcen („Measured“) von Cosmos beliefen sich zum 31.12.2014, bei einem „cut-off grade“ von 1,5 % Ni, auf 13,6 Mio. t Erz @ 0,78 % Ni (106.080 t Ni-Inhalt) (Glencore 2015a). Im Juni 2015 gab Western Areas Ltd. den Kauf der Lagerstätte Cosmos bekannt. Das Unternehmen plant dort zunächst ein Explorationsprogramm mit dem Ziel, vor allem das Vorkommen Odysseus mit vergleichsweise hohen Gehalten weiterzuentwickeln (Western Areas Ltd. 2015). Die Gesamtressourcen dieses Vorkommens betragen demnach 7,3 Mio. t Erz @ 2,4 % Ni (174.000 t Ni-Inhalt).

Im Februar 2010 erwarb First Quantum Minerals Ltd. die Lagerstätte Ravensthorpe von BHP Billiton. Sie befindet sich etwa 550 km südöstlich von Perth bzw. 35 km östlich der Ortschaft **Ravensthorpe**, direkt am South Coast Highway (Abbildung 2.19.1, Tabelle 2.19.1). Die kommerzielle Produktion in Ravensthorpe wurde im Dezember 2011 aufgenommen. Zum Lagerstättenkomplex gehören die drei Vorkommen Halleys, Hale Bopp und Shoemaker Levy. Gegenwärtig wird im Vorkommen Halleys im Tagebau produziert. Mit dem Abbau der Lagerstätte Hale Bopp soll im Sommer 2015 begonnen werden. Die Region Ravensthorpe liegt strukturgeologisch auf dem südlichen Yilgarn Kraton und dem Albany-Fraser Orogen. Die Lagerstätte baut auf bis zu 80 m mächtigen Nickellateriten, die sich im Zuge der vermutlich Tertiär-zeitlichen Verwitterung aus den unterlagernden ultramafischen Gesteinen (serpentinisierte Komatiite der Bandalup Ultramafite) gebildet haben (Elias 2006). Das Lateritprofil umfasst vereinfacht eine obere Limonitzone (mit nickelhaltigen Goethit) und eine untere Saprolitzone (mit Garnierit). Die Limonitzone (Hauptnickelanreicherung) der „trockenen“ Laterite (mit geringen Gehalten von ca. 0,76 % Ni) hat einen hohen Kieselsäureanteil, der durch eine Sichtanalyse unter Erhöhung des Ni-Gehalts auf oberhalb 1,5 % weitgehend entfernt werden kann. Das garnieritführende Nickelerz der Saprolitzone hingegen lässt sich so nur geringfügig anreichern. Zusätzlich verfügt das Bergwerk über eine Nickelraffinerie, in der ein kombiniertes PAL- („Pressure Acid Leach“) für die Limoniterze und ein AL-(„Atmospheric Leach“-)Verfahren für Saproliterze zum Einsatz kommt und ein „Mixed-Hydroxide-Product“ (MHP) produziert wird. Das trockene MHP führt nach Unternehmensangaben ca. 40 % Nickel und 1,4 % Kobalt.

Im Geschäftsjahr 2014 (Januar bis Dezember 2014) hat First Quantum Minerals Ltd. aus aufbereiteten 3.128.000 t Nickelerz @ 1,5 % Ni (36.445 t Ni-Inhalt), ein MHP mit einem Ni-Inhalt von 28.472 t hergestellt (First Quantum Minerals Ltd. 2015a). First Quantum Minerals Ltd. erwartet bis Ende 2017 eine Produktion von jährlich etwa 36.000 t Nickel. Ursprünglich war Ravensthorpe von BHP Billiton für eine jährliche Produktion von 50.000 t Nickel konzipiert worden. Die Produktionskosten des Nickelkonzentrats betrugen nach Unternehmensangaben im Geschäftsjahr 2014 4,50 US$/lb (First Quantum Minerals Ltd. 2015a).

Die Reserven („Proved & Probable“) von Ravensthorpe beliefen sich zum 31.12.2014 auf 217,4 Mio. t Erz @ 0,62 % Ni (1.347.880 t Ni-Inhalt) und 0,03 % Co (First Quantum Minerals Ltd. 2015b). Die Ressourcen („Measured & Indicated“) betrugen demnach zum 31.12.2014 247,8 Mio. t Erz @ 0,62 % Ni (1.536.360 t Ni-Inhalt) und 0,03 % Co.

Die etwa 260 km nordwestlich Kalgoorlie gelegene Nickellagerstätte **Windarra** (Abbildung 2.19.1, Tabelle 2.19.1) wurde ursprünglich von WMC Resources Ltd. von 1974 bis 1990 abgebaut. Im Jahr 2005 erwarb Niagara Mining Ltd. (im Jahr 2007 in Poseidon Nickel Ltd. umbenannt) die Lagerstätte und schloss im April 2013 eine Definitive Feasibility-Studie ab (Poseidon Nickel Ltd. 2013). Windarra umfasst den Erzkörper Mt. Windarra sowie die etwa 10 km bzw. 15 km südlich gelegenen Erzkörper Cerberus (im Jahr 2008 durch Poseidon Nickel Ltd. entdeckt) und South Windarra sowie außerdem Nickel und Gold führende Halden. Im Ergebnis der Studie können aus Windarra über zehn Jahre jährlich 700.000 t Erz mit einem Ni-Inhalt von 9.600 t gewonnen werden (Poseidon Nickel Ltd. 2013). Außerdem ist geplant, für die ersten drei Betriebsjahre aus Bergbauhalden jährlich 45.000 oz Gold und 104.000 oz Silber auszubringen. Die Produktionskosten werden unter Einbeziehung der möglichen Edelmetallprofite mit 3,35 US$/lb Nickel angegeben. Bei den unterschiedlich steil einfallenden und bis zu 20 m mächtigen Erzkörpern von Windarra handelt es sich größtenteils um Massivsulfide (Kambalda-Typs), die an der Basis von Komatiiten auftreten. Die Mineralisation umfasst nach Unterneh-

mensangaben mit abnehmendem Gehalt Pyrit, Pyrrhotin, Pentlandit und Chalkopyrit.

Nachdem Poseidon Nickel Ltd. zunächst im Oktober 2014 einen Abnahmevertrag mit BHP Billiton (jährlich 500.000 t Erz von Februar 2015 bis Februar 2017) (Poseidon Nickel Ltd. 2014) geschlossen hatte, beabsichtigt Poseidon Nickel Ltd. nun, das Erz zur etwa 300 km südlich gelegenen unternehmenseigenen Aufbereitungsanlage Black Swan zu transportieren. Das Erz soll dort gemeinsam mit dem im Tagebau Black Swan gewonnenen Erz aufbereitet werden, wobei jährlich eine Produktion von etwa 9.800 t Nickel im Konzentrat geplant ist (Poseidon Nickel Ltd. 2015a).

Die Reserven („Probable“) von Windarra (Erzkörper Mt. Windarra und Cerberus) beliefen sich zum 31.12.2014 auf 1.719.000 t Erz @ 1,44 % Ni (25.000 t Ni-Inhalt). Die Ressourcen („Indicated & Inferred“) von Windarra wurden mit 9.681.000 t Erz @ 1,53 % Ni (148.500 t Ni-Inhalt) angegeben (Poseidon Nickel Ltd. 2015a).

Das Projekt **Lake Johnston** wurde im September 2014 durch Poseidon Nickel Ltd. von OJSC MMC Norilsk Nickel erworben. Es wurde ursprünglich durch LionOre Mining International Ltd. betrieben, bevor diese durch OJSC MMC Norilsk Nickel im Jahr 2007 übernommen wurde. Lake Johnston, das etwa 120 km westlich von Norseman liegt (Abbildung 2.19.1, Tabelle 2.19.1), umfasst die zwei Bergwerke Maggie Hays und Emily Ann sowie eine Aufbereitungsanlage mit einer Jahreskapazität von 1,5 Mio. t Erz. Im Juli 2013 wurde das Bergwerk durch OJSC MMC Norilsk Nickel stillgelegt. Eine von Poseidon Nickel Ltd. durchgeführte Feasibility Study wurde im Mai 2015 abgeschlossen (Poseidon Nickel Ltd. 2015b). Nach Firmenangaben sollen zukünftig jährlich 8.000 t Nickel im Konzentrat produziert werden. Im Mai 2015 hat Poseidon Nickel Ltd. einen Abnahmevertrag über 4.000 t Nickelkonzentrat mit Tsingshan Iron & Steel abgeschlossen (Poseidon Nickel Ltd. 2015c). Die Ressourcen („Indicated & Inferred“) von Maggie Hays beliefen sich zum 31.12.2014, bei einem „cut-off grade“ von 0,8 % Ni, auf 3,5 Mio. t Erz @ 1,49 % Ni (52.000 t Ni-Inhalt).

Im Juli 2014 erwarb Poseidon Nickel Ltd. das Projekt **Black Swan** von OJCS MMC Norilsk Nickel. Das Projekt befindet sich 50 km nordöstlich von Kalgoorlie (Abbildung 2.19.1, Tabelle 2.19.1) und umfasst die beiden Bergwerke Black Swan (Tagebau) und Silver Swan sowie die Aufbereitungsanlage Black Swan (Jahreskapazität von 2,15 Mio. t. Erz). Silver Swan wurde in den späten 1960er Jahren entdeckt und ging im Jahr 1996 in Betrieb. Im Februar 2009 wurde es stillgelegt. Black Swan wurde ebenfalls in den späten 1960er Jahren entdeckt und ist im Jahr 2004 als Tagebau eröffnet worden. Bis zum Jahr 2008 wurde hier Erz gefördert.

Einen Monat nach Übernahme hat Poseidon Nickel eine aktuelle Machbarkeitsstudie für das Projekt Black Swan abgeschlossen. Danach beliefen sich die Reserven („Probable“) der Lagerstätte bei einem „cut-off grade“ von 0,4 % Ni auf insgesamt 3,37 Mio. t Erz (davon 1,2 Mio. t nicht prozessiertes Erz aus dem ehemaligen Bergbau) @ 0,63 % Ni (21.500 t Ni-Inhalt) (Poseidon Nickel Ltd. 2015a). Die Ressourcen („Indicated & Inferred“) von Black Swan betrugen bei einem „cut-off grade“ von 0,4 % Ni 30,7 Mio. t Erz @ 0,58 % Ni (179.000 t Ni-Inhalt). Laut Unternehmensangaben ist geplant, jährlich 96.000 t Konzentrat mit einem durchschnittlichen Ni-Gehalt von 13,5 % (12.960 t Ni-Inhalt) zu erzeugen.

Das Projekt **Honeymoon Well** befindet sich 45 km südöstlich von Wiluna, im nördlichen Teil des Norseman-Wiluna Grünsteingürtels (Abbildung 2.19.1, Tabelle 2.19.1). Es handelt sich um ein großes Nickelvorkommen, das im Wesentlichen fein verteilte sulfidische Erze (Mt. Keith-Typ), aber auch nickelhaltige Lateriterze umfasst. Das Projekt ist im Besitz von OJSC MMC Norilsk Nickel. Die Ressourcen („Measured & Indicated“) von Honeymoon Well (Erzkörper Hannibals, Harrier, Corella und Wedgetail) beliefen sich zum 31.12.2014 auf 173,3 Mio. t Erz @ 0,68 % Ni (1.180.500 t Ni-Inhalt) (OJSC MMC Norilsk Nickel 2015). Ursprünglich hatte OJSC MMC Norilsk Nickel geplant, die Erze in den Anlagen von Cawse (siehe unten) hydrometallurgisch aufzubereiten.

Die Nickellateritlagerstätte **Cawse** befindet sich 50 km nordwestlich von Kalgoorlie (Abbildung 2.19.1, Tabelle 2.19.1). Sie beinhaltet bis zu 80 m mächtige Nickellaterite, die sich im Zuge der vermutlich Tertiär-zeitlichen Verwitterung aus den unterlagernden ultramafischen Gesteinen des Norseman-Wiluna Grünsteingürtels gebildet haben. Die Lagerstätte ist etwa 500 m breit und erstreckt sich auf einer Länge von 25 bis 30 km. Nickel ist hier im Wesentlichen an Nontronit und Goethit gebun-

den. Cawse wurde 1993 durch Centaur Mining and Exploration Ltd. entdeckt und im Dezember 2001 durch die zur OM Group gehörende OMG Cawse Pty Ltd. erworben. Im Jahr 2007 wurde Cawse dann an Norilsk Nickel verkauft. Mit einer Unterbrechung im Jahr 2001 war die Lagerstätte von 1999 bis Oktober 2008 in Betrieb. In diesem Zeitraum wurden insgesamt 42.853 t Nickel im Erz gefördert. Das dort mittels Hochdruck-Säurelaugung (HPAL) produzierte Nickelkarbonat wurde zuletzt zur Weiterverarbeitung zur Raffinerie Harjavalta (Finnland) von Norilsk Nickel verbracht. Im Dezember 2014 wurde Cawse dann an Wingstar Investments Pty Ltd. verkauft (OJSC MMC Norilsk Nickel 2014). Die Ressourcen („Measured & Indicated“) beliefen sich zum 31.12.2013 auf 55.518.000 t Erz @ 0,72 % Ni (397.900 t Ni-Inhalt) (OJSC MMC Norilsk Nickel 2015).

Tasmania

Die Nickellagerstätte **Avebury** liegt im Nordwesten des Bundesstaates Tasmania, etwa 8 km südlich von Zeehan (Abbildung 2.19.1, Tabelle 2.19.1). Es handelt sich um eine Nickelmineralisation in einer Sequenz kambrischer Sedimente sowie mafisch-ultramafischer Magmatite, die durch die Intrusion des Heemskirk-Granits einer signifikanten Alteration ausgesetzt waren (Black et al. 2005), bei der vermutlich auch Nickel remobilisiert wurde (Hoatson et al. 2006). Das Nickelvorkommen führt vor allem Pentlandit und Magnetit sowie untergeordnet Pyrrhotin, Pyrit und Nickelarsenide.

Avebury wurde 1998 entdeckt und von MMG Ltd. im Jahr 2008 nur kurzzeitig abgebaut. Nach Unternehmensangaben sollten jährlich 900.000 t Erz @ 1,2 % Ni produziert werden, wobei dann bis zu 8.500 t Nickel im Konzentrat anfallen sollten. Die Ressourcen („Measured, Indicated, Inferred“) von Avebury betrugen zum 30.06.2014 insgesamt 29,3 Mio. t Erz @ 0,9 % Ni (MMG Limited 2014).

Queensland

Etwa 250 km westlich von Townsville in Queensland befindet sich das Projekt **SCONI** (früher NORNICO; Abbildung 2.19.1, Tabelle 2.19.1). Auf mafisch-ultramafischen Gesteinen haben sich hier vermutlich im Tertiär bis zu 30 m mächtige scandium-, nickel- und kobaltführende Laterite entwickelt. Das Projekt, das Metallica Minerals Ltd. gehört, umfasst die Vorkommen Lucknow, Bell Creek, Minnamoolka, Kokomo und die Lagerstätte Greenvale, die bereits zwischen 1974 und 1992 auf Nickel und Kobalt in Abbau stand.

Die aktuellen Ressourcen („Measured, Indicated & Inferred“) des Projekts SCONI betragen für **Kokomo**: 29,5 Mio. t Erz @ 0,49 % Ni (144.800 t Ni-Inhalt), 0,08 % Co und 55 ppm Sc; für **Greenvale** in-situ: 16,3 Mio. t Erz @ 0,73 % Ni (118.800 t Ni-Inhalt), 0,05 % Co und 38 ppm Sc; für **Greenvale Halden**: 11,1 Mio. t Erz @ 0,42 % Ni (46.000 t Ni-Inhalt), 0,03 % Co und 44 ppm Sc; für **Lucknow**: 13,8 Mio. t Erz @ 0,31 % Ni (42.200 t Ni-Inhalt), 0,07 % Co und 116 ppm Sc (Metallica Minerals Ltd. 2013). Im Projekt SCONI lagern Ressourcen von insgesamt 70,7 Mio. t Erz @ 0,50 % Ni (351.800 t Ni-Inhalt), 0,06 % Co und 61 ppm Sc. Aufgrund der derzeit geringen Nachfrage nach Scandium ruht das Projekt (vgl. Kapitel 2.21).

Das Projekt **Lucky Break** befindet sich etwa 140 km westlich von Townsville (Abbildung 2.19.1, Tabelle 2.19.1). Es umfasst die zwei Nickellateritvorkommen Dingo Dam und Circular Laterite. Metallica Minerals NL ist Lizenzinhaber auch dieses Nickel-Kobalt-Projekts. Die Ressourcen („Measured & Indicated“) von Lucky Break beliefen sich zum 30.09.2010 bei einem „cut-off grade“ von 0,3 % Nickel auf 1.132.000 t Erz @ 0,75 % Ni (8.595 t Ni-Inhalt) und @ 0,05 % Co. Im März 2015 hat der Abbau von Nickellaterit durch Queensland Nickel Pty Ltd. in der Lagerstätte Dingo Dam begonnen (Metallica Minerals Ltd. 2015). Das erste Erz soll im Rahmen eines Abnahmevertrags mit Queensland Nickel ab April 2015 per Lkw an die etwa 140 km östlich gelegene **Palmer Nickel- und Kobalt-Raffinerie** geliefert werden (Abbildung 2.19.1, Tabelle 2.19.1).

Die Palmer Nickel- und Kobalt-Raffinerie (ehemals Yabulu), die sich etwa 25 km nordwestlich Townsville befindet, war im Jahr 1974 zur Raffination von Nickellateriten aus den Vorkommen Greenvale und Brolga in Betrieb gegangen und nach dem Caron-Prozess konzipiert. In den späten 1980er Jahren begann der Import von Lateriterzen vor allem aus Indonesien und Neukaledonien. Nach verschiedenen Eigentümerwechseln gelangte die Raffinerie an BHP Billiton, die parallel das Nickellateritprojekt Ravensthorpe (siehe oben) entwickelte, um das dort zu produzierende „Mixed-Hy-

droxide-Product“ (MHP) in Yabulu zu behandeln. Im Jahr 2009 wurde die Raffinerie Yabulu dann an den Investor Clive Palmer verkauft. Die Palmer Nickel- und Kobalt-Raffinerie hat nach Firmenangaben einen jährlich Durchsatz von 4,0 Mio. t Nickelerz, wobei ca. 32.000 t Nickel- und etwa 2.000 t Kobaltmetall produziert werden (Queensland Nickel 2013a).

Die Lagerstätte **Brolga** (Abbildung 2.19.1, Tabelle 2.19.1) befindet sich etwa 55 km nördlich von Rockhampton (Queensland Nickel 2013b). Sie war von 1993 bis 1995 in Betrieb, wobei insgesamt 600.000 t Nickelerz gefördert wurden. Der Abbau von Nickellateriten ist im November 2012 durch Queensland Nickel Resources Pty Ltd. wieder aufgenommen worden, um die Palmer Raffinerie (siehe oben) zu beliefern. Während zunächst jährlich etwa 360.000 t Nickelerz gewonnen werden sollten, war ursprünglich in einer zweiten Phase geplant, die Produktion auf jährlich 900.000 t Erz zu erhöhen (Queensland Nickel 2013b). Im Mai 2013 wurde der Betrieb aber wieder eingestellt und im August 2014 erneut aufgenommen, wobei die Produktion schrittweise auf nun monatlich 80.000 t Nickelerz erhöht werden soll (Department of Natural Resources and Mines 2015). Die Ni-Gehalte im Vorkommen Brolga variieren zwischen 1,2 % und 1,8 %.

Anforderungen und Bewertung

Nach Petrow et al. (2008) werden Nickellagerstätten in Russland mit einem Inhalt < 100.000 t Nickel als klein, solche mit einem Inhalt von 100.000 bis 1.000.000 t als mittelgroß und Lagerstätten mit einem Inhalt von mehr als 1.000.000 t Nickel als groß klassifiziert. Von den hier betrachteten zahlreichen Nickelvorkommen, für die die Projektentwicklung bereits weit fortgeschritten ist oder die gegenwärtig in Betrieb sind, gehören demnach fünf zu den großen Lagerstätten (Abbildung 2.19.8). Diese befinden sich alle in Western Australia.

In Australien treten sowohl Nickelsulfide als auch Nickellaterite auf (Tabelle 2.19.2), für die unterschiedliche Anforderungen bestehen. In Nickelsulfidlagerstätten mit Nickel als Hauptrohstoff sollte, für eine wirtschaftliche Gewinnung, der Ni-Gehalt in Vorkommen mit Massivsulfiden (vor allem Kambalda-Typ) idealerweise > 2 % betragen, während er bei Vorkommen mit im Wirtsgestein fein verteilten Sulfiderzen (vor allem Mt. Keith-Typ) oberhalb 0,5 % liegen sollte (vgl. Hoatson et al. 2006, Mudd 2007, Roskill 2014). Bei einer Gewinnung weiterer Wertminerale wie Kupfer, Kobalt oder Gold können im Allgemeinen jedoch auch Erzkörper mit geringeren Ni-Gehalten wirtschaftlich

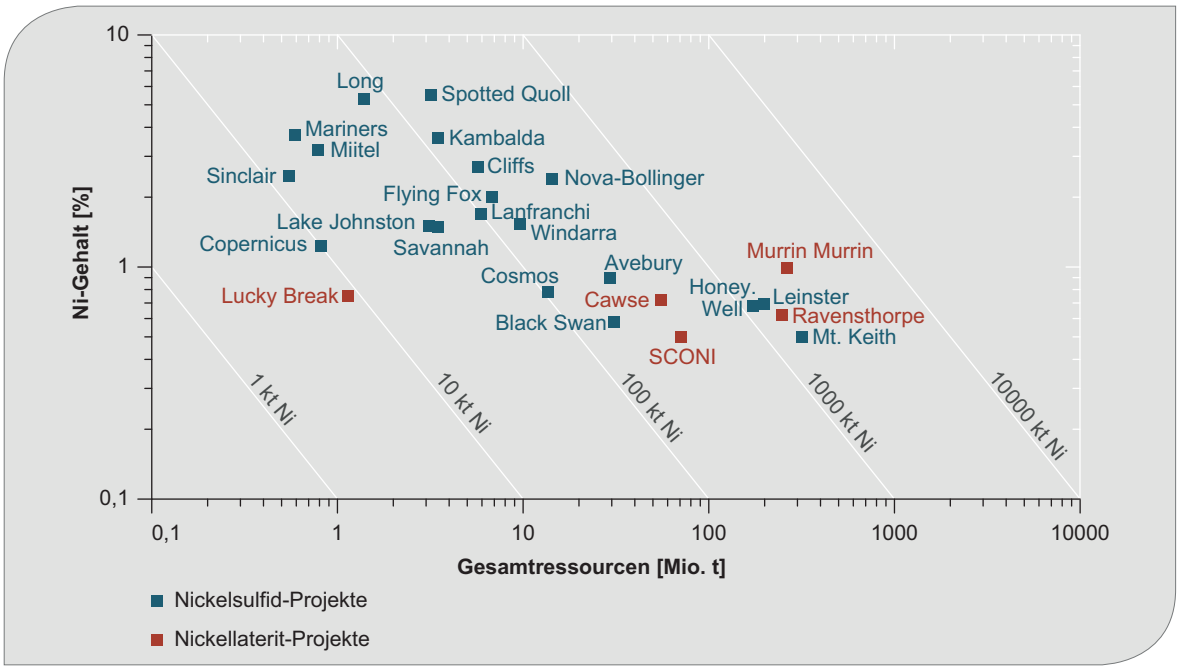


Abb. 2.19.8: Grade-Tonnage-Diagramm: Ni-Gehalt (%) als Funktion der Gesamtressourcen (Mio. t); in grün: Nickelsulfid-Projekte, in rot: Nickellaterit-Projekte.

Tab. 2.19.2: Ausgewählte australische Nickelvorkommen mit ausgewiesenen Reserven und Ressourcen (WA = Western Australia, TAS = Tasmania, QLD = Queensland; S = Sulfiderz, L = Lateriterz; k. A. = keine Angaben oder nicht bekannt).

Projekt (Region)	Unternehmen	Typ	Reserven			Ressourcen		
			Erz [Mio. t]	Ni-Gehalt [%]	Ni-Inhalt [t]	Erz [Mio. t]	Ni-Gehalt [%]	Ni-Inhalt [t]
Mt. Keith (WA)	BHP Billiton Group	S	95,0	0,6	570.000	318,0	0,5	1.590.000
Nova-Bollinger (WA)	Independence Group NL	S	13,1	2,10	273.000	14,3	2,40	325.000
Forrestania (WA)	Western Areas Ltd.	S	6,276	3,20	199.006	22,520	1,90	436.473
Cliffs (WA)	BHP Billiton Group	S	1,6	2,60	41.600	5,7	2,7	153.900
Leinster (WA)	BHP Billiton Group	S	3,0	1,30	39.000	198,9	0,69	1.372.410
Savannah (WA)	Panoramic Resources Ltd.	S	2,381	1,27	30.200	3,095	1,50	46.300
Long (WA)	Independence Group NL	S	0,743	4,00	29.900	1,392	5,30	73.400
Windarra (WA)	Poseidon Nickel Ltd.	S	1,719	1,44	25.000	9,681	1,53	148.500
Kambalda (WA)	Mincor Resources NL	S	0,838	2,70	23.000	3,458	3,60	123.000
Black Swan (WA)	Poseidon Nickel Ltd.	S	3,37	0,63	21.500	30,7	0,58	179.000
Lanfranchi (WA)	Panoramic Resources Ltd.	S	0,942	2,05	19.300	5,937	1,69	100.300
Copernicus (WA)	Panoramic Resources Ltd.	S	0,365	1,03	3.800	0,812	1,23	10.000
Honeymoon Well (WA)	OJSC MMC Norlisk Nickel	S	k. A	k. A	k. A	173,3	0,68	1.180.500
Avebury (TAS)	QCG Resources Ltd.	S	k. A	k. A	k. A	29,3	0,9	263.700
Cosmos (WA)	Glencore Plc	S	k. A	k. A	k. A	13,6	0,78	106.080
Lake Johnston (WA)	Poseidon Nickel Ltd.	S	k. A	k. A	k. A	3,5	1,49	52.000
Sinclair (WA)	Talisman Mining Ltd.	S	k. A.	k. A	k. A	0,55	2,47	13.585
Murrin Murrin (WA)	Glencore Plc	L	200,8	0,95	1.907.600	265,1	0,99	2.624.490
Ravensthorpe (WA)	First Quantum Minerals Ltd.	L	217,4	0,62	1.347.880	247,8	0,62	1.536.360
Cawse (WA)	Wingstar Investments Pty Ltd.	L	k. A	k. A	k. A	55,518	0,72	397.900
SCONI (QLD)	Metallica Minerals Ltd.	L	k. A	k. A	k. A	70,7	0,5	351.800
Lucky Break (QLD)	Metallica Minerals Ltd.	L	k. A	k. A	k. A	1,132	0,75	8.595
Brolga (QLD)	Queensland Nickel Resources Pty Ltd.	L	k. A	k. A	k. A	k. A	k. A	k. A

nutzbar sein. Höhere Gehalte an Arsen, Magnesium und Aluminium sind unerwünscht, da sie die Weiterverarbeitung der Erze und Konzentrate negativ beeinflussen. So führen höhere Gehalte an Aluminium und Magnesium bei der hydrometallurgischen Behandlung zu einem entsprechend höheren Verbrauch von Schwefelsäure und damit auch zu höheren Verarbeitungskosten und erfordern entsprechend höhere Aufwendungen in die Betriebssicherheit.

Die derzeit in Produktion stehenden australischen Nickelsulfidlagerstätten des Kambalda-Typs liefern jährlich jeweils etwa 10.000 t bis 15.000 t Nickel im Erz, wobei die Ni-Gehalte zwischen 1,5 % und 5,5 % variieren. Die Gesamtressourcen dieser Lagerstätten liegen zwischen 0,5 Mio. t und 7,0 Mio. t Erz. In Anbetracht des zurzeit sehr niedrigen Nickelpreises von deutlich unterhalb 15.000 US$/t Nickel sollten für kommende Nickelprojekte zumindest die vorgenannten Anforderungen erfüllt sein. Dies gilt vor allem für die derzeit weit fortgeschrittenen Projekte Windarra und Nova-Bollinger. Die Jahresproduktion aus den Nickelsulfidlagerstätten des Mt. Keith-Typs beträgt 35.000 t bis 45.000 t. Die Gesamtressourcen dieser Lagerstätten betragen zumeist > 200 Mio. t Erz. Wie die jüngsten Funde im Albany-Fraser Orogen gezeigt haben (Nova Bollinger), besteht auch weiterhin eine große Aussicht auf mögliche Neufunde insbesondere von Nickelsulfidvorkommen.

In Nickellateritlagerstätten liegen die Ni-Gehalte weltweit üblicherweise bei etwa 1,5 %. Bei den australischen Vorkommen handelt es sich um sogenannte trockene Laterite, die durch eine fehlende Abreicherung an Silizium und Aluminium gekennzeichnet sind. Die Ni-Gehalte erreichen hier nur Werte von bis zu 1 %. Durch eine Aufbereitung (Entfernung des Kieselsäureanteils) kann der Ni-Gehalt aber auf etwa 1,5 % angehoben werden. Höhere Gehalte an Magnesium und Aluminium sind für die weitere Verarbeitung der Laterite unerwünscht, da sie zu einem wesentlich erhöhten Verbrauch von Schwefelsäure im Rahmen der Laugung führen. Während die Mg-Gehalte in der Limonitzone der Laterite im Allgemeinen niedrig sind, erreichen sie aber erhöhte Werte in der unterlagernden Saprolitzone. In den derzeit in Produktion stehenden australischen Lateritprojekten werden jährlich etwa 30.000 bis 40.000 t Nickel im Erz gefördert. Durch das seit 2014 in Indonesien bestehende Exportverbot für Nickellateriterze sind zwischenzeitlich australische Laterite wieder verstärkt in den Fokus geraten und haben zur Wiederbelebung, z. B. der Projekte in Queensland beigetragen.

Im Allgemeinen wird die Wirtschaftlichkeit einzelner Vorkommen unter anderem stark von den individuellen Abbau- und Verarbeitungskosten sowie der lokalen Infrastruktur bestimmt. Insgesamt empfiehlt es sich, den australischen Nickelmarkt weiterhin genau zu beobachten; z. B. hinsichtlich der zukünftigen Entwicklung bei der BHP Billiton Group, die bereits im Jahr 2014 versuchte, ihr Projekt Nickel-West zu veräußern. Zurzeit laufen die Abnahmeverträge mit regionalen Erz- und Konzentratlieferanten (Mincor Resources NL, Independence Group NL, Western Areas Ltd., Panoramic Resources Ltd.) für die Aufbereitungsanlage Kambalda bis maximal zum Jahr 2019. Des Weiteren steht für die Hütte Kalgoorlie von BHP Billiton vermutlich Anfang der 2020er Jahre eine umfangreiche Instandsetzung an.

Literatur

BHP Billiton Ltd. (2005): BHP Billiton Announces 100 Percent Ownership Of WMC Resources. – Pressemeldung, 1 S. – URL: http://www.bhpbilliton.com/investors/news/bhp-billiton-announces-100-percent-ownership-of-wmc-resources [Stand 30.05.2015].

BHP Billiton Ltd. (2013): Mining at Perseverance Underground to Cease Due to Safety Concerns. – Pressemeldung, 1 S. – URL: http://www.bhpbilliton.com/investors/news/mining-at-perseverance-underground-to-cease-due-to-safety-concerns [Stand 30.05.2015].

BHP Billiton Ltd. (2014): Annual Report 2014. – 344 S. – URL: http://www.bhpbilliton.com/home/investors/reports/Documents/2014/BHPBillitonAnnualReport2014.pdf [Stand 28.05.20].

Black, L.P., McClenaghan, M.P., Korsch, R.J., Everard, J. L. & Foudoulis, C. (2005): Significance of Devonian–Carboniferous igneous activity in Tasmania as derived from U–Pb SHRIMP dating of zircon. – Australian Journ. Earth Sci., **52**: 807–829.

Britt, A.F., Whitaker, A., Cadman, S., Summerfield, D., Kay, P., Champion, D.C., McKay, A., Miezitis, Y., Porritt, K., Schofield, A. & Jaireth, S. (2014): Australia's Identified Mineral Resources 2014 – Geoscience Australia, Canberra. – URL: http://dx.doi.org/10.11636/1327-1466.2014 [Stand 30.05.2015].

Department of Natural Resources and Mines (2015): Queensland's metalliferous and industrial minerals 2014. – 17 S. – URL: https://www.dnrm.qld.gov.au/__data/assets/pdf_file/0011/271919/metalliferous-industrial-minerals-2014-part-1.pdf [Stand 30.05.2015].

Elias, M. (2006): Lateritic Nickel Mineralization of the Yilgarn Craton. – In: Barnes, S.J. [Hrsg.]: Nickel deposits of the Yilgarn Craton: geology, geochemistry, and geophysics applied to exploration. – Soc. Econ. Geol. Spec. Publ., **13**: 195–210, 9 Abb., 3 Tab., 1 Appendix; Boulder.

Elias, M. (2013): Overview of the Australian Nickel-Cobalt industry. – Australasian Mining Metallurgical Operating Practices, Monograph **28**: 1723–1727, 2 Abb., 3 Tab.; Carlton South.

First Quantum Minerals Ltd. (2015a): 2014 Annual Report. – 113 S. – URL: http://www.first-quantum.com/files/doc_financials/2014/FQM-2014_ANNUAL-REPORT.pdf [Stand 30.05.2015].

First Quantum Minerals Ltd. (2015b): Reserves & Resources. – URL: http://www.first-quantum.com/Our-Business/operating-mines/Ravensthorpe/Reserves-Resources/default.aspx [Stand 30.05.2015].

Glencore plc (2015a): Reserves & Resources as at 31. December 2014. – 64 S. – URL: http://www.glencore.com/assets/investors/doc/reports_and_results/2014/GLEN-2014-Resources-Reserves-Report.pdf [Stand 30.05.2015].

Glencore plc (2015b): Annual Report 2014. – 208 S. – URL: http://www.glencore.com/assets/investors/doc/reports_and_results/2014/GLEN-2014-Annual-Report.pdf [Stand 30.05.2015].

Glencore Xstrata (2014): Reserves & Resources as at 31. December 2013. – 72 S. – URL: http://www.glencore.com/assets/investors/doc/reports_and_results/2013/GLEN-2013-Resources-Reserves-Report.pdf [Stand 30.05.2015].

Gresham, J.J., & Loftus-Hills, G.D. (1981): The geology of the Kambalda nickel field, Western Australia. – Econ. Geol., **76**, 1373–1416; Amsterdam.

Hoatson, D. M., Jaireth, S. & Jaques, A. L. (2006): Nickel sulfide deposits in Australia: Characterstics, resources, and potential. – Ore Geol. Rev., **29**: 177–241, 25 Abb., 6 Tab.; Amsterdam.

Hronsky, J.M.A & Schodde, R.C. (2006): Nickel exploration history of the Yilgarn Craton: from the Nickel boom to today. – In: Barnes, S. J. [Hrsg.]: Nickel deposits of the Yilgarn Craton: geology, geochemistry, and geophysics applied to exploration. – Soc. Econ. Geol. Spec. Publ., **13**: 1–11, 6 Abb., 2 Tab.; Boulder.

Independence Group NL (2014a): Annual report 2014. – 140 S. – URL: http://www.igo.com.au/irm/PDF/3632/2014AnnualReporttoshareholders [Stand 30.05.2015].

Independence Group NL (2014b): Quarterly activities report period ending 30 June 2014. – 29 S. – URL: http://www.independencegroup.com.au/IRM/Company/ShowPage.aspx/PDFs/3613-32019092/IndependenceGroupJune2014QuarterlyActivitiesReport [Stand 30.05.2015].

Independence Group NL (2015): Independence to acquire Sirius. – Pressemeldung, 6 S. URL: http://www.independencegroup.com.au/IRM/Company/ShowPage.aspx/PDFs/3932-10000000/SIRIndependencetoacquireSirius [Stand 30.05.2015].

McKay, A. D., Miezitis, Y., Porritt, K., Britt, A. F., Champion, D.C., Cadman, S., Towner, R., Summerfield, D., Whitaker, A., Huston, D., Jaireth, S., Sexton, M., Schofield, A., Hoatson, D., Senior, A. B. & Carson, L. (2014): Australia's Identified Mineral Resources 2013. – Geoscience Australia, Canberra, Australia. – URL: http://dx.doi.org/10.11636/1327-1466.2013 [Stand 30.05.2015].

Metallica Minerals Ltd. (2013): JORC 2013 Sc-Co-Ni Resource Upgrade. – Pressemeldung, 5 S. – URL: http://www.metallicaminerals.com.au/sites/default/files/JORC% 202013%20Sc-Co-Ni%20Resource%20Upgrade.pdf
[Stand 30.05.2015].

Metallica Minerals Ltd. (2015): Quarterly Report to 31 March 2015. – 20 S. – URL: http://www.metallicaminerals.com.au/sites/default/files/march_quarterly_report.pdf
[Stand 30.05.2015].

Mincor Resources NL (2014): Annual report 2014. – 108 S. – URL: http://www.mincor.com.au/images/mincor---ohciebietu.pdf
[Stand 30.05.2015].

Mincor Resources NL (2015): Current mining operations & Nickel projects. – Internetseiten von Mincor Resources NL. – URL: http://www.mincor.com.au/kambalda_nickel_operations/ current_mining_operations___nickel_projects.phtml
[Stand 30.05.2015].

MMG Limited (2014): Mineral Resources and Ore Reserves Statements. – URL: http://www.mmg.com/en/About-Us/~/media/Files/Investors%20and%20Media/MMG%20 Corporate%20News/2014/MMG%202014%20June%20Mineral%20Resources%20and%20Ore%20Reserves%20Statement.ashx
[Stand 30.05.2015].

Mudd, G. M. (2007): An analysis of historic production trends in Australian base metal mining. – Ore Geol. Reviews, **32**: 227 – 261, 22 Abb., 3 Tab.; Amsterdam.

OJSC MMC Norilsk Nickel (2014): Norilsk Nickel announces the disposal of its Avalon and Cawse nickel assets currently held in care and maintenance in Australia. – Pressemeldung, 1 S. – URL: http://www.nornik.ru/en/newsroom/news-and-pressreleases/ news/norilsk-nickel-announces-the-disposal-of-its-avalon-and-cawse-nickel-assets-currently-held-in-care-and-maintenance-in-australia [Stand 30.05.2015].

OJSC MMC Norilsk Nickel (2015): Annual report 2014. – 239 S. – URL: http://www.nornik.ru/assets/files/Annual-Report-2014_Norilsk-Nickel.pdf
[Stand 30.05.2015].

Panoramic Resources Ltd. (2009a): Lanfranchi – customer extends offtake for nine years & acceots FY2009/10 tonnage. – Pressemeldung, 1 S. – URL: http://panoramicresources.com/wp-content/sharelink/20090807-lanfranchi-offtake-agreement-extended-87563333566866823.pdf
[Stand 30.05.2015].

Panoramic Resources Ltd. (2009b): Additional 10 year offtake secured for Savannah concentrate. – Pressemeldung, 4 S. – URL: http://panoramicresources.com/wp-content/sharelink/20091120-savannah-offtake-extended-67554338596885511.pdf
[Stand 30.05.2015].

Panoramic Resources Ltd. (2014a): Quarterly Report for the period ending 30 June 2014. – 31 S. – URL: http://panoramicresources.com/wp-content/uploads/2014/11/Quarterly_to_ Jun _20141.pdf
[Stand 26.03.2015].

Panoramic Resources Ltd. (2014b): Mineral resources and ore reserves at 30 June 2014 – 63 S. – URL: http://panoramicresources.com/wp-content/sharelink/20141001-mineral-resources-and-ore-reserves-at-30-june-2014-75555543487866952.pdf
[Stand 28.05.2015].

Panoramic Resources Ltd. (2014c): Quarterly Report for the period ending 31 December 2014. – 33 S. – URL: http://panoramicresources.com/wp-content/uploads/2015/01/150130-Quarterly-Report-Dec-2014.pdf
[Stand 26.03.2015].

Panoramic Resources Ltd. (2014d): Major discovery at Savannah. – Pressemeldung, 7 S. – URL: http://panoramicresources.com/wp-content/sharelink/20140218-major-discovery-at-savannah-75464411334896954.pdf
[Stand 26.03.2015].

Panoramic Resources Ltd. (2015): Quarterly Report for the period ending 31 March 2015. – 30 S. – URL: http://panoramicresources.com/wp-content/uploads/2015/04/150430-Quarterly-Report-Mar-2015-FINAL.pdf
[Stand 26.06.2015].

Pawley, M. J., Wingate, M. T. D., Kirkland, C. L., Wyche, S., Hall, C. E., Romano, S. S. & Doublier, M. P. (2012): Adding pieces to the puzzle: episodic crustal growth and a new terrane in the northeast

Yilgarn Craton, Western Australia. – Australian Journal of earth Sciences, **59**: 603-623; Canberra.

Petrow, O. W., Michailow, B. K., Kimelman, S. A., Ledowskich, A. A., Bawlow, N. N., Nezhenskii, I. A., Worob'ew, J. J., Schatow, W. W., Kopina, J. S., Nikolaeva, L. L., Bespalow, E. W.; Boiko, M. S., Wolkow, A. W., Sergeew, A. S., Parschikowa, N. W. & Mirchalewskaja, N. W. (2008): Mineral resources of Russia (in Russian). – Ministry of the Natural Resources of the Russian Federation (VSEGEI): 302 S.; St. Petersburg.

Poseidon Nickel Ltd. (2013): Windarra Definitive Feasibility Study. – 22 S. – URL: http://poseidon-nickel.com.au/wp-content/uploads/2015/02/30_04_20132.pdf
[Stand 30.05.2015].

Poseidon Nickel Ltd. (2014): Poseidon signs Nickel offtake agreement. – Pressemeldung, 4 S. – URL: http://poseidon-nickel.com.au/wp-content/uploads/2015/02/02_10_20142.pdf
[Stand 30.05.2014].

Poseidon Nickel Ltd. (2015a): Pressemeldung, 4 S. – URL: http://poseidon-nickel.com.au/wp-content/uploads/2015/06/POS-initiates-approval-for-W-process-at-BS-FINAL.pdf
[Stand 30.05.2014].

Poseidon Nickel Ltd. (2015b): Quarterly report 31 March 2015. – 14 S. – URL: http://poseidon-nickel.com.au/wp-content/uploads/2015/04/Quarterly-Report-31-March-2015-FINAL.pdf
[Stand 30.05.2015].

Poseidon Nickel Ltd. (2015c): Lake Johnston Bankable Feasibilty Study. – 13 S. – URL: http://poseidon-nickel.com.au/wp-content/uploads/2015/05/LJ-BFS-ASX-FINAL.pdf
[Stand 30.05.2015].

Poseidon Nickel Ltd. (2015d): Poseidon Announces Sale of Nickel Concentrate from Lake Johnston. – Pressemeldung, 2 S. – URL: http://poseidon-nickel.com.au/wp-content/uploads/2015/05/Sale-of-Nickel-Concentrate-ASX-Final.pdf
[Stand 30.05.2015].

Queensland Nickel (2013a): 75 Million Tonne ore supply milestone reached for Queensland Nickel and Port of Townsville. – Pressemeldung, 2 S. – URL: http://www.qni.com.au/ news/Pages/media-releases-item.aspx@NewsID=70.html
[Stand 30.05.2015].

Queensland Nickel (2013b): Brolga Project Stage 2. – 54 S. – URL: http://www.qni.com.au/ news/Documents/EM%20Plan_Brolga%20Stage%202_April%202013_final.pdf
[Stand 30.05.2015].

Roskill (2014): Nickel: Market Outlook to 2018. – 13th Edition, 366 S., 147 Abb., 202 Tab.; London.

Sally Malay Mining Ltd. (2008): Change of company name to Panoramic Resources Ltd. – Pressemeldung, 1 S. – URL: http://panoramicresources.com/wp-content/sharelink/20080612-change-of-company-name--new-asx-code-75653486688851233.pdf
[Stand 30.05.2015].

Sirius Resources NL (2014a): Sirius completes 100% ownership of Nova project. – Pressemeldung, 14 S. – URL: http://www.asx.com.au/asxpdf/20140530/pdf/42py8vp651gkbx.pdf
[Stand 30.05.2015].

Sirius Resources NL (2014b): Definitive feasibility study indicates Nova is a goer. – Pressemeldung, 15 S. – URL: http://www.siriusresources.com.au/documents/NovaNickel Project DefinitiveFeasibilityStudy.pdf
[Stand 30.05.2015].

Sirius Resources NL (2015): Sirius signs 3 year offtake deal for a portion of Nova nickel concentrate. – Pressemeldung, 2 S. – URL: http://www.siriusresources.com.au/documents/ 20150303NovaNickel OfftakeSsgned.pdf [Stand 30.05.2105].

Talisman Mining Ltd. (2015): Quarterly activity report March 2015. – URL: http://clients2.weblink.com.au/news/pdf_1%5C01620447.pdf
[Stand 30.05.2015].

Western Areas Ltd. (2009): Activity report for the period ending 31 March 2009. – 16 S. – URL: http://www.westernareas.com.au/images/files/Quarterly-reports/2009/0904%2022%20 WSA%20March%20quarterly%20_Final.pdf
[Stand 30.05.2015].

WESTERN AREAS LTD. (2014a): Activity report for the period ending 30 June 2014. – 25 S. – URL: http://www.westernareas.com.au/images/files/Quarterly-reports/2014/Western_Areas_ June_2014_Quarterly_Activities_Report.pdf
[Stand 30.05.2015].

WESTERN AREAS LTD. (2014b): Western Areas awards offtake contract to Jinchuan Group. – Pressemeldung, 1 S. – URL: http://clients2.weblink.com.au/news/pdf_2%5C01578695.pdf
[Stand 30.05.2015].

WESTERN AREAS LTD. (2015): Western Areas to acquire the Cosmos Nickel Complex. – Pressemeldung, 18 S. – URL: http://clients2.weblink.com.au/news/pdf%5C01634328.pdf
[Stand 22.06.2015].

WYCHE, S., FIORENTINI, M. L., MILLER, J. L., CAMPBELL, T & MCCUAIG, T. C. (2012): Geology and controls on mineralisation in the Eastern Goldfields region, Yilgarn Craton, Western Australia. – Episodes, **35** (1), 273–282, 5 Abb.; Bangalore.

2.20 Quarzrohstoffe

(Harald Elsner)

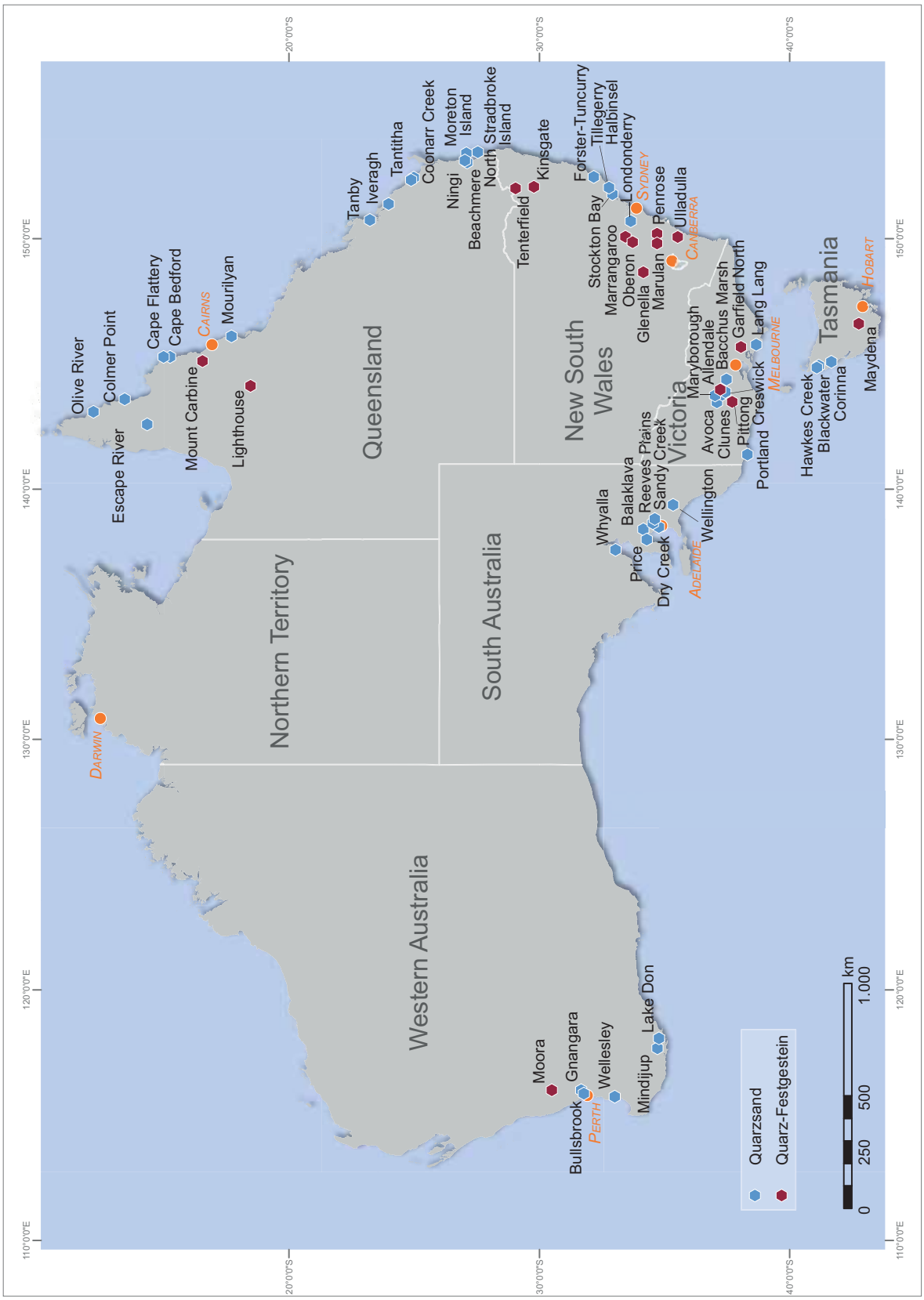


Abb. 2.20.1: Ausgewählte Quarzsandlagerstätten in Australien.

Überblick und Verwendung

Die Gruppe der Quarzrohstoffe umfasst die Rohstoffe Quarz und andere SiO_2-Modifikationen, Quarzsand und -kies, Quarzsandstein, Quarzit, Diatomit, Tripel, Kieselkreide und Hornstein. In dieser Studie werden nur diejenigen Quarzrohstoffen betrachtet, die in Australien größere volkswirtschaftliche Bedeutung haben.

Unter Quarz sollen hier die als Bergkristall, Gang- und Pegmatitquarz abgeschiedenen, hochreinen Quarze definiert sein. Sie finden unter anderem Verwendung in der Herstellung von Quarzglas, optischem Glas, Rohsilizium, Reinstsilizium, Ferrosilizium und Chromsilizium.

Quarzsande sind Produkte einer intensiven Verwitterung, bei der außer Quarz alle anderen Gesteinsminerale zersetzt und/oder fortgeführt wurden. Quarzsande haben vielfältigste Einsatzmöglichkeiten, wobei die Verwendung für die Glasherstellung, als Formsand in Gießereien, als Füllstoff in Kunststoffen, Farben und Asphalt, als Quarzmehl, als Frac-Sand, als Schleif- und Putzmittel sowie die Verwendung in der Herstellung von Kalksandsteinen die wichtigsten sind. In Australien werden Quarzsande – mangels anderer lokaler Alternativen – auch als normale Beton- oder Füllsande eingesetzt.

Quarzkiese sind durch die Abtragung von Gangquarzen und Ablagerung im fluviatilen Bereich entstandene Lockergesteine. Sie finden Verwendung als Siliziumrohstoff, als Filtermaterial, als besonders hochwertiger Betonzuschlag und als Dekorationsmaterial beim Hausbau.

Quarzsandsteine sind Sedimentgesteine, die im Wesentlichen aus Quarzkörnern bestehen und die zudem durch ein kieseliges Bindemittel verkittet sind. Sie werden abgebaut, wenn unverfestigte Quarzsande nicht in ausreichender Menge zur Verfügung stehen und haben nach ihrer Aufbereitung ähnliche Einsatzgebiete.

Quarzite sind natürlich auftretende SiO_2-Rohstoffe mit SiO_2-Gehalten > 96 M.-%. Nach der Genese unterscheidet man die metamorph entstandenen Felsquarzite und die mit Bindemittel feinstkörnig rekristallisierten Zementquarzite. Quarzite werden in großen Mengen in der Ferrosilizium- und in der Feuerfestproduktion, als Straßenbaumaterial, als Naturwerkstein und als Mahlkörper eingesetzt.

Wichtige Vorkommen in Australien

In Australien existieren zahlreiche bedeutende Quarzsandlagerstätten, von denen auch viele in Produktion stehen. Quarzsand wird derzeit, mit Ausnahme des Northern Territory, in allen Bundesstaaten gewonnen (Abbildung 2.20.1). Die letzten publizierten Produktionsdaten sind:

- Queensland (2.185.788 t im Jahr 2013/14),
- Victoria (604.474 t (Verkauf) im Jahr 2011/2012),
- Western Australia (438.571 t (Verkauf) im Jahr 2013),
- South Australia (224.439 t im Jahr 2015),
- New South Wales (133.103 t im Jahr 2010/2011) und
- Tasmania (85.897 t im Jahr 2011/2012).

Quarz bzw. Quarzit wird abgebaut in:

- New South Wales (191.083 t in 2010/2011),
- Western Australia (126.102 t (Verkauf) in 2013),
- Queensland (81.435 t in 2014/15) und
- South Australia (45.930 t in 2015).

Queensland

Queensland ist durch seine lange Küste besonders reich an Quarzsandvorkommen, die fast ausschließlich in holozänen Küstendünenfeldern sowie in etwas älteren Strandwallebenen auftreten (Connah 1976, Cooper 1993, Carmichael & Cooper 1996). Die Mehrheit dieser Vorkommen ist allerdings, da sie küstennah liegen, inzwischen durch konkurrierende Nutzungen (Tourismus, Bebauung, Landwirtschaft, Naturschutz) für den Rohstoffabbau nicht mehr zugänglich.

Bei Cape Flattery, 60 km nördlich von Cooktown bzw. 200 km nördlich Cairns, liegt das Dünenfeld **Cape Flattery-Cape Bedford** (Abbildung 2.20.2). Es erstreckt sich über 55 km Länge und bis zu 22 km Breite auf einer Fläche von insgesamt 580 km^2. Einzelne der durch die vorherrschenden Winde aus Südost entstandenen Dünen erreichen bis 7 km Länge und 40 m Höhe (Cooper & Sawers 1990). Hier wird seit 1967 Quarzsand gewonnen.

Zwischenzeitlich ist der Betreiber, die Cape Flattery Silica Mines Pty Ltd., seit 1977 ein Unternehmen der Mitsubishi Corporation, zu einem der weltgrößten Produzenten und Exporteure von Quarzsand aufgestiegen. In Abbau stehen holozäne, vegetationsfreie, schneeweiße, gut sortierte Küstendünen, die im Geschäftsjahr 2012/2013, nach Abtrennung der enthaltenen Schwerminerale, 1.651.223 t hochwertigen Quarzsand für die Glas-, Gießerei- und chemische Industrie lieferten. Es soll sich damit um die größte Einzelproduktionsmenge von Quarzsand aus einem einzigen Abbau in der Welt handeln. Der vor Ort aufbereitete Quarzsand wird seit 1987 über einen eigens gebauten Jetty nach Japan und andere asiatische Länder exportiert. Die Standardqualität enthält angabengemäß 99,90 % SiO_2, 0,07 % Al_2O_3, 0,02 % Fe_2O_3, 0,02 % TiO_2 und 0,003 % CaO. Der AFS-Wert beträgt 60,20. Die Reserven gibt der Betreiber mit rund 200 Mio. t, das Queensland Resource Council mit 500 Mio. t Quarzsand an. Die „Inferred Resources" betragen > 1 Mrd. t Quarzsand.

Im Jahr 2001 eröffnete Unimin Australia Ltd. einen Quarzsandabbau auf **North Stradbroke Island**, offshore vor Brisbane. Im Mai 2009 übernahm Unimin Australia Ltd., im Dezember 2010 umbenannt in Sibelco Australia Ltd., die ehemalige Consolidated Rutile Ltd. (CRL). Diese war seit 1966 mit verschiedenen Schwermineralabbaustellen ebenfalls auf North Stradbroke Island vertreten gewesen. Derzeit werden auf dieser Insel von Sibelco Australia Ltd. Quarzsand aus dem Tagebau Myora – durch das Tochterunternehmen ACI Operations Pty Ltd. mit rund 400.000 t/Jahr – sowie mittels Saugschiffen Schwerminerale (Zirkon, Ilmenit, Rutil) aus den Tagebauen Enterprise und Yarraman gewonnen. Der Quarzsandtagebau Vance wurde im Juni 2013 geschlossen, nachdem er im Finanzjahr 2012/2013 noch 260.305 t Quarzsand geliefert hatte (Department of Natural Resources and Mines 2013). Der Quarzsand von North Stradbroke Island (typisch: > 99,65 % SiO_2, 0,01 % Fe_2O_3, 0,03 % Al_2O_3, 0,035 % TiO_2, jeweils 0,013 % CaO/MgO/Na_2O/K_2O) findet in der Produktion von Hohlglas und verschiedenen Spezialgläsern Verwendung. Alle Betriebe auf North Stradbroke Island befinden sich in hohen, spätquartären Küstendünen. Die abbaubare Quarzsandmächtigkeit beträgt im Mittel rund 10 m.

Abb. 2.20.2: Sanddünen bei Cape Flattery (Foto: Roisterer/Wikimedia).

Im Jahr 2011 wurde zum ökologischen Schutz der Insel der „North Stradbroke Island Protection and Sustainability Act" beschlossen, der die Einstellung Schwermineralgewinnung zum 31.12.2019 und des Quarzsandabbaus zum 31.10.2025 vorsieht. Der im März 2012 neu gewählte Premierminister von Queensland hat jedoch angekündigt, diese zeitlichen Befristungen wieder aufheben zu wollen. Gegenwärtig laufen Klagen gegen die bestehenden Abbaugenehmigungen.

Cement Australia Pty Ltd., eine Beteiligung der HeidelbergCement AG (25 %) und der schweizerischen Holcim AG (75 %), betreibt bei **Iveragh**, 2 km südöstlich von Tannnum Sands, ebenfalls eine Quarzsandgrube. Das hier geförderte Material, jährlich rund 100.000 t, dient zur Versorgung des Zementwerkes Cement Australia Fishermans Landing, 10 km nordwestlich von Gladstone. Die „Proved Reserves" dieser Strandwalllagerstätte betrugen 1998 rund 4 Mio. t Quarzsand.

Das Strandwall-Quarzsandvorkommen **Ningi** (Abbildung 2.20.3) befindet sich nordöstlich Beachmere bzw. rund 42 km nördlich von Brisbane und enthält sowohl küstennahe äolische Feinsande als auch fluviatile Grobsande frühholozänen Alters mit bis zu 7 m Mächtigkeit. Lizenzinhaber ist Pacific Silica Pty Ltd., ein Joint Venture zwischen Wearnes International Ltd. und zwei Familien aus Brisbane. Über ihr Handelsunternehmen Southern Pacific Sands Pty Ltd. wird der produzierte Quarzsand – im Geschäftsjahr 2012/2013 26.191 t – in der Bau-, Gießerei-, Wasserfilter-, Glas- und Spezialsandindustrie vermarktet. Die „Inferred Resources" des seit 1993 in Abbau stehenden Vorkommens betragen rund 15 Mio. t Quarzsand.

Abb. 2.20.3: Satellitenaufnahme des Quarzsandtagebaus Ningi nordöstlich Beachmere, Queensland. (Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung von SNL).

2 km nördlich von Beachmere liegt eine weitere, derzeit aufgelassene Quarzsandgrube der Pacific Silica Pty Ltd., für die jedoch eine neue Betriebsgenehmigung beantragt wurde (Department of Natural Resources and Mines 2013).

19 km südlich von Bundaberg gewinnt die lokale Earth Commodities Bundaberg Pty Ltd. (ehemals Sunstate Sands (Australia) Pty Ltd.) bei **Coonarr Creek** seit 1996 relativ groben schneeweißen Quarzsand (250 µm – 5 mm) für die Gießerei-, Bau-, Dekorations- und Wasserfilterindustrie. Im Geschäftsjahr 2012/2013 wurden 42.519 t Quarzsand gefördert. Die Abbaustelle liegt in einem Vorranggebiet für die Rohstoffindustrie und ist infrastrukturell hervorragend erschlossen. Auch dieses Strandwallvorkommen ist von sehr hoher Qualität (im Mittel 99,5 % SiO_2), führt als einzige Verunreinigung Schwerminerale und weist eine durchschnittlichen Mächtigkeit von 6 m und damit Gesamtvorräte von geschätzt 9 Mio. t auf, von denen aber nur 480.000 t durch Earth Commodities Bundaberg wirtschaftlich gewinnbar sein sollen. Auch nördlich Bundaberg, bei Tantitha, wird Quarzsand abgebaut. Alle anderen ehemaligen Quarzsandgruben um Umfeld von Coonarr Creek sind offenbar geschlossen.

45 km westlich von Townsville, an der Harvey Range Road, liegt das kleine Quarzsandvorkommen **Bedrock**. Es handelt sich um residuale Quarzsande, die durch Verwitterung eines permzeitlichen Granits entstanden sind und von denen jährlich lediglich 1.000 t durch die Bedrock Landscapes Supplies (QLD) Pty Ltd. abgebaut werden.

In **Tanby**, 33 km nordöstlich von Rockhampton, befindet sich eine Quarzsandgrube des familiengeführten Unternehmens Barlows Earthmoving Pty Ltd., ebenfalls in einer Strandwallebene. Der hier anstehende Quarzsand enthält im Mittel 99 % SiO_2 und wird ohne weitere Aufbereitung vor allem an Privatkunden zu Dekorations- und Bauzwecken und zur Gestaltung von Golfplätzen ausgeliefert. Farblich nicht rein weißer Sand findet als Füllsand, Mörtelsand oder als Betonzuschlagstoff Verwendung.

Die Strandwall-Quarzsandlagerstätte **Mourilyan** erstreckt sich über 22 km Länge entlang der Küste von Kurrimine im Süden bis Mourilyan Harbour im Norden, inmitten heute landwirtschaftlich genutzter Flächen. 1993 beantragte die Calcifer Industrial Minerals Pty Ltd. (2008 übernommen von der Solar Silicon Resources Group Pty Ltd.

(siehe unten)) ein Lizenzgebiet von 20 km südlich von Innisfall, in dem damals bis in 5 m Teufe „Indicated Resources“ von rund 10,7 Mio. t Quarzsand @ 99,0 % SiO_2 ermittelt wurden. Der Quarzsand enthält > 99,9 % SiO_2 und ist als Glas-, Form- und Spezialglassand nutzbar.

Weitere große Quarzsandvorkommen in Queensland ohne Lizenznehmer (alle aufgrund fehlender Infrastruktur, aber hauptsächlich aufgrund konkurrierender Nutzungen) sind:

– **Colmer Point** (südlich Cape Sidmouth, 37 km ostsüdöstlich von Coen bzw. 390 km nordwestlich von Cairns bzw. 41 km von der nächsten Asphaltstraße): holozäne Küstendünen aus schwermineralhaltigen Quarzsanden mit „Inferred Resources“ von 192 Mio. t Quarzsand bzw. 600 Mio. t Sand @ 0,68 % Ilmenit (4,08 Mio. t Ilmenit), 0,17 % Zirkon (1,02 Mio. t Zirkon) und 0,06 % Rutil (360.000 t Rutil). Colmer Point liegt in einem Naturschutzgebiet.
– **Moreton Island** (55 km nördlich von Brisbane): zu 98 % als Moreton Island Nationalpark unter Schutz gestellt, mit „Indicated Resources“ von 407 Mio. t Quarzsand sowie großen Mengen an Schwermineralen (Ilmenit, Zirkon, Rutil, Monazit u. a.). Früher wurde auch aus der Moreton Bay Quarzsand mittels Schleppschaufelbagger gewonnen.
– **Escape River** (39 km südlich von Cape York bzw. 670 km nordwestlich von Cairns): holozäne Küstendünen mit „Probable Reserves“ von 30 Mio. t Quarzsand @ 99,70–99,78 % SiO_2, 0,011–0,014 % Fe_2O_3, 0,04–0,06 % Al_2O_3, 0,026–0,064 % TiO_2, < 0,01 % CaO, < 0,01 % MgO, < 0,001 % Cr_2O_3 und 0,10–0,15 % LOI über „Inferred Resources“ von 230 Mio. t Bauxiterz. Escape River liegt in einem Naturschutzgebiet.
– Das Dünenfeld **Olive River** (Temple Bay) reicht vom Olive River im Süden bis nach Shelburne Bay im Norden und 15 km landeinwärts. Es erstreckt sich über 550 km² Fläche und ist durch aktive parabelförmige und langgestreckte Sanddünen charakterisiert, die sich, ähnlich wie Cape Flattery, durch die vorherrschenden Winde aus Südosten gebildet haben (Cooper & Sawers 1990). Zudem finden sich hier auch ältere, bereits stabilisierte Dünen mit Lateritbildung. Die Dünen bestehen aus fast reinem Quarzsand mit Schwermineralgehalten (vor allem Ilmenit und Zirkon) zwischen 0,024 und 0,206 %. Die geschätzten Gesamtvorräte bzw. „Probable Reserves“ des gesamten Olive River Dünenfeldes liegen bei 1 Mrd. t bzw. 40 Mio. t Quarzsand. Die „Proved Reserves“ der beiden großen, bis zu 80 m hohen und 1,5 km langen Dünen Conical Hill und Saddle Hill betragen 8,76 Mio. t Quarzsand. Im Umkreis von 16 km um Round Point wurden Vorräte von > 200 Mio. t hochwertigen Quarzsandes nachgewiesen (Cooper & Sawers 1990). Große, aber nicht alle Teile des Olive River Dünenfeldes liegen in Nationalparks. Ein qualitativer Vergleich der aufbereiteten Quarzsande von Cape Flattery und Shelburne Bay ist Tabelle 2.20.1 zu entnehmen.

Ein Quarzvorkommen liegt unweit der kleinen Ortschaft **Mount Carbine**, rund 75 km nordwestlich von Cairns. Hier finden sich in der Aureole des nahen Mount Carbine Granits mehrere Zonen mit Quarz- und Quarz-Feldspat-Gängen, die zudem bereichsweise Wolframit führen (vgl. Kapitel

Tab. 2.20.1: Vergleich der Quarzsande von Cape Flattery und Shelburne Bay (beide Queensland) (Cooper & Sawers 1990).

	Cape Flattery Exportqualität (M.-%)	Shelburne Bay Conical Hill (M.-%)
SiO_2	99,82	99,80
Al_2O_3	0,05	0,037
Fe_2O_3	0,010	0,001
CaO	< 0,01	< 0,01
MgO	< 0,01	k. A.
K_2O	k. A.	< 0,01
TiO_2	0,020	0,013
Cr_2O_3	k. A.	0,0001
LOI	0,10	k. A.
> 425 µm	2,66	0,10
425–300 µm	10,07	6,16
300–212 µm	32,27	28,62
212–150 µm	47,58	47,58
150–106 µm	7,34	16,34
< 106 µm	0,08	0,20
AFS-Wert	61,7	66,9

k. A. = keine Angaben

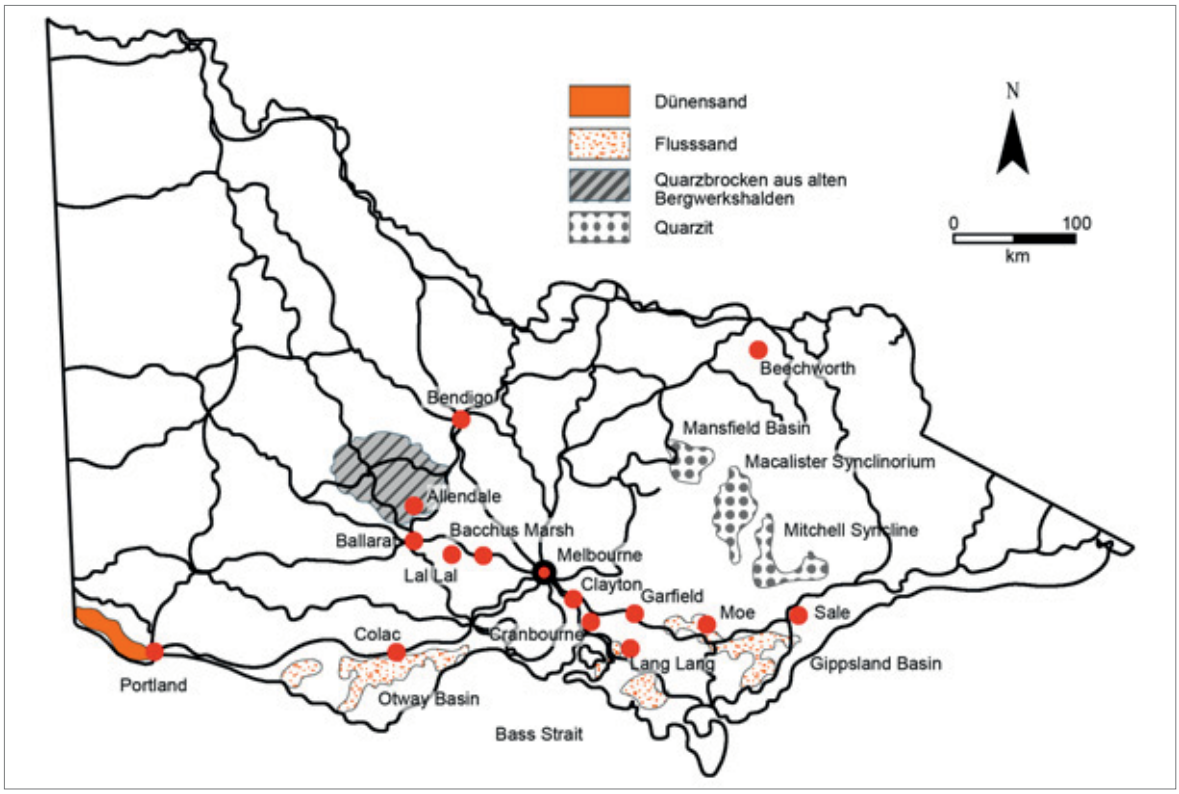


Abb. 2.20.4: Vorkommen von Quarzrohstoffen in Victoria (McHafie & Buckley 1995).

2.26). Die Qualität des Quarzes ist nicht publiziert, er wurde aber bisher offenbar ausschließlich als Straßenbaustoff verwendet. Nach von Gnielinski (2013) geht die gesamte Produktion von Festgesteinsquarz in Queensland im Geschäftsjahr 2011/2012 auf dieses Vorkommen zurück.

Festgesteinsquarz wird seit Mitte 2011 auch von der in Singapur ansässigen Solar Silicon Resources Group Pty Ltd. aus der Quarzlagerstätte **Lighthouse** (rund 30 km südwestlich von Mount Surprise) gewonnen. Dort streichen hochreine Quarzgänge mit 99,8 % SiO_2 in zwei morphologisch deutlich sichtbaren Hügeln aus. Nach Aufbereitung weist der feingemahlene Quarz > 99,997 % SiO_2 auf und ist damit für alle Spezialzwecke geeignet. Die Ressourcen betragen 1,83 Mio. t, wobei der Betreiber schätzt, dass weitere 3 bis 5 Mio. t Quarz abbaubar sind. Nach diesen Angaben soll es sich damit um das weltgrößte Vorkommen von natürlichem hochreinem Quarz handeln.

Neben Lighthouse und Mount Carbine nennen Connah (1976) und von Gnielinski (2013) rund ein Dutzend weiterer Quarzvorkommen in Queensland, die zum Teil auch schon in Produktion standen.

Victoria

Victoria ist ein großer Verbraucher von Quarzrohstoffen in Australien und besitzt auch eigene Lagerstätten (Abbildung 2.20.4). Zukünftiges Potenzial besteht in der höherwertigen Nutzung von Bausandvorkommen sowie in der Untersuchung und gegebenenfalls Nutzung der Gebiete in der Umgebung bestehender Abbaustellen im Inland. Die küstennahen Dünen Victorias sind dagegen reich an Calcium und nicht nutzbar.

Südöstlich von **Lang Lang** stehen seit den 1950er Jahren – zwischenzeitlich in vier großen Abbaustellen mit hervorragender infrastruktureller Anbindung – quartäre Dünen- und flachmarine Sande in Abbau (Abbildung 2.20.5). Sie besitzen eine feine bis mittlere Korngröße und sind arm an Verunreinigungen und Ton. Mit zunehmendem Abbau musste die Gewinnung jedoch auch in die dort liegenden tertiären Flusssande ausweichen, die ein wesentlich größeres Korngrößenspektrum besitzen und unreiner sind. Ursprünglich wurde der Sand nur im Trockenschnitt, seit 1974 jedoch auch im Nassabbau gewonnen. Die durchschnittliche Jahresproduktion des größten Betreibers

Abb. 2.20.5: Satellitenaufnahme der südlichen Quarzsandtagebaue bei Lang Lang, Victoria (Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung von SNL).

Abb. 2.20.6: Satellitenaufnahme der Quarzkiesresthalden alter Goldseifenabbaue nordnordwestlich Allendale, Victoria (Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung von SNL).

(ACI Industrial Minerals Pty Ltd., eine Tochter von Sibelco Australia Ltd.) liegt bei 240.000 t. Der Feinsand (i. M. 99 % SiO_2 und 1 % Schwerminerale: 0,88 % Al_2O_3, 0,28 % Fe_2O_3, 0,18 % TiO_2) aus Lang Lang geht vorwiegend in die Glasproduktion, zudem wird in der eigenen Aufbereitungsanlage in Dandenong Quarzsand in Glassandqualität zu Quarzmehl aufgemahlen. Formsand aus Lang Lang wurde auch in der australischen Automobilindustrie eingesetzt. Weiterhin gelangt ein Teil des Quarzsandes per Bandanlage in eine benachbarte Anlage der Commercial Minerals Ltd., ebenfalls eine Tochter von Silbeco Australia Ltd., wo 10.000 bis 12.000 t/Jahr mit Kugelmühlen feinst aufgemahlen und dann in der Produktion von Fiberglas sowie Zahnpasta, Keramik, Industriereinigungsmitteln u. v. a. m. eingesetzt werden (McHafie & Buckley 1995).

Commercial Minerals Ltd. besitzt auch eine Aufbereitungsanlage bei **Cranbourne**, wobei der dort verarbeitete Sand aus den gruppeneigenen Gruben bei Lang Lang, Cranbourne sowie Fremdquellen im westlichen Gippsland stammt. Die Verarbeitungskapazität bei Cranbourne liegt bei 150.000 bis 200.000 t/Jahr.

Bei **Allendale** (Abbildung 2.20.6) hat Commercial Minerals Ltd. Zugriff auf Quarzkieshalden einer ehemaligen, unter Tage abgebauten Goldseifenlagerstätte (Berry Lead). Die reinen Quarzkiese werden fraktioniert, wobei die Fraktion > 6 mm für Wasserfilterzwecke verwendet wird. Feineres Material wird in Kugelmühlen zu Quarzmehl aufgemahlen und danach in der Porzellan-, Farben-, Keramik- und Töpfereiindustrie sowie als Industriefüller eingesetzt.

Ähnliche Goldseifen standen im Gebiet von Avoca-Clunes-Maryborough-Creswick in Abbau und besitzen ebenfalls Quarzkiespotenzial. Seit 1996 ist Creswick Quartz Pty Ltd. in den Distrikten von **Creswick** und **Smeaton** aktiv und produziert dort Quarzkiese verschiedener Körnungen für die Landwirtschaft, die Glas-, Keramik- und Wasserfilterindustrie sowie für die Herstellung von Rohsilizium. Creswick Quartz hat Zugriffsrechte auf alte Halden > 1 Mio. t Quarzkies @ 6 – 200 mm Durchmesser sowie potenzielle, noch unverritzte Quarzkiesressourcen > 100 Mio. t Inhalt in einem 350 km^2 großen Gebiet. Das Unternehmen plant zukünftig aus den dortigen Quarzkiesen @ 99,995 % SiO_2 hochreinen Quarz @ 99,999 % SiO_2 für die Halbleiter- und Solarindustrie herzustellen. Bereits vorliegende Analysenwerte sind auf der Homepage von Creswick Quartz zu finden.

Nördlich **Bacchus Marsh** sind Schichten mit feinkörnigen Quarzsanden und Schluffen der Werribee Formation aufgeschlossen. Der dortige große Abbau wird zwischenzeitlich durch Hanson Construction Materials, ein Unternehmen der HeidelbergCement AG, betrieben. Der Quarzsand ist von relativ schlechter Qualität, doch wurde er früher nach seiner Aufbereitung auch als Formsand genutzt.

Quartäre Dünensande werden westlich von **Portland** durch Kalari Pty Ltd. abgebaut. Dieser Sand wird nach Hawaii zur dortigen Zementproduktion exportiert.

Nennenswerte Mengen an Quarzsplitt fallen bei der Aufbereitung von Kaolin bei **Pittong** durch das Unternehmen ECC International an (vgl. Kapitel 2.14). Dieses Material wird bisher nur lokal zum Wegebau genutzt.

Zu den auf ihr Industriemineralpotenzial (Quarz, Feldspat) untersuchten Graniten in Victoria gehören die Granite von **Beechworth und Tynong** bei Garfield North (McHafie & Buckley 1995). Auch die teils hochreinen Quarzsande im Abraum der Braunkohlengruben der Anglesea und Latrobe Valley Kohlenfelder sind bisher ungenutzt.

Western Australia

Western Australia besitzt aufgrund seiner großen Sandebenen, sowohl im Inland als auch küstennah, ein extrem hohes Potenzial an Quarzsandvorkommen (Abbildung 2.20.7). Die Entwicklung der küstenfernen Vorkommen, fernab jeglicher Infrastruktur und weitab von den Verbraucherzentren, erscheint allerdings wenig erfolgversprechend.

Der weitgehend reine, gut sortierte und gerundete Sand der pleistozänen Bassendean Sand Formation, die sich im Perth Basin im Bereich von 23 km nördlich Jurien bis 15 km südwestlich Busselton und damit im Hinterland aller Bevölkerungszentren Westaustraliens erstreckt, ist für die meisten Quarzsandanwendungen einsetzbar und war daher bisher das Hauptziel von Investoren (Abeysinghe 2003). Die Gesamtressourcen an Quarzsand in Western Australia werden auf 324 Mio. t

geschätzt, wovon 292 Mio. t der Bassendean Sand Formation zuzuordnen sind. Allerdings ist aber auch in Western Australia ein Großteil der Verbreitungsfläche dieses Sandes durch konkurrierende Nutzungen (Besiedlung, Landwirtschaft, Wassergewinnung, Naturschutz) zwischenzeitlich blockiert und damit für den Rohstoffabbau nicht mehr zugänglich.

Bei Lexia, an der Gaskell Avenue (rund 23 km nördlich von Downtown Perth) baut Rocla Pty Ltd., ein Tochterunternehmen der neuseeländischen Fletcher Building Group, seit 1989 auf einer Konzessionsfläche von 530 ha einen Teil des rund 20 km² großen Quarzsandvorkommens **Gnangara** (Abbildung 2.20.8) ab (CARTER 1976). Die Lagerstätte liegt im Bassendean-Sandgürtel

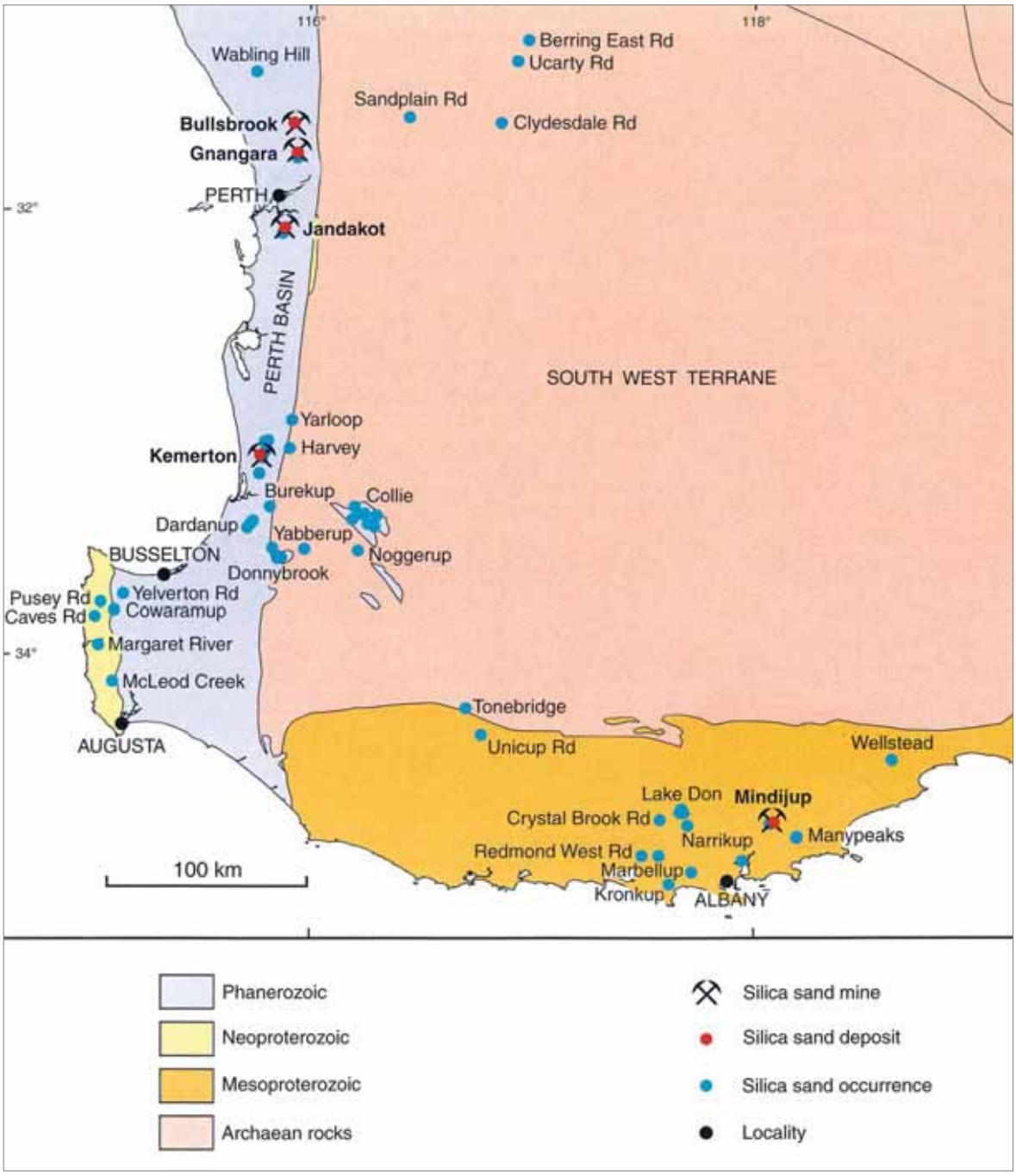


Abb. 2.20.7: Vorkommen und in Abbau stehende Lagerstätten von Quarzsand im Südwesten von Western Australia (ABEYSINGHE 2003). Die Gewinnung in Jandakot und Bullsbrook wurde zwischenzeitlich eingestellt bzw. gestundet.

Abb. 2.20.8: Gewinnung von Quarzsand (hier als ungewaschener Betonsand) aus einem Teil des Quarzsandabbaus Gnangara bei Lexia, Western Australia (Foto: BGR).

aus fossilen, meist schneeweißen Quarzsanddünen, die hier über GW-Spiegel 2 – 15 m Mächtigkeit erreichen. Das Liegende der Quarzsande wurde lagerstättengeologisch noch nicht bewertet bzw. erbohrt, da aus Gründen des Trinkwasserschutzes (Trinkwassereinzugsgebiet für den Norden von Perth) eine Gewinnung praktisch ausgeschlossen ist. Der Quarzsand führt 99,3 – 99,9 % SiO_2, < 0,001 – 0,071 % Fe_2O_3, 0,001 – 0,154 % Al_2O_3, 0,001 – 0,002 % CaO und 0,025 – 0,060 % TiO_2 (Abeysinghe 2003). Die „Proved Reserves“ auf ursprünglich rund 660 ha Explorationsfläche wurden mit 64 Mio. t Quarzsand und 74 Mio. t Betonsand angegeben. Der mittelkörnige und gut gerundete Quarzsand wird, in Abhängigkeit seines organischen Anteils, größtenteils direkt als Füllsand oder Betonsand (letzterer nur zum Teil gewaschen) direkt auf Lkw verladen (2 – 5 Mio. t/Jahr), teils aber auch vor Ort aufbereitet (ca. 250.000 t/Jahr) und von Rocla an lokale Kunden als Form-, Strahl-, Filter-, Glas- und Dekorationssand verkauft (freundliche mündliche Mitteilung, Rocla Pty Ltd.).

Das lokale Bauunternehmen Urban Resources Pty Ltd. hat 2010 beantragt, die Gewinnung im gestundeten Quarzsandabbau 9 km westlich von **Bullsbrook** wieder aufzunehmen. Die dortige Lagerstätte enthält „Indicated Resources“ von 2,6 Mio. t Quarzsand, der bis vor wenigen Jahren auch zur Glasproduktion genutzt wurde.

Kemerton Silica Sands Pty Ltd., seit 2002 in japanischem Besitz (derzeit ein JV des japanischen Glasproduzenten Tochu Corporation (67 %) und des ebenfalls japanischen Handelshauses Toyoto Tsusho Corporation (33 %)), baut seit 1996 nördlich des **Kemerton** Industrial Parks in Wellesley bzw. rund 35 km nördlich des Hafens von Bunbury Quarzsande ab. Diese stellen frühpleistozäne Dünensande des Bassendean Dünensystems dar und erreichen maximal 15 bis 20 m Gesamtmächtigkeit. Unter 1 bis 2 m Abraum folgen im Normalfall 3 bis 5 m mächtige reine Quarzsande, unterlagert von 5 bis 10 m mächtigen leicht tonigen Quarzsanden mit erhöhtem Schwermineral- und Al-Gehalt (< 2 % Al_2O_3). Dieser Al-reichere Quarzsand ist besonders gefragt und wird durch Nassbaggerung gewonnen. Der von Kemerton Silica Sand produzierte Quarzsand wird vollständig über den Hafen von Bunbury nach Japan exportiert (235.657 t in 2013) und dort zur Glas- und Spezialglasherstellung genutzt. Die Gesamtressourcen bei Kemerton betragen >200 Mio. t Quarzsand (Abeysinghe 2003).

Auch bei **Mindijup** (35 km nordöstlich von Albany) bauen Tochu Corporation und Toyota Tshusho Corporation in einem Joint Venture (AustSand Pty Ltd.) eine Quarzsandlagerstätte ab. Der Abbau wurde 1995 durch TT Sands Pty Ltd. als Austsands-Projekt begonnen. Der Quarzsand bei Mindijup ist rein (i. M. 99,5 % SiO_2), gut gerundet und sortiert, eher fein und erreicht eine Mächtigkeit bis 7 m. Er entstand tertiärzeitlich durch Aufbereitung älterer Gesteine und anschließender Akkumulation in topographischen Senken. Die „Indicated Resources“ bei Mindijup werden auf > 20 Mio. t Quarzsand geschätzt. Die Produktion liegt derzeit bei ca. 90.000 t Quarzsand/Jahr für die japanische Gießerei- und Glasindustrie.

Abeysinghe (2003) nennt zahlreiche weitere Quarzsandlagerstätten in Western Australia, davon die meisten mit sehr guter Qualität und Ressourcen von mehreren Hundertausend bis 1 Mio. t Inhalt. Eine Ausnahme ist die Lagerstätte **Lake Don** mit Gesamtressourcen von rund 4 Mio. t Quarzsand, aber stark erhöhten TiO_2-Gehalten.

14 km nördlich von **Moora** (204 km nördlich Perth gelegen) baut SIMCOA Operations Pty Ltd., seit 1996 ein Tochterunternehmen der japanischen Shin Etsu Chemical Corporation, seit 1989 jährlich bis zu 160.000 t (2013: 126.102 t) hochreines proterozoisches Kieselgestein („chert“) in einem ca. 20 m tiefen Tagebau ab. Die Lagerstätte enthält „Proved Reserves“ von > 2 Mio. t zuzüglich „Indi-

Tab. 2.20.2: Chemie (in M.-%) und Korngrößenverteilung (in M.-%) aufbereiteter Quarzsande aus Lexia (nach Rocla Pty Ltd.), Mindijup (Albany bzw. AustSand Silica Sand) und Wellesley (Kemerton Silica Sand) (nach Tochu Corporation).

	Lexia			Mindijup				Kemerton	
	AFS 28-31	AFS 42-46	AFS 50-55	# 27	# 35	# 48	# 90	für Hohlglas	für Flachglas
SiO_2	99,87	99,86	99,86	99,8				95,4	96,8
Al_2O_3	0,018	0,017	0,020	0,01				2,41	1,70
Fe_2O_3	0,009	0,009	0,007	< 0,01				0,024	0,021
CaO	0,002			<0,01				< 0,03	
MgO	0,003			<0,01					
MnO	< 0,001								
Na_2O	0,002		0,003						0,12
K_2O	0,002		0,003					1,80	1,30
TiO_2	0,030	0,035	0,025	0,03	0,02		0,03	0,02	
Cr_2O_3								< 0,00005	
LOI	0,050	0,060	0,070		0,10		0,11	0,25	
> 850 µm	2,1	0,3		3,9	0,4				
850–600µm	26,0	3,9	0,3	23,2	18,4	0,4			0,5
600–425µm	50,6	18,8	2,9	49,1	42,4	14,2	0,3	0,7	6,5
425–300µm	20,2	40,4	31,0	18,6	24,5	37,8	2,0	20,4	32,2
300–212µm	0,8	25,8	43,0	3,3	9,6	31,8	16,6	43,2	37,9
212–150µm	0,1	8,3	18,5	1,2	4,3	13,8	39,0	28,8	18,6
150–106µm		2,1	3,9	0,4	0,3	1,9	24,8	6,4	3,6
106–75 µm		0,3	0,5	0,3	0,1	0,1	13,4	0,4	0,7
75–53 µm		0,1	0,2				3,5	0,1	
< 53 µm							0,4		
AFS-Wert	29,1	44,0	52,5	30,51	34,49	47,06	88,25	57,29	51,48

cated & Inferred Resources“ von > 4 Mio. t Gestein @ 99,3 % SiO_2 (< 0,10 % Fe_2O_3, < 0,30 % Al_2O_3, < 0,03 % TiO_2, < 0,01 % P_2O_5). Ein Großteil des Kieselgesteins (2013: 122.343 t) wird von SIMCOA in der eigenen Siliziumhütte in Kemerton (Abbildung 2.20.9), rund 160 km südlich Perth, zur Produktion von jährlich bis zu 50.000 t (2013: 48.125 t) Siliziummetall @ 99,0–99,4 % SiO_2 genutzt. Dieses wird zu 98 % exportiert, davon rund 15.000 t/Jahr nach Deutschland. Der aus den Abgasfiltern rückgewinnbare Siliziumstaub, rund 11.000 t/Jahr, findet als Feuerfestrohstoff und hochwertiger Zuschlag für Spezialbetone Verwendung. Das nicht zur Siliziumproduktion nutzbare Gestein aus Moora wird nach Zerkleinerung im Landschaftsbau und als Betonzuschlagstoff eingesetzt (freundliche mündliche Mitteilung, SIMCOA).

Abb. 2.20.9: Guss von Siliziummetall in der Siliziumhütte von SIMCOA in Kemerton, Western Australia (Foto: BGR).

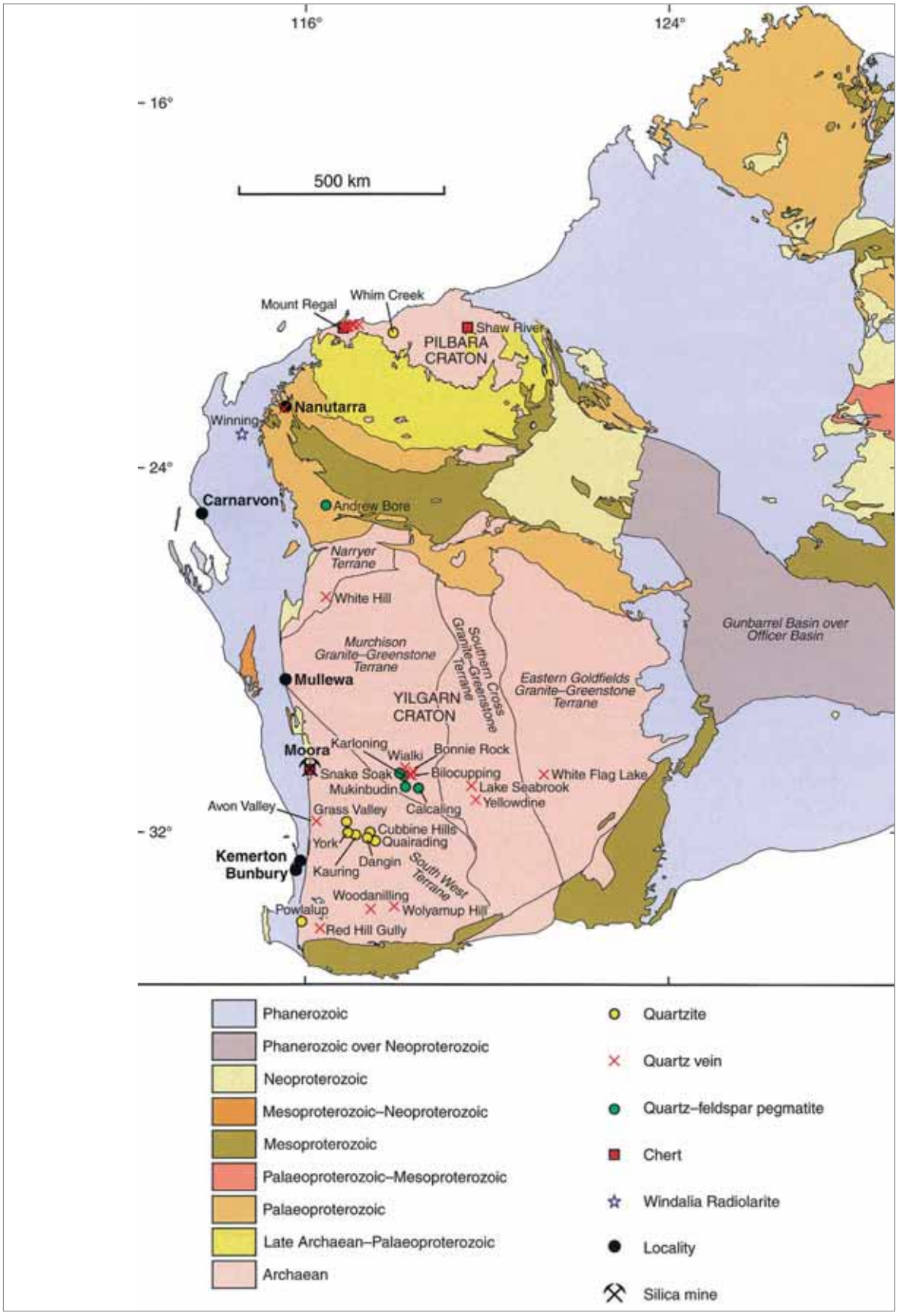


Abb. 2.20.10: Vorkommen und in Abbau stehende Lagerstätten von Quarz in Western Australia (ABEYSINGHE 2003).

Neben Moora sind in Western Australia zahlreiche weitere wirtschaftlich interessante Quarzvorkommen verschiedener Genese (Kieselgesteine, Quarzgänge, Pegmatite, Quarzite) bekannt (Abbildung 2.20.10). Für eine vollständige Übersicht und Detailformationen sei hier ebenfalls auf ABEYSINGHE (2003) verwiesen.

South Australia

In South Australia wird Quarzsand seit 1987 durch ACI Industrial Minerals Pty Ltd. bzw. Sibelco Australia Ltd. bei Glenshara, nahe Mount Compass (50 km südlich von Adelaide), gewonnen. Die Lagerstätte **Mount Compass** besteht aus tertiärzeitlich aufgearbeiteten glazifluviatilen Sanden des Perms mit > 80 m Gesamtmächtigkeit. Rund 10 m gelbe und orangefarbene Sande, die nach Aufbereitung für die Produktion von Farbglas und als Formsand nutzbar sind, überlagern hier hellcremefarbene Sande, die für die Behälterglasproduktion genutzt werden. Ein staatliches Explorationsprogramm wies 1997 nach, dass auch in der Umgebung von Mount Compass noch erhebliche, wirtschaftlich gewinnbare Sandvorräte oberhalb des Grundwasserspiegels lagern.

Relativ geringe Mengen Quarzsand zur Nutzung als Formsand werden auch durch die familiengeführte Sloans Sands Pty Ltd. bei **Dry Creek** sowie vorwiegend als Füll- und Bausand nutzbarer Quarzsand bei **Balaklava**, Reeves Plains, östlich Sandy Creek, Wellington, Price und ebenfalls bei Mount Compass gewonnen.

37 km nordwestlich von Whyalla existiert ein massiver Quarzgang (Lagerstätte **23 Mile**), der seit 1949 zunächst durch BHP Ltd. zur Produktion von Flussmitteln für deren Hochöfen in Whyalla genutzt wurde und nun durch Arrium Ltd. für den gleichen Zweck betrieben wird. Der N-S-streichende Gang ist rund 8 km lang, 15 bis 20 m breit und an seinem Südende durch den Abbau erschlossen.

HIERN (1976) nennt zahlreiche weitere Vorkommen von Quarzsand und Quarziten in South Australia und listet auch einige chemische Zusammensetzungen auf. Schon damals gab es aber Widerstand gegen ihre Nutzung aufgrund konkurrierender Interessen (Umweltschutz, Küstenschutz, Bauplanung).

New South Wales

New South Wales (NSW) besitzt aufgrund ähnlicher geologisch-geomorphologischer Verhältnisse wie Queensland ebenfalls ein hohes Potenzial an Quarzsand. Zudem gibt es bedeutende Lagerstätten von Quarzkiesen und Quarzsandstein.

Die Abbaustellen auf der Tillegerry Halbinsel im Port Stephens Gebiet, speziell bei **Oyster Bay** westlich von Tanilba Bay, beliefern die Weißglaswerke des Bundesstaates. Der dortige Quarzsand enthält im Mittel 99,89 % SiO_2. Die Dünen des zentralen und südlichen Abschnitts der nahen Stockton Bucht nördlich von Newcastle, genauer der Tagebau **Salt Ash** (Abbildung 2.20.11) (östlich von Williamtown gelegen), bilden die Rohstoffquelle der Farbglaswerke. Lizenzinhaber dieser Rohstoffquellen sowie der Abbaubetriebe bei Anna Bay ist ebenfalls Sibelco Australia Ltd.

PB White Minerals Pty Ltd. baut Glas- und Formsand westlich **Londonderry** ab.

Formsand aus dem nördlichen Abschnitt der **Stockton Bay** wird nach Südostasien exportiert. Sibelco Australia Ltd., aber auch Robinson's Anna Bay Sand Pty Ltd., Quality Sand & Ceramics Pty Ltd. und Metromix Pty Ltd. sind für die Abbaubetriebe verantwortlich. Die Gesamtressourcen der zwei Gebiete Halbinsel Tillegerry und Stockton Bay werden auf 15 Mio. t Quarzsand geschätzt.

Nördlich Port Stephens bzw. westlich von Forster-Tuncurry werden in Strandwallebenen ebenfalls größere Vorkommen an feinkörnigen, hochreinen, verwitterten Quarzsanden in mehreren Metern Mächtigkeit vermutet. Eignungsuntersuchungen und Ressourcenberechnungen stehen jedoch noch aus.

Wichtiger als die Quarzsandproduktion ist in New South Wales der Abbau von:

- Quarzkiesen,
- Quarzit,
- Quarz aus Gängen.

Quarzkiese (Abbau bei **Glenella**, 26 km südlich Cowra, durch die familiengeführte Glenella Aggregates Pty Ltd. und wenige Kilometer nordwestlich Cowra bei „Mulyan" durch Cowra Quartz, ein Tochterunternehmen der Mittagong Sands Pty

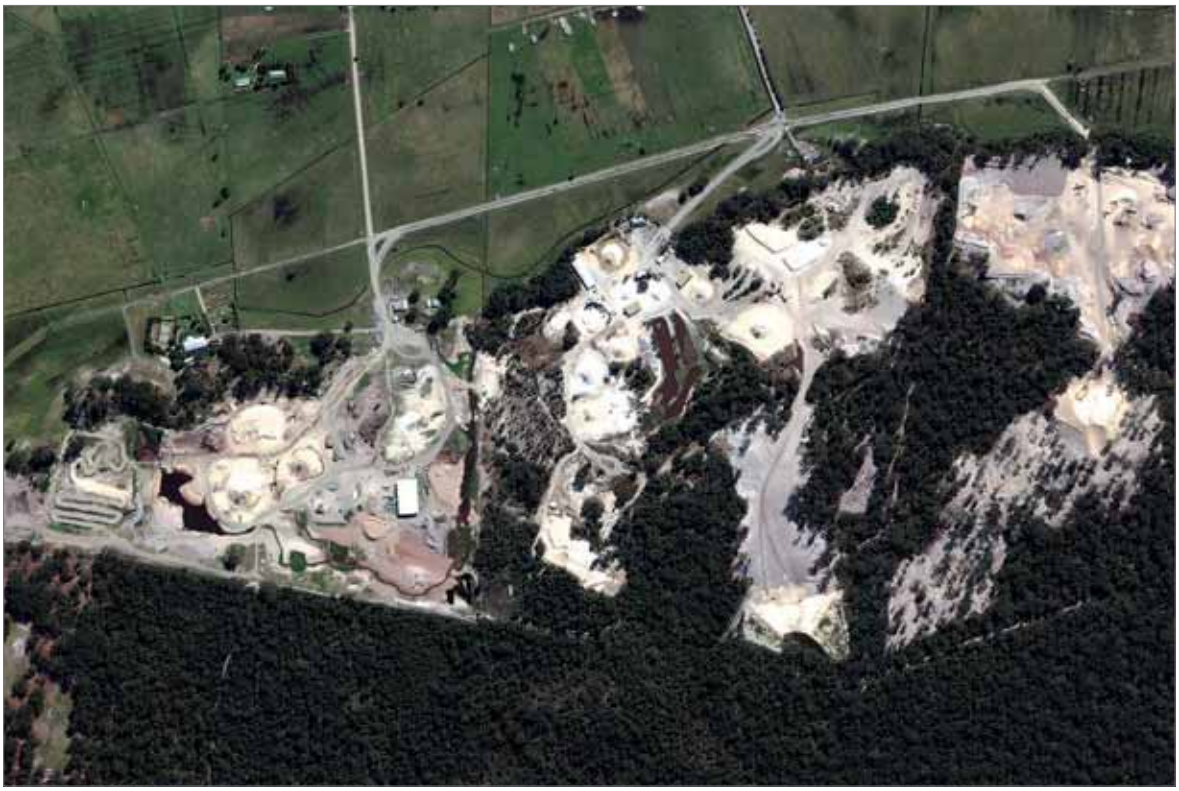


Abb. 2.20.11: Satellitenaufnahme des Quarzsandtagebaus Salt Ash, New South Wales (Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung von SNL).

Ltd.) wird für die Verwendung als Flussmittel, als Betonzuschlagstoff, für Dekorationszwecke, als Filterkies und möglicherweise zukünftig auch als Siliziumrohstoff gefördert. Das Vorkommen Glenella enthält Ressourcen von rund 16 Mio. t groben Quarzkies @ 99,6–99,8 % SiO_2 inklusive „Proved Reserves" von 2,1 Mio. t. Die Kiese lagerten sich in einem tertiären Flusslauf des Lachlan Rivers ab und sind heute als Restkiese durch extensive Verwitterung von hoher Qualität.

Der abgebaute Quarzit (seit 1912 Abbau bei **Marrangaroo**, 7 km westlich Lithgow, seit 1989 durch Metromix Pty Ltd.) findet als Betonzuschlag- und Straßenbaustoff, als Gabionen, Naturwerkstein sowie als Flussmittel in der Stahlproduktion Verwendung. Die Quarzit- bzw. Quarzsandsteinvorräte bei Lithgow (@ 97,0 % SiO_2) sind sehr groß und bieten Potenzial für verschiedene andere Anwendungen bis hin zur Siliziummetallproduktion. Andere Quarzitvorkommen sind von **Marulan** und Ulladulla bekannt (Griffin 1975).

Quarz aus Gängen wird (mit Unterbrechungen) in den Quarzlagerstätten **Kiernans** und **McCarthys** in den Distrikten Kinsgate und Tenterfield abgebaut und als Rohstoff zur Herstellung von Siliziummetall für die japanische Elektronikindustrie verwendet.

Weiterhin besitzen der **Rossdhu-Granit**, ein großer Alaskit (Leukogranit) nahe **Oberon** (vgl. Kapitel 2.9), sowie die mürben Quarzsandsteine der triassischen Hawkesbury- und hangenden Narrabeen-Group im Sydney-Bassin (Griffin 1975), die schon jetzt wichtige Bausandquellen für den Großraum Sydney darstellen, Potenziale für die Gewinnung von Quarzrohstoff.

Nahe **Penrose** bzw. bei **Berrima** gewinnt Blue Circle Southern Cement Ltd. mürben Sandstein als Zuschlagstoff für die Zementklinkerproduktion.

Tasmania

Threader (1976) nennt zahlreiche Quarzitlagerstätten in Tasmania, von denen zumindest auch einige größer sind und gute Qualität besitzen. Viele bedürfen aber auch der weiteren Erkundung.

Derzeit baut nur ein Unternehmen Quarzrohstoffe ab. Die 2007 gegründete Tasmania Advanced Minerals Pty Ltd., eine Mehrheitsbeteiligung der japanischen Sumitomo Corporation, betreibt im Nordwesten von Tasmania drei Quarzsandtagebaue (**Corinna**, **Blackwater** und **Hawkes Creek**). Das jüngste in Abbau genommene Vorkommen ist **Hawkes Nest**, 35 km südwestlich Smithton, mit „Proved Reserves" von rund 350.000 t. Der sehr feinkörnige Quarzsand und -silt bei Hawkes Nest soll residual durch Verwitterung des liegenden Dolomits bzw. seiner SiO_2-reichen Bereiche entstanden sein. Das aus allen drei Tagebauen nach Wynyard transportierte und dort aufbereitete Material wird zu 100 % exportiert, vor allem als Quarzsandmehl nach Japan für die dortige Produktion von Spezialgläsern, aber auch für metallurgische Zwecke.

Wenige Kilometer westlich des kleinen Ortes Maydena, im Zentrum von Tasmania, wurden früher teils angewitterte, teils verfestigte hochreine Quarzsande unterkambrischen Alters aus der Lagerstätte **Pine Hill** abgebaut und nach seinem Export größtenteils zur Siliziummetall- und Ferrosiliziumproduktion genutzt. Unweit von Maydena (rund 7 km westlich von Maydena), besitzt Maydena Sands Pty Ltd. eine Lizenz auf Quarzsand (**Hedgehog Ridge Prospect**) ebenfalls guter Qualität (Tabelle 2.20.3). Die Gesamtvorräte in allen Teilvorkommen der Quarzsandlagerstätten westlich Maydena werden auf 6 Mio. t geschätzt (Bacon et al. 2008). In der Vergangenheit gab es Planungen, den Quarzsand zu Quarzmehl aufzumahlen und für die Spezialglasherstellung zu nutzen. Diesbezügliche Anwendungsversuche, auch in Deutschland, waren erfolgreich (Krummei 2006).

Tab. 2.20.3: Chemismus des Quarzsandes und des Quarzgesteins von Maydena (nach Maydenasands Pty Ltd.).

	Silica Sand 100 – 500 µm (M.-%)	Silica Rock 20 – 60 mm (M.-%)
SiO_2	> 99,90	> 99,90
Al_2O_3	0,012	0,032
Fe_2O_3	0,001	0,004
TiO_2	0,006	0,012
P_2O_5	0,0025	0,005
B	k. A.	0,0003

Abb. 2.20.12: Gestundeter Quarzsand(stein)-abbau westlich Maydena, Tasmania (Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung von G. Krummei, Maydenasands).

Anforderungen und Bewertung

Quarzrohstoffe für die Herstellung von Quarzglas höchster Reinheit, Schwingquarz und Reinstsilizium dürfen Verunreinigungen nur im ppm-, oft sogar nur im ppb-Bereich enthalten. Zusätzlich bestehen Anforderungen an die Kristallausbildung, das Gewicht und das Fehlen von Einschlüssen (Lorenz & Gwosdz 1999).

Für die Feuerfestindustrie werden chemisch möglichst reine Quarzite oder alternativ Quarzsande eingesetzt, wobei der Gehalt an Al_2O_3, TiO_2 und Alkalien wichtig für ihre Beurteilung ist.

Über den Einsatz eines Quarzsandes als Glassand entscheiden die Konstanz der chemischen Zusammensetzung sowie der Gehalt an Über- und Unterkorn. Besondere Anforderungen bestehen zudem an den möglichst geringen, da farblich wirksamen Schwermineralgehalt. Einige Schwerminerale (z. B. Aluminosilikate) lassen sich auch aufbereitungstechnisch nur schwer entfernen.

Als Gießereisande werden Quarzsande mit runden bis kantengerundeten Körnern bevorzugt. Die Kornoberfläche soll glatt und das Korngefüge monokristallin sein. Noch wesentlich strengere Anforderungen, z. B. eine kugelige Form, bestehen an Frac-Sande für die Erdölindustrie. Informationen über Lagerstätten von Frac-Sand in Australien liegen nicht vor.

Auch Quarzsande und -kiese, die für Wasserreinigungsfilter genutzt werden, müssen möglichst eine kugelige Kornform, eine glatte Oberfläche, geringes Über- und Unterkorn, keine gebrochenen Gesteine, kein artfremdes Material, wie Ton, Kalkstein, Glimmer, Feldspat, Fe-Minerale und besonders kein organisches Material enthalten.

Generell sollten sämtliche Quarzrohstoffe Gehalte von > 98, besser > 99 M.-% SiO_2 aufweisen und extrem geringe Fe-, Ti- und Cr-Gehalte besitzen. Weiterhin bestehen, je nachgeplanter Verwendung, noch zahlreiche andere chemische und physikalische Anforderungen, die in Lorenz & Gwosdz (1999) aufgelistet sind.

Außer hochreinem Quarz (wenige Tonnen können bereits abbauwürdig sein) sind alle Quarzrohstoffe typische Massenrohstoffe, für deren wirtschaftlichen Abbau Lagerstätten in Abnehmernähe benötigt werden, die über mindestens 20 Jahre den Rohstoffbedarf der Kunden decken können. Dementsprechend sollten Lagerstätten von Quarzsand bzw. Quarzsandstein für die Herstellung von Glas und Kalksandsteinen > 50 Mio. t Lagerstätteninhalt und Lagerstätten von Quarzit und Spezialsand 10 Mio. t Lagerstätteninhalt aufweisen (Lorenz & Gwosdz 1999).

Deutsche Unternehmen, die in Australien Quarzsand benötigen, finden in Ostaustralien bei Sibelco Australia Ltd. bzw. in Westaustralien bei Rocly Pty Ltd. und Kemerton Silica Sands Pty Ltd. kompetente Ansprechpartner.

Deutschen Investoren, die selbst in Australien Quarzrohstoffe gewinnen wollen, sei empfohlen in:

- **Queensland** die Übernahme oder Beteiligung an einem bestehenden Abbaubetrieb zu prüfen oder, gemeinsam mit den zuständigen Behörden zu untersuchen, welches der zahlreichen noch unverritzten Vorkommen überhaupt noch genehmigungsrechtlich abbaubar ist,
- **Victoria** das Quarzsandpotenzial des Abraums der Braunkohlengruben von Anglesea und Latrobe Valley zu prüfen,
- **Western Australia** zu prüfen, ob im Gebiet der Quarzsandlagerstätte Gnangara noch weitere abbauwürdige Teilvorkommen bestehen. Bei Interesse an einem Festgesteinsabbau kann die Prüfung der zahlreichen, bereits bekannten und publizierten Vorkommen erfolgen,
- **New South Wales** eine Überprüfung und gegebenenfalls Fortsetzung der bisherigen Exploration auf Quarzsandlagerstätten nördlich Port Stephens bzw. westlich Forster-Tuncurry durchzuführen bzw. Wirtschaftlichkeits- und Eignungsuntersuchungen der Quarzsandsteinlagerstätten bei Lithgow anzustellen,
- **Tasmania** die Übernahmemöglichkeit der Quarzsandlagerstätte Maydena zu prüfen, falls diese wirtschaftlich abbaubar sein sollte.

Literatur

Abeysinghe, P. B. (2003): Silica resources of Western Australia. – Western Australia Geological Survey, Mineral Resources Bulletin, **21**: 228 S., 149 Abb., 93 Tab., 2 Anh.; Perth.

Bacon, C. A., Calver, C. R. & Pemberton, J. (2008): The industrial mineral deposits of Tasmania. – Mineral resources of Tasmania, **13**: 48 S., zahlr. Abb., Tab. und Karten; Rosny Park, Tasmania. – URL: http://www.mrt.tas.gov.au/mrtdoc/dominfo/download/GSMR13/GSMR13.pdf [Stand 29.01.2016].

Carmichael, D. & Cooper. W. (1996): Silica Sand. – Queensland Mineral Commodity Report. – Queensland Government Mining Journal, **97**, 1134 (May 1996): 20–22, 5 Abb.; Fortitude Valley, Queensland.

Carter, J. D. (1976): Silica – Western Australia. – In: Knight, C. L. (Hrsg.): Economic Geology of Australia and Papua New Guinea. 4. Industrial Minerals and Rocks. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **8**: 158–159; Parkville, VIC.

Connah, T. H. (1976): Silica – Queensland. – In: Knight, C. L. (Hrsg.): Economic Geology of Australia and Papua New Guinea. 4. Industrial Minerals and Rocks. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **8**: 359–360, 1 Tab.; Parkville, Victora.

Cooper. W. (1993): Silica Sand. – Queensland Mineral Commodity Report. – Queensland Govern-

ment Mining Journal, **94**, 1102 (September 1993): 7–15, 8 Abb., 2 Tab.; Fortitude Valley, Queensland.

Cooper, W. & Sawers, J. D. (1990): Cape Flattery and Shelburne Bay silica sand deposits. – In: Hughes, F. E. (Hrsg.): Geology of the Mineral Deposits of Australia and Papua New Guinea. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **14**: 1665–1667, 1 Abb., 2 Tab.; Melbourne.

Department of Natural resources and Mines (2013): Queensland's metalliferous and industrial minerals 2012. – State of Queensland: 56 S., zahlr. Abb., 7 Tab.; Brisbane.

Griffin, D. K. (1975): Silica. – Geol. Surv. New South Wales, The Mineral Industry of New South Wales, **34**: 36 S., 1 Abb., 3 Tab., 5 Anh., 1 Karte; Maitland, NSW.

Hiern, M. N. (1976): Silica – South Australia. – in: Knight, C. L. (Hrsg.): Economic Geology of Australia and Papua New Guinea. 4. Industrial Minerals and Rocks. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **8**: 365–366, 1 Tab.; Parkville, VIC.

Krummei, G. K. (2006): Retention Licence 2/2003. – Maydena, Tasmania. Annual Report to 09 January 2007. – Maydena Sands Pty Ltd.: 22 S., 4 Abb., 5 Anh.; Melbourne. – URL: http://www.mrt.tas.gov.au/mrtdoc/tasxplor/download/06_5412/RL22003_20 0611_01_report.pdf
[Stand 29.01.2016].

Lorenz, W. & Gwosdz, W. (1999): Quarzrohstoffe. – Bewertungskriterien für Industrieminerale, Steine und Erden. Teil 3. – Geol. Jb, **H 6**: 119 S., 23 Abb., 69 Tab.; Hannover.

McHafie, I. W. & Buckley, R. W. (1995): Silica. – In: Industrial minerals and rocks of Victoria. – Geological Survey Report, **102**: 179–186, 4 Abb., 1 Tab.; Melbourne, VIC.

Threader, V. M. (1976): Silica – Tasmania. – In: Knight, C. L. (Hrsg.): Economic Geology of Australia and Papua New Guinea. 4. Industrial Minerals and Rocks. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **8**: 363–365; Parkville, VIC.

Von Gnielinski, F. (2013): Queensland Minerals. A summary of major mineral resources, mines and projects. – Geological Survey of Queensland: 192 S., 3 Abb., 214 Fotos, 23 Tab., 11 Anh.; City East, Queensland.

Whitehouse, J., Brownlow, J. W., Burton, G. R., Ferguson, A. C., Glen, R. A., Lishmund, S. R., MacRae, G. P., Malloch, K. R., Oakes, G. M., Paterson, I. B. L., Pienmunne, J. T., Ray, H. N. & Watkins, J. J. (2007): Silica. – In: Facer, R. A. (Hrsg.): Industrial Mineral Opportunities in New South Wales. – Geological Survey of New South Wales, Bulletin, 33: 179–183, 3 Abb.; Maitland, NSW (NSW Department of Primary Industries). – URL: http://www.resourcesandenergy.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0003/238206/Silica.pdf
[Stand 29.01.2016].

2.21 Scandium

(Harald Elsner)

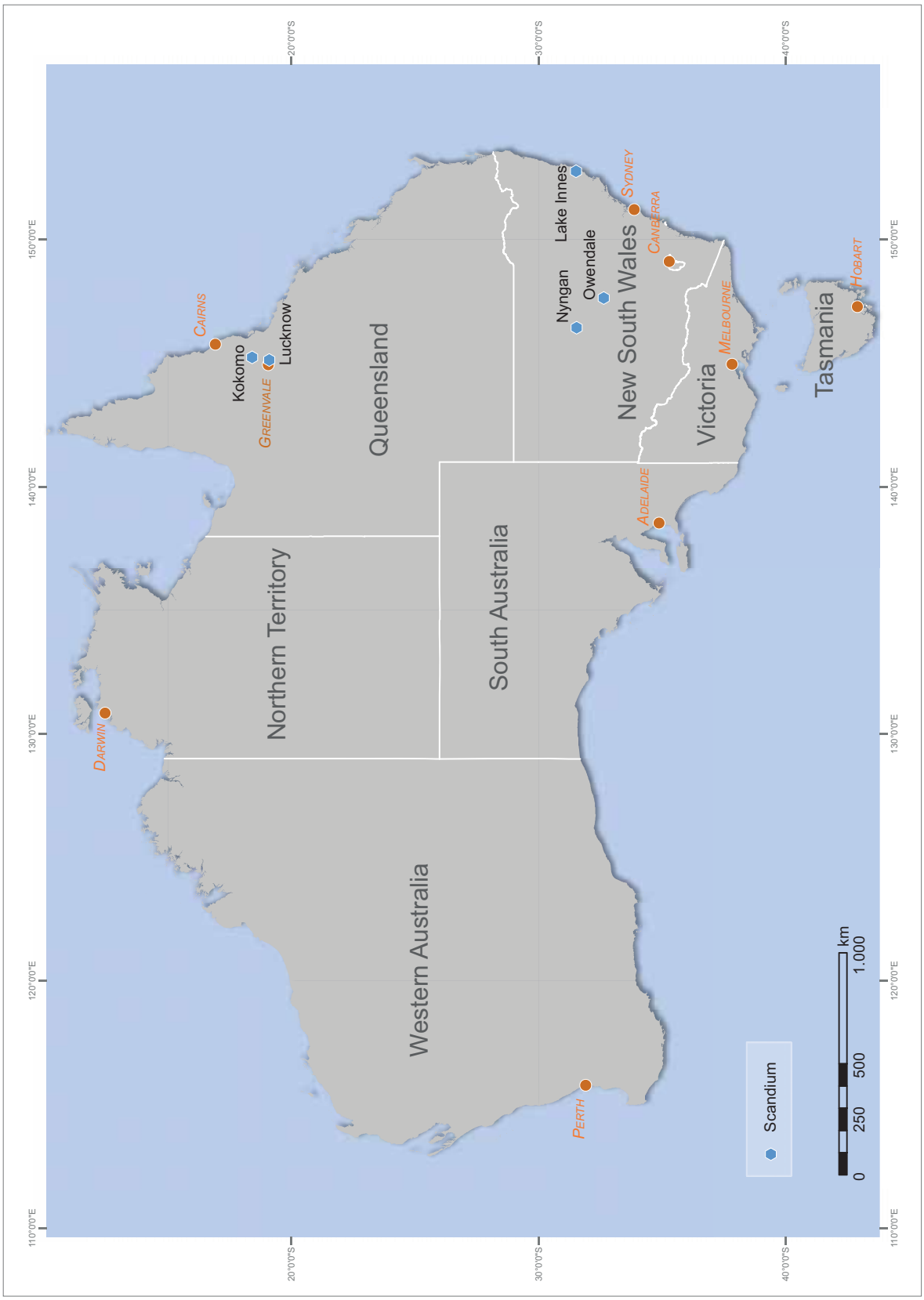


Abb. 2.21.1: Ausgewählte Scandiumlagerstätten in Australien.

Überblick und Verwendung

Scandium (Sc) ist ein hellgraues Leichtmetall, das in der Natur sehr selten ist. Das Metall ist bisher ein klassisches Nebenprodukt; eine Bergwerksförderung existiert lediglich in der Russischen Föderation (Kurgan und Kola-Halbinsel) sowie in China (Bayan Obo), Kasachstan (Nura Taldy) und der Ukraine (Zhovti Vody) in Form als Beiprodukt aus Seltenen Erden-, Titan- und Uranlagerstätten. Die derzeitige Weltproduktion an Scandiumoxid aus Bergbauproduktion wird auf 2,5 t (entsprechend 1,6 t Scandium) geschätzt, die zusätzliche aus russischen Althalden auf 3,5 t. Der USGS geht im Vergleich dazu, gegenwärtig von einem Weltjahresbedarf an Scandium von 10 t aus (Elsner et al. 2010).

Obwohl neue Anwendungen in zukünftigen Feststoffbrennzellen und in der Luftfahrt erwartet werden, liegen die Hauptanwendungsgebiete von Scandium-Komponenten und -legierungen zurzeit noch in Scandium-Aluminium-Leichtmetalllegierungen für Sportausrüstungen (Golf- und Baseballschläger, Rennradrahmen) und im militärischen Sektor (russische Kampfjets) sowie in Form von Scandiumiodid für Hochleistungs-Hochdruck-Quecksilberdampflampen, beispielsweise zur Stadionbeleuchtung. Scandiumoxid dient der Erhöhung der Ummagnetisierungsgeschwindigkeit in magnetischen Datenspeichern (Elsner et al. 2010).

Wichtige Vorkommen in Australien

Die Eigenschaften von Scandium ähneln denen von Aluminium. Es ist daher auch in einigen Lateriten stark angereichert. Australien verfügt über Lateritlagerstätten dieser Art und ist dadurch das Land mit den mit Abstand größten Scandiumvorräten weltweit. In den australischen Lagerstätten tritt Scandium nicht nur beibrechend, sondern als primäres Wertmetall zusammen mit Nickel und Kobalt sowie gelegentlich mit Platin auf.

Die scandiumhöffigen Lateritlagerstätten Australiens sind auf die Bundesstaaten Queensland und New South Wales beschränkt (Abbildung 2.21.1).

Queensland

In der Greenvale Region, rund 250 Straßenkilometer westlich von Townsville entfernt, streichen mafisch-ultramafische Gesteinskomplexe aus, auf denen sich vermutlich im Tertiär bis zu 30 m mächtige scandium-, nickel- und kobaltreiche Laterithorizonte entwickelt haben. Auf dem Gray Creek-Komplex hat sich die Lagerstätte **Lucknow** (mit den Teillagerstätten Lady Agnes, Grants Gully und Red Fort) (Abbildung 2.21.2 & Abbildung 2.21.3). Auf dem Boiler Gully-Komplex hat sich die Lagerstätte **Greenvale** gebildet, die bereits zwischen 1974 und 1992 auf Nickel und Kobalt in Abbau stand. Zudem wurde bei der Exploration die Lagerstätte **Kokomo** entdeckt. Vor allem Lucknow ist reich an Scandium (siehe unten). Alle diese Lagerstätten werden vom Lizenzinhaber Metallica Minerals Ltd. unter dem

Tab. 2.21.1: Ressourcen der Lagerstätten Lucknow, Greenvale und Kokomo (Metallica Minerals Ltd. 2013).

Teillagerstätte	Erz	Nickel		Kobalt		Scandium	
	[Mio. t]	Gehalt [%]	Inhalt [t]	Gehalt [%]	Inhalt [t]	Gehalt [ppm]	Inhalt [t]
Kokomo	29,5	0,49	144.800	0,08	22.400	55	1.619 Sc 2.483 Sc_2O_3
Greenvale insitu	16,3	0,73	118.800	0,05	8.900	38	614 Sc 942 Sc_2O_3
Greenvale Halden	11,1	0,42	46.000	0,03	3.800	44	483 Sc 740 Sc_2O_3
Lucknow	13,8	0,31	42.200	0,07	10.000	116	1.597 Sc 2.449 Sc_2O_3
SCONI gesamt	70,7	0,50	351.800	0,06	45.200	61	4.313 Sc 6.615 Sc_2O_3

Projektnamen SCONI (früher NORNICO) vermarktet. Die aktuellen „Measured, Indicated & Inferred Ressources“ im SCONI-Projekt sind gemäß den Angaben von METALLICA MINERALS LTD. (2013) in Tabelle 2.21.1 zusammengefasst.

Unter Annahme eines „cut-off grade“ von 100 ppm Sc betragen die Gesamtressourcen allein der Lucknow und Kokomo Lagerstätten 20,0 Mio. t Erz @ 0,30 % Ni, 0,06 % Co und 162 ppm Sc (35.500 t Nickel-, 7.400 t Kobalt- und 1.950 t Scandium- bzw. 2.989 t Scandiumoxidinhalt).

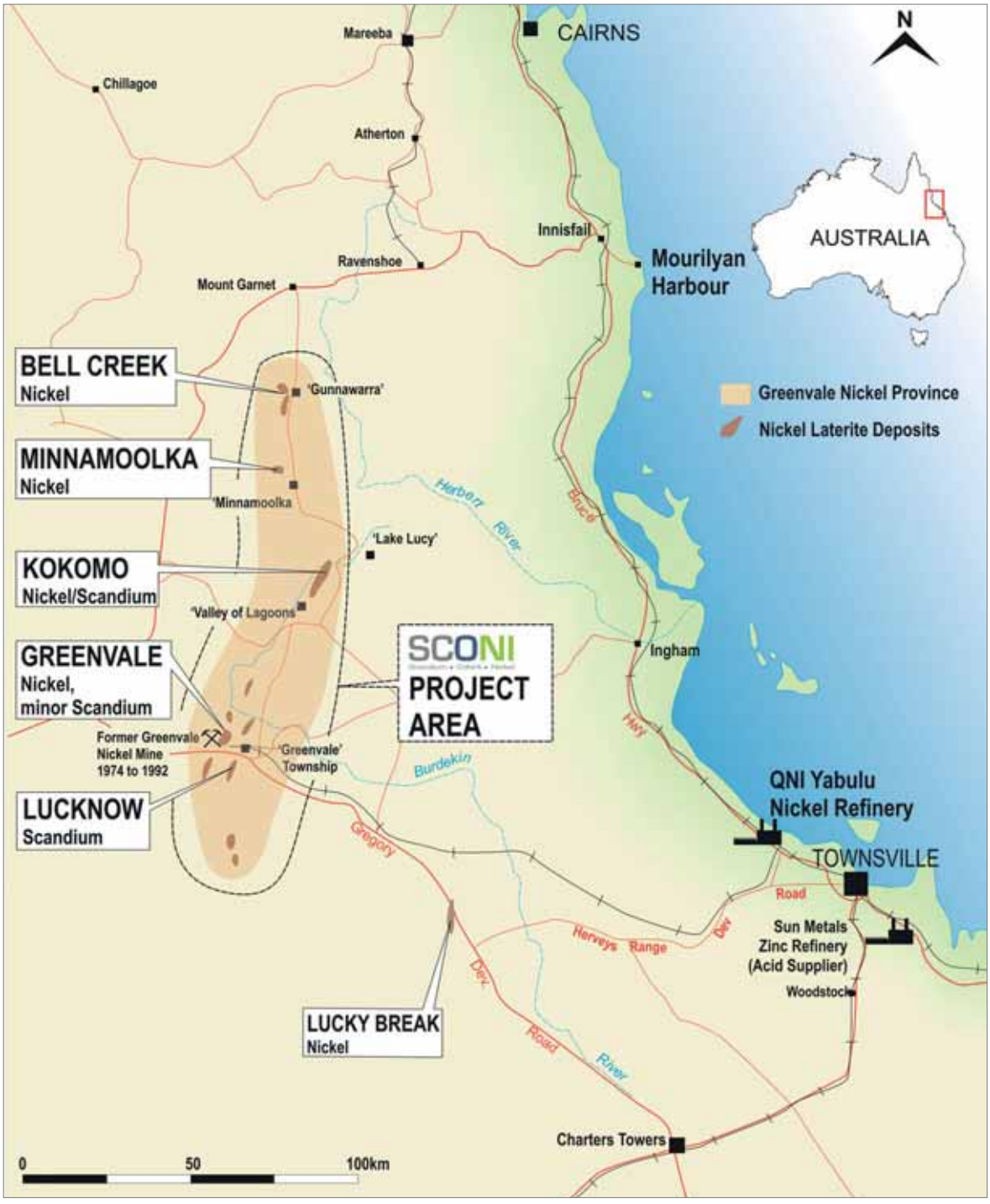


Abb. 2.21.2: Übersichtskarte des SCONI-Projektgebietes nordwestlich Townsville, Queensland. Die nördlichen Lagerstätten Bell Creek und Minnamoolka u. a. sind arm an Scandium (METALLICA MINERALS LTD. 2013).

Anfang 2013 legte Metallica Minerals eine Prefeasibilty-Studie vor, der wenig später eine Definitive Feasibility-Studie folgte. Ursprünglich vorgesehen war eine Produktion von 50 t Scandiumoxid/Jahr, später reduziert auf 20 t Scandiumoxid/Jahr, beschränkt auf die Lagerstätte Lucknow. Aufgrund der sehr geringen weltweiten Nachfrage nach Scandium und des damit verbundenen zu geringen Investoreninteresses wird das SCONI-Projekt jedoch seit Ende 2013 nicht weiter verfolgt.

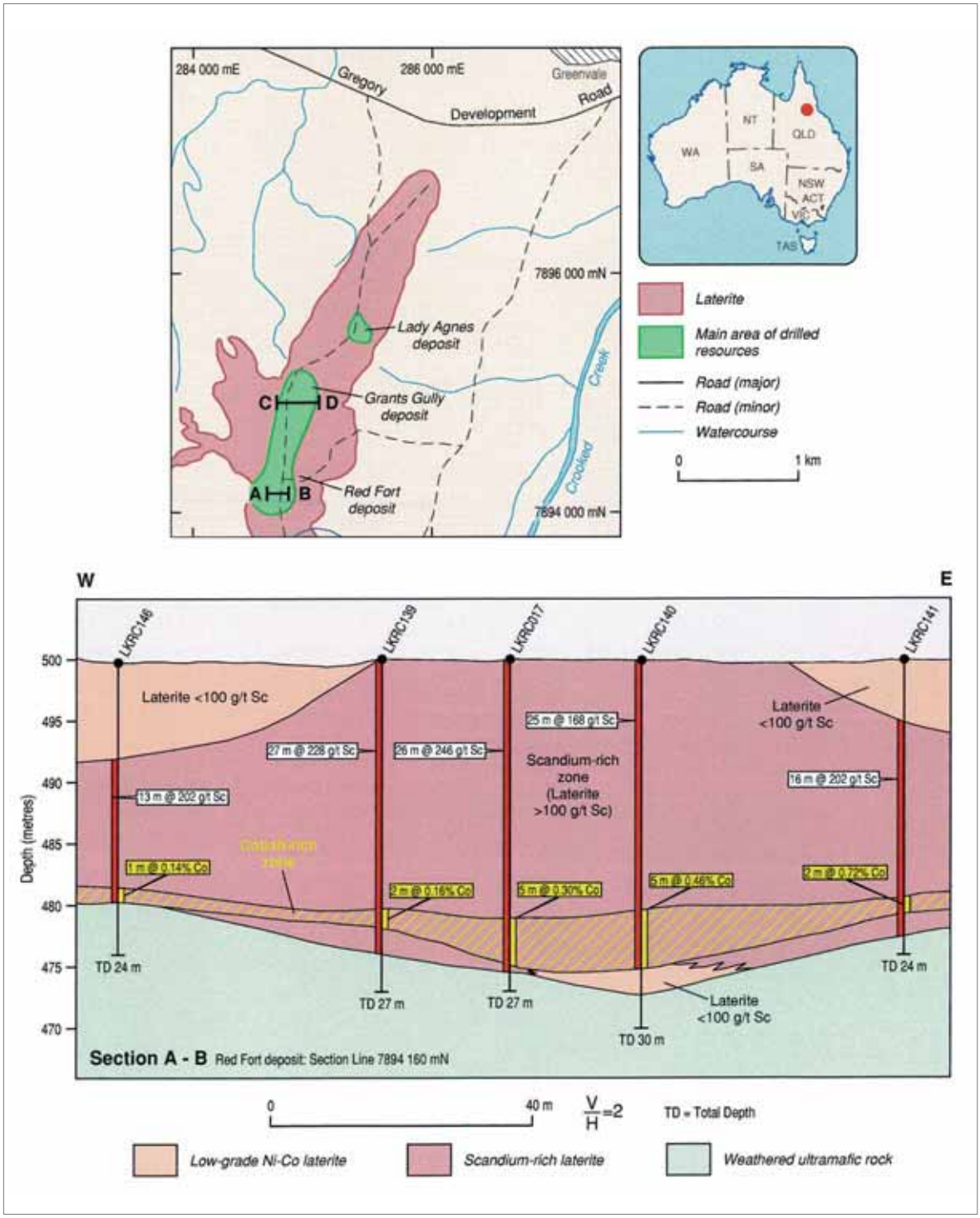


Abb. 2.21.3: Verbreitung Scandium führender Laterite im Projekt Lucknow, Queensland und Profilschnitt durch die Teillagerstätte Red Fort (Jaireth et al. 2014).

New South Wales

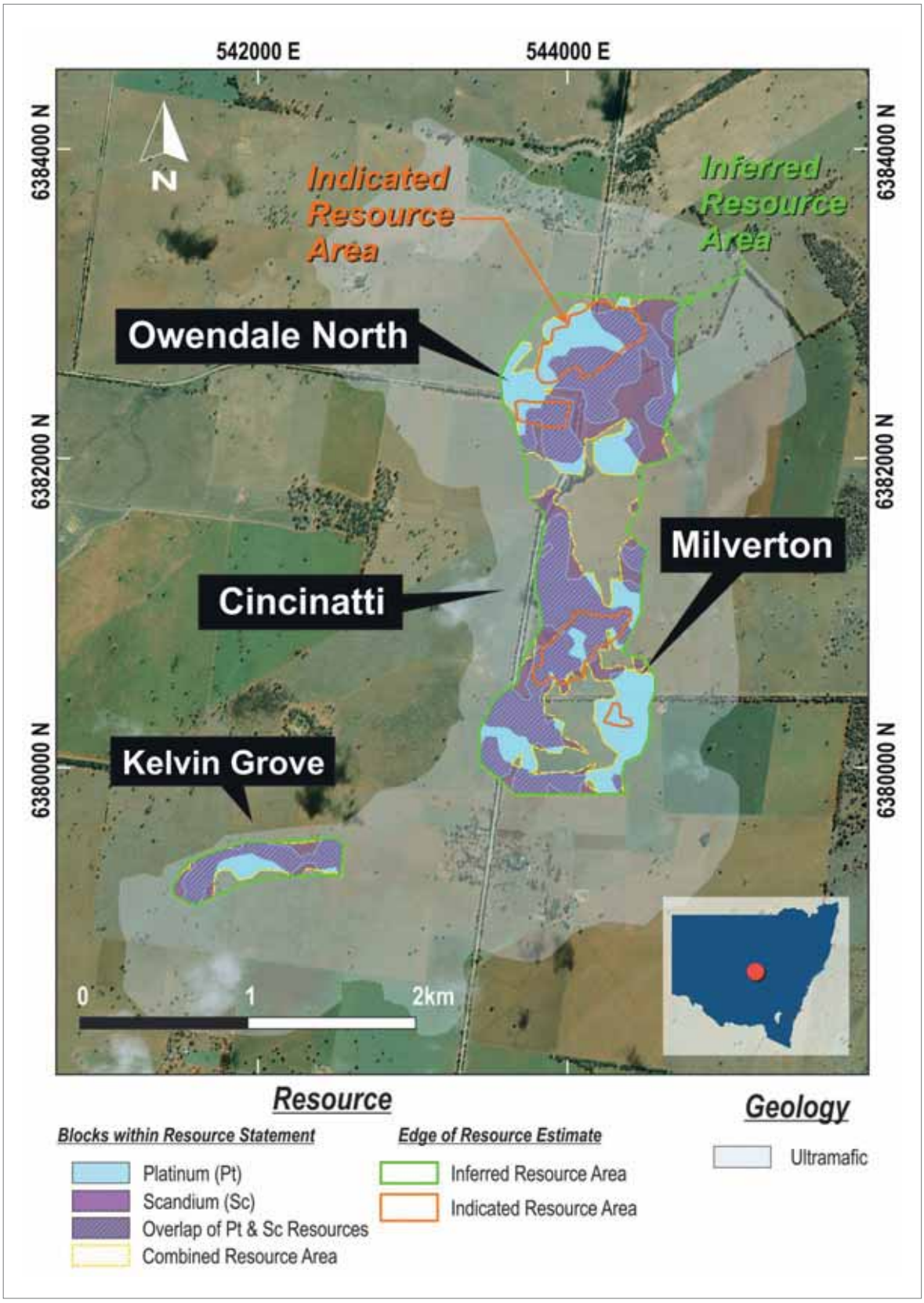


Abb. 2.21.4: Übersichtskarte über das Projektgebiet Owendale mit Verbreitung erhöhter Platin- und Sc-Gehalte im Laterit (Platina Resources Ltd. 2013).

Im Zentrum von New South Wales (NSW) befindet sich das Scandiumprojekt **Nyngan** (auch Gilgai) der US-amerikanischen EMC Metals Corp., etwa auf halbem Weg zwischen den Orten Cobar und Nyngan. Hier hat sich im Tertiär über dem ultramafischen Gilgai Komplex ein rund 50 m mächtiger, limonitisch-saprolitischer Laterithorizont gebildet, der von jüngeren, im Mittel 15 m mächtigen fluviatilen Sedimenten überlagert wird. Im Juli 2006 veröffentlichte der vorherige Lizenzinhaber (Jervois Mining Ltd.) unter Annahme eines „cut-off grade" von 100 pm Sc „Measured & Indicated Resources" nach NI 43-101 von 12,0 Mio. t Erz @ 262 ppm Sc und 0,140 ppm Pt (3.147 t Scandium- (4.827 t Sc_2O_3-) und 1,68 t Pt-Inhalt). EMC Metals Corp. strebt an, mittelfristig 15 bis 30 t Scandiumoxid/Jahr aus Nyngan aufzubereiten und zu vermarkten und ist nach eigenen Angaben an Investoren interessiert.

Deutlich mehr Platingruppenmetalle und Scandium als Nyngan, enthält das Platin-Scandium-Projekt **Owendale** von Platina Resources Ltd. (Abbildung 2.21.4). Es liegt ebenfalls im Zentrum von New South Wales, rund 75 km nordwestlich von Parkes bzw. 350 km westlich von Sydney und 12 km nördlich des ehemaligen Platinbergwerks Fifield Deep Lead. Geologisch handelt es sich um einen vermutlich im Tertiär enstandenen Laterithorizont von bis zu 50 m Mächtigkeit im Hangenden verschiedener mafisch-ultramafischer Gesteine. Während der Ablagerung hangender Quarzkiese und -sande wurde ein Teil des ehemals mächtigeren Laterits erodiert.

Die „Indicated & Inferred Resources" im Lizenzgebiet sind, je nach bevorzugter Wichtung, in Tabelle 2.21.2 zusammengefasst (Platina Resources Ltd. 2013).

Platina Resources Ltd. plant, Owendale so schnell wie möglich als Australiens vermutlich einzigen Platintagebau in Produktion zu bringen und dabei ca. 30 t Scandiumoxid/Jahr als Nebenprodukt zu gewinnen. Eine Scoping-Studie wurde im Frühjahr 2015 vorgelegt. Derzeit laufen metallurgische Aufbereitungstests.

Südwestlich des Owendale-Komplexes liegt der Ultramafit-Komplex **Tout**, der seit dem Jahr 2012 von Jervois Mining Ltd. unter dem Projektnamen Syerston exploriert wird. Nach Auswertung der ersten Bohrungen steht auch hier ein abbauwürdiger Laterit an, der ebenfalls teils deutlich erhöhte Gehalte an Scandium, Gallium, Vanadium und Kobalt aufweist.

Ein weiteres Scandiumvorkommen liegt am Lake Innes nahe **Port Macquarie**. Hier bildete sich lokal über einem Serpentinitkomplex ein 10 bis 30 m mächtiger Laterit, in dessen oberen Profilabschnitten – wie auch in den anderen bereits genannten australischen Scandium-Nickel-Kobalt-Platin-Lateriten – sich Scandium, in den mittleren und unte-

Tab. 2.21.2: Ressourcen der Lagerstätte Owendale, New South Wales (Platina Resources Ltd. 2013).

@ Platin („cut-off grade" 0,3 ppm Pt)						
Erz [Mio. t]	**Pt-Gehalt [ppm]**	**Pt-Inhalt [t]**	**Sc-Gehalt [ppm]**	**Sc-Inhalt [t]**	**Ni-Gehalt [%]**	**Co-Gehalt [%]**
31,1	0,52	16,2	248	7.742 Sc 11.874 Sc_2O_3	0,15	0,05
@ Scandium („cut-off grade" 300 ppm Sc)						
Erz [Mio. t]	**Pt-Gehalt [ppm]**	**Pt-Inhalt [t]**	**Sc-Gehalt [ppm]**	**Sc-Inhalt [t]**	**Ni-Gehalt [%]**	**Co-Gehalt [%]**
23,7	0,36	8,5	384	9.083 Sc 13.931 Sc_2O_3	0,11	0,06
Owendale gesamt						
Erz [Mio. t]	**Pt-Gehalt [ppm]**	**Pt-Inhalt [t]**	**Sc-Gehalt [ppm]**	**Sc-Inhalt [t]**	**Ni-Gehalt [%]**	**Co-Gehalt [%]**
43,6	0,43	18,7	286	12.463 Sc 19.115 Sc_2O_3	0,14	0,05

ren Profilabschnitten dagegen Kobalt und Nickel angereichert haben. Nach Whitehouse (2007) wurden in diesem Vorkommen durch den ehemaligen Lizenzinhaber, ebenfalls Jervois Mining Ltd., Ressourcen von 15,7 Mio. t Erz @ 1,46 % Ni, 0,09 % Co und 41 ppm Sc (644 t Sc-Inhalt) ermittelt.

Anforderungen und Bewertung

Scandium ist ein so seltenes und wirtschaftlich derzeit unbedeutendes Metall, dass bisher keine Anforderungen an Lagerstätten (außer guter Infrastruktur und vergleichsweise hoher Gehalte (> 100 ppm Sc)) publiziert sind (Elsner et. al 2010).

Jede der aufgeführten australischen Lagerstätten enthält ein Mehrhundertfaches der gegenwärtigen Weltjahresproduktion. Eine Aufnahme der Produktion in nur einer dieser Lagerstätten würde den gesamten Weltmarkt für Scandium daher massiv beeinflussen, da ad-hoc eine Überangebotssituation entstünde. Alle Projektentwickler hoffen deshalb darauf, dass die Nachfrage zumindest zukünftig sehr stark steigen wird. Sie argumentieren übereinstimmend, dass, wenn ein größeres Angebot an Scandium aus einem geostrategisch sicheren Land wie Australien bestünde, sich auch ein Nachfragemarkt entwickeln würde. Da diese Auffassung von potenziellen Investoren gegenwärtig noch nicht geteilt wird, halten sich diese mit einem Engagement zurück.

Weil die Lagerstätte Owendale Platin als Hauptwertmetall enthält und damit von der gegenwärtigen sehr geringen Nachfrage nach Scandium unabhängig ist, könnte diese Lagerstätte zuerst bzw. dennoch in Produktion gehen. Mit der dort dann beibrechenden Produktion von Scandium würde die gegenwärtige weltweite Nachfrage nach diesem Metall jedoch bereits um ein Vielfaches befriedigt, weshalb es die anderen Explorationsunternehmen noch schwerer hätten, ihre Projekte umzusetzen.

Die Investition in eine Scandiumlagerstätte ist deutschen Unternehmen daher keinesfalls zu empfehlen.

Literatur

Elsner, H., Melcher, F., Schwarz-Schampera, U. & Buchholz, P. (2010): Elektronikmetalle – zukünftig steigender Bedarf bei unzureichender Versorgungslage? – BGR Commodity Top News, **33**: 13 S., 2 Abb., 5 Tab.; Hannover. – URL: http://www.bgr.bund.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/Commodity_Top_News/Rohstoffwirtschaft/33_elektronikmetalle.pdf?__blob=publicationFile&v=2 [Stand 29.01.2016].

Jaireth, S., Hoatson, D. M. & Miezitis, Y. (2014): Geological setting and resources of the major rare-earth-element deposits in Australia. – Ore Geology Reviews, **62**: 72–128, 33 Abb., 27 Tab.; Philadelphia, PA. – URL: http://ac.els-cdn.com/S0169136814000353/1-s2.0-S0169136814000353-main.pdf?_tid=e3567b24-eb05-11e3-90fd-00000aacb360&acdnat=1401789807_f3cc1f028e1ff69abb6765d740311ac5 [Stand 29.01.2016].

Metallica Minerals Ltd. (2013): JORC 2013 Sc-Co-Ni Resource Upgrade. – ASX Release 21 October 2013: 5 S., 5 Tab., 1 Anh; Brisbane. – URL: http://www.metallicaminerals.com.au/sites/default/files/JORC%202013%20Sc-Co-Ni%20Resource%20Upgrade.pdf [Stand 29.01.2016].

Platina Resources Ltd. (2013): PGM Owendale Updated Resource Estimate. – ASX Release 3 October 2013: 20 S., 8 Abb., 3 Tab.; Varsity Lakes, Queensland. – URL: http://www.platinaresources.com.au/files/announcements/2013_10_03_-_PGM_Owendale_Updated_Resource_Estimate.pdf [Stand 29.01.2016].

Whitehouse, J. (2007): Rare Earth Elements. – In: Facer, R. A. (Hrsg.): Industrial Mineral Opportunities in New South Wales. – Geological Survey of New South Wales, Bulletin, **33**: 161–165, 1 Abb.; Maitland, NSW (NSW Department of Primary Industries).

2.22 Seltene Erden

(Harald Elsner)

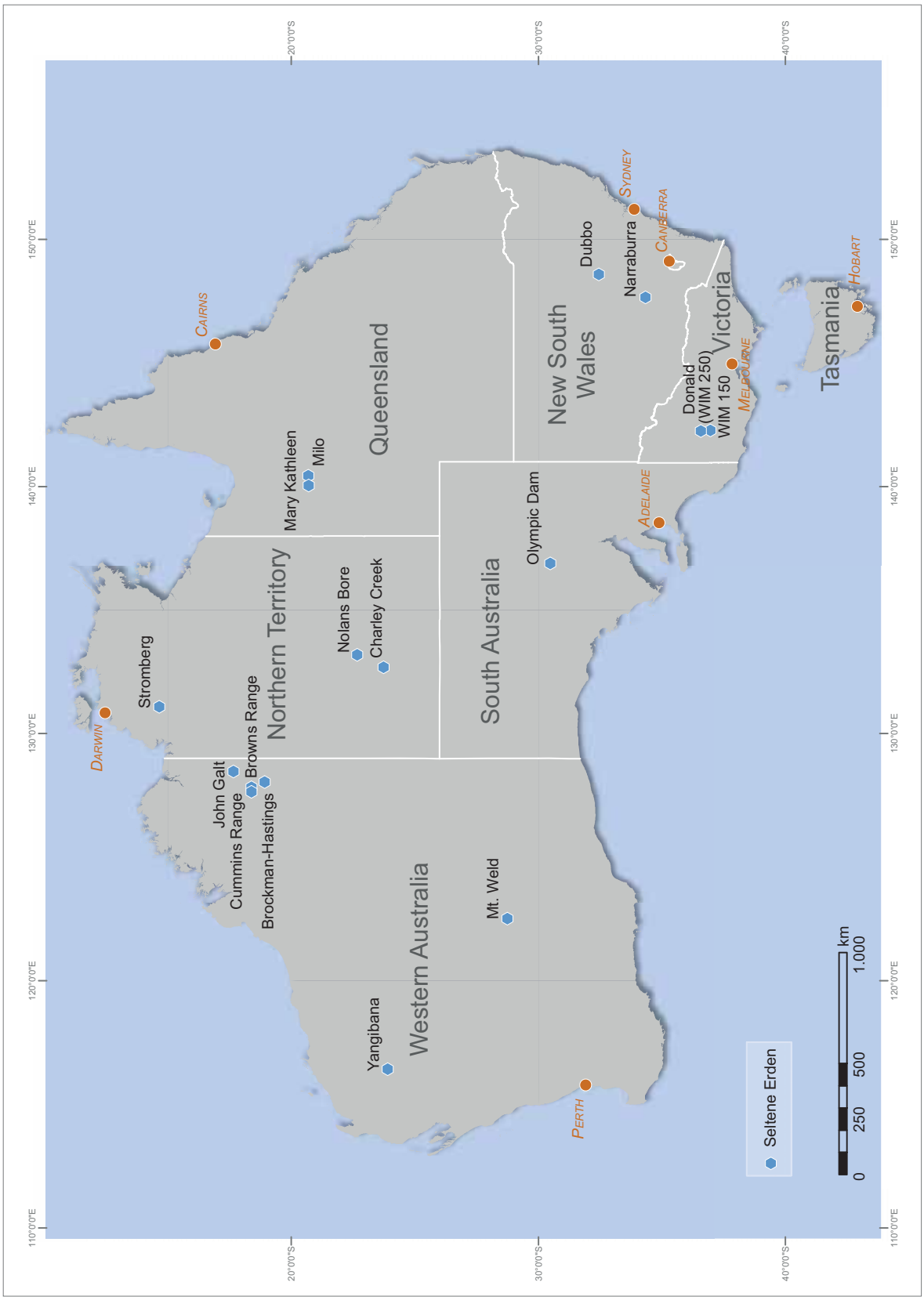


Abb. 2.22.1: Ausgewählte Seltenerdlagerstätten in Australien.

Überblick und Verwendung

Unter der Element- bzw. Rohstoffgruppe der Seltenen Erden (SE) werden Lanthan sowie die darauf im Periodensystem folgenden 14 Elemente bis hin zum Lutetium, einschließlich des chemisch ähnlichen Elements Yttrium, zusammengefasst. Scandium, das nach strenger chemischer Definition ebenfalls zu den SE zählt, besitzt dagegen völlig andere lagerstättengeologische Eigenschaften und wird daher aus geologischer Sicht nicht zu den SE gezählt. Es wird auch hier gesondert beschrieben (vgl. Kapitel 2.21).

Zur Untergruppe der leichten SE sollen hier die Elemente Lanthan (La), Cer (Ce), Praseodym (Pr) und Neodym (Nd) gezählt werden. Sie werden durch das radioaktive, instabile Element Promethium (Pr) von den schweren SE Samarium (Sm), Europium (Eu), Gadolinium (Gd), Terbium (Tb), Dysprosium (Dy), Holmium (Ho), Erbium (Er), Thulium (Tm), Ytterbium (Yb) und Lutetium (Lu) sowie Yttrium (Y) getrennt.

Die leichten SE sind weit verbreitet und finden größtenteils Verwendung in Erdöl-, Chemie- und Abgaskatalysatoren, als Politurmittel, in der Herstellung von Gläsern, in Legierungen sowie in der keramischen Industrie. Die selteneren schweren SE werden in der Produktion von Leuchtmitteln (speziell Eu, Tb und Y) und Permanentmagneten (Sm und Dy) benötigt.

Wichtige Vorkommen in Australien

Im Rahmen der weltweiten intensiven Suche nach SE-Vorkommen in den letzten Jahren wurden auch in Australien Dutzende Vorkommen (wieder) entdeckt, exploriert und näher beschrieben. Nur weniger dieser Vorkommen besitzen jedoch eine wirtschaftliche Bedeutung. Dieses Kapitel konzentriert sich – mit wenigen Ausnahmen – auf die Beschreibung der Vorkommen bzw. Lagerstätten mit einem erhöhten Anteil an schweren SE. An mehreren dieser Vorkommen haben sich chinesische oder japanische Unternehmen beteiligt bzw. ihre Unterstützung bei der Entwicklung zugesagt. Abbildung 2.4.1 gibt einen Überblick über ausgewählte australische Seltenerdlagerstätten, die im Folgenden beschrieben werden.

Western Australia

Western Australia ist mit Abstand der wichtigste Bundesstaat im Hinblick auf die Produktion von SE, da hier mit Mt. Weld bereits eine große Lagerstätte in Produktion steht.

Der **Mt. Weld** Karbonatitkomplex liegt rund 14 km südlich des Ortes Laverton in der südlichen Mitte Westaustraliens. Der Komplex weist einen Durchmesser von 3 bis 4 km auf und ist von einer 500 m breiten fenitischen Alterationszone umgeben. Einzelne Karbonatitgänge treten noch bis in 5 km Entfernung vom Hauptkörper auf. Ein 10 bis 70 m mächtiger Laterit, der selbst wieder von lakustrinen und fluviatilen Sedimenten überdeckt wird, überlagert den unverwitterten Karbonatit. Dieser Laterithorizont enthält stark erhöhte Gehalte an SE sowie regional hohe Konzentrationen an Phosphat, Niob, Tantal (vgl. Kapitel 2.23), Zirkonium und weiteren Metallen wie Titan, Vanadium, Chrom, Uran und Thorium (Abbildung 2.22.2).

Die Teillagerstätten Central Lanthanide Deposit (CLD) und Duncan Deposit (DD) enthalten die höchsten Gehalte an SE, wobei im Duncan Deposit der Anteil schwerer SE etwas höher ist (Tabelle 2.22.1). Die größten SE-Konzentrationen lassen sich auf sekundären Monazit zurückführen, der im Vergleich zu Seifenmonaziten relativ niedrige Gehalte von 700 ppm Th und 30 ppm U enthält. Andere SE-Minerale in Mt. Weld sind Crandallit, Rhabdophan, Cerianit, Churchit und Xenotim, wobei die letzteren beiden Minerale die wichtigsten Träger schwerer SE sind.

Die Mt. Weld-Lagerstätte wird von Lynas Corporation Ltd. abgebaut, die für den CLD bei einem „cut-off grade“ von 2,5 % SEO „Measured, Indicated & Inferred Resources“ von 14,949 Mio. t Erz @ 9,8 % SEO (1.460.000 t SEO-Inhalt), 721 ppm ThO_2 und 29 ppm U_3O_8 sowie für den DD ebenfalls bei einem „cut-off grade“ von 2,5 % SEO „Measured, Indicated & Inferred Resources“ von 8,992 Mio. t Erz @ 4,8 % SEO (431.600 t SEO-Inhalt) und 441 ppm ThO_2 ausweist.

Im Mai 2011 begann Lynas Corporation Ltd. mit der Aufbereitung des seit 2007/2008 aufgehaldeten Erzes aus dem CLD (Abbildung 2.22.3) und im Juni 2013, nach mehrjährigem Rechtsstreit, mit der Produktion von SE-Produkten, in der mit technischer Unterstützung der französisch-belgischen

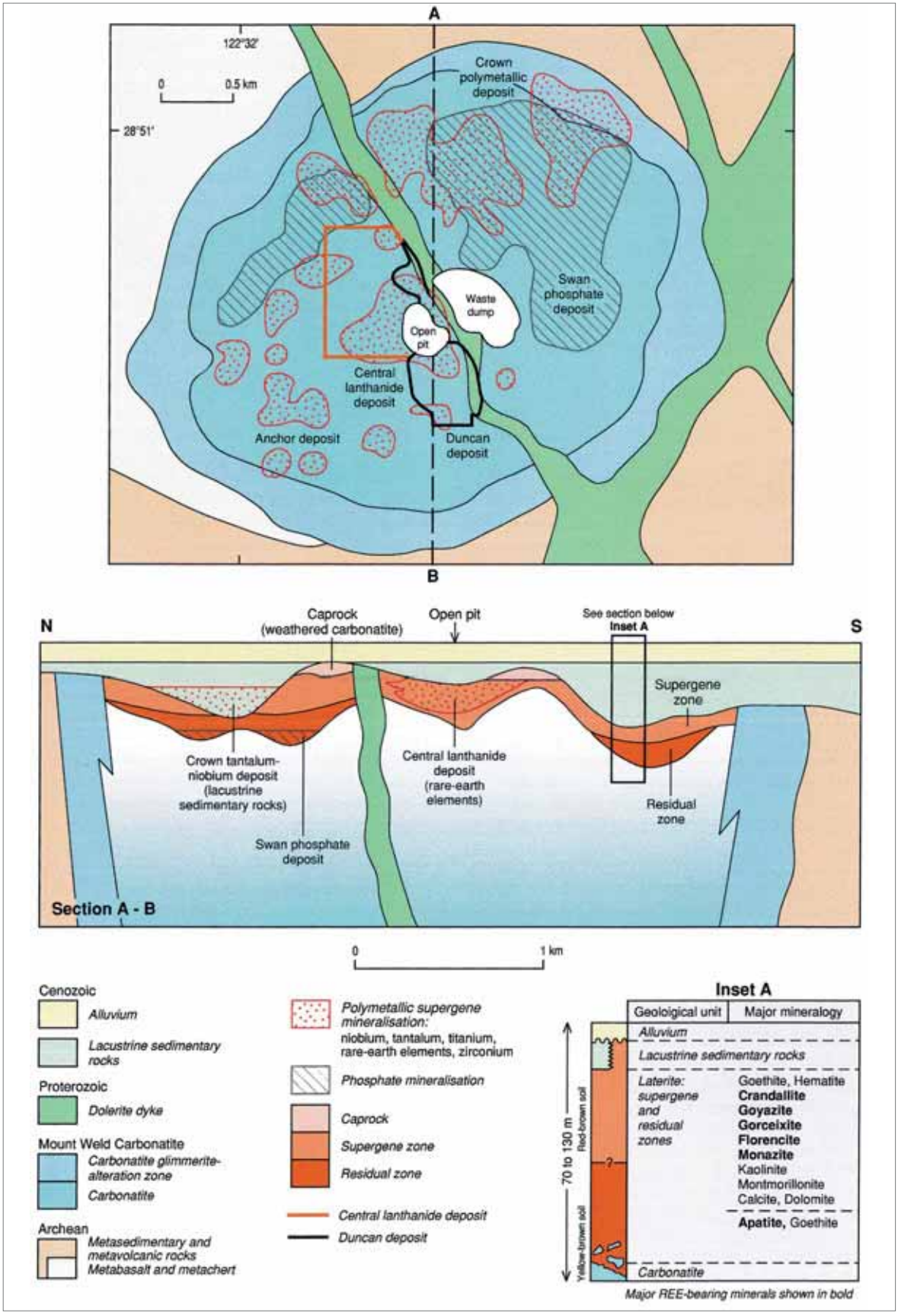


Abb. 2.22.2: Abgedeckte geologische Übersichtskarte und Schnitt durch den Mt. Weld Karbonatitkomplex (JAIRETH et al. 2014).

Abb. 2.22.3: Luftaufnahme des Tagebaus Mt. Weld mit aufgehaldetem Erz (Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung von Lynas Corporation Ltd.).

Rhodia S.A. errichteten Aufbereitungsanlage in Kuantan/Malaysia (LAMP).

Im Norden von Western Australia, rund 655 km nordwestlich von Alice Springs, liegt das Projekt **Browns Range** von Northern Minerals Ltd. Die Infrastruktur und die klimatischen Verhältnisse an diesem Standort sind sehr schlecht. Hier tritt in hydrothermal überprägten, silifizierten und hämatitisierten Brekzien im wesentlichen Xenotim als SE-Mineral auf. Bei einem „cut-off grade" von 0,15 % SEO betragen die „Indicated & Inferred Resources" der sechs Teillagerstätten Cyclops, Banshee, Area 5, Gambit, Gambit West und Wolverine 8,98 Mio t Erz @ 0,63 % SEO (56.663 t SEO-Inhalt). Davon enthält Wolverine 4,97 Mio. t Erz @ 0,86 % SEO (42.560 t SEO-Inhalt), 43 ppm U_3O_8 und 30 ppm ThO_2. Die insgesamt im Tief- und Tagebau gewinnbaren „Probable Reserves" wurden mit 3,41 Mio. t Erz @ 0,692 % SEO (23.595 t SEO) berechnet. Northern Minerals plant eine Aufbereitung der SE-Erze zu einem SEO-Mischkonzentrat @ 92 % SEO. Über die Abnahme des zu erzeugenden Mischkonzentrats besteht ein „memorandum of understanding" mit der japanischen Sumitomo Corporation.

Mit **John Galt** exploriert Northern Minerals in der östlichen Kimberley Region Western Australias (rund 200 km südlich von Kununurra) eine ähnliche Lagerstätte.

Die Polymetalllagerstätte **Brockmans** (ehemals Hastings) liegt 18 km südöstlich von Halls Creek in der östlichen Kimberley Region und wurde ab 1982 exploriert (Chalmers 1990). Die Mineralisation ist an einen 5 bis 35 m mächtigen, über 3,5 km streichende Länge verfolgbaren, pyroklastischen, trachytischen Tuffhorizont („Niobium Tuff") gebunden. Er besitzt ein Alter von ca. 1.848 Ma. Die Haupterzminerale in Brockman-Hastings sind Zirkon, amorpher Zirkon, Columbit und Y-führende SE-Niobate. Untergeordnet treten Bertrandit, Bastnäsit, Ca-Bastnäsit, Parisit, Synchisit, Chalcopyrit, Bleiglanz, Pyrit, Zinkblende, Thorit, amorpher Thorit und Ilmenit auf. Gallium ist im Kristallgitter des Kaliumglimmers eingebaut. Alle Erzminerale sind extrem feinkörnig ausgebildet und in der Gesteinsmatrix aus Quarz, Glimmer und Albit feinst verteilt.

Die „Indicated & Inferred Resources (Stand 2011) von Brockmans belaufen sich auf 36,2 Mio. t Erz @ 0,89 % ZrO_2, 0,35 % Nb_2O_5, 0,21 % SEO (76.000 t SEO-Inhalt), 318 ppm HfO_2, 182 ppm Ta_2O_5 (vgl.

Kapitel 2.23) und 110 ppm Ga_2O_3. Die Th-Gehalte liegen zwischen 259 und 371 ppm. Gegenwärtiger Lizenzinhaber ist Hastings Rare Metals Ltd., die anstrebt, das Vorkommen im Jahr 2016 in Abbau nehmen zu können.

Im Juli 2013 wurde von Hastings Rare Metals die Entdeckung von zwei weiteren ähnlichen Lagerstätten publiziert: **Levon**, ca. 1,3 km südlich und **Haig**, rund 4,5 km südwestlich von Hastings.

Hastings Rare Metals ist ebenfalls Hauptlizenzinhaber der Lagerstätte **Yangibana**, rund 900 km nördlich von Perth bzw. 300 km nordöstlich von Carnarvon. Diese besitzt bei einem „cut-off grade" von 0,5 % SEO „Indicated & Inferred Resources" von 6,79 Mio. t Erz @ 1,52 % SEO (103.200 t SEO-Inhalt). Es handelt sich vorwiegend um Siderit, Magnetit und Hämatit sowie untergeordnet Monazit, Bastnäsit und andere Minerale führende, stark radioaktive Gänge, die über ein Gebiet von 500 km² Fläche verbreitetet sind. Ihre Mächtigkeit beträgt 2 bis 25 m, wobei sich einzelne Gänge über 25 km streichende Länge verfolgen lassen. Details zu den Th- und U-Gehalten der Erzgänge sind bisher nicht publiziert.

Im südöstlichen Teil der Kimberley Region liegt die Karbonatitlagerstätte **Cummins Range**. Diese befand sich unter Lizenz der ehemaligen Navigator Resources Ltd., die letztmalig zum Februar 2012, bei einem „cut-off grade" von 1 % SEO, „Inferred Resources" von 4,9 Mio. t Erz @ 1,74 % SEO (85.260 t SEO-Inhalt), 11,2 % P_2O_5, 216 ppm U_3O_8 und 36 ppm Th auswies. Aufgrund des Verfalls der SE-Preise und des allgemeinen Desinteresses an dieser Lagerstätte, in der leichte SE deutlich dominieren, musste der Lizenzinhaber im April 2013 Insolvenz anmelden.

Tab. 2.22.1: Variation in der chemischen Zusammensetzung einzelner Monazit- und Xenotim-Körner aus Schwermineralkonzentraten Westaustraliens (nach VAN EMDEN et al. 1997).

	Monazit			Xenotim		
	Streuung	Mittelwert		Streuung	Mittelwert	
		Mean	Standard-abweichung		Mean	Standard-abweichung
La_2O_3	8,9–21,0	14,53	2,13	k. A.	k. A.	k. A.
Ce_2O_3	21,7–35,0	28,52	2,17	k. A.	k. A.	k. A.
Pr_2O_3	1,8–3,2	2,53	0,26	k. A.	k. A.	k. A.
Nd_2O_3	4,8–12,7	8,85	0,26	k. A.	k. A.	k. A.
Sm_2O_3	0,36–2,89	1,53	0,45	< 0,16[1)]–1,82	0,47	0,22
Gd_2O_3	< 0,16[1)]–2,71	0,88	0,51	< 0,16[1)]–4,56	1,91	0,59
Dy_2O_3	< 0,16[1)]–1,28	0,26	0,30	2,4–7,5	5,11	0,72
Ho_2O_3	k. A.	k. A.	k. A.	< 0,16[1)]–1,59	1,17	0,16
Er_2O_3	< 0,16[1)]–0,45	0,02	0,08	2,5–6,6	4,63	0,49
Tm_2O_3	k. A.	k. A.	k. A.	< 0,16[1)]–0,70	0,70	0,14
Yb_2O_3	k. A.	k. A.	k. A.	1,4–11,4	4,56	1,22
Lu_2O_3	k. A.	k. A.	k. A.	< 0,16[1)]–1,95	0,54	0,24
Y_2O_3	< 0,06[1)]– 6,25	1,19	0,66	40,2–53,2	46,82	1,91
ThO_2	1,2–21,9	8,79	0,08	< 0,17[1)]–8,44	0,46	0,68
UO_2	< 0,17[1)]–0,75	0,08	0,23	< 0,17[1)]–5,82	0,57	0,86
CaO	0,12–2,50	0,98	1,10	< 0,02[1)]–0,54	0,06	0,06
SiO_2	0,12–4,01	1,09	0,66	< 0,02[1)]–1,98	0,38	0,26
P_2O_5	25,1–32,6	30,33	1,24	29,7–36,4	34,55	0,73
Summe	**92,5–103,1**	**99,58**	**2,10**	**96,0–105,2**	**101,93**	**1,17**

[1)] = unterhalb der Nachweisgrenzen, k. A. = keine Angaben

In den Schwermineralseifenlagerstätten Westaustraliens, von denen einige zum Teil seit Jahrzehnten in Abbau stehen, treten Monazit und weit untergeordnet Xenotim als SE-Minerale auf. Im Gegensatz zu den in Tabelle 2.22.1 aufgelisteten Gehalten von Einzelkörnern, enthält Monazitkonzentrat aus Eneabba im Durchschnitt 6,4 % ThO_2 und 0,31 % U_3O_8, aus Capel 7 % ThO_2 und aus Yoganup 6,5–7,0 % ThO_2 (Elsner 2010). Im Jahr 1994 wurde dem langjährigen Aufkäufer, der heutigen belgisch-französischen Rhodia S.A., eine Verlängerung der Genehmigung zur Deponierung der bei der Aufbereitung von Seifenmonazit anfallenden radioaktiven Abfälle in La Rochelle/Frankreich verweigert, sodass mangels Abnehmer auch die Monazitproduktion in Australien eingestellt wurde (Kingsnorth & Chegwidden 2001). In den Jahren zuvor wurden jährlich bis zu 20.000 t Monazit- und bis zu 100 t Xenotim-Konzentrate in Western Australia produziert. An diesem SE-Potenzial ist derzeit die kanadische Medaillon Resources Ltd. interessiert, die den Erwerb von Monazitkonzentraten aus aller Welt und deren Aufbereitung zu SE-Produkten in einer zentralen, neu zu errichtenden Anlage in Duqm/Oman plant.

Northern Territory

Im Northern Territory sind zwei SE-Lagerstätten von Bedeutung. Die Seltene Erden-Phosphat-Uran-Thorium-Lagerstätte **Nolans Bore** liegt 135 km nordnordwestlich von Alice Springs bzw. nur 10 km westlich des Stuart Highways. Sie besteht aus einer Anzahl E-NE-streichender und steil nach Norden einfallender, 0,3 bis 25 m mächtiger, SE-führender Fluorapatitgänge. Diese sind vor 1,244 ± 10 Ma in einen stark kaolinitisierten Orthogneis eingedrungen. Ein Großteil der Lagerstätte ist von bis zu 4,5 m mächtigen quartären Lockergesteinen bedeckt. Die Hauptminerale in Nolans Bore sind Fluorapatit, Allanit, Epidot und Cheralit, wobei die SE in letzterem Mineral konzentriert sind. Dieser Cheralit füllt Mikrostörungen und -gänge im Apatit aus. Dagegen finden sich nur 30 bis 35 % der SE in der Kristallstruktur des Apatits. Bei den SE handelt es weit vorwiegend um leichte SE (Tabelle 2.22.2).

Lizenzinhaber der Nolans Bore Lagerstätte ist Arafura Resources Ltd., die im Juni 2012 bei einem „cut-off grade“ von 1 % SEO eine Ressource („Measured, Indicated & Inferred“) bis in 215 m Teufe von 47 Mio. t Erz @ 2,6 % SEO (1,217 Mio. t SEO-Inhalt), 11 % P_2O_5 und 186 ppm U_3O_8 publizierte. Seit Dezember 2012 beinhalten die Ressourcen im Tagebau gewinnbare „Probable Reserves“ von 24 Mio. t Erz @ 2,8 % SEO (672.000 t SEO-Inhalt), 12 % P_2O_5 und 204 ppm U_3O_8. Zusätzlich enthält das Erz 0,36 % ThO_2 bzw. 0,27 % Th; insgesamt würden bei der Aufbereitung nur des im Tagebau gewinnbaren Erzes also rund 65.000 t Thorium anfallen! Eine erste Bankable Feasibility-Studie (BFS) wurde 2008 vorgelegt. Gegenwärtig plant Arafura Resources Ltd. die Aufbereitung des Erzes zu SE-Mischprodukten in Australien, die außerhalb des Landes – offenbar in China – separiert werden sollen sowie die Beiproduktion von Uran, Gips und Phosphaten. Die hierfür benötigten Investitionen betragen ca. 1.408 Mio. A$. Zur Verwendung bzw. Deponierung des Thoriums liegt seitens des Lizenzinhabers keine Stellungnahme vor. Die chinesische ECE Nolans Investment Company Pty Ltd. hält 24,86 % der Aktien von Arafura Resources Ltd. Zudem besteht ein „memorandum of understanding“ mit der chinesischen Shenghe Resources Holding Co. Ltd.

Im Jahr 2010 entdeckte die heutige Crossland Strategic Metals Ltd. in ihrem Projekt **Charley Creek**, rund 120 km westlich von Alice Springs gelegen, eine relativ große Seifenlagerstätte mit durchschnittlich 2,54 % Schwermineralgehalt. Die Mächtigkeit der Seife beträgt durchschnittlich 17 m, maximal 30 m. Die „Indicated & Inferred Resources“ der beiden Teillagerstätten Western Dam und Cattle Creek, die nur einen sehr kleinen Teil des höffigen Gebietes umfassen, betragen 805 Mio. t Erzsand @ 292 ppm TREO (235.000 t SEO-Inhalt) oder mineralogisch 57.965 t Xenotim, 328.135 t Monazit und 415.560 t Zirkon. Hierbei enthält Xenotim vor allem schwere SE und Monazit leichte SE (Abbildung 2.22.4 und Tabelle 2.22.2).

Die Ergebnisse einer Scoping-Study wurden im April 2013 vorgelegt. Crossland Strategic Metals Ltd. plant demnach die Abtrennung von Zirkon, Ilmenit und eventuell Rutil, Monazit und Xenotim aus dem Schwermineralspektrum der Lagerstätte sowie die Aufbereitung der beiden letztgenannten Minerale zu SE-Mischkarbonaten sowie Uranylperoxid. Das bei der Aufbereitung anfallende Thorium soll endgelagert werden. Die hierfür benötigten Investitionen liegen bei 156 Mio. A$. Aufgrund finanzieller Engpässe ruhen seit Januar 2014 sämtliche Arbeiten an dem Projekt. Die mal-

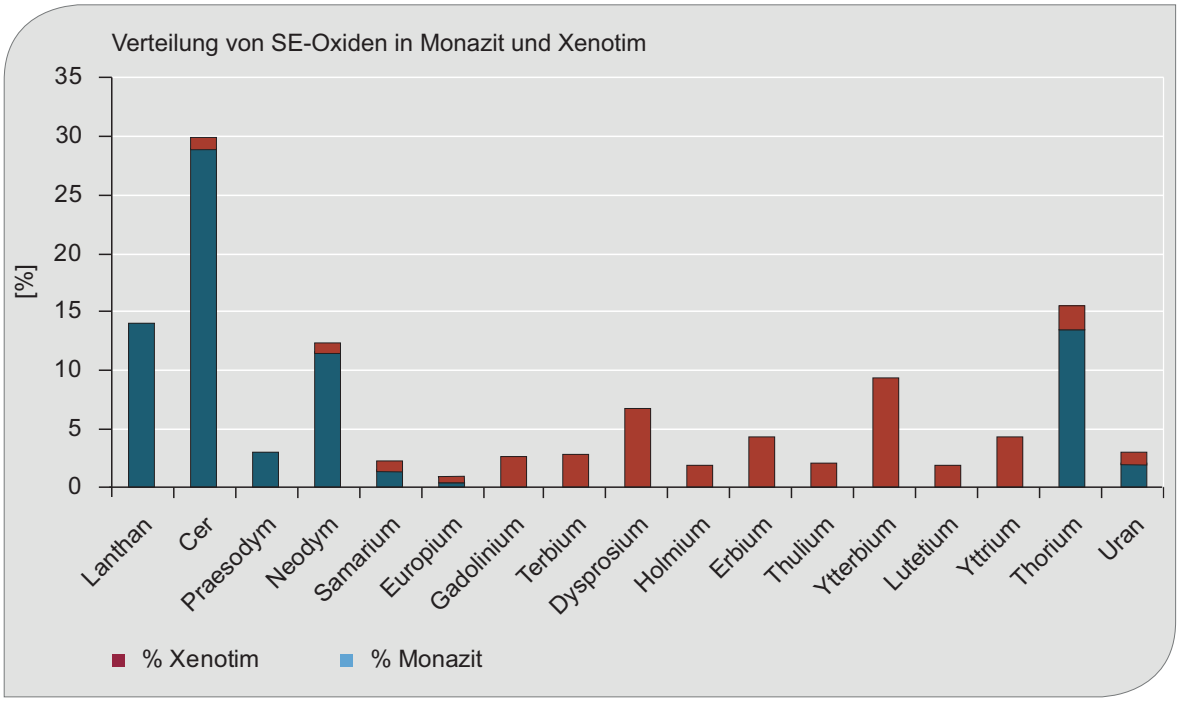


Abb. 2.22.4: Vergleichende Verteilung der SEO, Thorium und Uran im Monazit und Xenotim der Charley Creek-Lagerstätte (nach Crossland Uranium Minerals Ltd. 2012).

aiische HK Rare Earth Sdn Bhd hält 19,265 % der Aktien von Crossland Strategic Metals Ltd.

Erwähnenswert sind auch die Explorationsarbeiten auf Xenotim bzw. die schweren Seltene Erden von Spectrum Rare Earths Ltd. (ehemals TUC Resources Ltd.) rund um die **Stromberg** bzw. Skyfall Prospekte, rund 200 km südlich Darwin. Hier liegen jedoch noch keine Ressourcenberechnungen vor.

South Australia

In South Australia liegt die sehr große Eisen-Kupfer-Gold-Uran-Lagerstätte **Olympic Dam**, deren vor 1,59 Ga entstandenes Brekzienerz, neben den derzeit ausgebrachten Metallen Kupfer, Uran, Gold und Silber, auch geschätzte 53 Mio. t SEO enthält. Als SE-Trägerminerale finden sich hauptsächlich Bastnäsit und Florencit, untergeordnet auch Synchysit, Monazit, Xenotim, Zirkon, Crandallit und verschiedene Uranminerale. Diese treten feinst verteilt in Gangmineralen und als Einschlüsse in Sulfiden auf (Jaireth et al. 2014). Der Betreiber BHP Billiton Plc zeigte auch zu Zeiten hoher SE-Preise kein Interesse, die vornehmlich leichten Seltenen Erden aus Olympic Dam auszubringen.

New South Wales

In New South Wales treten SE in abbauwürdigen Mengen und Konzentrationen bei Toongi, 30 km südlich von **Dubbo**, auf. Das dortige, seit mehreren Jahren von Alkane Resources Ltd. entwickelte Projekt Dubbo Zirconium basiert auf dem Abbau eines mineralisierten Trachyts jurassischen Alters in einem bis zu 100 m tiefen Tagebau und über mindestens 35 Jahre. In einem komplexen Aufbereitungsprozess sollen vor Ort verschiedene Zirkonium-Produkte, ein Hafnium-Produkt, ein Niob-Konzentrat mit erhöhtem Ta_2O_5-Gehalt (vgl. Kapitel 2.23), ein leichtes SE-Chlorid-Konzentrat (geplant 4.665 t/Jahr) und ein schweres SE-Chlorid-Konzentrat (geplant 1.309 t/Jahr) erzeugt werden. Zur Aufbereitung und zum Vertrieb der SE-Chlorid-Konzentrate wurde im Juli 2012 ein „memorandum of understanding“ mit dem japanischen Technologieträger Shin-Etsu Chemical Co. Ltd. unterzeichnet. Die Produktion soll 2016 beginnen.

Die „Measured Resources“ der Lagerstätte Toongi bis 55 m Teufe betragen 35,7 Mio. t Erz und die „Indicated Resources“ zwischen 55 bis 100 m Teufe zusätzlich 37,5 Mio. t Erz mit jeweils durchschnittlich 1,94 % ZrO_2, 0,04 % HfO_2, 0,46 %

Nb_2O_5, 0,03 % Ta_2O_5 und 0,89 % SEO (651.400 t SEO-Inhalt). Die in den Ressourcen enthaltenen „Proved Reserves“ bis 26 m Teufe liegen bei 8,07 Mio. t Erz und die „Probable Reserves“ zwischen 26 bis 45 m bei zusätzlich 27,86 Mio. t Erz mit jeweils durchschnittlich 1,93 % ZrO_2, 0,04 % HfO_2, 0,46 % Nb_2O_5, 0,03 % Ta_2O_5 und 0,88 % SEO.

Alkane Resources Ltd. hat auch den 4 km nordwestlich des Toongi Erzkörpers gelegenen, rund halb so großen **Railway Trachyt** abgebohrt. Dabei wurden Durchschnittsgehalte von 0,912 % ZrO_2, 0,022 % HfO_2, 0,24 % Nb_2O_5, 0,014 % Ta_2O_5 und 0,416 % SEO angetroffen.

Ein Projekt mit sehr ähnlicher Wertmineralführung, jedoch wesentlich niedrigeren Gehalten und in einer stark verwitterten peralkalinen granitischen Intrusion, verfolgt Capital Mining Ltd. In einem 1.000 x 1.500 m großen Gebiet im Komplex **Narraburra**, rund 177 km nordwestlich von Canberra gelegen, konnte dieses Junior Explorationsunternehmen bis in 50 m Teufe „Inferred Resources“ von 73,2 Mio. t Erz @ 0,129 % $Zr(Hf)O_2$, 473 ppm SEO (34.600 t SEO-Inhalt), 126 ppm Nb_2O_5, 61 ppm ThO_2, 54 ppm Ga_2O_3 und 118 ppm Li_2O nachweisen. Der Anteil der schweren SEO inklusive Y_2O_3 liegt über 30 Vol.-%, weitere Einzelheiten sind noch nicht publiziert.

Queensland

Das größte SE-Projekt in **Queensland** ist **Milo** von GBM Resources Ltd., rund 20 km westlich von Cloncurry. Dabei handelt es sich um eine im Jahr 2010 entdeckte polymetallische IOGC-Brekzienlagerstätte mit Kupfer, Gold, Uran, Phosphat, Seltenen Erden und eventuell Molybdän als ausbringbare Wertmetalle bzw. -minerale. Die gegenwärtigen „Inferred Resources“ betragen bei einem „cut-off grade“ von 300 ppm SEO 187 Mio. t Erz @ 0,75 % P_2O_5 und 620 ppm SEO (113.000 t SEO-Inhalt), bzw. 88 Mio. t Erz @ 0,11 % Cu, 130 ppm Co, 65 ppm Mo, 60 ppm U, 1,63 ppm Ag und 0,04 ppm Au.

GBM Resources Ltd. plant, die Lagerstätte im Tagebau abzubauen, das Erz vor Ort zu Vorkonzentraten mit 5 % SEO aufzukonzentrieren und dann in Townsville ein 99 %iges SEO-Mischkonzentrat herzustellen. Gegenwärtig wird das Milo-Projekt von GBM Resources Ltd. aufgrund des geringen Investoreninteresses nicht vorrangig weiter verfolgt.

Die Uran-Skarnlagerstätte **Mary Kathleen** liegt zwischen Mount Isa und Cloncurry und stand zwischen 1958 und 1963 sowie zwischen 1974 und 1982 in Produktion. In diesen beiden Zeiträumen lieferte sie Uranerzkonzentrate mit insgesamt 7.532 t U- bzw. 8.882 t U_3O_8-Inhalt. In Mary Kathleen findet sich Uraninit fein verteilt in Allanit, der zusammen mit dem dort ebenfalls häufigen Stillwellit auch SEO, vor allem leichte SEO, enthält. Yttrium ist dagegen im Kristallgitter von Granat fest gebunden. Der Durchschnittsgehalt an SEO im Erz lag bei rund 4 %, die zwischenzeitlich rekultivierten, radioaktiven und schwermetallreichen Halden sollen 7,1 Mio. t Material @ 6,4 % SEO (454.000 t SEO-Inhalt) enthalten.

Victoria

Im Bundesstaat Victoria sind keine Primärerzlagerstätten von SE bekannt, doch treten im Murray Basin rund um den Ort **Horsham** (Abbildung 2.22.5) pliozäne Schwermineralseifen auf, die neben den Hauptwertmineralen Ilmenit, Leukoxen, Rutil und Zirkon auch große Mengen des hochradioaktiven leichten SE-Minerals Monazit und des normalerweise weniger radioaktiven schwere SE-Minerals Xenotim enthalten. Die genauen U- und Th-Gehalte der Monazite bzw. Xenotime aus dem Murray Basin sind allerdings noch nicht publiziert. Die Schwermineralseifen rund um Horsham entstanden im küstennahen offshore-Bereich und sind deswegen sehr feinkörnig. Dies war über viele Jahrzehnte seit ihrer Entdeckung im Jahr 1982 das Haupthindernis für ihre Nutzung. Zwischenzeitlich stehen jedoch technische Möglichkeiten für eine optimierte Aufbereitung zur Verfügung, sodass gegenwärtig zwei Unternehmen an ihrer Erschließung arbeiten.

Australian Zircon NL ist zu 80 % Lizenzinhaber (20 % Orient Zirconic Resources (Australia) Pty Ltd./China) der WIM 150 Seife mit bei einem „cut-off grade“ von 1 % SM (Schwerminerale) „Measured, Indicated & Inferred Resources“ von 1,65 Mrd. t Erzsand @ 3,7 % SM (61,05 Mio. t SM-Inhalt). In den Ressourcen sind „Proved & Probable Reserves“ von 552 Mio. t Erzsand @ 4,3 % SM (23,74 Mio. t SM-Inhalt) enthalten. Die SM-Verteilung ist 31,4 % Ilmenit, 20,7 %

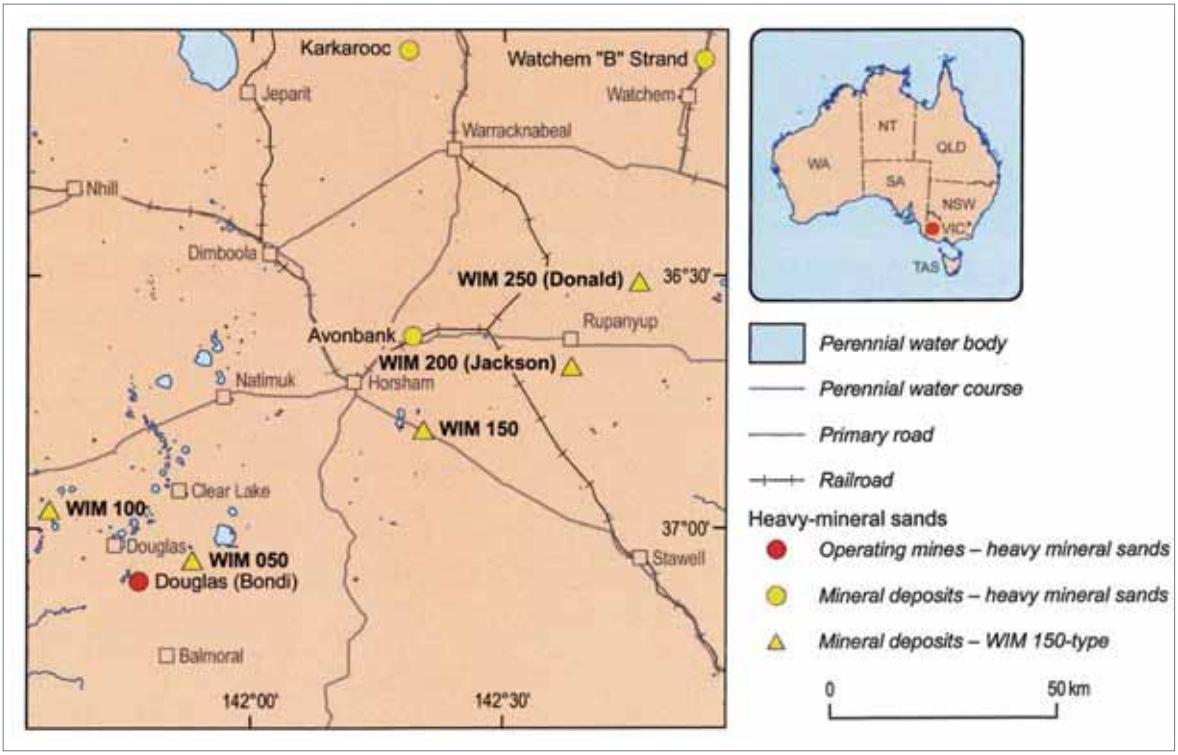


Abb. 2.22.5: Lage der WIM-Seifenlagerstätten im südlichen Murray Basin, Victoria (JAIRETH et al. 2014).

Zirkon, 11,7 % Rutil + Anatas, 6,0 % Leukoxen, 2,1 % Monazit (1,28 Mio. t Monazitinhalt), 0,38 % Xenotim (232.000 t Xenotiminhalt) und 27,72 % Nichtwertminerale (vor allem Goethit, Spinell, Turmalin, Al-Silikate). Ilmenit, Leukoxen, Rutil und Zirkon besitzen durchschnittliche Korngrößen von 40 bis 49 µm, Monazit und Xenotim dagegen von nur 35 µm. Die Abraummächtigkeit beträgt 6 bis 8 m, die Erzsandmächtigkeit 10 bis 12 m. Im Jahr 2013 legte Australian Zircon eine BFS zur WIM 150 Seife vor und arbeitet an deren Aufschluss. Hauptaktionär von Australian Zircon ist das österreichische Handelshaus DCM DECO-metal International Trading GmbH, das sich auch die Vermarktungsrechte für alle Produkte gesichert hat.

Astron Ltd. mit Hauptsitz in Hongkong entwickelt die Donald- (WIM 250-) und Jackson- (WIM 200-) Seifen mit Gesamtressourcen („Indicated & Inferred") von 4,5 Mrd. t Erzsand @ 4 % SM (180 Mio. t SM-Inhalt). Donald besitzt „Measured, Indicated & Inferred Resources" von 4,039 Mrd. t Erzsand @ 4,8 % SM (193,9 Mio. t SM-Inhalt). In den Ressourcen sind „Proved & Probable Reserves" von 461 Mio. t Erzsand @ 5,9 % SM (27,2 Mio. t SM-Inhalt) enthalten. Es handelt sich damit um eine der größten SM-Seifenlagerstätten der Erde. Die SM-Verteilung der Hauptwertminerale ist 33,4 % Ilmenit, 18,4 % Zirkon, 8,4 % Rutil + Anatas und 17,3 % Leukoxen. Die Gehalte an Monazit und Xenotim wurden nicht publiziert, dürften aber denen in der WIM 150 Seife ähneln. Im Jahr 2013 schloss auch Astron seine Definitive Feasibility-Studie (DFS) zur Lagerstätte Donald ab und plant nun die Aufbereitung des vor Ort erzeugten SM-Konzentrats in China.

Die benachbarten WIM 50 bzw. WIM 100 Seifen enthalten dagegen bei einem Durchschnittsgehalt von 3,5 % SM bzw. 6,7 % SM „nur" 25 Mio. t SM bzw. 12 Mio. t SM.

Anforderungen und Bewertung

Festgesteinslagerstätten mit vorwiegend leichten SE müssen, um wirtschaftlich interessant zu sein, Mindestgehalte von 1 % SEO und 1 Mio. t SEO-Inhalt besitzen. Grenzwerte für Primärlagerstätten mit erhöhten Gehalten an schweren SE bestehen

nicht, doch sollte der Anteil an schweren SE möglichst hoch sein.

In allen Lagerstätten sollten die U- bzw. Th-Gehalte zudem < 100 ppm (< 120 ppm U_3O_8) bzw. < 400 ppm (< 450 ppm ThO_2) betragen, da das Erz sonst nicht ohne Sondergenehmigung transportiert werden darf und auch bei der Aufbereitung sehr große Mengen radioaktiver Abfälle anfallen. Alternativ kann das anfallende Uran vermarktet werden, während es für Thorium derzeit weltweit keine Interessenten gibt.

Einen Überblick über die entsprechenden Verhältnisse in den australischen SE-Lagerstätten gibt Tabelle 2.22.2.

Das Interesse der deutschen Industrie an einer Beteiligung an einem SE-Bergbauprojekt – unabhängig von der Lage (Land) – ist aktuell aufgrund der seit Ende 2011 wieder sehr stark gesunkenen Weltmarktpreise, des Überangebots an leichten SE, des relativ hohen Kapitalbedarfs und nicht zuletzt aufgrund der Komplexität der Wertschöpfungskette sehr gering.

Deutsche Verbraucher von leichten SE können diese in praktisch unbegrenzter Menge über Lynas Corporation Ltd. aus der Mt. Weld-Lagerstätte bzw. aus Malaysia beziehen. Unternehmen, die eher schwere SE benötigen, finden in den australischen Projekten Browns Range und Brockman-Hastings Investitionsmöglichkeiten. Da diese Festgesteinsprojekte jedoch einen hohen Investitionsbedarf bei begrenzten Vorräten haben, kann deutschen Abnehmern, die sich mit schweren SE absichern wollen, eine einfachere und wesentlich günstigere Strategie empfohlen werden:

Als Rohstoff bietet sich dabei Xenotim an, ein schweres SE-Y-Phosphat, das beibrechend mit geringen Investitionen aus den Seifenlagerstätten

- Charley Creek (Northern Territory) mit Ressourcen > 58.000 t Xenotim,
- WIM 150 (Victoria) mit Ressourcen von 232.000 t Xenotim (Österreichischer Hauptgesellschafter) und
- Donald (Victoria) mit Ressourcen von ca. 730.000 t Xenotim (Aufbereitung in China)

separiert werden könnte.

Monazit, der wesentlich häufiger ist, aber vorwiegend leichte SE enthält, wäre zuvor abzutrennen. Xenotim enthält zwar im weltweiten Durchschnitt rund 1 % U_3O_8 (Monazit: 0,3 % U_3O_8), aber nur 0,85 % des nicht nutzbaren ThO_2 (Monazit: 6 – 7 % ThO_2). Die Abtrennung eines SE-Mischkonzentrats aus Xenotim mittels zwischen 1975 und 1994 bereits in Malaysia kommerziell angewandter Standardverfahren müsste in Australien erfolgen, wo auch das anfallende Uran vermarktet werden könnte bzw. das Thorium deponiert werden müsste. Die Separation des schweren SE-Mischkonzentrats würde dann vorzugsweise im Lohnverfahren durch Rhodia S.A. in La Rochelle/Frankreich erfolgen, wo hierfür ausreichende Erfahrungen vorliegen.

Tab. 2.22.2: Gehalte und Verteilung von SEO, U_3O_8 und ThO_2 (soweit publiziert) in den SE-Lagerstätten Australiens, nach Angaben der Lizenzinhaber.

Lagerstätte	Mt Weld/ CLD	Mt Weld/ DD	Browns Range/ Wolverine[1)]	Brockman-Hastings	Yangibana	Cummins Range	Nolans Bore	Charley Creek[2)]	Dubbo	Milo
Bundesstaat	**WA**	**WA**	**WA**	**WA**	**WA**	**WA**	**NT**	**NT**	**NSW**	**QLD**
SEO (in t)	**1.460.000**	**431.600**	**48.000**	**76.000**	**57.400**	**85.260**	**1.217.000**	**235.000**	**651.400**	**113.000**
SEO (in %)	**9,73**	**4,84**	**0,86**	**0,21**	**1,64**	**1,74**	**2,62**	**0,029**	**0,89**	**0,062**
Verteilung	**(in %)**									
La_2O_3	23,88	24,87	2,10	1,62	18,6	26,88	19,13	18,07	19,55	24,31
CeO_2	47,55	39,38	5,20	6,04	42,9	46,77	48,72	38,63	36,85	42,14
Pr_6O_{11}	5,16	4,75	0,74	0,90	5,9	4,80	5,93	4,24	4,03	3,89
Nd_2O_3	18,13	17,89	3,30	3,47	25,5	15,70	20,58	14,93	14,12	12,97
Sm_2O_3	2,44	2,83	2,15	2,19	4,0	1,87	2,30	2,82	2,17	1,95
Eu_2O_3	0,53	0,77	0,45	0,14	0,8	0,36	0,39	0,59	0,08	0,65
Gd_2O_3	1,09	1,99	5,73	3,57	1,4	1,13	0,99	2,39	2,17	1,62
Tb_4O_7	0,09	0,26	1,28	1,14	k. A.	k. A.	0,08	0,37	0,31	0,32
Dy_2O_3	0,25	1,27	8,66	8,85	0,3	0,49	0,32	2,11	2,02	1,30
Ho_2O_3	0,03	0,19	1,81	2,05	k. A.	k. A.	0,04	0,41	0,39	0,32
Er_2O_3	0,06	0,41	5,15	8,23	k. A.	0,03	0,09	1,20	1,16	0,81
Tm_2O_3	0,01	0,04	0,71	1,05	k. A.	k. A.	0,01	0,16	0,16	0,16
Yb_2O_3	0,03	0,18	4,14	6,61	k. A.	k. A.	0,06	1,03	1,01	0,97
Lu_2O_3	0,00	0,02	0,56	0,86	k. A.	k. A.	0,01	0,15	0,16	0,16
Y_2O_3	0,76	5,17	57,98	53,28	0,6	1,97	1,35	12,90	15,82	9,43
U_3O_8	29 ppm	k. A.	43 ppm	k. A.	>1.000 ppm	216 ppm	186 ppm	k. A.	140 ppm	72 ppm
ThO_2	712 ppm	441 ppm	30 ppm	k. A.	>1.000 ppm	41 ppm	3.600 ppm	k. A.	544 ppm	k. A.

[1)] Die anderen Teillagerstätten besitzen ähnliche SE-Gehalte bzw. -verteilungen. [2)] Monazit und Xenotim, k. A. = keine Angaben

Literatur

Chalmers, D. I. (1990): Brockman multi-metal and rare earth deposit. – In: Hughes, F. E. (Hrsg.): Geology of the Mineral Deposits of Australia and Papua New Guinea. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **14**: 707–709, 1 Abb.; Melbourne.

Crossland Uranium Minerals Ltd. (2012): Initial indicated resource of 387 million tonnes containing xenotime/monazite REE mineralization at Charley Creek. – ASX Announcement 15 May 2012: 7 S., 3 Abb., 3 Tab.; Sydney. – URL: http://www.crosslanduranium.com.au/uploads/resources/ASX_Release_Alluvial_fan_resource_estimate_14_May_12.pdf [Stand 29.01.2016].

Elsner, H. (2010): Heavy Minerals of Economic Importance. – Assessment Manual: 218 S., 31 Abb., 125 Tab.; Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe; Hannover. – URL: http://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DERA/DE/Downloads/Heavy-Minerals-Economic-Importance.pdf?__blob=publicationFile&v=2
[Stand 29.01.2016].

Jaireth, S., Hoatson, D. M. & Miezitis, Y. (2014): Geological setting and resources of the major rare-earth-element deposits in Australia. – Ore Geology Reviews, **62**: 72–128, 33 Abb., 27 Tab.; Philadelphia, PA. – URL: http://ac.els-cdn.com/S0169136814000353/1-s2.0-S0169136814000353-main.pdf?_tid=e3567b24-eb05-11e3-90fd-00000aacb360&acdnat=1401789807_f3cc1f028e1ff69abb6765d740311ac5
[Stand 29.01.2016].

Kingsnorth, D. J. & Chegwidden, J. (2001): Rare earths production in Australia – lost or future opportunities? – Proc. Int. Heavy Minerals Conf., Freemantle, WA, 18–19 June 2001. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Publication Series, **3/2001**: 143–149, 2 Abb., 6 Tab.; Carlton, Victoria.

McIntyre, S. (1989): The WIM 150 mineral sand project. – The AusIMM Bulletin and Proceedings, **294**, 5: 24–28, 7 Abb., Carlton, VIC.

Miezitis, Y. & Hoatson, D. (2013): Rare Earths. – Australian Mines Atlas 2011: 8 S., 4 Tab.; Canberra. – URL: http://www.australianmines atlas.gov.au/aimr/commodity/rare_earths.html [Stand 29.01.2016].

Van Emden, B., Thornber, M. R., Graham, J. & Lincoln, F.J. (1997): The incorporation of actinides in monazite and xenotime from placer deposits in Western Australia. – The Canadian Mineralogist, **35**: 95–104, 5 Abb., 4 Tab.; Ottawa, ON.

Williams, V.A. (1990): WIM 150 Detrital Heavy Mineral Deposit. – In: Hughes, F.E. (Hrsg.) (1990): Geology of the Mineral Deposits of Australia and Papua New Guinea. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph Series, **14**, 2: 1609–1614, 3 Abb., 1 Tab., 2 Taf.; Melbourne.

2.23 Tantal

(Harald Elsner)

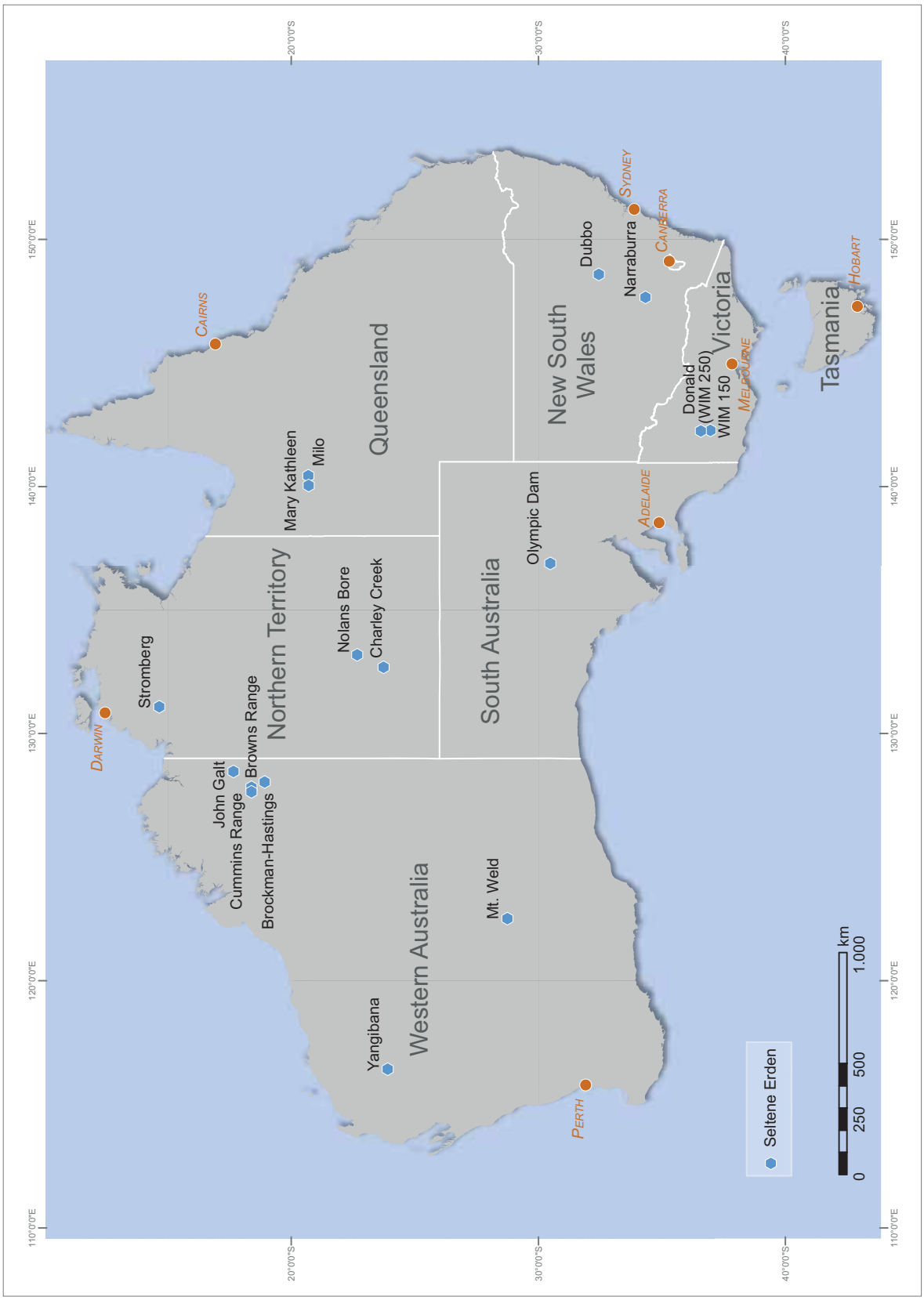


Abb. 2.23.1: Ausgewählte Tantallagerstätten und -vorkommen in Australien.

Überblick und Verwendung

Tantal (Ta) ist ein graphitgraues, glänzendes Metall. In der Natur ist es relativ selten und findet sich angereichert ausschließlich:

– in sogenannten Selten-Element-Graniten (bzw. -Trachyten),
– in deren grobkörnigen Restdifferentiaten, den Pegmatiten, sowie
– zusammen mit anderen Schwermineralen als Nebenprodukt in Seifen.

Geringe Tantalmengen werden auch als Beiprodukt der Niobproduktion aus Pyrochlor (Brasilien, Russland) sowie aus Rückständen der Zinnerzproduktion (Zinnhütten) in Südostasien extrahiert.

Wichtigste Tantalerzminerale sind die Glieder der Columbit-Tantalitreihe, $(Fe,Mn)(Nb,Ta)_2O_6$, gefolgt von Tapiolit, $FeTa_2O_6$, Wodginit, $(Mn,Sn,Ti)Ta_2O_6$, und Mikrolith, $Ca_2Ta_2O_6(O,OH,F)$.

Tantal ist ein wichtiger Rohstoff für sehr kleine Kondensatoren mit hoher Kapazität, sogenannten Elektrolytkondensatoren (Elkos). Als Legierungszusatz wird Tantal zur Herstellung karbidhaltiger Werkzeug- und Schneidstähle, zur Herstellung von Superlegierungen, für Komponenten in der chemischen Prozessindustrie, Nuklearreaktoren und für Raketenteile verwendet. Tantalpentoxid, Ta_2O_5, wird zur Herstellung hochlichtbrechender Gläser und spezieller Kristallmaterialien benötigt. Tantalkarbide finden Verwendung in der chemischen und als Superlegierungen in der metallurgischen Industrie (Elsner et al. 2010).

Wichtige Vorkommen in Australien

Abbildung 2.23.1 gibt einen Überblick über ausgewählte australische Tantallagerstätten und -vorkommen, die im Folgenden beschrieben werden.

Western Australia

Die australische Tantalproduktion war bisher auf Western Australia beschränkt, wobei das dortige Department of Mines and Petroleum aus Vertraulichkeitsgründen seit 2009 die Menge des im Jahr verkauften Tantalitkonzentrats nicht mehr angibt. Letzte Erzproduzenten waren bis Februar 2012 Global Advanced Metals Pty Ltd. aus der Lagerstätte Wodgina und bis Juli 2012 Galaxy Resources Ltd. aus der Lagerstätte Mount Cattlin. Seitdem sind diese beiden Abbaubetriebe gestundet.

Die Tantal-Zinn-Beryllium-Pegmatitlagerstätte **Wodgina** liegt 109 km südöstlich von Port Hedland im Nordwesten von Western Australia. Der dortige Hauptpegmatit ist rund 1 km lang, 5 bis 40 m mächtig und wurde vor 2.829 ± 11 Ma mineralisiert. Als Tantalminerale enthält er Manganotantalit mit untergeordneten Beimengungen von Manganocolumbit und Wodginit sowie etwas Mikrolith und Fersmit (Fetherston 2004).

Die Lagerstätte wurde 1902 entdeckt und stand seitdem auch in Abbau (auf Zinn). Alluviale und eluviale Seifen um Wodgina wurden erstmals drei Jahre später auch auf Tantal abgebaut. Die großkommerzielle Gewinnung von Tantal begann 1988. 1996 übernahm Sons of Gwalia Ltd. die Aktivitäten in Wodgina und steigerte bis 2002 die jährliche Abbaukapazität sukzessive auf eine Erzmenge mit 635 t Ta_2O_5-Inhalt. Im Jahr 2004 ging Sons of Gwalia in Konkurs.

Alle Tantal-, Zinn- und Lithiumaktivitäten der ehemaligen Sons of Gwalia in Westaustralien übernahm im August 2007 Talison Minerals Pty Ltd., die sich 2009 aufspaltete und ihre Tantalaktivitäten 2010 im Unternehmen Global Advanced Metals Pty Ltd. konzentrierte. Das von Global Advanced Metals bzw. ihren Vorgängerunternehmen verarbeitete und veredelte Tantalerz und auch das mit gewonnene Zinnerz stammen seit 1988 aus dem Tagebau Mount Cassiterite und dem einige Jahre später eröffneten Tagebau Mount Tinstone. Die dortigen Erzminerale sind Wodginit, Cassiterit und Tapiolit, gefolgt von Manganocolumbit, Manganotantalit mit Mikrolith sowie Spuren von Calciotantalit (Fetherston 2004).

Das in Wodgina zu einem Konzentrat aufbereitete Erz wurde per Lkw nach Greenbushes (siehe unten) transportiert, wo mit einer Jahreskapazität von 450 t Ta_2O_5 kundenspezifische Tantalprodukte hergestellt wurden. Zwischen Dezember 2008 und Januar 2011 war der Abbau in Wodgina (Abbildung 2.23.2) aufgrund der niedrigen Tantalpreise auf dem Weltmarkt gestundet, war dann bis Ende Februar 2012 wieder in Betrieb und ist seitdem wieder gestundet.

Abb. 2.23.2: Abbau von Tantalerzen in Wodgina (Foto: BGR).

Nach Fetherston (2004) ergaben sich nach Daten von Sons of Gwalia aus dem Jahr 2002 für die „Wodgina Operating Mine"-Ressourcen von 86,5 Mio. t Erz @ 270 ppm Ta_2O_5 (23.355 t Ta_2O_5-Inhalt), inklusive Reserven von 63,5 Mio. t Erz @ 270 ppm Ta_2O_5 (17.145 t Ta_2O_5-Inhalt). Aktuellere Vorratsdaten wurden seitdem nicht publiziert.

Die Gewinnung und Aufbereitung von Tantal aus dem Lithium-Zinn-Tantal-Pegmatit **Greenbushes** (vgl. Kapitel 2.15) im Südwesten von Western Australia begann erst im Jahr 1992. Zinn wurde in Greenbushes dagegen schon 1888 (aus Seifen) und Lithium seit 1983 ausgebracht. Auch Kaolin wurde früher aus Greenbushes gewonnen (Fetherston 2004).

1992 startete der Abbau auf wenig verwitterte Tantalerze, der wegen großer Nachfrage so schnell voranschritt, dass im April 2001 unterhalb des zwischenzeitlich auf Tantal fast völlig ausgeerzten Tagebaus Cornwall ein Tiefbau in Betrieb genommen wurde. Ein Jahr später kollabierte der Welttantalmarkt und der untertägige Abbau wurde gestundet. Zwischen 2004 und 2005 war er wieder in Betrieb und ist seit 2005 wieder dauerhaft gestundet. Gegenwärtig produziert Global Advanced Metals geringe Mengen Ta_2O_5-Konzentrate aus Tantaliterzkonzentraten, die beim Nachbarbetrieb von Talison Lithium in Greenbushes, durch Galaxy Resources bei Ravensthorpe (siehe unten) und gelegentlich in Wodgina (siehe oben) anfallen (freundliche mündliche Mitteilung, Talison Lithium).

Nach Ingham et al. (2012) enthält Greenbushes Ressourcen von 118,4 Mio. t Erz @ 220 ppm Ta_2O_5 (26.050 t Ta_2O_5-Inhalt) inklusive Reserven von 61,5 Mio. t Erz @ 220 ppm Ta_2O_5 (13.530 t Ta_2O_5-Inhalt).

Rund 15 km südlich von Greenbushes (bei Smithfield) exploriert Altura Mining Ltd. (siehe unten) unter anderem das Tantal-Potenzial der dortigen Pegmatite.

2 km nördlich Ravensthorpe liegt der flach lagernde Pegmatit **Mount Cattlin**, der zwischen Ende 2009 und Juli 2012 von Galaxy Resources Ltd. abge-

baut wurde. Das in Mount Cattlin produzierte Spodumenkonzentrat sollte zur Versorgung der Lithiumkarbonat-Anlage von Galaxy Resources in China dienen (vgl. Kapitel 2.15). Bis Mitte 2012 waren 616.714 t Erz abgebaut worden, aus denen seit Oktober 2010 unter anderem 464 t Tantalitkonzentrat @ 3,3 % Ta_2O_5 extrahiert werden konnten. Im März 2013 entschied sich Galaxy Resources jedoch aufgrund ökonomischer Aspekte, Spodumenkonzentrat von Talison Lithium aus Greenbushes zu beziehen, als selber die Gewinnung aus Mount Cattlin fortzusetzen.

Mount Cattlin enthielt im Februar 2011 bei einem „cut-off grade" von 0,4 % Li_2O Gesamtressourcen von 18,188 Mio. t Erz @ 156 ppm Ta_2O_5 (2.845 t Ta_2O_5-Inhalt). In den Ressourcen sind „Proved Reserves" von 2,803 Mio. t Erz @ 136 ppm Ta_2O_5 und „Probable Reserves" von 7,933 Mio. t Erz @ 150 ppm Ta_2O_5 enthalten.

Die Aufbereitungsanlage von Mount Cattlin verfügt über eine Jahreskapazität von 137.000 t Spodumenkonzentrat bzw. Tantalitkonzentrat mit 25,4 t Ta_2O_5-Inhalt. Experten gehen davon aus, dass sie erst wieder in Produktion gehen wird, wenn die weltweite Lithiumnachfrage deutlich ansteigt.

In der Pilbara Region ist Pilbara Minerals Ltd. aktiv, und zwar mit dem sehr kleinen Projekt **Tabba Tabba Tantalite** (212.900 t Erz @ 0,121 % Ta_2O_5) und mit dem größeren Tantal-Lithium-Projekt **Pilgangoora**, rund 150 km südlich von Port Hedland. Für Pilgangoora wies Pilbara Minerals im September 2015 „Indicated & Inferred Resources" von 32,9 Mio. t Erz @ 216 ppm Ta_2O_5 (7.130 t Ta_2O_5-Inhalt) und zusätzlich „Indicated & Inferred Resources" von 52,2 Mio. t Spodumenerz @ 1,28 % Li_2O aus. Die zahlreichen kolluvialen und alluvialen Seifen um Pilgangoora standen bereits in Abbau und lieferten bis 1977 33,3 t Tantalit und 13,1 t Tantalit-Columbit. Mit Unterbrechungen wurde dieser Seifenabbau bis 1996 fortgesetzt und erbrachte in diesem Zeitraum weitere rund 140 t Tantalitkonzentrat (Fetherston 2004).

Das Lithiumprojekt **Mt. Marion** liegt rund 40 km südwestlich von Kalgoorlie und wird von Reed Industrial Minerals Pty Ltd, einer Beteiligung von Reed Resources Ltd. (70 %) und Mineral Resources Ltd. (30 %), entwickelt (vgl. Kapitel 2.15). Gegenwärtig geplant ist unter anderem die Produktion von jährlich 30 t Tantalitkonzentrat.

In den Dundas Hills, 8 bis 13 km südlich von Norseman, liegt das Pegmatitfeld **Mount Deans**. Es erstreckt sich über eine Fläche von 5 x 2 km und besteht aus einem großen Pegmatitschwarm, der mineralogisch ähnlich Greenbushes aufgebaut ist. Die einzelnen der dort derzeit bekannten 71 Pegmatite erreichen bis 2 km streichende Länge und besitzen zwischen 0,3 und 7,5 m Mächtigkeit. Die Mineralogie ist geprägt von Cleavelandit (Albit), Quarz, Lepidolith und Zinnwaldit. Als Nebenminerale treten im Wesentlichen Turmalin, Fluorit, Beryll, Petalit und Spodumen sowie als Erzminerale Cassiterit und Tantalit auf. Die im Jahr 2002 von Tantalum Australia NL berechneten „Indicated & Inferred Resources" liegen bei 9,1 Mio. t Erz @ 220 ppm Ta_2O_5, 600 ppm Nb_2O_5 und 0,17 % SnO_2. Rund 1.960 t Ta_2O_5 könnten ausgebracht werden. Im Frühjahr 2006 wurde das Mount Deans-Projekt von Tantalum Australia an Haddington Resources Ltd. verkauft (siehe unten). Gegenwärtiger Lizenzinhaber ist die Familie Strindberg (freundliche schriftliche Mitteilung, Department of Mines and Petroleum of Western Australia).

Der relativ kleine und flach lagernde Seltenmetallpegmatit von **Bald Hill**, 61 km südöstlich von Kambalda, stand zwischen 2001 und Ende 2005 durch Haddington Resources Ltd. (im Dezember 2009 umbenannt in Altura Mining Ltd.) für Sons of Gwalia Ltd. in drei kleinen Tagebauen in Abbau. Die Ressourcen im November 2002 lagen bei 2,0 Mio. t Erz @ 380 ppm Ta_2O_5. Das vor Ort erzeugte Tantalitkonzentrat @ 7,2 % Ta_2O_5 wurde in Greenbushes weiter aufbereitet (Fetherston 2004). Altura Mining Ltd. verkaufte Bald Hill im Juni 2010 an die Alliance Minerals Assets Ltd.

In **Dalgaranga**, rund 80 km nordwestlich von Mount Magnet in der Murchison Region, wurden schon seit Ende des Zweiten Weltkriegs aus einem Pegmatit oberflächennah Beryll und Tantalit gewonnen. Tantalum Australia NL fand 2001/2002 eine Fortsetzung des Pegmatits in die Tiefe, der daraufhin bis Ende 2002, vor Stundung des Abbaus, noch einige Zehntausend Tonnen Tantalit-Mikrolith-Erz @ 240 ppm Ta_2O_5 lieferte. In einer eigenen Aufbereitungsanlage in Balcatta bei Perth mit einer Kapazität von 230 t/Jahr wurde daraus Tantalitkonzentrat @ 30 – 35 % Ta_2O_5 hergestellt. Gegenwärtiger Lizenzinhaber ist ABM Resources NL (freundliche schriftliche Mitteilung, Department of Mines and Petroleum of Western Australia).

Die Polymetalllagerstätte **Brockman-Hastings** liegt 18 km südöstlich von Halls Creek in der östlichen Kimberley Region und wurde ab 1982 exploriert (Chalmers 1990). Die Mineralisation ist an einen 5 bis 35 m mächtigen, über 3,5 km streichende Länge verfolgbaren, pyroklastischen, trachytischen Tuffhorizont („Niobium Tuff“) gebunden. Die Haupterzminerale in Brockman-Hastings sind Zirkon, amorpher Zirkon, Columbit und yttriumführende SE-Niobate (vgl. Kapitel 2.22). Alle Erzminerale sind extrem feinkörnig ausgebildet und in der Gesteinsmatrix aus Quarz, Glimmer und Albit feinst verteilt. Columbit besitzt Korngrößen von nur 1 bis 2 µm und ein Nb : Ta-Verhältnis von 15 : 1 (Chalmers 1990).

Die „Indicated & Inferred Resources“ (Stand 2011) belaufen sich auf 36,2 Mio. t Erz @ 0,89 % ZrO_2, 0,35 % Nb_2O_5, 0,21 % SEO (vgl. Seltene Erden), 318 ppm HfO_2, 182 ppm Ta_2O_5 (6.590 t Ta_2O_5-Inhalt) und 110 ppm Ga_2O_3. Gegenwärtiger Lizenzinhaber ist Hastings Rare Metals Ltd., die plant, das Vorkommen im Jahr 2016 in Abbau zu nehmen.

Der Karbonatitkomplex **Mt. Weld** im zentralen Bereich von Western Australia enthält neben den bekannten Lagerstätten der Seltenen Erden (vgl. Kapitel 2.22) auch mehrere Vorkommen anderer Minerale, darunter:

– im Norden die Niob-Tantal-Lagerstätte **Crown** mit „Indicated & Inferred Resources“ von 37,7 Mio. t Erz @ 240 ppm Ta_2O_5, 1,07 % Nb_2O_5, 0,3 % ZrO_2, 1,2 % SEO und 4,0 % TiO_2,
– im Nordosten die Niob-Tantal-Lagerstätte **Coors**, noch ohne Ressourcenberechnung und
– im Südwesten die Niob-Tantal-Lagerstätte **Anchor**, ebenfalls noch ohne Ressourcenberechnung.

Die wichtigsten Tantal- und Niob-Minerale im Regolith von Mt. Weld sind verwitterter Pyrochlor, seine Strontiumvarietät Pandait, Crandallit sowie Pseudomorphen nach Pyrochlor. (Lynas Corporation 2011)

Insgesamt werden die Tantalressourcen von Mt. Weld unter Annahme eines „cut-off grade“ von 200 ppm Ta_2O_5 auf 145 Mio. t Erz @ 340 ppm Ta_2O_5, (49.300 t Ta_2O_5-Inhalt) geschätzt (Fetherston 2004). Ein Abbau ist nicht geplant, so lange nicht die Seltene Erden-Produktion wirtschaftlich ist.

Zahlreiche weitere, größtenteils sehr kleine Tantalvorkommen in Western Australia sind in der Monographie von Fetherston (2004) näher beschrieben. Vorkommen mit Ressourcen wurden in Tabelle 2.23.1 aufgenommen. Seit dem Verfall der Tantalpreise im Jahr 2004 ist jedoch fast jede weitere Exploration zum Erliegen gekommen.

New South Wales

In New South Wales tritt Tantal in abbauwürdigen Mengen und Konzentrationen bei Toongi auf, 30 km südlich von **Dubbo** gelegen. Das dortige, seit mehreren Jahren von Alkane Resources Ltd. entwickelte Projekt Dubbo Zirconium basiert auf dem Abbau eines mineralisierten Trachyts jurassischen Alters in einem bis zu 100 m tiefen Tagebau bei einer Förderung von mindestens 35 Jahren. In einem komplexen Aufbereitungsprozess sollen dann vor Ort verschiedene Zirkonium-Produkte, ein Hafnium-Produkt, ein Niobkonzentrat mit erhöhtem Ta_2O_5-Gehalt, ein leichtes SE-Konzentrat und ein schweres SE-Konzentrat erzeugt werden (vgl. Kapitel 2.22). Das Niobkonzentrat (geplant: 4.000 t Konzentrat/Jahr mit 1.967 t Nb-Inhalt/Jahr) soll in einem Joint Venture mit der österreichischen Treibacher Industrie AG zu Ferroniob verhüttet und vermarktet werden. Versuche, das enthaltene Tantal abzutrennen, laufen noch. Die Produktion soll 2016 beginnen.

Die „Measured Resources“ der Lagerstätte Toongi betragen bis in 55 m Teufe 35,7 Mio. t Erz und die „Indicated Resources“ zwischen 55 bis 100 m Teufe zusätzlich 37,5 Mio. t Erz mit jeweils durchschnittlich 1,94 % ZrO_2, 0,04 % HfO_2, 0,46 % Nb_2O_5, 0,03 % Ta_2O_5 und 0,89 % SEO. Die in den Ressourcen enthaltenen „Proved Reserves“ liegen bis 26 m Teufe bei 8,07 Mio. t Erz und die „Probable Reserves“ zwischen 26 bis 45 m bei zusätzlich 27,86 Mio. t Erz mit jeweils durchschnittlich 1,93 % ZrO_2, 0,04 % HfO_2, 0,46 % Nb_2O_5, 0,03 % Ta_2O_5 und 0,88 % SEO. Die Ta_2O_5-Ressourcen betragen dementsprechend 21.960 t inklusive Reserven von 10.780 t.

Alkane Resources Ltd. hat auch den 4 km nordwestlich des Erzkörpers Toongi gelegenen, rund halb so großen Trachyt Railway abgebohrt. Dabei

wurden Durchschnittsgehalte von 0,912 % ZrO_2, 0,022 % HfO_2, 0,24 % Nb_2O_5, 0,014 % Ta_2O_5 und 0,416 % SEO angetroffen.

Northern Territory

Aus dem Northern Territory ist eine Vielzahl kleiner bis mittelgroßer Tantallagerstätten bekannt, die bisher rund 110 t Ta_2O_5 lieferten. Die gegenwärtigen Ressourcen des Bundesstaates werden auf 851 t Ta_2O_5 Inhalt geschätzt, von denen 99 % im Orogen Pine Creek lagern, das auch 99 % der historischen Produktion stellte. Lagerstättengeologisch handelt es sich weit vorwiegend um Pegmatite bzw. ihre Verwitterungszonen sowie untergeordnet aus ihnen hervorgegangene Seifen (Frater 2005).

Das Pegmatitfeld **Bynoe** ist Teil des Orogens Pine Creek und erstreckt sich in einem 70 km langen und bis 10 km breiten Gürtel von Kings Table bis zum Finniss River südlich von Darwin. Es wurde 1886 entdeckt und lieferte bisher, neben 553 t Cassiteritkonzentrat, auch 63 t Tantalitkonzentrat. Insgesamt sind in diesem Feld über 150 mineralisierte Pegmatite mit einem Mineralisationsalter von 1.740 bis 1.720 Ma bekannt, von denen die meisten im Gebiet von Observation Hill, gefolgt vom Oberlauf des Leviathan Creek und dem Gebiet zwischen Annie River und Gorge Creek, liegen. Abbau und Exploration konzentrierten sich bisher auf die verwitterten, obersten 20 m der Pegmatite. Das gesamte Pegmatitfeld Bynoe enthält Ressourcen von 3,52 Mio. t Erz @ 69 ppm Ta_2O_5 (243 t Ta_2O_5-Inhalt) und 194 ppm SnO_2 (Frater 2005). Gegenwärtig exploriert hier Altura Mining Ltd. auf Tantal und Lithium.

Nach Frater (2005) besitzen von 190 aus dem Northern Territory bekannten und mineralisierten Pegmatiten nur drei Primärerzressourcen mit Ta_2O_5-Gehalten > 200 ppm. Diese befinden sich alle im Pegmatitfeld Bynoe und sind:

- **Angers** (Leviathan Group): bis 50 m Teufe 150.000 t Erz @ 278 ppm Ta_2O_5,
- **Ah Hoy West** (Observation Hill Group): bis 30 m Teufe 100.000 t Erz @ 220 ppm Ta_2O_5,
- **Yan Yams** (Observation Hill Group): ursprüngliche Vorräte bis 30 m Teufe von 40.000 t Erz @ 260 ppm Ta_2O_5 und 490 ppm SnO_2, zwischen 1986 und 2000 größtenteils abgebaut.

Die größte Einzelressource aller Pegmatite im Northern Territory enthält der Pegmatit **BP 33** (Observation Hill Group/Pegmatitfeld Bynoe) mit 340.000 t Erz @ 159 ppm Ta_2O_5 (rund 54 t Ta_2O_5-Inhalt) bis in 40 m Teufe. PB 33 stand zwischen 1997 und 1998 in Abbau (Frater 2005).

Zudem besitzen Verwitterungszonen von 18 Pegmatiten Ta_2O_5-Gehalte von 200 bis maximal 1.000 ppm bzw. Inhalte zwischen 120 kg bis maximal 16 t Ta_2O_5. Zusammen enthalten diese 18 (abbauwürdigen) Verwitterungszonen 81,8 t Ta_2O_5.

Victoria

In Victoria ist Tantal aus cassiteritführenden Aplit-Pegmatit-Greisengängen des Zinnfeldes Walwa im Nordosten des Bundesstaates bekannt. Das höffigste Teilgebiet ist **Mount Alwa** mit „Inferred Resources“ von 6,99 Mio. t Erz @ 0,157 % Sn und 60 ppm Ta_2O_5 (419 t Ta_2O_5-Inhalt) (Fetherston 2004).

Auch in frühsilurischen Pegmatiten zwischen Mitta Mitta und Glen Wills tritt Cassiterit (bis 1,42 % Sn im Erz) auf, der erhöhte Werte an Tantal (bis 166 ppm im Erz) aufweist. Diese Vererzungen lassen sich in Ausbissen jedoch nur bis maximal 20 m Erstreckung nachweisen. In Schwermineralkonzentraten aus in der Umgebung auftretenden Seifen fanden sich Gehalte bis 1 % Sn, 1.400 ppm Ta, 850 ppm Nb, und 7,2 ppm Au.

Queensland

Auch Queensland verfügt nur über ein geringes Potenzial an Tantal. Prospektiv ist vor allem die Region **Buchanan’s Creek-Grants Gully**, 45 km südsüdwestlich von Georgetown gelegen, wo Artemis Resources Ltd. vor einigen Jahren in Bohrkernproben aus Pegmatiten erhöhte Gehalte an Niob, Zinn, Lithium und auch Tantal nachgewiesen hat. 1996 versandte Artemis Resources eine 2 t-Probe Tantalitkonzentrat zur Aufbereitungsanlage nach Greenbushes, wo Gehalte von 34,0 % Ta_2O_5, 21,7 % Nb_2O_5 und 0,8 % SnO_2 bestimmt wurden.

Anforderungen und Bewertung

In wirtschaftlich abbauwürdigen Primärlagerstätten, die nur auf Tantal hin abgebaut werden sollen, muss der Ta_2O_5-Gehalt in der Regel > 200 ppm Ta_2O_5 betragen. Seifen sollten ebenfalls 200 ppm, mindestens aber 150 ppm Ta_2O_5 beinhalten. Alternativ sollten in Seifen mindestens 300 g Cassiterit + Columbit/Tantalit pro m^3 Sediment enthalten sein (Elsner 2010).

Der Inhalt von Festgesteinslagerstätten sollte 1.000 t Ta_2O_5, der von Seifen 500 t Tantalit überschreiten (Elsner 2010). Große Tantallagerstätten besitzen > 10.000 t Ta_2O_5-Inhalt (Elsner et al. 2010).

Von den zahlreichen in Australien bekannten Tantallagerstätten ist bei den derzeit niedrigen Tantalpreisen keine wirtschaftlich abbaubar. Mit steigenden Preisen wird vermutlich zuerst Wodgina wieder in Produktion gehen und die weltweite Nachfrage decken. Zusätzlich könnte Greenbushes relativ kurzfristig wieder in Abbau gehen. Von den Neuprojekten erscheint am ehesten der Abbau der Teillagerstätte Crown (9.050 t Ta_2O_5-Inhalt) von Mt. Weld wirtschaftlich zu sein. Mount Cattlin wird wegen der niedrigen Lithiumpreise dagegen vorerst gestundet bleiben.

Ob aus Toongi, Brockman-Hastings und Mt. Marion jemals Tantal ausgebracht werden wird, bleibt abzuwarten. Von den mittelgroßen, zumindest theoretisch abbauwürdigen Tantallagerstätten verbleibt nur Mount Deans, an deren Entwicklung seit über einem Jahrzehnt aber ebenfalls niemand Interesse zeigt.

Tab. 2.23.1: Gehalte, Ressourcen und Reserven von Tantallagerstätten Australiens.

Lagerstätte	Bundesstaat	Gehalt	Ressourcen	Reserven
		[ppm Ta_2O_5]	[t Ta_2O_5-Inhalt]	
Mt. Weld	Western Australia	340	49.300	k. A.
Greenbushes	Western Australia	220	26.050	13.530
Wodgina	Western Australia	270	23.355	17.145
Dubbo	New South Wales	300	21.960	10.780
Pilgangoora	Western Australia	216	7.130	k. A.
Brockman-Hastings	Western Australia	182	6.590	k. A.
Mount Cattlin	Western Australia	156	2.845	1.570
Mount Deans	Western Australia	220	1.960	k. A.
Bald Hill	Western Australia	380	760	k. A.
Mount Alwa	Victoria	60	419	k. A.
Tabba Tabba Pegmatit + Seife	Western Australia	1.220	262	k. A.
Bynoe Pegmatitfeld	Northern Territory	69	243	k. A.
Binneringie	Western Australia	150	228	k. A.
Cattlin Creek	Western Australia	540	92	k. A.
West Wodgina	Western Australia	1.300	57	k. A.
Wodgina Seifen	Western Australia	800	47	k. A.
Niobe	Western Australia	240–310	25	k. A.
Johnsons Well	Western Australia	190	25	k. A.
Pilgangoora Seife	Western Australia	37	19	k. A.
Breakaway	Western Australia	> 140	> 18	k. A.
Arthur River Regolith + Seife	Western Australia	300	18	k. A.

Literatur

Calderwood, M. A., Grguric, B. A. & Jacobson, M. I. (2007): Guidebook to the Pegmatites of Western Australia: 394 S., 100 Abb., 75 Karten; Victoria Park, Western Australia.

Chalmers, D. I. (1990): Brockman multi-metal and rare earth deposit. – In: Hughes, F.E. (Hrsg.): Geology of the Mineral Deposits of Australia and Papua New Guinea. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **14**: 707–709, 1 Abb.; Melbourne.

Elsner, H. (2010): Heavy Minerals of Economic Importance. – Assessment Manual: 218 S., 31 Abb., 125 Tab.; Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe; Hannover. – URL: http://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DERA/DE/Downloads/Heavy-Minerals-Economic-Importance.pdf?__blob=publicationFile&v=2
[Stand 29.01.2016].

Elsner, H., Melcher, F., Schwarz-Schampera, U. & Buchholz, P. (2010): Elektronikmetalle – zukünftig steigender Bedarf bei unzureichender Versorgungslage? – BGR Commodity Top News, **33**: 13 S., 2 Abb., 5 Tab.; Hannover. – URL: http://www.bgr.bund.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/Commodity_Top_News/Rohstoffwirtschaft/33_elektronikmetalle.pdf?__blob=publicationFile&v=2
[Stand 29.01.2016].

Fetherston, J. M. (2004): Tantalum in Western Australia. – Geol. Surv. Western Australia, Mineral Resources Bull., **22**: 162 S., 104 Abb., 32 Tab., 3 Anh. 1 Taf.; East Perth, WA.

Frater, K. M. (2005): Tin-tantalum pegmatite mineralisation of the Northern Territory. – Northern Territory Geological Survey, Report, 16: 185 + ix. S., 125 Abb., 45 Tab., 9 Anh.; Darwin, Northern Territory.

Hatcher, M. I. & Clynick, G. (1990): Greenbushes Tin-Tantalum-Lithium Deposit. – In: Hughes, F.E. (Hrsg.): Geology of the Mineral Deposits of Australia and Papua New Guinea. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **14**: 599–603, 3 Abb., 2 Tab., 1 Taf.; Melbourne.

Ingham, P. D., White, I. R. & Jackson, S. (2012): Greenbushes Lithium Operations. NI 43–101 Technical Report prepared for Talison Lithium Limited, 21.12.2012: 103 S., 26 Abb., zahlr. Tab., North Sydney, New South Wales.

Lynas Corporation (2011): ASX Announcement. Independent expert concludes that proposed transaction with Forge Resources Limited is fair and reasonable to non associated Lynas shareholders in the absence of a superior proposal.– URL: http://www.asx.com.au/asxpdf/20110328/pdf/41xpbdwxl46crw.pdf
[Stand: 29.01.2016]

Pietsch, B. A. & Clayton, W. (1990): Bynoe area tin-tantalum deposits. – In: Hughes, F.E. (Hrsg.): Geology of the Mineral Deposits of Australia and Papua New Guinea. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **14**: 813–815, 1 Abb.; Melbourne.

Subhash, J. (2013): Tantalum. – In: McKay, A. D., Meizitis, Y., Porritt, K., Champion, D. C., Britt, A., Whitaker, A., Summerfield, D., Sexton, M., Jaireth, S., Huston, D., Hoatson, D., Schofield, A., Carson, L., Towner, R. & Huelatt, M. (Hrsg.): Australia's Identified Mineral Resources 2012: 103–105; Canberra (Geoscience Australia). – URL: http://www.australianminesatlas.gov.au/aimr/commodity/tantalum.html
[Stand 29.01.2016].

2.24 Vanadium

(Siyamend Al Barazi)

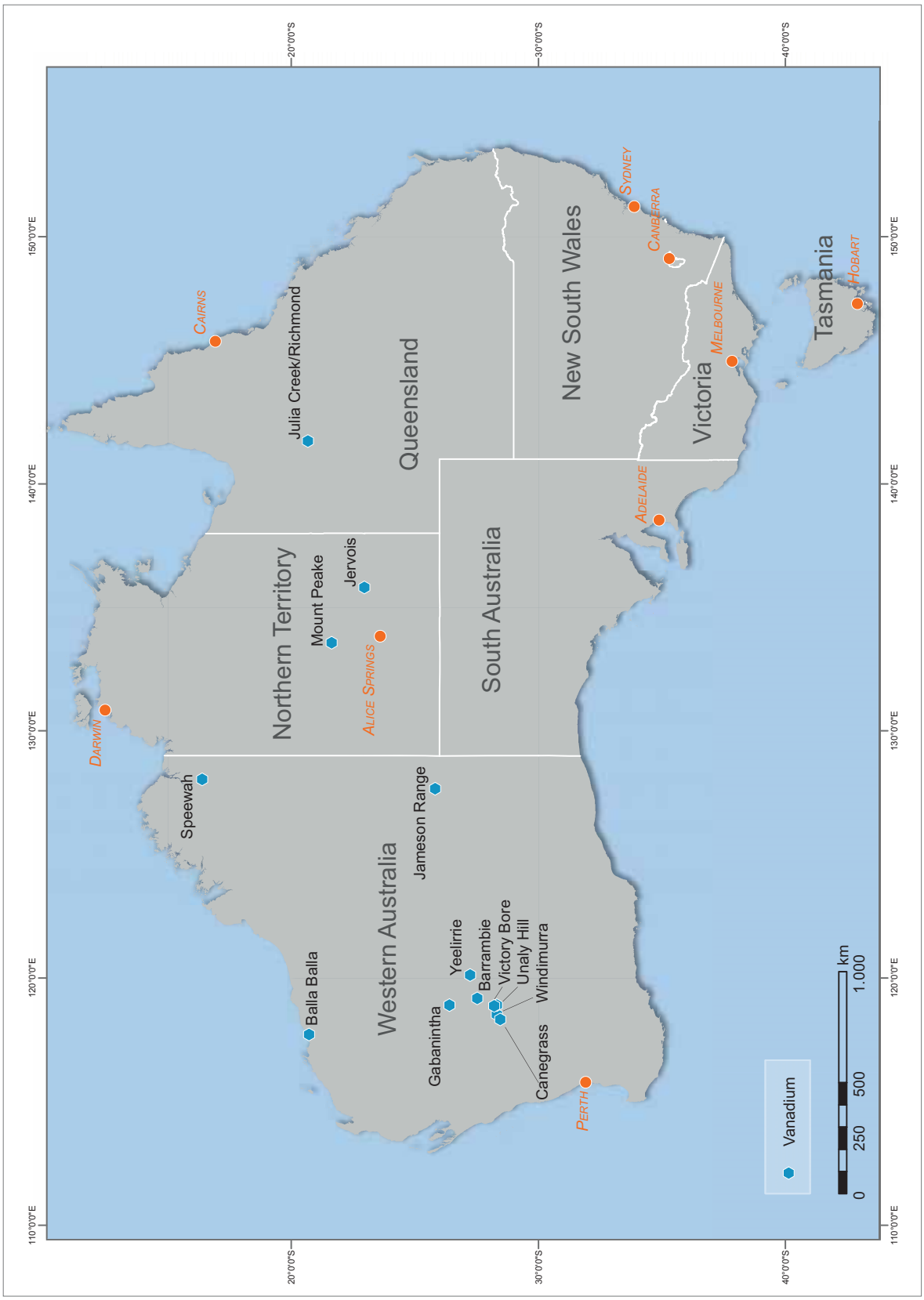


Abb. 2.24.1: Ausgewählte Vanadiumlagerstätten in Australien.

Überblick und Verwendung

In reiner Form ist Vanadium (V) ein stahlgraues, duktiles, nicht magnetisches Metall. Es kommt in der Natur in über 60 Mineralen, jedoch nicht in gediegener Form vor. Vanadium wird hauptsächlich als Bei- oder Koppelprodukt bei der Verhüttung von vanadiumführenden Titanomagnetiten sowie aus Schlackenrückständen bei der Roheisen- bzw. Stahlproduktion gewonnen, wobei durch letzteres ca. 70 % des jährlichen Vanadiumangebots zur Verfügung gestellt werden.

Vanadium (vor allem Ferrovanadium) wird zu über 85 % als Stahlveredler für die Erzeugung von Bau- und Werkzeugstählen, in der Fahrzeug- und Flugzeugindustrie und im Schiffbau verwendet. Weitere Anwendung findet Vanadium unter anderem in Katalysatoren (Vanadium-Phosphor-Oxid-(VPO-) Katalysator), in der chemischen Industrie (Herstellung von Schwefelsäure und Maleinsäureanhydrit) sowie in der keramischen Industrie. Darüber hinaus kann Vanadium bzw. Vanadiumpentoxid (V_2O_5) in Form einer Vanadium-Elektrolytlösung in zwei Typen von Redox-Flow Elektrizitätsspeichern als Hauptelektrolyt eingesetzt werden.

Wichtige Vorkommen in Australien

Die australischen Vanadiumreserven („Proved & Probable“) betragen 1,3 Mio. t Inhalt (Geoscience Australia 2014). Das Vanadium-Potenzial Australiens ist weit höher einzustufen. Grund dafür sind die unterexplorierten Titanomagnetitvorkommen in Western Australia, vor allem im Yilgarn Kraton, sowie die unterexplorierten vanadiumführenden Ölschiefervorkommen in Queensland.

Die Tabelle 2.24.1 und die Abbildung 2.24.1 geben einen Überblick über ausgewählte australische Vanadiumlagerstätten die im Folgenden beschrieben werden. In Baxter (1978), Pratt (1987) und der Geological Survey of Western Australia (2009) sind weitere Vanadiumvorkommen aufgeführt.

Western Australia

Die Vanadiumlagerstätte **Windimurra** ist von Perth aus über den Great Northern Highway 95 und ab dem Ort Mount Magnet in östlicher Richtung über die Mount Magnet Sandstone Road

Tab. 2.24.1: Ausgewählte Vanadiumlagerstätten in Australien.

Lagerstätte	Bundesstaat	Hauptrohstoff	Beiprodukte	Abbauart	Lagerstättentyp	Status
Windimurra	WA	Vanadium	Fe, Ti	OP	Titanomagnetit	Instandsetzung
Balla Balla	WA	Vanadium	Fe, Ti	OP	Titanomagnetit	Feasibility
Barrambie	WA	Titandioxid	Fe, V	OP	Titanomagnetit	Prefeasibility
Gabanintha	WA	Vanadium	Fe, Ti	k. A.	Titanomagnetit	Exploration
Speewah	WA	Cu, Au, Ag,	V, Fe, Pb, F	k. A.	Gang-, Stockwerks-, Brekzienvererzung	Exploration
Canegrass	WA	Eisen	V	k. A.	Titanomagnetit	Exploration
Unaly Hill	WA	Vanadium	Fe	k. A.	Titanomagnetit	Exploration
Victory Bore	WA	Vanadium	Fe	k. A.	Titanomagnetit	Exploration
Yeelirrie	WA	Uran	V	OP	Sedimentäre Uranlagerstätte	Prospektion
Jameson Range/ Musgrave Province	WA	Vanadium	Fe, Ti	k. A.	Titanomagnetit	Prospektion
Mount Peake	NT	Vanadium	Fe	OP	Titanomagnetit	Exploration
Jervois	NT	Vanadium	Fe	k. A.	Titanomagnetit	Exploration
Julia Creek/ Richmond	QLD	Erdöl	V, Mo	OP	Ölschiefer	Exploration

OP = Tagebau, k. A. = keine Angaben

erreichbar. Die Gesamtstrecke ab Perth beträgt etwa 630 km, wovon die letzten 25 km teilweise über eine Sandpiste zurückzulegen sind. Gegenwärtiger Betreiber ist Midwest Vanadium Pty Ltd., eine 100 %ige Tochter von Atlantic Ltd. Die vanadiumführende Titanomagnetitlagerstätte wurde 1961 von Mangore Australia Ltd. entdeckt. Sie ist an eine NNW-SSE-streichende Diskordanz innerhalb der mafischen-ultramafischen geschichteten Windimurra-Intrusion gebunden, die sich über eine Gesamtlänge von 45 km mit einer Breite von etwa 1 km und einer Mächtigkeit von 500 bis 600 m erstreckt (Habteselassie et al. 1996, Bolten & Alexander 2004). Die vanadiumführenden Titanomagnetithorizonte variieren in ihrer Mächtigkeit von 5 cm bis 2 m (Abbildung 2.24.2).

Nachdem die Vanadiumproduktion aus der Lagerstätte Windimurra Ende 2003 eingestellt und die Anlage im Mai 2004 von dem damaligen Betreiber Xstrata AG aufgrund niedriger Vanadiumpreise geschlossen wurde, erfolgte bis 2012 keine nennenswerte Produktion von Vanadium in Australien. Im Januar 2012 wurde die Produktion in Windimurra wieder aufgenommen (Atlantic Ltd. 2012).

Die Reserven („Proved & Probable“) der Lagerstätte Windimurra betragen 160 Mio. t Erz @ 0,47 % V_2O_5 (bzw. 0,26 % V). Dies entspricht einem V-Inhalt von 421.100 t. Die Ressourcen („Measured, Indicated & Inferred“) inklusive der Erz-Reserven („Proved & Probable“) belaufen sich auf insgesamt 242,6 Mio. t Erz @ 0,48 % V_2O_5 (bzw. 0,27 % V), entsprechend 652.600 t V-Inhalt. Um die angestrebte Jahresförderung von Konzentrat mit 6.300 t V-Inhalt zu erreichen, sind jährlich 6,4 Mio. t Roherz mit einem Ausbringen von 49,8 % V_2O_5 aufzubereiten. Die geplante Betriebsdauer („Life of Mine“, LOM) beträgt unter diesen Voraussetzungen 25 Jahre. Als Beiprodukt soll jährlich 1 Mio. t Eisenerz @ 55 % Fe und 14 % TiO_2 gewonnen werden. 1,8 Mio. t Eisenerz @ 55 % Fe und 17 % TiO_2 liegen auf Halde (Atlantic Ltd. 2013).

Der Erzkörper setzt sich aus drei Zonen in jeweils unterschiedlichen Oxidationsstadien zusammen. Diese sind deutlich unterschiedlich aufbereitbar. So weist das Ausbringen bei der Aufbreitung von Erz aus der „Oxidationszone“ mit 36,5 % V_2O_5 den niedrigsten Wert auf, gefolgt von der „Übergangs-

Abb. 2.24.2: Windimurra Open Pit mit Blickrichtung nach Süden. Flach nach Westen einfallende vanadiumführende Titanomagnetitlagen in Gabbro und Leukogabbro (Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung von T. J. Ivanic).

zone“ (51,8 % V_2O_5) und dem unverwitterten Erz (60,7 % V_2O_5). Durch anteiliges Verschneiden der Erze wird ein mittleres Ausbringen von 49,8 % V_2O_5 erreicht (Atlantic Ltd. 2013).

Im Januar 2012 produzierte Atlantic Ltd. die ersten 7 t Ferrovanadium (FeV) aus dem wiedereröffneten Bergwerk Windimurra (Atlantic Ltd. 2012). Im Geschäftsjahr 2012/2013 wurden insgesamt 80 t V-Inhalt, von Juli 2013 bis Dezember 2013 weitere 390 t V-Inhalt und 152.000 t Eisenerz ausgebracht (Atlantic Ltd 2014a). Aufgrund umfangreicher Instandsetzungsarbeiten an der Aufbereitungsanlage musste die Produktion im Januar 2014 stark reduziert werden. Durch den angestrebten Export von Vanadiumtrioxid (V_2O_3), dem Vorprodukt von Ferrovanadium (FeV), sollten die technischen Probleme beim Betrieb des Elektroofens und bei der Zerkleinerung der FeV-Barren umgangen werden. Am 4. Februar 2014 brach ein Feuer in der Aufbereitungsanlage aus, welches erheblichen Schaden verursachte (Atlantic Ltd. 2014b). Die Produktion wurde daraufhin eingestellt. Bisher ist noch nicht klar, ob und wann sie wieder aufgenommen wird.

Das Eisenerz aus Windimurra wird über den Hafen von Geraldton, das Ferrovanadium über den Hafen von Fremantle (Perth) verschifft. Der Transport zu beiden Häfen erfolgt mit Lastwagen über das Straßennetz (Atlantic Ltd. 2013).

Das vanadiumführende Titanomagnetitvorkommen **Balla Balla** befindet sich etwa auf halber Strecke zwischen Port Hedland und Port Dampier, 120 km südwestlich von Port Hedland und 12 km nordwestlich der Ortschaft Whim Creek. Das Vorkommen ist über den North West Coastal Highway 1 und von Whim Creek über die Balla Balla Road erreichbar. Rutila Resources Ltd. (ehemals Forge Resources Ltd.) übernahm das Balla Balla Projekt im Dezember 2011 für 40 Mio. A$ von Atlas Iron Ltd. Seit Oktober 2013 ist Todd Minerals Ltd., eine Tochter der Todd Corporation (Neuseeland), mit 32 % am Balla Balla Joint Venture (BBJV) beteiligt.

Das Balla Balla Projekt umfasst drei Vorkommen (Central-East, Western und Far West), die sich mit wechselhaftem Streichen über insgesamt 18,5 km erstrecken. Zwölf vanadiumführende Titanomagnetitlagen (bis 50 cm mächtig) und Linsen sind mit einem flach einfallenden (20 bis 40°) Metagabbro assoziiert.

Die Reserven („Proved & Probable“) betragen 318 Mio. t Erz @ 0,62 % V_2O_5, 44,7 % Fe und 13,7 % TiO_2 (2 Mio. t V_2O_5 bzw. 1,1 Mio. t V-Inhalt). Die Ressourcen („Measured, Indicated & Inferred“) betragen 456 Mio. t Erz @ 0,64 % V_2O_5, 44,7 % Fe und 13,7 % TiO_2 (Rutila Resources Ltd. 2014a). Die Reserven des Vorkommens „Central-East“ sind bis in 300 m Teufe, die des Vorkommens „Western“ bis in 200 m Teufe nachgewiesen. Auf Grundlage der im dritten Quartal 2013 durchgeführten Aktualisierung der Feasibilty-Studie ist die Errichtung einer Aufbereitungsanlage zur Produktion von jährlich 6 Mio. t Magnetitkonzentrat @ 58 % Fe, 0,8 % V_2O_5 und 15 % TiO_2 (Erweiterung auf 10 Mio t/Jahr angedacht) sowie eine Anlage zur Aufbereitung der Rückstände mit einer Kapazität von jährlich 180.000 t @ 47 % TiO_2 geplant. Eine Extraktion von Vanadium in Australien ist nicht vorgesehen. Als Investitionsbedarf werden derzeit alleine 2 Mrd. A$ für die Exportinfrastruktur (Verladehafen & Eisenbahnstrecke) veranschlagt (Rutila Resources Ltd. 2014a). Der Bau der Anlagen und die Anbindung an die Infrastruktur würden bei erfolgreicher Finanzierung mindestens drei Jahre dauern. Für die Bergwerkserschließung sowie die Aufbereitungsanlagen (Magnetit und Ilmenit) sind Investitionen in Höhe von 633 Mio. A$ veranschlagt (Rutila Resources Ltd. 2014b).

Potenzielle Abnehmer für das Eisenerzkonzentrat sind chinesische Stahlwerke. Gespräche mit Laiwu Steel (Shandong Steel Group), mit dem Ziel der Produktion von Roheisen und der Gewinnung von Vanadium und Titan (aus Ilmenitkonzentrat) als Beiprodukte, wurden bereits geführt. Diesbezüglich werden in Kooperation mit Laiwu Steel und dem Beijing General Research Institute of Metal and Mining Aufbereitungsversuche durchgeführt (Rutila Resources Ltd. 2014b).

Das vanadiumführende Titanomagnetitvorkommen **Barrambie** befindet sich 75 km nördlich der Ortschaft Sandstone und ist von dort über die Meekathara-Sandstone Road erreichbar. Die Gesamtstrecke bis Port Geraldton beträgt 570 km. Seit April 2003 ist Neometals Ltd. (ehemals Reed Resources Ltd.) Lizenzinhaber des seit den 1960er Jahren bekannten Vorkommens. Die Vererzung ist an die mafisch-ultramafische geschichtete Barrambie-Intrusion gebunden, die aus Wechsellagerungen von Anorthosit und Gabbro besteht (Pratt 1987). Die NNW-SSE-streichende Intrusion erstreckt sich über eine Gesamtlänge von ca.

60 km mit einer Mächtigkeit von 500 bis 1.700 m (Abbildung 2.24.3).

Eine bis zu 30 m mächtige vanadiumführende Titanomagnetitlage steht im Ostteil an („Eastern Band“). Zwölf geringmächtigere Titanomagnetit-

Abb. 2.24.3: Das Titanomagnetitvorkommen Barrambie im regionalen Kontext (Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung von Neometals Ltd.).

lagen sowie unregelmäßig verteilte, bis zu 4 m mächtige Titanomagnetitlinsen kommen im Anorthositkern der Intrusion vor („Central Bands“).

Im Mai 2009 veröffentlichte Reed Resources Ltd. die Ergebnisse einer Feasibility Studie mit Ressourcen („Indicated & Inferred“) in Höhe von 39,7 Mio. t. @ 0,82 % V_2O_5 (Reed Resources Ltd. 2009). Auf dieser Grundlage war die Aufbereitung von jährlich 3,2 Mio. t Roherz @ 0,82 % V_2O_5 geplant, um 11.200 t V_2O_5 oder alternativ 7.700 t Ferrovanadium (FeV80) zu produzieren. Als Investitionen wurden damals 629 Mio. A$ veranschlagt (Reed Resources Ltd. 2009).

Seit September 2013 verfolgt Australian Vanadium Corporation Ltd. (AVC), ein Tochterunternehmen von Neometals Ltd., die Gewinnung von Titandioxid als Hauptprodukt. Vanadiumpentoxid soll nur noch als Beiprodukt gewonnen werden. Die

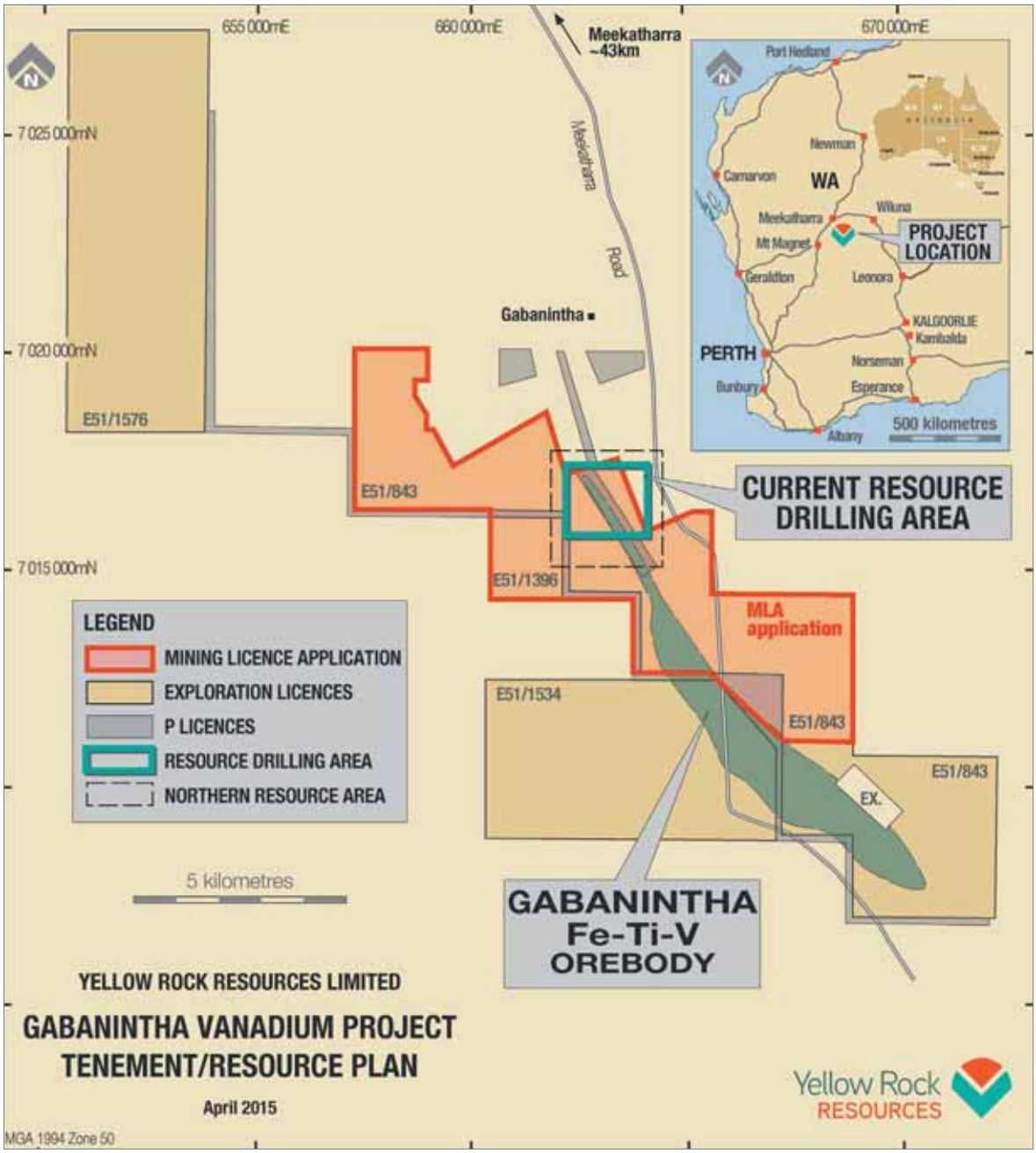


Abb. 2.24.4: Das Titanomagnetitvorkommen Gabanintha im regionalen Kontext (Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung von Yellow Rock Resources Ltd.).

Ressourcen („Indicated & Inferred“) betragen nun gemäß Reed Resources Ltd. (2013a) 47,2 Mio. t Erz @ 22,2 % TiO_2 zuzüglich 0,63 % V_2O_5 und 32,7 % Fe (297.300 t V_2O_5 bzw. 166.600 t V-Inhalt). Erste Laugungsversuche im Labormaßstab zur Gewinnung von TiO_2 und V_2O_5 waren erfolgreich (Reed Resources Ltd. 2013b).

Das vanadiumführende Titanomagnetitvorkommen **Gabanintha** befindet sich 45 km südöstlich der Ortschaft Meekatharra und ist von Perth über den Great Northern Highway 95 erreichbar (Abbildung 2.24.4). Die Gesamtstrecke von Perth beträgt 805 km. Lizenzinhaber ist seit 2007 Yellow Rock Resources Ltd. Vanadiumführende Titanomagnetitlagen (5 bis 30 m mächtig) und Linsen sind hier mit einer stark gestörten mafisch-ultramafischen Intrusion assoziiert, die sich NNW-SSE-streichend über eine Gesamtlänge von ca. 12 km erstreckt und mit 45° bis 60° nach SW einfällt.

Die Ressourcen („Indicated & Inferred“) von Gabanintha werden mit 125,8 Mio. t Erz @ 0,70 % V_2O_5 und 32,3 % Fe (880.600 t V_2O_5 bzw. 493.400 t V-Inhalt) angegeben (Yellow Rock Resources Ltd. 2015a). Explorationsarbeiten im Jahr 2011 (geochemische Bodenbeprobung, Aeroelektromagnetik und Aeromagnetik) ergaben ein weiteres Potenzial von 500 bis 800 Mio. t vanadiumführenden Titanomagnetit. Im März 2015 hat Yellow Rock Resources Ltd. ein neues Bohrprogramm nordöstlich des Erzkörpers begonnen (Yellow Rock Resources Ltd. 2015a).

Polymetallische (Cu, Au, Ag, V, Ti, Fe, Pb, F, siehe auch Kapitel 2.8) Gang-, Stockwerks- und Brekzienvererzungen sind mit dem **Speewah Dome** assoziiert. Diese Struktur befindet sich in der östlichen Kimberley Region von Western Australia, 110 km südwestlich von Kununurra und etwa 100 km südlich von Wyndham. Erreichbar ist der Speewah Dome über den Great Northern Highway 1, wobei die letzten 45 km über Sandpisten zurückzulegen sind. Derzeitiger Lizenzinhaber ist King River Copper Ltd.

Die Ressourcen („Measured, Indicated & Inferred“) betragen 4,7 Mrd. t Erz @ 0,30 % V_2O_5, (14,1 Mio. t V_2O_5 bzw. 7,9 Mio. t V-Inhalt, „cut-off grade“ 0,23 % V_2O_5); davon sind 3,3 Mrd. t Erz @ 0,29 % als „Inferred Resources“ ausgewiesen (King River Copper Ltd. 2013a). Die Vanadium-Ressource verteilt sich auf drei räumlich voneinander getrennte Vorkommen, das Central, Buckman und Red Hill (Verbreitung auf einer 13 x 6 km großen Fläche). Tabelle 2.24.2 gibt eine Übersicht über die Vanadium-Ressourcen des Speewah Projekts.

Aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit von Finanzmitteln wurde im Jahr 2012 beschlossen, dass die kostenintensive Erstellung einer Pre-Feasibilty-Studie sowie weitere Aufbereitungsversuche zunächst nicht weiter verfolgt werden. Im Vorfeld durchgeführte Aufbereitungsversuche des vanadiumführenden Titanomagnetits ergaben, dass ein Konzentrat mit 48 – 50 % Fe und 1,8 % V_2O_5 (bei einem Ausbringen von 14,2 % Fe und 77,7 % V_2O_5) hergestellt werden kann (King River Copper Ltd. 2013b).

Im Mai 2009 erwarb Flinders Mines Ltd. das Projekt **Canegrass** für insgesamt 1,3 Mio. A$ von Maximus Resources Ltd. Das Eisenerzprojekt (Magnetit) befindet sich etwa 60 km südöstlich des

Tab. 2.24.2: Ressourcen des Projekts Speewah (King River Copper Ltd. 2013a).

JORC Ressource	**Erz [Mio. t]**	**V_2O_5-Gehalt [%]**	**V-Gehalt [%]**	**V_2O_5-Inhalt [Mio. t]**
„Measured“	322	0,32	0,18	1,03
„Indicated“	1.054	0,33	0,18	3,48
„Inferred“	3.335	0,29	0,16	9,67
Gesamt	**4.712**	**0,30**	**0,17**	**14,14**
Vorkommen	**Erz [Mio. t]**	**V_2O_5-Gehalt [%]**	**V-Gehalt [%]**	**V_2O_5-Inhalt [Mio. t]**
Central	1.240	0,31	0,17	3,84
Buckman	1.495	0,29	0,16	4,34
Red Hill	1.977	0,29	0,16	5,73

Ortes Mount Magnet und 15 km westsüdwestlich der Lagerstätte Windimurra.

Das Eisenerzvorkommen Canegrass ist über den Great Northern Highway 95 und ab dem Ort Mount Magnet in östlicher Richtung über die Mount Magnet Sandstone Road erreichbar. Die Gesamtstrecke beträgt etwa 620 km, davon ca. 60 km ab Mount Magnet, wovon die letzten 10 km teilweise über eine Sandpiste zurückzulegen sind.

Über Canegrass existieren nur wenige detaillierte lagerstättengeologische Informationen. Die dortigen vanadiumführenden Titanomagnetitlagen sind an eine lagige, stark gestörte mafische Intrusion (SW-NE-streichend) innerhalb der Windimurra-Intrusion gebunden.

Im August 2011 veröffentlichte Flinders Mines Ltd. zu Canegrass „Inferred Resources" von 107 Mio. t Erz @ 0,62 % V_2O_5 („cut-off grade" 0,5 % V_2O_5) und 216 Mio. t @ 25,4 % Fe (Flinders Mines Ltd. 2014). Seit Ende 2013 erfolgten hier keine weiteren Explorationsarbeiten (Flinders Mines Ltd. 2014).

Black Ridge Mining NL ist Lizenzinhaber des Vorkommens **Unaly Hill**, welches sich 50 km südwestlich der Ortschaft Sandstone und etwa 30 km östlich der Lagerstätte Windimurra befindet. Von der Ortschaft Sandstone aus ist das Vorkommen Unaly Hill über die Payne Find-Sandstone Road erreichbar. Vanadiumführende Titanomagnetitlagen sind hier an die mafisch-ultramafische Atley-Intrusion gebunden, die NNE-SSW-streichend eine Fläche von 20 x 5 km einnimmt.

Im November 2011 veröffentlichte Black Ridge Mining NL zu Unaly Hill „Inferred Resources" von 86 Mio. t Erz @ 0,42 % V_2O_5 („cut-off grade" 0,3 % V_2O_5) und 216 Mio. t Erz @ 25,4 % Fe (Black Ridge Mining NL 2011).

Quest Minerals Ltd ist seit 2009 Lizenzinhaber des Vorkommens **Victory Bore** in Western Australia. Das Lizenzgebiet schließt sich direkt nördlich an das Lizenzgebiet um das Vorkommen Unaly Hill an. Mehrere vanadiumführende Titanomagnetitlagen (10 bis 50 m Mächtigkeit) sind entlang der NNE-SSW-streichenden Intrusion abgebohrt worden.

Im März 2011 veröffentlichte Quest Minerals Ltd. zu Victory Bore „Inferred Resources". Diese werden mit 151 Mio. t Erz @ 0,44 % V_2O_5 (664.000 t V_2O_5 bzw. 370.000 t V-Inhalt) beziffert (Quest Minerals Ltd. 2011).

Die oberflächennahe, sedimentäre Uranlagerstätte **Yeelirrie** befindet sich etwa 650 km nordöstlich von Perth bzw. 70 km südsüdwestlich der Ortschaft Wiluna und ist von dort über den Goldfields Highway erreichbar. Im August 2012 erwarb die Canadian Mining and Energy Corporation (Cameco Corporation) die Uranlagerstätte Yeelirrie für 430 Mio. US$ von BHP Billiton (Cameco Corporation 2014). Im März 2012 veröffentlichte BHP Billiton noch Ressourcen („Measured, Indicated & Inferred") von insgesamt 50 Mio. t Erz mit Gehalten von 0,10 bis 0,16 % U_3O_8. Es liegen keine eindeutigen V-Gehalte für die Ressource vor. Die im Jahr 1982 erstellte Feasibility-Studie sah damals die Produktion von 2.500 t/Jahr U_3O_8 vor und wies auf die Möglichkeit hin, jährlich 1.000 t Vanadiumoxid als Beiprodukt ausbringen zu können (Needham 2009). Cameco Corporation hat eine Neubewertung der Lagerstätte auf Grundlage der ehemaligen Explorationsarbeiten angekündigt. In der Vergangenheit gab es bereits Proteste gegen die Erschließung der Lagerstätte Yeelirrie durch die Anti Nuclear Alliance of Western Australia und lokale Aborigines-Gemeinden (Needham 2009).

Vanadiumführende Titanomagnetitvorkommen sind seit 1974 im westlichen Teil der Musgrave Province (Western Australia) bekannt (Daniels 1974). Die NW-SE-streichenden mafisch-ultramafischen Gesteine der **Jameson Range** (Giles Complex) erstrecken sich über eine Gesamtlänge von ca. 66 km und fallen mit 30 nach SW ein. Daniels (1974) beschreibt vier Zonen mit unterschiedlichen Mächtigkeiten und V-Gehalten, wobei Zone 2 (0,57 – 1,4 % V_2O_5) und Zone 4 (0,34 – 1,33 % V_2O_5) von wirtschaftlicher Bedeutung sein könnten. Die Gesamtressourcen ohne nähere Kategorisierung werden auf 100 Mio. t Erz @ 1,00 % V_2O_5 geschätzt (Daniels 1974, Pirajno & Hoasten 2012).

Phosphate Australia Ltd. hält Explorationslizenzen um die Ortschaft Jameson und exploriert in erster Linie auf Nickel, Kupfer und Platingruppenmetalle. Um auch die Exploration des „Musgrave Titano-Magnetite Rock (TMR) Project" (Jameson Range) zu finanzieren, sucht Phosphate Australia

Ltd. einen Projektpartner. Erste Gesteinsanalysen mit Gehalten von 1,11 – 1,29 % V_2O_5 (Phosphate Australia Ltd. 2014) bestätigten die historischen Angaben von Daniels (1974).

Northern Territory

Das vanadiumführende Titanomagnetitvorkommen **Mount Peake** befindet sich ca. 235 km nordnordwestlich von Alice Springs und 1.200 km südlich von Darwin bzw. westlich der Ortschaften Barrow Creek und Wilora, gelegen am Stuart Highway 87. Eine eingleisige Eisenbahnverbindung zwischen Adelaide und Darwin (Central Australian Railway) verläuft etwa 70 km östlich von Mount Peake.

Im März 2013 veröffentlichte der Lizenzinhaber TNG Ltd. aktualisierte „Measured, Indicated & Inferred Resources" für Mount Peake. Diese belaufen sich auf 160 Mio. t Erz @ 0,28 % V_2O_5, (448.000 t V_2O_5) (TNG Ltd. 2013), bzw. 250.000 t V-Inhalt. Im März 2014 wurden insgesamt acht weitere Explorationsbohrungen westlich (drei Bohrungen bis max. 55 m Teufe) und südöstlich (fünf Bohrungen bis max. 275 m Teufe) des Mount Peake Vorkommens abgeteuft. Bohrkernanalysen der Bohrung 14MPRC001 wiesen geringe V_2O_5-Gehalte (0,01 – 0,07 %) auf (TNG Ltd. 2013).

Im Rahmen der Feasibility-Studie wird unter anderem überprüft, ob Malaysia als Standort für die Aufbereitungsanlage von Magnetitkonzentrat aus Mount Peake in Frage kommt (TNG Ltd. 2014). Die Ergebnisse der metallurgischen Aufbereitungsversuche sind ausschlaggebend für den Erfolg des Projekts und stehen teilweise noch aus.

Im März 2015 unterzeichneten TNG Ltd und WOOJIN Ind. Co. Ltd. (koreanischer Hersteller von Ferrovanadium) ein bindendes „Off-Take Agreement" zur Abnahme von mindestens 60 % des in Mount Peake produzierten V_2O_5 (TNG Ltd. 2015). TNG Ltd. beabsichtigt, eine positive Feasibility-Studie und erfolgreiche Finanzierung vorausgesetzt, im Jahr 2017 mit der Produktion zu beginnen und über ca. 20 Jahre jährlich rund 11.000 t V_2O_5 zu produzieren (TNG Ltd. 2015).

Das Vorkommen **Jervois** befindet sich ca. 280 km nordöstlich von Alice Springs und ist von dort über den Plenty Highway 12 zu erreichen. Arafura Resources Ltd. hält die Explorationslizenz über das rund 280 km² große Lizenzgebiet. Im Jahr 2008 wurden 45 Bohrungen (40 – 120 m Teufe) im östlichen Bereich der Explorationslizenz abgeteuft; 18 davon in der Casper Anomalie (Fläche: 500 x 300 m). Die V-Gehalte dort variieren zwischen 0,23 bis 1,05 % V_2O_5; der gewichtete Durchschnitt beträgt 0,48 % V_2O_5 (bezogen auf 668 analysierte Bohrmeter). Aufbereitungstests erbrachten ein Konzentrat mit einem gewichteten Durchschnittsgehalt von 1,69 % V_2O_5. Das Ausbringen aus dem Erz variierte zwischen 50 und 77 Gew.-% (gewichteter Durchschnitt: 66 Gew.-%) (Arafura Resources Ltd. 2010).

Im Oktober 2012 unterzeichnete Rox Resources Ltd. ein „Farm-in Agreement" mit Arafura Resources Ltd. für die von Arafura Resources Ltd. gehaltene Explorationslizenz EL29701. Auf dieser Grundlage explorierte Rox Resources Ltd. bis Oktober 2014 auf die Rohstoffe Kupfer, Blei, Zink, Silber, Gold, Bismut und PGE und erwarb einen Anteil von 51 % am Projekt. Weitere 19 % kann Rox Resources Ltd. durch zusätzliche Explorationsarbeiten bis Dezember 2016 erwerben. Bei erfolgreicher Umsetzung ist im Anschluss ein Joint Venture mit Arafura Resources Ltd. zur gemeinsamen Exploration des Lizenzgebietes geplant (Rox Resources Ltd. 2015).

Queensland

Die oberflächennahen (bis 60 m Teufe) vanadiumführenden Ölschiefervorkommen der Toolebuc Formation im Eromanga Becken nördlich der Ortschaften **Julia Creek** und **Richmond** sind seit 1966 bekannt. Sie sind von Townsville über den Flinders Highway A6 zu erreichen. Die Entfernung beträgt ca. 650 km. Bis zum Mai 2013 hielt Intermin Resources Ltd. insgesamt 20 Explorationslizenzen über ein 4.055 km² großes Gebiet. Als Gesamtressourcen („Measured, Indicated & Inferred") wurden 5.300 Mio. t Erz @ 0,38 % V_2O_5, (19,9 Mio. t V_2O_5 bzw. 11,1 Mio. t V-Inhalt) ausgewiesen (Intermin Resources Ltd. 2011). Damit handelt es sich bei dem Vorkommen um die derzeit größte bekannte Vanadiumressource in Australien.

Im Februar 2013 wurde das im Jahr 2008 verabschiedete Moratorium zur Entwicklung von Ölschiefervorkommen in Queensland aufgehoben. Die Entwicklung von Ölschiefervorkommen zur Gewinnung von Rohöl ist unter Berücksichti-

gung von entsprechenden Umweltauflagen und Umweltverträglichkeitsprüfungen nun möglich (Queensland Government 2013). Im Mai 2013 übernahm Global Oil Shale Australia Pty Ltd., eine Tochter der Global Oil Shale Group plc, die Explorationslizenzen nördlich von Julia Creek und somit Ressourcen („Measured, Indicated & Inferred") in Höhe von ca. 2.000 Mio. t Erz @ durchschnittlich 60 Liter Rohöl je Tonne, zuzüglich 0,39 % V_2O_5 (7,8 Mio. t V_2O_5 bzw. 4,4 Mio. t V-Inhalt). Intermin Resources Ltd. hält die Rechte an der Metallextraktion (Vanadium, Nickel, Molybdän) aus Aufbereitungsrückständen der Kohlenwasserstoffproduktion des Vorkommens Julia Creek. Die Ressourcen des Vorkommens Richmond belaufen sich demnach auf 3.300 Mio. t Erz @ 0,36 % V_2O_5 (Intermin Resources Ltd. 2013).

Anforderungen und Bewertung

In Tabelle 2.24.3 sind die hier beschriebenen australischen Vanadiumlagerstätten mit ausgewiesenen Reserven und Ressourcen zusammengefasst. Nach dem Klassifizierungssystem von Petrow et al. (2008) können die Vanadiumlagerstätten Windimurra, Barrambie, Gabanintha, Canegrass, Unaly Hill, Victory Bore und Mount Peake als mittelgroß, die Lagerstätten Balla Balla, Speewah, Jameson Range/Musgrave und Julia Creek/Richmond als groß eingestuft werden.

Die Abbildung 2.24.5 zeigt die Reserven und Ressourcen der hier beschriebenen australischen Vanadiumprojekte in Form eines Grade-Tonnage-Diagramms. Zusätzlich werden ausgewählte, in Abbau befindliche vanadiumführende Magnetit- und Titanomagnetitlagerstätten in Südafrika, Russland und China zum Vergleich dargestellt.

Die Wirtschaftlichkeit eines jeden Vorkommens wird dabei stark von den Abbau- und Verarbeitungskosten, der Qualität der Infrastruktur und der Gesetzgebung bestimmt. Von entscheidender Bedeutung bei der Gewinnung von Vanadiumpentoxid aus vanadiumführenden Titanomagnetitlagerstätten ist die erste Anreicherung von V_2O_5 im Konzentrat durch Magnettrennung. Während beispielsweise der V_2O_5-Gehalt des Erzes mit 0,47 % aus Windimurra durch die erste Magnettrennung lediglich auf 1,2 % angereichert werden konnte, kann das Erz der Lagerstätte Speewah @ 0,3 % auf 1,8 bis 2,5 % V_2O_5 angereichert werden (King River Copper Ltd. 2013b).

Tab. 2.24.3: Ausgewählte Vanadiumlagerstätten in Australien mit ausgewiesenen Reserven und Ressourcen.

Reserven						
Lagerstätte	**Bundesstaat**	**Erz [Mio. t]**	**V_2O_5-Gehalt [%]**	**V-Gehalt [%]**	**V_2O_5-Inhalt [t]**	**V-Inhalt [t]**
Balla Balla	WA	318,0	0,62	0,35	1.971.600	1.104.687
Windimurra	WA	159,9	0,47	0,26	751.530	415.740
Ressourcen						
Lagerstätte	**Bundesstaat**	**Erz Mio. t**	**V_2O_5-Gehalt [%]**	**V-Gehalt [%]**	**V_2O_5-Inhalt [t]**	**V-Inhalt [t]**
Julia Creek/ Richmond	QLD	5.308,0	0,38	0,21	19.905.000	11.152.772
Speewah	WA	4.712,0	0,30	0,17	14.136.000	7.920.401
Jameson Range/ Musgrave Province	WA	100,0	1,0	0,56	1.000.000	560.300
Gabanintha	WA	125,8	0,70	0,39	880.600	493.400
Victory Bore	WA	151,0	0,44	0,25	664.400	372.263
Canegrass	WA	107,0	0,62	0,35	663.400	371.703
Mount Peake	NT	160,0	0,28	0,16	448.000	251.014
Unaly Hill	WA	86,0	0,42	0,24	361.200	202.380
Barrambie	WA	47,2	0,63	0,35	297.360	166.611

Obwohl die australischen Lagerstätten abbauwürdige V-Gehalte aufweisen, ist ihre Entwicklung bisher hinter den Erwartungen zurückgeblieben. Ein Hauptgrund sind die seit dem kurzfristigen Preispeak im Jahr 2005 stark rückläufigen Preise für Vanadiumprodukte. Die seitdem niedrigen Preise für Vanadium erschweren die Projektfinanzierung erheblich. Der Preispeak wurde seinerzeit durch die Einstellung der Produktion aus der Lagerstätte Windimurra verursacht.

Es bleibt abzuwarten, ob Atlantic Ltd. die Produktion aus der Lagerstätte Windimurra nach dem Schaden an der Aufbereitungsanlage wieder aufnimmt. Atlantic Ltd. führt derzeit Instandsetzungsarbeiten an der Anlage durch. Inwieweit diese fortgeschritten sind, ist nicht bekannt. Unter den gegebenen Marktbedingungen ist die Veräußerung des Projekts nicht auszuschließen. Alternativ könnte der Projektstatus auf Pflege und Wartung gesetzt werden, bis die Preise sich erholt haben.

King River Copper Ltd kam im Juni 2013 zu dem vorläufigen Ergebnis, dass die Fe-, V- und Ti-Ressourcen der Lagerstätte Speewah im derzeitigen Marktumfeld unwirtschaftlich einzustufen sei (King River Copper 2013b). Das Unternehmen will sich daher auf die Exploration von Cu und Au im Gebiet von Speewah konzentrieren. Langfristig bleibt die polymetallische Lagerstätte aber durchaus interessant. Das vanadiumführende Erz @ 0,3 % V_2O_5 konnte im ersten Aufbereitungsschritt mittels Magnettrennung auf 1,8 bis 2,5 % V_2O_5 angereichert werden (King River Copper 2013b). Das ist der höchste Wert aller australischen Vanadiumlagerstätten und ein entscheidender Faktor für die Wirtschaftlichkeit.

Von den restlichen in Tabelle 2.24.3 aufgeführten Vanadiumlagerstätten erscheint ein Ausbringen von Vanadiumpentoxid mittelfristig (3 bis 5 Jahre) nur aus Mount Peake möglich. Aufgrund der niedrigen Erzgehalte ist das angestrebte hydrometallur-

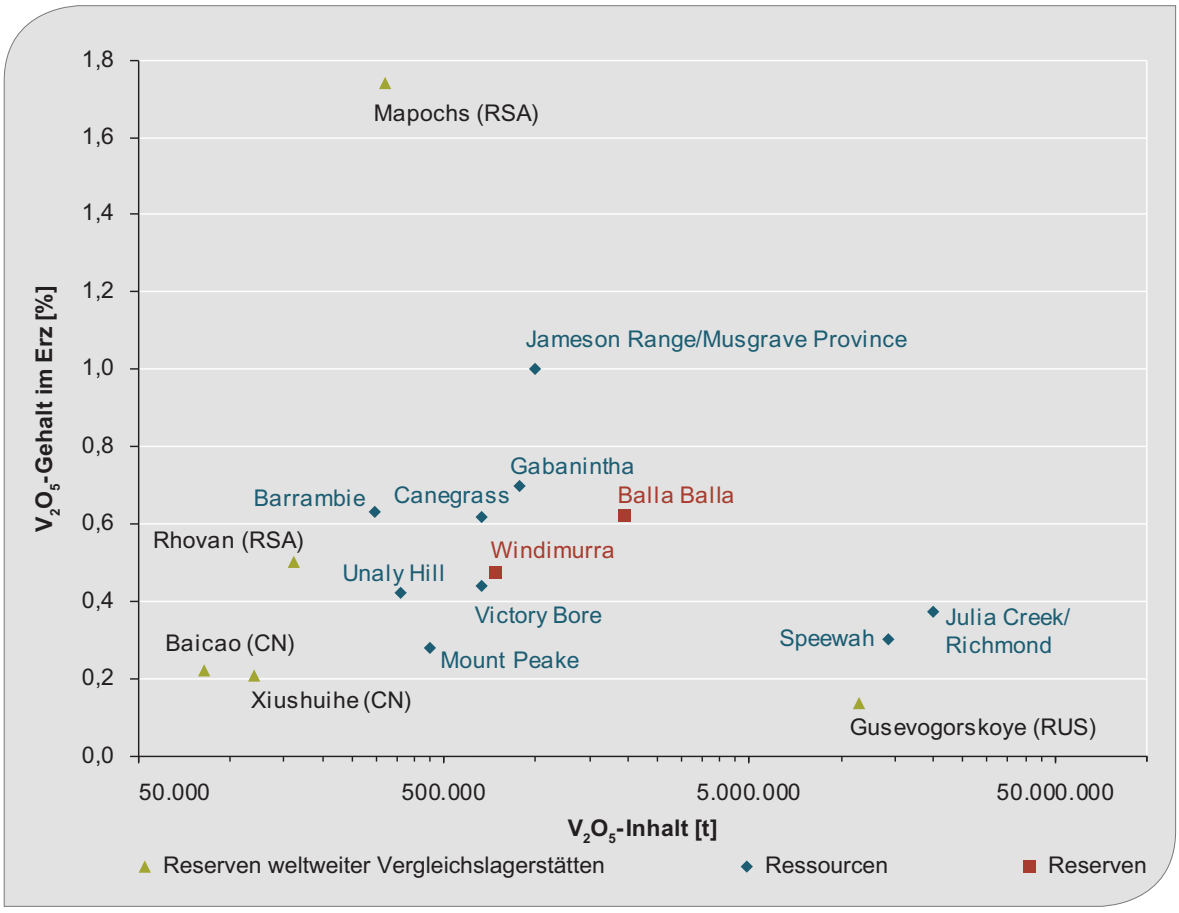


Abb. 2.24.5: Reserven und Ressourcen australischer Vanadiumlagerstätten im Vergleich zu ausgewählten in Abbau befindlichen vanadiumführenden Magnetit- und Titanomagnetitlagerstätten in Südafrika (RSA), Russland (RUS) und China (CN).

gische Aufbereitungsverfahren ausschlaggebend für den Projekterfolg. Potenzielle Investoren sollten die Ergebnisse der Feasibility-Studie abwarten.

Die vanadiumführenden Titanomagnetitvorkommen Barrambie, Gabanintha, Canegrass, Unaly Hill, Victory Bore, Jameson Range und Jervois empfehlen sich aufgrund der frühen Projektstadien derzeit nicht für eine Investition. Ob aus Yeelirrie und Julia Creek/Richmond zukünftig Vanadium ausgebracht wird, bleibt abzuwarten.

Literatur

Arafura Resources Ltd (2010): Jervois Vanadium Project Interim Assay Results. – URL: http://www.asx.com.au/asxpdf/20100729/pdf/31rkpl7q8yfn81.pdf
[Stand 28.04.2015].

Atlantic Ltd. (2012): ASX Announcement. Atlantic announces first ferrovanadium production from Windimurra vanadium plant. – URL: http://www.asx.com.au/asxpdf/20120109/pdf/423nzkrq54yqvb.pdf
[Stand 28.04.2015].

Atlantic Ltd. (2013): Annual Report 2013. – URL: http://ati.onlineannualreports.com.au/#folio=FC
[Stand 28.04.2015].

Atlantic Ltd. (2014a): ASX Announcement. Quarterly Report & January Production and Sales Report, Three Month to 31. December 2013. – URL: http://www.asx.com.au/asxpdf/20140131/pdf/42mgrmfwlbybwy.pdf
[Stand 28.04.2015].

Atlantic Ltd. (2014b): ASX Announcement. Update on Beneficiation Plant Fire. – URL: http://www.asx.com.au/asxpdf/20140211/pdf/42mnbv1wpb4plv.pdf
[Stand 28.04.2015].

Baxter, J. L. (1978): Molybdenum, tungsten, vanadium and chromium in Western Australia, Mineral Resources Bulletin 11, 140 S., 6 Abb., 19 Tab.; Perth.

Black Ridge Mining NL (2011): ASX Announcement. Unaly Hill Maiden Inferred Resource (E57/420), Western Australia. – URL: http://www.asx.com.au/asxpdf/20111121/pdf/422nq34qb30lq0.pdf
[Stand 24.04.2015].

Bolten, D. & Alexander, J. (2004): Windimurra Vanadium Deposit, Murchison Region, WA. Windimurra. – URL: http://www.crcleme.org.au/RegExpOre/Windimurra.pdf
[Stand 28.04.2015].

Cameco Corporation (2014): Annual Report 2014. – URL: http://www.cameco.com/annual_report/2014/pdfs/Cameco_2014_Annual_Report.pdf
[Stand 24.04.2015].

Daniels, J. L. (1974): The geology of the Blackstone Region, Western Australia. Geological Survey of Western Australia, Bulletin, 123: S.239–245; Perth.

Flinders Mines Ltd. (2014): Quarterly Report for the quarter ending 31 December 2013. – URL: http://www.flindersmines.com/lib/pdf/reports/fms_2013_Q4_5B_s.pdf
[Stand 24.04.2015].

Flinders Mines Ltd. (2015): Quarterly Report for the quarter ending 31 December 2014. – URL: http://www.flindersmines.com/lib/pdf/reports/fms_2014_Q4_5B_p.pdf
[Stand 24.04.2015].

Geological Survey of Western Australia (2009): Fact Sheet, Investment Opportunities Vanadium. 2 S., 9 Abb., 1 Tab.; Perth.

Geoscience Australia (2014): Australia's Identified Mineral Resources 2013. Geoscience Australia. 173 S., 24 Abb., 19 Tab.; Canberra.

Habteselassie, M. M., Mathison, C. I., Gilkes, R. J. (1996): Vanadium in magnetite gabbros and its behaviour during lateritic weathering, Windimurra Complex Western Australia. – In: Australian Journal of Earth Sciences (1996) 43, S. 555–566, 9 Abb., 2 Tab.; Sydney.

Intermin Resources Ltd. (2011): Quarterly Report for the period ending 30 June 2011. – URL: http://www.asx.com.au/asxpdf/20130529/pdf/42g5rlnmyny1j2.pdf
[Stand 27.04.2015].

Intermin Resources Ltd. (2013): ASX Release. Julia Creek – Richmond – Queensland Agreement with Global Oil Shale Group plc. – URL: http://www.asx.com.au/asxpdf/20130529/pdf/42g5rlnm

yny1j2.pdf
[Stand 27.04.2015].

Ivanic, T. J., Wingate, M. T. D., Kirkland, C. L., Van Kranendonk, M. J. & Wyche, S. (2010): Age and significance of voluminous mafic-ultramafic magmatic events in the Murchinson Domain, Yilgarn Craton. – In: Australian Journal of Earth Sciences (2010) 57, S. 597–614, 9 Abb., 3 Tab.; Sydney.

King River Copper Ltd. (2013a): Refocusing on Copper/Gold Exploration. Presentation von Speewah Metals Ltd. – URL: http://www.kingrivercopper.com.au/investor/presentations.html
[Stand 23.04.2015].

King River Copper Ltd. (2013b): Annual Report for the year ended 30 June 2013. – URL: http://www.kingrivercopper.com.au/investor/annual-reports.html [Stand 23.04.2015].

Needham, S. (2009): Yeelirrie uranium deposit in Western Australia. Parliament of Australia, Department of Parliamentary Services. Science, Technology, Environment and Resources Section, Background Note. – URL: http://www.aph.gov.au/About_Parliament/Parliamentary_Departments/Parliamentary_Library/pubs/BN/0910/UraniumWA
[Stand 30.04.2015].

Petrow, O. W., Michailow, B. K., Kimelman, S. A., Ledowskich, A. A., Bawlow, N. N., Nezhenskii, I. A., Worob'ew, J. J., Schatow, W. W., Kopina, J. S., Nikolaeva, L. L., Bespalow, E. W.; Boiko, M. S., Wolkow, A. W., Sergeew, A. S., Parschikowa, N. W. & Mirchalewskaja, N. W. (2008): Mineral resources of Russia (in Russia). – Ministry of the Natural Resources of the Russian Federation (VSEGEI): 302 S.; St. Petersburg.

Phosphate Australia Ltd. (2014): ASX Release, 29. April 2014. Quarterly Report for the period ending 31 March 2014. – URL: http://www.phosphateaustralia.com.au/IRM/Company/ShowPage.aspx/PDFs/1211-63092168/QuarterlyActivitiesReport
[Stand 24.04.2015].

Pirajno, F. & Hoatson, D. M. (2012): A review of Australia's Large Igneous Provinces and associated mineral systems: implications for mantle dynamics through geological time. Ore Geology Reviews 48, S. 2–54, 32 Abb., 3 Tab.; Amsterdam.

Pratt, R. (1987): Australian vanadium resources including titanium resources in titaniferous magnetite deposits. – In: Australian mineral industry quarterly 39(1) 1986, S. 1–15, 1 Abb., 5 Tab.; Canberra.

Queensland Government (2013): Media Statement. Newman Government approves oil shale industry. – URL: http://statements.qld.gov.au/Statement/2013/2/13/newman-government-approves-oil-shale-industry
[Stand 27.04.2015].

Quest Minerals Ltd. (2011): ASX Announcement. Maiden 151 Mt JORC Reported Magnetite Vanadium Resource at Victory Bore. – URL: http://www.asx.com.au/asxpdf/20110304/pdf/41x7pbd2fn9p2b.pdf
[Stand 24.04.2015].

Reed Resources Ltd. (2009): Barrambie Vanadium Project: Definitive Feasibility Study Completed. – URL: http://www.neometals.com.au/announce-blog.php?id=267
[Stand 23.04.2015].

Reed Resources Ltd. (2013a): Barrambie JORC 2012 Mineral Resource Estimate Amended. – URL: http://www.reedresources.com/reports/507-amended-jorc-resource-estimate.pdf
[Stand 23.04.2015].

Reed Resources Ltd (2013b): Barrambie – Key Technology License Secured. – URL: http://www.neometals.com.au/announce-blog.php?id=809
[Stand 23.04.2015].

Rox Resources Ltd. (2015): ASX Announcement. Rox earns interest in Bonya Copper Project. – URL: http://clients.weblink.com.au/news/pdf/01585262.pdf
[Stand 27.04.2015].

Rutila Resources Ltd. (2014a): Quarterly Activities for the period 1 July 2014 to 30 September 2014. – URL: http://www.rutila.com.au/source/cmsdocument/231020140543463549662074325625O.pdf
[Stand 23.04.2015].

Rutila Resources Ltd (2014b): Investors Presentation March 2014. – URL: http://www.proactiveinvestors.com.au/genera/files/companies/rutila.pdf
[Stand 23.04.2015].

TNG Ltd. (2013): ASX Announcement. Mount Peake resource update delivers +100 Mt into JORC Measured category. – URL: http://clients2.weblink.com.au/news/pdf2%5C01392521.pdf [Stand 27.04.2015].

TNG Ltd. (2014): Quarterly Report. March Quarter a standout for the TNG with major developments on a number of fronts. – URL: http://clients2.weblink.com.au/news/pdf%5C01512930.pdf [Stand 27.04.2015].

TNG Ltd. (2015): Präsentation. – The Next Major Development in the Northern Territory, Australia. – URL: http://clients2.weblink.com.au/news/pdf_1%5C01628289.pdf [Stand 27.04.2015].

Yellow Rock Resources Ltd. (2015a): The Gabanintha Vanadium Project, Investor Update, March 2015. – URL: http://www.yellowrock.com.au/wp-content/uploads/2015/03/YRR-Presentation-1903151.pdf [Stand 23.04.2015].

Yellow Rock Resources Ltd. (2015b): ASX Announcement, Gabanintha Project Update. – URL: http://www.yellowrock.com.au/wp-content/uploads/2015/04/Gabanintha-New-Tenement-150415-final.pdf [Stand 23.04.2015].

2.25 Vermiculit

(Siyamend Al Barazi)

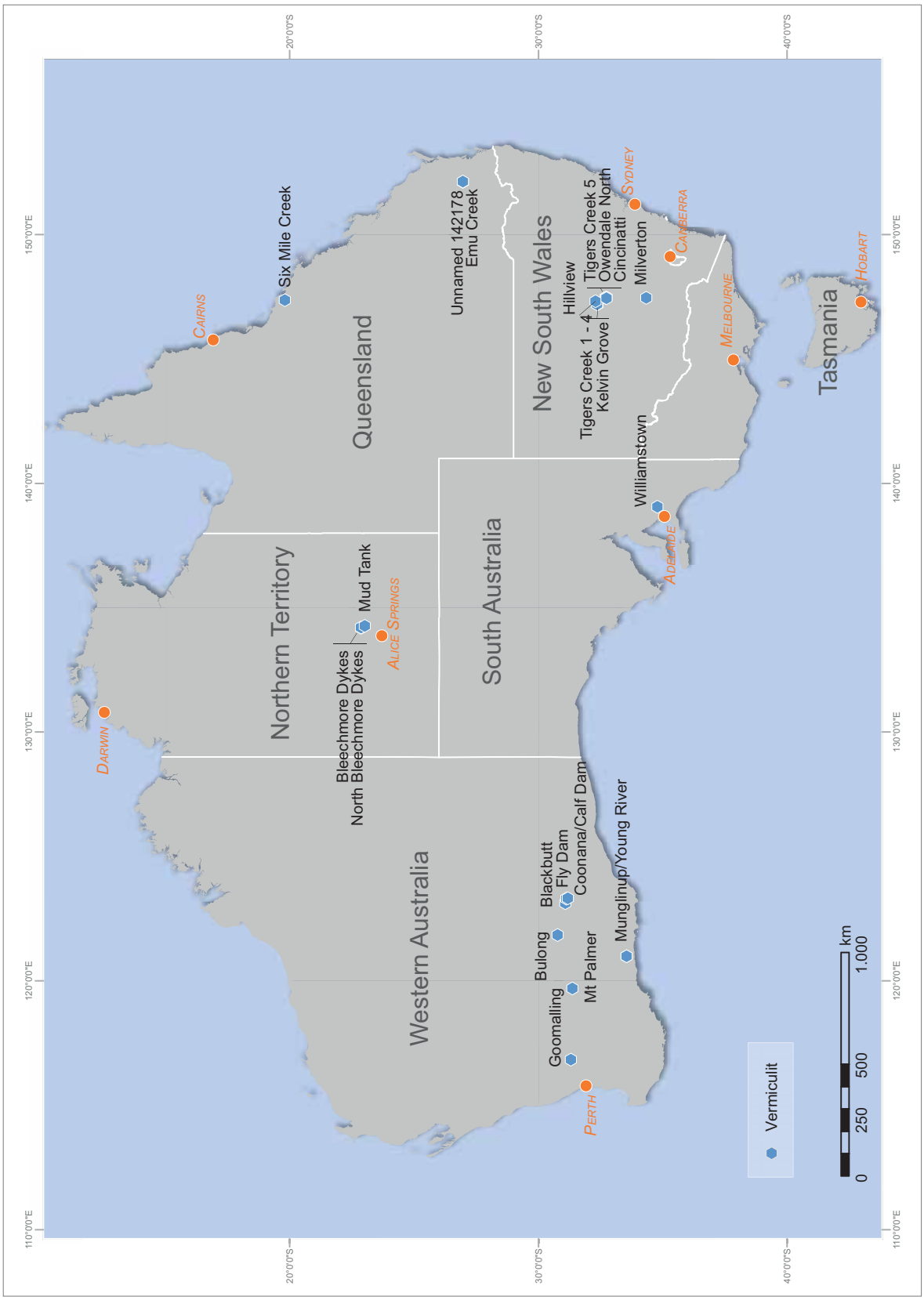


Abb. 2.25.1: Ausgewählte Vermiculitlagerstätten und -vorkommen in Australien.

Überblick und Verwendung

Vermiculit [$(Mg, Fe^{3+}, Al)_3[(OH)_2\ Al_{1,25}Si_{2,75}O_{10}]\cdot Mg_{0,33}O(H_2O)_4$] ist ein Magnesium-Alumohydrosilikat und gehört zu den Phyllosilikaten mit glimmerartiger Blattstruktur. Gegenüber den „echten" Glimmern sind die Vermiculitplättchen aber nicht elastisch. Die Vermiculitkristalle (Vermiculitplättchen) können cm-Größe erreichen, sind meistens aber wesentlich kleiner. Zusammen mit Vermiculit treten häufig unter anderem Apatit, Quarz, Feldspat, Chlorit, Korund, Asbest und Talk in unterschiedlichen Mengen auf. Durch Erhitzen von Vermiculitkristallen wird das Wasser aus den Zwischenschichten entweder allmählich, oder bei schockartigem Erhitzen bei Temperaturen zwischen 800 °C und 900 °C im Drehrohrofen, unter starkem Aufblähen und Verkrümmen wieder abgegeben. Das Volumen kann so um das 15- bis 20-Fache, maximal sogar um das 30-Fache, abhängig vom Ausgangsmaterial, zunehmen. So entstehen geblähte Vermiculitaggregate. Der Begriff Vermiculit wird sowohl auf das Mineral als auch auf das daraus hergestellte Produkt angewandt (Gwosdz et al. 2006).

Vermiculitlagerstätten treten im Bereich ultrabasischer Gesteine (Magmatite, auch Metamorphite) auf, die durch hydrothermale Einwirkung umgewandelt worden sind. Allerdings führt erst eine supergene Alteration von Biotit und/oder Phlogopit durch zirkulierende Grundwässer zur eigentlichen Entstehung von Vermiculitlagerstätten (Bosse et al 1986).

Vermiculit besitzt wesentliche wirtschaftliche Verwendungen fast ausschließlich im expandierten Zustand. Geblähte Vermiculitaggregate werden in erster Linie in der Bautechnik zur Wärme- und Schallisolation sowie zur Herstellung von feuerbeständigen Mörteln und Putzen eingesetzt. Weiterhin kommt Vermiculit in der Landwirtschaft und im Gartenbau als Trägerstoff von Düngemitteln zum Einsatz. In der Metallurgie kann Vermiculit zur Wärmeisolation auf Metallschmelzen eingesetzt werden und zur Steuerung der Abkühlung großer Formteile. Lediglich in der Produktion feuerfester Gipskartonplatten kommt ungeblähter Vermiculit zum Einsatz (Gwosdz et al. 2006).

Wichtige Vorkommen in Australien

Australien verfügt über keine Vermiculitlagerstätten von weltwirtschaftlicher Bedeutung. Im Land wird gegenwärtig, soweit bekannt, kein Vermiculit mehr gefördert. Bis 2013 wurde noch aus der Lagerstätte Mud Tank im Northern Territory Vermiculit ausgebracht. Darüber hinaus liegen nur wenige aussagekräftige Informationen zu weiteren Vermiculitvorkommen im Land vor.

Abbildung 2.25.1 gibt einen Überblick über ausgewählte australische Vermiculitlagerstätten, die im Folgenden beschrieben werden.

Northern Territory

Die ausgeerzte Lagerstätte **Mud Tank** liegt ca. 95 km nordöstlich von Alice Springs. Eine Förderung von Vermiculit erfolgte im Zeitraum 1996 bis 2013. Derzeitiger Eigentümer ist Imerys Minerals Australia Pty Ltd (Imerys Vermiculite), ein Tochterunternehmen des französischen Bergbauunternehmens Imerys. Das Unternehmen hat die Produktion 2013 eingestellt. Der Tagebau wird derzeit rekultiviert (freundliche mündliche Mitteilung, B. Länger, AHK Australien).

Auf Basis der ursprünglichen „Identified Resources" wurde die Lebensdauer der Lagerstätte mit ca. 20 Jahren angeben (Imerys Vermiculite 2015). Demnach dürften die Ressourcen erschöpft sein. Die Gesamtproduktion bis Juni 2012 wird auf 147.405 t Vermiculit geschätzt (Ahmad & Khan 2013). Das Roherz wurde im Tagebau gewonnen, trocken aufbereitet und zu einem Konzentrat mit 90 bis 99 % Vermiculitplättchen aufkonzentriert (Abbildung 2.25.2). Scrimgeour (2013) schätzt, dass mindestens noch 30.000 t Vermiculitkonzentrat aus dem Tagebau und aus Haldenmaterial ausgebracht werden können. Die Vermiculitspezifikationen, die in Mud Tank produziert wurden, sind in Tabelle 2.25.1 zusammengefasst.

Das Vermiculitkonzentrat wurde per Lkw und Bahn nach Adelaide oder Melbourne transportiert. In Adelaide erfolgte die Lagerhaltung für die Lieferungen nach Europa. Der Export nach Asien erfolgte über den Hafen in Melbourne (Imerys Vermiculite 2015).

Abb. 2.25.2: Aufbereitungsanlage der Mud Tank–Lagerstätte (Imerys Vermiculite 2015).

20 km nordwestlich der Lagerstätte Mud Tank befinden sich die Vorkommen **Bleachmore Dykes** und **North Bleachmore Dykes**, welche zuletzt (bis 2003) von Flinders Diamonds Ltd. (seit 2008: Flinders Mines Ltd.) exploriert wurden. Es handelt sich um vier NE-SW-streichende Karbonatitgänge (STRIKE 2015), zu denen jedoch keine Vorratsangaben vorliegen. Flinders Diamonds Ltd. identifizierte im Jahr 2003 auf Basis von insgesamt 135 Bohrungen im Vorkommen Bleachmore Dykes einen vermiculitführenden Körper von 500 m Länge und 50 bis 100 m Breite. Es wurde angenommen, dass sich dieser bis etwa 50 m Teufe erstreckt und etwa 2 bis 3 Mio. t Erz @ > 50 % Vermiculit enthält (Flinders Diamonds Ltd. 2015). Ein Großteil des erbohrten Materials wies Korngrößen > 2,5 mm auf (Flinders Diamonds Ltd. 2015).

Tab. 2.25.1: Vermiculitspezifikation der Mud Tank Lagerstätte (Imerys Vermiculite 2015).

Produktname	Größe [mm]	Schüttdichte [g/l]
G3 („Medium“)	1,70–4,75 (min. 90 %)	91
G2 („Fine“)	0,90–2,20 (min. 90 %)	91
G1 („Superfine“)	0,50–1,20 (min. 90 %)	81
M8 („Micron“)	0,30–0,80 (min. 85 %)	k. A.

k. A. = keine Angaben

Queensland

Das Department of Natural Resources and Mines (2014) weist insgesamt drei Vermiculitvorkommen aus. Namentlich sind das **Emu Creek**, **Six Mile Creek** und „**Unnamed 142178**“. Die Vorkommen Emu Creek und „Unnamed 142178“ befinden sich ca. 34 km südsüdöstlich der Ortschaft Nanangoo und ca. 110 km nordwestlich von Brisbane. Obwohl in Emu Creek Anfang der 1960er Jahre ein Probeabbau von 29 t Erz erfolgte, konnte das Vorkommen im Rahmen von zwei Befahrungen durch das Department of Natural Resources and Mines in den Jahren 1994 und 2006 nicht wieder lokalisiert werden (Department of Natural Resources and Mines 2014). Für das Vorkommen „Unnamed 142178“, ca. 1,5 km östlich von Emu Creek, liegen ebenfalls keine lagerstättengeologischen Informationen vor. Das Vorkommen Six Mile Creek (25 km südlich der Ortschaft Ayr, südöstlich von Townsville) wurde 1987 bis 1988 von Spectrum Resources NL exploriert (Department of Natural Resources and Mines 2014). Allerdings liegen auch für dieses Vorkommen keine aussagekräftigen lagerstättengeologischen Informationen vor.

Western Australia

Das Department of Mines and Petroleum (2015) weist Ressourcen von insgesamt 5,3 Mio. t Erz @ durchschnittlich 13,3 % Vermiculit aus (705.000 t Vermiculitinhalt). Diese verteilen sich auf 5,25 Mio. t Erz @ durchschnittlich 12,5 % Vermiculit (655.000 t Vermiculitinhalt) im Vorkommen **Coonana/Calf Dam** bzw. auf dessen Teilvorkommen **Fly Dam** (105.000 t Vermiculitinhalt) und **Blackbutt** (550.000 t Vermiculitinhalt). Die Teilvorkommen Fly Dam und Blackbutt befinden sich ca. 190 km nordöstlich der Ortschaft Norseman. Für die Teilvorkommen liegen keine weiteren Informationen vor. Die restlichen 50.000 t Vermiculitinhalt ordnet das Department of Mines and Petroleum (2015) dem Vorkommen **Young River/Munglinup**, ca. 22 km nordöstlich der Ortschaft Munglinup, zu. Aus diesem Vorkommen wurde bereits in der Vergangenheit Vermiculit unbekannter Qualität gefördert (Department of Mines and Petroleum 2015). Für das Jahr 1982 wies das Department of Mines (1983) beispielsweise eine Gesamtförderung von 429 t Erz aus. Das geförderte Vermiculiterz wurde bis 1992 in der Aufbereitungsanlage „Young River Plant“ verarbeitet. Die Gesamtproduktion belief

sich im Jahr 1992 letztmalig auf 308 t Vermiculit (Department of Mines and Petroleum 2015). Zu diesem Vorkommen liegen keine lagerstättengeologischen Informationen oder Angaben zu möglichen Ressourcen vor. Lithex Resources Ltd. hält derzeit die Lizenz, die auch die stillgelegte Vermiculitgrube einschließt. Der Fokus des Unternehmens liegt im Lizenzgebiet derzeit auf der Exploration von Graphitvorkommen.

In Western Australia wurde in der Vergangenheit aus insgesamt zwei weiteren Vorkommen Vermiculit unbekannter Qualität gefördert (Department of Mines and Petroleum 2015). Es handelt sich um die Vorkommen **Bulong/Jones R. L**. und **Mt. Palmer**. Auch zu diesen beiden Vorkommen liegen keine lagerstättengeologischen Informationen vor. Das Vorkommen Bulong/Jones R. L. befindet sich ca. 35 km östlich von Kalgoorlie bzw. ca. 5 km südöstlich der Ortschaft Bulong. Das Vorkommen Mt. Palmer liegt ca. 8 km südlich der Ortschaft Yellowdine.

Das Vorkommen **Goomalling**, am Rand der gleichnamigen Ortschaft, wird vom Department of Mines and Petroleum (2015) ohne nähere Angaben und ohne eine historische Produktion als vermiculitführend beschrieben.

New South Wales

Whitehouse et al. (2007) weist insgesamt sechs Vermiculitvorkommen für den Bundesstaat New South Wales aus. Im Jahr 1991 hat Helix Resources NL das Vorkommen **Hillview**, ca. 5 km südwestlich der Ortschaft Tottenham, entdeckt und Ressourcen ohne nähere Kategorisierung von 12,5 Mio. t @ 33 % Vermiculit ausgewiesen (Whitehouse et al. 2007). Derzeitiger Lizenzinhaber ist Jodama Pty Ltd.

Für das Vorkommen **Tigers Creek**, 14 km südwestlich vom Vorkommen Hillview, hat Platinum Search NL im Jahr 1994 „Inferred Resources“ von 4,8 Mio. t @ 34 % Vermiculit ausgewiesen (Whitehouse et al. 2007). Auch hier hält Jodama Pty Ltd. derzeit die Lizenzen.

Die Vorkommen **Owendale North**, **Cincinatti**, **Milverton** und **Kelvin Grove** befinden sich 11 bis 14 km südwestlich der Ortschaft Tullamore. Platina Resources Ltd. ist Lizenzinhaber (siehe auch Kapitel 2.21). Der Fokus des Unternehmens ist die Entwicklung der Vorkommen und die Gewinnung von Platin und Scandium (Platina Resources Ltd. 2015). Vermiculit steht nicht im Fokus des Unternehmens, kann hier aber möglicherweise beibrechend gewonnen werden.

South Australia

Die Lagerstätte **Williamstown** (siehe auch Kapitel 2.14), ca. 40 km nordöstlich von Adelaide und ca. 4 km südöstlich der Ortschaft Williamstown, ist in Teilbereichen vermiculitführend (Barnes 1990). Aufgrund der geringen Expansionseigenschaften (Government of South Australia 2013) wurde das Material in der Vergangenheit ausschließlich als Trägerstoff für Düngemittel eingesetzt (Barnes 1990).

Anforderungen und Bewertung

Gwosdz et al. (2006) fassten die allgemeinen Rohstoffanforderungen für ungeblähtes Roherz und expandierte Vermiculitaggregate zusammen. Gesucht sind vor allem großblättrige Vermiculitplättchen, aus denen sich Vermiculitaggregate hoher Kornfestigkeit herstellen lassen. Roherz sollte einen Vermiculitgehalt von > 25 M. %, besser 30 bis 50 M. % haben. Der Durchmesser der Vermiculitplättchen sollte 3 bis 16 mm betragen. Rohvermiculitplättchen < 3 mm ergeben nur selten ein marktfähiges Produkt. Aufgrund der Genese von Vermiculitlagerstätten können diese Asbeste enthalten. Hierauf ist im Hinblick auf eine gesundheitliche Gefährdung beim Abbau und bei der Wei-

Tab. 2.25.2: Einteilung geblähter Vermiculitaggregate nach Korngröße und Schüttdichte (Vermiculite Association 2015).

	Premium	Large	Medium	Fine	Superfine	Micron
Korngröße (mm)	16	8	4	2	1	0,5
Schüttdichte (kg/m³)	56 – 72	64 – 85	72 – 90	75 – 112	80 – 144	90 – 160

terverarbeitung zu achten. Die Anforderungen an Vermiculitaggregate unterscheiden sich abhängig vom Anwendungsbereich. Die physikalisch-technischen Kennwerte für Korngröße, Schüttgewicht, Wärmeleitfähigkeit, Wasseradsorption und Kationenaustauschkapazität sind ebenfalls in Gwosdz et al. (2006) zusammengefasst. Die Einteilung geblähter Vermiculitaggregate ist Tabelle 2.25.2 zu entnehmen.

Potenzielle Interessenten für australischen Vermiculit sollten mit den derzeitigen Lizenzinhabern der einzelnen Vorkommen Kontakt aufnehmen, um Roherzproben zu erhalten. Diese sind auf die entsprechenden Rohstoffanforderungen nach Gwosdz et al. (2006) hin zu analysieren. Eine eigene Befahrung und Beprobung der Vorkommen wird empfohlen. Auf Grundlage des möglichen Potenzials der Vorkommen Hillview und Tigers Creek in New South Wales sollte man diesen zunächst den Vorzug, vor Blackbutt und Fly Dam in Western Australia, geben.

Literatur

Ahmad, M. & Khan, M. (2013): Commodity reviews. – In: Ahmad, M. & Munson, T. J. (Hrsg.): Geology and mineral resources of the Northern Territory.- Northern Territory Geol. Surv., Spec. Publ., **5**, 3: 1–42, 21 Abb., 12 Tab.; Darwin, Northern Territory.

Barnes, L.C. (1990): Williamstown kaolin–sillimanite–mica deposits. – In: Hughes, F.E. (Hrsg): Geology of the mineral deposits of Australia and Papua New Guinea. Australasian Institute of Mining and Metallurgy. Monograph Series, **14**:1163-1166, 2 Abb., 1 Tab.; Victoria.

Bosse, H.-R., Krauss, U., Kruszona, M., Schmidt, H., Biehler, W., Boss, R. & Persy, A. (1986): Industrieminerale. – Untersuchungen über Angebot und Nachfrage, XIX: 949 S., 145 Abb., 321 Tab., 38 Anl.; Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe/Prognos AG, Hannover/Basel.

Department of Mines (1983): Annual Report 1982. 112 S.; Perth, Western Australia.

Department of Mines and Petroleum (2015): MINEDEX on the web Database. – URL: http://minedexext.dmp.wa.gov.au/minedex/external/common/appMain.jsp
[Stand 24.07.2014].

Department of Natural Resources and Mines (2014): Mineral Occurrence Data Sheet Vermiculite. Vom Department of Natural Resources and Mines, Queensland zur Verfügung gestellt.
[Stand 26.08.2014].

Flinders Diamonds Ltd. (2015): ASX Announcement. NT Drilling by Flinders Diamonds defines Vermiculite Body. – URL: http://www.asx.com.au/asxpdf/20030409/pdf/00355134.pdf [Stand 24.07.2015].

Government of South Australia (2013): Mica. – URL: http://minerals.statedevelopment.sa.gov.au/geoscience/mineral_commodities/mica
[Stand 28.04.2015].

Gwosdz, W., Röhling, S. & Lorenz, W. (2006): Muskovit, Phlogopit, Sericit. – In: Bewertungskriterien für Industrieminerale, Steine und Erden. Teil 11: Glimmer (Muskovit, Phlogopit, Sericit, Vermiculit, Glaukonit, Chlorit).– Geol. Jb, **H 12**: 158–169, 12 Tab.; Hannover.

Imerys Vermiculite (2015): About Mud Tank Mine. – URL: http://www.imerysvermiculite.com/mtm_about.htm
[Stand 24.07.2015].

Platina Resources Ltd. (2015): ASX Announcement. Platina Resources 3rd Quarterly Activities Report. – URL: http://www.asx.com.au/asxpdf/20150427/pdf/42y48l7qfj5h70.pdf
[Stand 24.07.2015].

Scrimgeour, I. R. (2013): Aileron Province. – In: Ahmad, M. & Munson, T. J. (Hrsg.): Geology and mineral resources of the Northern Territory.- Northern Territory Geol. Surv., Spec. Publ., **5**, 12: 1–74, 49 Abb.; Darwin, NT.

STRIKE (2015): Northern Territory Government: Spatial Territory Resource Information Kit for Exploration. – URL: http://www.nt.gov.au/d/Minerals_Energy/Geoscience/index.cfm? header=Online%20Systems%20and%20Databases
[Stand 24.07.2015].

VERMICULITE ASSOCIATION (2015): Vermiculite Data. – URL: http://www.vermiculite.org/wp-content/uploads/2014/09/Vermiculite-Data.pdf [STAND 27.08.2015].

WHITEHOUSE, J., BROWNLOW, J. W., BURTON, G. R., FERGUSON, A. C., GLEN, R. A., LISHMUND, S. R., MACRAE, G. P., MALLOCH, K. R., OAKES, G. M., PATERSON, I. B. L., PIENMUNNE, J. T., RAY, H. N. & WATKINS, J. J. (2007): Vermiculite.– In: FACER, R. A. (Hrsg.): Industrial Mineral Opportunities in New South Wales.– Geological Survey of New South Wales, Bulletin, **33**: 205–207, 3 Tab.; Maitland, New South Wales.

2.26 Wolfram

(Maren Liedtke)

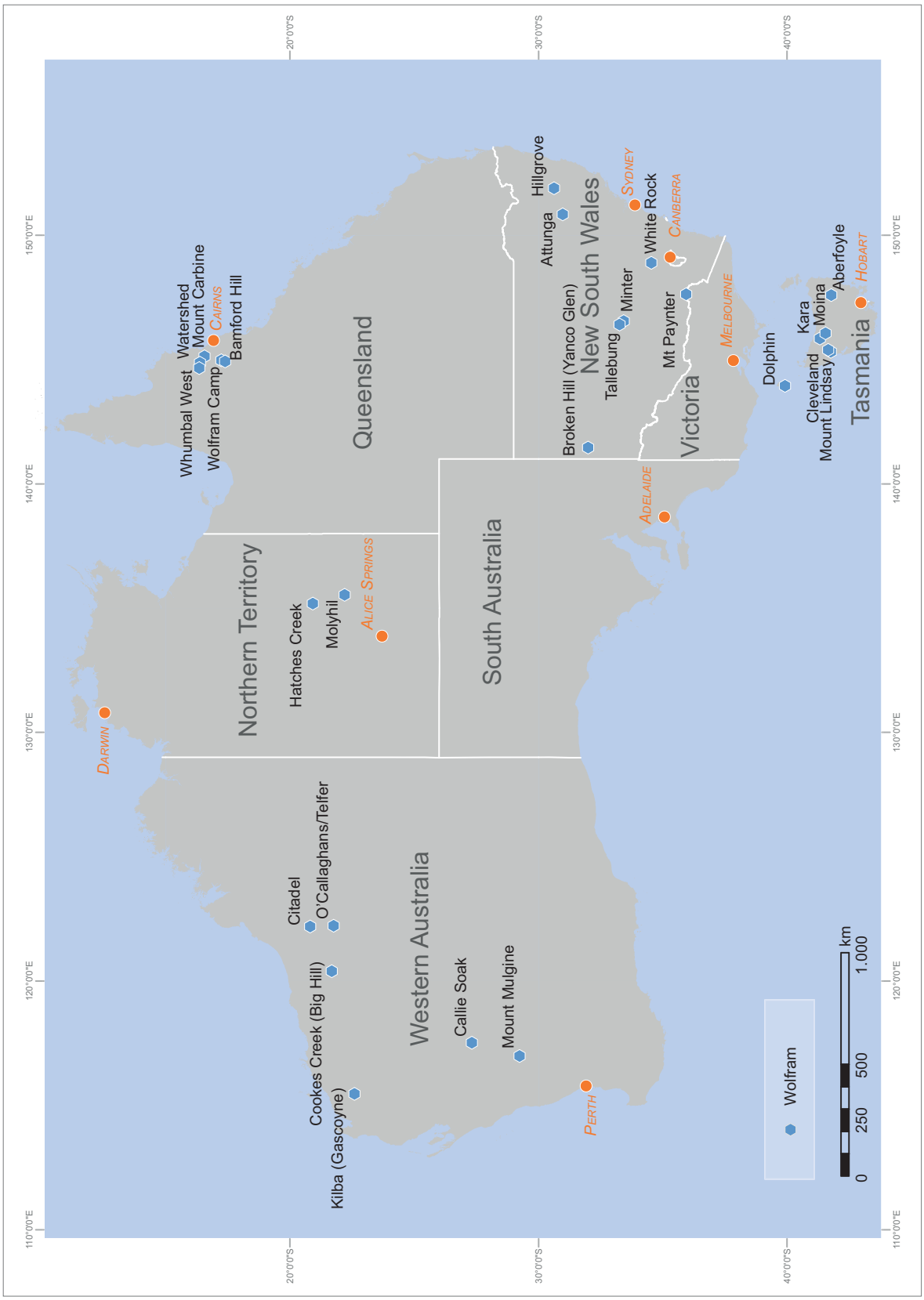


Abb. 2.26.1: Ausgewählte Wolframvorkommen in Australien.

Überblick und Verwendung

Wolfram (W) ist ein weißglänzendes Metall mit sehr hoher Dichte (19,25 g/cm³ bei 20 °C). Für die bergbauliche Gewinnung haben zwei Wolframerzminerale wirtschaftliche Bedeutung: Scheelit ($CaWO_4$) und Wolframit ($(Fe, Mn)WO_4$).

Wolframlagerstätten werden zum weit überwiegenden Teil im hydrothermalen Bereich granitoider Intrusionen gebildet. Von besonderer wirtschaftlicher Bedeutung sind:

- Hydrothermale wolframführende Gänge und Stockwerksvererzungen
- Porphyrische Lagerstätten
- Greisen
- Kontaktmetamorphe und vulkanogen-sedimentäre Scheelitlagerstätten (z. B. Skarnlagerstätten, schichtgebundene Lagerstätten)

Wolfram wird überwiegend als Hauptprodukt abgebaut. Nur ein Teil fällt als Beiprodukt bei der Gewinnung anderer Rohstoffe wie Zinn, Eisenerz, Kupfer, Molybdän, Silber und Gold an. Typische Beiprodukte bei der Gewinnung von Wolfram sind Zinn und Molybdän, aber auch Gold, Silber und gelegentlich Fluorit sowie Bismut.

Die Produktion von Hartmetall ist mit weltweit 61 % das bei Weitem wichtigste Anwendungsgebiet von Wolfram. Für die Herstellung von Stählen und Legierungen werden rund 21 % und für die Produktion von Halbzeug 11 % des Wolframbedarfs eingesetzt. Wolframchemikalien und weitere Anwendungen machen weltweit etwa 7 % aus.

Wichtige Vorkommen in Australien

Australien war bis 1990 ein bedeutendes Bergbauförderland für Wolfram. Mit Schließung der meisten Wolframbergwerke in den 1980er Jahren kam der Abbau fast vollständig zum Erliegen. Zwischen 1993 und 2012 lag die jährliche Bergwerksförderung unter 80 t WO_3. Erst seit 2012 steigt die Förderung wieder. Die australischen Wolframreserven („Proved & Probable“) lagen im Dezember 2012 bei 201.000 t WO_3 (Geoscience Australia 2014). In Tasmania, Queensland und Western Australia liegen die bedeutendsten Wolframvorkommen; abgebaut wird Wolfram derzeit jedoch nur in Queensland und Tasmania.

Tabelle 2.26.1 und Abbildung 2.26.1 geben einen Überblick über ausgewählte australische Wolframlagerstätten, die im Folgenden beschrieben werden.

Tasmania

Die Magnetit-Scheelitlagerstätte **Kara** liegt im Nordwesten des Bundesstaates Tasmania, etwa 40 km südlich der Hafenstadt Burnie und wird durch die Tasmania Mines Ltd. (TMM, gehört zur indischen Kanji Group Pty Ltd.) abgebaut. Der Abbau, der aus mehreren Skarnkörpern bestehenden Lagerstätte begann 1978 zunächst nur auf Scheelit und wurde erst später auf Magnetit umgestellt. Als Nebenprodukt produziert TMM Scheelitkonzentrat mit 73,5 % WO_3 (zzt. mit einem Ausbringen von nur 10 %). Im Jahr 2011 wurden etwa 19 t und im Jahr 2012 rund 35 t WO_3-Inhalt im Tagebau Kara No. 1 (Abbildung 2.26.2) gefördert (Geoscience Australia 2013, 2014). Abnahmeverträge bestehen mit der Wolfram Bergbau und Hütten AG sowie Global Tungsten and Powders Corp. (freundliche mündliche Mitteilung, Tasmania Mines Ltd.).

Die Kapazität für Wolfram in Kara lag im Jahr 2011 bei 40 t WO_3-Inhalt. Diese soll zunächst durch die Aufbereitung der Schlämmteiche auf etwa 75 t WO_3 erweitert werden. Des Weiteren ist der Ausbau der Wolframbergwerksförderung auf etwa 300 t WO_3 geplant (bei einem Ausbringen von 80 %). Für die zusätzliche Wolframförderung sind Abnehmer in Europa gewünscht. Die Wolframressourcen von Kara belaufen sich auf:

- Kara No 1 (derzeit in Abbau): 1,4 Mio. t Erz @ 0,35 % WO_3 (4.900 t WO_3-Inhalt, „cut-off grade“ 0,1 % WO_3)
- Kara North mit Scheelitressourcen von 0,83 Mio. t Erz @ 0,58 % WO_3
- Eastern Ridge mit 1,14 Mio. t Erz @ 0,42 % WO_3.

King Island Scheelite Ltd. (KIS, Australien) entwickelt seit 2005 das Projekt **Dolphin** im Südosten von King Island bei Grassy. Zu dem Projekt zählen das 1990 geschlossene Wolframbergwerk Dolphin sowie das nahe Dolphin gelegene ehemalige Unter-Tage-Bergwerk **Bold Head**. Ebenfalls geplant ist die Aufbereitung der Halden mit den niedriggradigen Abgängen des alten Bergbaus. Die Skarnlagerstätte stand mit Unterbrechungen

zwischen 1917 und 1990 sowohl unter als auch über Tage in Abbau (King Island Scheelite 2015).

Die Vererzung der scheelitführenden Skarne ist räumlich an frühkarbonische Granite gebunden. Als Wolframmineral tritt Scheelit mit geringem

Tab. 2.26.1: Ausgewählte Wolframvorkommen in Australien.

Name	Bundes-staat	Hauptrohstoff	Bei-produkte	Abbau-art	W.-Min.	Status
Kara	TAS	Magnetit	W	OP	Scheelit	In Betrieb, Erweiterung
Dolphin	TAS	Wolfram	Mo	OP	Scheelit	Feasibility-Studie
Mount Lindsay	TAS	Zinn/Wolfram	Cu, Fe	OP, UG	Scheelit	Feasibility-Studie
Cleveland (Foleyzone)	TAS	Zinn	Cu, W, Mo, Bi	T, UG	Wolframit	Exploration
Moina	TAS	Fluorit	Sn, W, Fe	k. A.	Scheelit	Scoping
Aberfoyle (Storey's Creek)	TAS	Zinn	W	k. A.	Wolframit	Exploration
Mount Carbine	QLD	Wolfram		T, OP	Wolframit/ Scheelit	In Betrieb, Feasibility-Studie
Wolfram Camp	QLD	Wolfram	Mo	OP, UG	Wolframit	In Betrieb, Erweiterung
Bamford Hill	QLD	Wolfram	Mo	k. A.	Wolframit	Grassroots
Watershed	QLD	Wolfram		OP	Scheelit	Feasibility-Studie
Whumbal West	QLD	Wolfram	PGM	k. A.	Scheelit/ Wolframit	Exploration/Stillgelegt
Kilba (Gascoyne)	WA	Wolfram		OP	Scheelit	Prefeasibility
Mount Mulgine	WA	Wolfram		OP, UG	Scheelit	Prefeasibility
Cookes Creek (Big Hill)	WA	Wolfram		OP	Scheelit	Prefeasibility
O'Callaghans (Telfer)	WA	Wolfram/ Basismetalle	W, Cu, Zn, Pb	k. A.	Wolframit/ Scheelit	Exploration
Citadel	WA	Gold	Cu, Ag, W	OP	k. A.	Exploration
Callie Soak	WA	Wolfram	Mo	OP	Wolframit/ Scheelit	Exploration
Attunga-Wolfram	NSW	Wolfram	Mo	k. A.	Scheelit	Scoping
White Rock	NSW	Wolfram	Sn, Mo, Fe	k. A.	Scheelit/ Wolframit	Exploration
Broken Hill (Yanco Glen)	NSW	Wolfram		k. A.	Scheelit/ Wolframit	Grassroots
Mt Paynter	NSW	Wolfram/Zinn		k. A.	Scheelit	Exploration
Minter	NSW	Wolfram		k. A.	Scheelit	Exploration
Tallebung	NSW	Zinn	W	k. A.	k. A.	Exploration
Hillgrove	NSW	Antimon	Au, W	UG	Scheelit	Wolfram: Care & Maintenance.
Molyhil	NT	Wolfram	Mo	OP	Scheelit	Feasibility-Studie
Hatches Creek	NT	Wolfram	k. A.	k. A.	Wolframit/ Scheelit	Exploration

TAS = Tasmania, QLD = Queensland, WA = Western Australia, NSW = New South Wales, NT = Northern Territory, OP = Tagebau („open pit"), UG = Tiefbau („underground"), T = Aufbereitung von Tailings (Abgänge), k. A. = keine Angaben oder nicht bekannt.

Abb. 2.26.2: Magnetit-Scheeliterztagebau Kara No. 1 im Nordwesten Tasmanias (Foto: BGR).

Gehalt an Powellit, ein molybdänführender Scheelit, auf. Der hohe Molybdängehalt im Erz erschwert die Vermarktung und führt zu Abschlägen beim Preis (Breakaway Investment Group 2014).

Es wurden bereits zwei Feasibility-Studien vorgelegt. In der ersten Studie von 2006 war ein Tageabbau geplant. Nach einem Joint Venture von King Island Scheelite Ltd. mit der chinesischen Hunan Nonferrous Metals Corporation (HNC) wurde in der zweiten Studie („Definitive Feasibility Study"), vorgelegt im Jahr 2012, nur noch der Unter-Tage-Abbau und die Aufbereitung der Abgänge („Tailings") verfolgt. Im Dezember 2010 wurde das Joint Venture mit Hunan gelöst. KIS hat 2014 die Abbauplanung überarbeitet, wodurch die Investitionen gesenkt werden konnten. Beabsichtigt ist zunächst für sieben Jahre die Erzgewinnung im Tagebau, dem für etwa weitere sieben Jahre ein Tiefbau folgen soll. Geplanter Produktionsbeginn für den Tagebau ist 2016, sofern die Finanzierung gesichert ist. Produziert werden soll ein Scheelitkonzentrat @ 55 % WO_3 bei einer geplanten Jahreskapazität von rund 3.000 t WO_3 (King Island Scheelite 2014, 2015).

Durch die Planung eines Tagebaus konnte der „cut-off grade" für eine wirtschaftliche Gewinnung gesenkt werden. Die Wolframressourcen („Indicated") betragen bei einem „cut-off grade" von 0,2 % WO_3 9,6 Mio. t Erz @ 0,9 % WO_3 (etwa 86.400 t WO_3-Inhalt). Sie verteilen sich mit 4,12 Mio. t Erz @ 0,74 % WO_3 (30.490 t WO_3-Inhalt) auf den Tagebau und 4,16 Mio. t Erz @ 1,20 % WO_3 (49.920 t WO_3-Inhalt) auf das verbleibende Abbaugebiet (King Island Scheelite 2015). Hinzu kommen die Vorräte aus den alten Halden („Tailings") mit 2.700.000 t @ 0,17 % WO_3 („cut-off grade" 0,08 % WO_3) (King Island Scheelite 2014).

Venture Minerals Ltd. (Australien) untersucht das Zinn-Wolfram-Projekt **Mount Lindsay** im Nordwesten Tasmanias, 20 km westlich von Rosebery. Zum Hafen von Burnie sind es etwa 125 km über asphaltierte Straßen. Die Lagerstätte umfasst eine Serie von NNW-SSE-streichenden Skarnen in der Kontaktaureole des devonischen Meredithgranits. Die ausgewiesenen Zinn-Wolfram-Vorräte wurden in zwei dieser magnetitreichen Skarne erbohrt. Produziert werden sollen zunächst ein Magnetit-

und ein Cassiterit-Scheelit-Konzentrat im Tagebau, später auch im Tiefbau.

Die Wolframreserven werden in der Feasibility-Studie mit 14 Mio. t Erz @ 0,1 % WO_3 (16.000 t WO_3-Inhalt) angegeben. Zusammen mit den Zinn- (0,2 %) und Cu-Gehalten (0,1 %) liegt der Gehalt bei 0,6 % Zinnäquivalent und 46.000 t Zinn-Wolfram-Inhalt. Bei einem „cut-off grade" von 0,2 % Sn-Äquivalent belaufen sich die gesamten Ressourcen („Measured, Indicated & Inferred" inklusive Reserven) auf 45 Mio. t Erz @ 0,1 % WO_3 (ca. 45.000 t WO_3-Inhalt) und zusammen mit den Zinn- (0,2 %), Kupfer- (0,1 %) und Magnetitgehalten (17 %) auf 0,4 % Zinnäquivalent (113.000 t Zinn-Wolfram-Inhalt). Geplant ist die Gewinnung von jährlich 1,75 Mio. t Erz (@ 0,1 % WO_3, Ausbringen 83 % WO_3, etwa 1.400 t WO_3-Inhalt/Jahr). Die Lebensdauer des Bergwerks liegt bei neun Jahren. Die spätere Integration einer Ammoniumparawolframat-Anlage soll ermöglicht werden. Als Investitionsbedarf wurden 198 Mio. A$ veranschlagt (Venture Minerals 2014a).

Mitte 2014 wurde Venture Minerals (2014b) die Abbaulizenz durch das zuständige Ministerium (Mineral Resources Tasmania) gewährt. Venture Minerals arbeitet nun intensiv an den benötigen Umweltgenehmigungen. Allerdings gibt es gegen das in einem großen Naturschutzgebiet (Meredith Range Regional Reserve) liegende Projekt starken Widerstand vonseiten verschiedener Umweltschutzinstitutionen.

Das ehemalige Zinn-Kupfer-Bergwerk **Cleveland** liegt etwa 60 km südwestlich von Burnie. Der derzeitige Lizenzinhaber Elementos Ltd. plant sowohl die Aufbereitung der alten Abgänge als auch die untertägige Gewinnung der Stockwerks- und Skarnerze fortzusetzen. Des Weiteren enthält die in 500 m Teufe erbohrte Foleyzone Wolframit. Bei einem „cut-off grade" von 0,2 % WO_3 betragen die „Inferred Resources" 3,98 Mio. t Erz @ 0,30 % WO_3 + Mo + Bi (12.000 t WO_3-Inhalt) (Geoscience Australia 2014). Allerdings ist ungewiss, ob die Foley Zone zukünftig abgebaut werden wird (siehe auch Kapitel 2.4, 2.27).

Die Sn-W-CaF_2-Skarnlagerstätte **Moina** liegt 2 km südwestlich der gleichnamigen Ortschaft und stand bereits zwischen 1893 und 1956 mit zahlreichen Unterbrechungen auf Sn, W und Bi in Abbau. Gegenwärtiger Lizenzinhaber ist Geotech International Pty Ltd. Die im Jahr 2012 neu ermittelten „Inferred Resources" belaufen sich auf 24,65 Mio. t Erz @ 0,1043 % WO_3 (aus Scheelit), 0,1379 % Sn, 17,2 % Fe, und 15,99 % CaF_2 (Summons et al. 2013) (vgl. Kapitel 2.8, 2.27).

Im Rahmen des Projekts **Aberfoyle** versucht die australische TNT Mines Ltd. mehrere kleinere Zinnprojekte im Norden und Nordosten von Tasmania zu entwickeln (siehe auch Kapitel 2.27). Das 3 km nördlich des alten Bergwerks Aberfoyle gelegene Vorkommen **Storey's Creek** enthält Wolframit und stand zwischen 1891 und 1982 mit Unterbrechungen auf Wolfram und Zinn in Produktion. Zwischen 1923 und 1979 wurden aus dem dortigen 30 bis 50 m breiten Gangsystem 1,1 Mio. t Erz @ 1,09 % WO_3 und 0,18 % Sn gewonnen (Summons et al. 2013). Eine aktuelle Berechnung der Restvorräte liegt nicht vor. Im nördlich von Avoca gelegenen Vorkommen **Aberfoyle-Lutwyche** wurde mit Unterbrechung zwischen 1931 und 1982 Zinn und Wolfram abgebaut. Eine aktuelle Berechnung der eventuell verbliebenen Ressourcen liegt noch nicht vor.

Queensland

Die rund 80 km nordwestlich Cairns gelegene Wolframlagerstätte **Mount Carbine** wurde um 1883 entdeckt. Die historischen Hauptabbauphasen waren 1895 bis 1920 sowie 1972 bis 1986. Etwa 17.000 t Wolframit-Scheelit-Konzentrat mit über 10.000 t WO_3 wurden nach Schätzungen von Forsythe & Higgins (1990) in dieser Zeit gefördert. Zwischen 1972 und 1986 betrieb die Queensland Wolfram Pty Ltd., eine Tochter von Roche Brothers Pty Ltd., das Bergwerk im Tagebau (Forsythe & Higgins 1990). Als Folge des niedrigen Wolframpreises wurde der Abbau 1987 eingestellt. 2008 erlangte die Icon Resources Ltd. (später umbenannt in Carbine Tungsten Ltd.) die Abbaurechte für die Lagerstätte (Lam 2011). Der heutige Betreiber Carbine Tungsten Ltd. hat im März 2012 mit der Aufbereitung der alten Abgänge („Tailings") begonnen (Ressourcen: 2 Mio. t @ 0,1 % WO_3, 50 % Ausbringen) (Carbine Tungsten Ltd. 2013).

Die steil einfallenden Wolframit-Scheelit-Quarzerzgangzonen befinden sich in den komplex deformierten Metasedimenten der Hodgkinson Formation in der Nähe zum Kontakt des Mareeba Granits. Die Mineralisation reicht in Tiefen von mindestens

Abb. 2.26.3: Aufbereitung der Abgänge (Tailings) von Mount Carbine (Foto: BGR).

Abb. 2.26.4: Alter Tagebau der Festgesteinslagerstätte Mount Carbine (Foto: BGR).

500 m. Bis zu 10 % der mineralisierten Zone sind Quarzgänge. Die Mineralisation von Wolframit und die sehr geringen Gehalte an Molybdänit und Bismuthinit sind auf die Quarzgänge beschränkt. Allerdings enthalten nicht alle Quarzgänge Erze und die Wolframitverteilung ist stark unregelmäßig (Nugget-Effekt). Die Breite der Quarzgänge reicht von wenigen Millimeter bis zu 1,5 m. Scheelit findet sich als Kluftfüllung in Quarzgängen und lokal als bis zu 30 µm messende Häutchen in den Metasedimenten. Ebenfalls findet sich grobkörniger Scheelit in den Quarzgängen, wo Wolframit verdrängt wurde (Forsythe & Higgins 1990).

Carbine Tungsten Ltd. verfolgt einen dreistufigen Entwicklungsplan für die Lagerstätte. Im Rahmen der ersten beiden Entwicklungsstufen sollen die historischen Abgänge („Tailings“) (Abbildung 2.26.3) und altes niedriggradiges Haldenmaterial („low grade stockpiles“) aufbereitet werden, bevor im Rahmen der dritten Stufe neues Erz im Tagebau gewonnen wird. Die geplante Jahreskapazität in den ersten zwei Jahren für die Produktion aus den Abgängen liegt bei 520 t WO_3-Inhalt/Jahr. Anfang 2013 wurden allerdings nur etwa 15 t WO_3-Inhalt pro Monat produziert (Carbine Tungsten Ltd. 2013). Ab 2016 soll aus den alten niedriggradigen Halden („Indicated Resources“ von 12 Mio. t @ 0,075 % WO_3, 76 % Ausbringen)

für etwa acht Jahre 800 bis 900 t WO_3-Inhalt/Jahr gewonnen werden. Es gibt einen Abnahmevertrag für einen Teil des Konzentrats mit Mitsubishi Unimetals Corp. (Japan). Der Betrieb des Tagebaus (Abbildung 2.26.4) wird in einer dritten Stufe ab 2017 angestrebt. Die volle Jahreskapazität ist mit 3 Mio. t Erz/Jahr (2.600 t WO_3-Inhalt) bei einer Lebensdauer von zehn Jahren geplant. Die Erzressourcen im Tagebau („Indicated & Inferred") betragen 47 Mio. t @ 0,13 % WO_3, davon sind 18 Mio. t @ 0,14 % WO_3 „Probable Reserves" (Carbine Tungsten Ltd. 2014, 2013).

Etwa 90 km westsüdwestlich von Cairns liegt das historische Wolfram-Molybdän-Bergwerk **Wolfram Camp**, das von der kanadischen Almonty Industries Inc. betrieben wird. Aus der 1888 entdeckten Lagerstätte wurden von 1894 bis Juni 1989 rund 7.100 t Wolframit-, 1.625 t Molybdänit-, 1.480 t Wolframit-Bismut-Misch- und 165 t Bismutkonzentrat ausgebracht (Murray 1990). Von 2011 bis 2014 war die Deutsche Rohstoff AG über ihre Tochtergesellschaft Wolfram Camp Mining Ltd. Eigentümerin von Wolfram Camp. Im Juli 2012 wurde das Bergwerk offiziell wiedereröffnet. Im November 2013 begann die kommerzielle Produktion. Im September 2014 hat Almonty das Bergwerk übernommen. Hauptprodukt ist ein Wolframerzkonzentrat; 2013 wurden 259.000 t Erz @ 0,25 % WO_3 (etwa 600 – 700 t WO_3-Inhalt) sowie eine unbenannte Menge an Molybdänerzkonzentrat produziert. Das Ausbringen lag bei 67 %. 100%iger Abnehmer des Wolframerzkonzentrats ist die Global Tungsten & Powders Corp. (GTP, USA) ein Unternehmen der Plansee Gruppe (Österreich).

Die Wolfram-Molybdänmineralisationen treten in schlotförmigen Vererzungen innerhalb eines Greisenkörpers im Kontakt mit Metasedimenten und vulkanischen Gesteinen auf. Die Schlote enthalten hauptsächlich Quarz mit grobkörnigem Wolframit (Abbildung 2.26.5) und Molybdänit. Weiterhin finden sich unter anderem gediegen Bismut, Bismuthinit (vgl. Kapitel 2.4), Scheelit, Pyrit und Arsenopyrit (Wheeler 2014, Lam 2011).

Wolfram Camp verfügte 2012 über Reserven in Höhe von 730.000 t Erz @ 0,77 % WO_3 (5.600 t WO_3-Inhalt). Die Ressourcen („Indicated & Inferred") wurden mit 1,42 Mio. t Erz @ 0,6 % WO_3 (8.500 t WO_3-Inhalt) und 0,12 % MoS_2 angegeben (Geoscience Australia 2014). Im Zuge der Übernahme durch die kanadische Almonty wurden 2014 die Ressourcen für den Tagebau nach NI 43-101 neu berechnet und beliefen sich zum 31.03.2014 bei einem „cut-off grade" von 0,10 % WO_3 auf 423.000 t Erz @ 0,20 % WO_3 (850 t WO_3-Inhalt) und 0,04 % MoS_2 („Indicated") sowie 1.048.000 t Erz @ 0,21 % WO_3 (2.200 t WO_3-Inhalt) und 0,06 % MoS_2 („Inferred"). Die Reserven für den Tagebau betragen 234.000 t Erz @ 0,19 % WO_3 (450 t WO_3-Inhalt) und 0,038 % MoS_2. Potenzielle Erweiterungsmöglichkeiten bieten umliegende historische Abbaue sowie der Tiefbau, für die allerdings keine Ressourcen ausgewiesen wurden (Wheeler 2014).

Geplant ist zunächst eine Produktionskapazität von 400.000 t/Jahr Erz im Tagebau. Die Lebensdauer des Bergwerks würde bei den angegebenen Ressourcen etwa vier Jahre betragen. Bei einem durchschnittlichen Gehalt von 0,2 % WO_3 und einem Ausbringen von 70 % kann von einer Jahresförderung in Höhe von 550 bis 600 t WO_3 ausgegangen werden. Ein Tiefbau befindet sich in Vorbereitung.

Das Wolfram-Molybdänvorkommen und historische Bergwerk **Bamford Hill** liegen 25 km südlich von Wolfram Camp und etwa 100 km südwestlich Cairns. Bamford Hill ging, wie auch das Bergwerk Wolfram Camp (siehe oben), 2014 von der Deutschen Rohstoff AG auf die kanadischen Almonty Industries Inc. über. Der Abbau am Bamford Hill startete 1893 auf Molybdän (Ball 1915) und zehn Jahre später zusätzlich auf Wolframit. 1958 wurde der Abbau eingestellt und in den 1970er Jahren nur für kurze Zeit wieder aufgenommen. Insgesamt wurden bisher 2.250 t Wolframit-, 180 t Molyb-

Abb. 2.26.5: Wolframiterz der Lagerstätte Wolfram Camp (Foto: BGR).

dänit-, 100 t Wolframit-Bismut-Misch- und 20 t Bismutkonzentrat ausgebracht (Murray 1990).

Die Mineralisation von Bamford Hill ähnelt stark der von Wolfram Camp. In einem rund 2,5 km langen und 0,5 km breiten Areal finden sich rund 70 mineralisierte Quarzgänge/-schlote, die in die vergreisten Granite eingedrungen sind.

Gold Copper Exploration Ltd. hat Anfang der 1980er Jahre das Vorkommen exploriert und „Potential Resources" von 21,4 Mio. t Erz @ 510 ppm W (10.900 t WO_3-Inhalt), 140 ppm Mo und 270 ppm Bi ermittelt (siehe auch Kapitel 2.4), (Lam 2011).

Das Scheelitvorkommen **Watershed** liegt im Norden von Queensland, etwa 150 km nordwestlich von Cairns und 35 km nordwestlich der Lagerstätte Mount Carbine. Entdeckt wurde die Skarnlagerstätte 1978. Seit 2005 entwickelt das australische Unternehmen Vitalmetals Ltd. das Projekt.

Scheelit kommt überwiegend in Quarz-Scheelit-Gangschwärmen sowie in alterierten Kalk- und Sandsteineinheiten (Kalksilikatgesteinen) der devonischen Hodgkinson-Formation vor. Neben Scheelit tritt Wolframit in Spuren auf. Molybdän ist nicht vorhanden.

Die gesamten Ressourcen belaufen sich bei einem „cut-off grade" von nur 0,05 % auf 49,32 Mio. t Erz @ 0,14 % WO_3 (70.400 t WO_3-Inhalt) und verteilen sich auf 9,47 Mio. t Erz @ 0,16 % WO_3 („Measured"), 28,36 Mio t Erz @ 0,14 % WO_3 („Indicated") und 11,49 Mio. t Erz @ 0,15 % WO_3 („Inferred"). Die in den Ressourcen enthaltenen Reserven liegen bei 21,3 Mio. t Erz @ 0,15 % WO_3 (31.400 t WO_3-Inhalt). Die geplante Jahreskapazität beträgt für die ersten neun Jahre 2,5 Mio. t Erz @ 0,12 – 0,19 % WO_3 („Head Grade"); für das letzte Jahr der angegebenen Zeitspanne sind 0,84 Mio. t Erz veranschlagt. Das Ausbringen lag in Aufbereitungsversuchen bei 73,6 % WO_3. Die Betriebskosten (C1 Cash-Costs) werden über die gesamte Betriebszeit von zehn Jahren mit 228 A$/mtu WO_3 kalkuliert. Die Investitionen wurden auf 172 Mio. A$ geschätzt.

Die endgültige Machbarkeitsstudie („Definitive Feasibility Study") wurde Ende 2014 fertiggestellt. Im Tagebau sollen jährlich zwischen 2.050 und 3.500 t WO_3 in Scheelitkonzentrat (> 65 % WO_3) gewonnen werden. Für den Bergbaubetrieb sind alle nötigen Genehmigungen vorhanden. Ausgehend von einer erfolgreichen Projektfinanzierung könnte Watershed bereits Ende 2016/Anfang 2017 die Produktion aufnehmen (Vitametals 2014, 2015).

Die japanische JOGMEC (Japan Oil, Gas and Metals National Corporation) hält einen 30%igen Anteil am Projekt. Im Rahmen einer Earn-In-Vereinbarung hat JOGMEC das Recht, seine Anteile an ein japanisches Unternehmen zu übertragen, welches ein Abnahmeinteresse besitzt und die Verantwortung für die anteilsmäßige Finanzierung des Projektes übernimmt (Vitametals 2014). Japan beansprucht nicht das gesamte Konzentrat, sodass weitere Abnehmer gesucht werden.

Whumbal West (auch bekannt als Whumbal Wolfram oder Spring Hill) liegt westlich des historischen Bergwerks Spring Hill und besteht aus einer kleinen Anzahl von Gruben und flachen Schächten innerhalb von vereinzelt mit Quarz-Wolframit-Arsenopyrit gefüllten Störungszonen in Granit, nahe dessen Kontakt zu den umgebenden Metasedimenten der Hodgkison-Formation. Republic Gold Ltd. hat das Gebiet ab 2004 exploriert und eine durchgängige Wolframanomalie über 3,5 km Länge westlich des ehemaligen Spring-Hill-Abbaus abgegrenzt. Die Mineralisation beinhaltet Scheelit in Quarzgängen. Seit 2009 erfolgten allerdings keine weiteren Untersuchungen (Lam 2011).

Western Australia

Das Wolframprojekt **Kilba** (auch bekannt als Gascoyne) befindet sich in der Gascoyne Region, etwa 320 km nordöstlich von Carnarvon und 250 km südwestlich der Stadt Karratha bzw. dem Hafen Dampier. Lizenzinhaber ist die australische Tungsten Mining NL. In den 1970er und 1980er Jahren hat die Union Carbide Corporation das Gebiet bereits exploriert. Wolframführendes Mineral ist Scheelit, der in verschiedenen Erzlinsen, assoziiert mit Skarnen und Kalksilikat-Einheiten, vorkommt, die die Kuppel des paläoprotereozoischen Kilbagranits umgeben (Tungsten Mining NL 2012).

Im Januar 2015 aktualisierte Tungsten Mining ihre Ressourcenschätzung für die Zonen 8, 11 und 12 des Kilbaprojekts auf rund 12.100 t WO_3-Inhalt bei einem „cut-off grade" von 0,1 % WO_3 (5 Mio. t Erz @ 0,24 % WO_3, davon 4,1 Mio. t Erz @ 0,25 %

WO_3 („Indicated“) und 0,83 Mio. t Erz @ 0,20 % WO_3 („Inferred“) (Tungsten Mining NL 2015).

In der „Scoping“-Studie von 2013 werden eine jährliche Produktionsrate von 1.540 t WO_3 für sieben Jahre bei Investitionen von 56 Mio. A$ sowie Betriebskosten von 212 A$/mtu WO_3 veranschlagt (Tungsten Mining NL 2013).

Tungsten Mining besitzt zudem noch 20 % an dem Wolframprojekt Callie Soak (s. Northern Territory).

Das Wolfram-Molybdän-Gold-Vorkommen **Mount Mulgine** liegt 350 km nordnordöstlich von Perth und rund 300 km ostsüdöstlich von Geraldton. Hazelwood Resources Ltd. besitzt die Rechte an den Wolfram- und Molybdänvererzungen; die Rechte für die Goldvererzungen liegen bei Minjar Gold Pty Ltd. Bereits zwischen 1910 und 1920 wurden geringe Mengen der molybdänreichen Vererzungen abgebaut. Umfassend exploriert wurde das Gebiet zwischen 1971 und 1985 auf Molybdän, Wolfram und später auch auf Gold. Vor allem in den wichtigsten Lagerstättenteilgebieten Mulgine Trench und Mulgine Hill wurden umfangreiche Bohrungen durchgeführt. Die Explorationstätigkeiten von Hazelwood sind auf eine hochalterierte Schicht des Vorkommens Mulgine Trench konzentriert. Mulgine Trench besteht aus einem Skarn, der von Gängen mit Wolfram-Molybdän-Vererzungen durchzogen ist. Die Vererzungen haben sich nahe des Kontakts des archaischen Mulgine-Granits und einer Folge von Metavulkaniten, Metasedimenten und Bändereisenformationen gebildet. Etwa 1 km vom Vorkommen Mulgine Trench entfernt liegt das Vorkommen Mulgine Hill (ein archaisches Wolfram-Molybdän-Porphyrysystem) (Geoscience Australia 2014).

Die Ressourcen („Indicated & Inferred“) werden mit 72 Mio. t Erz @ 0,17 % WO_3 (etwa 125.000 t WO_3-Inhalt, „cut-off grade“ 0,1 % WO_3) angegeben, wovon 63,8 Mio. t Erz @ 0,17 % WO_3 (der überwiegende Teil in der „Inferred“-Kategorie) auf das Teilvorkommen Mulgine Trench entfallen (Hazelwood Resources Ltd. 2014). Mulgine Trench kann im Tagebau gewonnen werden. Zudem enthält das Vorkommen einige Zonen mit höheren Molybdänvererzungen (ca. 400 ppm Mo). Für das Vorkommen Mulgine Hill ist ein Tiefbau geplant. Die Molybdängehalte sind hier relativ niedrig (generell weniger als 130 ppm Mo).

Für Hazelwood Resources Ltd. soll Mount Mulgine zusammen mit dem Vorkommen Cookes Creek (Big Hill) (siehe unten) als Rohstoffquelle für die eigene Ferrowolframfabrik in Vietnam (Vihn Bao District) dienen. Hazelwood Resources Ltd. plant daher für Mt. Mulgine eine Bewertung als potenzielle Rohstoffquelle für ein niedriggradiges Ausgangsmaterial, passend für die Verwendung in der Hartmetallproduktion (Hazelwood Resources Ltd. 2015a). Hazelwoods ATC Ferrowolframfabrik in Vietnam besitzt ebenfalls Lizenzen für die Produktion von Natriumwolframat, ein Vorprodukt für Hartmetallprodukte. Allerdings sollen weitere metallurgische Tests am Material von Mt. Mulgine das Potenzial für die Herstellung eines höher konzentrierten Konzentrats bewerten, welches für die Produktion von Ferrowolfram tauglich wäre (Geoscience Australia 2014). Hazelwood Resources Ltd. hat 2014 eine Prefeasibility-Studie für Mount Mulgine fertiggestellt.

Hazelwood Resources Ltd. entwickelt ebenfalls das Wolframprojekt **Cookes Creek (Big Hill)** im Osten der Pilbara-Region. Das Vorkommen liegt etwa 220 km nordwestlich von Newman und 30 km nordwestlich von Nullagine. Bereits zwischen 1950 und 1960 wurde Wolfram aus schmalen Gängen im Gebiet Cookes Creek gefördert. Das vorherrschende Wolframmineral ist Scheelit, das in Quarz-Apatit-Gängen auftritt, die räumlich und genetisch vermutlich an den Cookes Creek Monzogranit gebunden sind. Störende Beimengungen wie Arsen, Zinn, Molybdän und andere Basismetalle treten nicht auf (Hazelwood Resources Ltd. 2015b).

Die Ressourcen („Measured, Indicated & Inferred“) liegen bei einem „cut-off grade“ von 0,1 % WO_3 bei 16,22 Mio. t Erz @ 0,16 % WO_3 (25.426 t WO_3-Inhalt). Bei einem „cut-off grade“ von 0,05 % WO_3 sind es 47,43 Mio. t Erz @ 0,10 % WO_3, (48.074 t WO_3-Inhalt, davon entfallen 25.166 t WO_3-Inhalt in die „Measured“-, 12.491 t WO_3-Inhalt in die „Indicated“- und 10.417 t WO_3-Inhalt in die „Inferred“-Kategorien). 25,21 Mio. t Erz @ 0,11 % WO_3 der Ressourcen werden als Reserven ausgewiesen (28.079 t WO_3-Inhalt, hiervon entfallen 20.764 t WO_3-Inhalt in „Proved“- und 7.315 t WO_3-Inhalt in die „Probable“-Kategorien). Der Abbau soll im Tagebau erfolgen (Hazelwood Resources Ltd. 2015b).

Hazelwood Resources Ltd. konzentriert die Projektentwicklung auf das oberflächennahe Vorkommen Big Hill. Eine Prefeasibility-Studie wurde 2010 fertiggestellt, eine Feasibility-Studie ist derzeit in Arbeit (Hazelwood Resources Ltd. 2015b).

O'Callaghans, eine Wolfram- und Basismetalllagerstätte der australischen Newcrest Mining Ltd., liegt rund 400 km ostsüdöstlich von Port Hedland und etwa 1.300 km nordöstlich von Perth bzw. in etwa 10 km Entfernung der Aufbereitungsanlage des, ebenfalls zu Newcrest gehörenden, Gold-Kupfer-Bergwerks Telfer. Das Vorkommen enthält Wolfram, Kupfer, Zink und Blei sowie erhöhte Molybdän- und Silbergehalte in einer subhorizontalen polymetallischen Skarnvererzung am Kontakt des O'Callaghans-Granit und proterozoischen Kalksteinen. Als Wolframminerale finden sich sowohl Wolframit als auch Scheelit.

O'Callaghans weist Gesamtressourcen von 0,26 Mio. t WO_3, 0,39 Mio. t Zink und 0,19 Mio. t Blei auf. Diese setzen sich zusammen aus „Indicated Resources" in Höhe von 69 Mio. t Erz @ 0,34 % WO_3 (234.600 t WO_3-Inhalt), 0,55 % Zn (379.500 t Zn-Inhalt), 0,27 % Pb (186.300 t Pb-Inhalt) und 0,29 % Cu (200.100 t Cu-Inhalt) sowie „Inferred Resources" von 9 Mio. t Erz @ 0,25 % WO_3 (22.500 t WO_3-Inhalt), 0,15 % Zn (13.500 t Zn-Inhalt), 0,07 % Pb (6.300 t Pb-Inhalt) und 0,24 % Cu (21.600 t Cu-Inhalt) (Newcrest Mining 2014). In den Ressourcen enthalten sind Reserven („Probable") in Höhe von 59 Mio. t Erz @ 0,28 % WO_3 (165.200 t WO_3-Inhalt) (Geoscience Australia 2014).

Antipa Minerals Ltd. entwickelt das Gold-Kupfer-Projekt **Citadel** in der Provinz Paterson im Nordwesten von Western Australia, etwa 100 km nördlich des Bergwerks Telfer der Newcrest Mining Ltd. Das Projekt Citadel umfasst die Vorkommen Magnum und Calibre, für die es Ressourcenabschätzungen gibt. Wolframgehalte sind aus dem Vorkommen Calibre bekannt. Die hydrothermalen Edelmetall- und/oder sulfidischen Basismetall-Vererzungen treten, gebunden an Störungen und Schichtkontakte, in proterozoischen Metasedimenten auf. Die Vererzungen der Region stehen vermutlich mit Granitintrusionen in Verbindung.

Im Februar 2015 hat Antipa Minerals (2015) eine Aktualisierung der Ressourcen für die beiden Vorkommen Calibre und Magnum bekannt gegeben. Unter Annahme eines „cut-off grades" von 0,50 g/t Au-Äquivalent betragen die Gesamtressourcen 63,9 Mio. t Erz @ 0,585 g/t Au, 0,218 % Cu, 0,698 g/t Ag und 0,022 % WO_3 (1.206.000 oz Gold-, 138.600 t Kupfer-, 1.429.000 oz Silber- und 14.200 t WO_3-Inhalt). Die Ressourcen („Inferred") der Lagerstätte Calibre werden mit 47,8 Mio. t Erz @ 0,56 g/t Au, 0,17 % Cu, 0,600 g/t Ag und 0,03 % WO_3 (867.000 oz Gold-, 80.800 t Kupfer-, 918.000 oz Silber- und 14.200 t WO_3-Inhalt) angegeben. Ein Abbau im Tagebau wird als möglich betrachtet.

Das Vorkommen **Callie Soak** befindet sich etwa 40 km westnordwestlich von Cue und 11 km nordwestlich des stillgelegten Bergbauzentrums Big Bell in der Murchison-Region. Entwickelt wird das Projekt von Tungsten Australia Pty Ltd. Aus dem seit 1908 bekannten Vorkommen wurden bereits zwischen 1913 und 1916 Erze mit rund 1,5 t WO_3-Inhalt abgebaut. Die Vererzungen treten als Wolframit und untergeordnet als Scheelit sowie Molybdänit führende Quarzgänge innerhalb linsenförmiger Quarz-Biotit-Topas-Greisenzonen in einem porphyrischen Granit auf (Tungsten Mining NL 2012).

Die Ressourcenabschätzungen aus Explorationstätigkeiten in den 1970er Jahren ergaben 186.000 t Erz @ 0,33 % WO_3 (614 t WO_3-Inhalt) (Government of Western Australia Department of Mines and Petroleum 2015). Zusätzliches Potenzial ergibt sich vermutlich durch einen Tiefbau und durch Einzelvorkommen in der näheren Umgebung. Calli Soak könnte als Bergwerk mit niedrigen Fördertonnagen und geringen Kosten entwickelt werden.

Northern Territory

Thor Mining Plc (Australien) ist Lizenzinhaber des Wolfram-Molybdän-Projekts **Molyhil**, 220 km nordöstlich von Alice Springs und rund 25 km nördlich vom Plenty Highway gelegen. Die Lagerstätte Molyhil besteht aus zwei eisenreichen Skarnkörpern mit Scheelit- und Molybdänitvererzungen. Die nebeneinander liegenden Skarne streichen an der Oberfläche aus und sind von Granit umgeben. Der nordöstliche Körper wird als „Yacht Club" bezeichnet, der südwestliche als „Southern". Sowohl die Umrisse als auch die Bänderung in den Körpern

streichen grob Nord-Süd und fallen steil nach Osten ein.

Mitte 2012 wurde eine Feasibility-Studie vorgelegt, in der Reserven von 1,64 Mio. t Erz @ 0,42 % WO_3 (6.900 t WO_3-Inhalt, Ausbringen 85 %) und 0,13 % Mo (2.200 t MoS_2-Inhalt, Ausbringen 77,8 %) für den Tagebau ausgewiesen werden. Die Ressourcen („Indicated & Inferred") werden auf 4,71 Mio. t Erz @ 0,28 % WO_3 (13.300 t WO_3-Inhalt) und 0,22 % MoS_2 (10.400 t MoS_2-Inhalt) geschätzt („cut-off grade": 0,1 % Mo & WO_3). Jährlich sollen im Tagebau rund 2.200 t Scheelitkonzentrat (mit ca. 1.400 t WO_3-Inhalt) und 1.250 t Molybdänkonzentrat produziert werden. Die Betriebskosten werden mit 125 US$/mtu WO_3 nach Abzug der Verkaufserlöse durch Molybdän („Mo by-product credits") angegeben. 2014 hat Thor Mining Plc die Reserven auf 3 Mio. t Erz @ 0,31 % WO_3 und 0,12 % Molybdän (9.200 t WO_3- und 3.600 t MoS_2-Inhalt) erhöht und die Betriebsdauer von vier auf sechs Jahre erweitert. Ebenfalls konnten die erwarteten Betriebskosten um 13 % gesenkt werden (Swanepoel 2014, Thor Mining Plc 2015).

Die Verwirklichung des Projekts Molyhil ist abhängig von erfolgreichen Projektfinanzierungen und Abnahmevereinbarungen. Thor Mining Plc hatte bereits eine Abnahmevereinbarung mit einem der größten staatlichen chinesischen Unternehmen (CITIC Australien Trading Limited) unterzeichnet. Durch die weltweite Finanzkrise kam es jedoch zur Verschiebung der Projektentwicklung und die Vereinbarung ist verfallen. Derweil ist die Global Tungsten & Powders Corp. an 70 bis 75 % der jährlichen Produktion interessiert (Swanepoel 2015).

Die australische Arunta Resources Ltd. ist Lizenzinhaber des Wolfram-Projekts **Hatches Creek**, 360 km nordöstlich von Alice Springs und 200 km südwestlich Tennant Creek gelegen. Hatches Creek erstreckt sich über eine Fläche von 63,6 km² und umfasst das historische Bergwerksfeld Hatches Creek. Mit Unterbrechungen wurden hier zwischen 1915 und 1958 aus 17 Bergwerken rund 3.000 t Wolframkonzentrat gefördert. Abgebaut wurden Quarzgänge und Seifenlagerstätten. Das bedeutendste Bergwerk im Hatches Creek-Feld war Pioneer. Hier wurden Wolframit, Scheelit, Bismuthinit, Gold und beibrechend Chalcopyrit gewonnen. Das Roherz enthielt ca. 2,5 % WO_3 (Arunta Resources Ltd. 2014a). Ressourcenschätzungen gibt es für das Haldenmaterial mit Abgängen und gefördertem Roherz des historischen Bergbaus. Die „Inferred Resources" in den Halden werden auf 225.000 t @ 0,58 % WO_3 (1.300 t WO_3-Inhalt) geschätzt (Arunta Resources Ltd. 2014a, 2014b).

Im Januar 2015 hat die GWR Group Ltd. eine Vereinbarung mit Arunta Resources Ltd. unterzeichnet, in der sie für die Finanzierung von Exploration und Entwicklung in Höhe von 1,5 Mio. A$ eine 50 %ige Beteiligung an Hatches Creek erhält. Das Geld soll unter anderem für die Erstellung der „Scoping"-Studie genutzt werden. Im Rahmen der Vereinbarung wird GWR das Joint Venture managen (Mir 2015).

New South Wales

Das Projekt **Attunga** der australischen Peel Exploration Ltd. liegt 20 km nördlich von Tamworth und 330 km nördlich von Sydney. Innerhalb des Projektes Attunga sind drei Einzelbereiche von Interesse: **Attunga-Wolfram**, Attunga-Kupfer und Kensington-Gold-Wolfram. Das Skarnvorkommen Attunga-Wolfram wurde 1968 entdeckt. Am Kontakt von kalkreichen Sequenzen mit dem permisch-triassischen Inlet Monzonit haben sich Skarne gebildet. Mineralisationen von Scheelit, Powellit und Molybdänit treten als feine Disseminationen und Gänge in erster Linie in Skarn, Monzonit und einem feinkörnigen Kontaktgestein auf. Die von Peel Mining Ltd. im April 2008 berechneten „Inferred Resources" des Vorkommens Attunga-Wolfram betragen bei einem „cut-off grade" von 0,20 % WO_3-Äquivalent 1,29 Mio. t Erz @ 0,61 % WO_3 (7.870 t WO_3-Inhalt) und 0,05 % Mo (Peel Mining Ltd. 2015). Ende 2012 hat Peel Mining Ltd. mit der Überprüfung des Vorkommens Attunga begonnen und sucht nach potenziellen Joint-Venture-Partnern und Abnahmevereinbarungen (Geoscience Australia 2014).

Das historische Wolframprojekt **White Rock** liegt rund 95 km nordnordwestlich von Canberra und 30 km südöstlich der Kleinstadt Boorowa. Oberflächennah stehen hier Skarnerze an. Wichtigstes Wolframmineral ist Scheelit, untergeordnet treten Wolframit sowie Magnetit, Molybdänit und Cassiterit auf. Im Jahr 2007 hat Paradigm Metals Ltd. das Skarnvorkommen erworben. Im September 2014 gab Paradigm Metals Ltd. bekannt, dass es White Rock an Strategic Metals Australia Pty Ltd. verkauft (Paradigm Metals Ltd. 2014). Paradigm

Metals Ltd. schätzte 2007 die „Inferred Resources" auf 260.000 t Erz @ 0,7 % WO_3 (1.800 t WO_3-Inhalt) und 0,15 % SnO_2 (ABN Newswire 2007).

Das rund 60 km nördlich von Broken Hill gelegene Zinn-Wolfram-Projekt **Broken Hill** der Carpentaria Exploration Ltd. umfasst die historischen Zinnfelder Euriowie, Waukeroo und Kantappa sowie das Scheelitvorkommen Yanco Glen. Im Vorkommen Yanco Glen treten Scheelit und untergeordnet Wolframit in schichtgebundenen Mineralisationen innerhalb von Gneisen und Metasedimenten der paläoproterozoischen Broken Hill Gruppe auf. Im Jahr 2012 hat Carpentaria Exploration Ltd. im Vorkommen Yanco Glen ein Bohrprogramm durchgeführt. Nachgewiesen wurden daraufhin „Inferred Resources" von 3,4 Mio. t Erz @ 0,11 % WO_3 (3.950 t WO_3-Inhalt, „cut-off grade" 0,05 % WO_3) (Geoscience Australia 2014). Carpentaria Exploration Ltd. hat eine vorläufige Bergbau-Konzeptstudie erstellt und festgestellt, dass zusätzliche Ressourcen und/oder eine Erhöhung des Wolframpreises nötig sind, um die Aussichten für die Entwicklung des Projektes zu verbessern (Carpentaria Exploration Ltd. 2014).

Das Wolfram-Zinn-Projekt **Mt. Paynter** der Global Mineral Resources Ltd. befindet sich 67 km ostnordöstlich von Albury. Die Mineralisationen finden sich in Quarzgängen unterschiedlicher Mächtigkeit in Granitoiden und Metasedimenten, die häufig alteriert sind. Die mineralisierten Gänge enthalten Turmalin, Sulfide, Fluorit, Cassiterit und Scheelit, sind 5 mm bis 3 m mächtig und 0,2 m bis 1.000 m lang. Der Mt. Paynter-Erzgang scheint eine steil einfallende E-W-streichende Verwerfung zu sein. An der Oberfläche variiert die Mächtigkeit zwischen 0,8 und 2 m. Global Mineral Resources (2011) gibt die „Inferred Resources" mit 245.000 t Erz @ 0,45 % WO_3 und 0,27 % SnO_2, (1.103 t WO_3-Inhalt, „cut-off grade" 0,12 % WO_3) an.

Das Wolframprojekt **Minter** der Cullen Resources Ltd. liegt 64 km südwestlich von Condobolin und 50 km nordwestlich von West Wyalong. Cullen Resources Ltd. exploriert die Prospektionsgebiete Doyenwae und Trig Orr auf eine Wolfram-Stockwerksvererzung und Ganglagerstätte, die an Granitkuppeln des silurischen Kikoira Granits gebunden ist. 2012 durchgeführte Bohrungen durchteuften Zonen mit Scheelit führenden Quarzgängen und Gebiete mit Scheeliteinsprenglingen bzw. -aggregaten in alterierten Sandsteineinheiten (Cullen Resources Ltd. 2015). 2013 hat Cullen Resources Ltd. die Suche nach einem Farm In-Partner bekannt gegeben, um ein Folgeprogramm auszuführen (Geoscience Australia 2014).

Das Zinn-Wolfram-Projekt **Tallebung** von Aurelia Metals Ltd. liegt 70 km nordwestlich von Condobolin. Das Tallebung-Zinnfeld enthält eine Reihe historischer Cassiteritseifen sowie Primärerzvorkommen, die auch geringe Wolframgehalte aufweisen. Zinn-Wolfram-Gänge liegen rund 200 bis 300 m über einem Granit. Historisch wurden hier etwa 3.350 t Cassiteritkonzentrat gefördert (Aurelia Metals Ltd. 2015).

Das australische Unternehmen Bracken Resources Inc. betreibt seit 2013 das historische Antimon-Gold-Bergwerk **Hillgrove** 23 km östlich von Armidale. Seit 1877 wurden mit Unterbrechung Antimon und Gold aus der Ganglagerstätte gefördert (vgl. Kapitel 2.1). Zuvor, im Jahr 2006, hatte Straits Resources Inc. die Förderung in dem historischen Bergwerk aufgenommen. Geplant war auch eine Gewinnung von Wolfram als Beiprodukt mit einer Jahreskapazität von 30 t Scheelitkonzentrat. Im August 2009 wurde die Produktion des Bergwerkes vorläufig eingestellt. Bracken Resources Inc. hat den Abbau 2014 wieder aufgenommen, nicht aber die Gewinnung von Wolfram, die sich offensichtlich nicht rentiert. Die Wolframanlage befindet sich in Wartung und Instandhaltung. Im Mai 2011 betrugen die Ressourcen 6,35 Mio. t Erz @ 1,6 % Sb, 4,3 g/t Au und 0,02 % WO_3 (1.270 t WO_3-Inhalt) (Roger Jackson 2013).

Anforderungen und Bewertung

In wirtschaftlich abbauwürdigen Festgesteinslagerstätten, die nur auf Wolfram hin abgebaut werden sollen, sollte der Wolframgehalt in der Regel > 0,2 % WO_3 betragen. Bei der Aufbereitung von Abgängen (Tailings) oder bei zusätzlicher Gewinnung anderer Wertelemente bzw. der Gewinnung von Wolfram als Beiprodukt und bei Lagerstätten mit großen Vorräten sind auch Erze mit geringeren Gehalten abbauwürdig (Liedtke & Schmidt 2014).

Nach dem russischen Klassifizierungssystem von Petrow et al. (2008) werden Wolframlagerstätten mit einem Gehalt von < 10.000 t WO_3 als klein, mit einem Gehalt zwischen 10.000 bis 100.000 t WO_3

als mittelgroß und mit einem Gehalt von > 100.000 t WO_3 als groß klassifiziert. Die australischen Lagerstätten (vgl. Tabelle 2.26.2) sind demnach als klein bis mittelgroß zu bewerten. Einzig die Lagerstätte O´Callaghans rangiert, bezogen auf den WO_3-Inhalt, im Bereich der großen Lagerstätten.

Höhere Gehalte an Sulfidmineralen (Mo oder Sn) im Erz sind unerwünscht, da Sulfide durch Flotation abgetrennt werden müssen, was die Aufbereitungskosten erhöht. Zur wünschenswerten Korngrößenverteilung von Wolframit- und Scheelitkonzentraten gibt es keine publizierten Spezifikationen. In der Regel sollte aber die Korngröße von Konzentraten für metallurgische Anwendungen bei 1 bis 2 mm liegen (Elsner et al. 2011). Insbesondere bei der Aufbereitung von Abgängen („Tailings“) treten jedoch auch kleinere Korngrößen auf.

Produzenten und Abnehmer vereinbaren oft kundenspezifische Anforderungen für die zwischen ihnen gehandelten Wolframit- bzw. Scheelitkon-

Tab. 2.26.2: Ausgewählte Wolframlagerstätten in Australien mit ausgewiesenen Reserven und/oder Ressourcen.

Lagerstätte	Bundesstaat	Reserven [Mio. t Erz]	Gehalt [WO_3 %]	Inhalt [t WO_3]	Ressourcen [Mio. t Erz]	Gehalt [WO_3 %]	Inhalt [t WO_3]	cut-off [WO_3 %]
O'Callaghans[1)]	WA	59	0,28	165.200	78	0,33	257.100	k. A.
Mount Mulgine	WA	–			72	0,17	125.000	0,1
Dolphin	TAS				9,6	0,9	86.400	0,2
Watershed	QLD	21,3	0,15	31.400	49,32	0,14	70.400	0,05
Cookes Creek	WA	25,21	0,11	28.079	47,43	0,10	48.074	0,05
Mount Carbine	QLD	18	0,14	25.200	47,3	0,13	47.865	0,05
Mount Lindsay[2)]	TAS	14	0,1	16.000	45	0,1	45.000	0,2 Sn Äq
Moina [1)]	TAS	–			24,65	0,104	25.700	k. A.
Citadel[1)]	WA	–			63,9	0,022	14.200	k. A.
Molyhil	NT	3	0,31	9.200	4,71	0,28	13.300	0,1
Kilba	WA	–			5	0,24	12.100	0,1
Cleveland (Foley Zone)[1)]	TAS	–			3,98	0,30	11.940	0,2
Bamford Hill	QLD	–			21,4[3)]	0,05	10.900	k. A.
Attunga	NSW	–			1,29	0,61	7.870	0,2
Kara[1)]	TAS	–			1,4	0,35	4.900	0,1
Broken Hill	NSW	–			3,4	0,11	3.950	0,05
Wolfram Camp	QLD	0,234	0,19	445	1,47	0,21	3.047	0,1
White Rock	NSW	–			0,260	0,7	1.800	k. A.
Hatches Creek	NT	–			0,225	0,58	1.300	0,15
Hillgrove[1)]	NSW	6,35			6,35	0,02	1.270	k. A.
Mt Paynter[2)]	NSW	–			0,245	0,45	1.103	0,12
Callie Soak	WA	–			0,186	0,33	614	k. A.
Aberfoyle[2)]	TAS	–			k. A.			
Whumbal West	QLD	–			k. A.			
Minter	NSW	–			k. A.			
Tallebung	NSW	–			k. A.			

[1)] Wolfram nur beibrechend, [2)] Wolfram-Zinn, [3)] Keine JORC-Ressourcen, sondern historische Schätzungen, Sn Äq = Zinn-Äquivalent. polymetallisches Erz, # Kupfererz*

zentrate. Im Allgemeinen sollten international gehandelte Konzentrate über 60 % WO_3 enthalten.

Tabelle 2.26.2 gibt einen Überblick über die australischen Wolframlagerstätten mit publizierten Wolframgehalten und -inhalten. Durch die hohen Preise für Wolfram in den letzten Jahren (zwischen 2003 und 2012 stieg der Jahresdurchschnittspreis für Wolframkonzentrat von 50 auf 360 US$/mtu WO_3) zeigt sich ein Trend zur Erkundung von Vorkommen mit niedrigen Gehalten und hohen Tonnagen (z. B. Mount Mulgine, Watershed, Cookes Creek, Mount Carbine, Mount Lindsay) sowie kleineren Lagerstätten mit teils hohen Gehalten (z. B. Hatches Creek, White Rock, Attunga, Mt. Paynter). Die Wirtschaftlichkeit eines jeden Vorkommens wird dabei stark von den Abbau- und Aufbereitungskosten, der Qualität der Infrastruktur und der Gesetzgebung bestimmt. Die Lagerstätten Kara, Wolfram Camp und Mount Carbine haben den Betrieb zur Wolframgewinnung bereits aufgenommen. Machbarkeitsstudien liegen weiterhin für die Projekte Dolphin, Mount Lindsay, Watershed und Molyhil vor. Von diesen Projekten besitzt Dolphin hohe Gehalte und Tonnagen. Trotz des relativ geringen Investitionsbedarfs sind die meisten Wolfram-Projekte gegenwärtig mit Finanzierungsproblemen konfrontiert und suchen Partner zur Projektentwicklung.

Von den in Tabelle 2.26.2 aufgeführten Lagerstätten empfehlen sich Kara, Wolfram Camp und Mount Carbine sowie Dolphin, Mount Lindsay und Molyhil für eine weiterführende Investitionsprüfung. Mount Lindsay liegt allerdings im Meredith Range Regional Reserve, einem großen Naturschutzgebiet und hat mit erheblichem Widerstand von Umweltschützern zu kämpfen.

Literatur

ABN Newswire (2007): Paradigm Metals (ASX: PDM) Announce Updated Tungsten and Tin Mineral Resource at White Rock. – URL: http://www.abnnewswire.net/press/en/45959/Paradigm_Metals_%28ASX:_PDM%29_Announce_Updated_Tungsten_and_Tin_Mineral_Resource_at_White_Rock.html [Stand 20.03.2015].

Antipa Minerals (2015): Citadel Project – Calibre and Magnum Deposit Mineral Resource. JORC 2012 Update. – Media Release February 23th, 2015: 31 S. – URL: http://www.antipaminerals.com.au/uploads/3/0/3/2/30323795/calibre_&_magnum_mineral_resources_jorc_2012_updates.pdf [Stand 15.03.2015].

Arunta Resources Ltd. (2014a): Annual Report – June 30th, 2014. – 71 S. – URL: http://aruntaresources.com.au/wp-content/uploads/Annual-Report-2014.pdf [Stand: 06.02.2015].

Arunta Resources Ltd. (2014b): Quarterly Report for the Period Ending September 30th, 2014. – 11 S. – URL: http://aruntaresources.com.au/wp-content/uploads/Quarterly-Report-to-30-Sept-2014.pdf [Stand: 06.02.2015].

Aurelia Metals Ltd. (2015): Tallebung Tin-Tungsten Project. – URL: http://www.aureliametals.com/projects/Tallebung-Tin-Tungsten.aspx [Stand 20.03.2015].

Ball, L. C. (1915): The wolfram, molydenite and bismuth mines of Bamford, North Queensland. – Geol. Surv. Queensland, Publ., **248**: 78 S., 8 Abb., 18 Fotos, 3 topog. Karten, 1 geol. Karte; Brisbane.

Breakaway Investment Group (2014): King Island Scheelite Limited. – Breakaway Research Report April 2014: 17 S.; Sydney. – URL: http://www.breakawayresearch.com/research-portfolio/king-island-scheelite-limited-april-2014-report [Stand 20.01.2015].

Carbine Tungsten Ltd. (2013): Investor Presentation – February 2013. – 2013 ASX Announcements: 24 Folien. – URL: http://www.carbinetungsten.com.au/asx2013 [Stand 17.11.2014].

Carbine Tungsten Ltd. (2014): 2014 Annual General Meeting November 12th, 2014. – 2014 ASX Announcements: 38 Folien. – URL: http://www.carbinetungsten.com.au/asx2014 [Stand 19.12.2014]

Carpentaria Exploration Ltd (2014): Annual Report 2014. – URL: http://www.carpentariaex.com.au/uploads/files/articles/1412659733CAP%20Annual%20Report%202014%20-%20FULL%20FINAL%20-%20WEB.pdf [Stand 27.03.2015].

Carpentaria Exploration Ltd. (2015): Broken Hill Tin and Tungsten Project, NSW, Tin/Tungsten 100% CAP. – URL: http://www.carpentariaex.com.au/project/default/view/broken-hill-tin-and-tungsten-project
[Stand 20.03.2015].

Cullen Resources Ltd. (2015): Tungsten – Minter Project, Central Lachlan Fold Belt, NSW. – URL: http://cullenresources.com.au/projects/tungsten/
[Stand 27.03.2015].

Elsner, H., Buchholz, P., Schmitz, M. & Altangerel, T. (2011): Industrial Minerals and Selected Rare Metals in Mongolia. An Investor's Guide: 322 S., Mineral Resources Authority of Mongolia & Bundesanstalt für Geowisenschaften und Rohstoffe.

Forsythe, D. L. & Higgins, N. C. (1990): Mount Carbine tungsten deposit. – In: Hughes, F. E. (Hrsg.): Geology of the Mineral Deposits of Australia and Papua New Guinea. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **14**: 1557–1560, 2 Abb.; Melbourne.

Geoscience Australia (2013): Australia's Identified Mineral Resources 2012. 162 S.; Canberra. – URL: http://www.ga.gov.au/cedda/publications/1201
[Stand 09.07.2013].

Geoscience Australia (2014): Australia's Identified Mineral Resources 2013. 173 S.; Canberra. – URL: http://www.ga.gov.au/cedda/publications/1201
[Stand 19.12.2014].

Global Mineral Resources Ltd. (2011): – URL: http://www.globalmineralresources.com.au/userfiles/Announcement_Resmetco_MtPaynter_221211.pdf
[Stand 20.03.2015].

Government of Western Australie Department of Mines and Petroleum (2015): MINEDEX on the web Database. – URL: http://minedexext.dmp.wa.gov.au/minedex/external/common/appMain.jsp
[Stand 03.01.2015].

Hazelwood Resources Ltd. (2014): Hazelwood continues to increase Tungsten Resource: 23 S. – URL: http://www.hazelwood.com.au/files/0zveqBupp7kKWc69.pdf
[Stand 16.03.2015].

Hazelwood Resources Ltd. (2015a): Mt Mulgine Tungsten Project (Hazelwood 100 %). – URL: http://www.hazelwood.com.au/Projects/Mt_Mulgine/
[Stand 16.03.2015].

Hazelwood Resources Ltd. (2015b): Cookes Creek Tungsten. – URL: http://www.hazelwood.com.au/Projects/Cookes_Creek_Tungsten/
[Stand 09.03.2015].

King Island Scheelite (2014): Updated Reserve and Resource Statement. 21 S. – URL: http://www.hazelwood.com.au/Projects/Cookes_Creek_Tungsten/
[Stand 14.03.2015].

King Island Scheelite (2015): Updated Reserve and Resource Statement April 2015. 23 S. – URL: http://www.kingislandscheelite.com.au/client-assets/1430397.pdf
[Stand 04.05.2015].

Lam, J. (2011): Tungsten – world prices never better. – Queensland Government Mining Journal, Autumn 2011, Vol. **108**, Nr. 1: 15–21, Brisbane. – URL: http://mines.industry.qld.gov.au/assets/qgmj/QGMJ-Autumn-2011.pdf
[Stand 09.01.2015].

Liedtke, M. & Schmidt, M. (2014): Rohstoffrisikobewertung – Wolfram. – DERA Rohstoffinformationen **19**: 105 S., Berlin.

Mir, F. (2015): GWR Group inks 50 % farm-in for Hatches Creek tungsten project with Arunta Resources. – Metals & Mining Daily – West Edition January 21, 2015, SNL Financial LC.

Murray, C. G. (1990): Tasman Fold Belt in Queensland. – In: Hughes, F. E. (Hrsg.): Geology of the Mineral Deposits of Australia and Papua New Guinea - Vol. 2. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **14**: 1431–1450, 2 Abb. 2 Tab.; Melbourne.

Newcrest Mining Ltd. (2014): Technical Report on the Telfer Property in Western Australia. 133 S. URL: http://www.newcrest.com.au/media/resource_reserves/Technical%20Reports/Technical_Report_on_Telfer_Property_December_31_2013-Final.pdf
[Stand 15.03.2015].

Paradigm Metals Ltd. (2014): Sale of White Rock Tungsten Project. – ASX Release September 23th, 2014. – URL: http://www.paradigmmetals.com.au/uploads/asx/pdf/5788ce5cdbe3061f9c85c63fbc8a09428b44f4a2.pdf
[Stand 20.03.2015].

Paradigm Metals Ltd. (ohne Datum): Exploration Update: White Rock Tungsten & Frogmore Copper Projects, Boorowa NSW. 36 S. – URL: http://smedg.org.au/M&W07/Graham%20Carmen%20-%20White%20Rock%20Tungsten%20Deposit.pdf
[Stand 20.03.2015].

Peel Mining Ltd. (2015): Attunga. – URL: http://www.peelmining.com.au/projects/attunga/
[Stand 21.03.2015].

Petrow, O. W., Michailow, B. K., Kimelman, S. A., Ledowskich, A. A., Bawlow, N. N., Nezhenskii, I. A., Worob'ew, J. J., Schatow, W. W., Kopina, J. S., Nikolaeva, L. L., Bespalow, E. W.; Boiko, M. S., Wolkow, A. W., Sergeew, A. S., Parschikowa, N. W. & Mirchalewskaja, N. W. (2008): Mineral resources of Russia (in Russia). – Ministry of the Natural Resources of the Russian Federation (VSEGEI): 302 S.; St. Petersburg.

Roger Jackson (2013): Hillgrove Antimony-Gold Mine – Präsentation auf der World Antimony Conference – Guilin, China, December 2013, Presented by Roger Jackson.

SNL (2015): Metals & Mining; kostenpflichtige Online-Datenbank; Charlottesville.
[Stand: 06.05.2015].

Stellar Resources Ltd. (2015): Projects. – URL: http://stellarresources.com.au/projects/heemskirk-tin/
[Stand 02.04.2015].

Summons, T. G., Hutchin, S. & Williams, B. (2013): Valuation of the Mineral Assets of TNT Mines Ltd & Niuminco Group Ltd. – Mining One Pty Ltd: 63. S., Melbourne. – URL: http://www.tntmines.com.au/documents/MiningoneReport.pdf.
[Stand 03.04.2015].

Swanepoel, E. (2014): Thor extends mine life at Molyhil. – Mining Weekly Online July 29th, 2014, Creamer Media (Pty) Ltd.

Swanepoel, E. (2015): Molyhil more profitable under upgraded DFS. – Mining Weekly Online January 12th, 2015, Creamer Media (Pty) Ltd.

Thomson Resources Ltd. (2015): Welcome to Thomson Resources. – URL: http://www.thomsonresources.com.au/
[Stand 20.03.2015].

Thor Mining PLC (2015): The Molyhil Tungsten – Molybdenum Project – Project details. – URL: http://www.thormining.com/operations_molythil_overview.htm
[Stand 31.03.2015].

Tungsten Mining NL (2012): Prospectus. – 122 S. – URL: http://www.tungstenmining.com/docs/TGN%20Prospectus.pdf
[Stand 31.03.2015].

Tungsten Mining NL (2013): Robust Scoping Study Confirms Viability of Tungste Mining's Kilba Project. – ASX Announcement June 12th, 2013. – URL: http://www.tungstenmining.com/docs/0012%20TGN%20Scoping%20Study%20June%202013.pdf
[Stand 31.03.2015].

Tungsten Mining NL (2015): Kilba Mineral Resource Update. – ASX Announcement January 30th, 2015. – URL: http://www.tungstenmining.com/docs/0115%20Kilba%20Mineral%20Resource%20Update%2030%20Jan%202015.pdf
[Stand 31.03.2015].

Venture Minerals (2014a): West Coast Project, Tasmania. – URL: http://www.ventureminerals.com.au/index.php/projects/west-coast-projects/mt-lindsay-tin-tungsten-iron-project-north-west-tasmania [Stand 07.01.2015].

Venture Minerals (2014b): Mining Lease Granted – Mt Lindsay Tin/Tungsten Project, Northwest Tasmania. – ASX Announcement July 3rd, 2014: – URL: http://www.ventureminerals.com.au/index.php/investor-resources/asx-announcements-page [Stand 07.01.2015].

Vitametals (2014): Watershed Feasibility Study Confirms Strong Economics for 2.5 Mtpa Tungsten Operation. – Media Announcement September 17th, 2014: 30 S. – URL: http://vitalmetals.com.au/wp-content/sharelink/20140917-watershed-

dfs-confirms-strong-economics---25mtpa-project-75556334446988512.pdf
[Stand 09.01.2015].

VITAMETALS (2015): Watershed – A world class tungsten project. – URL: http://vitalmetals.com.au/projects/watershed-overview/
[Stand 09.01.2015].

WHEELER, A. (2014): Report NI 43-101 – Technical Report on the Mineral Resources and Reserves of the Wolfram Camp Mine Project, Australia. – 197 S. – URL: http://almonty.com/_resources/Wolfram_Camp_43-101_Tech_Rep_Jun14_V3.pdf
[Stand 29.01.2016].

2.27 Zinn

(Harald Elsner)

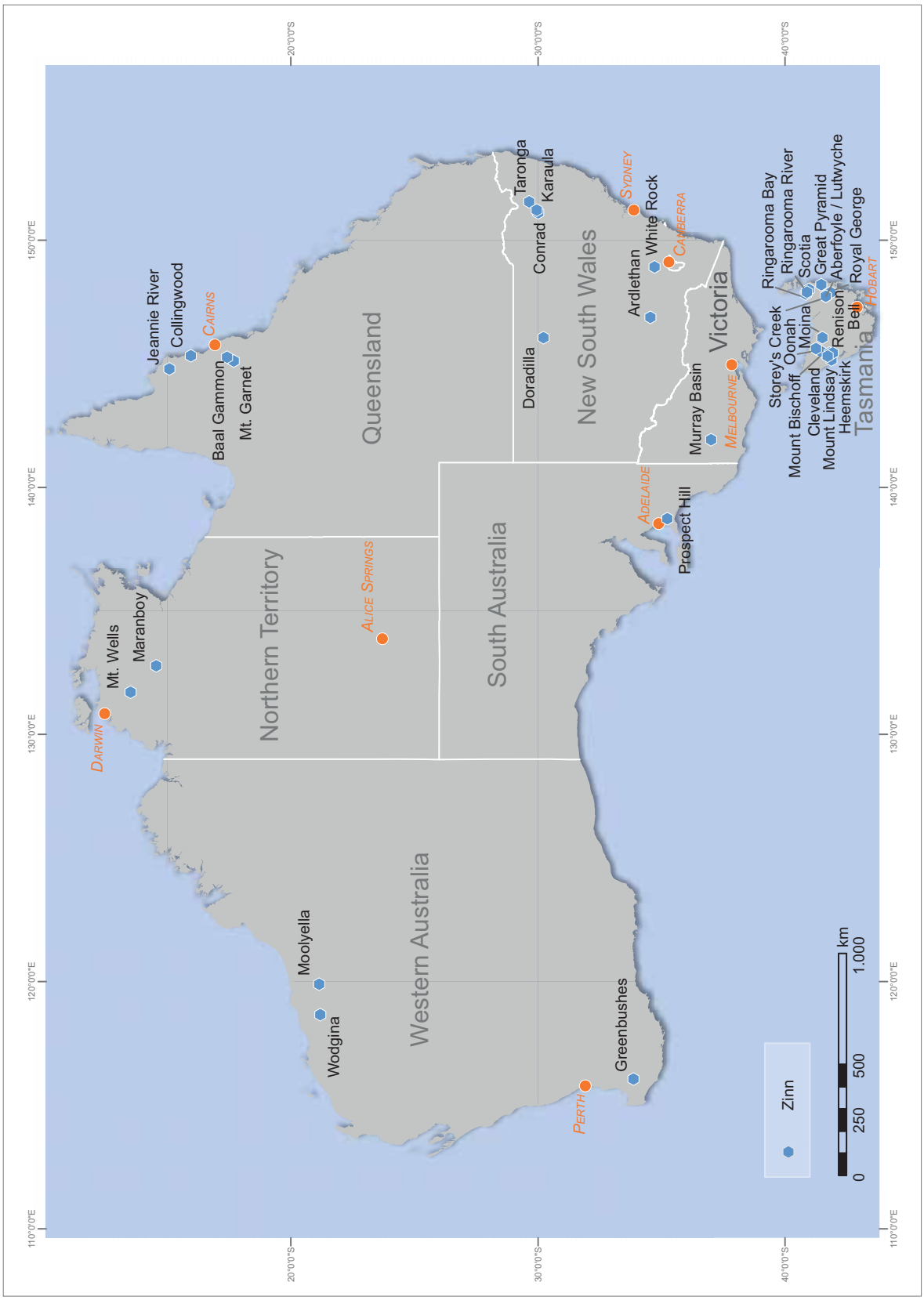


Abb. 2.27.1: Ausgewählte Zinnlagerstätten in Australien.

Überblick und Verwendung

Zinn (Sn) ist ein silbergraues Schwermetall, das in der Natur vor allem in Form des Minerals Cassiterit (Zinnstein) (SnO_2) vorkommt. Sulfidische Zinnminerale, wie Stannit (Cu_2FeSnS_4,) haben dagegen eine weit untergeordnete Bedeutung.

Zinnerze werden aus Greisen, Zinnporphyren, Pegmatiten, hydrothermalen Gängen, Skarnen, Karbonatverdrängungs- und Stockwerkslagerstätten sowie Seifen abgebaut.

Die Verwendungszwecke von Zinn sind sehr vielfältig, wobei die fünf größten Einsatzgebiete (Herstellung von Lötzinn, Weißblech, Chemikalien, Bronze sowie Floatglas) rund 90 % des weltweiten Absatzmarktes abdecken (Elsner 2014).

Wichtige Vorkommen in Australien

In Australien wird Cassiterit seit über 150 Jahren abgebaut, wobei Vorkommen in allen Bundesstaaten in Produktion standen. Heute sind abbauwürdige Zinnvorkommen in Teilen von Western Australia und aus dem ostaustralischen Zinngürtel bekannt. Letzterer zieht sich mit Unterbrechungen, da es sich nicht um eine einheitliche lagerstättengeologische Struktur handelt, von Queensland im Norden über New South Wales bis nach Tasmanien im Süden (Solomon & Groves 2000), wo derzeit eine große Zinnlagerstätte in Abbau steht. Im südlichen Murray Basin (Victoria) war Cassiterit zudem über einige Jahre ein bauwürdiges Beiprodukt der Schwermineralgewinnung. Abbildung 2.4.1 gibt einen Überblick über ausgewählte australische Zinnlagerstätten, die im Folgenden beschrieben werden.

Tasmania

1871 wurden am Mount Bischoff bei Waratah erstmals zinnführende Gesteine entdeckt und damit ein bis heute anhaltender „Zinnboom“ in Tasmanien ausgelöst (Wright 1990). Im Jahr 2008 wurde der bis 1947 betriebene alte Tagebau am **Mount Bischoff** in wesentlich größerer Ausdehnung wiedereröffnet und bis Juli 2010 erneut Erz gewonnen. Das Erz wurde in dem Zinnbergwerk Renison Bell (siehe unten) weiterverarbeitet.

Die nach Abbauende am Mount Bischoff verbliebenen Ressourcen („Measured & Indicated“, „cut-off grade“: 0,50 % Sn) betragen 1.667.000 t Erz @ 0,54 % Sn (ca. 9.000 t Sn-Inhalt).

1890 entdeckte George Renison Bell nahe des Argent Rivers, 15 km nordöstlich von Zeehan, zinnführende Gesteine, worauf er die Renison Bell Prospecting Association gründete. 1934 wurde dieses Unternehmen mit anderen Bergwerksbetrieben in die Renison Associated Tin Mines NL zusammengeführt, die 1936 erstmals Primärzinn förderte. In den 1970er Jahren war Renison Bell Namensgeber des weltweit tätigen Bergbauunternehmens Renison Goldfields Consolidated, das im August 1998 das Zinnbergwerk **Renison Bell** an die australische Murchison United NL veräußerte. Murchison United NL betrieb das Bergwerk Renison Bell in Zeiten sehr niedriger Zinnpreise und musste infolgedessen im Juli 2003 Konkurs anmelden. Im April 2004 wurde Renison Bell durch die Bluestone Tin Ltd. erworben, welche das Bergwerk und die Aufbereitungsanlage wieder in Betrieb nahm – bis zur nächsten Stundung im September 2005. Erst im Juli 2008 ging das Bergwerk wieder in Produktion und Metals X Ltd. (2007 umbenannt von Bluestone Tin Ltd. in Metals X Ltd.) begann im August 2008 wieder Zinnsteinkonzentrat zu produzieren.

Im März 2010 verkaufte Metals X Ltd. 50 % seiner tasmanischen Zinnaktivitäten, bestehend aus dem Tagebau Mount Bischoff, dem Bergwerk Renison Bell, der Zinnaufbereitungsanlage Renison und dem Erweiterungsprojekt von Renison Rentails (siehe unten), an die chinesische Yunnan Tin Parksong Australia Holding Pty Ltd. Die daraufhin gegründete Bluestone Mines Tasmania Joint Venture Pty Ltd. (BMTJV) führt seitdem den Betrieb. Seit Dezember 2010 wurden zudem einige Hundert Tonnen Kupfererzkonzentrat als Beiprodukt gewonnen.

Die Zinnvorräte von Renison Bell („cut-off grade“: 0,80 % Sn @ 25.000 US$/t) betrugen zum 30.06.2015 insgesamt 274.000 t Sn-Inhalt.

- „Resources“: 12,874 Mio. t Erz @ 1,46 % Sn (188.000 t Sn-Inhalt)
- „Reserves“: 6,673 Mio. t Erz @ 1,29 % Sn (86.000 t Sn-Inhalt)

Im Jahr 2015 baute Bluestone Mines Tasmania unter Tage 644.934 t Erz @ 1,56 % Sn ab bzw. bereitete bei einem durchschnittlichen Ausbringen von 70 % 641.484 t Erz @ 1,57 % Sn auf. Das produzierte Zinnsteinkonzentrat @ 54 % Sn enthielt 7.072 t Sn und wurde zur Raffinade nach Malaysia verschifft, da bei einem Export nach China Importzölle angefallen wären (freundliche mündliche Mitteilung, Metals X Ltd.).

Das Projekt **Renison Tailings (Rentails)** von Bluestone Mines Tasmania umfasst die Aufbereitung der historischen Schlämmteiche (seit 1968) von Rension Bell mittels moderner Verfahren. Über sechs Jahre sollen mithilfe eines Fumers und bei erwarteten Gestehungskosten von 11.875 A$/t Sn ein Chalcoyprit- und ein Cassiteritkonzentrat mit ca. 5.300 t Sn-Inhalt/Jahr erzeugt werden. Zurzeit besteht Meinungsverschiedenheit zwischen den Projektpartnern, welche Art von Fumer zum Einsatz kommen und wann die dafür notwendigen technischen Erweiterungen realisiert werden sollen. Die „Measured Resource“ der Abgänge beträgt 21,042 Mio. t Erz @ 0,45 % Sn (94.700 t Sn-Inhalt) inklusive einer „Probable Reserve“ von 20,201 Mio. t Erz @ 0,45 % Sn (90.700 t Sn-Inhalt).

Westlich der Kleinstadt Zeehan liegt das **Heemskirk** Zinnprojekt von Stellar Resources Ltd. Ziel des Projektes ist die übertägige Gewinnung von Zinnerzen aus der Lagerstätte St. Dizier (Indicated & Inferred Resources“ von 2,26 Mio. t Erz @ 0,61 % Sn (13.790 t Sn-Inhalt) + 23 % Fe + 400 ppm W) sowie der untertägige Abbau von Zinnerzen aus den Greisenlagerstätten Queen Hill, Montana und Severn („Indicated & Inferred Resources“ von zusammen 6,28 Mio. t Erz @ 1,14 % Sn (71.590 t Sn-Inhalt, „cut-off grade“: 0,6 % Sn)). Technisch frühestens ab 2018 könnten aus Heemskirk zu Gestehungskosten von 14.389 US$/t Sn und bei einem Ausbringen von 70 % Sn über neun Jahre jährlich Konzentrate mit 4.327 t Sn-Inhalt produziert werden.

Bis Ende 2009 hielt auch Stonehenge Metals Ltd. eine Lizenz im südlichen Heemskirk Granitkomplex. Das Unternehmen explorierte dort das Greisen-Gangerz-Zinnvorkommen **Federation/Sweeney**, das bei einem „cut-off grade“ von 0,2 % Sn „Inferred Resources“ von 562.000 t Erz @ 0,5 % Sn (2.869 t Sn-Inhalt), 1,4 % Zn und 36 ppm Ag beinhalten sollte.

Unweit südlich der Kleinstadt Luina bzw. 80 km über Straße vom Containerhafen Burnie entfernt, liegt das ehemalige Bergwerk **Cleveland**. Dieses stand zwischen 1968 und 1986 durch Aberfoyle Ltd. in Produktion und erbrachte damals 5.645.035 t Erz @ 0,68 % Sn und 0,28 % Cu. Aus dem Konzentrat wurden 23.519 t Zinn- und 9.691 t Cu-Inhalt gewonnen. Derzeitiger Lizenzinhaber ist Elementos Ltd. Das Unternehmen plant einerseits, die alten Halden („Inferred Resources“ von 3,85 Mio. t @ 0,30 % Sn (11.600 t Sn-Inhalt) und 0,13 % Cu) erneut aufzubereiten, andererseits, auch die untertägige Gewinnung der Stockwerks- und Skarnerze fortzusetzen. Die ermittelten Primärerzressourcen („Indicated & Inferred“) bei einem „resource cut-off grade“ von 0,35 % Sn belaufen sich auf 7,444 Mio. t Erz @ 0,65 % Sn (48.400 t Sn-Inhalt), zuzüglich 0,25 % Cu. Darüber hinaus enthält die in 500 m Teufe erbohrte Foley Zone 3,98 Mio. t Erz @ 0,30 % WO_3 + Mo + Bi (vgl. Kapitel 2.4). Für die mittlerweile vorgelegte Prefeasibility-Studie (PFS) wurde dagegen realitätsnäher ein „production cut-off grade“ von 0,60 % Sn angenommen. Damit ergeben sich Ressourcen von 2,9 Mio. t Erz @ 0,73 % Sn (21.170 t Sn-Inhalt), zuzüglich 0,27 % Cu. Laut der PFS sollen über sechs Jahre erst die Abgänge bei einem Ausbringen von 50 % Sn und einem Gestehungspreis von 17.780 A$/t Sn zu Konzentrat @ 40 % Sn (1.000 t Sn-Inhalt/Jahr), später dann über zehn Jahre frisches Primärerz bei einem Ausbringen von 71 % Sn und einem Gestehungspreis von 21.690 A$/t Sn zu Konzentrat @ 50 % Sn (1.900 t Sn-Inhalt/Jahr) aufbereitet werden.

Mitten im Regenwald des Meredith Range Regional Reserve, einem großen Naturschutzgebiet im Nordwesten Tasmaniens östlich des Bergwerks Renison Bell (siehe oben), verfolgt Venture Minerals Ltd. unter anderem das Zinnprojekt **Mount Lindsay**. Die Bankable Feasibility-Studie (BFS) zu diesem Projekt ist abgeschlossen, die Unterlagen für den vermutlich sehr aufwendigen Genehmigungsprozess und die Abbauplanung werden zusammengestellt. Geplant ist, trotz eines langen und erheblichen Widerstands von Umweltschützern, weiterhin die Gewinnung von jährlich 1,75 Mio. t Erz im Tagebau, später auch im Tiefbau, aus maximal zehn Skarnlagerstätten. Über neun Jahre sollen aus diesen Einzellagerstätten ein Magnetit- und ein Cassiterit-Scheelit-Konzentrat mit rund 2.500 t Sn-Inhalt/Jahr bzw. 1.600 t WO_3-Inhalt/Jahr produziert werden. Unter

der Annahme eines „cut-off grades“ von 0,45 % Sn-Äquivalent (d. h. inklusive der Erlöse für Magnetit, Wolfram und Kupfer) beinhalten die Lagerstätten zusammen Ressourcen („Measured, Indicated & Inferred“) von 13 Mio. t Erz @ 0,3 % Sn (38.000 t Sn-Inhalt), 0,2 % W, 14 % Fe und 0,1 % Cu. Darin sind unter der Annahme eines „cut-off grades“ von 0,60 % Sn-Äquivalent Reserven von 14 Mio. t Erz @ 0,2 % Sn (30.000 t Sn-Inhalt), 0,1 % W, 15 % Fe und 0,1 % Cu enthalten. Das erwartete Ausbringen liegt bei 62 bis 72 % Sn, die Gestehungskosten liegen unter Berücksichtigung der Erlöse für Magnetit und Wolfram bei 12.500 A$/t Sn.

TNT Mines Ltd. versucht mehrere kleinere Zinnprojekte im Norden, vor allem aber im Nordosten Tasmaniens zu entwickeln. Im Rahmen des Projekts Aberfoyle umfassen diese:

- **Great Pyramid** (6 km nordwestlich von Scamander) mit „Inferred Resources“ („cut-off grade“ 0,2 % Sn) von 1,3 Mio. t Erz @ 0,3 % Sn (3.900 t Sn-Inhalt). Ziel dieses Projekts ist es, zukünftig die noch unverritzte örtliche Stockwerks-/Gangvererzung im Tagebau abzubauen.
- **Royal George** (17 km östlich Avoca) mit „Inferred Resources“ („cut-off grade“ 0,25 % Sn) von 0,6 Mio. t Erz @ 0,36 % Sn (2.160 t Sn-Inhalt). Ziel ist es, zukünftig die noch verbliebenen Gangschwärme (historischer untertägiger Abbau von Zinn 1911 bis 1922 mit Gewinnung von 170.000 t Erz @ 0,65 % Sn (1.105 t Sn-Inhalt)) mit feinkörnigem Cassiterit abzubauen.
- **Aberfoyle-Lutwyche** (nördlich Avoca), Abbau zwischen 1931 und 1982 (mit Unterbrechungen) der dortigen Gangschwärme auf Zinn und Wolfram. Eine neuere Ressourcenberechnung liegt noch nicht vor.
- **Storey’s Creek** (3 km nördlich des alten Bergwerks Aberfoyle), Abbau zwischen 1891 und 1982 (mit Unterbrechungen) auf Wolfram und Zinn. Zwischen 1923 und 1979 gewann die damalige Storey’s Creek Tin Mining Company aus dem dortigen 30 bis 50 m breiten Gangsystem 1,1 Mio. t Erz @ 1,09 % WO_3 und 0,18 % Sn. Eine aktuelle Berechnung der Restvorräte liegt nicht vor.

Weiterhin hält TNT Mines die Rechte an den Projekten:

- **Moina** (2 km südwestlich der gleichnamigen kleinen Ortschaft), eine Zinn-Wolfram-Fluorit-Skarnlagerstätte (vgl. Kapitel 2.8, 2.26), die zwischen 1893 und 1956 mit zahlreichen Unterbrechungen bereits auf Zinn, Wolfram und Bismut in Abbau stand. Die im Jahr 2012 neu ermittelten „Inferred Resources“ betragen 24,65 Mio. t Erz @ 0,1379 % Sn (24.600 t Sn-Inhalt), 17,2 % Fe, 0,1043 % WO_3 und 15,99 % CaF_2. Das Zinn ist allerdings zu 50 % in Zinngranat und nur untergeordnet in Cassiterit gebunden, sodass das Ausbringen von Zinn nur 22 % beträgt.
- **Oonah** (1 km südwestlich der Kleinstadt Zeehan) eine Cu-Ag-Sn-Pb-Zn-Ganglagerstätte, die nach 1890 über mehrere Jahrzehnte, jedoch mit langen Unterbrechungen, vor allem auf Silber in Abbau stand. Die tieferen Horizonte des dortigen Stannitgangs beinhalten „Inferred Resources“ von 440.000 t Erz @ 1,25 % Sn (5.500 t Sn-Inhalt), 1,48 % Cu und 136 ppm Ag.
- **Ringarooma Bay** (nordöstliches Tasmania) besteht aus vom Ringarooma River ableitbaren Cassiteritseifen in 18 bis 30 m Wassertiefe. Die Seifenmächtigkeit beträgt dabei 2 bis 8 m, die durchschnittliche Abraummächtigkeit 2 m. Die ermittelten Ressourcen betragen „Inferred“: 194 Mio. m^3 Erzsand @ 150 – 250 g Cassiterit/m^3 (ca. 30.000 t Sn-Inhalt) inklusive „Indicated“: 16 Mio. m^3 Erzsand @ 227 g Cassiterit/m^3 (2.800 t Sn-Inhalt).

Dass die aus dem Ringarooma River ableitbaren Cassiteritseifen allerdings doch nicht so werthaltig sein könnten, lässt sich aus den negativen Erfahrungen der im Jahr 2009 in Konkurs gegangenen Van Dieman Mines Pty Ltd. schlussfolgern. Das Unternehmen hoffte, Cassiterit und Saphire sowohl aus alluvialen Seifen des **Ringarooma Rivers** (onshore und offshore) als auch aus dessen Zuflüssen (onshore, **Scotia**, **Endurance**) gewinnen zu können.

Van Dieman Mines Pty Ltd. ging vor Abbaubeginn von folgenden Ressourcen aus:

- Ringarooma River: 6,04 Mio. m^3 Erzsand @ 890 g Cassiterit/m^3 (4.200 t Sn-Inhalt) + Saphir
- Scotia: 5,32 Mio. m^3 Erzsand @ 1.300 g Cassiterit/m^3 (5.300 t Sn-Inhalt) + Saphir + Gold

Für den Cassiterit bestand bereits ein Abnahmevertrag mit der thailändischen Zinnhütte Thaisarco. Bei der Gewinnung der Erzsande im Scotia-Projekt im Jahr 2008 konnten die vermuteten Gehalte jedoch nicht bestätigt werden und das Unternehmen musste nach wenigen Monaten wegen Zahlungsunfähigkeit den Betrieb einstellen.

Western Australia

Seit der Entdeckung der Ta-Li-Sn-Pegmatitlagerstätte **Greenbushes** im Jahr 1886 wurden dort fast kontinuierlich Zinnerze gewonnen. Der Abbau, zuerst von Seifen und stark verwitterten Erzen an der Oberfläche, begann im Jahr 1888 (Blockley 1980). Er wurde mit Unterbrechungen bis in die jüngste Vergangenheit durch verschiedene Unternehmen fortgeführt (seit 2004 im Tiefbau). Seit 2005 ist der Abbau aufgrund der niedrigen Welttantalpreise gestundet (vgl. Kapitel 2.23). Lizenzinhaber der Greenbusheslagerstätte ist Global Advanced Metals Pty Ltd. (USA/Australien).

Nach Ingham et al. (2012) enthält Greenbushes Ressourcen von 118,4 Mio. t Erz @ 2,4 % Li_2O inklusive Reserven von 61,5 Mio. t Erz @ 2,8 % Li_2O. Der Zinnoxidgehalt sei rund doppelt so hoch wie der Tantaloxidgehalt. Der Ta_2O_5-Gehalt beträgt nach Fetherston (2004) 0,022 %, sodass man einen durchschnittlichen Gehalt von 0,044 % SnO_2 in Greenbushes annehmen kann. Die Ressourcen inklusive Reserven an Sn-Inhalt in Greenbushes betragen daher rund 40.600 t.

Partington et al. (1995) ermittelten im Greenbushes-Pegmatit einen Sn-Durchschnittsgehalt von 0,0707 %. Für die nördlichen Pegmatite wird der Wert auf 0,1363 %, für den Hauptpegmatit auf 0,0404 % und für die Albitzone auf 0,1000 % beziffert.

Das bis zur Stundung im Februar 2012 durch Global Advanced Metals gewonnene Tantalerz und auch das mit herein gewonnene Zinnerz stammt nicht aus Greenbushes, sondern aus den Tagebauen Mount Cassiterite und Mount Tinstone der Tantal-Zinn-Beryllium-Pegmatit-Lagerstätte **Wodgina** im Nordwesten von Western Australia (vgl. Kapitel 2.23). Die Verhüttung der Zinnerze aus Wodgina in der Zinnhütte von Greenbushes (Abbildung 2.27.2) (Jahreskapazität 1.000 t Raffinadezinn @ 98,5 % Sn) endete offiziell bereits 2007, jedoch

Abb. 2.27.2: Möglichkeit zum Guss von Zinnbarren in der Zinnhütte von Greenbushes (Foto: BGR).

werden bis heute immer noch geringe Tonnagen Raffinadezinn (Stand im Finanzjahr 2014/15: 14 t) produziert.

In Fetherston (2004) sind für die „Wodgina Operating Mine“ (= Mount Cassiterite + Mount Tinstone) auf Grundlage von Datenerhebungen aus dem Jahr 2002 Ressourcen inklusive Reserven von 86,5 Mio. t Erz @ 0,027 % Ta_2O_5 bzw. Reserven von 63,5 Mio. t Erz @ 0,037 % Ta_2O_5 bei jeweils 0,025 % SnO_2 dokumentiert. Die Ressourcen inklusive Reserven in Wodgina beliefen sich im Jahr 2002 auf rund 16.800 t Sn-Inhalt

Lithex Resources Ltd. plant im Gebiet von **Moolyella**, rund 150 km südöstlich Port Hedland, auf Seltene Metalle und Seltene Erden in Seifen und Primärerzvorkommen zu explorieren. Auch die Halden des ehemaligen Seifenabbaus (1898 bis 1986) sollen erneut aufbereitet und dabei die noch enthaltenen Wertminerale wie Cassiterit und Tantalit abgetrennt werden (Blockley 1980). Bei Aufbereitungsversuchen lag das Ausbringen bei 43,6 bis 84,7 % Sn (im Durchschnitt 67,8 % Sn). Die „Inferred Resources“ betragen jedoch nur 1,9 Mio. t Erz @ 0,016 % Sn (300 t Sn-Inhalt).

New South Wales

Zinn wurde in New South Wales erstmals 1849 entdeckt. Im Jahr 1872 begann die kommerzielle Produktion. In den folgenden Jahrzehnten standen sowohl Primärerzvorkommen als auch verschie-

dene Seifen in Abbau. Die bisherige Zinnsteinproduktion endete Mitte 2004, als Marlborough Resources NL nach nur 2,5-jähriger Tätigkeit das wiedereröffnete und das seit 1912 mit einigen Unterbrechungen betriebene Bergwerk **Ardlethan Tin Mine** (PATERSON 1990) aufgrund der Erschöpfung der Zinnreserven sowie finanziellen Ressourcen schloss.

Ungeachtet der negativen Ergebnisse von Marlborough Resources will die private Australian Tin Resources Pty Ltd. die Zinnlagerstätte **Ardlethan** (560 km südwestlich von Sydney gelegen) wieder in Abbau nehmen. Australian Tin Resources Pty Ltd. plant die Aufbereitung der alten Halden mit „Inferred Resources" von 21,25 Mio. t Erz @ 0,09 % Sn (20.200 t Sn-Inhalt) und Abgänge mit „Inferred & Indicated Resources" von 10,73 Mio. t Erz @ 0,20 % Sn (21.600 t Sn-Inhalt) sowie die Gewinnung noch nicht abgebauter tiefliegender Lagerstättenbereiche mit „Inferred Resources" von 5,49 Mio. t Erz @ 0,45 % Sn (24.700 t Sn-Inhalt).

Das Zinnprojekt **Doradilla** von YTC Resources Ltd. liegt südöstlich Bourke und besteht aus einem oberflächennahen Sn-haltigen Laterit, der von einem oder mehreren Zinnsilikat-Skarnhorizonten mit Potenzial für eine beibrechende Ausbringung von Kupfer, Nickel, Silber, Indium, Bismut (vgl. Bismut), Zink und Wollastonit (vgl. Technologie-Füllstoffe) unterlagert wird. Die Skarnhorizonte besitzen eine streichende Länge von 16 km mit Zonen oxidischer, verwitterter und primärer Zinnmineralisation. Der Zinnlaterit ist auf mindestens 2 km streichende Länge verbreitet.

YTC Resources Ltd. hat bisher nur eine Berechnung der „Inferred Resources" des Laterithorizontes von 7,81 Mio. t Erz @ 0,28 % Sn (22.300 t Sn-Inhalt) bei einem „cut-off grade" von 0,1 % Sn bzw. alternativ 0,94 Mio. t Erz @ 0,90 % Sn (8.480 t Sn-Inhalt) bei einem „cut-off grade" von 0,5 % Sn vorgelegt. Zinn liegt als Varlamoffit [$(Sn,Fe)(O,OH)_2$] sowie untergeordnet als Relikt von Cassiterit vor. Die Sn-Gehalte im Laterit schwanken sehr stark und liegen bei 0,17 bis 1,04 %. Metallurgische Tests erbrachten eine schlechte Ausbringung, sodass Doradilla nicht mehr im Zentrum der Explorationstätigkeiten von YTC Resources Ltd. liegt.

Bei **Taronga**, 20 km südwestlich Torrington, stehen mit Cassiterit vererzte Gangschwärme an, die Aus Tin Mining Ltd. im Tagebau gewinnen und bei einem Ausbringen von 70 % zu einem Cassiteritkonzentrat @ 55 % Sn aufbereiten will. Laut einer im April 2014 überarbeiteten Prefeasibility-Studie sollen bei Gestehungskosten von 17.935 A$/t Sn, ab 2017 (in Planung) über 9,3 Jahre, jährlich Konzentrate mit 2.815 t Sn-Inhalt produziert werden. Die „Inferred & Indicated Resources" der Zinnlagerstätte Taronga betragen bei einem „cut-off grade" von 0,10 % Sn 36,3 Mio. t Erz @ 0,16 % Sn (57.200 t Sn-Inhalt), 0,07 % Cu und 3,8 ppm Ag. Die darin enthaltenen „Probable Reserves" betragen 22,0 Mio. t Erz @ 0,16 % Sn (35.600 t Sn-Inhalt).

Das historische Silberbergwerk **Conrad** liegt 25 km südlich der Stadt Inverell und stand zwischen 1898 und 1912 sowie zwischen 1955 und 1957 in Produktion. Ausgebracht wurden Konzentrate mit durchschnittlich 600 ppm Ag, 1,5 % Cu, 8 % Pb, 4 % Zn und 1,5 % Sn. Bis Ende 2008 explorierte Malachite Resources Ltd. in der Umgebung des ehemaligen Bergwerks und konnte dabei sowohl eine Fortsetzung des polymetallischen Silbergangs als auch umgebende Greisenerze nachweisen. Der Erzgang Conrad ist nun über eine streichende Länge von mindestens 2,2 km und einer Teufe von 500 m nachgewiesen. Die Erzmineralisation setzt sich hauptsächlich aus Pyrit, Pyrrhotin, Arsenopyrit, Sphalerit und Bleiglanz sowie weiteren untergeordneten Mineralen (Chalcopyrit, Cassiterit und Stannit sowie Tetrahedrit, Pyrargyrit und Akanthit) zusammen. Die „Indicated & Inferred Resources" des nur 0,6 bis 1,5 m mächtigen Erzgangs betragen 2.651.758 t Erz @ 0,22 % Sn (5.800 t Sn-Inhalt), 105,3 ppm Ag, 0,2 % Cu, 1,33 % Pb, 0,53 % Zn und 6,8 ppm In. Dieser Gang könnte ohne erhebliche Verdünnungsverluste, jedoch nur mit speziellen Bergbaumaschinen abgebaut werden. Die Greisenerze beinhalten „Indicated & Inferred Resources" von 472.787 t Erz @ 0,13 % Sn (600 t Sn-Inhalt), 40,2 ppm Ag, 0,02 % Cu, 0,88 % Pb und 0,75 % Zn.

Elsmore Resources Ltd. strebt an, vorrangig aus alluvialen, teils verfestigten Seifen, ferner eventuell auch aus noch zu explorierenden Primärlagerstätten südöstlich Inverell, Cassiterit und Saphir (vgl. Kapitel 2.7) zu gewinnen. Dort enthält die 70 cm mächtige **Karaula**-Seife „Indicated & Inferred Resources" von 1,015 Mio. m^3 Erzsand @ 750 g Cassiterit/m^3 (760 t Cassiterit bzw. 590 t Sn-Inhalt).

Noch geringere Zinn-Ressourcen beinhaltet das Projekt **White Rock** von Paradigm Metals Ltd., rund 30 km südöstlich der Kleinstadt Boorowa. Dieses Unternehmen plant die Gewinnung von Ferberit, Scheelit sowie evtl. Magnetit und Cassiterit aus dort oberflächennah anstehenden Skarnerzen. Die „Inferred Resources" betragen 260.000 t Erz @ 0,7 % WO_3 und 0,15 % SnO_2 (300 t Sn-Inhalt).

Queensland

Bis zu den 1980er Jahren stammte ein Großteil der Zinnproduktion in Queensland aus tertiären und quartären, alluvialen und eluvialen Seifenlagerstätten im nördlichen Queensland (Abbildung 2.27.3), die dort unter geringer Bedeckung und mit wenig Aufwand abgebaut werden konnten. Besonders viele Zinnvorkommen sind seit langem aus dem Cooktown Zinnfeld (ca. 150 km nordwestlich Cairns) und dem Herberton Zinnfeld in der Hodgkinson Province (ca. 100 km südwestlich Cairns) bekannt (Lam 2009).

Hohe Zinnpreise lockten über Jahrzehnte viele kleine Abbauunternehmen in diese Regionen, bis durch den Zusammenbruch des International Tin Council in der zweiten Jahreshälfte 1985 die Zinnpreise einbrachen und zahlreiche Abbaubetriebe, nicht nur in Queensland, in wirtschaftliche Schwierigkeiten gerieten. Erst mit dem nachhaltigen Anstieg der Zinnpreise im Jahr 2004 kehrten die Explorationsunternehmen zurück. Sie sind seitdem wieder in der Exploration – sowohl auf Seifenzinn als auch auf Bergzinn – tätig. Zahlreiche Vorkommen wurden zwischenzeitlich näher untersucht.

Das Projekt **Mt. Garnet** von MGT Resources Ltd. im Herberton Zinnfeld umfasst zunächst die Aufarbeitung alter Halden (5.000 t Erz @ 1 % Sn), ferner die Zinnerzgewinnung im Tagebau aus schon lange bekannten, gut untersuchten und bereits teilweise abgebauten Skarnlagerstätten. In der nahe gelegenen Mt. Veteran-Aufbereitungsanlage (Abbildung 2.27.4) sollen mit jährlicher Steigerung bis zum Jahr 2016 dann 500.000 t Erz/Jahr aufbereitet werden. Die bisher ermittelten Gesamtressourcen der Teillagerstätten Smiths Creek, Summer Hill und Dalcouth & Extended liegen allerdings nur bei 793.400 t Erz @ 0,78 % Sn (6.190 t Sn-Inhalt).

Unweit des Projekts Mt. Garnet von MGT Resources Ltd. hat auch Consolidated Tin Mines Ltd. ein gleichnamiges Projekt. Ziel dieses Projektes **Mt. Garnet** ist, im Tagebau Erz mit relativ feinkörnigem Cassiterit aus den ebenfalls schon gut untersuchten Skarnlagerstätten Gillian, Pinnacles und Windermere/Deadmans Gully zu gewinnen und in der Aufbereitungsanlage Kagara von Snow Peak Mining Pty Ltd. aufzubereiten. Jährlich soll dort, neben knapp 54.000 t Fluoritkonzentrat @ 86 % CaF_2 und Magnetitkonzentrat @ 65 % Fe (235.000 t Sn-Inhalt), vor allem auch Cassiteritkonzentrat @ 68 % Sn (2.944 t Sn-Inhalt) produziert werden. In Aufbereitungsversuchen lag das Ausbringen bei 68 % Sn. Die bisher ermittelten Gesamtressourcen betragen 13.118.000 t Erz @ 0,39 % Sn (51.160 t Sn-Inhalt), 22,87 % Fe und 5,80 % F.

Im März 2014 hat Consolidated Tin Mines Ltd. für Snow Peak Mining Pty Ltd. im Unterauftrag von Monto Minerals Ltd. zunächst mit der Fortsetzung des seit April 2012 gestundeten Abbaus der **Baal Gammon** Polymetalllagerstätte begonnen. Da auch dieses Erz in der Aufbereitungsanlage Kagara verarbeitet wird (jedoch zu Blei-, Zink- und Kupfererzkonzentraten) ist an eine Produktion von Cassiteritkonzentrat aus Mt. Garnet vorerst nicht zu denken. Zwar enthält auch das Baal Gammon Erz 0,2 % Sn (5.600 t Sn-Inhalt), aber Kupfer und Silber stehen im Vordergrund. Außerdem wurde Zinn bisher nicht ausgebracht.

Nachfolgeprojekt für Mt. Garnet von Consolidated Tin Mines Ltd. wäre **Jeannie River**, 320 km nördlich bzw. 92 km nordnordwestlich von Cooktown gelegen. Hier am Rande des Cape Melville National Parks, weitab jeglicher Infrastruktur, stehen mit Cassiterit und verschiedenen Metallsulfiden vererzte Quarzgänge an (Lord & Fabray 1990). Die „Inferred Resources" von Jeannie River betragen 2.240.000 t Erz @ 0,60 % Sn (13.440 t Sn-Inhalt).

Die Zinnlagerstätte **Collingwood** liegt 35 km südlich Cooktown in den Collingwood-Hills. Die Mineralisation vom Greisentyp liegt innerhalb des Collingwood Granitkörpers. In Greisengängen findet sich Cassiterit als 0,5 bis 2 mm, selten 3 mm große, wenig gerundete Kristalle. Die durch Oberflächenausbisse schon seit 1900 bekannte Lagerstätte wurde ab 1987 auch durch Stollen näher untersucht (Jones et al. 1990). Als Ressourcen wurden 2,2 Mio. t Erz @ 1 % Sn ausgewiesen.

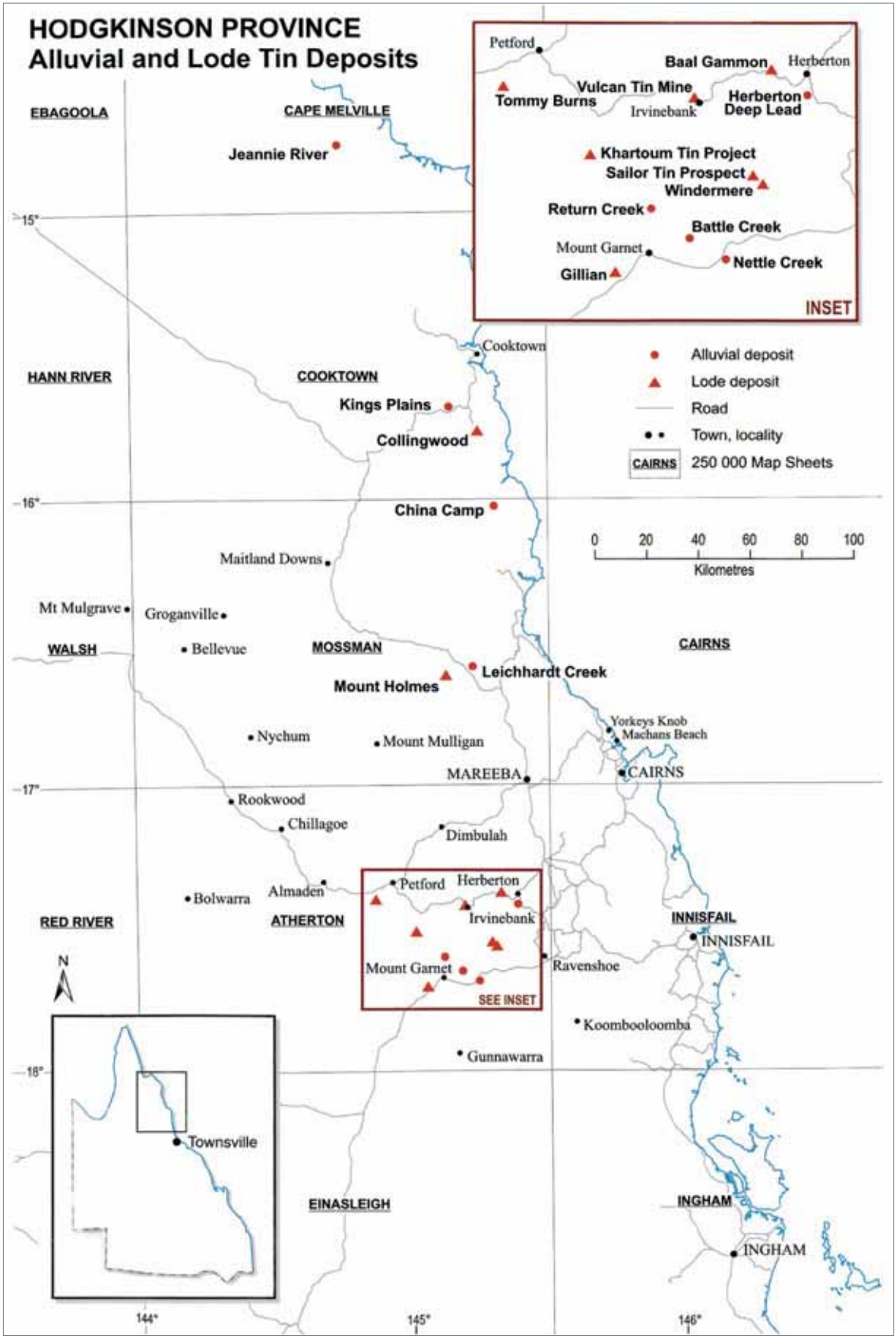


Abb. 2.27.3: Zinnlagerstätten im nordöstlichen Queensland (LAM 2009).

Abb. 2.27.4: Blick auf die Mt. Veteran Aufbereitungsanlage, Qeensland (Foto: BGR).

Ende 2005 wurde durch Bluestone Nominees Pty Ltd., ein Tochterunternehmen von Metals X Ltd. (siehe oben), der untertägige Abbau der Lagerstätte Collingwood begonnen. Im Februar 2006 wurde das erste Konzentrat nach Malaysia zur Raffination verschifft. Zum 30.06.2006 wurden Reserven von 953.900 t Erz @ 1,19 % Sn und Ressourcen (inklusive Reserven) von 1.280.900 t @ 1,27 % Sn (16.270 t Sn-Inhalt) publiziert. 2008 gab das Unternehmen jedoch bekannt, dass die angestrebten Inhalte und Gehalte nicht erreicht wurden, da die Lagerstättengeologie komplexer war als erwartet und nicht ausreichend qualifiziertes Personal rekrutiert werden konnte. Anfang Mai 2008 wurde der Abbau gestundet und Ende Mai das letzte Erz aufbereitet. Insgesamt konnte Bluestone Nominees Pty Ltd. in dieser Förderperiode Erz mit einem Sn-Inhalt von 3.840 t produzieren. Andere Unternehmen prüfen den Abbau eventuell fortzuführen. Die verbliebenen Vorräte („cut-off grade“: 0,70 % Sn) betragen 702.000 t Erz @ 1,49 % Sn (ca. 10.400 t Sn-Inhalt).

Aus Queensland sind zudem folgende weitere Zinnlagerstätten mit Vorratsberechnungen bekannt (Lam 2009):

- Greisenlagerstätte **Mount Holmes**: „Inferred Resources“: 10 Mio. t Erz @ 0,07 % Sn (+ 0,01 % W) (ca. 7.000 t Sn-Inhalt),
- Seifenvorkommen **Kings Plain**: „Indicated Resources“: 27,55 Mio. m^3 Erzsand @ 230 g Cassiterit/m^3 (ca. 4.900 t Sn-Inhalt),
- Primärzinnlagerstätte **Sunnymount**: Gesamtressourcen von 92.900 t Erz @ 1,04 % Cassiterit + 0,41 % Wolframit (ca. 740 t Sn-Inhalt),
- Seifenlagerstätte **Leichhardt Creek**: „Indicated Resources“: 1,3 Mio. m^3 Erzsand @ 393 g Sn/m^3 (ca. 510 t Sn-Inhalt),
- Greisenlagerstätte **Battle Creek**: Gesamtressourcen von 683.000 m^3 Erz @ 838 g Cassiterit/m^3 (ca. 440 t Sn-Inhalt).

Northern Territory

Auch im Northern Territory reicht die Gewinnung von Zinnerzen weit über 100 Jahre zurück (Frater 2005), doch gibt es derzeit nur zwei Zinnprojekte eines Unternehmens mit publizierten Ressourcen.

Bei Maranboy, 64 km südöstlich von Katherine bzw. 360 km von Darwin, möchte Outback Metals Ltd. den mit Unterbrechungen zwischen 1913 und 1952 betriebenen Abbau auf feinkörnigen Cassiterit aus hydrothermalen Gängen und Greisen wieder aufleben lassen. Historisch lieferten die Gänge im **Maranboy Zinnfeld** bereits rund 48.000 t Erz mit 1.000 t Sn-Inhalt. Aus älteren Erkundungskampagnen liegen zwei Ressourcenabschätzungen (non-JORC) der Restvorräte vor:

- Im Tagebau gewinnbar: 500.000 – 600.00 t Erz @ 1,5 – 2,0 % Sn (7.500 – 12.000 t Sn-Inhalt)
- Unter Tage gewinnbar: 150.000 – 160.000 t Erz @ 2,5 – 3,0 % Sn (3.750 – 4.800 t Sn-Inhalt)

Das zweite Projekt von Outback Metals Ltd. ist **Mount Wells**, rund 200 km südlich von Darwin. Hier streichen in einem markanten Hügel sechs größere, 0,5 bis 5 m mächtige Gänge mit Pyrrhotin, Chalcopyrit, Pyrit, Arsenopyrit und grobkörnigem Cassiterit, sowie untergeordnet Wolframit und Molybdänit, aus. Diese Gänge standen zum Teil bereits zwischen 1879 und 1929 in Abbau und lieferten aus rund 100.000 t Erz Konzentrate mit rund 1.200 t Sn-Inhalt. Daneben sind am Mount Wells auch Stockwerksvererzungen und Seifen bekannt.

Auch zu Mount Wells liegen aus älteren Erkundungskampagnen zwei Ressourcenabschätzungen (non-JORC) der Restvorräte vor:

– Im Tagebau gewinnbar: 400.000 t Erz @ 0,4 % Sn (1.600 t Sn-Inhalt) + 1,0 – 1,5 % Cu
– Unter Tage gewinnbar: 737.000 t Erz @ 1,38 % Sn (10.170 t Sn-Inhalt) + 1,0 – 1,5 % Cu

South Australia

In South Australia verfolgt gegenwärtig nur Havilah Resources NL ein Zinnprojekt. Es handelt sich um **Prospect Hill** in der nördlichen Flinders Range. Für die Teillagerstätte South Ridge sind „Inferred Resources" von 172.000 t Erz @ 1,15 % Sn (2.000 t Sn-Inhalt) bzw. „Indicated non-JORC Resources" von 302.000 t Erz @ 0,64 % Sn (1.900 t Sn-Inhalt) ausgewiesen, von denen 164.000 t Erz @ 0,89 % Sn (1.400 t Sn-Inhalt) als abbaubar angesehen werden. Zusätzlich enthält das vulkanogene Erz deutlich erhöhte Gehalte an Cu, Zn, Pb, U und Ag. Auch treten im Untersuchungsgebiet Zinnseifen auf. Erste Ausbringversuche verliefen positiv und erbrachten Werte von 79 bis 84 % Sn. Aufgrund des erheblichen Widerstandes der lokalen Aborigines musste die weitere Exploration jedoch im Jahr 2011 auf unbestimmte Zeit unterbrochen werden.

Victoria

Schon zu Ende des 19. Jahrhunderts waren im Nordosten des Bundesstaates Victoria primäre Zinnlagerstätten entdeckt worden und einige wenige alluviale Seifen in ihrer näheren Umgebung lieferten auch geringe Mengen Cassiterit. Größere Mengen Cassiterit wurden Jahrzehnte später als Beiprodukt aus fossilen Goldseifen gewonnen (Cochrane 1971).

Pliozäne Seifenmit litoraler und flachmariner Genese finden sich unter größerer Bedeckung im **Murray Basin**, das sich von South Australia bis nach Victoria und New South Wales erstreckt. Ende 2005 eröffnete BEMAX Resources Ltd., (heute Cristal Mining Australia Ltd.) im südlichen Murray Basin einen ersten Schwermineralabbau. Wenige Monate später folgte Iluka Resources Ltd. mit dem Abbau der Seifenlagerstätten **Bondi** (2006 bis 2012) und Echo (2010 bis 2011) nahe Douglas. Da im südlichen Murray Basin Cassiterit in erhöhten Anteilen im Schwermineralspektrum enthalten ist, konnte zwischen 2007 und 2011 in der Aufbereitungsanlage von Iluka in Hamilton auch ein unreines Cassiteritkonzentrat („tin pre-concentrate") ausgebracht werden, das nach Angaben von Iluka 25 bis 35 % Cassiterit, 40 bis 50 % Rutil, 25 bis 35 % Zirkon, 1 bis 5 % Ilmenit und 2 bis 3 % Monazit enthielt.

Anforderungen und Bewertung

Wirtschaftsgeologische Anforderungen an Zinnlagerstätten wurden von Elsner (2014) zusammengestellt. Danach sollten abbauwürdige Zinnlagerstätten über eine gute Infrastruktur, eine gute Aufbereitbarkeit des Erzes (bei Skarnerzen häufig nicht erfüllt) und eine Mindesttonnage von 10.000 t Sn-Inhalt verfügen.

Abgänge enthalten meist nur sehr feinkörnigen Cassiterit, für dessen Ausbringung zusätzlich die Investition in einen teuren Verdampfer (Fumer) notwendig ist. Die Sn-Inhalte von Schlämmteichen müssen dementsprechend hoch sein und im Idealfall 50.000 t übersteigen.

Bei den gegenwärtigen Zinnpreisen von rund 20.000 US$/t müssen im Tagebau abzubauende Lagerstätten einen durchschnittlichen Gehalt von > 0,3 % Sn und untertägig zu gewinnende Lagerstätten einen Mindestgehalt von > 0,7 % Sn besitzen. Im weltweiten Vergleich sind aber eigentlich nur Primärzinnlagerstätten mit einem Durchschnittsgehalt von > 1,0 % Sn wettbewerbsfähig.

Seifenlagerstätten onshore müssen Gehalte > 100 – 150 g Cassiterit/m^3, Seifenlagerstätten offshore Gehalte > 260 g Cassiterit/m^3 aufweisen, um abbauwürdig zu sein.

Tabelle 2.27.1 gibt einen Überblick über die australischen Zinnlagerstätten mit publizierten Zn-Inhalten und -gehalten. Von den dort aufgeführten Lagerstätten empfehlen sich nur Renison Bell, Renison Tailings (beide Metals X), Heemskirk (Stellar Resources) und Mt. Garnet (Consolidated Tin Mines) für eine Investition, wobei letzteres Unternehmen derzeit noch Kupfererzkonzentrate ausbringen muss (siehe oben).

Tab. 2.27.1: Gehalte, Ressourcen und Reserven von Zinnlagerstätten Australiens.

Lagerstätte	Bundesstaat/Territory	Sn-Gehalt [%]	Ressource [t Sn-Inhalt]	Reserve [t Sn-Inhalt]
Renison Bell – UG	Tasmania	1,40	188.000	86.000
Renison Tailings – k. A.	Tasmania	0,45	94.700	90.700
Heemskirk – UG	Tasmania	1,14	71.590	–
Taronga – OP	New South Wales	0,16	57.200	35.600
Mt. Garnet (CSD) – OP	Queensland	0,39	51.160	–
Greenbushes – UG	Western Australia	0,034*	40.600	21.100
Mount Lindsay – UG	Tasmania	0,3	38.000	30.000
Ringarooma Bay (S)	Tasmania	150–250 g Cassiterit/m^3	30.000	2.800
Ardlethan Erz – UG	New South Wales	0,45	24.700	–
Moina – OP?	Tasmania	0,1379*	24.600	–
Ardlethan Abgänge – k. A.	New South Wales	0,20	21.600	–
Cleveland Erz – UG	Tasmania	0,73	21.170	–
Ardlethan Halden – k. A.	New South Wales	0,09	20.200	–
Wodgina – OP	Western Australia	0,02*	16.800	12.300
Heemskirk/St. Dizier – OP	Tasmania	0,61	13.790	–
Cleveland Tailings – k. A.	Tasmania	0,30	11.600	–
Collingwood – UG	Queensland	1,49	10.400	–
Mount Wells – UG	Northern Territory	1,38	10.170	–
Mount Bischoff – OP	Tasmania	0,54	9.000	–
Doradilla – OP	New South Wales	0,90	8.480	–
Maranboy – OP	Northern Territory	1,5–2,0	7.500–12.000	–
Mount Holmes – k. A.	Queensland	0,07	7.000	–
Mt. Garnet (MGT) – OP	Queensland	0,78	6.190	–
Conrad Gang – UG	New South Wales	0,22*	5.800	–
Baal Gammon – OP	Queensland	0,2*	5.600	–
Oonah – UG	Tasmania	1,25	5.500	–
Kings Plain (S) – OP	Queensland	230 g Cassiterit/m^3	4.900	–
Great Pyramid – OP	Tasmania	0,3	3.900	–
Maranboy – UG	Northern Territory	2,5–3,0	3.750–4.800	–
Federation/Sweeney – UG	Tasmania	0,5	2.870	–
Royal George – UG	Tasmania	0,36	2.160	–
Prospect Hill – k. A.	South Australia	1,15	2.000	–
Mount Wells – OP	Northern Territory	0,4	1.600	–
Sunnymount – k. A.	Queensland	0,81	740	–
Conrad Greisen – UG?	New South Wales	0,13	600	–
Karaula (S) – OP	New South Wales	750 g Cassiterit/m^3*	590	–
Leichhardt Creek (S) – OP	Queensland	393 g Sn/m^3	510	–
Battle Creek – k. A.	Queensland	0,03	440	–
Moolyella Halden – k. A.	Western Australia	0,016*	300	–
White Rock – OP	New South Wales	0,12*	300	–

*OP = Tagebau („open pit"), UG = Tiefbau („underground"), S = Seife, * Zinn nur beibrechend*

Literatur

Blockley, J. G. (1980): The tin deposits of Western Australia. – Geological Survey of Western Australia, Bull., **12**: 184 + xv S., 66 Abb., 20 Tab., 7 Taf., 1 Anh.; Perth, Western Australia.

Cochrane, G. W. (1971): Tin deposits of Victoria. – Geological Survey of Victoria, Bull., **60**: 72 S., 9 Abb., 20 Tab.; Melbourne, Victoria.

Elsner, H. (2014): Zinn – Angebot und Nachfrage bis 2020. – DERA Rohstoffinformationen, **20**: 255 S., 61 Abb., 72 Tab., 1 Anh.; Berlin. – URL: http://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA_Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-20.pdf?__blob=publicationFile&v=9
[Stand 29.01.2016].

Fetherston, J. M. (2004): Tantalum in Western Australia. – Geological Survey of Western Australia, Mineral Resources Bull., **22**: 162 S., 104 Abb., 32 Tab., 3 Anh.; Perth, WA.

Frater, K. M. (2005): Tin-tantalum pegmatite mineralisation of the Northern Territory. – Northern Territory Geological Survey, Report, **16**: 185 + ix S., 125 Abb., 45 Tab., 9 Anh.; Darwin, Northern Territory. – URL: http://www.nt.gov.au/d/Minerals_Energy/Geoscience/Content/File/Pubs/Report/NTGSRep16.zip
[Stand 29.01.2016].

Ingham, P. D., White, I. R. & Jackson, S. (2012): Greenbushes Lithium Operations. NI 43-101 Technical Report prepared for Talison Lithium Limited, 21.12.2012: 103 S., 26 Abb., zahlr. Tab., North Sydney, New South Wales.

Jones, T. R., Moeller, T. & Truelove, A. J. (1990): Collingwood tin deposit. – In: Hughes, F. E. (Hrsg.): Geology of the Mineral Deposits of Australia and Papua New Guinea. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **14**: 1549–1555, 5 Abb., 1 Tab.; Melbourne.

Lam, J. (2009): Tin deposits in the Hodgkinson Province. Current company exploration status. – Queensland Government Mining Journal, **Winter 2009**: 31–39, 3 Abb.; Brisbane, Queensland.

Lord, J. R. & Fabray, J. F. (1990): Jeannie River tin prospects. – In: Hughes, F. E. (Hrsg.): Geology of the Mineral Deposits of Australia and Papua New Guinea. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **14**: 1545–1548, 4 Abb., 1 Tab.; Melbourne.

Partington, G. A., McNaughton, N. J. & Williams, I. S. (1995): A review of the geology, mineralization, and geochronology of the Greenbushes Pegmatite, Western Australia. – Economic Geology, **90**, 3: 616–635, Littleton, CO.

Paterson, R. G. (1990): Ardlethan tin deposits. – In: Hughes, F. E. (Hrsg.): Geology of the Mineral Deposits of Australia and Papua New Guinea. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **14**: 1357–1364, 5 Abb., 31 Tab.; Melbourne.

Solomon, M. & Groves, D. I. (2000): The tin-tungsten deposits of the Tasman Fold Belt System. – In: The Geology and Origin of Australia's Mineral Deposits: 428 – 521, 59 Abb., 11 Tab.; Hobart, Tasmania.

Wright, J. H. (1990): Mount Bischoff tin deposit. – In: Hughes, F. E. (Hrsg.): Geology of the Mineral Deposits of Australia and Papua New Guinea. – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph, **14**: 1185–1189, 3 Abb., 1 Tab.; Melbourne.

3 Ansprechpartner

Dr. Bernd Länger	
Manager – Competence Centre for Mining & Mineral Resources German-Australian Chamber of Industry and Commerce	
Level 6, 8 Spring Street Sydney NSW 2000 Australia	Tel: 0061 (0)2 8296 0434 E-Mail: bernd.laenger@germany.org.au

Andrea Jünemann	
Ministerialrätin Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi), Berlin Referat IVB2, Internationale Rohstoffpolitik	
Hannoversche Straße 28–30 10115 Berlin	Tel.: 030 186 15-74 42; Fax: -54 26 E-Mail: andrea.juenemann@bmwi.bund.de

Dipl.-Geol. Siyamend Ingo Al Barazi	
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) Fachbereich B1.1 Deutsche Rohstoffagentur (DERA)	
Wilhelmstraße 25–30 13593 Berlin	Tel: 030 369 93-224; Fax: -100 E-Mail: siyamend.albarazi@bgr.de

Dr. Harald Elsner	
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) Fachbereich B1.2 Geologie der mineralischen Rohstoffe	
Stilleweg 2 30655 Hannover	Tel: 0511 643-2347; Fax: -2304 E-Mail: harald.elsner@bgr.de

RA Dr. Thorsten Diercks	
Hauptgeschäftsführer Fachvereinigung Auslandsbergbau und internationale Rohstoffaktivitäten (FAB) in der Vereinigung Rohstoffe und Bergbau e.V.	
Am Schillertheater 4 10625 Berlin	Tel: 030 31 51 82 61 E-Mail: thorsten.diercks@v-r-b.de

Werner Kemper	
Director Sydney Office Germany Trade and Invest (GTAI) – Gesellschaft für Außenwirtschaft und Standortmarketing mbH	
Level 6, 8 Spring Street Sydney NSW 2000 Australia	Tel.: 0061 (0)2 8296 0494, Fax: -0411 E-Mail: werner.kemper@gtai.de

Karina Szwede	
Geschäftsführerin Industrie- und Handelskammer Koblenz (Schwerpunkt-IHK für Australien)	
Schlossstr. 2 56068 Koblenz	Tel: 0261 106-260; Fax: -292 E-Mail: szwede@koblenz.ihk.de

Klaus Stöckmann	
Stellvertretender Geschäftsführer Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA) VDMA Mining	
Lyoner Straße 18 60528 Frankfurt am Main	Tel: 069 66 03-12 70 E-Mail: klaus.stoeckmann@vdma.org

Rima Al-Tinawi	
Bereich Internationale Märkte Leiterin des Referats Afrika, Internationale Rohstoffpolitik DIHK – Deutscher Industrie- und Handelskammertag e. V.	
Breite Straße 29 10178 Berlin	Tel.: 030 20308-2314, Fax.: -2444 E-Mail: al-tinawi.rima@dihk.de

4 Anhang

4.1 Anhang zu Kapitel 2.7 – Farbedelsteine und Opale

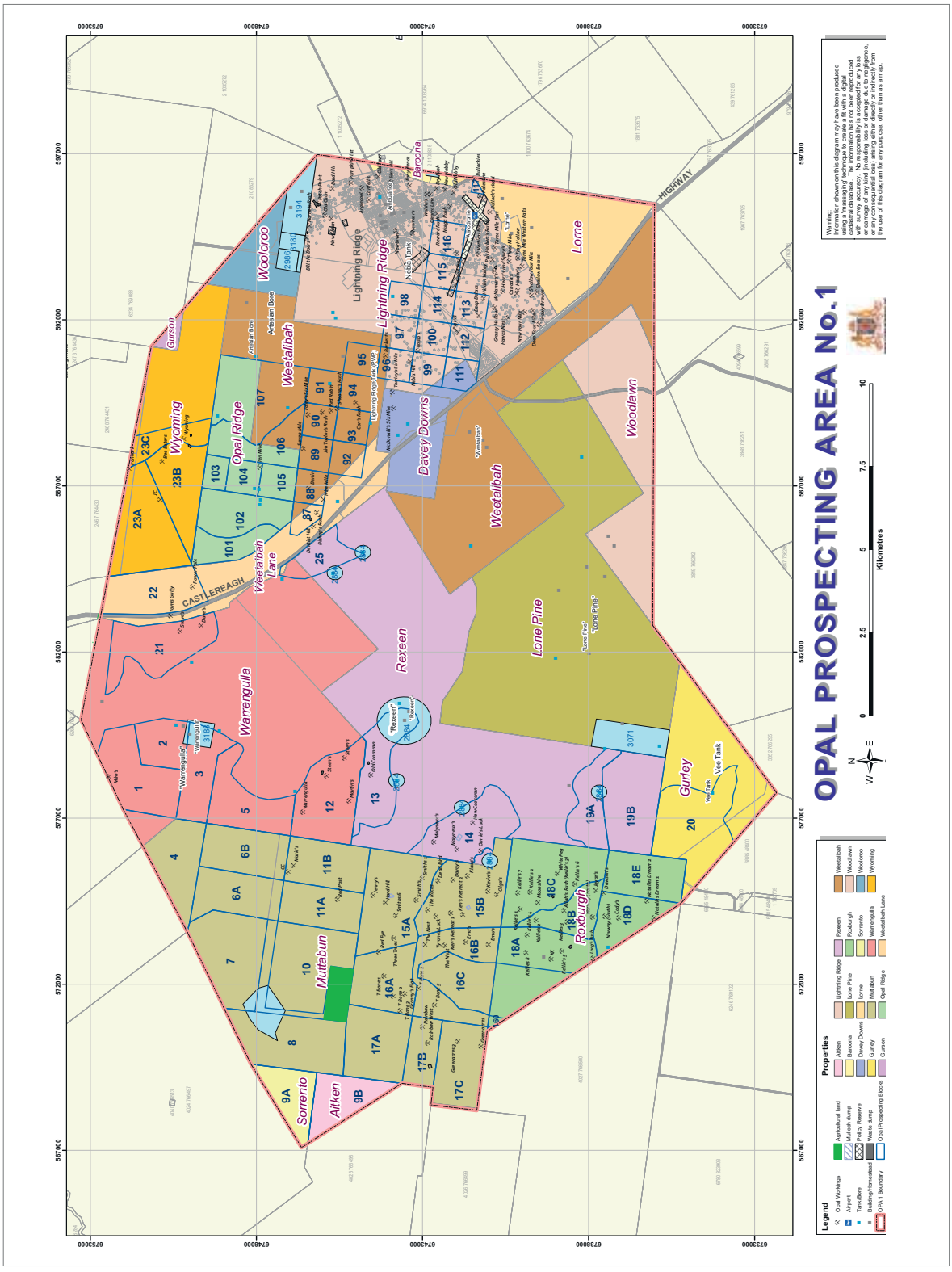


Abb. 4.1.1: Erkundungs- und Abbaugebiet („Opal Prospecting Area“) Nummer 1 um Lightning Ridge (Department of Industry Resources & Energy New South Wales 2015).

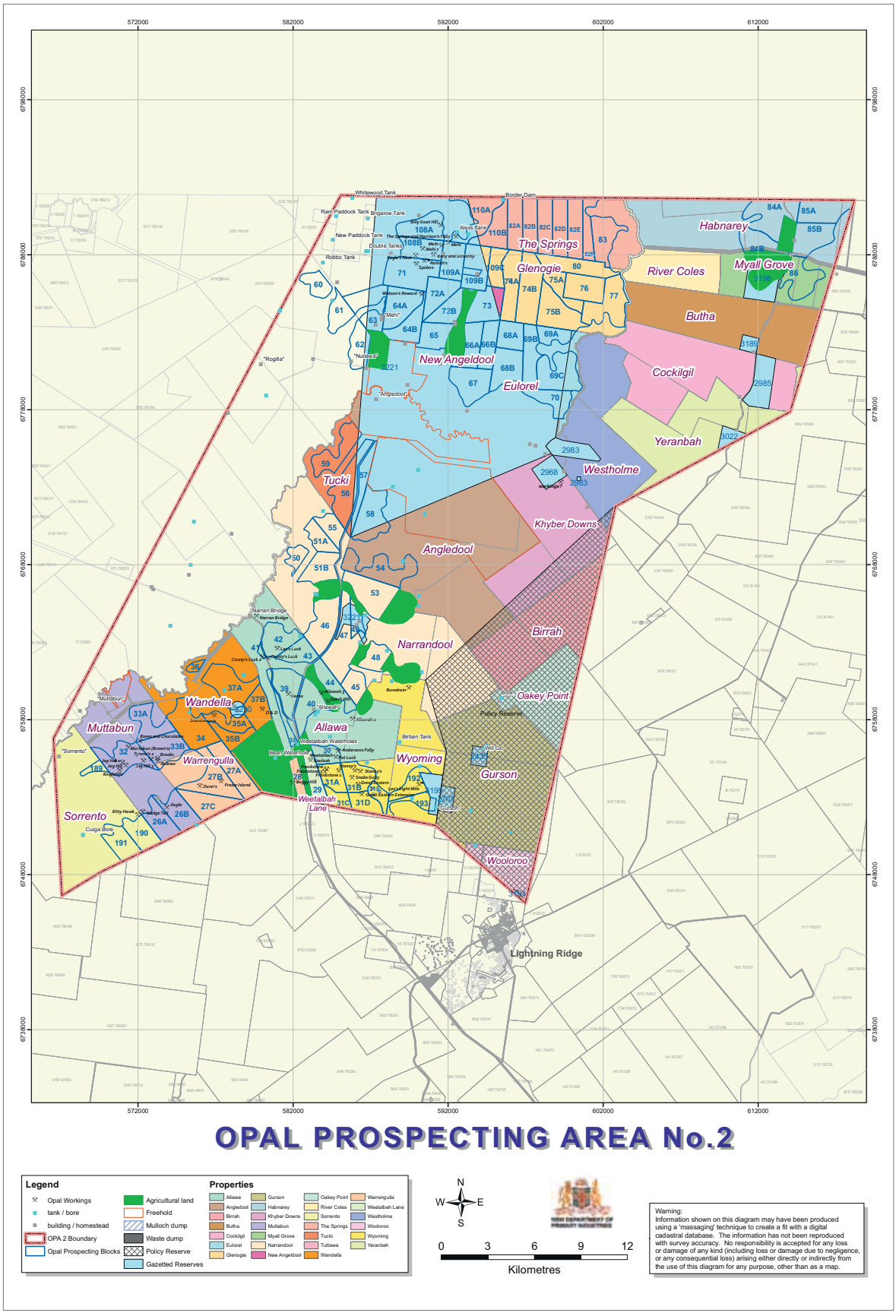


Abb. 4.1.2: Erkundungs- und Abbaugebiet („Opal Prospecting Area“) Nummer 2 um Lightning Ridge. (Department of Industry Resources & Energy New South Wales 2015).

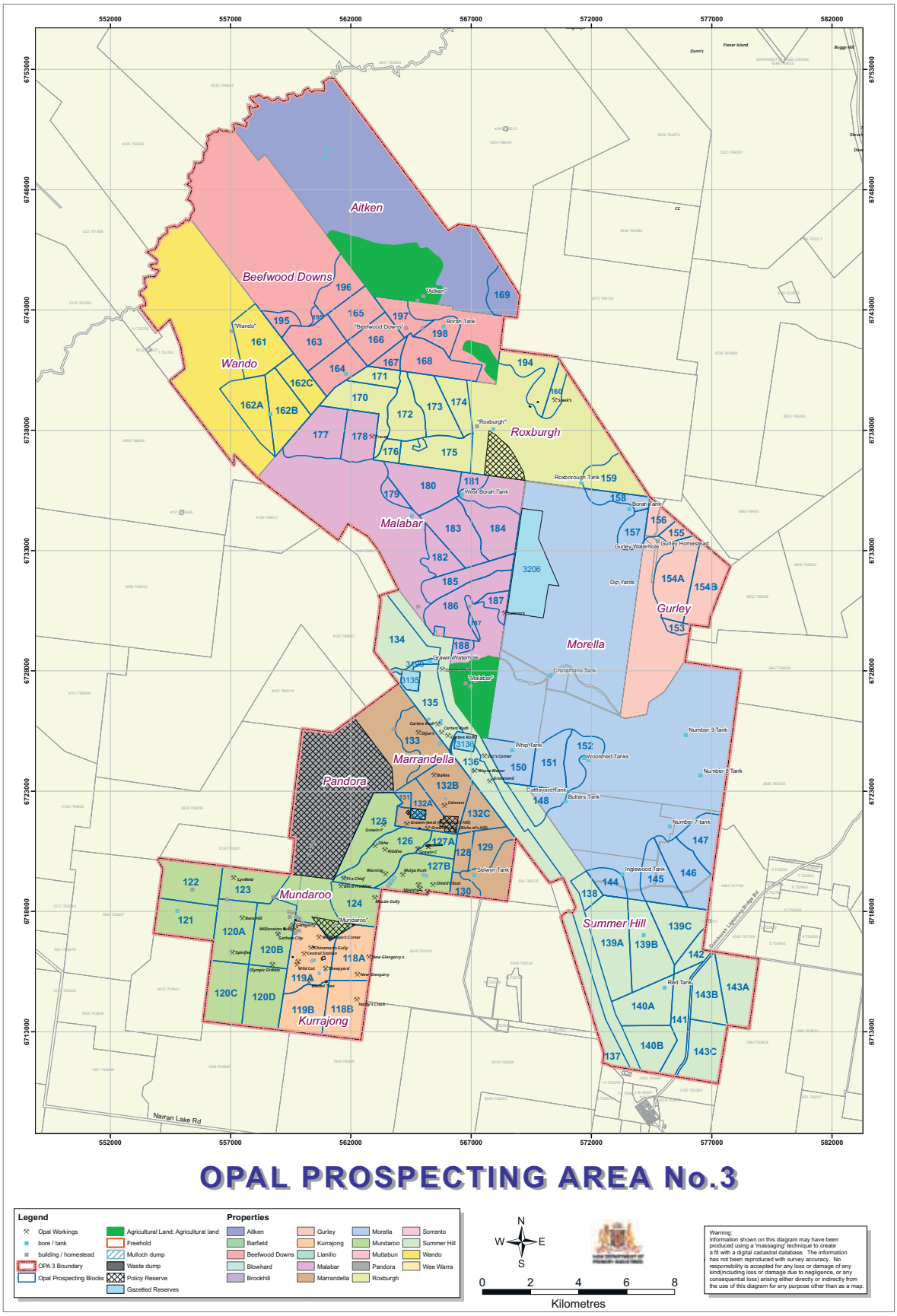


Abb. 4.1.3: Erkundungs- und Abbaugebiet („Opal Prospecting Area“) Nummer 3 um Lightning Ridge. (DEPARTMENT OF INDUSTRY RESOURCES & ENERGY NEW SOUTH WALES 2015).

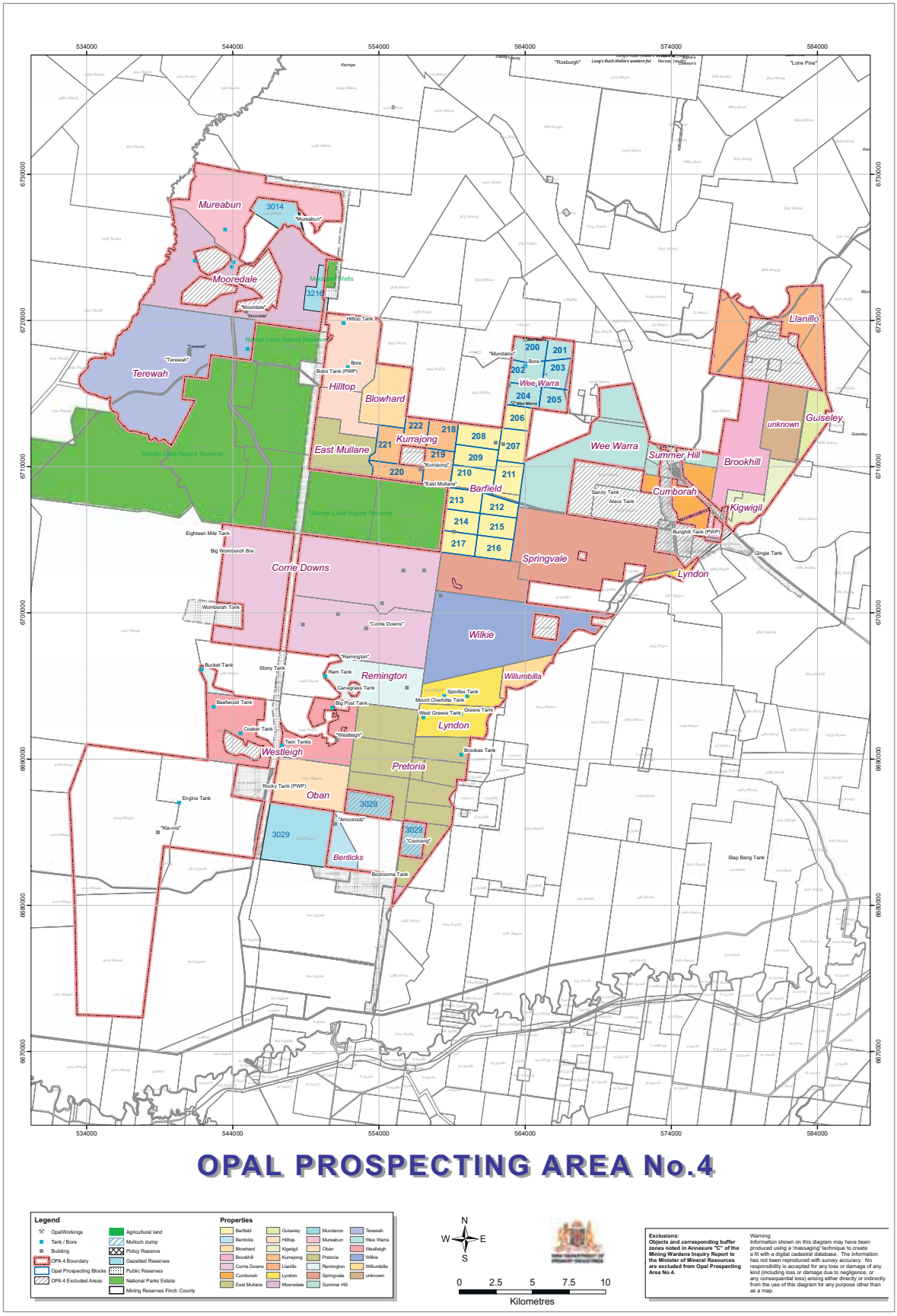


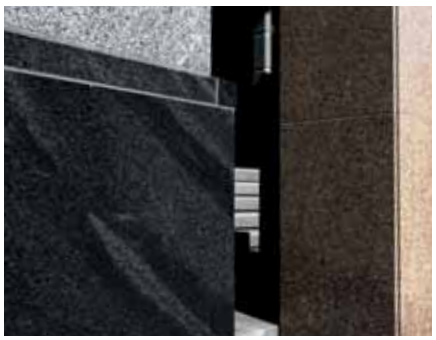
Abb. 4.1.4: Erkundungs- und Abbaugebiet („Opal Prospecting Area“) Nummer 4 um Lightning Ridge. (DEPARTMENT OF INDUSTRY RESOURCES & ENERGY NEW SOUTH WALES 2015).

4.2 Anhang zu Kapitel 2.18 – Naturwerksteine

Adelaide Black - Austral

granite, from Granites of Australia

© ASAA NATURAL STONE DESIGN MANUAL



1. Paving used in College Street. 2. Adelaide Black polished cladding. 3. Quarry works for Adelaide Black granite

Dimension Stone is a product of nature and is subject to variation in colour and texture. These images should only be considered as generally representative of the featured stone. Full size slabs are generally available to view on request.

DETAILS

Name:	Adelaide Black – Austral
Substitute Names:	Adelaide Black, Austral Black, Adelaide Black Veined
Colour & Veining:	Dark black, with subtle light flares
Stone Type:	Igneous – Gabbroic
Quarry Location:	Black Hill, South Australia
Availability:	Excellent

TYPICAL PHYSICAL PROPERTIES

Bulk Density:	2.94 – 2.97 t/m^3
Compressive Strength (dry/wet):	189 - 217 MPa/146 - 193 MPa
Flexural Strength (dry/wet):	15.5 - 16.9 MPa/16.6 - 17.7 MPa
Water Absorption by weight:	0.03 – 0.06%
Abrasion Resistance:	132.3 (Mean Abrasion Index)
Slip Resistance: (Exfoliated/Flamed)	AS/NZS 4586: Appx A. V – Very Low Risk of slipping when wet. BPN (Wet) 61
(Honed – 220 Grit Finish)	AS/NZS 4586: Appx A. X – Moderate Risk of slipping when wet. BPN (Wet) 43

PHYSICAL CHARACTERISTICS

Texture:	Fine–medium grain black
Inclusions:	Plagioclase feldspars
Degree of Polish:	High
Variation of Tonality:	Medium
Characteristics:	Fine grained
Finishes Available:	Polished, honed, exfoliated (flamed)
Forms Available:	Pavers, tiles, cobblestones, blocks, slabs, CTS panels

PETROGRAPHIC ANALYSIS: noritic gabbro / felsic gabbro

Plagioclase	50%
Pyroxene	30%
Biotite	8%
Potash Feldspar	5%
Opaque Oxides	5%
Other Minerals	2%

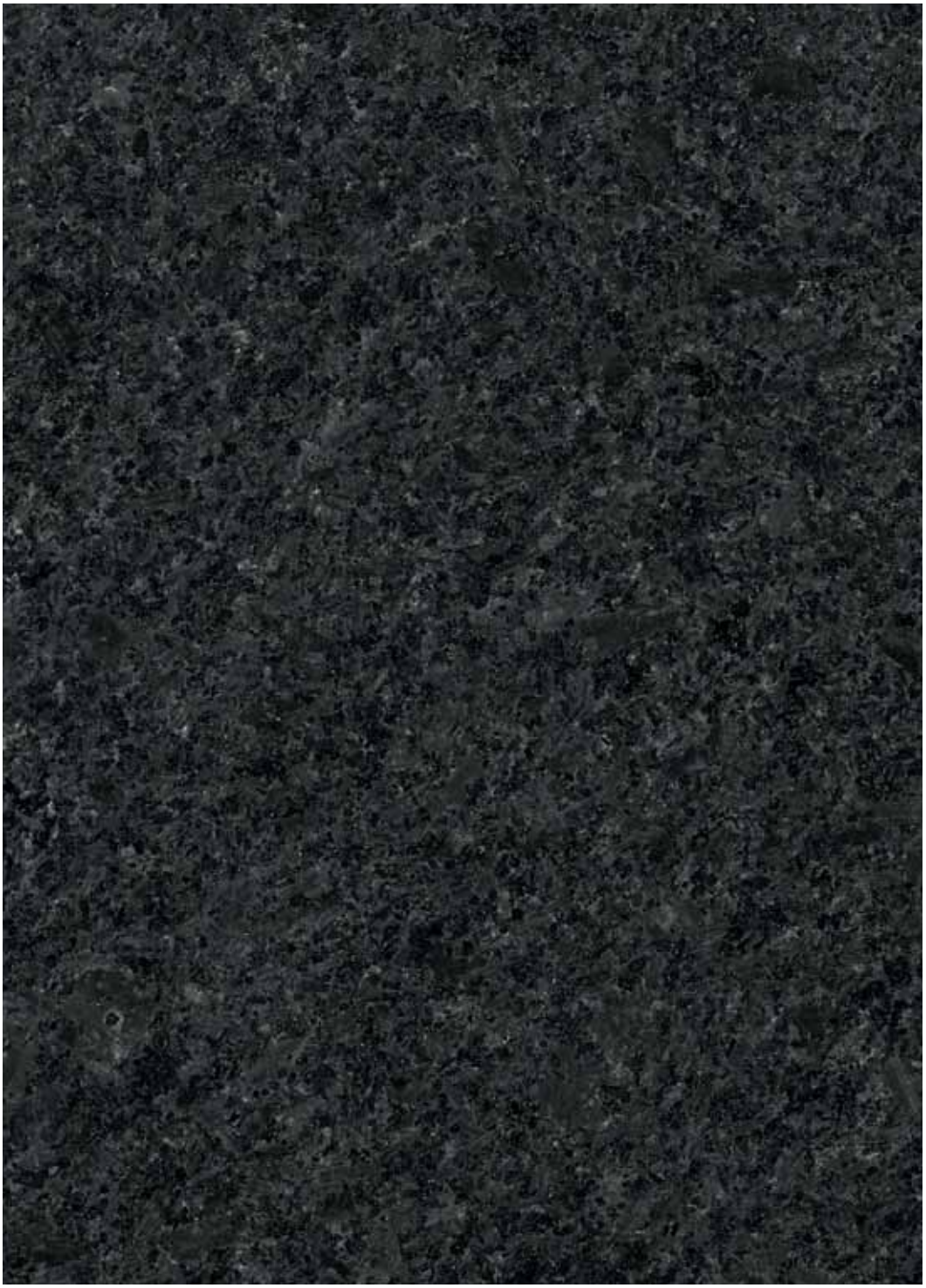
Granites of Australia

Rear 53-57 Cosgrove Road, South Strathfield NSW 2136
Phone: +61 2 8014-5444 **Fax:** +61 02 8014-5445
Email: sales@granitesofaustralia.com.au
Web: www.granitesofaustralia.com.au

© ASAA NATURAL STONE DESIGN MANUAL

Adelaide Black - Imperial

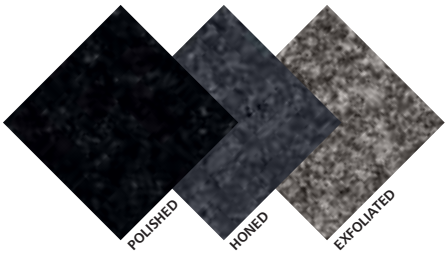
granite, from Granites of Australia



© ASAA NATURAL STONE DESIGN MANUAL

1. London War Memorial Wall. 2. Sydney Olympic pavement.

Dimension Stone is a product of nature and is subject to variation in colour and texture. These images should only be considered as generally representative of the featured stone. Full size slabs are generally available to view on request.



DETAILS

Name:	Adelaide Black - Imperial
Substitute Names:	Imperial Black, Imperial Select Black, Adelaide Black Select
Colour & Veining:	Dark black with highlight grains
Stone Type:	Igneous – Gabbroic
Quarry Location:	Black Hill, South Australia
Availability:	Excellent

TYPICAL PHYSICAL PROPERTIES

This specification is intended as a guide only. The properties of the granite specified must be assessed from the selected batch for the project as there will be variation in properties from seam to seam.

Bulk Density:	2.94 – 2.97 t/m^3
Compressive Strength (dry/wet):	189 - 217 MPa/146 - 193 MPa
Flexural Strength (dry/wet):	15.5 - 16.9 MPa/16.6 - 17.7 MPa
Water Absorption by weight:	0.03 – 0.06%
Abrasion Resistance:	132.3 (Mean Abrasion Index)
Slip Resistance: (Exfoliated/Flamed)	AS/NZS 4586: Appx A. V – Very Low Risk of slipping when wet. BPN (Wet) 61
(Honed – 220 Grit Finish)	AS/NZS 4586: Appx A. X – Moderate Risk of slipping when wet. BPN (Wet) 43

PHYSICAL CHARACTERISTICS

Texture:	Fine grain
Inclusions:	Plagioclase feldspars
Degree of Polish:	High
Variation of Tonality:	Minimal/low
Characteristics:	Fine grained
Finishes Available:	Polished, honed, exfoliated (flamed)
Forms Available:	Pavers, tiles, blocks, slabs, CTS panels

PETROGRAPHIC ANALYSIS: Fine-medium grained, black, biotite-nortite

Plagioclase	50%
Pyroxene	30%
Biotite	4%
Potash Feldspar	3%
Opaque Oxides	3%
Other Minerals	2%

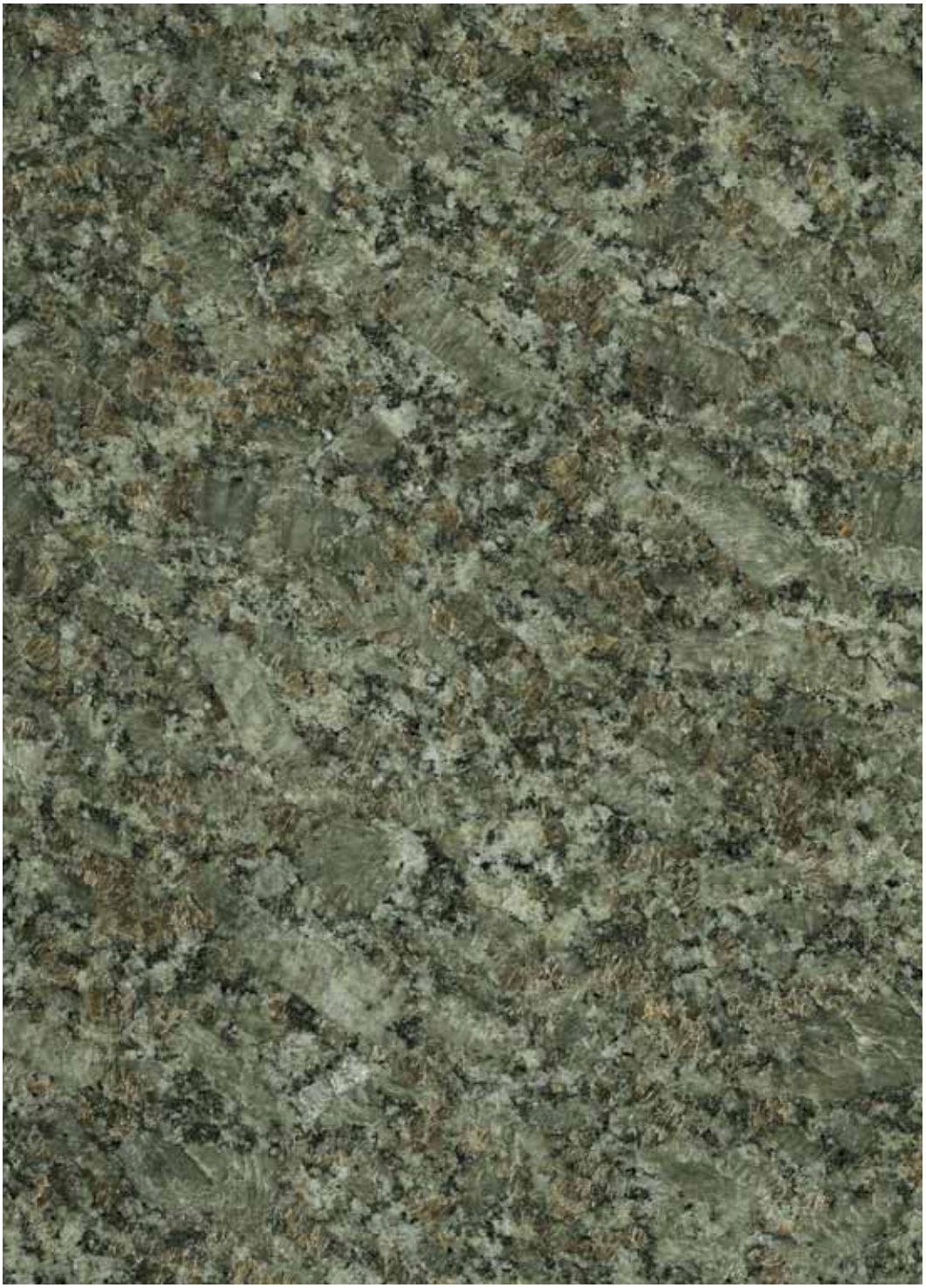
Granites of Australia

Rear 53-57 Cosgrove Road, South Strathfield NSW 2136
Phone: +61 2 8014-5444 **Fax:** +61 02 8014-5445
Email: sales@granitesofaustralia.com.au
Web: www.granitesofaustralia.com.au

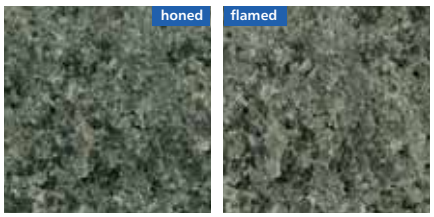
© ASAA NATURAL STONE DESIGN MANUAL

Albany Green

granite, from Melocco Stone Pty Ltd



© ASAA NATURAL STONE DESIGN MANUAL



Top: Albany Green quarry. Middle: Aurora Place, Sydney

Dimension Stone is a product of nature and is subject to variation in colour and texture. These images should only be considered as generally representative of the featured stone. Full size slabs are generally available to view on request.

DETAILS

Name:	Albany Green
Substitute Names:	None
Colour & Veining:	Green/Grey With Large Feldspars
Stone Type:	Granodiorite
Quarry Location:	Jerramungup Western Australia
Availability:	Excellent

TYPICAL PHYSICAL PROPERTIES

Bulk Density:	2.72 tonne/m³
Compressive Strength (dry/wet):	197.3/141.8 MPa
Flexural Strength (dry/wet):	10.9/10.1 MPa
Water Absorption by weight:	0.10%
Abrasion Resistance:	Not Available
Slip Resistance:	Flamed & Blasted: Class V : Very Low risk of slipping

PHYSICAL CHARACTERISTICS

Texture:	Medium Grained
Inclusions:	Minimal
Degree of Polish:	High
Variation of Tonality:	Moderate
Characteristics:	Occasional Flair
Finishes Available:	Polished, Honed, Flamed, Blasted and Satin
Forms Available:	Blocks, Slabs, Pavers, Cobbles and Cut to Size Panels

PETROGRAPHIC ANALYSIS

Plagioclase Feldspar:	58%
Microline Feldspar:	23%
Quartz:	9%
Biotite Mica:	3%
Opaque Oxide:	2%
Muscovite, Mica & Sericite:	2%
Other Minerals:	1%

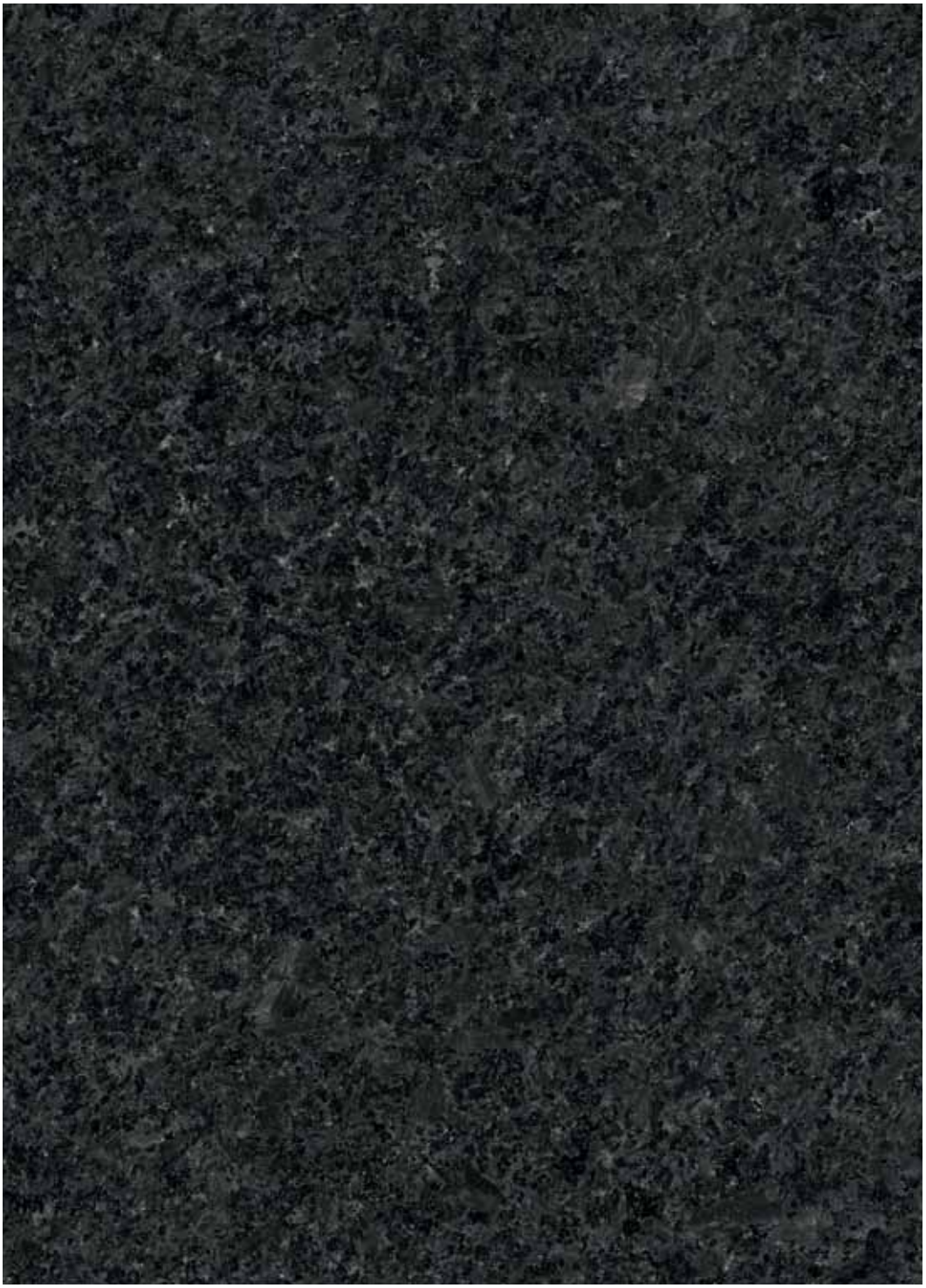
Melocco Stone Pty Ltd

Melbourne: 849 Princes Hwy, Springvale, VIC 3171 Australia
Phone: +61 3 9546 0211 **Fax:** +61 3 9547 1105
Email: melocco.vic@melocco-stone.com **Web:** www.melocco.com.au
Sydney: 1 Booth St, Annandale, NSW 2038 Australia
Phone: +61 2 9552 1414 **Fax:** +61 2 9552 1229
Email: melocco.nsw@melocco-stone.com

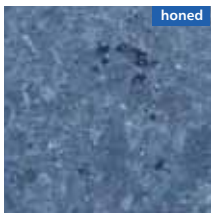
© ASAA NATURAL STONE DESIGN MANUAL

Austral Black

granite, from Melocco Stone Pty Ltd



© ASAA NATURAL STONE DESIGN MANUAL



Austral Black is one of Australia's premier granites. It has been used extensively in many major commercial projects.

Dimension Stone is a product of nature and is subject to variation in colour and texture. These images should only be considered as generally representative of the featured stone. Full size slabs are generally available to view on request.

DETAILS

Name:	Austral Black
Substitute Names:	
Colour & Veining:	Dark Black
Stone Type:	Gabbro
Quarry Location:	Black Hill, South Australia
Availability:	Excellent

TYPICAL PHYSICAL PROPERTIES

Bulk Density:	2.97 tonnes/m³
Compressive Strength (dry/wet):	217/193 MPa
Flexural Strength (dry/wet):	17.7/15.5 MPa
Water Absorption by weight:	0.03%
Abrasion Resistance:	Taber index 126
Slip Resistance:	Flamed & Blasted: Class V : Very low risk of slipping Honed: Class X: Moderate risk of slipping

PHYSICAL CHARACTERISTICS

Texture:	Fine grained black
Inclusions:	None
Degree of Polish:	High
Variation of Tonality:	Consistent background with occasional whitish flairs
Characteristics:	Fine grained
Finishes Available:	Polished, Honed, Flamed, Blasted and Satin
Forms Available:	Blocks, Slabs, Pavers, Cobbles and Cut to Size Panels

PETROGRAPHIC ANALYSIS

Plagioclase	67%
Clinopyroxene (Augite)	15%
Orthopyroxene	10%
K Feldspar	5%
Biotite	1%
Ilmenite	1%
Other Minerals	1%

Melocco Stone Pty Ltd

Melbourne: 849 Princes Hwy, Springvale, VIC 3171 Australia
Phone: +61 3 9546 0211 **Fax:** +61 3 9547 1105
Email: melocco.vic@melocco-stone.com **Web:** www.melocco.com.au
Sydney: 1 Booth St, Annandale, NSW 2038 Australia
Phone: +61 2 9552 1414 **Fax:** +61 2 9552 1229
Email: melocco.nsw@melocco-stone.com

© ASAA NATURAL STONE DESIGN MANUAL

Austral Coffee

granite, from AustralAsian Granite Pty Ltd

© ASAA NATURAL STONE DESIGN MANUAL

Austral Coffee

Dimension Stone is a product of nature and is subject to variation in colour and texture. These images should only be considered as generally representative of the featured stone. Full size slabs are generally available to view on request.

DETAILS

Name:	Austral Coffee
Substitute Names:	
Colour & Veining:	Grey / Gold with Brown / Veins
Stone Type:	Gneiss
Quarry Location:	Bruce Rock, Western Australia
Availability:	Good

TYPICAL PHYSICAL PROPERTIES

Bulk Density:	2.62 tonnes/m³
Compressive Strength (dry/wet):	176/162 MPa
Flexural Strength (dry/wet):	10.9/9.9 MPa
Water Absorption by weight:	0.30%
Abrasion Resistance:	
Slip Resistance:	

PHYSICAL CHARACTERISTICS

Texture:	Fine / Medium Grain
Inclusions:	Heavy Veins
Degree of Polish:	High
Variation of Tonality:	Medium Strong
Characteristics:	Flares and Veins
Finishes Available:	Polished, Honed, Satin, Flamed
Forms Available:	Blocks, Slabs, Tiles, CTS

PETROGRAPHIC ANALYSIS

Plagioclase Feldspar	39%
Microcline Feldspar	30%
Quartz	26%
Biotite Mica	3%
Opaque Oxide	1%
Muscovite Mica & Sericite	1%

AustralAsian Granite Pty Ltd

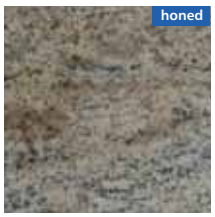
Adelaide: PO Box 144, Woodville, South Australia 5011 Australia
Phone: +61 8 8243 0055 **Fax:** +61 8 8243 0155
Email: aagranite@aagranite.com.au **Web:** www.aagranite.com.au

© ASAA NATURAL STONE DESIGN MANUAL

Austral Juparana

granite, from Melocco Stone Pty Ltd

© ASAA NATURAL STONE DESIGN MANUAL



Austral Juparana has been used successfully in many commercial projects such as 126 Phillip St and Cook & Phillip Park as well as finding favour as a striking material for domestic applications.

Dimension Stone is a product of nature and is subject to variation in colour and texture. These images should only be considered as generally representative of the featured stone. Full size slabs are generally available to view on request.

DETAILS

Name:	Austral Juparana
Substitute Names:	Bruce Rock Granite
Colour & Veining:	Yellow/Gold with Brown/Black veins
Stone Type:	Granite Gneiss
Quarry Location:	Bruce Rock, Western Australia
Availability:	Excellent

TYPICAL PHYSICAL PROPERTIES

Bulk Density:	2.62 tonnes/m³
Compressive Strength (dry/wet):	210.2/192.4 MPa
Flexural Strength (dry/wet):	13.5/12 MPa
Water Absorption by weight:	0.2%
Abrasion Resistance:	65
Slip Resistance:	Flamed & Blasted: Class V : Very Low risk of Slipping Honed: Class X: Moderate risk of Slipping

PHYSICAL CHARACTERISTICS

Texture:	Medium grained
Inclusions:	Heavy Veining
Degree of Polish:	High
Variation of Tonality:	Medium
Characteristics:	Flares and veining
Finishes Available:	Polished, Honed, Flamed, Blasted and Satin
Forms Available:	Blocks, Slabs, Pavers, Cobbles and Cut to Size Panels

PETROGRAPHIC ANALYSIS

Microline Feldspar:	30%
Plagioclase Feldspar:	30%
Quartz:	26%
Biotite Mica:	3%
Opaque Oxide:	1%
Muscovite, Mica & Sericite:	1%
Alteration Minerals:	<1%

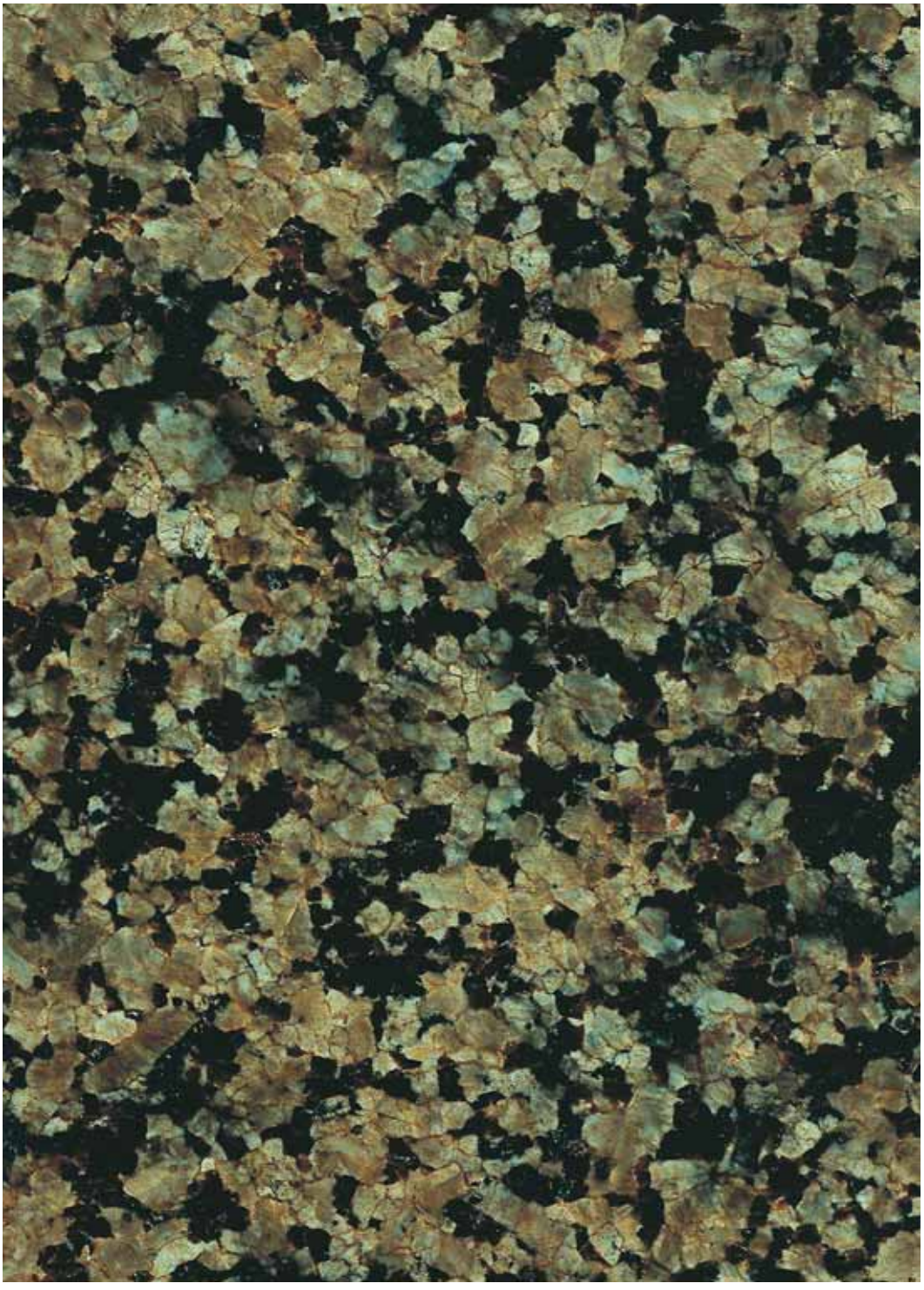
Melocco Stone Pty Ltd

Melbourne: 849 Princes Hwy, Springvale, VIC 3171 Australia
Phone: +61 3 9546 0211 **Fax:** +61 3 9547 1105
Email: melocco.vic@melocco-stone.com **Web:** www.melocco.com.au
Sydney: 1 Booth St, Annandale, NSW 2038 Australia
Phone: +61 2 9552 1414 **Fax:** +61 2 9552 1229
Email: melocco.nsw@melocco-stone.com

© ASAA NATURAL STONE DESIGN MANUAL

Balmoral Green

granite, from AustralAsian Granite Pty Ltd



© ASAA NATURAL STONE DESIGN MANUAL

Balmoral Green

Dimension Stone is a product of nature and is subject to variation in colour and texture. These images should only be considered as generally representative of the featured stone. Full size slabs are generally available to view on request.

DETAILS

Name:	Balmoral Green
Substitute Names:	Padthaway Green
Colour & Veining:	Green
Stone Type:	Granite
Quarry Location:	Padthaway, South Australia
Availability:	Good

TYPICAL PHYSICAL PROPERTIES

Bulk Density:	2.63 tonnes/m³
Compressive Strength (dry/wet):	133/121 MPa
Flexural Strength (dry/wet):	12.8/12.3 MPa
Water Absorption by weight:	0.23%
Abrasion Resistance:	
Slip Resistance:	

PHYSICAL CHARACTERISTICS

Texture:	Medium Grain
Inclusions:	None
Degree of Polish:	High
Variation of Tonality:	Very Minor
Characteristics:	Consistent in Colour and Texture
Finishes Available:	Polished, Honed, Satin, Flamed
Forms Available:	Blocks, Slabs, Tiles, CTS

PETROGRAPHIC ANALYSIS

K-Feldspar	52%
Quartz	35%
Plagioclase	10%
Hornblende	2%
Biotite	1%

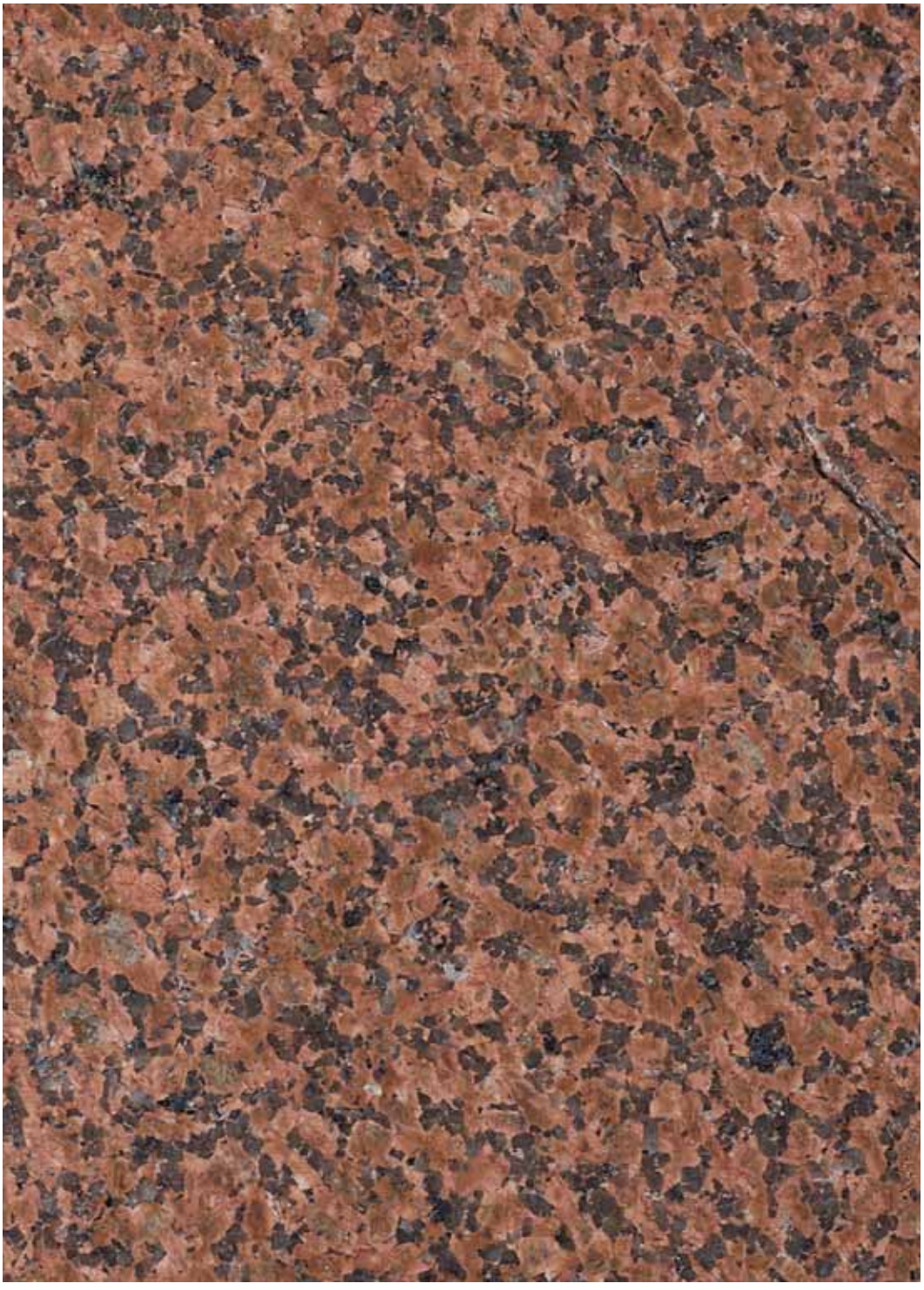
AustralAsian Granite Pty Ltd

Adelaide: PO Box 144, Woodville, South Australia 5011 Australia
Phone: +61 8 8243 0055 **Fax:** +61 8 8243 0155
Email: aagranite@aagranite.com.au **Web:** www.aagranite.com.au

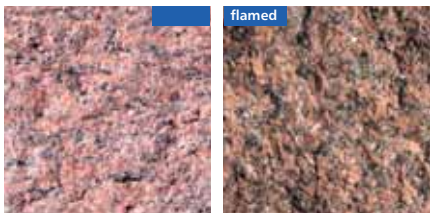
© ASAA NATURAL STONE DESIGN MANUAL

Calca Red

granite, from Tillett Natural Stone Industries



© ASAA NATURAL STONE DESIGN MANUAL



Calca Red is available in a variety of finishes

Dimension Stone is a product of nature and is subject to variation in colour and texture. These images should only be considered as generally representative of the featured stone. Full size slabs are generally available to view on request.

DETAILS

Name:	Calca Red
Substitute Names:	-
Colour & Veining:	Pink and Red consistent
Stone Type:	Granite
Quarry Location:	Streaky Bay South Australia
Availability:	Excellent – Large blocks readily available

TYPICAL PHYSICAL PROPERTIES

Bulk Density:	2.67 tonnes/m³
Compressive Strength (dry/wet):	150/148 Mpa
Flexural Strength (dry/wet):	10/11.5 Mpa
Water Absorption by weight:	0.17
Abrasion Resistance:	133 (Taber Index)
Slip Resistance:	not available

PHYSICAL CHARACTERISTICS

Texture:	Consistent
Inclusions:	Minimal
Degree of Polish:	High
Variation of Tonality:	Minimal
Characteristics:	Consistent
Finishes Available:	Polished, honed, etched, flamed, gang sawn & diamond sawn
Forms Available:	Slabs, blocks, custom

PETROGRAPHIC ANALYSIS

Potash feldspar:	50%
Quartz:	35%
Plagioclase:	5%
Stilpnomelane:	5%
Chlorite:	2%

Tillett Natural Stone Industries

3 Coglin Street, Hindmarsh, SA 5007
Phone: +61 8 8346 0971 **Fax:** +61 8 8346 0884
Email: granite@tillett.com.au **Web:** www.tillett.com.au

© ASAA NATURAL STONE DESIGN MANUAL

Darwin Brown

granite, from Melocco Stone Pty Ltd

© ASAA NATURAL STONE DESIGN MANUAL

Darwin Brown was used both internally and externally on the ANZ headquarters development at 380 Collins St Melbourne and the Northern Territory Parliament House and Supreme Court in Darwin.

Dimension Stone is a product of nature and is subject to variation in colour and texture. These images should only be considered as generally representative of the featured stone. Full size slabs are generally available to view on request.

DETAILS

Name:	Darwin Brown
Substitute Names:	None
Colour & Veining:	Brown
Stone Type:	Granite: Hornblende Quartz Syenite
Quarry Location:	Mt Bundy, NT
Availability:	Good

TYPICAL PHYSICAL PROPERTIES

Bulk Density:	2.706 tonnes/m³
Compressive Strength (dry/wet):	207/187 MPa
Flexural Strength (dry/wet):	11.1/9.6 MPa
Water Absorption by weight:	0.121%
Abrasion Resistance:	Not available
Slip Resistance:	Not available

PHYSICAL CHARACTERISTICS

Texture:	Medium elongated grain
Inclusions:	Some black inclusions
Degree of Polish:	High
Variation of Tonality:	Low
Characteristics:	Medium brown crystals with a black background
Finishes Available:	Polished, Honed, Flamed, Blasted and Satin
Forms Available:	Blocks, Slabs, Pavers, Cobbles and Cut to Size Panels

PETROGRAPHIC ANALYSIS

Feldspar:	68%
Hornblende:	12%
Quartz:	5%
Biotite:	5%
Opaque Oxides	3%
Allanite:	3%

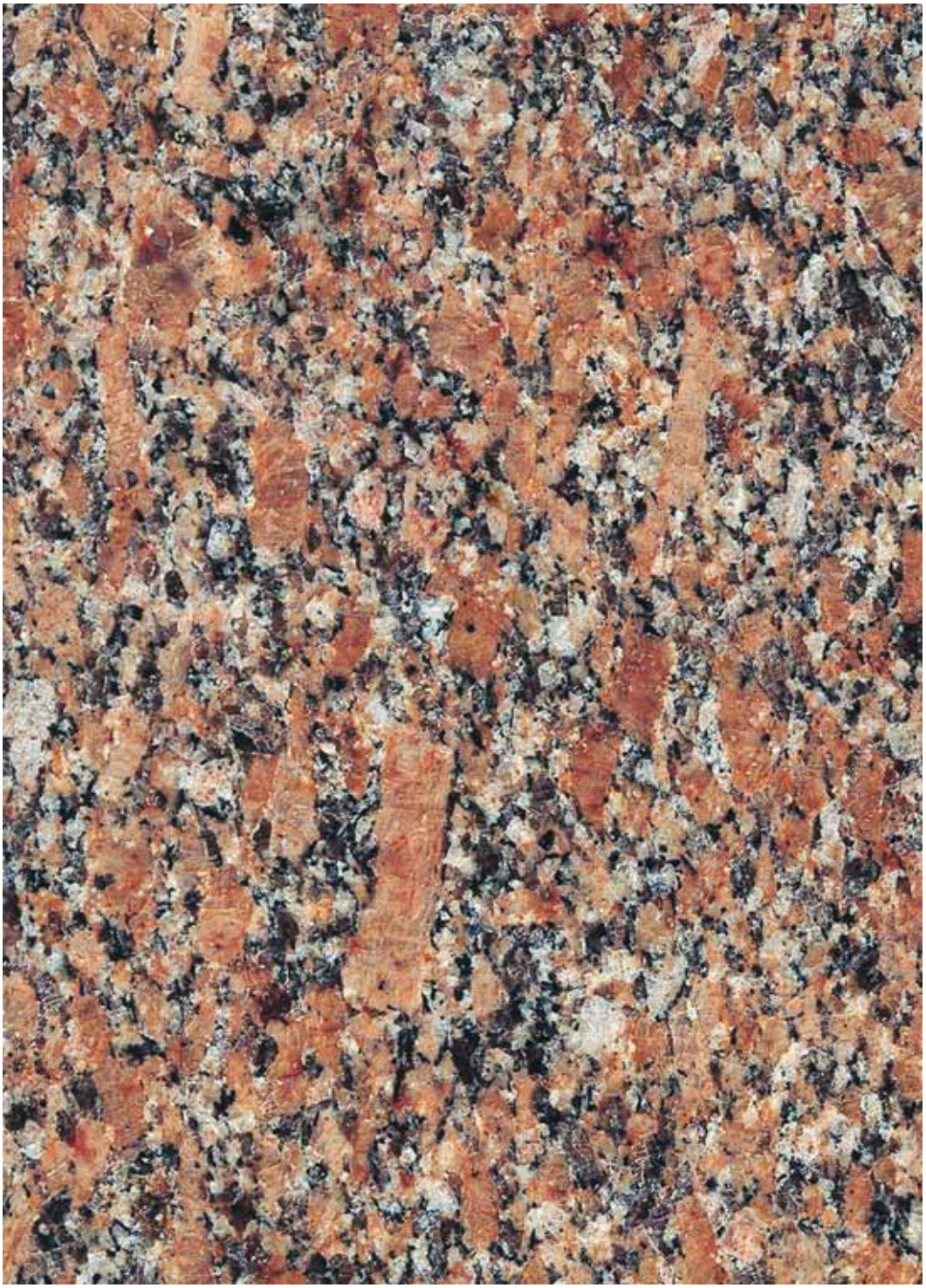
Melocco Stone Pty Ltd

Melbourne: 849 Princes Hwy, Springvale, VIC 3171 Australia
Phone: +61 3 9546 0211 **Fax:** +61 3 9547 1105
Email: melocco.vic@melocco-stone.com **Web:** www.melocco.com.au
Sydney: 1 Booth St, Annandale, NSW 2038 Australia
Phone: +61 2 9552 1414 **Fax:** +61 2 9552 1229
Email: melocco.nsw@melocco-stone.com

© ASAA NATURAL STONE DESIGN MANUAL

Desert Brown

granite, from AustralAsian Granite Pty Ltd



© ASAA NATURAL STONE DESIGN MANUAL

Desert Brown

Dimension Stone is a product of nature and is subject to variation in colour and texture. These images should only be considered as generally representative of the featured stone. Full size slabs are generally available to view on request.

DETAILS

Name:	Desert Brown
Substitute Names:	Esperance Pink, Salmon Pink
Colour & Veining:	Light Brown
Stone Type:	Granite
Quarry Location:	Esperance, Western Australia
Availability:	Good

TYPICAL PHYSICAL PROPERTIES

Bulk Density:	2.65 tonnes/m³
Compressive Strength (dry/wet):	140/104 MPa
Flexural Strength (dry/wet):	13/12.8 MPa
Water Absorption by weight:	0.12%
Abrasion Resistance:	
Slip Resistance:	

PHYSICAL CHARACTERISTICS

Texture:	Medium Grain
Inclusions:	Some Quartz and Biotite Lines
Degree of Polish:	High
Variation of Tonality:	Very Minor
Characteristics:	Directional Feldspar Crystal, Consistent in Colour and Texture
Finishes Available:	Polished, Honed, Satin, Flamed
Forms Available:	Blocks, Slabs, Tiles, CTS

PETROGRAPHIC ANALYSIS

K-Feldspar:	40%
Quartz:	25%
Plagioclase:	15%
Biotite:	10%
Sericite:	2%
Chlorite:	2%
Apatite:	2%
Opaques:	2%

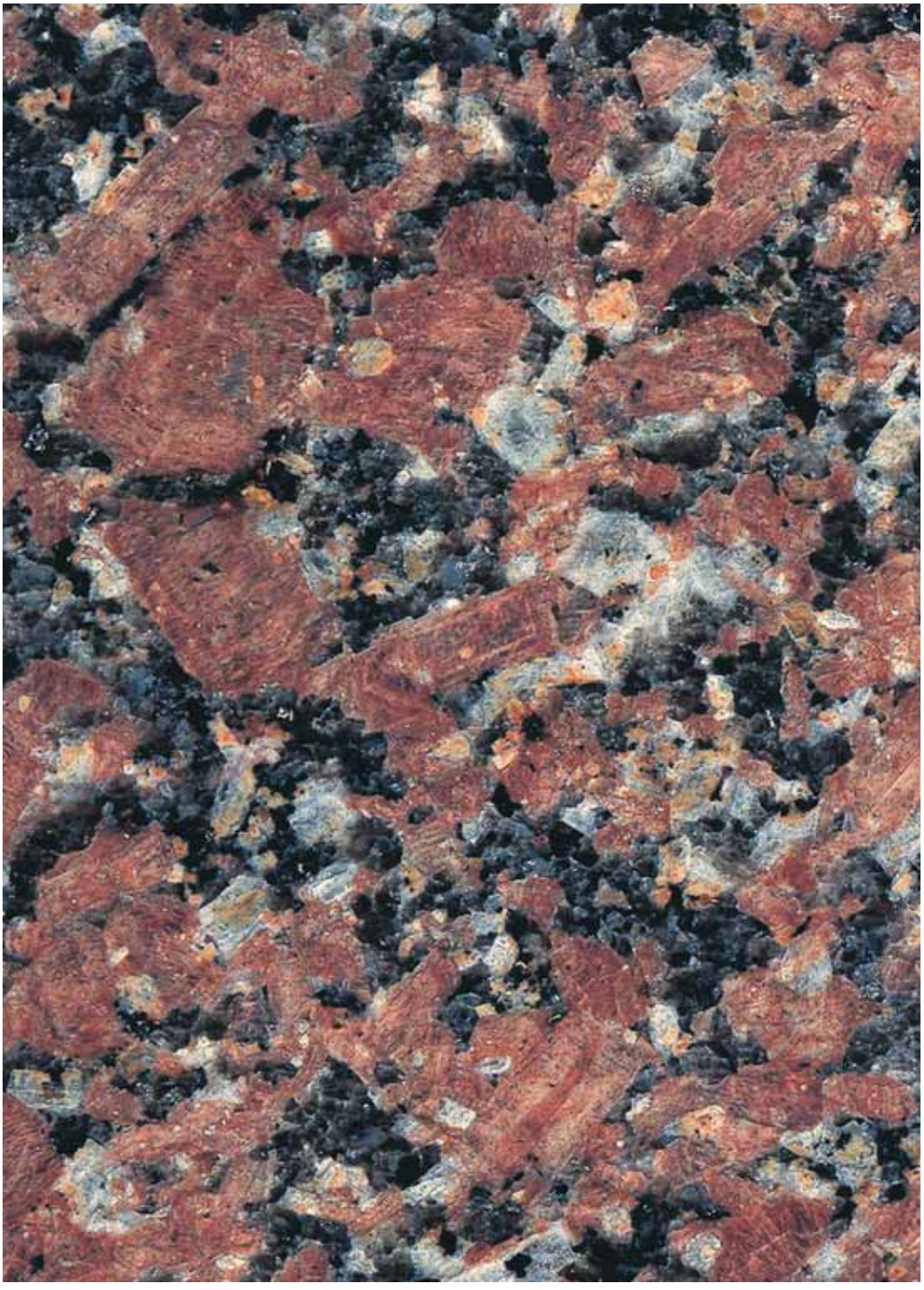
AustralAsian Granite Pty Ltd

Adelaide: PO Box 144, Woodville, South Australia 5011 Australia
Phone: +61 8 8243 0055 **Fax:** +61 8 8243 0155
Email: aagranite@aagranite.com.au **Web:** www.aagranite.com.au

© ASAA NATURAL STONE DESIGN MANUAL

Desert Rose

granite, from AustralAsian Granite Pty Ltd



© ASAA NATURAL STONE DESIGN MANUAL

Desert Rose

Dimension Stone is a product of nature and is subject to variation in colour and texture. These images should only be considered as generally representative of the featured stone. Full size slabs are generally available to view on request.

DETAILS

Name:	Desert Rose
Substitute Names:	Wudinna Granite
Colour & Veining:	Pink / Red
Stone Type:	Granite
Quarry Location:	Wudinna, South Australia
Availability:	Good

TYPICAL PHYSICAL PROPERTIES

Bulk Density:	2.93 tonnes/m³
Compressive Strength (dry/wet):	145/122 MPa
Flexural Strength (dry/wet):	11.5/11.4 MPa
Water Absorption by weight:	0.19%
Abrasion Resistance:	
Slip Resistance:	

PHYSICAL CHARACTERISTICS

Texture:	Coarse Grain
Inclusions:	None
Degree of Polish:	High
Variation of Tonality:	Very Minor
Characteristics:	Consistent in Colour and Texture
Finishes Available:	Polished, Honed, Flamed
Forms Available:	Blocks, Slabs, Tiles, CTS

PETROGRAPHIC ANALYSIS

K-Feldspar	55%
Quartz	30%
Plagioclase	12%
Biotite	2%
Other	1%

AustralAsian Granite Pty Ltd

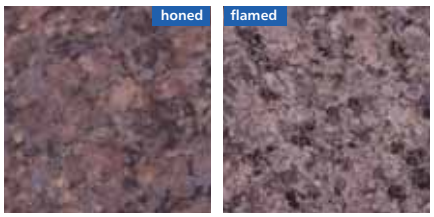
Adelaide: PO Box 144, Woodville, South Australia 5011 Australia
Phone: +61 8 8243 0055 **Fax:** +61 8 8243 0155
Email: aagranite@aagranite.com.au **Web:** www.aagranite.com.au

© ASAA NATURAL STONE DESIGN MANUAL

Dreamtime

granite, from Melocco Stone Pty Ltd

© ASAA NATURAL STONE DESIGN MANUAL



Top: Blocks of Dreamtime in the Outback not far from the renowned Devils Marbles (middle).

Dimension Stone is a product of nature and is subject to variation in colour and texture. These images should only be considered as generally representative of the featured stone. Full size slabs are generally available to view on request.

DETAILS

Name:	Dreamtime
Substitute Names:	Darwin Dreamtime
Colour & Veining:	Red/pink/blue with medium to coarse grains
Stone Type:	Granite Gneiss
Quarry Location:	Tennant Creek Northern Territory
Availability:	Reasonable

TYPICAL PHYSICAL PROPERTIES

Bulk Density:	2.65 tonnes/m³
Compressive Strength (dry/wet):	147/138 MPa
Flexural Strength (dry/wet):	19/18.7 MPa
Water Absorption by weight:	0.09%
Abrasion Resistance:	Not available
Slip Resistance:	Not available

PHYSICAL CHARACTERISTICS

Texture:	Medium to coarse grained
Inclusions:	Occasional veins
Degree of Polish:	High
Variation of Tonality:	Changes in colour between mostly blue to red
Characteristics:	Evenly grained granite with some variation in tone
Finishes Available:	Polished, Honed, Flamed, Blasted and Satin
Forms Available:	Blocks, Slabs, Pavers, Cobbles and Cut to Size Panels

PETROGRAPHIC ANALYSIS

Microline:	60%
Quartz:	30%
Plagioclase Feldspar:	5
Biotite:	3%
Muscovite:	1%
Other Minerals:	>1%

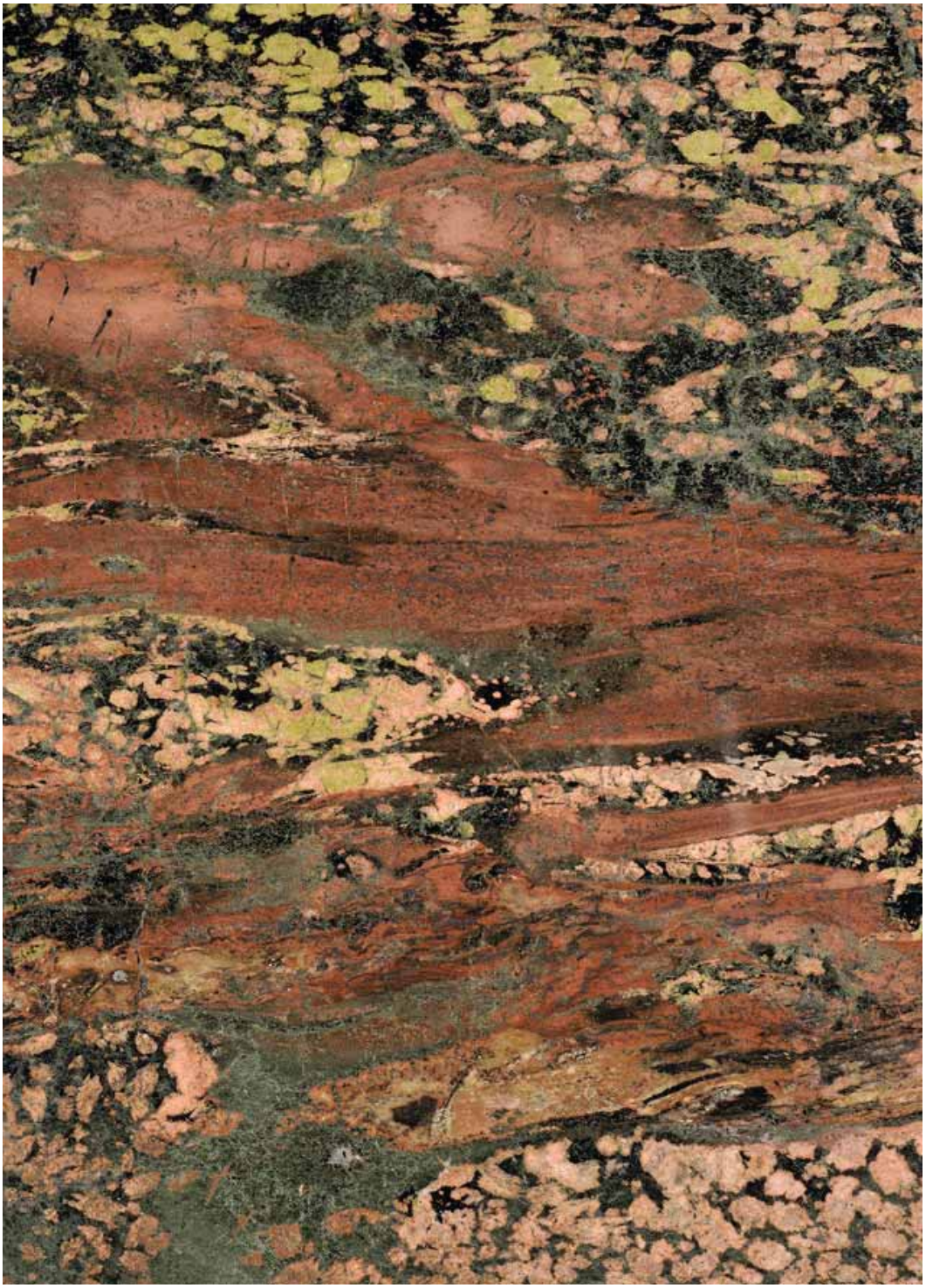
Melocco Stone Pty Ltd

Melbourne: 849 Princes Hwy, Springvale, VIC 3171 Australia
Phone: +61 3 9546 0211 **Fax:** +61 3 9547 1105
Email: melocco.vic@melocco-stone.com **Web:** www.melocco.com.au
Sydney: 1 Booth St, Annandale, NSW 2038 Australia
Phone: +61 2 9552 1414 **Fax:** +61 2 9552 1229
Email: melocco.nsw@melocco-stone.com

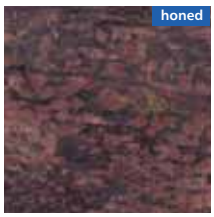
© ASAA NATURAL STONE DESIGN MANUAL

Harlequin

granite, from AustralAsian Granite Pty Ltd



© ASAA NATURAL STONE DESIGN MANUAL



Harlequin granite is exported to several countries including Italy and the USA where it has found use as an exclusive material

Dimension Stone is a product of nature and is subject to variation in colour and texture. These images should only be considered as generally representative of the featured stone. Full size slabs are generally available to view on request.

DETAILS

Name:	Harlequin
Substitute Names:	Verde Fuoco
Colour & Veining:	Red and green veins with black crystals
Stone Type:	Granite Gneiss
Quarry Location:	Wallaroo South Australia
Availability:	Good

TYPICAL PHYSICAL PROPERTIES

Bulk Density:	2.96 tonnes/m³
Compressive Strength (dry/wet):	106/218 MPa
Flexural Strength (dry/wet):	18.7/23.6 MPa
Water Absorption by weight:	0.16%
Abrasion Resistance:	0.87
Slip Resistance:	Not available

PHYSICAL CHARACTERISTICS

Texture:	Veins and Crystals forming unique patterns
Inclusions:	Absorbed in pattern
Degree of Polish:	High
Variation of Tonality:	High
Characteristics:	Variable material creating unique patterns
Finishes Available:	Polished, Honed, Flamed, Blasted and Satin
Forms Available:	Slabs, Pavers, Cobbles and Cut to Size Panels

PETROGRAPHIC ANALYSIS

Epidote:	34.5%
Pyroxene:	33.5%
Plagioclase:	19.2
Amphibole:	11.2%
Sphene:	0.6%
Carbonate:	0.6%
Other Minerals:	0.4%

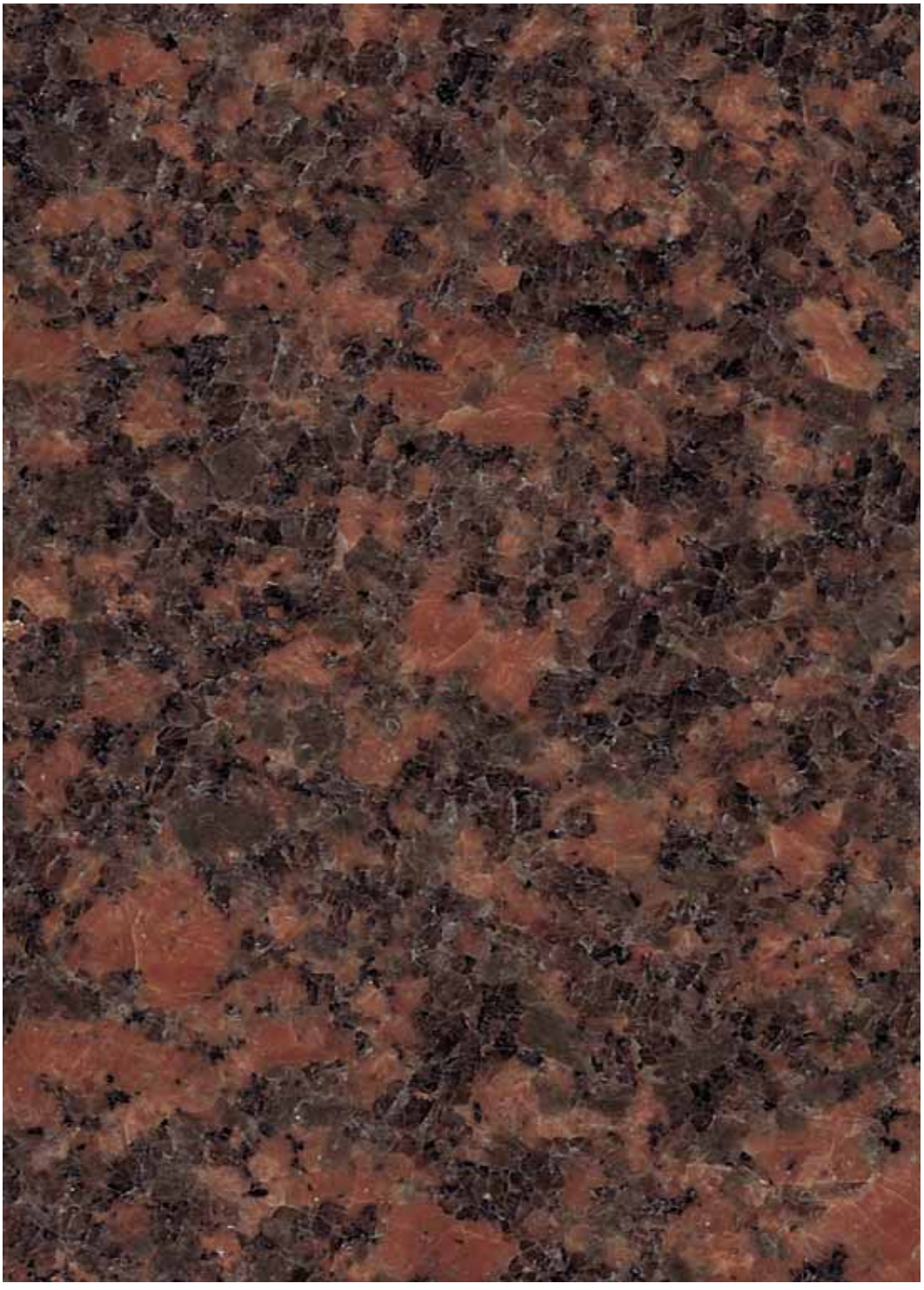
AustralAsian Granite Pty Ltd

Adelaide: PO Box 144, Woodville, South Australia 5011 Australia
Phone: +61 8 8243 0055 **Fax:** +61 8 8243 0155
Email: aagranite@aagranite.com.au **Web:** www.aagranite.com.au

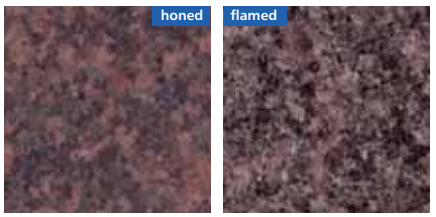
© ASAA NATURAL STONE DESIGN MANUAL

Lio Red

granite, from Melocco Stone Pty Ltd



© ASAA NATURAL STONE DESIGN MANUAL



367 Collins Street Melbourne: External and internal cladding.

Dimension Stone is a product of nature and is subject to variation in colour and texture. These images should only be considered as generally representative of the featured stone. Full size slabs are generally available to view on request.

DETAILS

Name:	Lio Red
Substitute Names:	Mudgee Red, Sydney Red, Cameron Red
Colour & Veining:	Red / Brown With Large Feldspars
Stone Type:	Granite
Quarry Location:	Mudgee NSW
Availability:	Good

TYPICAL PHYSICAL PROPERTIES

Bulk Density:	2.63 tonne/m³
Compressive Strength (dry/wet):	175/151 MPa
Flexural Strength (dry/wet):	7.5/6.1 MPa
Water Absorption by weight:	0.18%
Abrasion Resistance:	66.42
Slip Resistance:	Not Available

PHYSICAL CHARACTERISTICS

Texture:	Medium/Coarse Grained
Inclusions:	Minimal
Degree of Polish:	High
Variation of Tonality:	Low
Characteristics:	Large Red Crystals With Brown/Green Background
Finishes Available:	Polished, Honed, Flamed, Blasted and Satin
Forms Available:	Blocks, Slabs, Pavers, Cobbles and Cut to Size Panels

PETROGRAPHIC ANALYSIS

Quartz:	37%
Orthoclase:	37%
Plagioclase:	17%
Biotite:	5%
Oxide:	3%
Other Minerals:	<1%

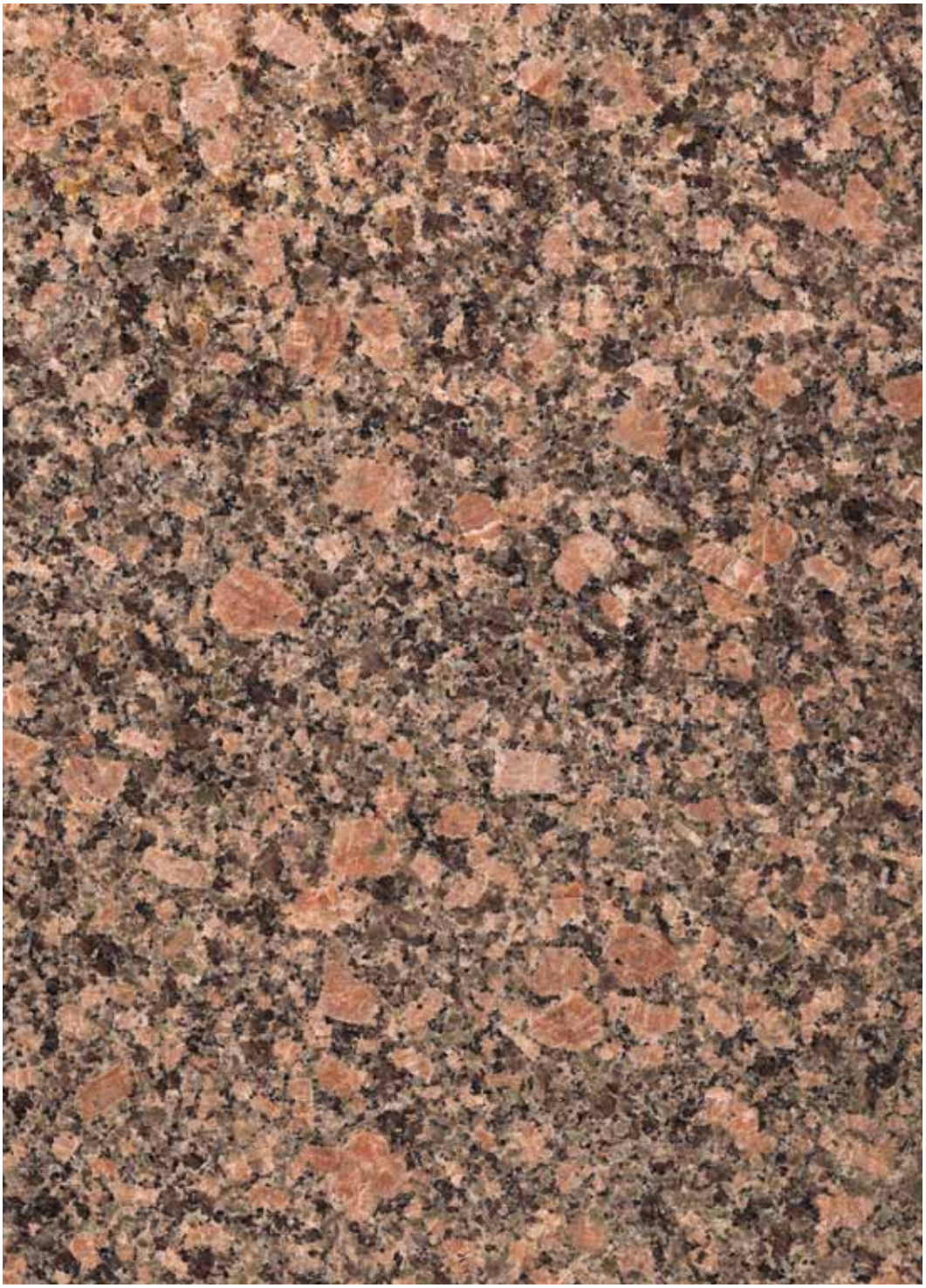
Melocco Stone Pty Ltd

Melbourne: 849 Princes Hwy, Springvale, VIC 3171 Australia
Phone: +61 3 9546 0211 **Fax:** +61 3 9547 1105
Email: melocco.vic@melocco-stone.com **Web:** www.melocco.com.au
Sydney: 1 Booth St, Annandale, NSW 2038 Australia
Phone: +61 2 9552 1414 **Fax:** +61 2 9552 1229
Email: melocco.nsw@melocco-stone.com

© ASAA NATURAL STONE DESIGN MANUAL

Mudgee Red

granite, from Granites of Australia



© ASAA NATURAL STONE DESIGN MANUAL

Mudgee Red, Gateway Building Sydney

Dimension Stone is a product of nature and is subject to variation in colour and texture. These images should only be considered as generally representative of the featured stone. Full size slabs are generally available to view on request.

DETAILS

Name:	Mudgee Red
Substitute Names:	Cameron Red, Sydney Red
Colour & Veining:	Red/green/brown/grey
Stone Type:	Igneous – granite
Quarry Location:	Mudgee, NSW
Availability:	Good

TYPICAL PHYSICAL PROPERTIES

Bulk Density:	2.63 tonnes/m³
Compressive Strength (dry/wet):	175/151 MPa
Flexural Strength (dry/wet):	6.9/5.7 MPa
Water Absorption by weight:	0.176%
Abrasion Resistance:	66.42
Slip Resistance:	Not available

PHYSICAL CHARACTERISTICS

Texture:	Medium to coarse grain
Inclusions:	Minimal – Biotite is present as an accessory mineral, predominantly as inclusions with the k-feldspar
Degree of Polish:	High
Variation of Tonality:	Moderate
Characteristics:	Red/Green/brown/grey even sized crystals, occasional flares
Finishes Available:	Polished, honed, exfoliated (flamed)
Forms Available:	Pavers, tiles, blocks, slabs, CTS panels

PETROGRAPHIC ANALYSIS

Quartz	**CD. Co-dominant.** Used for two (or more) predominating components, both or all of which are judged to be present, in roughly equal amounts.
Albite	
K-Feldspar	
Biotite	**A. Accessory.** Components judged to be between the levels of roughly 5 and 20%.
Chlorite	**Tr-A . Trace.** Components judged to be below about 5%. Accessory. Components judged to be between the levels of roughly 5 and 20%.

Granites of Australia

Rear 53-57 Cosgrove Road, South Strathfield NSW 2136
Phone: +61 2 8014-5444 **Fax:** +61 02 8014-5445
Email: sales@granitesofaustralia.com.au
Web: www.granitesofaustralia.com.au

© ASAA NATURAL STONE DESIGN MANUAL

Riverina

granite, from Granites of Australia

© ASAA NATURAL STONE DESIGN MANUAL

1. Riverina Quarry. 2. Grosvenor Place atrium café. 3. Grosvenor Place foyer – elevator shaft wall cladding.

Dimension Stone is a product of nature and is subject to variation in colour and texture. These images should only be considered as generally representative of the featured stone. Full size slabs are generally available to view on request.

DETAILS

Name:	Riverina
Substitute Names:	Riverina Grey, Sydney Grey
Colour & Veining:	White/grey/black
Stone Type:	Igneous – Granite
Quarry Location:	Tocumwal NSW
Availability:	Excellent – large sizes available

TYPICAL PHYSICAL PROPERTIES

Bulk Density:	2.63 tonnes/m^3
Compressive Strength (dry/wet):	223/190 MPa
Flexural Strength (dry/wet):	9.76/9.59 MPa
Water Absorption by weight:	0.178%
Abrasion Resistance:	64.97
Slip Resistance: (Honed – 120 Grit Finish)	AS/NZS 4586: Appx A. W – Low Risk of slipping when wet. BPN (Wet) 46
(Honed – 220 Grit Finish)	AS/NZS 4586: Appx A. X – Moderate Risk of slipping when wet. BPN (Wet) 42

PHYSICAL CHARACTERISTICS

Texture:	Medium grain
Inclusions:	Minimal – Chlorite is present in trace amounts as fine discrete inclusions with the albite
Degree of Polish:	High
Variation of Tonality:	Minimal
Characteristics:	White/grey (pale grey) equigranular/even-sized crystals
Finishes Available:	Polished, honed, diamond sawn & exfoliated (flamed)
Forms Available:	Tiles, slabs, blocks, CTS panels

PETROGRAPHIC ANALYSIS

Quartz	D. Dominant. Used for the component apparently most abundant, regardless of the probable percentage level.
Albite K-Feldspar	SD. Sub-dominant. The next most abundant component(s) providing its percentage level is judged above 20%.
Biotite	A. Accessory. Components judged to be between the levels of roughly 5 and 20%.
Chlorite	Tr-A . Trace. Components judged to be below about 5%. Accessory. Components judged to be between the levels of roughly 5 and 20%.

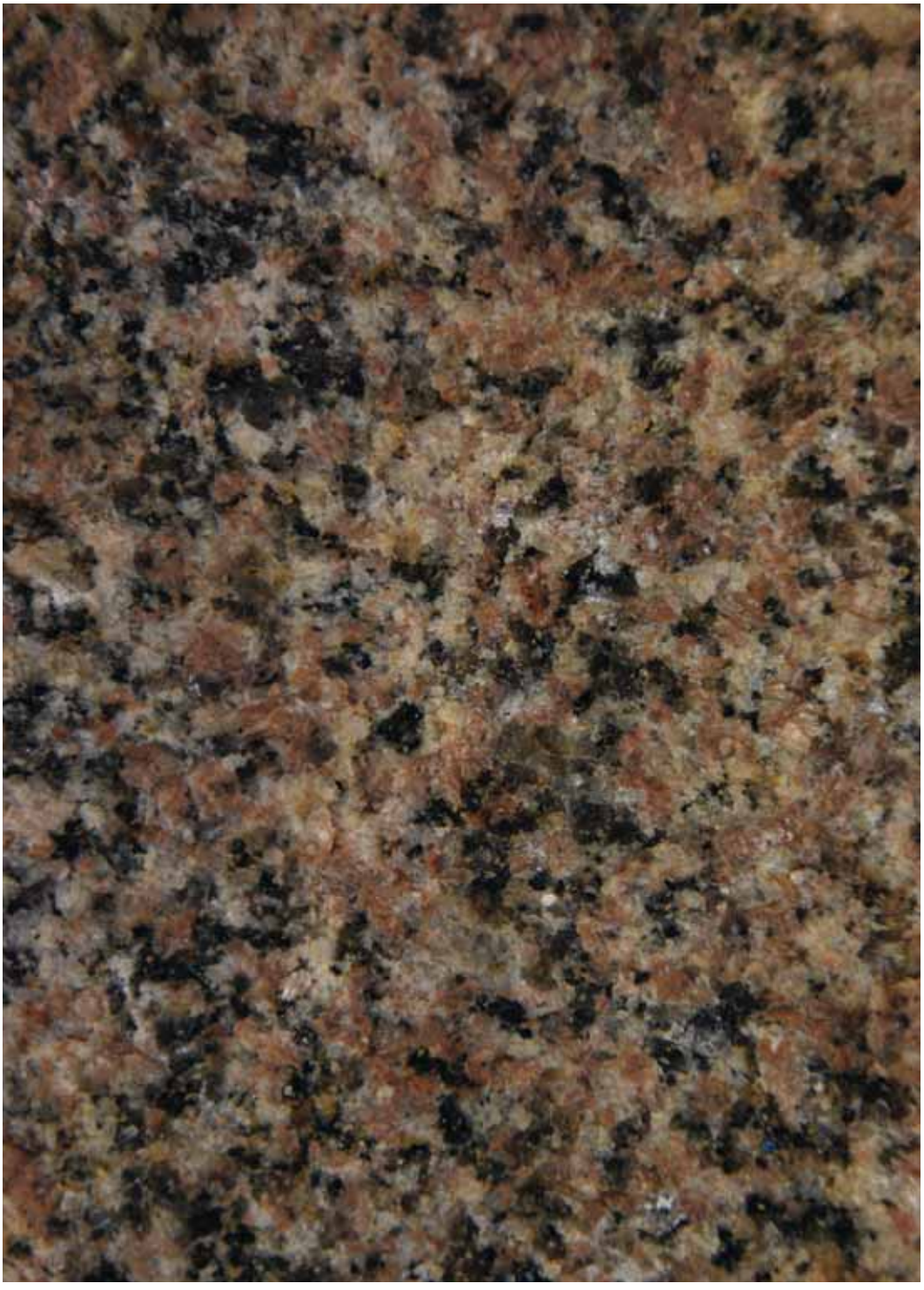
Granites of Australia

Rear 53-57 Cosgrove Road, South Strathfield NSW 2136
Phone: +61 2 8014-5444 **Fax:** +61 02 8014-5445
Email: sales@granitesofaustralia.com.au
Web: www.granitesofaustralia.com.au

© ASAA NATURAL STONE DESIGN MANUAL

Sienna Brown

granite, from Melocco Stone Pty Ltd



© ASAA NATURAL STONE DESIGN MANUAL

Sienna Brown (from Sedan, SA): Flamed setts with some split setts used on the ramp to loading dock plus paving and kerbs, Sydney.

DETAILS

Name:	Sienna Brown
Substitute Names:	Sienna
Colour & Veining:	Brownish Pink Crystal
Stone Type:	Adamellite (Granite)
Quarry Location:	Sedan, South Australia
Availability:	Readily Available

TYPICAL PHYSICAL PROPERTIES

Bulk Density:	2.62 tonne/m³
Compressive Strength (dry/wet):	197/171 MPa
Flexural Strength (dry/wet):	15/16 MPa
Water Absorption by weight:	0.15%
Abrasion Resistance:	Taber Abrasion Index 132
Slip Resistance:	Flamed: Class V (60): Very low risk of slipping

PHYSICAL CHARACTERISTICS

Texture:	Medium Grained
Inclusions:	Few
Degree of Polish:	High
Variation of Tonality:	Medium
Characteristics:	Weakly Foliated
Finishes Available:	Sawn, Flamed, Honed & Polished
Forms Available:	Blocks, Slabs, Tiles, Setts & CTS

PETROGRAPHIC ANALYSIS

Plagioclase:	35%
Microline:	30%
Quartz:	25%
Biotite:	5%
Other Minerals:	5%

Melocco Stone Pty Ltd

Melbourne: 849 Princes Hwy, Springvale, VIC 3171 Australia
Phone: +61 3 9546 0211 **Fax:** +61 3 9547 1105
Email: melocco.vic@melocco-stone.com **Web:** www.melocco.com.au
Sydney: 1 Booth St, Annandale, NSW 2038 Australia
Phone: +61 2 9552 1414 **Fax:** +61 2 9552 1229
Email: melocco.nsw@melocco-stone.com

Dimension Stone is a product of nature and is subject to variation in colour and texture. These images should only be considered as generally representative of the featured stone. Full size slabs are generally available to view on request.

© ASAA NATURAL STONE DESIGN MANUAL

Snowy River Pearl

granite, from Melocco Stone Pty Ltd

© ASAA NATURAL STONE DESIGN MANUAL

Snowy River Pearl: a granite from the highland of Victoria that features large rectangular crystals with pearl reflections.

Dimension Stone is a product of nature and is subject to variation in colour and texture. These images should only be considered as generally representative of the featured stone. Full size slabs are generally available to view on request.

DETAILS

Name:	Snowy River Pearl
Substitute Names:	None
Colour & Veining:	Salmon/Grey with Bluish Pearl
Stone Type:	Quartz Syenite Porphyry
Quarry Location:	Benambra Victoria
Availability:	Excellent

TYPICAL PHYSICAL PROPERTIES

Bulk Density:	2.65 tonnes/m³
Compressive Strength (dry/wet):	156.1/85 MPa
Flexural Strength (dry/wet):	6.52/6.44 MPa
Water Absorption by weight:	0.30%
Abrasion Resistance:	Not available
Slip Resistance:	Not available

PHYSICAL CHARACTERISTICS

Texture:	Large Crystals
Inclusions:	Some Black Inclusions
Degree of Polish:	High
Variation of Tonality:	Medium
Characteristics:	Large Rectangular Crystals w/ Pearl Reflections
Finishes Available:	Polished, Honed, Flamed, Blasted and Satin
Forms Available:	Blocks, Slabs, Pavers, Cobbles and Cut to Size Panels

PETROGRAPHIC ANALYSIS

Orthoclase:	67%
Plagioclase:	11%
Quartz:	11%
Hornblende:	5%
Biotite:	3%
Magnetite:	2%
Sericite:	1%

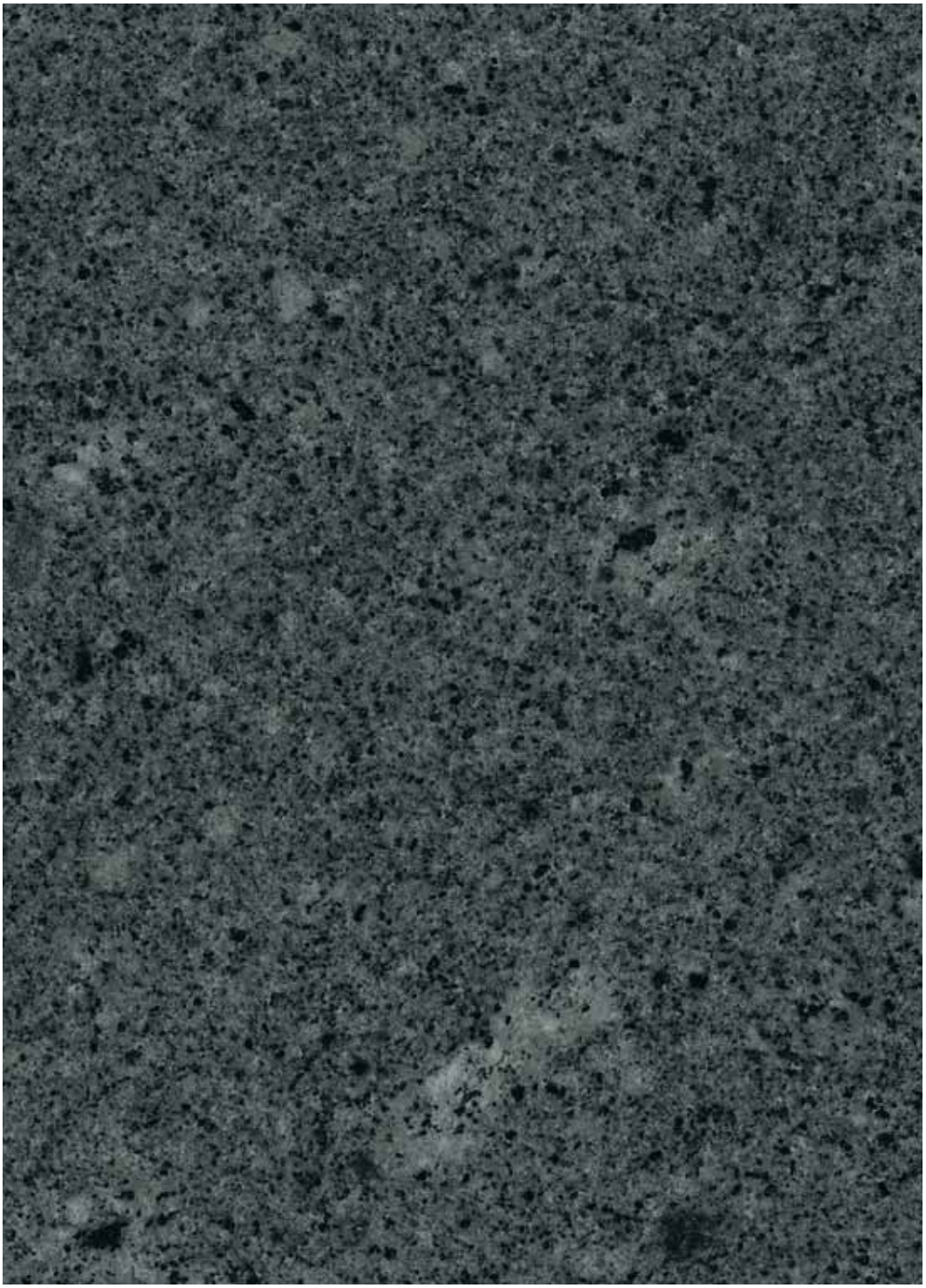
Melocco Stone Pty Ltd

Melbourne: 849 Princes Hwy, Springvale, VIC 3171 Australia
Phone: +61 3 9546 0211 **Fax:** +61 3 9547 1105
Email: melocco.vic@melocco-stone.com **Web:** www.melocco.com.au
Sydney: 1 Booth St, Annandale, NSW 2038 Australia
Phone: +61 2 9552 1414 **Fax:** +61 2 9552 1229
Email: melocco.nsw@melocco-stone.com

© ASAA NATURAL STONE DESIGN MANUAL

Steel Grey

granite, from Granites of Australia



© ASAA NATURAL STONE DESIGN MANUAL

Steel Grey, one of Australia's excellent granites.
2 & 3 MLC Centre – Sydney

Dimension Stone is a product of nature and is subject to variation in colour and texture. These images should only be considered as generally representative of the featured stone. Full size slabs are generally available to view on request.

DETAILS

Name:	Steel Grey
Substitute Names:	nil
Colour & Veining:	Blue-grey with light-grey quartz inclusions
Stone Type:	Crowded-porphritic quartz inclusions
Quarry Location:	Dundee NSW
Availability:	Good

TYPICAL PHYSICAL PROPERTIES

Bulk Density:	2.71 tonnes/m³
Compressive Strength (dry/wet):	131.5/155.9 MPa
Flexural Strength (dry/wet):	22.1/24.2 MPa
Water Absorption by weight:	0.04%
Abrasion Resistance:	0.84
Slip Resistance:	Not available

PHYSICAL CHARACTERISTICS

Texture:	Fine grain with random phenocrysts
Inclusions:	Scattered quartz – varies
Degree of Polish:	High
Variation of Tonality:	Medium/high
Characteristics:	Attractive blue-grey appearance
Finishes Available:	Polished, honed & exfoliated (flamed)
Forms Available:	Tiles, slabs, CTS panels, blocks

PETROGRAPHIC ANALYSIS

Phenocrysts:	45–55% As random crystals 0.5mm to 3mm in size: Diotie, Hornbiende, Clinopyroxene, Quartz, Plagioclase
Microphenocrysts:	20– 30% Single crystals less than 0.5mm: Biotites, Hombiende, Paglioclase, K Spar, Quartz, Apatite, Opaque Oxide, Minor Minerals
Ground Mass, Massive Compact Microcrystalline Micromosail:	2 –25%: K Spar, Plagioclase, Quartz

Granites of Australia

Rear 53-57 Cosgrove Road, South Strathfield NSW 2136
Phone: +61 2 8014-5444 **Fax:** +61 02 8014-5445
Email: sales@granitesofaustralia.com.au
Web: www.granitesofaustralia.com.au

© ASAA NATURAL STONE DESIGN MANUAL

Deutsche Rohstoffagentur
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)

Wilhelmstraße 25 – 30
13593 Berlin
Tel.: +49 30 36993 226
dera@bgr.de
www.deutsche-rohstoffagentur.de

ISBN: 978-3-943566-76-5 (Druckversion)
ISBN: 978-3-943566-75-8 (PDF)
ISSN: 2193-5319