

Späte



**Fluss- und Schwerspat
in Deutschland**

Impressum

Herausgeber: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
Stilleweg 2
30655 Hannover

Autorin: Kerstin Kuhn

Kontakt: Kerstin Kuhn
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
Stilleweg 2
30655 Hannover
kerstin.kuhn@bgr.de

Layout: Jolante Duba

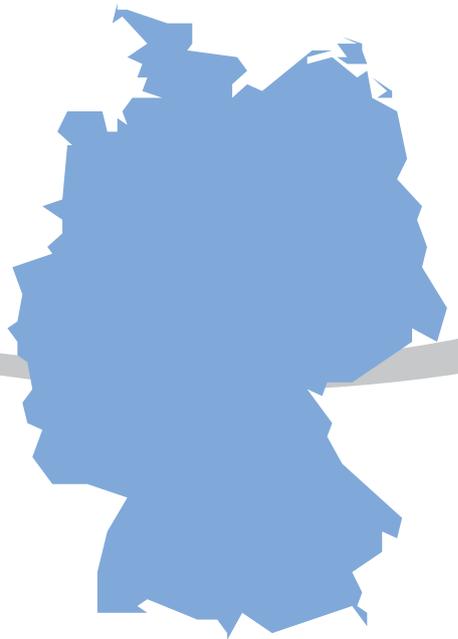
Stand: November 2017

ISBN: 978-3-943566-44-4 (Druckversion)
978-3-943566-45-1 (PDF)

Titelbild: Bohren von Sprengbohrlöchern zur Gewinnung von fluss- und schwerspatreichen Erzen in der Grube Clara im Zentralschwarzwald, Foto: Sachtleben Bergbau GmbH & Co. KG (mit frdl. Genehmigung).

Fluss- und Schwerspat in Deutschland

November 2017



Inhaltsverzeichnis

<i>Einleitung</i>	4
1 Übersicht und Definitionen	5
2 Verwendungsbereiche	9
2.1 Natürlicher Flussspat	10
2.2 Synthetische Fluorverbindungen	12
2.3 Natürlicher Schwerspat und synthetisches Bariumsulfat	20
2.4 Synthetische Bariumverbindungen	25
3 Rohstoffanforderungen	29
3.1 Flussspat	31
3.2 Schwerspat	32
4 In Abbau stehende Lagerstätten in Deutschland	35
5 Spatgewinnung und Tourismus	43
6 Wertschöpfung in der weiterverarbeitenden Industrie	49
7 Spatabbau und Naturschutz	57
8 Gibt es noch genug?	61
9 Kleine Produktionsstatistik der Fluss- und Schwerspäte	67
<i>Weiterführende Literatur</i>	

Einleitung

„Deutschland ist arm an Rohstoffen.“ Dieser oft und immer wieder gehörte Satz entspricht in seiner Einfachheit so nicht der Wahrheit und muss stark relativiert werden.

Zwar produziert Deutschland derzeit nur verschwindend geringe Mengen an Metallerzen, kann aber auf ein großes Sekundärangebot an Metallen aus dem Recycling zurückgreifen. Auch bei den Energierohstoffen – Erdgas, Erdöl und Kohle – wird zumindest ein Teil noch in Deutschland produziert. Zudem verfügt unser Land weiterhin über bedeutende Vorräte an Braun- und Steinkohlen.

Noch wesentlich besser sieht es bei den Baurohstoffen und den Industriemineralen aus. Bei allen Baurohstoffen – Ton, Sand, Kies, Splitt, Gips/Anhydrit sowie Kalkstein für die Zementherstellung – ist Deutschland ein bedeutender Produzent, von Importen unabhängig und verfügt über weitreichende Vorräte.

Auch viele wichtige Industriemineralien, z. B. Stein- und Kalisalz, Kaolin, Feld-, Fluss- und Schwerspat, Graphit sowie alle Quarzrohstoffe, kommen in Deutschland vor, stehen in Abbau und reichen teils zur Deckung unseres eigenen Bedarfs.

Eine langfristige Versorgung mit mineralischen Rohstoffen ist eine wesentliche Bedingung für den Industriestandort Deutschland. Wir können uns daher glücklich schätzen, dass Deutschland so reich an vielen der von uns benötigten Rohstoffe ist.

Zu den nicht-metallischen mineralischen Rohstoffen, die wichtige wirtschaftliche Bedeutung besitzen und die auch in Deutschland gewonnen werden, gehören Fluss- und Schwerspat. Beide Rohstoffe sind in der Öffentlichkeit relativ unbekannt, obwohl sie seit Mitte des 19. Jahrhunderts in vielen Gegenden Deutschlands in bedeutenden Mengen abgebaut wurden. Bis weit in das vergangene Jahrhundert hinein war Deutschland sogar das weltweit zweitwichtigste Förderland für Schwerspat nach den USA und förderte bis zu einer halben Million Tonnen im Jahr. Heute werden in Deutschland beide Rohstoffe nur noch in zwei Lagerstätten gewonnen.

Wo kommen in Deutschland Fluss- und Schwerspat vor? Was macht geeignete Fluss- und Schwerspatrohstoffe aus? Wer nutzt sie und für was? Wozu braucht Deutschland überhaupt einen Bergbau auf Fluss- und Schwerspat? Und welche Industrien sind diesem Bergbau in Deutschland nachgelagert?

Diese und andere Fragen rund um die Industriemineralien Fluss- und Schwerspat sollen in dieser Broschüre beantwortet werden.

Fluss- und Schwerspat – Rohstoffe für die deutsche Industrie.

1

Übersicht und Definitionen

Späte (auch Spate) ist eine wenig bekannte Bezeichnung, die von den früheren Bergleuten für gut spaltende Minerale ohne Metallglanz vergeben wurde. Im Gegensatz zu vielen metallischen Erzen brechen Späte meist entlang von parallelen Ebenen und bilden dadurch erneut glatte Flächen aus, die das Licht gut reflektieren. Flussspat bricht teilweise derart perfekt, dass die Spaltprodukte mit natürlich gewachsenen Kristallen verwechselt werden können.

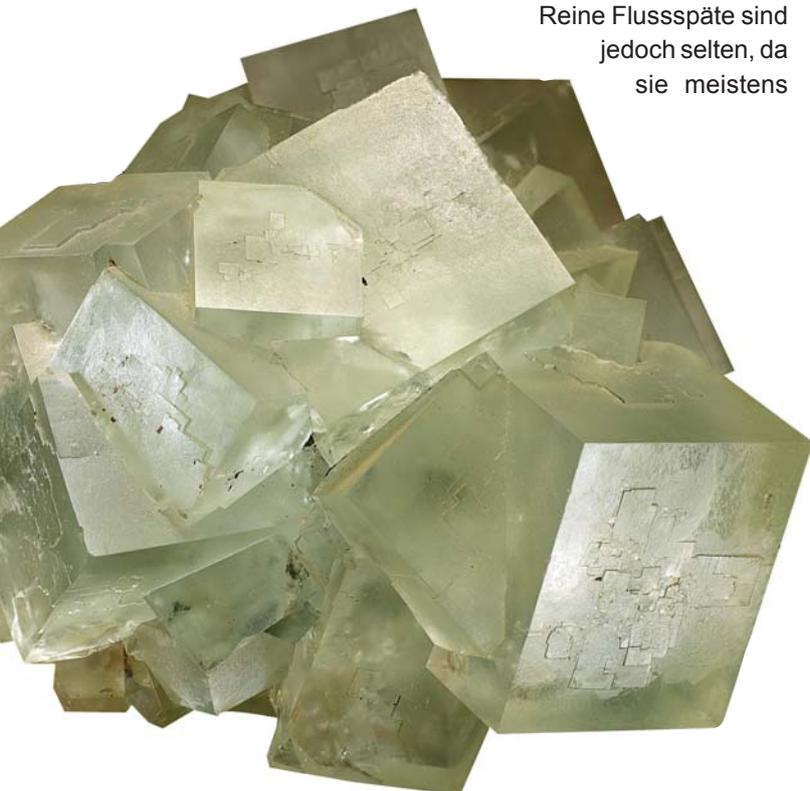
Zu den Späten zählen neben Fluss- und Schwerspat unter anderem auch Kalkspat (Calcit), Feldspat, Braunspat (Ankerit), Manganspat (Rhodochrosit), Eisenspat (Siderit) und Blauspat (Lazulith), die aber alle nicht Gegenstand dieser Broschüre sind. Die Eigenschaft des Flussspats, das Schmelzen, also den „Fluss“ von Erzen zu beschleunigen, wurde bereits im Jahr 1530 von dem berühmten deutschen Wissenschaftler Georgius Agricola (1494 – 1555) erkannt und beschrieben und brachte dem Mineral seinen deutschen Namen ein. Der Name Schwerspat rührt von seiner hohen Dichte bzw. seinem hohen Gewicht her, was dem Bergmann die Unterscheidung zu ähnlich aussehenden Mineralen erleichterte. Über Jahrhunderte als weitestgehend nutzlos eingestuft, begann der neuzeitliche Schwerspatbergbau um 1830, als mit dem aufkommenden Bedarf an lichtechten und chemisch stabilen Farbstoffen rein weiße Schwerspatmehle (Barytmehle) benötigt wurden.

Flussspat

Flussspat ist die alte bergmännische Bezeichnung des Minerals Fluorit (CaF_2), das seinen wissenschaftlichen Namen erst Mitte des 19. Jahrhunderts (1852) nach der Entdeckung des gasförmigen Elements Fluor im Jahr 1811 erhielt. Das zur Gruppe der einfachen Halogenide gehörende Mineral besteht aus Calciumfluorid mit einer theoretischen Zusammensetzung von 51,3 % Calcium und 48,7 % Fluor. Flussspat ist das wichtigste und häufigste Fluormineral. Weitere Fluormineralen, die auch als Rohstoffe zur Gewinnung von Fluorverbindungen genutzt werden, sind Kryolith (Na_3AlF_6) und Fluorapatit ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$). In seiner reinen Form ist Flussspat farblos und durchsichtig bis durchscheinend.

Reine Flussspäte sind jedoch selten, da sie meistens

geringe Mengen anderer Elemente, beispielsweise Seltene Erden, Eisen (Fe), Magnesium (Mg), Mangan (Mn), Strontium (Sr) und Uran (U) enthalten. Diese sogenannten „Verunreinigungen“ (meistens Seltene Erden) sowie untergeordnet auch Fehler in der Gitterstruktur des Kristalls können ihm die unterschiedlichsten Farbtöne verleihen, die von gelb, hellgrün, blaugrün, hellblau über rosa, rot, rot-orange und violett bis hin zu einem tiefen schwarzviolett reichen können. Damit gehört Flussspat zu den farbenprächtigsten Mineralen und wird sogar teilweise als Halbedelstein eingestuft. Als Schmuckstein ist er jedoch aufgrund seiner relativ geringen Härte (Mohs'sche Härte von 4) wenig interessant und wird nur gelegentlich zu kunstgewerblichen Gegenständen oder facettierten Schmucksteinen verarbeitet. Ein weiteres Merkmal des Flussspats ist die auftretende Fluoreszenz unter ultraviolettem Licht, die zwar nicht an ihm zuerst, aber an ihm am einfachsten beobachtet wurde und vom englischen Flussspatnamen „fluorspar“ abgeleitet wurde. Hierbei leuchtet das Mineral in Farben, wie z. B. blau, rot oder rosa.



Kann Flussspat in Hohlräumen frei wachsen, bildet er meist perfekt würfelige Kristalle, wie in dieser Mineralstufe aus der Grube Clara im Zentralschwarzwald, Foto: Wolfgang Wendel (mit frdl. Genehmigung).

Schwerspat

Schwerspat als bergmännische Bezeichnung für das Mineral Baryt (aus dem Griechischen barys = schwer) gehört chemisch zur Gruppe der Sulfate. Es handelt sich hierbei um Bariumsulfat (BaSO_4), das in reiner Zusammensetzung aus 58,8 % Barium, 13,7 % Schwefel und 27,4 % aus Sauerstoff besteht. Schwerspat liegt größtenteils in Form massiger Mineralaggregate vor. In Hohlräumen entwickelt er oft dünntafelige und untergeordnet auch säulige oder keilförmige Kristalle. Schwerspat ohne Fremdbeimengungen ist farblos oder von weißer Farbe. Durch Fremdbeimengungen kann er aber auch viele andere Farben, wie rosa (Spuren von Mangan) oder gelblich (Spuren von Eisen) annehmen. Selten kommen auch grüne, blaue oder schwarze Schwerspäte vor. Eine seltene Erscheinungsform des Schwerspats, die in Sanden gebildet werden kann, sind Barytrosen („Sandrosen“). Schwerspat besitzt eine hohe Dichte von $4,5 \text{ g/cm}^3$, ist relativ weich (Mohs'sche Härte von 3 bis 3,5) und zeichnet sich besonders durch seine hohe Beständigkeit gegen Säuren und Laugen sowie gegen Verwitterungslösungen aus. Gelegentlich zeigen auch einige Schwerspäte in ultraviolettem Licht eine gelbliche, orange- oder rosafarbene Fluoreszenz.

Weißer, blättriger Schwerspat mit glänzenden Kupferkieskristallen aus der ehemaligen Schwerspatgrube Dreislar im Sauerland, Foto: BGR.





Auf den Flussspatwürfeln dieser Mineralstufe aus der Grube Anton bei Wieden im Südschwarzwald sitzen blättrige Schwerspatkristalle (orange bis weiß), die erst nach dem Flussspat gebildet wurden, Foto: Wolfgang Werner, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Regierungspräsidium Freiburg (mit frdl. Genehmigung).

2

Verwendungsbereiche

2.1 Natürlicher Flussspat

Chemische Industrie

In Deutschland wurden im Jahr 2016 rund 84 % des genutzten Flussspats in der chemischen Industrie zur **Herstellung von Fluorverbindungen** eingesetzt. Dabei wird der Flussspat bzw. das Flussspatkonzentrat bei hohen Temperaturen mit Schwefelsäure versetzt. Nach einer anschließenden Reinigung entsteht wasserfreies Fluorwasserstoffgas (HF), das durch Zugabe von Wasser in wässrige Flusssäure (HF_{aq}) überführt werden kann. Neben dem Fluorwasserstoffgas bildet sich als verkaufsfähiges Nebenprodukt auch Calciumsulfat (CaSO_4 , Anhydrit). Dieses dient zur Herstellung von Estrichen, Fließestrichen, Spachtelmassen und Putzen. Die Flusssäure wiederum ist in der Fluorchemie ein wichtiger Ausgangsstoff zur Herstellung zahlreicher Fluorverbindungen, s. u., die ihrerseits wiederum in zahlreichen Industriebranchen Verwendung finden.

Eisen- und Stahlindustrie

Bei der **Herstellung von Stahl und Edelstahl** dient Flussspat als Flussmittel zur Erhöhung der Fließfähigkeit der Schlacken. Eine dünnflüssigere Schlacke kann das Schmelzbad besser nach oben durchströmen und der Stahlschmelze verstärkt Schwefel und Phosphor entziehen. Der Flussspatverbrauch in der Stahlindustrie schwankt, je nach eingesetztem Verfahren und Region sehr stark. So führten technische Erneuerungen, der teilweise Ersatz von Flussspat durch andere Flussmittel, das verstärkte Recycling sowie Bestrebungen zur Verminderung der Fluoremissionen seit den 1990er Jahren zu einer drastischen Abnahme des eingesetzten Flussspats



48%ige hochreine Flusssäure für den Laboreinsatz, Foto: BGR.

in Europa und Nordamerika. Einige Stahlwerke verzichten bereits ganz auf den Einsatz dieses Flussmittels. Wenn Flussspat eingesetzt wird, liegen die Mengen im Sauerstoffblasverfahren bei rund 5 – 6 kg/t Stahl, im Siemens-Martin-Verfahren bei 0,3 – 3 kg/t Stahl und im Elektroschmelzverfahren bei rund 3 – 10 kg/t Stahl. Im Elektroschmelzverfahren (Elektroschlacke-Umschmelzverfahren) wird Flussspat zusammen mit Calciumoxid (CaO) und Aluminiumoxid (Al_2O_3) in Form von künstlichen Umschmelzschlacken eingesetzt, welche Verunreinigungen aus Metallschmelzen aufnehmen können.

In Stranggießanlagen von Stahlwerken wird Flussspat darüber hinaus als Flussmittel in Gießpulvern eingesetzt. Diese Gießpulver werden auf den noch flüssigen Stahl in der Gießform (Kokille) gegeben und dabei selbst aufgeschmolzen. In dieser Form schützen sie die Oberflächen der Stähle vor Oxidation, nehmen Verunreinigungen auf und stellen im Gießprozess den Transport der teilverfestigten Stahlstränge entlang der Kokillenwände sicher.

Glas- und Keramikindustrie

Weitere Einsatzgebiete für Flussspat liegen in der Fertigung von **Fluor- und Fluorphosphatgläsern für optische Anwendungen**, in denen bis zu 25 % Fluoride enthalten sein können. Diese Spezialgläser finden beispielsweise in Form von Linsen, Prismen und Filtern Verwendung. Bereits 1886 erkannte der Mitinhaber der Firma Carl Zeiss in Jena, Ernst Abbe, die Einsatzmöglichkeit von wasserklaren bzw. hochreinen Fluoritkristallen für optische Zwecke. Heutzutage werden die extrem hohe Durchlässigkeit für UV-Strahlung und die sehr gute Laserfestigkeit der Fluor- und Fluorphosphatgläser sehr geschätzt. Wichtige Einsatzgebiete liegen hier in der Spektroskopie, in Lasersystemen, in der Halbleiterindustrie, bei Beleuchtungssystemen sowie in der Fertigung von Projektionsobjektiven z. B. in der Mikroskopie und Astronomie. Aufgrund der Seltenheit und der hohen Preise von hochreinen natürlichen Flussspatkristallen wird heutzutage meist künstlich gezüchteter Flussspat als Grundstoff für die Gläser verwendet.

Bei der Herstellung von **Pharmaglas** für Verpackungen von Arzneimitteln wird Flusspat zur Absenkung der Schmelztemperatur verwendet. Der Fluoridanteil im gewonnenen Glas liegt dabei unter 1 %.

Bei der Herstellung von **Glasfasern** kann Flusspat gemeinsam mit anderen Stoffen als sogenanntes Läutermittel eingesetzt werden. Läutermittel sind Zusatzstoffe, die zur Entgasung der Schmelze beitragen, indem sie bei sehr hohen Temperaturen der Glasschmelze selbst Gase entwickeln, die in Form größerer Blasen die kleineren mit empör reißen.

Bei der Herstellung von **Emaile (Email)** kommen verschiedene Fluoride zum Einsatz. Um die Haftung auf Metall- oder Porzellanwaren zu gewährleisten, wird stets eine Grundemaille-Schicht aufgeschmolzen und eingebrannt. Dieser Prozess wird anschließend mit einer Deckemaille-Schicht wiederholt. Während in der Emaille-Rohmasse der Grundschicht zur Herabsetzung des Schmelzpunktes ca. 5 % Flusspat zugesetzt werden, gibt man in den Deckemailles anderen Fluoriden mit höheren Trübungseigenschaften den Vorzug.

Schweißmittelproduktion

Bei der Herstellung von Schweißmitteln wird Flusspat in der **Umhüllung von Schweißelektroden** und in **Schweißpulvern** eingesetzt. So kommen beim Lichtbogenhandschweißen basisch umhüllte Stabelektroden zum Einsatz, denen Flusspat als Schlackenverdünner zugegeben wurde.

Sonstige Einsatzbereiche

Flussspat wird auch als Zusatz für Hochleistungs-Bremsbeläge eingesetzt. Dadurch wird die thermische Stabilität der Reibmaterialien im Hochtemperaturbereich (zwischen 430 und 820 °C) erhöht. Diese Eigenschaft ist besonders wichtig beim Bremsen großer Massen und hoher Geschwindigkeiten, z. B. von Hochgeschwindigkeitszügen oder bei Flugzeuglandungen.



Flussspathaltige Gießpulver sorgen in Stranggießanlagen von Stahlwerken für einen reibungslosen Betrieb in dem sie u. a. den Transport der teilverfestigten Stahlstränge entlang der Kokillenwände erleichtern, Foto: IMERYS Metalcasting Germany GmbH (mit frdl. Genehmigung).



Das Fluorphosphatglas N-FK58 XLD weist eine extrem niedrige Dispersion (Abhängigkeit der Lichtbrechung von der Wellenlänge) und sehr gute Bearbeitungseigenschaften auf und wird daher zur Farbkorrektur in optischen Systemen (z. B. in Objektiven für Spiegelreflexkameras) eingesetzt, Foto: Schott AG (mit frdl. Genehmigung).



In basisch umhüllten Stabelektroden wirkt Flusspat als Schlackenverdünner, Foto: voestalpine Böhler Welding Germany GmbH (mit frdl. Genehmigung).

2.2 Synthetische Fluorverbindungen

Chemische und Kunststoffindustrie

Rund 60 % des weltweit produzierten Fluorwasserstoffs wird in der chemischen Industrie zur Herstellung von **Fluorkohlenwasserstoffen** benötigt. Seit im Jahr 1987 der Ausstieg aus der Produktion von halogenierten Fluorchlorkohlenwasserstoffen (FCKW) von den Unterzeichnern des Montrealer Protokolls beschlossen wurde, wurden die FCKW zunächst durch teilhalogenierte Fluorchlorkohlenwasserstoffe (H-FCKW) ersetzt, die jedoch ebenfalls ein gewisses Ozonabbaupotenzial aufweisen. Mit der Erkenntnis, dass nicht das Fluor sondern vorrangig das Chlor problematisch für die Ozonschicht ist, wurden daraufhin chlorfreie Fluorkohlenwasserstoffe (FKW) entwickelt, welche die Ozonschicht nicht schädigen. Da sie aber zur Erderwärmung beitragen, werden derzeit Fluorolefinwasserstoffe (HFO) entwickelt und getestet.

Ein sehr wichtiges Einsatzgebiet für Fluorkohlenwasserstoffe ist die Kältetechnik. FKW kommen nicht nur in Kühl- und Gefrierschränken, sondern auch bei der Produktion, Verarbeitung, Transport und dem Verkauf von Lebensmitteln, in Klimaanlage, zur Motorkühlung und in Wärmepumpen zum Einsatz.

Neben der Kältetechnik werden Fluorkohlenwasserstoffe auch in großem Umfang als Treibmittel zur Verschäumung von Kunststoffen verwendet. So können beispielsweise Polyurethan und Polystyrol mit FKWs (HFOs in der Entwicklung) aufgeschäumt werden und weisen dann eine



Fluorpolymere werden auch in verschiedenen Display-Technologien eingesetzt, Foto: Pixabay.

hohe Isolierfähigkeit bei nur geringer Dichte auf. Schaumkunststoffe werden beispielsweise in Matratzen, zur Dämmung in der Bauwirtschaft, für die Herstellung von Sitzen, Lenkrädern und Innenverkleidungen von Fahrzeugen sowie als Isolierung beim Transport eingesetzt.

Ein weiterer Einsatz von Flusssäure ist die Herstellung von **Fluorpolymeren**, also Fluorkunststoffen. Diese zeichnen sich durch eine große Chemikalienresistenz, eine hohe Wärmebeständigkeit und mechanische Festigkeit, ein hohes elektrisches Isoliervermögen, eine niedrige Oberflächenspannung, einen geringen Reibungswiderstand und gute Antihafteigenschaften aus. Das bekannteste Fluorpolymer ist **Polytetrafluorethylen (PTFE)**, das vielen unter dem Handelsnamen Teflon® oder Dyneon PTFE® bekannt ist.

Ungefähr 48 % der in Europa verwendeten Fluorpolymere sind PTFEs. Durch seine hervorragende und breite Chemikalienbeständigkeit, den breiten Temperatureinsatzbereich, die sehr guten Antihaf- und (di)elektrischen Eigenschaften, die Beständigkeit gegen Versprödung und Alterung sowie die hohe Reinheit des Werkstoffes, ist PTFE ein wichtiger Bestandteil in vielen Produkten unseres Alltags. Den meisten dürfte in diesem Zusammenhang beschichtetes Koch- und Backgeschirr einfallen, doch diese Anwendung macht nach Schätzungen von Branchenkennern lediglich 4 % des in Europa eingesetzten PTFE aus. Der Hauptteil des PTFE, ca. 44 %, wird stattdessen in der chemischen Industrie und Halbleiterindustrie zum Korrosionsschutz von Anlagen, insbesondere von Pumpen, Ventilen oder Rohrleitungen, verwendet. Weitere 18 % entfallen auf den Maschinenbau mit dem Schwerpunkt auf der Lebensmittel- und Pharmaindustrie. Hier spielt der Einsatz von PTFE-Dichtungen eine wichtige Rolle. In der Elektrotechnik und Elektronik werden ungefähr 16 % des PTFE verwendet und die guten Isoliereigenschaften bei gleichzeitiger geringer Dämpfung hoher Frequenzen geschätzt. PTFE kommen außerdem bei der Chipkartenherstellung und in verschiedenen Display-Technologien zum Einsatz.

Andere Anwendungsgebiete für PTFE liegen in der Automobilindustrie (9 %) sowie der Architektur und Bauindustrie (4 %). So werden mittels PTFE-



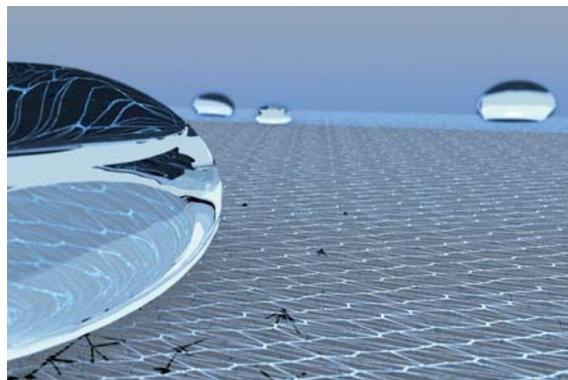
52.000 Quadratmeter PTFE-beschichtete Glasfasermembranen schützen in der „Arena da Amazônia“ vor direkter Sonneneinstrahlung bei gleichzeitig guter Belüftung. Das verwendete Glasfasergewebe hat eine hohe Zugfestigkeit und wiegt lediglich 1 – 1,5 kg/m². Foto: 3M, Copyright M. Bredt (mit frdl. Genehmigung).

beschichteter Glasfasermembranen bereits gewaltige Dachkonstruktionen, wie z. B. die der „Arena da Amazônia“ in Manaus (Brasilien) gebaut. Neben dem geringen Gewicht und der hohen Zugfestigkeit widersteht die glatte Oberfläche dauerhaft unterschiedlichen Witterungsbedingungen. Die Transluzenz (Lichtdurchlässigkeit) des Gewebes sichert dazu noch optimale Lichtverhältnisse für Zuschauer und Sportler.

Die restlichen 5 % verteilen sich auf andere Einsatzgebiete, wie z. B. die Herstellung wasserdichter und atmungsaktiver Membranen (beispielsweise GORE-TEX® oder eVent®-Membranen) aus dünnen PTFE-Membranen. Diese kommen beispielsweise in Regenbekleidung oder wasserdichten Schuhen zum Einsatz.

Zur Veredelung von Kunststoffoberflächen kann auch elementares Fluor in einer Mischung mit Stickstoff eingesetzt werden. Insbesondere in der **Folienindustrie** ist dies von großer Bedeutung, da die Fluorierung nahezu aller Arten von Folien zu einer deutlichen Erhöhung der Oberflächen-

energie und damit zu verbesserten Haftungseigenschaften führt. In den Herstellungsprozessen von Folien, wie Kleben, Beschichten, Laminieren, Lackieren und Bedrucken, ist eine gute Haftung unbedingt erforderlich.



Wasserdichte und atmungsaktive Membranen, wie die GORE-TEX® Membran, bestehen aus einer extrem dünnen Schicht aus sogenannten „gerecktem Polytetrafluoroethylen (ePTFE)“, die über mehr als 1,4 Milliarden Poren pro Quadratzentimeter verfügt, Foto: W. L. Gore & Associates GmbH (mit frdl. Genehmigung).



Aus Rohaluminium werden neben Aluminiumformguss und Aluminiumhalbzeugen z. B. auch Aluminiumfolien gefertigt. In Walzwerken lässt sich Aluminium bis auf eine Folienstärke von 0,007 mm walzen und bleibt doch komplett undurchdringlich für Licht und Aromastoffe, Foto: Norsk Hydro ASA (mit frdl. Genehmigung).

Metallindustrie

Sowohl Flusssäure, als auch zahlreiche Fluorverbindungen, finden in der Metallherstellung Verwendung. Eine herausragende Rolle spielen Fluorverbindungen in der **Aluminiumindustrie** und dort vor allem bei der Gewinnung von Aluminium aus Aluminiumoxid, welches aus dem Roherz Bauxit stammt.

Die großtechnische Herstellung von Aluminium wurde gegen Ende des 19. Jahrhunderts erst mit dem Einsatz von Kryolith (Na_3AlF_6) möglich. Im Hall-Héroult-Prozess, einem Verfahren zur Herstellung reinen Aluminiums, wird durch die Zugabe von Kryolith der hohe Schmelzpunkt des Aluminiumoxids von 2.045 °C auf etwa 950 °C gesenkt und dadurch erheblich Energie eingespart. Das zu schmelzende Gemisch besteht dabei aus 80 – 90 % Kryolith, maximal 2 – 6 % Aluminiumoxid sowie einigen Zusätzen, wie 10 – 13 % Aluminiumfluorid (AlF_3) und 2 – 6 % Calciumfluorid (CaF_2), welche die Leitfähigkeit des Elektrolyten

erhöhen und dadurch die Energieausbeute verbessern. Im Rahmen der folgenden Schmelzflusselektrolyse kann aus der entstandenen Schmelze flüssiges Aluminium mit einer Reinheit zwischen 99,0 und 99,9 % abgezogen werden.

Zur Herstellung von 1 t Aluminium werden 4 t Bauxit, bis zu 0,5 t Kohlenstoff (Graphitanode), 0 – 2 kg Kryolith, 10 – 30 kg Aluminiumfluorid und dabei etwa 13 – 15 MWh Strom verbraucht. Die geringe Menge an Flussmitteln erklärt sich dadurch, dass diese im Kreislaufprozess ständig wieder eingesetzt werden können. Heutzutage wird Kryolith fast gar nicht mehr von außen zugeführt, da es sich im Prozess selbst aus Aluminiumfluorid und Natriumoxid bildet. Natriumoxid entstammt dabei der Natronlauge, die im Bayerverfahren (Aluminiumoxidgewinnung aus Bauxit) eingesetzt wird, und gemeinsam mit dem Aluminiumoxid immer wieder neu in den Prozess gelangt.

Die abschließende Oberflächenbehandlung von Reinstaluminium wird mittels Ammoniumbifluorid und Flusssäure, als Bestandteile eines Bades zur allmählichen Einebnung der Oberfläche, durchgeführt. Als Resultat erhält man hochglänzende Aluminiumoberflächen.

Anorganische Fluoride kommen in der **Stahl- und Gießereindustrie** auch für Ätz- und Reinigungsanwendungen zum Einsatz. Beim Stahlbeizen werden beispielsweise die Oberflächen fertiger Stahlbleche aus rostfreiem Edelstahl von unerwünschten Korrosionsprodukten und anderen Verunreinigungen befreit. Diese Reinigung ist Voraussetzung für die Korrosionsbeständigkeit des Edelstahls. Zum Beizen werden Bäder, Sprays oder Pasten verwendet, die unter anderem Flusssäure, Ammoniumhydrogenfluorid, Natriumhydrogenfluorid oder Kryolith-Pulver enthalten. Ebenfalls in der Gießereindustrie werden die fertigen Gussstücke in flusssäurehaltigen Bädern von Resten des Formsandes befreit, der aus den Gussformen ausgetragen wurde.

Bei der **Gewinnung von metallischem Calcium oder Magnesium** mittels Schmelzflusselektrolyse wird Flussspat ebenfalls als Flussmittel verwendet. Bei der Gewinnung von Magnesium kommt außerdem das Gas Schwefelhexafluorid (SF_6) zum Einsatz, um als Schutzgas den Kontakt der heißen Metallschmelze mit der Umgebungsluft zu verhindern.

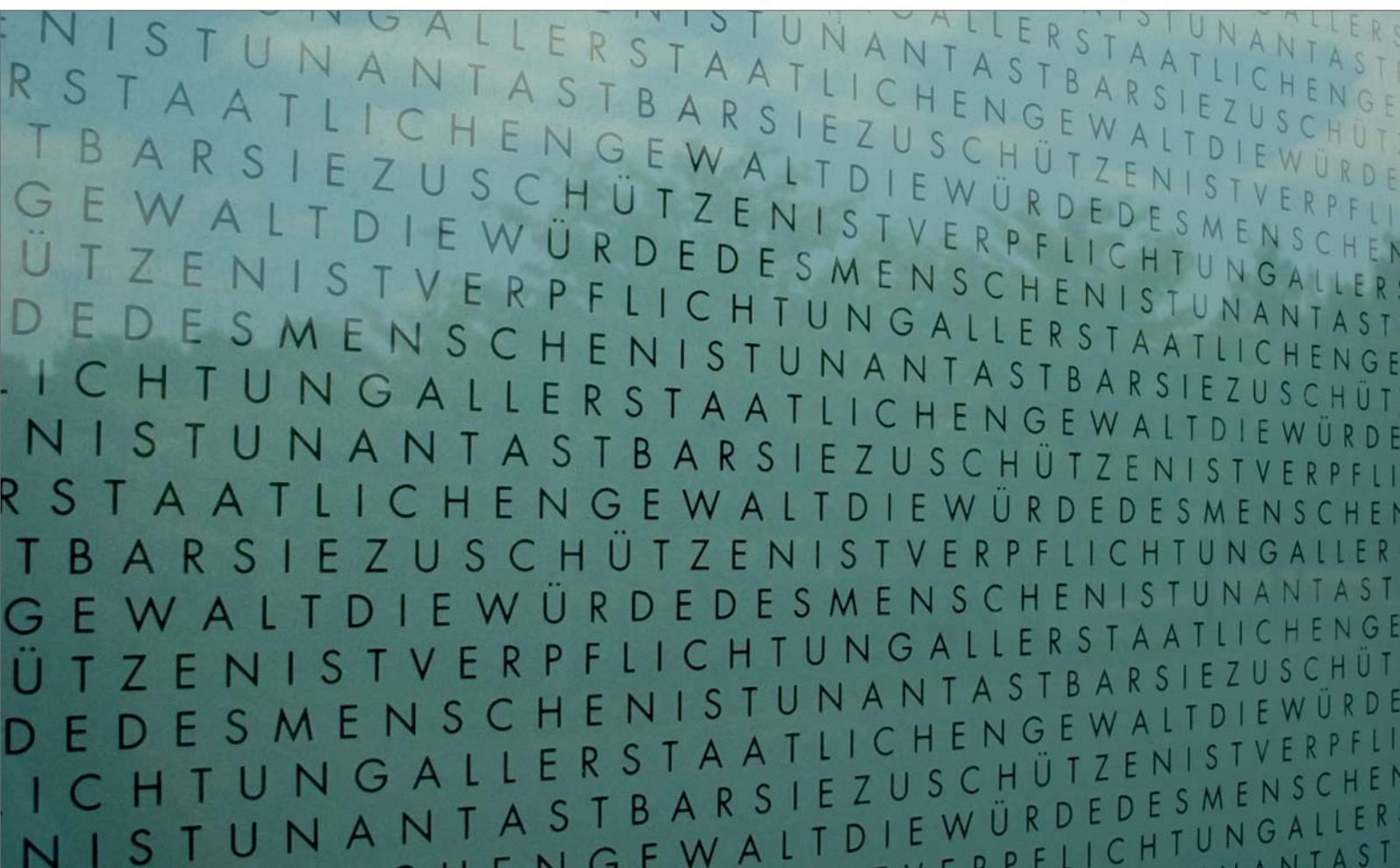
Glas- und Keramikindustrie

Bei der Herstellung von **Opakglas (Milchglas, Trübglass)** sowie von **Opalgläsern**, wird die Trübung unter anderem durch anorganische Fluoride, wie z. B. Kryolith, Erdalkalifluoride oder durch Natriumhexafluorosilikat (Na_2SiF_6) erreicht. Sie werden als sogenannte „Weißtrübungsmittel“ zugesetzt. Während Fluoride in geringen Mengen als Flussmittel wirken, setzt bei Verwendung größerer Mengen eine Trübwirkung ein, weil sich dann Calcium- und Natriumfluoridkristalle bilden. Während bei der Herstellung von Milchgläsern rund 3,5 – 4 % Fluoride zugesetzt werden, benötigt man bei Opalgläsern 10 – 20 %. Weißes Milchglas wird beispielsweise bei der Fertigung von Behältern für Cremes, Parfumflakons, Glühbirnen oder Lampenschirmen eingesetzt.

Die Eigenschaft von Flusssäure, Kieselsäure (Siliziumdioxid) lösen zu können, wird in der **Glasbear-**

beitung genutzt, um Glasoberflächen zu polieren, mattieren oder mit Dekoren zu verzieren. „**Säurepolitur**“ wird beispielsweise bei der Herstellung von Kristallglas nach dem Schliff des Musters mit einer Diamantschleifmaschine durchgeführt, um Schleifriefen zu entfernen und dem Kristallglas seinen funkelnden Glanz zu geben. Das Bad enthält unter 10 % Flusssäure und ca. 50 – 85 % Schwefelsäure. Beim „**Mattätzen**“ von Glas werden die Glasoberflächen mit Flusssäuredämpfen oder mit Flusssäure enthaltenden Ätzflüssigkeiten behandelt. Neben Flusssäure oder Salzsäure werden auch Ammoniumhydrogenfluorid oder Kalium- bzw. Natriumfluoride eingesetzt.

Auch **Keramikglasuren** enthalten anorganische Fluoridverbindungen. Hier wird am häufigstem Bariumfluorid (BaF_2) verwendet, welches sowohl als Fließ- wie auch als Trübungsmittel dient. Fluoridhaltige Glasuren werden auch für Überzüge auf glasierten Ziegeln verwendet.



Geätztes Glas mit dem ersten Absatz des ersten Artikels des Grundgesetzes am Gebäude des Bundesarbeitsgerichts in Erfurt, Foto: Alupus/Wikimedia Commons.

Elektronik/Elektrotechnik

Die bereits erwähnte Fähigkeit von Flusssäure Kieselsäure anzugreifen und zu lösen wird in verschiedenen Reinigungs- und Ätzprozessen genutzt (s. Glas). In der Elektronikindustrie ist Flusssäure deshalb im Herstellungsprozess von Halbleiterbausteinen und Solarzellen auf Silizium-Basis von großer Bedeutung. Gemeinsam mit Salpetersäure wird Flusssäure für das „**Silizium-ätzen**“ und in Form von verdünnter Flusssäure zum „**Reinigungsätzen**“ verwendet.

Für das „Silizium- und Reinigungsätzen“ können anstatt von Säuren auch fluorhaltige Ätzgase, wie perfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFC), ungesättigte PFCs, verschiedene Aromate, Schwefelhexafluorid, Stickstofftrifluorid und elementares Fluor verwendet werden. Dieses Verfahren wird „**Plasmaätzen**“ genannt und kommt beim hochpräzisen Ätzen von Oberflächen und der ultrafeinen Reinigung von Produktionsanlagen (z. B. in der Halbleiter- und Flüssigkristallbildschirmindustrie, bei der Solarzellenherstellung, in der optischen Industrie oder bei der Chipkartenherstellung) zum Einsatz.

Fluorhaltige Lithiumsalze, wie Lithiumhexafluorophosphat oder Lithiumtetrafluorborat weisen hervorragende elektrochemische Eigenschaften und eine hohe chemische und thermische Stabilität auf und können als Zusätze im Elektrolyt oder als Hauptsalz in **Lithium-Ionen-Batterien und -Akkus** eingesetzt werden. Andere Lithium-Ionen-Batterien (-Akkus) enthalten keine flüssigen Elektrolyte sondern gelartige bis feste Fluorpolymere, wie Polyvinylidenfluorid (PVDF) oder Polyvinylidenfluorid-Hexafluorpropen (PVDF-HFP), die dem Ionentransport dienen und gleichzeitig als Separator zwischen der positiven und negativen Elektrode wirken. Diese Lithium-Polymer-Akkumulatoren können als sehr dünne Schichtfolien gefertigt werden und sind besonders für den Einsatz in tragbaren Computern und Mobiltelefonen geeignet. PVDF kann darüber hinaus als Bindemittel in Anoden und Kathoden von Lithium-Ionen-Akkus verwendet werden.

Auch in der **Lithium-Graphitfluorid-Batterie** ist Fluor enthalten. Diese, nicht wieder aufladbare Batterie, wird beispielsweise in Herzschrittmachern verwendet. Des Weiteren kann Natriumfluorid als aktive Substanz in **Natrium-**





Bei der Herstellung von Solarzellen wird Flusssäure beim Siliziumätzen eingesetzt, Foto: Pixabay.

Nickelchlorid-Batterien, auch ZEBRA-Batterien genannt, eingesetzt werden. Diese finden heutzutage Anwendung in Batterie-Speicherkraftwerken und im Bereich der Rüstungsindustrie.

Als **gasförmiger Isolator** wird Schwefelhexafluorid (SF_6) als unbrennbares und sehr reaktionsträges Gas in Schaltanlagen mit Hochspannungsschaltern und in gasisolierten Rohrleitern eingesetzt. Zudem dient es als Isoliergas in Koaxialkabeln und gasisolierten Hochfrequenz-Leistungskondensatoren, die damit kleiner gebaut werden können.

Ein sorgfältiger Umgang mit diesem Gas ist sehr wichtig, weil es eines der stärksten bekannten Treib-

hausgase ist. Für viele Anwendungen werden deshalb mittlerweile und bald ausschließlich weniger klimaschädliche Gase eingesetzt.

Sonstige Einsatzbereiche

Fluoride dienen als aktive Füllstoffe in einer Vielzahl von verschiedenen **Schleifmitteln**. Sie sind in nahezu allen Hochleistungsschleifmitteln zur Metallbearbeitung enthalten. Die anorganischen Fluoride, wie natürlicher und synthetischer Kryolith, Kaliumtetrafluorborat, verschiedene Kaliumfluoroaluminat (darunter Kaliumkryolith) und Trilithiumhexafluoraluminat (Lithiumkryolith), verändern das Fließverhalten der Harze, in dem sie den Bindungssteg verstärken. Fluoride verhindern zudem das Zusetzen des Schleifmittels durch die abgetragenen Metallspäne.

In der Automobilindustrie wird elementares Fluor in einem Gemisch mit Stickstoff für die **Fluorierung von Treibstofftanks** aus Kunststoff verwendet. Die sich auf dem Kunststoff bildende dünne Schicht reduziert die Durchlässigkeit von Kraftstoff durch die Wände drastisch.

Verschiedene Kaliumfluoroaluminat (darunter Kaliumkryolith) werden als Lötflussmittel zum **Löten von Aluminiumkomponenten**, z. B. für Wärmetauscher in Autokühlern oder Klimageräten benötigt.



Organische Fluorverbindungen, wie Perfluorpolyether, können in **Schmierstoffen** für extreme Einsatzbereiche wie Temperaturen zwischen -50 und $+290$ °C, eine chemisch aggressive Umgebung oder als Lebensdauerschmierung verwendet werden.

Bei der **Herstellung von Kraftstoffen** aus Erdöl wird Fluorwasserstoff als Katalysator eingesetzt.

In der Waschmittelindustrie wird Fluorwasserstoff bei der Herstellung von einigen **waschaktiven Substanzen** benötigt. Hier dient es jedoch nicht als Ausgangsstoff, sondern lediglich als Katalysator.

Das gasförmige Uranhexafluorid (UF_6) ist für die **Isotopenanreicherung von Uran** (^{235}U) sowohl in Atomwaffen als auch in Reaktoren von Bedeutung.

In der agrochemischen Industrie werden aus Flusssäure gewonnene organische und anorganische Fluorverbindungen bei der Produktion moderner **Pflanzenschutzmittel** eingesetzt. Sowohl bei den Insektiziden, als auch bei den Herbiziden sorgt der Fluorgehalt für eine erhebliche Steigerung der Reaktivität und Selektivität. Ungefähr 20 % aller neu auf den Markt gebrachten Pflanzenschutzmittel enthalten in geringen Dosen fluorhaltige Verbindungen.

Die biozide Wirkung verschiedener Fluoride und Fluorsilikate wird auch in einigen **Holzschutzmitteln** genutzt, um den Befall des Holzes durch holzerstörende oder -verfärbende Pilze und Insekten zu verhindern.



Fluor ist weiterhin ein wichtiger Synthesebaustein in der Pharmazie. Die Wirksamkeit vieler komplexer Moleküle wird durch die Anwesenheit eines einzigen Fluoratoms bereits deutlich erhöht. Etwa die Hälfte aller neuen **Medikamente** enthält in geringen Dosen fluororganische Wirkstoffe. Dadurch ist eine geringere Dosierung bei gleicher Wirksamkeit möglich.



In diesem Schleifband werden die enthaltenen Kermischleifkörner durch eine selbstschmierende und -kühlende schleifaktive Deckschicht geschützt („Top Size Schicht“). Beim Schleifen von Metall verhindern die in der „Top Size Schicht“ enthaltenen Fluoride das Zusetzen des Schleifmittels mit abgetragenen Metallspänen, Foto: VSM Vereinigte Schmirgel- und Maschinen-Fabriken AG (mit frdl. Genehmigung).



In Medikamenten erhöhen fluororganische Wirkstoffe die Wirksamkeit und erlauben eine geringere Dosierung des Medikamentes, Foto: Pixabay.

Während elementares Fluor für Lebewesen und damit auch für den Menschen giftig ist und die Haut verätzen kann, stellen Fluoridionen ernährungsphysiologisch **essenzielle Spurenelemente** dar. Sie dienen der Bildung von Zahnschmelz, dem Aufbau der Knochen, von Bändern und des Bindegewebes. Im Körper sind bei 70 kg Körpergewicht rund 5 g Fluorid enthalten, der weitaus größte Teil davon in den Knochen und Zähnen. Das Fluorid härtet den Zahnschmelz und macht ihn widerstandsfähiger gegenüber den von den Bakterien erzeugten Säuren. Weiterhin wirkt es hemmend auf bestimmte Enzyme und hat eine wachstumshemmende Wirkung auf kariesverursachende Bakterien. Bei einem Gehalt von < 0,3 mg/l Fluorid im verwendeten Trinkwasser, empfiehlt die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) eine ergänzende Fluoridaufnahme. Für diese Zufuhr kann bei uns auf Zahncremes oder auf Speisesalz zurückgegriffen werden, denen in geringer Dosierung Fluoride zugesetzt wurden. In einigen Ländern, wie z. B. den USA, Großbritannien, Brasilien und Australien, werden auch dem Trinkwasser Fluoride beigemischt.

Medizinische Anwendungen von Schwefelhexafluorid liegen in der **Augenheilkunde**, in der es als Gemisch mit Luft gegen Netzhautablösung eingesetzt wird, in der Behandlung bestimmter **Lungenerkrankungen** und bei **Hörverlust** infolge einer Mittelohrentzündung. In **Asthma-Dosierinhalatoren** werden als Treibmittel Hydrofluoralkane (HFA) verwendet. Auch in **Anästhetika**, die zur Betäubung bei Operationen dienen, können Fluorverbindungen enthalten sein.

Einige **Dentalgläser** enthalten Fluoride und werden als Zahnfüllungen eingesetzt. Der in ihnen enthaltene hohe Fluoridgehalt soll eine wiederholte Kariesbildung verhindern.

In der **Naturheilkunde** findet Calciumfluorid als „Schüßler-Salz Nr. 1“ bei Gelenkschmerzen, Hautproblemen und Krampfadern Verwendung.



Fluoride in der Zahnpasta härten den Zahnschmelz und hemmen kariesverursachende Bakterien, Foto: Pixabay.

2.3 Natürlicher Schwerspat und synthetisches Bariumsulfat

Tiefbohrtechnik

Der mengenmäßig größte Anteil des weltweit geförderten Schwerspats, ca. 80 – 90 %, dient als Beschwerungsmittel in Bohrspülungen für Tiefbohrungen, wie sie z. B. für die Exploration und Erschließung von Öl- und Gasvorkommen oder für Geothermieprojekte notwendig sind. Eine Bohrspülung hilft beim Abtransport der abgetragenen Gesteinsstücke vom Bohrmeißel hin zur Erdoberfläche, kühlt das Bohrwerkzeug und stabilisiert aufgrund seiner Dichte das Bohrloch bis eine Verrohrung erfolgt. Schwerspatmehl wird mit bis zu 40 Volumenprozent der Bohrspülung zugesetzt. Schwerspat ist hierfür sehr gut geeignet, da er eine hohe Dichte besitzt, nicht mit der Suspension oder den Gesteinen reagiert, nicht giftig ist und durch seine geringe Härte das Bohrwerkzeug schont. Durch seinen fehlenden Magnetismus beeinflusst Schwerspat zudem nicht die magnetischen Messungen im Bohrloch.

Füllstoffe

Im ersten Augenblick mag es etwas merkwürdig erscheinen, dass aus natürlichem Schwerspat auch künstlicher Schwerspat, im Folgenden synthetisches Bariumsulfat oder Blanc Fixe genannt, hergestellt wird. Doch die hohen Qualitätsanforderungen an Füllstoffe in einigen Anwendungen, wie sehr hohe chemische Reinheit, hoher Weißgrad oder definierte Kornformen und Korngrößenverteilungen, sind mit künstlichem Bariumsulfat vielfach besser oder überhaupt erst einzuhalten.

Zur Herstellung von synthetischem Bariumsulfat wird natürlicher, meist flotierter Schwerspat in Öfen durch Glühen mit Kohle (als Reduktionsmittel) in wasserlösliches Bariumsulfid (BaS) umgewandelt. Das entstehende Bariumsulfid wird anschließend in Lösung gebracht und mit einem

anderen Sulfat versetzt. Dabei entsteht feinst verteiltes synthetisches Bariumsulfat (BaSO_4) mit dem Handelsnamen „Blanc fixe“. Etwa 70 % des Blanc fixe werden in Anstrichstoffen wie Grundierungen, Automobillacken, Industrielacken, Bauten-, Holz- sowie Druckfarben eingesetzt. Der Rest geht in Kunstdruck- und Fotopapiere sowie in verschiedene Kunststoffe.

Sowohl natürlicher Schwerspat als auch synthetisches Bariumsulfat werden in zahlreichen Anwendungen als Füllstoffe eingesetzt. Circa 5 – 10 % des weltweit geförderten Schwerspats wird in feingemahlener Form als Füllstoff verwendet.



Schwerspathaltige Bohrspülungen kühlen bei Tiefbohrungen die Bohrmeißel, stabilisieren das Bohrloch und helfen beim Transport des Bohrkleins an die Erdoberfläche, Foto: BGR.

Ein Anwendungsgebiet für Schwerspat und Blanc fixe ist die **Lack- und Farbenindustrie**. In Dispersionsfarben, Grundierungen, Spachtelmassen, Automobil- und Industrielacken sowie Bauten-, Holz- und Druckfarben dienen sie als füllendes Gerüstmaterial vorrangig zur Erhöhung des Volumens der Anstrichschicht, aber auch zur Verbesserung der Verarbeitungseigenschaften. Obwohl die Partikel in den meisten organischen Bindemitteln nicht direkt zum Deckvermögen eines Anstrichstoffes beitragen, können sie durch ihre Wirkung als Abstandhalter indirekt Einfluss darauf nehmen. Indem sie die teureren Farb- oder Weißpigmente auf Abstand halten, erlauben sie eine Einsparung der Pigmentkosten zwischen 5 – 25 %. In Dispersionsfarben (z. B. Wandfarben) findet Blanc fixe jedoch auch direkt als Weißpig-



In Industrielacken ist häufig Schwerspat als Füllstoff enthalten, Foto: Verband der deutschen Lack- und Druckfarbenindustrie e. V. (mit frdl. Genehmigung).



ment Verwendung. Hier ist es auch unter dem Namen „Barytweiß“ oder „Malerweiß“ bekannt.

Wesentlich effektivere Weißpigmente sind jedoch „Lithopone“, auch als „Deckweiß“ oder „Permanentweiß“ bezeichnet. Für dessen Herstellung wird wasserlöslichem Bariumsulfid Zinksulfat zugegeben. Als Produkt entsteht ein Weißpigment aus synthetischem Bariumsulfat und Zinksulfid. Mit steigendem Gehalt an Zinksulfid (10 – 60 %) nimmt die Helligkeit des Pigments zu, so dass verschiedene Arten von Lithoponen unterschieden werden. Lithopone werden in Grundierungs- und Malerfarben, Spachtelmassen, Pastellstiften, Ölfarben und in Kunststoffdispersionen eingesetzt. Sie sind relativ lichtbeständig, besitzen eine gute Deckkraft, sind mit fast allen Farbpigmenten und Bindemitteln mischbar und außerdem ungiftig.

In **Kunststoffen und Gummis** verbessert Schwerspat als aktiver Füllstoff die Verarbeitbarkeit und erhöht aufgrund seiner hohen Dichte die schalldämmende Wirkung, eine Hauptfunktion dieses Füllstoffs. Weitere wichtige Eigenschaften von Schwerspat sind seine chemische Beständigkeit, seine geringe Aufnahme von Feuchtigkeit sowie seine hohe Temperaturstabilität, welche zu einer höheren spezifischen Wärmekapazität und Wärmeleitfähigkeit der Kunststoffe führen. Die wichtigsten Einsatzbereiche von schwerspathaltigen Kunststoffen und Gummis sind:

- In der Automobilindustrie in Form von Matten, Schalldämmstoffen oder Karosserie- und Innenraumteilen zum Schutz vor Lärm vom Motorraum und der Straße.
- Im Haus- und Industriebau sowie zur Innenausstattung dienen schwerspathaltige Kunststoffe und Gummis zum Beschweren und zur Schalldämmung. Schwerspat ist beispielsweise in der Trägerschicht von Teppichböden und in verschiedenen einschichtigen Bodenbelägen enthalten. Auch bei der Herstellung von Abflussrohren aus Polyvinylchlorid (PVC) oder Polypropylen (PP) wird teilweise Schwerspat zur Reduktion der Fließgeräusche z. B. bei der Toilettenspülung oder Spül- und Waschmaschinenbenutzung zugegeben.
- Durch seine Beständigkeit gegenüber Laugen und Basen und seine Ungiftigkeit kommt Schwerspat auch in bestimmten Kunststoffdichtungen als Füllstoff zum Einsatz. Solche Dichtungen werden beispielsweise in der

Lebensmittelindustrie (z. B. für Schraubverschlussgläser oder Getränkeflaschenverschlüsse) sowie in der pharmazeutischen und chemischen Industrie verwendet.

- In Brems- und Kupplungsbelägen für Automobile, Hebezeug- und Aufzugsanlagen zur Erhöhung der Temperaturstabilität.
- In Kunststoffen werden metallhaltige Bariumsulfatlösungen hinzugefügt, um diese elektrisch leitfähig zu machen.
- Kunststoffe werden bei Röntgenuntersuchungen sichtbar wenn sie Bariumsulfat enthalten. Sie werden daher im medizinischen Bereich (z. B. für Katheder, Kanülen oder Drainageröhrchen) verwendet.
- In speziellen Kunststofffolien aus PET (Polyethylenterephthalat) oder PP (Polypropylen) für einen seidenweißen Farbton und eine bessere Wetter- und Farbstabilität der Folien.

Die geringe Wärmeausdehnung von Schwerspat verbessert in **Klebstoffen und Dichtmassen** die temperaturabhängige Dimensionsstabilität der Polymerschicht und kann eine Rissbildung durch Temperaturspannungen oder Schrumpfungen bei der Aushärtung verhindern. Schwerspathaltige



„Hahnemühle FineArt Baryta“ ist ein Künstlerpapier (325 g/m²) für den Inkjetdruck, das in Farbdichte, Tonwertumfang und Bildschärfe hohe Anforderungen erfüllt. Damit ist es auch sehr gut für Schwarz-Weiß-Drucke mit extrem hoher Dichte und feinsten Grauabstufungen geeignet. Die Verwendung von Bariumsulfat in der Beschichtung sorgt für den typisch reflektierenden Glanz, Foto: Hahnemühle FineArt GmbH (mit frdl. Genehmigung).



Im medizinischen Umfeld werden Strahlenschutzräume aus Barytbeton für unterschiedliche strahlenerzeugende Diagnose- und Therapiegeräte benötigt. Im gezeigten Therapieraum werden mit Hilfe eines medizinischen Linearbeschleunigers Strahlentherapien für Krebspatienten durchgeführt, Foto: PONTAX GmbH (mit frdl. Genehmigung).

Klebstoffe werden beispielsweise bei der Verarbeitung von Furnieren eingesetzt.

In der **Papierindustrie** kommen Schwerspat und synthetisches Bariumsulfat vor allem zum Einsatz, wenn Papiere mit hohen Blattgewichten hergestellt werden oder wenn die fühlbaren Oberflächeneigenschaften von Bedeutung sind. Teilweise wird Schwerspat auch als Füllstoff bei der Herstellung von Dekorpapieren eingesetzt. Schwerspathaltige Fotopapiere, sogenannte „Baryt-Papiere“, werden heute nur noch in hochwertigen, professionellen oder künstlerischen Anwendungen eingesetzt. Im Vergleich zu den billigeren und leichter herzustellenden PE-Fotopapieren lassen sich mit Baryt-Papieren aufgrund ihres höheren Weißgrades tiefere Schwarztöne und ein größerer Kontrastumfang erreichen, wodurch dann die Fotografien plastischer wirken.

Gesteinszuschläge

Aufgrund seiner hohen Dichte und seiner Fähigkeit zur Absorption von Röntgen- und energiereicher Strahlung wird Schwerspat für Spezialanwendungen in der Baustoffindustrie eingesetzt. Hier dient er vorrangig als Gesteinskörnung in **Schwerbeton**,

wo er die üblicherweise verwendeten Gesteinskornanteile, wie Kies und Sand, teilweise oder vollständig ersetzt. Während schwerspathaltiger Beton, sogenannter „Barytbeton“, eine Betonrohddichte von $> 3,2 \text{ t/m}^3$ besitzt, können mit anderen Zuschlägen, wie Hämatit, Magnetit oder Ilmenit noch höhere Dichten erreicht werden. Als ergänzender „Schwerzuschlag“ kann dem Baryt- oder Eisenerzbeton noch Eisengranulat aus Eisenhütenschlacken beigemischt werden, um Festbetonrohddichten von $> 3,4$ bzw. $> 3,8 \text{ t/m}^3$ zu erreichen. Schwerbeton wird beispielsweise als Ballastbeton zur Erhöhung der Standfestigkeit von Baumaschinen (Gegengewichte, Maschinenfundamente), zur Stabilisierung von Schiffen, zur Sicherung von im Grundwasser gebauten Fundamenten gegen Aufschwimmen, zur Stabilisierung von Rohrleitungen sowie zum Bau von Banktresoren und deren Fundamenten eingesetzt.

Auch im sogenannten **Strahlenschutzbeton** wird Schwerspat eingesetzt. Hier dient er aufgrund der hohen Dichte des Betons der Absorption von Röntgenstrahlung, α - und β -Strahlung durch Radionuklide und γ -Strahlung. Strahlenschutzbeton wird vorrangig im medizinischen Umfeld für unterschiedliche, strahlenerzeugende Diagnose- und Therapiegeräte aber auch bei der zerstörungs-



Vor dem Anodengießen in der Kupferraffination wird Schwerspatpulver mit Wasser angerührt und auf die heißen Gießformen gesprüht, wobei das Wasser verdampft. Als Trennmittel erleichtert der Schwerspat nach dem Guss das Herauslösen der Kupferanoden, Foto: Detlef Overmann, Copyright Aurubis AG.

freien Werkstoffprüfung, in der Forschung, in der Nukleartechnik und in Kernreaktoren benötigt. Je nach Strahlungsart muss die Betondichte bei $> 2,4$ bis $3,4 \text{ t/m}^3$ und die Betondicke zwischen wenigen mm (α - und β -Strahlung) und bis zu 3 m (γ -Strahlung) liegen. Neben Barytbeton wird auch Eisenerzbeton als Strahlenschutzbeton verwendet. In Spezialfällen werden Strahlenschutzbeton noch Eisengranulat oder neutronenabschirmende Gesteinskörnungen, wie Borcarbid, Serpentin oder Colemanit, zugefügt.

Im Trockenausbau von strahlungsbelasteten Räumen kommen **Blei- oder Schwerspalthaltige Gipskartonplatten** zum Einsatz. Schwerspalthaltiger Schwerbeton und Gipskarton finden außerdem Anwendung im **Schallschutz**, wobei die erzeugte Schalldämmung insbesondere im Bereich tiefer Frequenzen sehr wirksam ist.

Sonstige Einsatzbereiche

In der **Kupferindustrie** wird Schwerspat oder synthetisches Bariumsulfat beim Guss von Anoden als Trennmittel in Gießformen eingesetzt. Das entstehende Anodenkupfer wird dann in der anschließenden Raffination eingesetzt, um Kupfermetall mit einer Reinheit von $> 99,99 \%$ zu erzeugen.

Im sogenannten Pidgeon-Prozess zur Gewinnung von reinem **Magnesium** kommt Schwerspat zusammen mit gebranntem Dolomit und einem Reduktionsmittel wie Ferrosilicium zum Einsatz.

In **Bleibatterien** wird Schwerspat in der negativen Bleielektrode eingesetzt. Neben der Stabilisation der Leistungsfähigkeit einer Batterie erhöht Schwerspat auch die Dimensionsstabilität der negativen Bleielektrode bei den Be- und Entladezyklen.

Synthetisches Bariumsulfat wird bei der **Veredelung von weißen Baumwollstoffen** (Appretur) als Füllungs- und Beschwerungsmittel verwendet.

Bariumsulfat dient zudem in der Herstellung von **synthetischen Fasern**, z. B. Kunstseide, zur Vermeidung des in der Textilindustrie unerwünschten speckigen Glanzes und der Transparenz der Kunststoffe. Zudem werden die Verarbeitungseigenschaften der synthetischen Fasern (Verspinnung, Verstreckung u. a.) verbessert.

Synthetisches Bariumsulfat bzw. sehr reiner natürlicher Schwerspat ist ein **Röntgenkontrastmittel** in der Medizin, beispielsweise bei Röntgenkontrastaufnahmen des Magen-Darm-Traktes, und ist ein **Zusatz in Knochenzement**.

2.4 Synthetische Bariumverbindungen

Aus wasserlöslichem Bariumsulfid, welches bei der Reduktion von natürlichem Schwerspat mittels Kohle entsteht, können neben synthetischem Bariumsulfat auch andere Bariumchemikalien, wie Bariumcarbonat (BaCO_3), Bariumchlorid (BaCl_2), Bariumperoxid (BaO_2), Bariumhydroxid (Ba(OH)_2) und metallisches Barium hergestellt werden.

Glasiindustrie

Genau wie Flussspat kann auch synthetisches Bariumcarbonat in Kombination mit Aluminiumphosphaten als Trübungsmittel bei der Herstellung von weißem **Opakglas** (Milch- oder Trübglass) sowie **Opalgläsern** verwendet werden (siehe Kapitel 2.1).

In **Kristallglas** wird Bariumcarbonat eingesetzt, um den Glanz zu erhöhen und einen schönen Klang zu erzeugen. Im Gegensatz zu gewöhnlichem Glas enthält Kristallglas über 10 % Barium-, Kalium-, Blei- oder Zinkoxid. Ein spezielles Kristallglaskennzeichnungsgesetz erfordert für viele Anwendungsbereiche die Kennzeichnung, welche der vier Inhaltsstoffe in den Kristallglasprodukten enthalten sind. Übrigens: Kristallglas darf aufgrund seiner Zusammensetzung nicht zusammen mit anderem Behälterglas in Altglascontainern entsorgt werden.

Auch in der **Glaskeramik** kommt Bariumcarbonat zum Einsatz. Glaskeramik wird nicht nur für Ceran- und Induktionsfelder von Küchenherden, sondern auch für Schutzgläser mit hoher Temperaturwechselbeständigkeit wie beispielsweise bei Sichtscheiben von Kaminen benötigt. Weil Glaskeramik auch bei extremen Temperaturschwankungen formstabil bleibt, wird sie weiterhin zur Fertigung von astronomischen Teleskopen, Leichtgewichtsspiegeln für Wettersatelliten und Hochleistungslampen eingesetzt. Glaskeramik aus deutscher Produktion wird gegenwärtig zum Bau von vier der fünf Spiegel des größten Weltraumteleskops der Erde, dem European



Bariumcarbonat wird unter anderem bei der Herstellung von keramischen Massen für Dachziegel, Klinker und hochwertige Vormauersteine, in der Glasiindustrie und der Pyrotechnik verwendet, Foto: BGR.

Extremely Large Telescope (E-ELT) in Chile verwendet.

Als Zusatz in **optischen Gläsern**, wie Kron- und Flintglas, wird Bariumcarbonat verwendet, um die Brechkraft und die Dispersion zu verändern. Je nach Glassorte kann in der Herstellung bis zu 16 % Bariumcarbonat zugesetzt werden. Aus Kron- und Flintglas werden unter anderem Linsen für Brillen, Mikroskope, Fernrohre, Kameraobjektive und andere optische Instrumente sowie Imitationen von Brillanten, sogenannter Strassschmuck, z. B. der bekannten Firma D. Swarovski KG, hergestellt.

Zur Läuterung (Entfernung der in einer Glasschmelze vorkommenden Gasbläschen, s. o.) von bariumoxidhaltigen optischen Gläsern kann synthetisches Bariumsulfat verwendet werden.

Auch in der Herstellung von **Dünngläsern von flachen Plasma- und LCD-Geräten** kommt heutzutage Barium- oder Strontiumcarbonat zum Einsatz.

Der hohe Glanz und der schöne Klang von Kristallglas werden auch durch den Einsatz von Bariumcarbonat erreicht, Foto: Karsten Thormaehlen, Copyright Zwiesel Kristallglas AG (mit frdl. Genehmigung).





Der im Durchmesser 39 m große Hauptspiegel des derzeit im Bau befindlichen größten Weltraumteleskops der Welt (hier im Modell) besteht aus 798 sechseckigen Glaskeramik-Teilsiegeln aus deutscher Produktion, Foto: ESO/L. Calçada (mit frdl. Genehmigung).



Grobkeramische Industrie

Keramischen Tonen z. B. für die Produktion von **Ziegeln und Klinkern** wird Bariumcarbonat (meistens zwischen 0,35 und 0,5 kg pro t, gelegentlich auch bis zu 5 kg pro t) beigemischt, um spätere weiße Trockenausblühungen von Sulfatsalzen zu verhindern. Die Sulfate werden so bereits im nassen Ton zu Bariumsulfat umgewandelt, das nicht ausblüht. In Deutschland gehen jährlich mehrere tausend Tonnen Bariumcarbonat in solche keramische Massen.

Sonstige Einsatzbereiche

In der chemischen Industrie wird Bariumcarbonat zur **Reinigung von Säuren und Laugen** verwendet, insbesondere um diese von störendem Sulfat zu befreien. Anwendung findet dies z. B. bei der Reinigung von Phosphorsäure und bei der Chloralkali-Elektrolyse (Herstellung von Chlor, Wasserstoff und Natronlauge).

Bariumchlorid spielt beim sogenannten „Salzbadhärten“, einer Art der **Stahlhärtung**, eine bedeutende Rolle. Die Stähle werden in verschiedenen Spezialsalzschnmelzen von 880 °C bis maximal 1.300 °C erwärmt und bei 540 °C abgeschreckt. Durch den direkten Kontakt mit dem flüssigen Spezialsalz, findet eine besonders intensive und genaue Wärmeübertragung statt und eine Entkohlung des Stahls wird verhindert. Salzbadhärten wird z. B. bei Stählen für Zahnräder, Wellen, verschiedenen Maschinenteilen und Werkzeugen durchgeführt, die alle eine hohe Verschleißbeständigkeit benötigen.

Zur Steigerung der Härte einiger **Bleilegierungen** wird metallisches Barium zugegeben.

Bariumcarbonat ist ein Wirkstoff in **Katalysatoren**, wo bereits an der Platinkomponente oxidierte Stickoxide durch das Bariumcarbonat zu herausfilterbarem Bariumnitrat umgewandelt werden.

In **Sonnenkollektoren** mit Vakuumröhren verbessert der Einsatz von metallischem Barium das Vakuum, indem es Restgase chemisch an sich bindet. Das Vakuum in den Sonnenkollektorröhren schützt das durch die Sonneneinstrahlung erhitzte Wärmemedium vor dem Auskühlen.

Sowohl in der Produktion von einfachen **hartmagnetischen Ferriten** als auch von Elektromagneten, wie sie unter anderem in hochwertigen Gleichstrommotoren gebraucht werden, kommt Strontium- oder Bariumcarbonat zum Einsatz.

Bariumtitanat gehört in die Gruppe der Elektrokeramiken und wird als Werkstoff in der **Elektronik und Sensorik**, z. B. bei der Fertigung von Kaltleitern und Keramikkondensatoren eingesetzt.

In der **Pyrotechnik** dienen zahlreiche Bariumverbindungen wie Bariumcarbonat, Bariumnitrat, Bariumsulfat, Bariumchlorat und Bariumperoxid als grüne Farbgeber und/oder Oxidationsmittel in Leuchtkörpern.



Grüne Farben von Feuerwerkskörpern lassen sich durch den Einsatz verschiedener Bariumverbindungen erzeugen, Foto: Pixabay.

3

Rohstoffanforderungen



In den deutschen Aufbereitungsanlagen für Fluss- und Schwerspat werden die abgebauten Roherze aufgrund ihrer stark unterschiedlichen Gehalte an Flusspat bzw. Schwerspat mithilfe von komplexen Verfahren der Mineralaufbereitung weiter angereichert. In einer ersten Stufe werden die Erze gebrochen, gesiebt, gewaschen und anschließend entsprechend ihrer unterschiedlichen Dichte getrennt. Ein Teil des so produzierten Schwerspatkonzentrats kann als normgerechter Betonzuschlag mit Gehalten von ca. 90 % BaSO_4 oder nach einer Trocknung und Mahlung als sogenannter Mahlspat

mit Gehalten von 80 – 90 % BaSO_4 verkauft werden. Das restliche Schwerspatkonzentrat sowie das gesamte Flusspatkonzentrat werden nach der Dichtentrennung in Nassmahlmühlen auf Korngrößen kleiner 0,2 mm zerkleinert und mit Hilfe einer mehrstufigen Flotation weiter gereinigt. Endprodukte sind Flusspat- und Schwerspatkonzentrate mit Wertstoffgehalten über 97 %, die nun noch getrocknet werden müssen. Schwerspatkonzentrate durchlaufen noch Mühlen und Sichter (Apparat zur Korngrößentrennung mittels Luftstrom) zur weiteren Zerkleinerung.



Gewaschenes Roherz der Korngrößenfraktion > 16 mm auf dem oberen Siebdeck eines Schwing-siebtes. Hier sind noch alle Nebenbestandteile enthalten, Foto: Sachtleben Bergbau GmbH & Co. KG (mit frdl. Genehmigung).

gebiet können sehr verschiedene Eigenschaften von Bedeutung sein. Darauf müssen sich die Bergbauunternehmen einstellen und Ihre Konzentrate speziell zugeschnitten auf Kundenwünsche produzieren.

Die gefragteste Qualität des Flussspats ist der **Säurespat**, der als Ausgangsmaterial zur Herstellung von Flusssäure eingesetzt wird und damit grundlegend für die Herstellung zahlreicher weiterer Fluorverbindungen ist. Mit einem Calciumfluoridgehalt (CaF_2) von über 97 % weist dieses Konzentrat eine sehr hohe Reinheit auf. Diese kann nur mithilfe einer Nassmahlung und anschließender Flotation erzielt werden. Daraus resultieren auch die relativ kleinen Korngrößen des Säurespatkonzentrats, die ungefähr zwischen 0,15 und 0,01 mm liegen. Maximal 5 % der Körner dürfen dabei > 150 μm und 60 % der Körner < 45 μm sein. Neben dem hohen Calciumfluoridgehalt sind niedrige Gehalte an Kieselsäure (< 1 % SiO_2), Eisen (< 0,5 % Fe_2O_3), Calciumcarbonat (< 1 % CaCO_3), Schwefel (< 0,1 % S_{gesamt}), Phosphor (< 0,05 % P_2O_5) sowie sehr niedrige Blei-, Arsen-, Cadmium- und Berylliumgehalte in den Konzentraten Voraussetzung für ihre Verwendung als Säurespat.

Für den Einsatz als **Metallurgischer Spat**, auch Hüttenspat genannt, reicht ein Calciumfluoridgehalt zwischen 80 und 95 % CaF_2 (meist 85 – 90 % CaF_2) aus. Höhere Reinheiten sind für den Hauptanwendungsbereich, der Stahl- und Gusseisenerzeugung, bei der es um die Erniedrigung des Schmelzpunktes und der Viskosität der Schlacke geht, nicht notwendig. Hohe Eisen- und Blei- (Pb) Gehalte sind unbedenklich. Einschränkungen gibt es hinsichtlich der Gehalte an Kieselsäure (< 15 % SiO_2), Calciumcarbonat (< 3 % CaCO_3), Magnesiumcarbonat (< 1 % MgCO_3), Schwefel (< 1 %) und Blei (< 0,5 % Pb), wobei hier die Grenzwerte im Vergleich zu den anderen Späten höher liegen. Mit Korngrößen von ca. 5 – 80 mm handelt es sich bei Metallurgischem Spat um grobkörniges, stückiges Material, das teilweise in briquetierter Form angeboten wird. Es darf nicht feiner sein, da es sonst nicht in die Eisen- bzw. Stahlschmelze einsinkt. Die Aufbereitung der Roherze

3.1 Flussspat

Die drei wichtigsten Flussspatqualitäten, welche aus den Roherzen hergestellt werden, sind der Säurespat, der Metallurgische Spat sowie der Glas- und Keramikspat. Darüber hinaus gibt es noch den Kristallspat als weitere Qualität. Diese vier Kategorien stellen aber nur Übergruppen dar, in deren Grenzen verschiedene Konzentrate mit leicht variierenden Eigenschaften hinsichtlich Reinheit, Korngrößenverteilung und anderen Parametern angeboten werden. Je nach Anwendungs-

ist vergleichsweise einfach und besteht aus den Schritten Brechen, Waschen und Sieben eventuell in Verbindung mit einer anschließenden Dichtentrennung mittels Schwertrübe. Feineres Material < 5 mm, welches bei der Aufbereitung der Roherte mit anfällt, kann zur Herstellung anderer Flussspatqualitäten genutzt werden. Metallurgischer Spat wird derzeit nicht in Deutschland produziert und muss für unsere heimische Industrie aus dem Ausland importiert werden.

Glas- und Keramikspat wird als Fluss-, Läuter- und Trübungsmittel für Anwendungen wie der Herstellung von Emaille, Glasuren, Gläsern, Schleifmitteln und Schweißelektroden eingesetzt. Für viele Anwendungen kommt es neben der Reinheit des Konzentrats, zusätzlich noch auf die Farbe an. In diesen Fällen müssen die Konzentrate schneeweiß sein, um die Farbe des eigentlichen Produktes nicht zu verändern. Um Verfärbungen auszuschließen, dürfen die Eisengehalte daher nur bei maximal 0,12 % Fe_2O_3 liegen. Die CaF_2 -Gehalte der Flussspatkonzentrate liegen je nach Anwendungsbereich zwischen 85 und 96 %. Glas- und Keramikspäte mit hohen Reinheiten werden dabei mittels Flotation erzeugt. Darüber hinaus dürfen die Gehalte von Kieselsäure und Calciumcarbonat nicht über 3 % SiO_2 bzw. 1 % CaCO_3 liegen und nur sehr niedrige Gehalte an Metallsulfiden auftreten. In Keramikspat, der für die Herstellung von Emaille verwendet wird, muss die Summe dieser drei Verunreinigungen sogar unter 2,5 % liegen. Weitere wichtige Kriterien für viele Einsatzgebiete sind die Verteilung der Korngrößen und die sich daraus ergebende Schüttdichte der Konzentrate. Entsprechend des Anwendungsbereiches werden

die Konzentrate unterschiedlich fein gemahlen. Auch der pH-Wert, den das Konzentrat in einer wässrigen Suspension erzeugt, kann für einige

Anwendungen, wie z. B. beim Einsatz von schleifaktiven Füllstoffen in Schleifmitteln, von großer Bedeutung sein.

Zur Herstellung von Fluor- und Fluorphosphatgläsern für optische Anwendungen wie z. B. in der Spektroskopie, in der Mikroskopie oder in Lasersystemen wird **Kristallspat** mit einem Gehalt von > 99 % CaF_2 benötigt. Kristallspat besteht aus farblosen Kristallen mit hoher Transparenz, die chemisch sehr rein und kristallographisch einwandfrei sein müssen. Darüber hinaus sollten sie einen Durchmesser von > 12 – 50 mm aufweisen. Da es nur wenige natürliche Fluorite mit diesen Eigenschaften gibt und diese durch die aufwendige Gewinnung sehr teuer sind, werden sie normalerweise künstlich gezüchtet.

3.2 Schwerspat

Wie beim Flussspat gibt es auch beim Schwerspat verschiedene Qualitäten, die sich in ihrer Reinheit, Dichte, Helligkeit und Körnung deutlich voneinander unterscheiden.

Der überwiegende Teil des weltweit geförderten Schwerspats wird als **Bohrspat** für die Tiefbohrtechnik verkauft, wo er als Zusatz für Bohrspülungen verwendet wird. Die entsprechenden Schwerspatkonzentrate müssen je nach Länderstandard zwischen 92 und > 94 % BaSO_4 enthalten, weil damit insbesondere die Dichte des Konzentrates definiert ist, die je nach Bohrungsanforderungen zwischen 4,1 und 4,2 g/cm^3 liegen muss. Außerdem ist die chemische Beständigkeit sehr wichtig. Um diese zu gewährleisten, dürfen z. B. nur geringe Mengen an wasserlöslichen Erdalkalien (Calcium, Magnesium < 200 mg/kg) enthalten sein. Die optimale Korngrößenverteilung von Schwerspat in Bohrspülungen liegt zwischen 0,005 – 0,070 mm (5 – 70 μm). Geringe Eisengehalte stören nicht, jedoch sollte der Karbonatgehalt < 1,5 % und die Cadmium- und Quecksilbergehalte unter 3 bzw. unter 1 ppm liegen. Die Oberfläche des Schwerspats muss außerdem wasserbenetzbar sein, was bei der gängigen Aufbereitung des Roh-



Flussspatvorkonzentrat nach der Dichtesortierung, Foto: BGR.



Schwerspatkonzentrate in Big Bags, Foto: Sachtleben Bergbau GmbH & Co. KG (mit frdl. Genehmigung).

erzes auch der Fall ist. Flotierter Schwerspat ist wegen seiner wasserabweisenden Kornoberfläche in der Regel nicht als Bohrspat nutzbar.

Ungefähr 10 % der jährlichen Schwerspatproduktion (ca. 800.000 – 900.000 t) werden als **Chemiespat** eingesetzt. Konzentrate von Chemiespat (Reduzierspat) werden in der chemischen Industrie zur Herstellung von synthetischem Bariumsulfat und Verbindungen, wie Bariumchlorid, Bariumhydroxid, Bariumnitrat, Bariumcarbonat oder Lithoponen verwendet. Sie bestehen gewöhnlich aus flotiertem Schwerspat mit einem Gehalt von 93 – 97 % BaSO_4 . Um die Entstehung von Bariumsilikat beim Brennen zu verhindern, darf maximal 1,5 % Kieselsäure (SiO_2) im Chemiespat enthalten sein. Die Gehalte an CaF_2 , welches ein Zusammensintern des Ofeneinsatzes bewirkt, und an CaCO_3 , das sich nach dem Brennen mit Wasser zu Calciumhydroxid verbindet und ein Herauslösen des Bariumsulfids sehr erschwert, dürfen jeweils 0,5 % nicht überschreiten. Darüber hinaus sollten die Gehalte an Strontiumsulfat (SrSO_4) 1 – 2 % und die Gehalte an Eisenoxiden und Metallsulfiden jeweils 1,5 % nicht überschreiten. Die Verunreinigungen durch Schwermetalle müssen gering ausfallen.

Als **Füllstoff** für Industrieanwendungen wird zu Pulver aufgemahlener Schwerspat eingesetzt. Je nach Anwendung ist ein unterschiedlich hoher BaSO_4 -Gehalt notwendig, der durch Handkläubung, Dichtentrennung oder Flotation erreicht werden kann. In jedem Fall ist diesen Vorsortierprozessen noch eine Mahlung nachgeschaltet. Der Aufwand für die Herstellung von Schwerspat-Füllstoffen ist hoch und diese deshalb kostenintensiv. Dies liegt an den hohen Qualitätsanforderungen und der Notwendigkeit, über lange Zeiträume eine gleichbleibende Qualität der Konzentrate zu gewährleisten. Weil für jeden Anwendungsbereich unterschiedliche Eigenschaften des Schwerspats von Bedeutung sind, werden Produkte mit unterschiedlichen Spezifikationen angeboten, die oft speziell nach den Anforderungen der verarbeitenden Industrie angefertigt werden.

Neben der Reinheit sind auch die Korngrößenverteilung, die Kornform sowie der Weißgrad der Konzentrate wichtige Produktparameter. Als Füllstoffe werden Schwerspatkonzentrate mit Gehalten zwischen 75 – 98 % BaSO_4 eingesetzt. Für alle Anwendungen, in denen es auf glänzende Oberflächen und einen weißen Farbton ankommt, sind Schwerspäte mit hohen Weißgraden, niedrigen

mittleren Korngrößen sowie einer engen Korngrößenverteilung erforderlich. Helle Schwerspatfüllstoffe besitzen einen hohen Weißgrad R_y zwischen 89 und 94 und einen niedrigen Gelbstich. Mit einem Brechungsindex von $n = 1,64$ verhalten sie sich zudem in vielen Medien farbneutral. Sie werden daher im Handel auch als „Weißspat“ bezeichnet und kommen unter anderem in hellen Lack- und Farbpreparaten, weißen oder farbigen Kunststoffen, Spezialpapieren, hellen Klebstoffen sowie in Spachtel- oder Dichtungsmassen zum Einsatz. Zur Herstellung entsprechender Produkte werden sehr reine, weiße Roherze mit nur geringen Verunreinigungen verwendet, wie sie derzeit in Deutschland allerdings nicht abgebaut werden und deshalb importiert werden müssen. Leichte Verfärbungen von natürlichem Schwerspat können außerdem mittels chemischer Bleichung vermindert werden. In Anwendungen, bei denen eine besonders hohe Helligkeit und enge Korngrößenverteilungen gefragt sind, wird natürlicher Schwerspat teilweise durch synthetisches Bariumsulfat ersetzt.

Trocken gemahlene, leicht farbige Späte, sogenannte „Off-Color-Späte“, stellen in vielen Anwendungsgebieten, bei denen die Farbe weniger wichtig ist, eine ökonomische Alternative zu den Mahlspäten mit hohen Weißgraden dar. Off-Color-Späte besitzen Weißgrade R_y zwischen 66 und 85. Entsprechend den Gehalten von 82 – 98 % $BaSO_4$ liegen ihre Dichten zwischen 4,1 und 4,4 g/cm³.

Schwerspat als Füllstoff muss für die meisten Anwendungen fein aufgemahlen werden. Meist liegen die benötigten Korngrößen deutlich unter 10 µm, sie können für wenige Anwendungen, wie Kitt- und Fugenmassen, aber auch bis 50 µm reichen.

Auch die Oberflächeneigenschaften, wie die Benetzbarkeit des Schwerspats, können von Bedeutung sein und lassen sich in der Erzaufbereitung durch eine Oberflächenbehandlung gezielt beeinflussen. Für einen wasserbasierten Lack ist eine hydrophile, also wasseranziehende Oberfläche des Schwerspats von Vorteil. Hingegen kann beim Einarbeiten von Schwerspat in Kunststoffe eine hydrophobe, also wasserabstoßende Oberfläche des Schwerspats gewünscht sein.

In Bezug auf Verunreinigungen gibt es verschiedene Anforderungen. Meist liegen die erlaubten Grenzwerte bei ca. 0,05 % Eisenoxid (Fe_2O_3).

Für einige Produkte, wie für Brems-, Kupplungs- und Reibbeläge, Kunststoffe für den medizinischen Bereich und verschiedene chemische Erzeugnisse ist zudem der erlaubte Gehalt von Strontiumsulfat auf < 1 – 2 % begrenzt. Schwermetalle, wie Blei oder Mangan, sind generell nicht gern gesehen.

Die Gehalte an freiem Quarz (für viele Anwendungen maximal 2 %) sind ebenfalls von Bedeutung, da sie nicht nur die chemische Zusammensetzung verändern, sondern auch die Abrasivität des Konzentrates erhöhen. Dies verursacht einen höheren Verschleiß der Produktionsanlagen bei der späteren Verarbeitung.

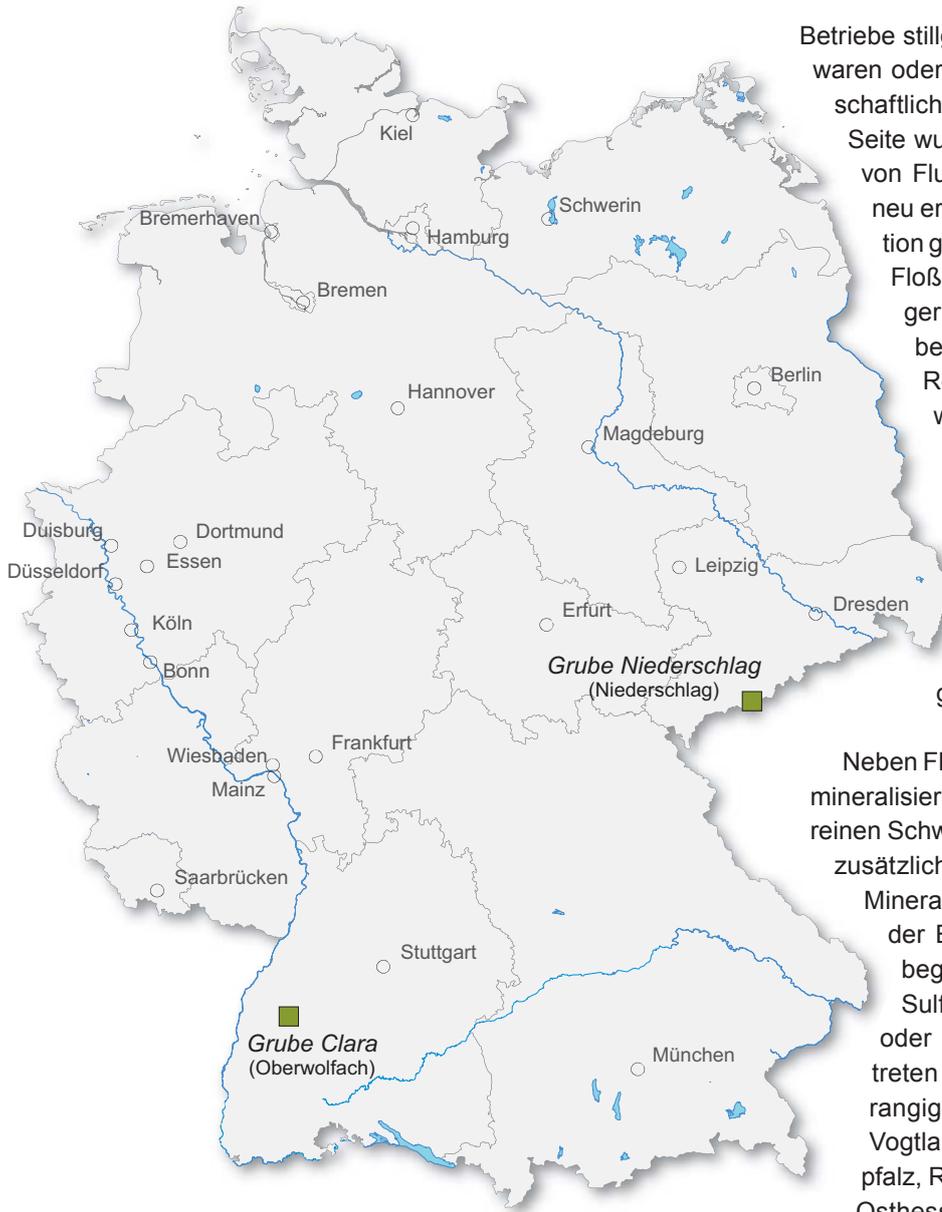
Im **Betonspat**, als Gesteinszuschlag für Schwer- und Strahlenschutzbeton, ist die Farbe des eingesetzten Schwerspats nahezu ohne Bedeutung. Auch ein geringer Quarzanteil im Schwerspatkonzentrat ist akzeptabel. Relevant ist jedoch die Korngrößenverteilung des eingesetzten Schwerspats, damit die Betone alle betontechnologisch wichtigen Eigenschaften wie Druckfestigkeit, Ausbreitmaß und Dichte aufweisen. So dürfen maximal 3 % des Schwerspats Korngrößen < 63 µm aufweisen. Damit soll die für den Beton problematische hohe Wasseraufnahmefähigkeit reduziert werden. Mit steigendem Feinstkornanteil steigt auch die Oberfläche der Schwerspatpartikel, was eine höhere, nicht gewünschte, Wasserzugabe bei der Betonherstellung erfordert. Ansonsten wäre das Ergebnis ein „klebriger“ Beton, der nahezu nicht verarbeitbar ist.



Für den Einsatz von Betonspat in Schwer- oder Strahlenschutzbeton ist weniger dessen Farbe als vielmehr seine Korngrößenverteilung von Bedeutung, Foto: PONTAX GmbH (mit frdl. Genehmigung).

4

In Abbau stehende
Lagerstätten in Deutschland



Betriebe stillgelegt, weil die Vorräte erschöpft waren oder sich der Abbau nicht mehr wirtschaftlich gestalten ließ. Auf der anderen Seite wurden seit 2005 zwei Vorkommen von Fluorsspat mit modernen Methoden neu erkundet und eins davon in Produktion gebracht. Während die Lagerstätte Floßberggang bei Gehren im Thüringer Wald nach den Erschließungsarbeiten aufgrund der stark gefallen Rohstoffpreise 2010 vorerst nicht weiter aufgeschlossen wurde, konnte die Grube Niederschlag bei Oberwiesenthal im Erzgebirge im Jahr 2013 in Produktion gehen. Derzeit wird Fluorsspat in Deutschland nur noch in dieser Grube sowie in der Grube Clara im Schwarzwald gewonnen.

Neben Fluorsspat kann auch Schwerspat in mineralisierten Gängen auftreten. Neben fast reinen Schwerspatgängen gibt es Gänge, die zusätzlich zum Schwerspat noch andere Minerale wie Fluorsspat oder Fahlerz (in der Bergmannssprache ein Sammelbegriff für verschiedene metallreiche Sulfidminerale) neben Kalkspat und/oder Quarz führen. In Deutschland treten schwerspatreiche Gänge vorrangig im Schwarzwald, Erzgebirge/Vogtland, Harz, Thüringer Wald, Oberpfalz, Richelsdorfer Gebirge, Sauerland, Osthessischen Bergland sowie in der Rhön auf.

Abbaustellen von Fluss- und Schwerspat in Deutschland, Karte: BGR.

In Deutschland kommt Fluorsspat vorrangig in mineralisierten Gängen vor, die durch den Aufstieg von heißen, stark salzhaltigen Wässern entlang von Störungen in den oberen Erdschichten entstanden sind. Solche Gänge sind in verschiedenen Mittelgebirgen, wie Schwarzwald, Erzgebirge, Vogtland, Harz, Oberpfalz, Thüringer Wald und Frankenwald zu finden. In den vergangenen Jahrhunderten fand in all diesen Regionen ein intensiver Bergbau auf Fluorsspat statt, wobei bis vor wenigen Jahrzehnten allein die Oberpfalz die Hälfte der deutschen Fluorsspatförderung bestritt. Im Verlauf des 20. Jahrhunderts wurden in verschiedenen Abbauregionen nach und nach die

Darüber hinaus kommt Schwerspat in Deutschland auch in sehr großen, linsenförmigen Lagerstätten vor, welche vor über 300 Mio. Jahren in Schlämmen am Meeresboden entstanden sind. Zum Mineralinhalt dieser Lagerstätten trugen ebenfalls heiße, wässrige Lösungen bei, die ihre gelösten Stoffe in den Schlämmen ablagerten. Neben Schwerspat treten darin auch Metallsulfide wie Schwefelkies (FeS_2), Blei-, Zink- oder Kupferminerale sowie silber- oder goldhaltige Minerale auf. Dieser Lagerstättentyp ist weltweit der begehrteste und wirtschaftlich bedeutendste für die Schwerspatgewinnung. Beispiele solcher Vorkommen in Deutschland sind Meggen im Sauerland, Rammelsberg im Harz, Eisen im saarländischen Hunsrück, Lohrheim am Taunusrand

und Günterod im Westerwald. Schwerspat wurde jedoch nur aus einigen dieser Vorkommen gewonnen, da das Interesse eher den begleitenden Mineralen bzw. Metallen galt. Weil die bekannten deutschen Vorkommen dieses Typs nahezu ausgeerzt sind, spielen sie bei der Schwerspatgewinnung in Deutschland heutzutage keine Rolle mehr.

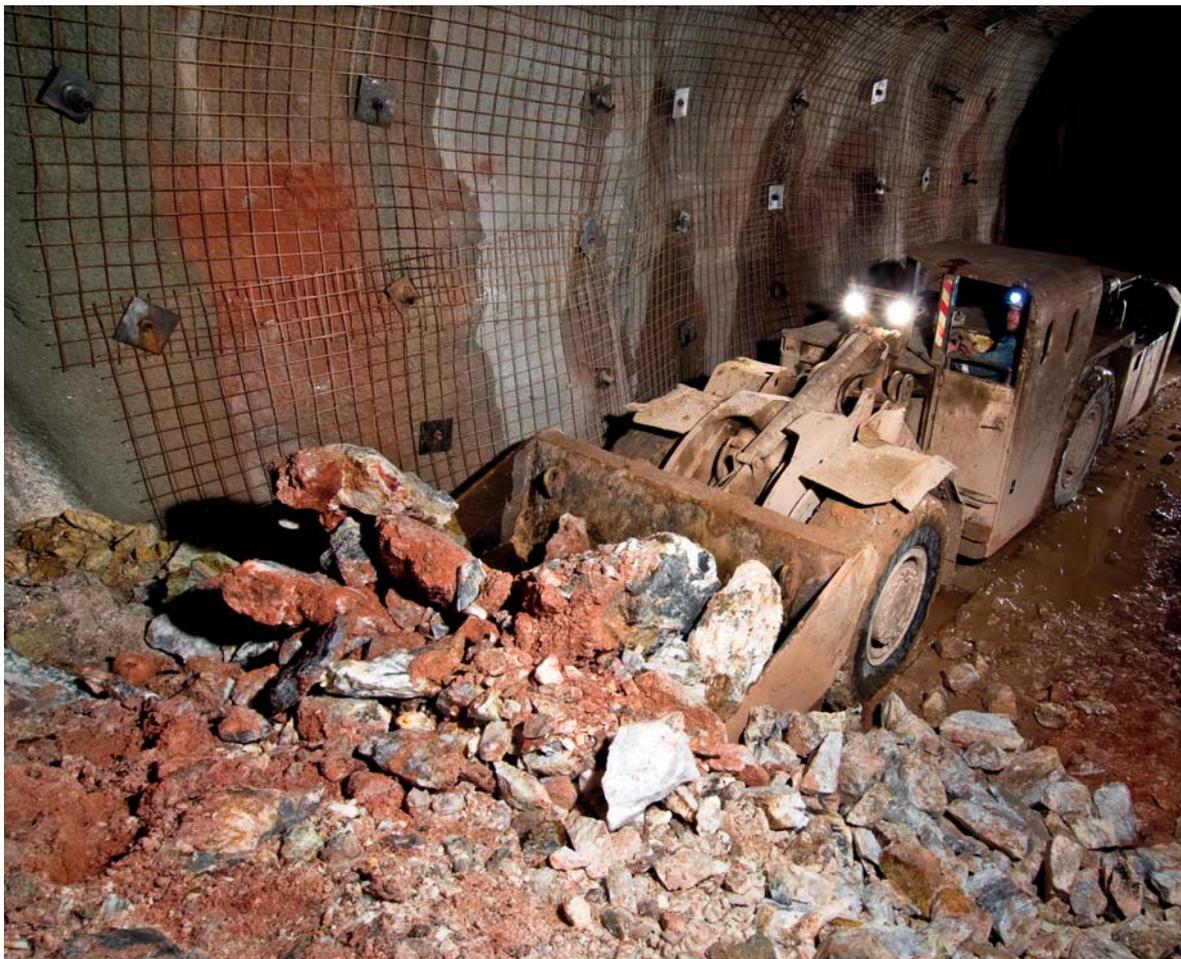
Gegenwärtig wird Schwerspat in Deutschland untertägig in den gleichen Bergwerken wie Flussspat abgebaut. Es handelt sich hierbei um die oben bereits erwähnten Bergwerke Grube Clara und Grube Niederschlag.

Die **Grube Clara** liegt nahe des Dorfes Oberwolfach im Zentralschwarzwald. Betreiber ist die Sachtleben Bergbau GmbH & Co. KG (Homepage: www.sachtleben-bergbau.de), ein Tochterunternehmen der Sachtleben Minerals GmbH & Co. KG. Eine urkundliche Erwähnung von 1652 beschreibt den Abbau von Kupfererzen aus dieser Lagerstätte,

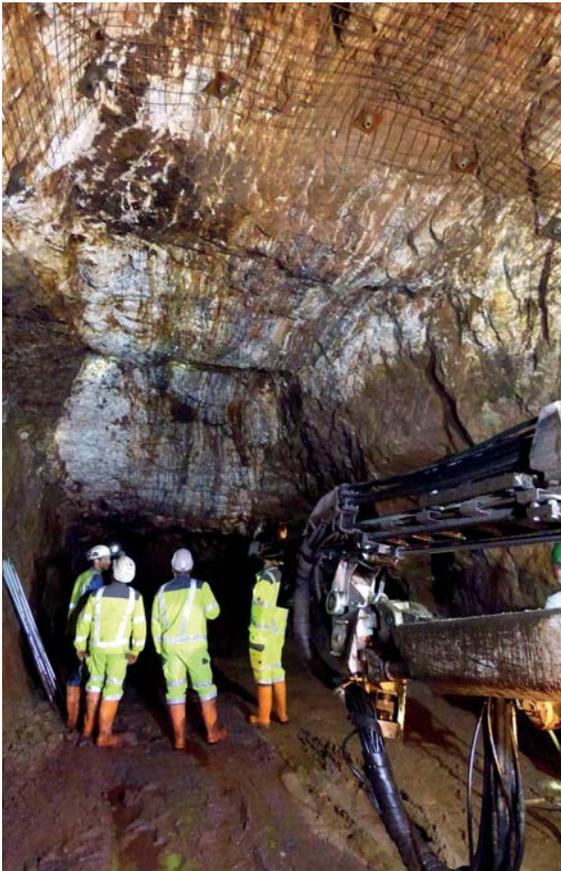
der bis in das 18. Jahrhundert hineinreichte. Seit 1850 wird in der Grube Clara Schwerspat und seit 1978 zusätzlich Flussspat gewonnen.



Bohren der Sprengbohrlöcher mit einem elektrohydraulischen Bohrwagen, Foto: Sachtleben Bergbau GmbH & Co. KG (mit frdl. Genehmigung).



Abtransport des gesprengten Roherzes in der Grube Clara bei Oberwolfach mit Fahrschauelladern, Foto: Sachtleben Bergbau GmbH & Co. KG (mit frdl. Genehmigung).



Das fluss- und schwerspatreiche „Diagonaltrum“ der Grube Clara im Zentralschwarzwald, Baden-Württemberg, Foto: Dr. Wolfgang Werner, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Regierungspräsidium Freiburg (mit frdl. Genehmigung).

Mit der Gewinnung von „Silberspat“, einer Anreicherung von kupfer- und silberreichen Fahlerzen im Schwerspat als Beiprodukt zu den beiden Späten, schließt sich ab 1996 der Kreis zur historischen Kupfergewinnung.

In der Lagerstätte werden drei vererzte Gänge abgebaut, die mit 60 – 90° sehr steil bis vertikal durch den Berg verlaufen. Der ca. 600 m lange und teilweise 3 – 4 m mächtige „Schwerspatgang“, besteht zu 50 – 80 % aus Schwerspat und zu 5 – 40 % aus Flussspat und reicht als einziger an die Erdoberfläche heran. Zusätzlich kommen noch 5 – 20 % Quarz sowie wenige Prozente Erzminerale vor. Der „Flussspatgang“ tritt in einer vom Schwerspatgang getrennten Gangzone auf und spaltet sich im oberen Bereich in fünf verschiedene Gänge auf. Er ist im Mittel 3 – 3,5 m mächtig und auf einer Länge von 300 – 400 m ausreichend stark mit Flussspat vererzt, um wirtschaftlich interessant zu sein. Das Erz besteht zu 50 – 80 % aus Flussspat und zu 0 – 25 % aus Schwerspat. Zusätzlich wird noch ein dritter Gang („Diagonaltrum“) abgebaut, der aus einem Mischerz beider Späte in wechselnden Anteilen sowie Quarz besteht. Das „Diagonaltrum“ ist auf ca. 250 m Länge abbauwürdig und seine Mächtigkeit liegt im Durchschnitt bei 2,5 m. In der Grube Clara sind neben den Späten noch etwa 400 weitere Minerale nachgewiesen – sie gehört damit zu den mineralreichsten Gruben der Welt.

Der Abbau in der Grube Clara erreicht heute bereits 850 m Tiefe. Bei der Sachtleben Bergbau GmbH sind derzeit 105 Mitarbeiter mit der Förderung und der anschließenden Aufbereitung der Erze beschäftigt, wovon 52 Mitarbeiter untertage arbeiten. Der Abbau in der Grube Clara erfolgt im Dreischichtsystem an fünf Tagen der Woche mittels Bohren, Sprengen und Fräsen. Für den anschließenden Ausbau, also die Sicherung der unterirdischen Strecken, werden Stahlmatten, Gebirgsanker und stahlfaserverstärkter Spritzbeton verwendet. Größere Hohlräume, in denen das Erz abgebaut wurde, werden mit einem Gemisch aus Gesteins- und Erzresten aus der Aufbereitung, dem sogenannten Bergematerial und Steinkohlengaschen als Bindemittel aufgefüllt.

Sowohl die Gewinnung, als auch der Transport der Erze erfolgt gleislos, das heißt mit elektrohydraulischen Bohrwagen, dieselgetriebenen Fahrschau-felladern und LKWs. Einige dieser Fahrzeuge sind

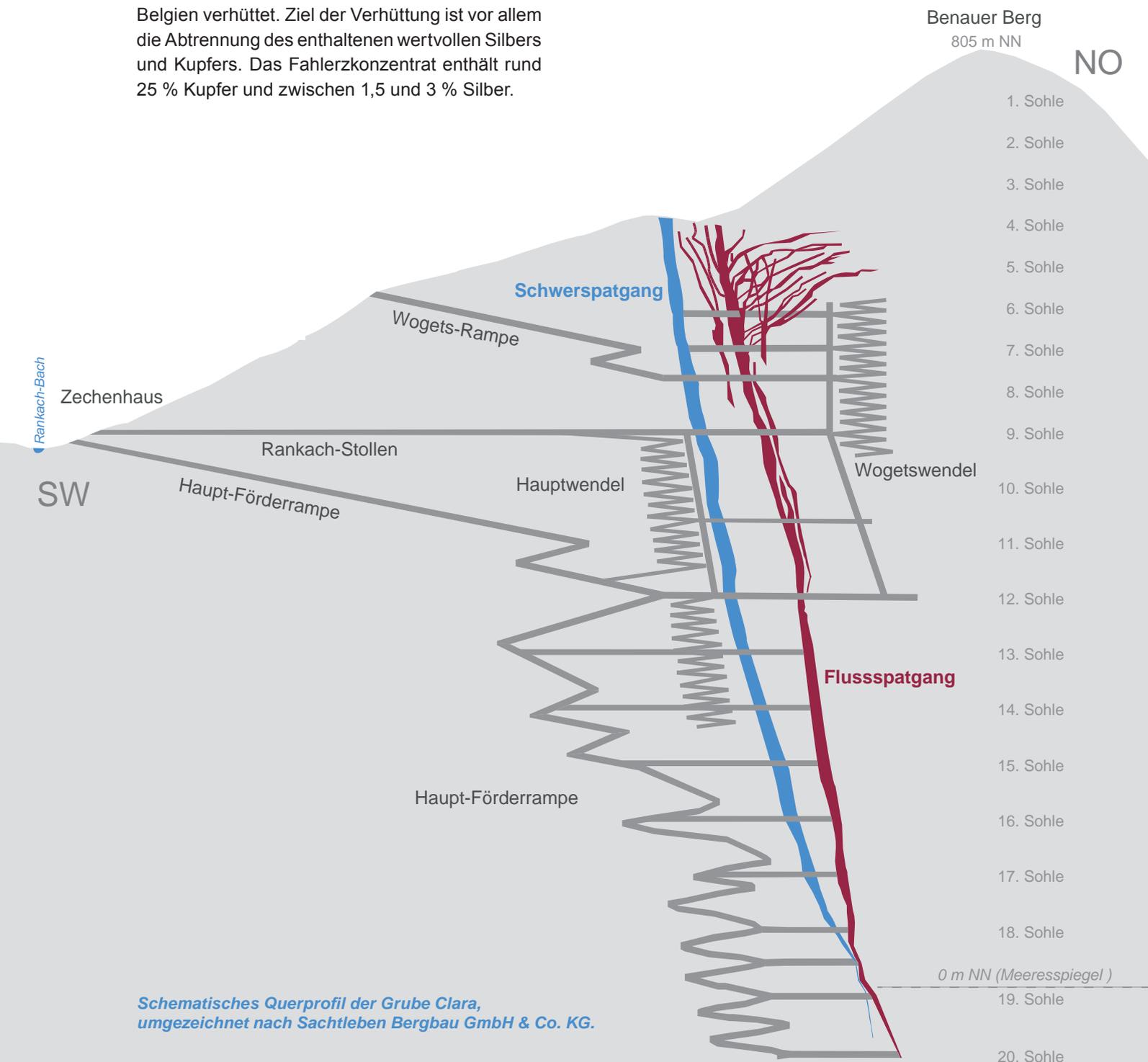


Vom Ausbeutetaler der Grube Clara anlässlich der Aufnahme der Silbererzproduktion im Jahr 1997 gibt es nur 1.000 Stück, Foto: BGR.

ferngesteuert. Insgesamt steht ein Streckennetz von etwa 30 km offen. Mit Hilfe von mehreren spiralförmigen Wendeln, eines Stollens und einer LKW-Rampe werden bis zu 550 Höhenmeter vom eigentlichen Abbauort zu den Übertageanlagen des Grubenbetriebes (Betriebsbüro, Kaue, Sozialräume, Werkstätten) überwunden. Der Transport des Erzes zur Aufbereitungsanlage in Wolfach und die Rücklieferung von Rückständen aus der Aufbereitung nach Untertage erfolgt per LKW.

Die kupfer- und silberreichen Fahlerze werden in der Grube Clara seit 1996 mittels Flotation angereichert und diese Konzentrate in Kanada und in Belgien verhüttet. Ziel der Verhüttung ist vor allem die Abtrennung des enthaltenen wertvollen Silbers und Kupfers. Das Fahlerzkonzentrat enthält rund 25 % Kupfer und zwischen 1,5 und 3 % Silber.

Anlässlich der Aufnahme der Silbererzproduktion im Jahr 1997 hat der Betreiber der Grube Clara, die Sachtleben Bergbau GmbH & Co. KG, eine Medaille aus diesem Silber prägen lassen. Dieser Ausbeutetaler erschien in einer Auflage von 1.000 Stück und ist heute ein begehrtes Sammlerobjekt. Noch seltener ist der zweite Ausbeutetaler aus Silber, der zum hundertjährigen Jubiläum der Aufnahme der Schwerspatproduktion des Betriebs im Jahr 1998 in einer Auflage von 500 Stück erschien.



Schematisches Querprofil der Grube Clara, umgezeichnet nach Sachtleben Bergbau GmbH & Co. KG.



Die **Grube Niederschlag** liegt in der Nähe des Kurortes Oberwiesenthal in Sachsen, nahe der Grenze zur Tschechischen Republik. Sie wurde im Jahr 2013 nach nur fünfjähriger Vorlaufzeit eröffnet. Die Gewinnung von Flussspat und geringer Mengen Schwerspat erfolgt durch die Erzgebirgische Fluss- und Schwerspatwerke GmbH (EFS, Homepage: www.efs-nha.de), die über die Nickelhütte Aue GmbH zur Firmengruppe der Siegfried Jacob Metallwerke GmbH & Co. KG in Ennepetal gehört. In früheren Bergbauperioden zwischen ca. 1550 und 1870 fand in diesem Lagerstättenrevier eine Gewinnung von Zinn-, Eisen-, Kupfer-, Silber- und Kobalterzen statt. Die im oberflächennahen Bereich bis ca. 100 m Tiefe vorkommenden Uranerze wurden zwischen 1913 und 1937 in geringem Umfang und zwischen 1945 und 1954 in großem Umfang abgebaut. Erst im Jahr 1950 wurde die sich in größeren Tiefen befindliche Fluss- und Schwerspatlagerstätte entdeckt und nach weiteren Erkundungsarbeiten als „Reservebergwerk der DDR“ eingestuft.

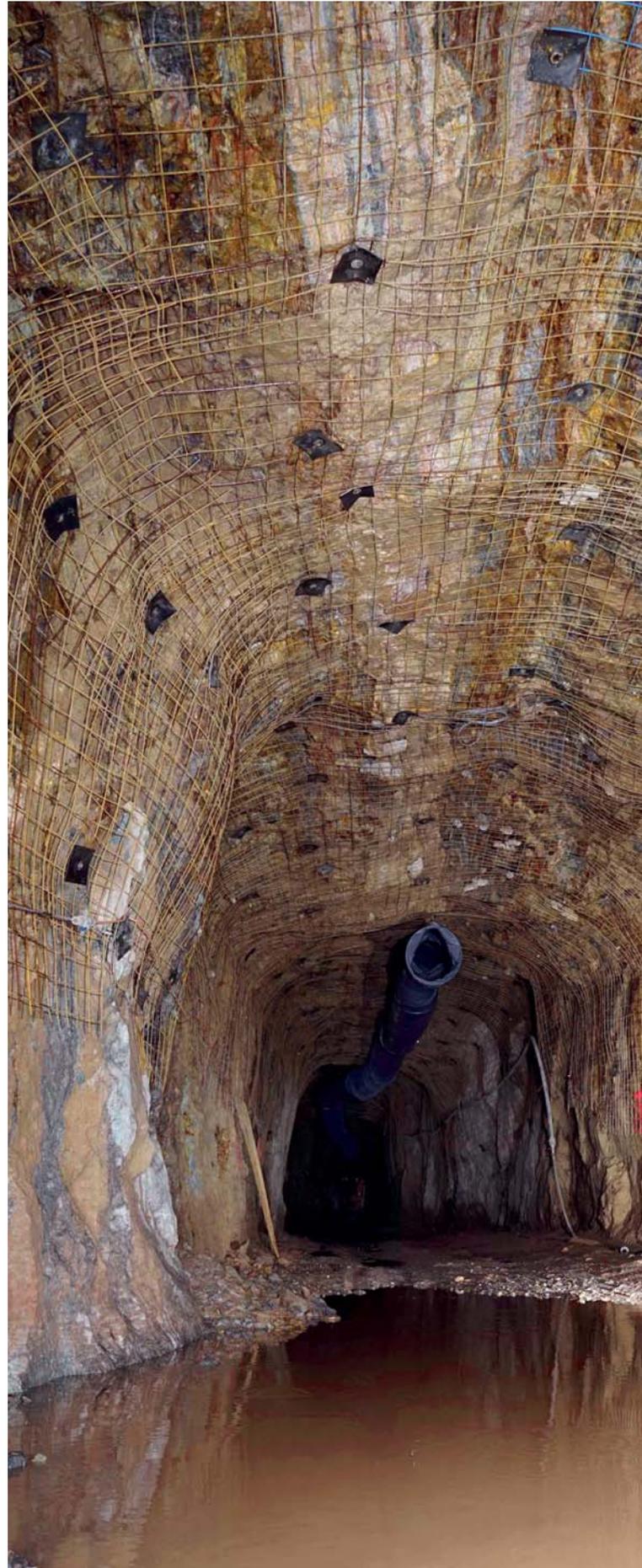
In der Grube Niederschlag treten in mehreren parallelen Spatgängen, u. a. „Magistralnaja“ (Magistralnaja Schila = „Hauptgang“) und „Kariernaja“ (Kariernaja Schila = „Tagebaugang“), Flussspat, Schwerspat und Quarz fein verwachsen in wechselnden Anteilen auf. Von den, zu verschiedenen Zeiten entstandenen, Mineralisationen werden insbesondere Flussspat-Quarzreiche, Schwerspat-Flussspatreiche und Hämatit-Schwerspatreiche Erze abgebaut. Mit zunehmender Tiefe der Lagerstätte nimmt dabei der Anteil an Schwerspat ab. Die Längserstreckung der beiden Spatgänge beträgt, einschließlich ihrer Fortsetzung auf tschechischem Territorium, ca. 3,5 km. In der Hauptgangzone treten vererzte neben nicht vererzten Bereichen auf. Der vorrangig abgebaute Gangbereich hat eine Ausdehnung von 600 m im oberen und 1.000 m im unteren Grubenbereich. Die Gangmächtigkeit variiert innerhalb kurzer Entfernungen stark und liegt zwischen wenigen Dezimetern und über 10 m, bei durchschnittlich 3 – 3,5 m. Derzeit erfolgt der Abbau in ca. 150 m Tiefe bei ungefähr 625 m über NN.

In der Grube Niederschlag findet eine erste Vorsortierung des Roherzes bereits in zwei große Kavernen untertage statt. Foto: Erzgebirgische Fluss- und Schwerspatwerke GmbH (mit frdl. Genehmigung).

Bei den Erzgebirgischen Fluss- und Schwerspatwerken sind momentan 49 Mitarbeiter mit der Gewinnung und Aufbereitung der Erze beschäftigt. Davon arbeiten 25 Bergleute im Dreischicht-Betrieb untertage und 15 Personen in Aue in der Aufbereitung. Für die Gewinnung der Erze, welche wie in der Grube Clara gleislos erfolgt, wurde eine etwa eineinhalb Kilometer lange Rampe angelegt, die unterhalb der Uranvererzung bei 734 m über dem Meeresspiegel den Spatkörper erreicht. Pro Monat werden zwischen 220 und 300 Meter neu „aufgefahren“, also zugänglich gemacht, abgebaut und gesichert. Als Verfüllmaterial für entstehende Abbauhohlräume werden die Reste der Aufbereitung vollständig genutzt. Die offenen Bereiche des Grubengebäudes werden wie in der Grube Clara mit Ankern, Stahlmatten und abschnittsweise mit Spritzbeton gesichert. Eine Besonderheit in der Grube Niederschlag ist die bereits in der Grube stattfindende Vorsortierung des Roherzes mittels Röntgenfluoreszenz und Luftstrahlaussonderung. Dafür wurde eine 65 m lange und 14 m hohe Aufbereitungsanlage in zwei Kavernen der Grube eingebaut. Die weitere Aufbereitung findet in der 35 km entfernten Aufbereitungsanlage am Standort der Nickelhütte Aue GmbH statt. Dorthin werden in 14 bis 20 LKW-Fahrten pro Tag ungefähr 350 – 500 t vorangereichertes Roherz gefahren.

Neben Flussspatkonzentrat, dem Haupterzeugnis der Grube, werden in Aue monatlich rund 100 t Schwerspatvorkonzentrat produziert. Dieses wird durch die Sachtleben Bergbau GmbH Co. & KG in ihrer Aufbereitungsanlage in Wolfach weiter aufbereitet. Ähnlich wie in der Grube Clara treten auch in der Grube Niederschlag Metallerze, z. B. Kupferkies (Chalkopyrit), Bleiglanz (Galenit) und Fahlerze, als Begleitrohstoffe auf. Diese werden derzeit gesammelt und ggf. später aufbereitet.

Mit Stahlmatten und Ankern versicherter Gewinnungsort in der Grube Niederschlag. Der Fluss- und Schwerspatgang ist hier rund vier Meter mächtig, Foto: Erzgebirgische Fluss- und Schwerspatwerke GmbH (mit frdl. Genehmigung).





Mosaik aus violett und grün gefärbtem Flusspat, weißem Quarz und Nebengesteinsbruchstücken. Der Ausschnitt zeigt einen 60 cm breiten Bereich einer etwa 6 – 8 m mächtige Gangzone in der Grube Niederschlag, Foto: Dr. Uwe Lehmann, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (mit frdl. Genehmigung).

5

Spatgewinnung und Tourismus

Um die faszinierende Welt der Fluss- und Schwerspatgewinnung in Deutschland auch Nichtfachleuten näherzubringen, wurden Teile verschiedener stillgelegter Gruben zu Besucherbergwerken ausgebaut oder Museen in den Bergbauregionen eingerichtet.

Das ehemalige Fluss- und Schwerspatbergwerk **Finstergrund** (Abbau: 1922 – 1974) bei Wieden im Südschwarzwald ist seit 1982 als Besucherbergwerk zugänglich (Homepage: www.finstergrund.de). Ein Höhepunkt der Besichtigung ist eine Fahrt mit der einzigen, derzeit aktiven Grubenbahn im Schwarzwald. Erläuterungen zum Bergbau, der verwendeten Technik sowie zur Geologie gibt es untertage an verschiedenen Stationen. Die Einrichtung eines Bergbaumuseums am Stollenmundloch ist geplant. Die bergmännische Gewinnung der Spate wurde nicht wegen Erschöpfung der Lagerstätte, sondern aufgrund der damaligen niedrigen Flussspat-Preise eingestellt.

Ebenfalls im Südschwarzwald liegt das ehemalige Silber-, Kupfer-, Blei- und später Flussspatbergwerk **Teufelsgrund** (Abbau: 953 – 1512, 1792 – 1958, Flussspat ab 1942) bei Münstertal/Schwarzwald, das bereits 1970 als Besucherbergwerk eröffnet

wurde (Homepage: www.besucherbergwerk-teufelsgrund.com). Nach einer Videovorführung kann man bei eigenständiger Grubenbesichtigung oder bei Sonderführungen 1.000 Jahre Bergbaugeschichte erleben. Darüber hinaus können die leuchtend bunten Farben fluoreszierender Minerale wie Flussspat bestaunt oder Veranstaltungen wie Untertage-Vesper, Schatzsuche und Trauungen gebucht werden. Ein Seitenstollen der Grube wurde aufgrund der gleichmäßig hohen Luftfeuchtigkeit und der keimfreien Luft als Asthma-therapiestation eingerichtet.

Einen mächtigen, weißen Schwerspatgang kann man im ehemaligen Silber- und Schwerspatbergwerk **Suggental** (Silberabbau: etwa 12. – 18. Jhd., Schwerspatabbau: 1870 – 1938) bewundern. Das Besucherbergwerk kann an fünf Terminen im Jahr ohne Voranmeldung und sonst nach vorheriger Anmeldung besichtigt werden (Homepage: www.silberbergwerk-suggental.com). Zur Auswahl stehen der St. Anna-Stollen oder – für Leute ohne Platzangst – der St. Josephi-Stollen, in dem auf acht Metern Länge ein Stollenbereich mit nur 80 cm Höhe und 60 cm Breite überwunden werden muss. Am zweiten Septemberwochenende jedes Jahres wird ein Stollenfest durch die Mitglie-



Stollenmundloch des Besucherbergwerks Teufelsgrund, Foto: BGR.

der der Bergbauforschungsgruppe organisiert. Im Umkreis des Besucherbergwerkes finden sich weitere vielfältige Zeugen des Silber- und Eisenbergbaus, die entlang eines ausgeschilderten Bergbauwanderweges besichtigt werden können.

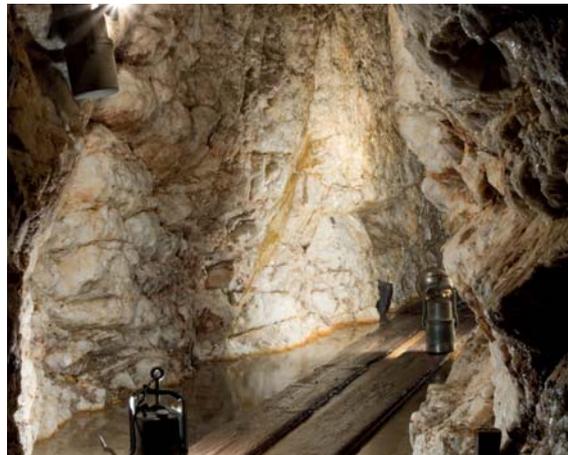
Das historische Silber- und Flussspatbergwerk **FürstENZECH** (Abbau: 1463 – 1962, Flussspatabbau ab 1925 aus Halden und von 1952 – 1962 untertage) in Lam im Bayerischen Wald wurde im Jahr 1998 zu Besuchs- und Therapiezwecken wiedereröffnet (Homepage: www.fuerstENZECH.de). Neben sechs unterschiedlichen Gesteinsarten, darunter auch mehrere Meter mächtige Graphitflöze, können untertage auch fluoreszierende Minerale sowie bergmännische Arbeitsgeräte besichtigt werden. Eine Besonderheit des Bergwerks ist das Vorkommen eines intensiv grün gefärbten Anglesits (PbSO_4 , sog. Bayerwaldsmaragd). Auf der obersten Sohle des Bergwerks befindet sich außerdem ein Asthmatherapiestollen. Übertage stehen den Besuchern Halden zur Mineraliensuche zur Verfügung. Darüber hinaus gibt es Angebote zur Edelsteinschatzsuche, zum Goldwaschen oder zur Besichtigung des Altbergbaus.

Im **Historischen Schmucksteinbergwerk Kittenrain** bei Bach an der Donau in der Oberpfalz kann man sich über die Verwendung von Flussspat als Industriemineral und Schmuckstein informieren (Homepage: www.schmucksteinbergwerk.de). Die ehemalige Flussspatgrube „Schönfärbiges Bergwerk“ bzw. „Grube Kittenrain“ (ab 1496 Sucharbeiten nach Silber und Blei, Flussspatabbau: 1895 – 1996) wurde 1996 als Besucherbergwerk für jedermann zugänglich gemacht. Typisch für die Grube sind intensiv gefärbte Gangpartien mit smaragdgrünem und violetter Flussspat, der vom fürstlichen Hause „Thurn und Taxis“ gelegentlich zur Herstellung von Schmuck und dekorativen Gegenständen verwendet wurde. Die industrielle Flussspatgewinnung für andere Anwendungsbereiche setzte nach dem Ersten Weltkrieg ein und wurde immer wieder unterbrochen. Neben einem Einblick in die 500-jährige Bergbaugeschichte und in die noch funktionstüchtige Technik der 1980er Jahre gibt es Sonderveranstaltungen für Erwachsene und Kinder.

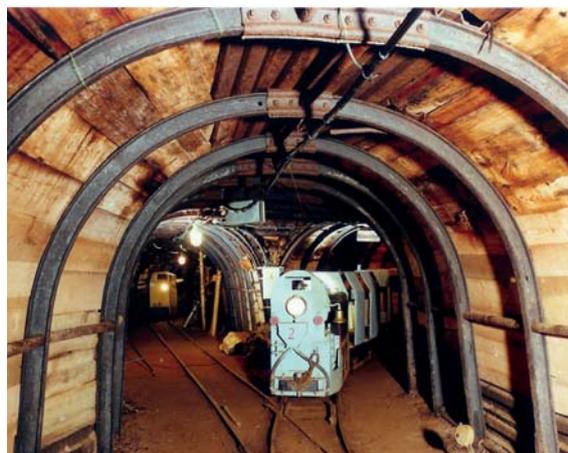
Auch das ehemalige Schwer-, Flussspat- und Eisenerzbergwerk **Hühn** in Brotterode-Trusetal im Thüringer Wald (Abbau: 1709 – 1990, Schwespatabbau ab 1814, Flussspatabbau ab ca. 1841)



Blick von der Förderstrecke nach oben in den Abbauhohlraum der ehem. Grube Finstergrund, Foto: Berthold Fuchs (mit frdl. Genehmigung).



Der bis zu 4 m mächtige Schwespatgang im Besucherbergwerk „Suggental“ ist fast reinweiß, Foto: Berthold Fuchs (mit fdl. Genehmigung).



Mit dem „Hühn-Express“ wird die Einfahrt in das Besucherbergwerk Hühn im Thüringer Wald zu einem besonderen Erlebnis, Foto: Besucherbergwerk Hühn (mit fdl. Genehmigung).



Förderstrecke der Grube Glasebach mit Holzausbau und Firstkasten aus der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts, Foto: Ulf Laube (mit frdl. Genehmigung).

öffnete 1996 als Besucherbergwerk seine Pforten (Homepage: www.besucherbergwerk-trusetal.de). Neben der Einfahrt in die Grube mit der Grubenbahn, dem „Hühn-Express“, werden Fluss- und Schwerspatgänge sowie bergmännische Gewinnungsarbeiten gezeigt. Übertage kann man u. a. Förderanlagen, eine Bergbau- und Mineralienausstellung sowie einen Geologie- und Bergbaulehrpfad besichtigen oder an geführten geologischen Wanderungen sowie einer Goldwäsche teilnehmen.

Die ehemalige Flussspatgrube **Talstollen Volle Rose** (Abbau: 1881 – 1991) bei Langewiesen und Ilmenau im Thüringer Wald ist seit 1991 für Besucher geöffnet (Homepage: www.schaubergwerk-langewiesen.de). Das Schaubergwerk soll die bis in das 12. Jhd. zurückreichende Bergbautradition im Revier um die Stadt Ilmenau lebendig halten, die auch Thema eines Einführungsfilms ist. Nach der Einfahrt in die Grube mit einer Grubenbahn wird der Flussspatbergbau zu DDR-Zeiten erlebbar gemacht. In den ehemaligen Betriebsanlagen übertage gibt es eine Ausstellung mit historischer Bergbautechnik und Feldbahnlokomotiven aus der Vorkriegs- und DDR-Produktion. Mit der

Schorte-Feldbahn, der ehemaligen Erztransportbahn der Grube, kann man außerdem eine 2,5 km Rundfahrt durch das Schortetal unternehmen.

Aus dem ehemaligen Kupferschiefer- und Schwerspatbergwerk **Gustav** (Abbau: um 1499 – 1968, Schwerspatabbau seit 1897 im Tagebau und seit 1928 untertage) bei Meißen im hessischen Werra-Meißner-Kreis entstand im Jahr 1986 ein Besucherbergwerk (Homepage: www.grube-gustav.de). In der Grube Gustav kann man den mühsamen Abbaubetrieb von Kupferschiefer mit Schlägel und Eisen in Kriechstollen, aber auch die modernere Schwerspatgewinnung mit Bohren und Sprengen besichtigen. Ein "Rettungsschlitten" erinnert an das „Wunder von Abterode“, einer dramatisch verlaufenen Rettungsaktion von zwei verschütteten Bergleuten, die 1957 nach fünf Tagen durch ein Bohrloch gerettet werden konnten.

Das **Straßberger Bergwerksmuseum** mit der ehemaligen Silber-, Kupfer-, Blei- und Flussspatgrube **Glasebach** (Abbau: vor 1690 – 1990, Flussspatbergbau ab 1888) bei Straßberg, einem Ortsteil von Harzgerode im Unterharz (Sachsen-Anhalt) gibt es seit 1995 (Homepage: www.

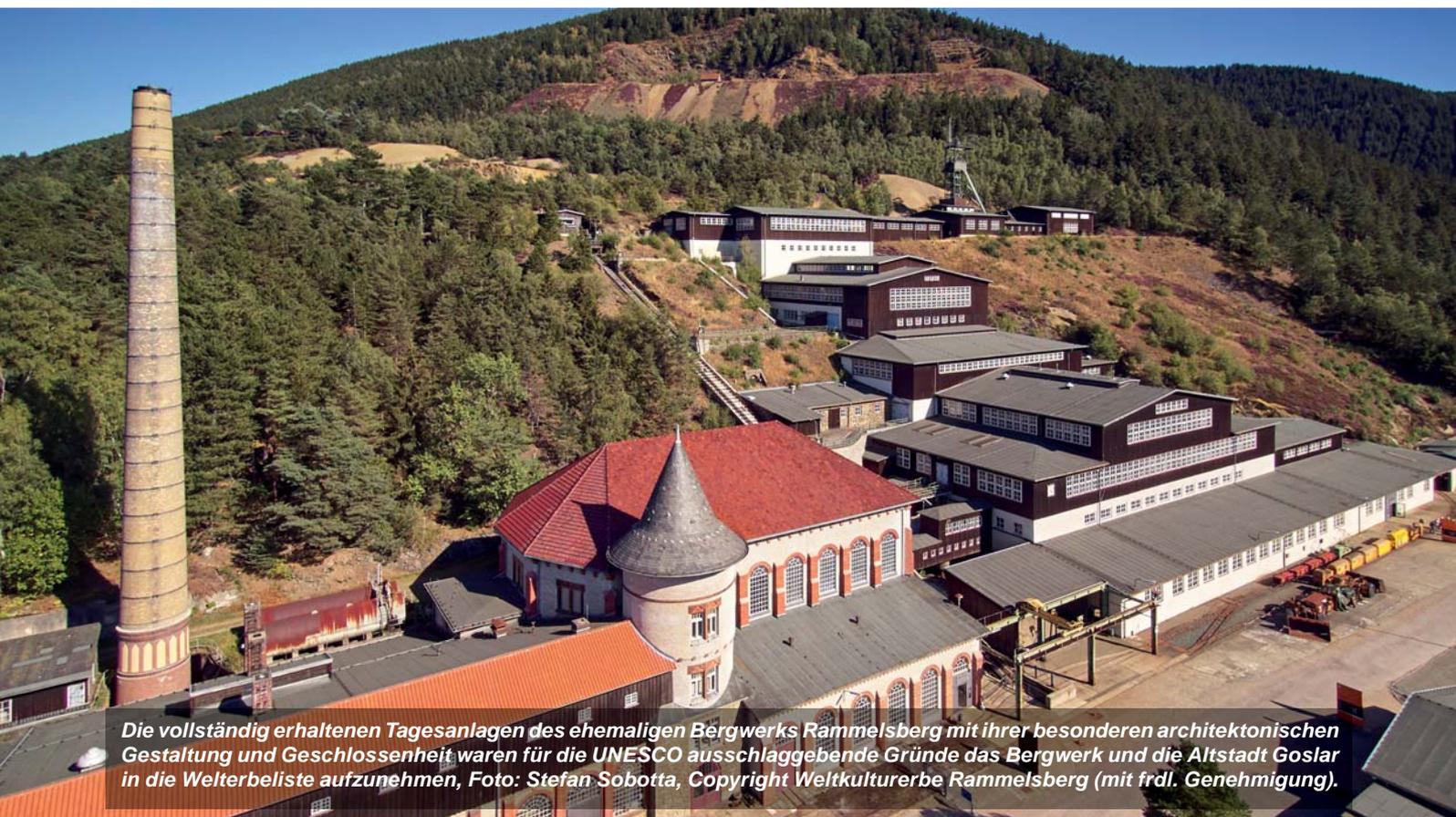
grube-glasebach.de). Es beinhaltet zwei zeitlich gestaffelte Anlagenbereiche. Ein Freigelände mit intakter Maschinenteknik zum Vorführen zeigt den neuzeitlichen Bergbau der Nachkriegszeit bis zum Jahr 1992. Die untertägige Grube Glasebach veranschaulicht den historischen Bergbau aus der Zeit des 18. Jhd. u. a. mit der "Straßberger Schwingkunst" (Wasserhebetechnik). Hinzu kommen eine museale Ausstellung mit Exponaten des Straßberger Reviers und der Grube Glasebach sowie der ebenerdige Glasebacher Stollen, der ohne körperliche Anstrengung besichtigt werden kann.

Zusätzlich zu den vorgestellten Besucherbergwerken gibt es in Deutschland noch weitere mit Fluss- oder Schwerspatgängen, in denen diese Rohstoffe aber nicht gewonnen wurden.

Die Gewinnung von Schwerspat aus Lagerstätten, die im Bereich ehemaliger Meeresböden entstanden (siehe Kapitel 4), kann man im Besucherbergwerk **Rammelsberg** (Abbau: vor 968 – 1988, Schwerspatgewinnung aus Erzen seit 1943) bei Goslar am nördlichen Harzrand besichtigen. Seit 1992 gehört das Besucherbergwerk mit ange-

schlossenem Museum zum UNESCO-Weltkulturerbe (Homepage: www.rammelsberg.de). Der Rammelsberg war für Deutschland eine Lagerstätte der Superlative, aus dessen fast 30 Mio. t Erz unter anderem die Metalle Blei, Zink, Kupfer, Silber und Gold sowie die Minerale Schwerspat und Schwefelkies gewonnen wurden. Im Erz ist der Schwerspat allerdings nicht mit bloßem Auge zu erkennen. Heutzutage können zwei Stollen und verschiedene Übertageanlagen mit unterschiedlichen Ausstellungen und technischen Einrichtungen aus allen montangeschichtlich bedeutenden Bereichen besichtigt werden. Weiterhin kann man mit einem Schrägaufzug fahren oder an einer der zahlreichen Veranstaltungen teilnehmen.

Auch die ehemaligen Grube Meggen mit dem heutigen **Bergbaumuseum Siciliaschacht**, gewann Erz aus einer am Meeresboden gebildeten Lagerstätte und zählte lange zu den bedeutendsten Schwefelkies-, Zinkerz- und Schwerspatgruben der Welt (Abbau: ca. 1850 – 1992, Schwerspatabbau seit 1890, Homepage: www.bergbaumuseum-siciliaschacht.de). In den ehemaligen über-tägigen Bergwerksanlagen in Lennestadt-Meggen im Sauerland informiert das Bergbaumuseum mit



Die vollständig erhaltenen Tagesanlagen des ehemaligen Bergwerks Rammelsberg mit ihrer besonderen architektonischen Gestaltung und Geschlossenheit waren für die UNESCO ausschlaggebende Gründe das Bergwerk und die Altstadt Goslar in die Welterbeliste aufzunehmen, Foto: Stefan Sobotta, Copyright Weltkulturerbe Rammelsberg (mit frdl. Genehmigung).



Im Schwerspatmuseum Dreislar kann man in die Welt des Schwerspats eintauchen, Foto: Schwerspatmuseum Dreislar (mit frdl. Genehmigung).



Im Museum für Mineralien und Mathematik werden u. a. zahlreiche Mineralstufen sowie Konzentrate der Grube Clara gezeigt, Foto: Matthias Reinhardt (mit frdl. Genehmigung).



Goldgräberstimmung auf der Mineralienhalde der Grube Clara, Foto: Dr. Wolfgang Werner, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Regierungspräsidium Freiburg (mit frdl. Genehmigung).

zahlreichen Exponaten über die Bergbautechnik der Grube Meggen, die Aufbereitung des Erzes und die Verarbeitung und Verwendung der Rohstoffe. Auf dem Gelände kann weiterhin das Fördergerüst besichtigt oder zu einer Wanderung auf einem bergbauhistorischen Wanderweg gestartet werden.

Das **Schwerspatmuseum Dreislar** (Homepage: www.schwerspatmuseum.de) im Sauerland liegt in einer Bergbauregion, in der zwischen 1909 und 2007 Schwerspat gewonnen wurde. Im besonderen Ambiente des Museums werden die Besucher multimedial in die Welt des Schwerspats entführt. Diese umfasst neben den weltbekannten Dreislarer Schwerspat-Kristallstufen (Foto siehe Seite 7) eine Entdeckungsreise durch 4,6 Milliarden Jahre Erdgeschichte sowie durch die 230-jährige Bergbaugeschichte Dreislars. Dazu wurde ein Schau-stollen nachgebaut, der die Arbeitswelt der Bergleute veranschaulicht.

Gemeinsam mit dem „Mathematischen Forschungsinstitut Oberwolfach“ haben engagierte Mineraliensammler und die Gemeinde Oberwolfach das **Museum für Mineralien und Mathematik – MiMa** (www.mima.museum) eingerichtet. Dort wird neben einzigartigen Kristallstufen des Schwarzwalds u. a. auch die spannende Verbindung von Mathematik und Mineralien beispielsweise mit Installationen zum Thema Symmetrie und Kristallographie gezeigt. Ein Teil der Ausstellung beschäftigt sich intensiv mit Fluss- und Schwerspat aus der Grube Clara sowie deren Verwendungsmöglichkeiten.

Wer gern selber auf die Suche nach Fluss- und Schwerspatkristallen gehen möchte, kann dies legal und völlig gefahrlos gegen Eintritt auf der **Mineralienhalde Grube Clara** (Homepage: www.mineralienhalde.com) in Wolfach im Schwarzwald tun. Die Halde liegt neben der Erzaufbereitungsanlage der Grube und wird regelmäßig mit frischem Material versorgt. Dies zieht sowohl erfahrene Mineraliensammler als auch Familien an. Nicht umsonst sind bereits 400 verschiedene Minerale in den Erzen dieser Grube entdeckt und wissenschaftlich bestimmt wurden. Zusätzlich ist an mehreren Wochenenden im Jahr auch das eigentliche Spatlager der Aufbereitungsanlage zugänglich. Also Werkzeuge und Eimer nicht vergessen oder gegen Gebühr ausleihen und dann kann es losgehen.

6



Wertschöpfung in
der weiterverarbeitenden Industrie

in Anstrichstoffen und Synthesefasern und ca. 1.900 t Bariumsulfat für Röntgenkontrastmittel hergestellt. Die Produktionsmenge von Bariumcarbonat in Deutschland liegt bei rund 30.000 – 35.000 t jährlich. Dieses findet insbesondere in der grobkeramischen Industrie und der Glasindustrie Verwendung.

In der chemischen Industrie gingen die hergestellten Fluor- und Bariumverbindungen im Jahr 2016 auch in die Produktion von 3.5 Mio. t Anstrichmitteln, Verdünnungen, Druckfarben und Kittenden im Wert von knapp 9,0 Mrd. €, von 886.000 t Klebstoffen im Wert von 1,2 Mrd. €, von 19,2 Mio. t Kunststoffen im Wert von 24,2 Mrd. € und von knapp 205.000 t Schädlings-, Pflanzenschutz- und

Desinfektionsmitteln (Wirkstoffgewicht) im Wert von 3,2 Mrd. € ein.

Insgesamt wurden in Deutschland im Jahr 2016 mit 331.401 Beschäftigten chemische Erzeugnisse im Wert von 107,8 Mrd. € produziert. Der Gesamtumsatz der chemischen Industrie Deutschlands lag im Jahr 2016 bei 136,5 Mrd. €. Gleichzeitig wurden 2016 pharmazeutische Erzeugnisse im Wert von 29,2 Mrd. € produziert. Der Gesamtumsatz der pharmazeutischen Industrie Deutschlands lag im Jahr 2016 bei 48,2 Mrd. €, der von 115.663 Beschäftigten erwirtschaftet wurde.

Weitergehende und aktuelle Informationen: Verband der Chemischen Industrie e.V. (Homepage: www.vci.de).





Aluminiumindustrie

Im Jahr 2016 wurden in Deutschland 1.269.700 t Rohaluminium erzeugt. Davon entfielen 546.800 t auf Primäraluminium und 722.900 t auf Recyclingaluminium bzw. Umschmelzaluminium. Mit Recyclingraten von über 90 % im Verkehrssektor, über 95 % im Bausektor und rund 90 % bei Verpackungen in Deutschland hat die Gewinnung von Recyclingaluminium die Primäraluminiumproduktion längst übertroffen. Bei einem Verbrauch von 10 – 30 kg Aluminiumfluorid für die Herstellung von 1 t Primäraluminium kann man von einem Bedarf in Deutschland von maximal 38.000 t Aluminiumfluorid für das Jahr 2016 ausgehen.

Aus dem Rohaluminium wurden in Deutschland im Jahr 2016 rund 1,1 Mio. t Aluminiumformguss, 2,5 Mio. t Aluminiumhalbzeuge und 336.600 t an weiteren Produkten der Aluminiumweiterverarbeitung gefertigt. Mittels Aluminiumformguss werden Fertigbauteile hergestellt, die insbesondere in der Automobilindustrie Verwendung finden. Aluminiumhalbzeuge umfassen Walzfabrikate, Strangpressprodukte sowie Drähte und Schmiedeteile. Die Produkte der Aluminiumweiterverarbeitung, wie Aluminiumfolien, Tuben, Dosen, Aerosoldosen und Aluminiumpulver, werden u. a. für Verpackungen von Nahrungsmitteln, Medikamenten und Körperpflegeprodukten sowie in der Pyrotechnik eingesetzt.

Nach Schätzungen des Gesamtverbandes der Aluminiumindustrie ist der größte Abnehmer deutscher Aluminiumprodukte der Verkehrssektor mit dem Fahrzeugbau und einem Marktanteil von 48 %. Heutzutage sind ungefähr 140 kg Aluminium im Auto enthalten. Ein Kilogramm Aluminium ersetzen dabei 2 kg Stahl, das bedeutet eine Reduzierung des Benzinverbrauches um ca. 1 l/100 km. Weitere Abnehmer von Aluminiumprodukten sind das Bauwesen (15 %), gefolgt von der Verpackungsindustrie (10 %), der Elektrotechnik (7 %) sowie dem Maschinenbau und der Eisen- und Stahlindustrie mit jeweils 6 % Marktanteilen. Darüber hinaus gehen Aluminiumprodukte u. a. in

Lagergestell mit Aluminiumband im Aluminiumwerk Hamburg. 160.000 t Aluminiumband, teils zu Blechen maßgeschnitten, gehen von hier jedes Jahr an Industriekunden für die Produktion von Automobilen, Wärmetauschern, Maschinen und Konsumgütern, Foto: Norsk Hydro ASA (mit frdl. Genehmigung).



Herstellung von Aluminium in der Primäraluminiumhütte Rheinwerk in Neuss. In diesem Werk werden unter Einsatz von Aluminium- und Calciumfluorid im Jahr rund 150.000 t Flüssigaluminium produziert. Foto: Norsk Hydro ASA (mit frdl. Genehmigung).

die Bereiche Haushaltswaren, Bürobedarf, Einrichtungsgegenstände und Freizeitprodukte.

Drei der insgesamt vier deutschen Primäraluminiumhütten sowie zwei Schmelz- und Recyclingwerke zur Herstellung von Recyclingaluminium gehören zum größten deutschen Aluminiumproduzenten Trimet Aluminium SE mit Hauptsitz in Essen. Trimet erwirtschaftete im Jahr 2016 an seinen sechs Produktionsstandorten in Deutschland und in zwei Werken in Frankreich mit ungefähr 3.000 Mitarbeitern einen Umsatz von rund 1,7 Mrd. €. Die vierte und größte Primäraluminiumhütte in Deutschland, das Rheinwerk in Neuss mit 620 Mitarbeitern, sowie zwei Recycling- und Schmelzwerke werden von der Norsk Hydro ASA betrieben. Mit Geschäftsaktivitäten in mehr als 40 Ländern, entlang der gesamten Wertschöpfungskette, gehört der norwegische Konzern zu den größten Aluminiumproduzenten weltweit.

In der deutschen Aluminiumindustrie waren im Jahr 2016 insgesamt knapp 61.300 Beschäftigte in 251 Betrieben beschäftigt. Davon sind 200 Betriebe in der Aluminiumerzeugung, der ersten Aluminiumbearbeitung sowie im Aluminiumformguss und die

restlichen 47 Betriebe in der Aluminiumweiterverarbeitung tätig. Im Jahr 2016 erwirtschaftete die Aluminiumindustrie einen Umsatz von 19,7 Mrd. €. Mehr als die Hälfte des Umsatzes wurden durch die Herstellung von Rohaluminium und Aluminiumhalbzeug erzielt.

Weitergehende und aktuelle Informationen: Gesamtverband der Aluminiumindustrie e.V. (Homepage: www.aluinfo.de).

Baustoffindustrie

Die deutsche Baustoffindustrie benötigt jährlich über 140 Mio. t hochwertige Sande und Kiese, dazu Millionen Tonnen gebrochene Natursteine als Basis für die Herstellung von Transportbeton, Estrich, Mörtel, Betonfertigteilen und Betonwaren (z. B. Dachsteine, Pflastersteine, Gehwegplatten, Palisaden, Rohre, Eisenbahnschwellen, Fertighäuser, Treppen, Fassadensteine, Pflanzwandsysteme, Porenbetonsteine) sowie Kalksandsteinen.

Größter Verbraucher dieser feinen (Sand) und groben (Kies, Splitt) Gesteinskörnungen ist die deut-

sche Transportbetonindustrie: Im Jahr 2016 wurden in Deutschland in 1.800 Werken durch 9.405 Beschäftigte rund 49,4 Mio. m³ Transportbeton mit einem Wert von 3,3 Mrd. € produziert. Deutschland ist hinter der Türkei der zweitgrößte Transportbetonproduzent Europas. In Deutschland wurden hierfür 90,2 Mio. t Gesteinszuschläge (ca. 39,7 Mio. t Kies, ca. 31,6 Mio. t Sand, ca. 18,0 Mio. t Splitt und ca. 0,9 Mio. t Recyclingmaterial) eingesetzt.

Zu den Spezialbetonen aus Transportbeton, die in Deutschland rund 1 % des Transportbetonvolumens ausmachen, zählen unter anderem der Leicht- und Schwerbeton oder auch der Strahlenschutzbeton z. B. für Röntgenräume in Krankenhäusern. Schwerbeton wird beispielsweise zur Sicherung von im Grundwasser gebauten Fundamenten gegen Aufschwimmen, zum Bau von Schwimmbädern, zur Stabilisierung von Rohrleitungen sowie zum Bau von unterirdischen Wertstoffräumen in Banken eingesetzt. Schwerbeton in Form von Strahlenschutzbeton wird dagegen beim Bau von Radiologiepraxen und Krankenhäusern sowie von einigen Laboren in der Industrie und

Forschung benötigt. Der ehemals große Bedarf für den Bau von Kernkraftwerken in Deutschland ist dagegen nicht mehr vorhanden.

Bei Anfragen nach Schwerbeton greifen die deutschen Transportbetonhersteller sowohl auf Schwerspat als auch auf regional gut verfügbare Stahlkugeln, Eisengranulate, Eisenhüttenschlacken oder Eisenerzschotter zurück. Für die Herstellung von 1 m³ der mit rund 40 % häufigsten Betonsorte C25/30 als Strahlenschutzbeton (Dichte: > 3,2 t/m³) werden neben 180 l Wasser, 50 kg Steinkohlenflugasche und 280 kg Zement rund 2.765 kg Gesteinszuschläge in Form von 125 kg Kies oder Splitt und 2.600 kg Schwerspat benötigt. Nach Schätzungen von Marktteilnehmern werden in Deutschland jährlich zwischen 3.000 und 7.000 m³ Strahlenschutzbeton produziert. Für die Herstellung dieser Menge Strahlenschutzbeton kommen jährlich zwischen 10.000 und 20.000 t Schwerspat zum Einsatz.

In Deutschland gab es im Jahr 2016 rund 1.000 radiologische Praxen und ca. 700 Krankenhäuser mit einer eigenen radiologischen Abteilung. In



Beim Bau von radiologischen Praxen/Abteilungen von Krankenhäusern werden große Mengen von Strahlenschutzbeton benötigt, Foto: PONTAX GmbH (mit frdl. Genehmigung).

diesen wurden an vollstationären Patientinnen und Patienten mehr als 11,5 Mio. bildgebende Untersuchungen (Daten aus dem Jahr 2015) durchgeführt, davon waren 5,5 Mio. Computertomographie- (CT-)untersuchungen, 1,9 Mio. Magnetresonanztomographie- (MRT-)untersuchungen, aber nur noch 379.000 konventionelle Röntgenuntersuchungen.

Weitergehende und aktuelle Informationen: Bundesverband der Deutschen Transportbetonindustrie e.V. (Homepage: www.transportbeton.org).

Glasindustrie

Die Glasindustrie umfasst die Herstellung und Veredelung von weißem und farbigem Behälterglas sowie von weißem Flachglas, Sicherheitsglas, Wärmedämmglas, Spiegelglas, Trinkglas, Kristall- und Bleikristallglas, optischen und technischen Gläsern, Kosmetikglas, Glasfasern, Glaswolle-Dämmstoffen, Autoglas, Scheinwerferglas, Spezialglas und Laborglas.

Die für die Glasproduktion benötigten Rohstoffe, wie Quarzsand, Soda, Kalk, Dolomit, Feldspat und Pottasche, werden nach der Anlieferung in Silos gelagert und entsprechend der späteren Glaszusammensetzung portioniert. Anschließend wird das Gemenge in Mischer gegeben, dort möglichst gleichmäßig vermischt und schließlich über Fließbänder oder in Kübeln zur Glasschmelzwanne transportiert. Im Glasschmelzofen wird das Gemenge auf Temperaturen von oft über 1.500 °C aufgeheizt. Dabei verbinden sich die Bestandteile der eingesetzten Rohstoffe zur Glasschmelze. Einigen Glassorten werden weitere Rohstoffe, wie beispielsweise Fluor- oder Bariumverbindungen zugefügt. Diese dienen je nach Glasart als Trübungs-, Läuter- oder Flussmittel oder sollen die optischen Eigenschaften der Gläser verändern. Für Oberflächenbehandlungen, wie der Säurepolitur von Kristallglas oder dem Mattätzen von Glasoberflächen werden Flusssäure und teilweise Fluoride eingesetzt.

Fluor- und bariumhaltige Gläser sind vorrangig in den Glasbranchen Behälterglas, Kristall- und Wirtschaftsglas sowie Gebrauchs- und Spezialglas zu finden.

Behälterglas dient als Verpackungsmaterial für Lebensmittel, Getränke, Kosmetikartikel und



Blick in eine Glasschmelzwanne, in der gerade Rohstoffe, darunter Bariumcarbonat, zur Herstellung von ultradünnem Glas eingeschmolzen werden, Foto: Schott AG (mit frdl. Genehmigung).

pharmazeutische Produkte. Einige dieser Verpackungen bestehen aus Opak- oder Opalgläsern, die unter Einsatz von Fluoriden als Trübungsmittel hergestellt und z. B. als Behälter für Cremes und Parfümflacons genutzt werden. Unvergessen zum Beispiel ist die Odol-Flasche aus milchweißem Opalglas, die Heinz-Glas, heute Heinz-Glas GmbH & Co. KGaA, bereits vor über 100 Jahren produzierte. Nach 50-jähriger Pause werden die ausgefallen geformten Flaschen seit 2001 wieder exklusiv bei Heinz-Glas gefertigt, jährlich rund 20 Millionen Stück in sechs unterschiedlichen Größen. Auch im Pharmaglas als Verpackungswerkstoff für Pharmaprodukte, sind bis zu 1 % Fluoride enthalten. Bariumcarbonat kann in der Produktion von Parfümflacons eingesetzt werden, um den Glanz zu erhöhen. Im Jahr 2016 wurden in 31 Betrieben in Deutschland rund 4,0 Mio. t Behälterglas produziert.

Kristall- und Wirtschaftsglas beinhaltet alle Glaswaren „für den gedeckten Tisch“. Dies sind u. a. Trinkgläser, Vasen, hitzebeständiges Glaskochgeschirr und Dekoartikel. Bei der Herstellung von Kristallglas spielt Bariumcarbonat eine wichtige Rolle. Des Weiteren wird Flusssäure für die Säurepolitur und das Mattätzen verwendet. Im Jahr 2016 wurden in Deutschland 157,9 Mio. Stück Trinkgläser und Haushaltsglaswaren aus Bleikristall-, Kristall- oder Wirtschaftsglas im Wert von 167,6 Mio. € produziert. Die gesamte Wirtschaftsglasproduktion von 44.500 t im Jahr 2016 wurde in 28 Betrieben erbracht.

Ceran Glaskeramik-Kochfläche für Elektro- oder Induktionsherde, die selbst bei extremen Temperaturschwankungen formstabil bleibt. Nun fehlt nur noch die Markierung der Kochflächen, Foto: Schott AG (mit frdl. Genehmigung).



Die Gebrauchs- und Spezialglasbranche bietet eine breite Palette von Gläsern für die unterschiedlichsten Anwendungen. Spezialgläser und technische Gläser finden u. a. Einsatz in der Fertigung von hauchdünnem biegsamen Glas für die Elektronikbranche (z. B. Displays), von Design- und Funktionsbauteilen in Automobilen und Flugzeugen, von Spezialrohrglas in solarthermischen Kraftwerken, von Gläsern für die Elektro- und Datentechnik, von optischen Gläsern z. B. für Linsen, von Haushaltsgeräten wie z. B. Glaskeramik-Kochflächen, von Laborgeräten und von Dentalgläsern für Zahnfüllungen. Fluoride oder Bariumcarbonat werden hier v. a. bei der Herstellung von optischen Gläsern, Glaskeramik für Teleskope, Hochleistungslampen und Ceran-Kochfeldern, Schutzgläsern, Dünngläsern für flache Plasma- und LCD-Geräte, sowie für einige Dentalgläser benötigt. Opak- und Opalgelber werden weiterhin zur Herstellung von Glühbirnen, Leuchtstofflampen und Lampenschirmen verwendet.

In der Gebrauchs- und Spezialglasbranche wurden im Jahr 2016 in 76 Betrieben in Deutschland 348.000 t Glaswaren produziert. Der Technologiekonzern Schott AG ist der größte Spezialglasher-

steller Deutschlands und wurde vor mehr als 125 Jahren als Spezialfabrik in Jena gegründet. Heute produziert Schott weltweit an zahlreichen Standorten rund 50.000 Produkte in über 400 Glasarten. Im Geschäftsjahr 2015/2016 erwirtschaftete der Weltkonzern mit 15.071 Mitarbeitern, davon ca. 5.200 in Deutschland, einen Umsatz von knapp 2,0 Mrd. €.

Die deutsche Glasherstellung erfolgt in insgesamt 58 Glashütten, davon 31 Hütten der Behälterglasindustrie, 15 Hütten der Flachglasindustrie und 12 Hütten der Gebrauchs- und Spezialglasindustrie (davon 4 Hütten in denen Kristallglas hergestellt wird). In fast allen Hütten werden weiße und farbige, in vier Hütten nur Farbgläser produziert. Hinzu kommen glasverarbeitende und -veredelnde Betriebe. Die gesamte deutsche Glasindustrie erzeugte und verarbeitete im Jahr 2016 mit 53.214 Mitarbeitern in 410 Betrieben rund 7,5 Mio. t Glas (und Steinwolle) im Wert von 9,4 Mrd. €. Die Exportquote lag bei 52,6 %.

Weitergehende und aktuelle Informationen: Bundesverband Glasindustrie e.V. (Homepage: www.bvglas.de).

7

Spatabbau und Naturschutz

Rohstoffindustrie und Naturschutz können auf eine konfliktreiche Vergangenheit zurückblicken. Noch vor 30 Jahren wurden Steinbrüche und Gruben oft als „klaffende Wunden“ oder „Wüsten in der Landschaft“ verstanden, die es zu rekultivieren und dem Landschaftsbild anzupassen galt und deren Erweiterung negativ beurteilt wurde. Schon vor vielen Jahren setzte eine Wende der Sichtweise ein. Ökologen und Biologen entdeckten den hohen ökologischen Wert von Gewinnungsstätten und zwar sowohl von aktiv betriebenen als auch von bereits stillgelegten.

Heute gibt es zahlreiche positive Beispiele für ein Miteinander von Naturschutz und Rohstoffgewinnung. So leben in Steinbrüchen, Kies- und Tongruben eine Vielzahl verschiedener Tier- und Pflanzenarten.

Im Gegensatz zur Rohstoffgewinnung in Tagebauen ist der Eingriff in die Natur und die temporäre Flächennutzung von untertägigen Bergwerken gering. Gruben wie Clara und Niederschlag fügen sich gut in die umgebende Landschaft ein und sind von außen kaum als Gewinnungsstandorte von Rohstoffen erkennbar. Trotzdem sind mit dem Betrieb von Bergwerken Eingriffe in die Umwelt und Belastungen der Verkehrsinfrastruktur verbunden. Die Zulassung von Rohstoffgewinnungsvorhaben ist daher an eine Vielzahl von umwelt- und naturschutzrechtlichen Gesetzen geknüpft. Zu diesen Gesetzen zählen beispielsweise das Wasserhaushaltsgesetz (WHG), das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG), das Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG), das Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) oder auch das Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG).

Ein wichtiger Punkt in diesen Vorschriften bezieht sich beispielsweise auf den Umgang mit den Reststoffen aus dem Bergbau. Schließlich machen der Flussspat und Schwerspat nur etwas mehr als die Hälfte des abgebauten Roherzes aus. Doch wohin mit den nicht nutzbaren Reststoffen? Ein großer Teil davon kann als Verfüllmaterial für die entstehenden Hohlräume untertage genutzt werden. Da in einer Grube jedoch größere Bereiche für den Transport und Abbau der gewonnenen Erze offen-

gehalten werden müssen, und das zerkleinerte Material ein größeres Volumen als das kompakte Ausgangsgestein besitzt, reicht der Platz untertage nicht für die Ablagerung aller Reststoffe aus.

Bisher konnten in der Grube Niederschlag die Reststoffe aus der Aufbereitung nach untertage verbracht werden. Nebengestein, das beim Grubenausbau anfällt, wird hingegen in der Bauwirtschaft, v. a. im Wegebau genutzt. Reichen diese Möglichkeiten nicht mehr aus, müssen die Reststoffe auf überirdigen Halden abgelagert werden.



Die mitten im Schwarzwald gelegene Grube Clara ist kaum als solche zu erkennen, Foto: Sachtleben Bergbau GmbH & Co. KG (mit frdl. Genehmigung).

Bei der Inanspruchnahme von Flächen zur Anlage von Halden, wird laut Bundesberggesetz bereits bei der Zulassung des Rahmenbetriebsplanes die Wiedernutzbarmachung (Rekultivierung) solcher Flächen festgelegt. Im Rahmen ihrer Aufsicht prüfen sowohl die zuständigen Bergämter als auch die Naturschutzbehörden begleitend, ob der Bergbaubetreibende seine Pflichten umfassend erfüllt.

In den Landschaftspflegerischen Begleitplänen für die Halden der Grube Clara wurde als Entwicklungsziel ein magerer Trockenstandort mit

lockerer Vegetation formuliert, da solche Standorte in Deutschland immer seltener werden. Um dies umzusetzen, werden die Halden mit einer 30 – 50 cm dicken Schotterschicht abgedeckt und aus Gründen des Erosionsschutzes unregelmäßig mit Heu von Wiesenflächen der Umgebung gemulcht, also bedeckt. Die Samen im Heu fördern einen standortangepassten und artenreichen Grünlandbestand. Überhaupt verzichten heutzutage die meisten Genehmigungsbehörden in Deutschland auf die Anordnung einer künstlichen Bepflanzung, sondern überlassen die Gebiete der





Die Wiedernutzbarmachung der Haldenflächen (helles Material) der Grube Clara wird durch das Aufbringen einer Schottererschicht und einer Mulchung mit Heu erreicht, Foto: Sachtleben Bergbau GmbH & Co. KG (mit frdl. Genehmigung).

natürlichen Wiederansiedlung („natürliche Sukzession“). In solchen Gebieten siedeln sich meist besonders viele seltene Pflanzen- und Tierarten an. Diese Arten werden vor allem durch die intensive Landwirtschaft und die zunehmende Flächenversiegelung aus ihren ursprünglichen Lebensräumen verdrängt. In Rohstoffgewinnungsbetrieben sowie auf Halden finden sie ideale Rückzugsräume.

Damit für die Natur nachhaltig positive Wirkungen eintreten können, ist natürlich die Folgenutzung der überflüssigen Bergbauanlagen und Halden entscheidend. Hier gilt es, unter Einbeziehung aller Beteiligten, einen Kompromiss zwischen der

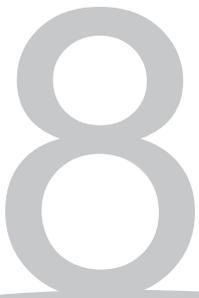
hohen Attraktivität solcher Flächen für eine spätere Freizeitnutzung, einer erneuten land- oder forstwirtschaftlichen Nutzung und der Erhaltung der biologischen Vielfalt zu finden. Aus Sicht des Naturschutzes ist einer Renaturierung gegenüber einer Rekultivierung immer Vorrang einzuräumen. Dabei fördert eine vielfältige Landschaft den Artenreichtum der Natur.

Weitere naturschutzrechtliche Maßnahmen der Bergbauunternehmen betreffen den Gewässerschutz und die Energienutzung: Das in die Gruben eindringende Regenwasser wird in sogenannten „Sümpfen“ im Bergwerk selbst gesammelt. Dort kann sich die mitgeführte Schlammfracht bereits absetzen. Das Wasser wird anschließend an die Tagesoberfläche gepumpt und in Absetzbecken gereinigt bevor es in die nächstgelegenen Bäche eingeleitet werden kann. Auch das in der Aufbereitung der Grube Clara eingesetzte Wasser wird vor seiner Rückleitung in den Fluss Kinzig umfassend gereinigt. In der Grube Niederschlag entstehen durch den geschlossenen Wasserkreislauf in der Aufbereitungsanlage dagegen gar keine abzuleitenden Abwässer.

Die Firma Sachtleben Bergbau hat sich auch um die Nutzung der vor Ort gewinnbaren Wasserenergie bemüht. So werden etwa 15 % des Stromverbrauches der Aufbereitung durch Wasserkraft gedeckt.



Durch natürliche Wiederansiedlung begrünzte Haldenfläche der Grube Clara (nach 5 – 10 Jahren), Foto: Sachtleben Bergbau GmbH & Co. KG (mit frdl. Genehmigung).



8

Gibt es noch genug?

Sowohl Flussspat als auch Schwerspat sind aus vielen Vorkommen in Deutschland bekannt. In scheinbarem Widerspruch dazu steht jedoch die geringe Anzahl von gerade einmal zwei derzeit in der Gewinnung befindlichen Lagerstätten. Dafür gibt es eine Reihe von Gründen. Zum einen sind einige Lagerstätten bereits weitgehend abgebaut („ausgeerzt“), in anderen Lagerstätten wiederum

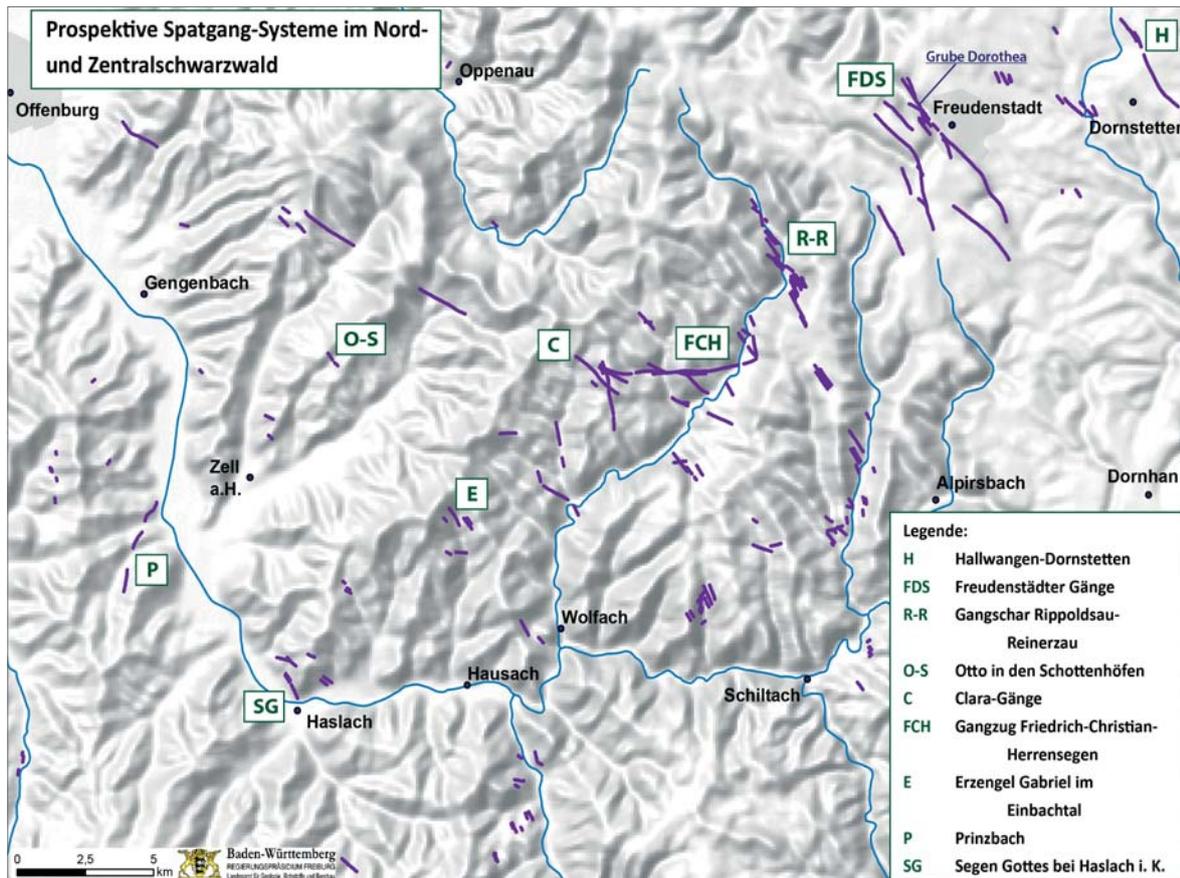
reicht gegenwärtig die Qualität des Fluss- bzw. Schwerspats für die industriellen Anforderungen nicht. So ist beispielsweise das flussspatreiche Roherz der ehemaligen, großen Grube Käfersteige im Schwarzwald relativ feinkörnig und eng mit dem Mineral Quarz verwachsen und eine Gewinnung wegen des erforderlichen Aufbereitungsaufwands momentan unrentabel. Ein weiterer wichtiger Grund für die geringe Anzahl derzeit wirtschaftlich abbauwürdiger Fluss- oder Schwerspatlagerstätten in Deutschland ist zudem der große Konkurrenzdruck von beiden Rohstoffen bzw. der daraus hergestellten Produkte aus dem Ausland. Dies liegt zum einen an der Größe vieler ausländischer Lagerstätten, die eine günstige Produktion erlauben, zum anderen sind die Gewinnungs- und Aufbereitungskosten für unsere heimischen Erze relativ hoch und beinhalten auch die Kosten für die Umsetzung der bei uns sehr hohen Sicherheits- und Umweltstandards. Zeiten mit niedrigen Weltmarktpreisen für Rohstoffe, wie sie derzeit herrschen, tragen ihr übriges bei.

Sprechen die Daten aus der Erkundung und den Untersuchungen der Qualität eines Vorkommens für dessen Abbau, ist dieses jedoch nicht automatisch als Lagerstätte nutzbar. Zahlreiche konkurrierende Nutzungen, wie Wasserschutz-, Naturschutz-, Landschaftsschutz-, FFH-, Natura 2000- und andere Schutzgebiete und natürlich Wohngebiete, Straßen und Eisenbahnlinien fordern auch ihre Berechtigung und müssen im Raumplanungsprozess abgewogen werden.

Des Weiteren wollen immer weniger Bürger von den möglichen Auswirkungen eines Bergbauvorhabens, wie beispielsweise Rohstofftransporte, gestört werden. So führte z. B. die Planung von Erkundungsarbeiten eines Schwerspatvorkommens bei Freudenstadt im Schwarzwald durch die Sachtleben Bergbau GmbH & Co. KG umgehend zur Gründung einer Bürgerinitiative. Die Mehrheit im Gemeinderat von Freudenstadt beschloss nach vielen Gesprächen mit der Bergbaufirma und mehreren öffentlichen Informationsveranstaltungen jedoch die Genehmigung der Erkundungsarbeiten, weil sie weder das umgebende Tal noch dessen Bevölkerung als wesentlich beeinträchtigt sahen und tragbare Kompromisse für einen möglichen späteren Gewinnungsbetrieb gefunden wurden. Die Erkundungsarbeiten erfolgten über das bereits bestehende Untersuchungsbergwerk Dorothea und über mehrere Kernbohrungen von



Bohrungen im Explorationsprojekt Dorothea bei Freudenstadt sollen Aufschluss über die Menge und Qualität des vorkommenden Schwerspats (weiße Bohrkerne) liefern, Foto: Sachtleben Bergbau GmbH & Co. KG (mit frdl. Genehmigung).



Im Grenzbereich Nord-/Zentralschwarzwald tritt die größte Dichte von Fluss- und/oder Schwespatgängen mit erhöhtem Lagerstättenpotenzial im Schwarzwald auf, Karte: Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Regierungspräsidium Freiburg (mit frdl. Genehmigung).

übertage aus. Es sollte geklärt werden, ob die Menge und Qualität des in alten Gruben schon erschlossenen Schwespat für einen Abbau des „Dorothea-Gangs“ im Bereich über dem Grundwasserspiegel bereits ausreicht. Frühere Bohruntersuchungen, auch vom Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau in Freiburg, haben punktuell einen 1,5 – 5 m mächtigen Gang nachgewiesen, der unter dem Grundwasserspiegel neben Schwespat auch bis 50 % Flussspat beinhaltet. Die jüngsten Explorationsergebnisse und ein daraus entwickeltes Lagerstättenmodell haben keine ausreichenden Vorräte im Zielgebiet oberhalb des Grundwasserspiegels nachweisen können. Daher wurde die Entscheidung getroffen, die Explorationsarbeiten am Projekt Dorothea zu beenden. Für das Untersuchungsbergwerk Dorothea wird nunmehr das Abschlussbetriebsplanverfahren eingeleitet.

Unabhängig vom Ausgang dieses Explorationsprojektes oder einer vielleicht zu einem späteren Zeitpunkt stattfindenden Inbetriebnahme der

Lagerstätte Floßberggang bei Gehren im Thüringer Wald (siehe Kapitel 4), gibt es in Deutschland weitere Regionen mit Fluss- und/oder Schwespatvorkommen, die ein erhöhtes Potenzial für eine Rohstoffgewinnung besitzen. Das Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau in Freiburg weist beispielsweise daraufhin, dass verschiedene Gebiete im Schwarzwald, wie z. B. das Revier Neuenbürg/Pforzheim, Freudenstadt/Hallwangen, das Kinzigtal zwischen Haslach und Schiltach sowie das Revier Wieden/Todtnau hohe Lagerstättenpotenziale für Fluss- und Schwespat aufweisen.

In Sachsen befinden sich insbesondere im südlichen Vogtland sowie im Mittel- und Osterzgebirge zahlreiche vorwiegend gangförmige Fluss- und Schwespatvorkommen, die zu DDR-Zeiten in unterschiedlichem Umfang erkundet wurden. Aufgrund der noch vorhandenen großen Restvorräte an Fluss- und Schwespat, erscheint dabei insbesondere das Gebiet um die ehemaligen Gewinnungsstellen Schönbrunn und Bösenbrunn aussichtsreich. Weitere Vorkommen mit etwas klei-

neren Vorräten sind z. B. Brunndöbra, das Gebiet Zschopau/Augustusburg, Weißenborn und Berthelsdorf/Schlottwitz. Flussspat könnte weiterhin auch als Beiprodukt in den derzeit intensiv untersuchten Zinn- und Wolfram-Lagerstätten Pöhla/Hämmerlein/Tellerhäuser gewonnen werden. Sollte es zu der derzeit geplanten chemischen Aufbereitung lithiumhaltiger Glimmer in der osterzgebirgischen Lagerstätte Zinnwald kommen, würde Fluor darüber hinaus als Nebenprodukt anfallen. Auch in anderen Regionen Deutschlands, wie z. B. am Schanzberg bei Warmensteinach (Oberpfalz), im Bereich der ehemaligen Schwerspatgruben Christiane (Spessart) und Marie (Rhön) sowie im Unterharz am Brachmannsberg bei Siptenfelde und im Raum Schwenda gibt es Hinweise auf Schwer- und/oder Flussspatvorkommen. Für eine genaue Abschätzung der Rohstoffmenge und -qualität eines Vorkommens sind jedoch für alle Gebiete noch ausführliche Erkundungsarbeiten notwendig.

Von der Europäischen Kommission werden Fluss- und Schwerspat als „Kritische Rohstoffe“ eingestuft. Dies liegt nicht an einem Mangel an Vorräten, sondern an der Konzentration der weltweiten Fluss- und Schwerspatgewinnung auf wenige Hauptlieferländer. Die heimische Rohstoffgewinnung trägt hier zur Minderung der Importabhängigkeit bei, zumal die deutschen Firmen hohe Qualitätsstandards ihrer Rohstoffkonzentrate gewährleisten können.

Eine weitere Möglichkeit, die Unabhängigkeit von Rohstoffimporten zu erhöhen, ist die benötigte Rohstoffmenge zu reduzieren. Dafür gibt es mehrere Möglichkeiten. Neben einer effizienteren Verwertung von Fluss- bzw. Schwerspat würde theoretisch auch die Gewinnung von Fluorverbindungen aus anderen Rohstoffen dazu beitragen. So fällt Hexafluorokieselsäure als Nebenprodukt bei der Verarbeitung von Phosphaterzen zu Phosphorsäure an, müsste allerdings ebenfalls importiert werden, da in Deutschland keine Verarbeitung von Phosphaterzen stattfindet.

Auch durch die Rückführung von Abfällen in den Wirtschaftskreislauf (Recycling) und deren Wiedernutzbarmachung werden nicht nur bedeutende Mengen an primären Rohstoffen eingespart, sondern auch Reststoffmengen, welche deponiert oder thermisch verwertet werden müssen, reduziert. Das Recycling von Industriemineralen wie



In der weltweit ersten Recyclinganlage für Fluorpolymere im bayerischen Burgkirchen a. d. Alz werden jährlich bis zu 500 t Fluorpolymerabfälle in Monomere zerlegt und einer erneuten Fluorpolymerherstellung zur Verfügung gestellt, Foto: 3M Corporation (mit frdl. Genehmigung).

Fluss- und Schwerspat bzw. von anderen eingesetzten Fluor- und Bariumverbindungen ist jedoch schwierig und oftmals nicht möglich, da sie im Rahmen der industriellen Produktion neue chemische Verbindungen eingehen. Diese sind oft nicht mehr oder nur über einen extrem hohen Kosten- und Energiebedarf trennbar. Um Verfahren mit einem geringem Kosten- und Energieaufwand zu entwickeln, ist daher stetige Forschung notwendig. Ein gelungenes Beispiel solch eines Forschungsvorhabens ist die im März 2015 eröffnete Recyclinganlage für Fluorpolymere der Dyneon GmbH, Burgkirchen a. d. Alz, einer Tochter des US-amerikanischen Technologieunternehmens 3M Corporation. Der Bau wurde vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit mit knapp einer Million Euro unterstützt. In der Anlage werden aus Fluorpolymeren (PTFE) mit

Ausbeuten von über 90 % gasförmige Monomere zurückgewonnen, welche zunächst aufgereinigt und dann der Produktion zur Herstellung neuer Materialien zugeführt werden. Die Anlage ist darauf ausgelegt, bis zu 500 t Fluorpolymerabfall jährlich zu recyceln.

Aufgrund der klimaschädlichen Wirkung bestimmter Fluorverbindungen gibt es in den entsprechenden Produktionsbereichen außerdem Bestrebungen, solche Verbindungen durch andere zu ersetzen (substituieren). Der einzige deutsche Glasfaserproduzent verwendet deshalb seit geraumer Zeit Natriumsulfat statt Flussspat als Läutermittel. Dabei ist nicht der Flussspat das Problem, sondern die bei den hohen Schmelztemperaturen entstehenden fluorhaltigen, umweltschädigenden Emissionen. Durch die Umsetzung des Montrealer und des Kyoto-Protokolls sowie der europäischen F-Gase-Verordnung über fluoridierte Treibhausgase wurden und werden derzeit viele fluorhaltige Verbindungen durch andere Stoffe oder neu entwickelte Fluorverbindungen ersetzt (siehe Kapitel 2.1).

Trotz aller Bestrebungen, die benötigte Menge an Flussspat in verschiedenen Verwendungsbereichen zu reduzieren, wird die Gewinnung von primärem Fluss- bzw. Schwerspat dennoch auch in Zukunft unverzichtbar bleiben. Gewinnungsbetriebe der Rohstoffindustrie können aber nicht einfach auf beliebige Flächen ausweichen, denn die Vorkommen sind endlich, lokal begrenzt und die Rohstoffanforderungen hoch. Wer die aus Fluss- und Schwerspat hergestellten Produkte weiterhin nutzen möchte, muss auch zulassen, dass die Rohstoffe vor Ort abgebaut werden. Wer will schon ohne Computer und Mobiltelefon leben, Lebensmittel nicht mehr kühlen, keine Gegenstände aus Metall nutzen, in seiner Wohnung keine Ruhe haben, nicht mit Fahr- oder Flugzeugen mobil sein, keine Sonnenenergie nutzen oder die Weiten des Alls nicht weiter erforschen? Werden die dafür benötigten Rohstoffe nicht in Deutschland abgebaut und zwar dort, wo sie auch vorkommen, müssen sie im Ausland abgebaut und von dort nach Deutschland exportiert werden. Das Sankt-Florian-Prinzip ist kein zukunftsfähiges Modell für Deutschland und Europa.

Ohne Fluss- und Schwerspat müssten wir auf viele nützliche, aber auch schöne Dinge verzichten, Foto: Zwiesel Kristallglas AG (mit frdl. Genehmigung).





Filterfeuchtes Schwerspatkonzentrat der Grube Clara mit einer Reinheit von rund 97 % BaSO₄, Foto: BGR.

9



Kleine Produktionsstatistik
der Fluss- und Schwerspäte



Verschiedene Produktströme in der Aufbereitungsanlage der Grube Clara (rechts: vorgebrochenes Roherz, links: Vorkonzentrat nach der Dichtesortierung), Foto: Sachtleben Bergbau GmbH und Co. KG (mit frdl. Genehmigung).

Basierend auf Meldungen an die deutschen Bergämter wurde im Jahr 2016 in Deutschland in den „Gruben Clara“ und „Niederschlag“ 148.974 t flussspatreiches Roherz gewonnen, aus denen 52.552 t verkaufsfähige Flussspatkonzentrate hergestellt wurden. In den beiden Gewinnungsunternehmen waren 2016 zusammen 156 Mitarbeiter beschäftigt. Die produzierten Flussspatqualitäten der deutschen Gruben umfassen Säurespat sowie Glas- und Keramikspat. Metallurgischer Spat wird in Deutschland seit 1987 nicht mehr erzeugt.

Der deutsche Anteil an der weltweiten Flussspatproduktion von rund 6,4 Mio. t im Jahr 2016 lag bei rund 1 %. Zur Deckung des heimischen Bedarfs wurden im Jahr 2016 zusätzlich zur heimischen Produktion von 52.552 t noch 199.890 t Flussspatkonzentrat importiert. Die Importe stammten zum größten Teil aus der Republik Südafrika (25 %), China (23 %), Vietnam (17 %) und Großbritannien (13 %).

Im gleichen Jahr gingen die Exporte in Höhe von 44.625 t vorrangig in europäische Länder, angeführt von Polen (19 %), der Tschechischen Republik (17 %), Frankreich (14 %), Österreich (10 %) und den Niederlanden (9 %). Aus den Daten der heimischen Produktion zuzüglich der Importe abzüglich der Exporte ergibt sich für das Jahr 2016 ein Bedarf der deutschen Industrie von rund 208.000 t Flussspat.

Die Förderung der Grube Clara belief sich nach Angaben des Bergamtes von Baden-Württemberg im Jahr 2016 auf 95.345 t schwerspatreiches Roherz. In Baden-Württemberg wurden im selben Jahr 49.373 t Schwerspatkonzentrate hergestellt. Ein sehr geringer Teil des Schwerspats stammte dabei aus der Grube Niederschlag, die zwar kleine Mengen schwerspatreicher Roherze abbaut, diese jedoch nur zu Vorkonzentraten anreichert. Die weitere Aufbereitung der Vorkonzentrate erfolgt durch die Sachtleben Bergbau GmbH & Co. KG gemeinsam mit den Erzen der Grube Clara. Aus den Roherzen der beiden Gruben werden vorrangig Mahl- und Betonspäte hergestellt. Die Produktion von Bohrspäten für die Bohrindustrie erfolgt nur sporadisch. Im Jahr 2016 machte unsere heimische Schwerspatgewinnung knapp 1 % der weltweiten Förderung von rund 7,2 Millionen t aus.

Um den heimischen Bedarf an Schwerspat zu decken, reicht die heimische Produktion nicht aus und Importe aus dem Ausland sind notwendig. Im Jahr 2016 lagen diese Importe bei 111.456 t und stammten zum größten Teil aus China (49 %), Bulgarien (22 %), bzw. kamen aus anderen Ländern über die Niederlande (17 %) zu uns. Im gleichen Jahr wurden 25.907 t Schwerspat u. a. nach Luxemburg (26 %), den Niederlanden (18 %) sowie mit jeweils 6 – 7 % nach Frankreich, den USA, der Schweiz und nach Polen exportiert. Für das Jahr 2016 ergibt sich daraus ein heimischer Schwerspatbedarf von rund 135.000 t Schwerspat.



Schwerspatgänge in der ehemaligen Silbergrube Caroline bei Sexau nördlich von Freiburg im Breisgau, Foto: Dr. Wolfgang Werner, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Regierungspräsidium Freiburg (mit frdl. Genehmigung).

Weiterführende Literatur

- BAUMGÄRTL, U. & BUROW, J. (2003): Grube Clara. – der Aufschluss, 54: 273 – 404, 215 Abb.; Hannover.
- BODE, R. (1990): Fluoritvorkommen in der Bundesrepublik Deutschland. – Emser Hefte, Jg. 11, Nr. 3/90: 44 – 47, 5 Abb.; Haltern.
- CERESANA (2014): Marktstudie Flusssäure und Fluorchemikalien. – 322 S., 146 Abb., 108 Tab; Konstanz.
- DILL, H. G. & WEBER, B. (2010): Fluorit ein nordbayerisches Industriemineral mit Weltgeltung - Von der Fluorlagerstätte zum Endprodukt. – In: BERGBAU- UND INDUSTRIEMUSEUM OSTBAYERN (Hrsg.): Begleitheft zur Ausstellung "Flussspat – mehr als bunte Würfel": 4 – 16; Theuern-Amberg.
- DILL, H. G. & WEBER, B. (2011): Die Oberpfälzer Flussspat-Anthologie: "Bunte Steine" prägen die Region und ihre Menschen um den Wölsenberg. – 312 S.; Weißenstadt.
- EUROFLUOR (2016): Ein Überblick über die Fluorchemie. – Eurofluor brochure, 3. Aufl.: 16 S.; Brüssel – URL: <http://www.eurofluor.org/publications-and-recommendations> [Stand 01.09.2017].
- GRIEBLER, W.-D. (2015): Baryt – Ein natürlicher, mineralischer Füllstoff. – 134 S., 100 Abb., 36 Tab.; Claus-thal-Zellerfeld (Sachtleben Bergbau GmbH & Co. KG, Deutsche Baryt Industrie Dr. Rudolf Alberti GmbH & Co. KG, LMT Services GmbH & Co. KG, Hrsg.).
- GRIEBLER, W.-D. (2016): Die wirtschaftliche Nutzung von Schwerspat aus der Grube Clara aus historischer Sicht. – Der Erzgräber, Jg. 30, 1/2: 2 – 10, 8 Abb.; Oberwolfach.
- GRIEBLER, W.-D. (2016): Die Verwendung von Schwerspat als Füllstoff und Rohstoff in der Industrie. – Der Erzgräber, Jg. 30, 1/2: 39 – 54, 16 Abb., 3 Tab.; Oberwolfach.
- HEBERLING E. & STOPPEL, D. (1988): Vom Schwerspat- und Kupfererzbergbau um Bad Lauterberg und über die historische Schwerspatgewinnung bei Bad Grund, Sieber und St. Andreasberg. – 64 S.; Haltern.
- HOFMANN, F. (1990): Die Fluoritvorkommen des Erzgebirges und des Vogtlandes. – Emser Hefte, Jg. 11, Nr. 3/90: 52 – 58, 12 Abb.; Haltern.
- JACOB, K.-H. (2006): Über den Flussspatbergbau in der Oberpfalz von 1877 bis 1987. – Bergbau, 12/2006: 549 – 556, 20 Abb.; Essen.
- KIESSLING, T., STEINBORN, H. & SCHRÖDER, F. (2007): Die Flussspatgewinnung bei Ilmenau im Thüringer Wald. – Bergbau, 3/2007: 112 – 120, 19 Abb.; Essen.
- KLAUS, D. (1990): Fluoritvorkommen im Harz und in Thüringen. – Emser Hefte, Jg. 11, Nr. 3/90: 48 – 51, 5 Abb.; Haltern.
- KRÄMER, R. & SCHLIPF, M. (2016): Fluorpolymere – Gesellschaftliche Megatrends geben Fluorpolymeren Aufschwung. – Kunststoffe, 10: 110 – 115; München.
- KUSCHKA, E. & HAHN, W. (1996): Flußspatlagerstätten des Südwestvogtlandes – Schönbrunn, Bösenbrunn, Wiedersberg. – In: LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE FREISTAAT SACHSEN, SÄCHSISCHES OBERBERGAMT (Hrsg.): Bergbaumonographie, 2: 283 S., 201 Abb., 28 Tab.; Dresden und Freiberg. – URL: <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/12189> [Stand 01.09.2017].

KUSCHKA, E. (2002): Die Uranerz-Baryt-Fluorit-Lagerstätte Niederschlag bei Bärenstein und benachbarte Erzvorkommen. – Bergbaumonographie, 6: 223 S., 175 Abb., 28 Tab.; Dresden und Freiberg (Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Freistaat Sachsen, Sächsisches Oberbergamt). – URL: <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/12189> [Stand 01.09.2017].

KUSCHKA, E. (2009): Fluorit und Baryt. – In: PÄLCHEN, W. (Hrsg.): Geologie von Sachsen II: Georessourcen, Geopotenziale, Georisiken: 147 – 158; Stuttgart.

LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE FREISTAAT SACHSEN (2008): Neubewertung von Spat- und Erzvorkommen im Freistaat Sachsen. – Steckbriefkatalog: 143 S.; Freiberg – URL: http://www.bergbau.sachsen.de/download/bergbau/Rohstoffkatalog_Spat-Erzvorkommen.pdf [Stand 01.09.2017].

LINHARD, E., MANDELSPERGER, G., GEBHARDT, A., & BÜTTNER, G. (2017): Erkundung von Schwerspat im Spesart und in der Rhön. – 36 S., 12 Abb., 5 Tab.; Augsburg (Bayerisches Landesamt für Umwelt) – URL: <https://www.bestellen.bayern.de> [Stand 01.09.2017].

LORENZ, W. & GWOSDZ, W. (1998): Bewertungskriterien für Industriemineralien, Steine und Erden. Teil 2: Karbonat- und Sulfatgesteine. – Geol. Jahrbuch, H 4: 78 – 88, 4 Abb., 5 Tab.; Hannover (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Staatliche Geologische Dienste in der BRD).

LORENZ, W. & GWOSDZ, W. (2003): Bewertungskriterien für Industriemineralien, Steine und Erden. Teil 7: Feldspäte und andere Flussmittel (Feldspatgesteine, Foidgesteine, Wollastonit, Fluorit, Kryolith, Lithium- und Bormineralien). – Geol. Jahrbuch, H 10: 69 – 86, 1 Abb., 8 Tab.; Hannover (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Staatliche Geologische Dienste in der BRD).

LUCKENEDER, C. (2016): Die Aufbereitungsanlage in Wolfach. – Der Erzgräber, Jg. 30, Heft 1/2: 26 – 38, 14 Abb.; Oberwolfach.

MARKL, G. (2001): Zur Geologie der Grube Clara bei Oberwolfach. – Lapis, Jg. 26, Nr. 7-8/2001, Themenheft Grube Clara: Mineralien, Bergbau und Geologie: 20 – 23, 5 Abb.; München.

MARKL, G. (2015): Schwarzwald – Lagerstätten und Mineralien aus vier Jahrhunderten. – Band 1 – Nord-schwarzwald & Grube Clara: 672 S.; Salzhemmendorf-Lauenstein.

MAUERLECHNER, R. (2016): Neuere bergmännische Entwicklungen in der Grube Clara. – Der Erzgräber, Jg. 30, Heft 1/2: 11 – 25, 24 Abb., 1 Tab.; Oberwolfach.

NIEDERMAYR, G. (1990): Fluorit – Mineral des Regenbogens. – Emser Hefte, Jg. 11, Nr. 3/90: 2 – 34, 11 Abb., 1 Tab; Haltern.

ROSKILL INFORMATION SERVICES LTD (2013): Fluorspar: Global Industry Markets and Outlook. – 11. Aufl., 289 S., 67 Abb., 198 Tab.; London.

STAUB, A. W. (1928): Beiträge zur Kenntnis der Schwerspat- und Flußspat-Lagerstätten des Thüringer Waldes und des Richelsdorfer Gebirges. – Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft, 80: 43 – 96, 5 Abb.

STEDINGK, K. UNTER MITARBEIT V. RENTZSCH, J., KNITZSCHKE, G., SCHENKE, G., HEINRICH, K. & SCHEFFLER, H. (2002): Potenziale der Erze und Spate in Sachsen-Anhalt. – In: LANDESAMT FÜR GEOLOGIE UND BERGWESSEN SACHSEN-ANHALT (Hrsg.): Rohstoffbericht 2002. – Mitteilungen zur Geologie von Sachsen-Anhalt, Beiheft 5: 75 – 132, 45 Abb., 4 Tab.; Halle – URL: ftp://ftp.gmg.rub.de/pub/Chak/1.%20Einf%C3%BChrung%20Lgst%20Erze_Prozesse/Potenzial%20Erz+Spat%20Sachsen-Anhalt.pdf [Stand 01.09.2017].

VON PHILIPSBORN, H. (2010): Fluorit – Werte für Wissenschaft und Wirtschaft. – In: BERGBAU- UND INDUSTRIEMUSEUM OSTBAYERN (Hrsg.): Begleitheft zur Ausstellung "Flussspat – mehr als bunte Würfel": 17 – 21; Theuern-Amberg.

WENDEL, W. & WENDEL, K. (2001): Die Bergbaugeschichte der Grube Clara. – Lapis, Jg. 26, Nr.7-8/2001, Themenheft Grube Clara: Mineralien, Bergbau und Geologie: 13 – 17, 7 Abb.; München.

WERNER, W. (2012): Schätze unter dem Boden: Was wissen wir über die tiefliegenden Rohstoffe in Baden-Württemberg? – Berichte der Naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg i. Br., 102: 37 – 92, 33 Abb.; Freiburg i. Br..

WERNER, W. & DENNERT, V. MIT BEITRÄGEN VON MEYERDIRKS, U. & TEGEL, W. (2004): Lagerstätten und Bergbau im Schwarzwald – Ein Führer unter besonderer Berücksichtigung der für die Öffentlichkeit zugänglichen Bergwerke. – 334 S., 271 Abb.; Freiburg i. Br. (Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg).

WERNER, W., KIMMIG, B., TSCHERNAY, P., WITTENBRINK, J., BOCK, H. & KLEINSCHNITZ, M. (2013): Rohstoffbericht Baden-Württemberg 2012/2013. – LGRB-Informationen, 27: 204 S., 228 Abb., 7 Tab.; Freiburg i. Br. (Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg).

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
Stilleweg 2
30655 Hannover

mineralische-rohstoffe@bgr.de
www.bgr.bund.de

ISBN: 978-3-943566-44-4 (Druckversion)
978-3-943566-45-1 (PDF)