

Spezialtone



**Spezialtone und -sande
in Deutschland**

Impressum

Herausgeber: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
Stilleweg 2
30655 Hannover

Autor: Dr. Harald Elsner

Kontakt: Dr. Harald Elsner
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
Stilleweg 2
30655 Hannover
harald.elsner@bgr.de

Layout: Jolante Duba

Karten: Jolante Duba

Stand: April 2019

ISBN: 978-3-943566-59-8 (Druckversion)
978-3-943566-60-4 (PDF)

Titelbild: Im Tontagebau Wimpfeld III der Stephan Schmidt KG im Westerwald werden unter mächtigem Abraum aus Basalt hochwertige kaolinitische Spezialtone gewonnen.

Spezialtone und -sande in Deutschland

Mai 2019



Inhaltsverzeichnis

<i>Einleitung</i>	4
1 Übersicht und Definitionen	5
2 Verwendungsbereiche	9
2.1 Spezialtone	10
2.2 Spezialsande	23
3 Rohstoffanforderungen	25
4.1 Bentonite	32
4.2 Bentonitische Tone	37
4.3 Kaolinitische Tone	39
4.4 Formsand	51
4.5 Klebsand	54
5 Wertschöpfung in der weiterverarbeitenden Industrie	57
6 Spezialtone und -sande und Naturschutz	63
7 Gibt es noch genug?	69
8 Kleine komplizierte Produktionsstatistik der Spezialtone und Spezialsande	77
<i>Weiterführende Literatur</i>	80

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. Bei den Energierohstoffen – Erdgas, Erdöl und Kohle – wird ein geringer Teil noch in Deutschland gewonnen.

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

Auch einige Industriemineralen, 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.

Beim Wissen um die Erkundung, Gewinnung und Nutzung vieler nicht-metallischer mineralischer Rohstoffe ist Deutschland weltweit führend und deshalb in aller Welt ein sehr geschätzter Ansprechpartner. Auch Unternehmen in den großen und viel eher mit Rohstoffen in Verbindung gebrachten Bergbauländern, wie Australien oder Kanada, greifen gerne auf dieses deutsche Fachwissen zurück.

Zu den nicht-metallischen mineralischen Rohstoffen, die wichtige wirtschaftliche Bedeutung besitzen und die auch in Deutschland gewonnen werden, gehören die Spezialtone und -sande. Verschiedene Arten von Spezialtonen werden in regional begrenzten Vorkommen in Bayern, Rheinland-Pfalz, Hessen und Mecklenburg-Vorpommern abgebaut. Auch die Verbreitungsgebiete von Spezialsanden sind eng begrenzt, wobei derzeit Vorkommen in Rheinland-Pfalz, Nordrhein-Westfalen, Thüringen und Sachsen in Abbau stehen.

Was sind Spezialtone und was unterscheidet sie von Deponietonen, Ziegeltonen, keramischen Tonen oder Kaolin? Welche Eigenschaften machen einen guten Spezialton aus? Wofür werden Spezialtone verwendet? Was sind Spezialsande und was ist der Unterschied zu Bau- oder Quarzsanden? Wozu braucht Deutschland überhaupt einen Bergbau auf Spezialtone und -sande? Und welche Industrien sind diesem Bergbau in Deutschland nachgelagert?

Diese und andere Fragen rund um die Industriemineralgruppen der Spezialtone und Spezialsande sollen in dieser Broschüre beantwortet werden.

Spezialtone und -sande – Rohstoffe für die deutsche Industrie.

1

Übersicht und Definitionen

Tone sind sehr feinkörnige, mineralische, natürlich entstandene Lockerablagerungen (Sedimente) mit einer mittleren Korngröße von weniger als 0,002 mm (2 µm). Sie bestehen zum größten Teil aus Tonmineralen. Chemisch sind Tonminerale Aluminium-Hydrosilikate. Mineralogisch handelt es sich meist um tafelige bis plättchenförmige, schichtartig aufgebaute Kristalle (Schichtsilikate) mit guter bis perfekter Spaltbarkeit parallel zu den Schichten. Mengenmäßig stark untergeordnet existieren auch Tonminerale mit Faserstruktur sowie amorphe, also nichtkristalline Formen.

Tonminerale entstehen vorwiegend durch Verwitterung feldspatreicher Gesteine in tropischen und subtropischen Klimazonen. Eine Ausnahme hiervon ist das Tonmineral Montmorillonit (s. u.). Das Hauptbildungsmilieu von Tonmineralen liegt damit auf dem Festland, bevorzugt in der äquatorialen Waldzone. Hohe Niederschläge und Temperaturen sowie niedrige pH-Werte begünstigen den Zersatz der feldspatreichen Ausgangsgesteine und damit die Entstehung der Tonminerale als Verwitterungsneubildungen. Der Verwitterungsprozess ist durch Abfuhr von Kieselsäure und Kalium sowie durch relative Anreicherung von Aluminiumoxid und durch Aufnahme von Wasser- und Sauerstoff gekennzeichnet.

Im Gegensatz zu den für Deponieabsicherungen oder Baumaßnahmen eingesetzten „Deponietonen“, den für grobkeramische Zwecke (keramische Fliesen und Platten, Mauerziegel, Klinker, Dachziegel) verwendeten „Ziegeltonen“, den für feinkeramische Zwecke (Wand- und Bodenfliesen, technische Keramik, Geschirr-, Zier- und Sanitärkeramik) verwendeten „keramischen Tonen“ und Kaolin, einem wichtigen Industriemineral (ELSNER 2017), haben Spezialtone ihren Einsatzbereich außerhalb der o. g. klassischen Verwendungsbereiche.

Folgende hochwertige Spezialtone können in Deutschland unterschieden werden:

Bentonit

Als **Bentonit** bezeichnet man einen Ton, der als Hauptbestandteile > 60 % (meist > 75 %) Tonminerale der Smektitgruppe enthält. Man unterscheidet die magnesiumreichen Smektite (Saponit) von den aluminiumreichen Smektiten (Montmorillonit), wobei letztere die wirtschaftlich größere Bedeutung besitzen. Eisenreiche Varianten bezeichnet man als Nontronit. Natürliche Smektite enthalten in der Regel sowohl Aluminium, als auch Magnesium und Eisen.

Der Begriff Smektit stammt aus dem Griechischen und beschreibt die „schmierige“ Konsistenz des Tons. Der Name Bentonit leitet sich von der Kleinstadt Fort Benton in Montana/USA ab, die wiederum der größtenteils aus diesem Ton bestehenden Benton-Gesteinsformation in den USA den Namen gab. Montmorillon wiederum ist der Name einer Gemeinde in Zentralfrankreich, in der dieses Tonmineral im Jahr 1847 erstmals entdeckt wurde.

Smektite besitzen ein signifikantes Kationenaustauschvermögen, d. h. sie können ihre eigenen Kationen (Natrium, Calcium, Magnesium) abgeben, und selektiv und/oder in größeren Mengen dazukommende Kationen adsorbieren. Je nach dominierendem austauschbaren Kation unterscheidet man Natrium- von Calcium-/Magnesium-Bentoniten. Auch Flüssigkeiten können von Smek-

titen aufgenommen werden, wobei sie aufquellen – eine wichtige technologische Eigenschaft.

Von den natürlichen Smektiten kommen in Deutschland nur Calciumbentonite (bzw. Calcium-Magnesiumbentonite) in wirtschaftlich bedeutsamen Mengen vor. Da Natriumbentonit jedoch zum Teil bessere Eigenschaften besitzt als Calciumbentonit wird dieser oftmals durch „alkalische Aktivierung“ mit Soda in künstlichen Natriumbentonit, sog. Aktivbentonit, umgewandelt. In meist mit Salzsäure säureaktivierten Bentoniten wurde dagegen die spezifische Oberfläche künstlich vergrößert, wodurch sie als sogenannte „Bleicherden“ besonders gut zum Reinigen von Flüssigkeiten eingesetzt werden können. Organophile Bentonite bzw. Organobentonite sind dagegen Bentonite, in denen die Kationen künstlich durch organische Ammoniumsalze ausgetauscht wurden. Sie sind dadurch in nicht wasserhaltigen Medien einsetzbar.

Im Gegensatz zu allen anderen Tonmineralen entstehen Smektite überwiegend bei der Umwandlung von glasreichen, basischen bis intermediären vulkanischen Aschen und Tuffen in wassergefüllten Porenräumen, d. h. im Meer, in Seen oder im Grundwasserbereich, sowie untergeordnet auch bei der Verwitterung basischer Gesteine (z. B. Basalte).



Bentonitische Tone

Bentonitische Tone sind Tone, die einen stark erhöhten Anteil an Smektiten aufweisen, deren Anteil jedoch unter 60 % liegt. In vielen Anwendungsbereichen ist dieser Ton-typ echten Bentoniten fast gleichwertig. In Deutschland gibt es derzeit nur ein Vorkommen, aus dem bentonitischer Ton gewonnen wird.

Kaolinitische Tone bildeten sich in Deutschland, als die durch tiefgründige Verwitterung von feldspat- oder chloritreichen Ausgangsgesteinen entstandenen kaolinitischen Verwitterungskrusten (die primären Kaoline) durch Erosion abgetragen wurden. Das kaolinitische Material wurde verschwemmt und andernorts, v. a. in Flachwasserzonen von Seen, Deltas oder Lagunen, erneut abgelagert. Beide Namen, Kaolin und Kaolinit, leiten sich von der südchinesischen Stadt 高岭 „Gaoling“ („hoher Hügel“) in der heutigen Provinz Jiangxi ab, wo schon seit dem 11. Jahrhundert „weiße Erde“ (Kaolin) zur Porzellanherstellung gewonnen wurde. Kaolinitische Tone sind weitgehend von den Mineralen der ursprünglichen Ausgangsgesteine der Verwitterungskruste befreit. Auch alle ehemaligen Strukturmerkmale der primären Kaoline sind nicht erhalten geblieben. Dafür wurden im Rahmen ihrer Um- und Ablagerung zahlreiche Spuren- und Nebenelemente, beispielsweise Metalle sowie organische Substanz, zugeführt. Durch den Transport der kaolinitischen Verwitterungskruste fand somit eine natürliche Aufbereitung und Anreicherung von Partikeln geringer Korngröße (im Wesentlichen Tonminerale) und Materialien geringer Dichte (z. B. organisches Material) statt. In den Ablagerungen der kaolinitischen Tonlagerstätten wechseln sich oftmals Tonbänke verschiedener Mineralogie und dadurch auch verschiedener Färbung mit Lagen aus Sand und Schluff ab. Zudem finden sich auch Wechsellagerungen von Tonen und Braunkohleflözen. Daneben treten häufig linsenförmig begrenzte Tone auf, die hochreinen Kaolinit führen. Kaolinitische Tone sind fast immer plastisch, brennen häufig weiß bis hellgrau, und enthalten von wenigen Prozent bis über 95 % des Tonminerals Kaolinit. Kaolinitische Tone sind die wichtigsten Ausgangsrohstoffe der keramischen Industrie, finden z. T. aber auch als Spezialtone Verwendung.



Sand ist die Bezeichnung für eine Lockerablagerung mit einer Korngröße zwischen 0,063 und 2 mm. Sand ist, genau wie Ton, also nur eine Korngrößenbezeichnung und kann aus allen denkbaren Mineralen bestehen. So gibt es in der Natur Granatsande, Titanomagnetitsande, Olivinsande, Muschel- oder Korallenbruchsande, Feldspatsande, Gipssande oder wie in Deutschland Sande aus unterschiedlichen Mineralbruchstücken oder auch aus fast reinem Quarz.

In Mitteleuropa werden Bausande und Industriesande (Quarzsande) unterschieden. Bausande bestehen aus unterschiedliche Mineralen und finden in der Bau- und Baustoffindustrie Verwendung. Quarzsande bestehen zu mindestens 95 % aus Quarz (SiO_2). Da aber in Mitteleuropa ausreichend Quarzsandvorkommen bekannt sind und die Industrie teils sehr hohe Anforderungen stellt, müssen die in Deutschland eingesetzten Quarzsande meist höhere SiO_2 -Gehalte (> 99 %) besitzen und zusätzlich viele weitere Anforderungen erfüllen (ELSNER 2016).

Spezialsande sind Sande mit besonderen mineralogisch-technologischen Eigenschaften. Folgende Arten von Spezialsanden kommen in Deutschland vor:

Formsande

Formsande sind natürliche Gemische aus Quarzsand und Ton, wobei man je nach Tongehalt magere, mittelfette und fette Formsande unterscheidet. Natürliche Formsande werden traditionell in Eisengießereien eingesetzt, wurden aber mittlerweile fast durchgängig durch synthetische Formstoffe ersetzt.

Klebsande

Klebsande sind den Formsanden ähnlich, aber im Gegensatz zu diesen natürliche Gemische aus Quarzsand und Kaolin. Klebsand wird in Deutschland fast ausschließlich und seit mittlerweile 115 Jahren am Standort Eisenberg/Pfalz gewonnen. Der Eisenberger Klebsand ist seit langem ein hochwertiger und international bekannter Feuerfestrohstoff.



2

Verwendungsbereiche

2.1 Spezialtone

Bentonit besitzt zahlreiche mineralogisch-technische Eigenschaften, die ihn für eine Vielzahl von Anwendungen interessant machen. Zu diesen Eigenschaften gehören:

- Große spezifische und aktive Oberfläche
- Hohe Adsorptionsfähigkeit
- Hohes Bindevermögen
- Hohe Plastizität
- Gute (innerkristalline) Quellfähigkeit (Wasseraufnahmefähigkeit bis 600 %)
- Leichte Dispergierbarkeit/Suspendierbarkeit (Feinverteilung in einer Flüssigkeit)
- Leichte Aktivierbarkeit (Veränderung der Mineraloberfläche)
- Hohes Kationenaustauschvermögen
- Hohe Thixotropierbarkeit (Änderung der Viskosität aufgrund äußerer Einflüsse)

Aufgrund ihrer Adsorptionsfähigkeit, ihrer leichten Suspendierbarkeit und ihrer thixotropen Eigenschaften wird ein Großteil der weltweit geförderten Bentonite – in hoher Mengenabhängigkeit zum Umfang der weltweiten Explorationsaktivitäten auf Erdöl, Erdgas und Erwärme – zur **Herstellung von Bohrspülungen** für Tiefbohrungen eingesetzt. Zum Einsatz kommen dabei natürliche Natriumbentonite, aber auch alkalisch aktivierte Calciumbentonite. Bohrspülungen dienen

- der Stabilisierung und Abdichtung der Bohrlochwände im Spülbohrverfahren. Beim Spülbohren lagern sich feinstes Bohrklein und Spülmittelzusätze an der Bohrlochwand an, die als Filterkuchen bezeichnet werden. Ziel ist es, eine möglichst undurchlässige Filterkuchenschicht zu bilden, um nicht fortwährend Spülungsflüssigkeit in die Poren und Klüfte des benachbarten Gesteins zu verlieren. Die Durchlässigkeit des Filterkuchens ist dabei abhängig von der Art des Bentonits, der Art und Menge der mineralischen (v. a. Schwerpat) und chemischen (v. a. Polymere, s. u.) Zusätze, dem Feststoffgehalt und der Dichte der Spülung. Hochwertige Bentonite ergeben geringmächtigere, aber ähnlich effektive Filterkuchen wie minderwertige Bentonite. Die Filterkuchendicke bzw. -menge sollte möglichst gering sein, um ein Quellen von durchbohrten Tonsteinen zu vermeiden. Tone saugen das Wasser aus dem Filterkuchen auf, was bei



quellenden Tonen zu Verengungen des Bohrlochs führt. Hierdurch wiederum ist eine Unterbrechung der Zirkulation der Bohrspülung möglich; zudem kann es zur Instabilität der Bohrlochwand kommen („Nachfall“). Um einer Wasseraufnahme der Tonsteine entgegenzuwirken, werden meist Polymere zugesetzt, die jedoch verhältnismäßig teuer sind. Diese Polymere überziehen die Oberfläche des Filterkuchens mit einer dünnen Schicht, wodurch das Eindringen von Wasser stark vermindert wird.



Tiefbohrungen sind nur mit Hilfe bentonithaltiger Bohrspülungen möglich, Foto: BGR.

- dem Austrag des Bohrkleins bzw. der Verhinderung des Absinkens von Bohrklein bei Unterbrechungen und Stillständen. Besonders durch den bei gesteuerten Horizontalbohrungen für Leitungen (HDD, engl.: „*Horizontal Directional Drilling*“) überwiegend waagerechten Bohrachsenverlauf hat das Bohrklein sehr kurze Sedimentationswege. Bohrspülungen müssen daher eine hohe Tragfähigkeit besitzen, um ein Absinken des Bohrkleins zu verhindern. Das

Absinken während der Zirkulation wird durch höhere Viskositäten verhindert, das Absinken während der Stillstände (Gestänge wechseln, Anmischen der Bohrspülung) durch den Aufbau eines thixotropen Strukturgerüsts in der Bohrspülung, dessen Festigkeit bzw. Tragfähigkeit als Gelstärke gemessen werden kann. Alternativ können für diese Zwecke relativ teure Polymere oder wesentlich kostengünstiger Bentonite eingesetzt werden.

- der Schmierung sowie der Kühlung von Bohrstrang bzw. Meßsonde. Die auf der Bohrlochsohle entstehende und mit zunehmender Bohrtiefe steigende Wärme wird durch die Bohrspülung abtransportiert. So sollen für den Rollenmeißel und alle eingesetzten Messsonden und sonstigen Geräte möglichst lange Standzeiten, d. h. Haltbarkeiten erzielt werden. Zusätzlich werden Spülungszusätze eingesetzt, die sich auf dem Bohrgestänge und an der Bohrlochwand ablagern und so die Reibung reduzieren.
- dem Antrieb von Bohrlochmotoren (Mudmotor) bei Felsbohrungen.

Je grobkörniger das durchbohrte Gestein bzw. das anfallende Bohrklein, d. h. Fels > Kies > Sand > Schluff > Ton, desto mehr Bentonit muss der Bohrspülung zugesetzt werden (20 – 100 kg/m³).

Eigenschaften des Bentonits, die ihn für den Einsatz in der Bohrindustrie prädestinieren, machen ihn auch für die **Bauindustrie** interessant. Hier kommen im Wesentlichen unbehandelte Bentonite zum Einsatz:

- Bentonit dient als Gleitmittel beim Einrütteln der Stahlbohlen für Schmalwände, bei Durchpressungen und Absenkungen sowie beim Vortrieb von Tunneln und Rohren.
- Im Tiefbau werden Bentonite als Bestandteile von Zement-Bentonit-Stützsuspensionen für die Herstellung von Schlitz- und Dichtungswänden, von Bohrpfählen, von Schachtabenkungen und Senkkästen eingesetzt.
- Zementsuspensionen auf Bentonitgrundlage verhindern das Eindringen von Wasser in Bauwerke und Schächte, dienen der Stollen- und Kavernenabdichtung und dem Verschluss von Bohrungen.
- Auch mit Pellets aus Bentonit kann der Ringraum von Bohrungen abgedichtet oder Schächte verfüllt werden. Eine Zugabe von Naturbentonit unterstützt die Wirkung von Wasserbarrieren auf Basis mineralischer Baustoffe.
- Zur guten thermischen Anbindung von Erdwärmesonden an den Untergrund haben sich Ben-

tonit/Hochofenzement/Wasser- oder Bentonit/Hochofenzement/Sand/Wasser-Suspensionen bewährt. Diese Bentonitsuspensionen verteilen sich homogen im Bohrloch, umschließen die Erdwärmesonde vollständig über die ganze Länge des Bohrlochs, verfestigen sich ohne Lufteinschlüsse und stehen in vollständigem Kontakt mit der Bohrlochwand.

- Auch beim Einbau von Erdbeton, einem Gemisch aus Bodenaushub, Wasser und Zement, wird zum Teil Bentonit zur Verbesserung der Einbaueigenschaften zugegeben.



Messung von aromatischen Kohlenwasserstoffen, die beim Einfüllen von flüssigem Metall in synthetische, auf Basis von Quarzsand und Bentonit hergestellte Formstoffe entstehen, Foto: Clariant Produkte (Deutschland) GmbH (mit frdl. Genehmigung).

Natürliche Natrium- und Calciumbentonite, aber auch alkalisch aktivierte Calciumbentonite kommen in großen Mengen als Bindemittel für **Formsande** (s. u.) in Gießereien zum Einsatz. Um Gießereiformen aus Sand und Wasser herzustellen, in die das flüssige Metall gegossen wird, muss den Sand-Wasser-Mischungen ein Ton zugesetzt werden. Dieser verklebt schon in kleinen Mengen die Quarzsandkörner und bindet sie gut ein, macht den Formsand plastisch und verleiht der Form ausreichend Standfestigkeit und Stabilität gegenüber dem glutflüssigen Metall. In der Praxis werden hierfür dem trockenen Formsand 5 – 10 % Bentonit zugesetzt, der die meist strengen Anfor-

derungen der metallurgischen Betriebe erfüllen muss (vgl. Kap. 3). Calciumbentonite eignen sich meist besser als Natriumbentonite, die jedoch häufiger recycelbar sind. Auch Organobentonite kommen zum Einsatz.

Weiterhin dienen Bentonite, teils in aktivierter Form, in der Gießereiindustrie als Suspensionshilfsmittel zur Herstellung von Schichten (Schutzanstrich auf Gußformen) und Schwärzen (Schichten auf Graphitbasis) und sind Bestandteil von speziellen Abdeck- und Gießpulvern.





Im Werk Moosburg der Clariant Produkte (Deutschland) GmbH werden Palm- und Olivenöle aus aller Welt getestet, ob sie mit bayerischem Bentonit bzw. Bleicherde entfärbt werden können, Foto: BGR.

Durch ihre hohe Adsorptionsfähigkeit sind säureaktivierte Bentonite in der Lage, alle Arten von Ölen, Wachsen und Fetten, wie Margarine, Pflanzenöle, Mineralöle, Altöle und Schmierstoffe zu **entfärben** („Bleicherden“), zu reinigen und zu stabilisieren. Um z. B. Speiseöle lange haltbar, hitzeresistent sowie geschmacks- und geruchsneutral zu machen, müssen aus ihnen alle unerwünschten Substanzen wie Schleimstoffe, Farbstoffe, Peroxide, Schwermetalle und Rückstände von Pflanzenschutzmitteln entfernt werden, während ihre Nährstoffe erhalten bleiben sollen.

Die Adsorptionskraft der Bentonite hängt von der Art und dem Umfang der Säureaktivierung ab. Zur Entfärbung wird die pulverförmige Bleicherde in das erhitzte Öl eingerührt und nach 20 – 30 Minuten das entfärbte Öl oder Fett durch Filtration abgetrennt.

Sehr wichtig ist in der Praxis auch die Reinigung von Kerosin, aus dem Bentonit jegliche Spuren von Wasser, Tensiden und Feststoffen wirksam entfernt.

Auch Getränke wie Cognac, Weine, Biere, Most, Säfte, Sirup etc. werden mit Bleicherden, aber auch Roh- und Aktivbentoniten „geschönt“, d. h. gereinigt. Im Detail werden in diesem Schönungsprozess

- zur Getränkeinstabilität führende Eiweiße und zu einem geringen Teil auch Gerbstoffe adsorbiert,
- kolloidale Trübstoffe gebunden und dadurch die Flockung der nun schwereren Trübeilchen verstärkt,
- durch Aufhellung die Farbe beeinflusst, (d. h. keine Anwendung bei Rotweinen!)
- biogene Amine, die die Bekömmlichkeit beeinträchtigen, und ggf. enthaltene Spritzmittelrückstände reduziert sowie
- eine reintonigere Vergärung gefördert.

Nach der Klärung kann der Bentonit rückstandslos aus der Flüssigkeit entfernt werden und ist somit kein Zusatzstoff. Ein evtl. Fremdgeschmack, z. B. im Wein, ist nach $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Jahr wieder verschwunden.

In der **pharmazeutischen und kosmetischen Industrie** ist Rohbentonit Grundlage für die Herstellung von Salben, Pasten, Pudern, Masken, Umschlägen, Bädern und anderen Kosmetika. Er dient der Verbesserung der Geschmeidigkeit und Verstreichbarkeit, als Verdickungsmittel, als Bindemittel, als Füllstoff, als Trennmittel, als Trägermaterial, als Feststoffemulgator, in Form von Organobentonit oder Natriumbentonit als Dispergierhilfsmittel für Emulsionen, aber auch als Hilfsmittel bei der Herstellung von Vitaminpräparaten. In einigen Gastritis-, Antibiotika- und Enzympräparaten ist Bentonit ebenfalls ein Zusatz und unterstützt die Bindung von Giften im Magen-Darm-Bereich. Heilerden werden auf Basis von Bentonit hergestellt, genauso wie Suspensionen für radiologische Untersuchungen.

In der **Keramik** wird Rohbentonit in geringen Anteilen (bis 5 %) als Zuschlag verwendet, um sehr mageren (quarzreichen) keramischen Massen eine höhere Bildsamkeit, d. h. Verformbarkeit, zu verleihen. Trockene Bentonitpulver müssen hierzu jedoch erst unter Wassereinwirkung gelagert werden („Mauken“). Hierdurch kann der Smektit in Abhängigkeit von der Kationenbeladung weiteres Wasser in die Zwischenräume der Silikatschichten aufnehmen, die Schichtabstände werden größer, der Ton quillt auf und wird besonders plastisch. Weiterhin steigt durch Zugabe von Bentonit die Trockenbiegefestigkeit der gebrannten Produkte stark an. Bei der Herstellung von Blähtonen unterstützt Bentonit die Porensinterherstellung.

Calciumbentonit ist die Grundlage zahlreicher **Katzenstreuprodukte**, wo es der Feuchtigkeitsaufnahme und der Geruchsbindung dient. In Deutschland und in anderen Industrieländern ist dies ein wichtiger Absatzmarkt für Naturbentonite und bentonitische Tone.

Im **Gartenbau** und in der **Landwirtschaft** dienen Rohbentonite der Verbesserung von Sand- und Rohsteinböden (Erhöhung der Bindefähigkeit von Wasser und Nährstoffen), der Kompostierung (Bindung von Huminsäuren) und der Güllebehandlung (Bindung von Gerüchen und Stickstoff). Samenkörner werden mit Hilfe von Bentonit pilliert (mit Lehm und Sägemehl zur besseren Aussaat umhüllt). Bei der Massentierhaltung wird Bentonit aufgrund seiner adsorbierenden Eigenschaften als Einstreumittel zur Geruchs- und Feuchtigkeitsbindung eingesetzt. Als Pelletierhilfsmittel dient Ben-

tonit der Verarbeitung von Hühnermist zu Dünger. Mit Hilfe von Bentonit werden Dünger, Pflanz- und Einheitserden hergestellt, die ihre Nährstoffe nur langsam abgeben. Schlamm packungen auf Bentonitgrundlage wirken gegen einige Baumkrankheiten und Adsorber auf Bentonitgrundlage gegen Schimmelpilze. Zudem werden mit Bentonit Forellen-, Garten- und Parkteiche abgedichtet sowie Biotope, Erddämme, Bachläufe und Golfanlagen standfest modelliert.

In der **Umwelttechnik** wird Bentonit zur Deponie- und Kanalabdichtung, zur Konditionierung von Schlämmen, zur Abwasseraufbereitung, zur Einkapselung von Altlasten, in der Sanierung von Gewässern und zur Bindung von Asbestfasern bei der Asbestentsorgung genutzt. Da Bentonite in der Lage sind, nicht nur Schwermetalle, Phosphate oder organische Lösungsmittel, sondern auch

Eiweißreiche Weißweine werden mit Bentonit geschönt, um lange haltbar zu bleiben, Foto & Copyright: Deutsches Weininstitut GmbH.



bestimmte Radionuklide zu fixieren, sind sie auch aufgrund dieser Eigenschaft zur Verfüllung von untertägigen Deponien für radioaktive Abfallstoffe angedacht.

Neben den genannten, mengenmäßig am bedeutendsten Hauptverwendungsbereichen, kommt Bentonit aber auch noch in zahlreichen **anderen Anwendungen** zum Einsatz:

- In der chemischen Industrie dienen säureaktivierte Bentonite als Katalysatoren, als Füllstoffe, als Trocknungsmittel, als Antibackmittel, zur Wasserreinigung und zur Abwasserflockung, zudem Organobentonite als Träger für Pestizide.
- In der Papierindustrie wird säureaktivierter Bentonit als Streichpigment in der Produktion von Spezialpapieren sowie als Farbentwickler bei der Herstellung kohlefreier Durchschreibepapiere eingesetzt. Schnelllaufende Papiermaschinen benötigen Spezialsuspensionen, um die gewünschten Papierparameter einhalten zu können. Alkalisch aktivierte Bentonite bieten hier in Kombination mit synthetischen und natürlichen Polymeren die gewünschte Lösung. In ganz anderen Funktionen unterstützen Roh- und Aktivbentonite die Klärung und damit Wiederverwendbarkeit der belasteten Abwässer im Papierproduktionsprozess und sind Zusatzstoffe bei der Altpapieraufbereitung durch Bindung der Druckfarbepigmente und von Schwermetallen.
- In der Bergbauindustrie wird Bentonit als Bindemittel bei der Pelletisierung von Feinerzen verwendet, die erst danach im Hochofen verhüttet werden können. Auch Flotationsöle, mit deren Hilfe verschiedene Minerale in der Erzaufbereitung getrennt werden, enthalten zum Teil Bentonit.
- Bei der Herstellung von Tierfuttergranulaten greift man ebenfalls auf Bentonit als Bindemittel zurück.
- Im Wasser- und Brunnenbau werden Pellets aus Bentonit zur Abdichtung (Quellung) und zur Bindung von Schadstoffen (Adsorber) verwendet.
- Auch im Gewässerschutz ist Bentonit ein geeignetes Bindemittel für Ölverunreinigungen auf Wasseroberflächen.
- Bentonitpulver werden bei der Verpackung und im Versand hochwertiger und empfindlicher Güter wie Arzneimittel und Lebensmittel eingesetzt, da sie den Wasserdampf binden und die Luftfeuchtigkeit reduzieren.

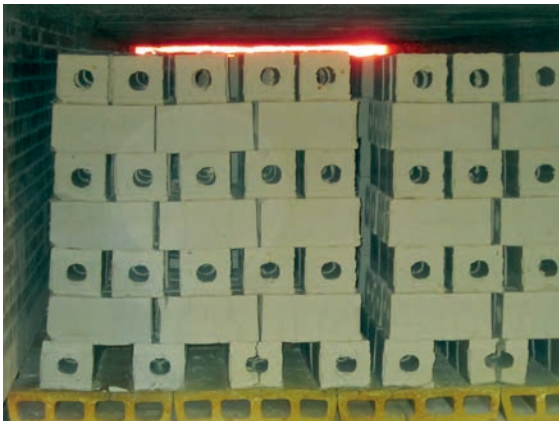


Säureaktivierter Bentonit eignet sich sowohl in der petrochemischen wie auch in der chemischen Industrie als Katalysator, Foto: BGR.

Für die heutigen, schnelllaufenden Papiermaschinen sind konstante Papierparameter unverzichtbar. Zu ihrer Einstellung kommen alkalisch aktivierte Bentonite zum Einsatz, Foto: Verband Deutscher Papierfabriken e.V. (mit frdl. Genehmigung).



- Ein Zusatz von Bentonit (0,5 – 2 %) erhöht die Wasserdichtigkeit, die Geschmeidigkeit und das Haftvermögen von Beton. Zugleich verringert er dessen Entmischungsneigung und Schwindung.
- Säureaktivierter Bentonit wird Teer- und Asphaltanstrichen zur Erhöhung der Gleitfähigkeit zugegeben. Zudem dient Aktivbentonit der Verbesserung der Emulgierung und Thixotropierung von Teer-/Wasser-Emulsionen.
- In der Schwefelerzeugung unterstützt Bleicherde die Raffination, Entfärbung und Bitumenentfernung. Das bei der Filtration zurückgehaltene Bleicherde-Schwefel-Gemisch kann zudem gemahlen als fungizides Pulver genutzt werden.
- Bentonit ist ein zugelassener Trägerstoff für Lebensmittelfarbstoffe (E558).
- Bentonite haben sich bei der Dekontamination von Rüstungsaltslasten, besonders von Losten, Estern und Psychogiften, bewährt.
- Organobentonite eignen sich als Füllstoffe für Gummi und Kunststoffe und zur Verdickung von Schmierfetten.
- Bentonit dient auch in der Farben- und Lackeindustrie als Pigmentträger sowie zusätzlich als Verdickungs-, Antiabsetz- und besonders Thixotropierungsmittel. Bereits ein Zusatz von 0,5 % Organobentonit reicht aus, um das Abflauen und die Nasenbildung nach Auftragen der Farben zu verhindern.
- Aktivbentonit ist Bestandteil von Pigmenten für Tintenstrahldrucker.
- In der Herstellung von Feuerfeststeinen auf Graphitbasis ist Bentonit ein günstiger Binder.
- In der Reinigungsindustrie dient Bleicherde zur Regeneration organischer Kleiderreinigungsflüssigkeiten, indem Fett-, Schmutz- und Schwebstoffe gebunden werden. Viele Polier-, Pflege- und Reinigungsmittel enthalten Bentonite als milde Schleifmittel oder als Träger von Reinigungsmittelzusätzen. Früher, bis nach dem 2. Weltkrieg, war Bentonit zudem mit Anteilen bis 40 % ein mengenmäßig bedeutender Zusatz in der Seifenherstellung.
- Organobentonit ist ein Zusatzmittel bei der Faserpräparation zur Verbesserung der Garnqualität.
- Bei der Bekämpfung von Wald- und Flächenbränden ist fein aufgemahlener Rohbentonit und sauer aktivierter Bentonit als Pulver-Feuerlöschmittel geeignet.



Im Tunnelofen der Kärlicher Ton- und Schamottewerke Mannheim & Co. KG wird Feuerfestton aus der firmeneigenen Carl-Heinrich-Grube zu Stückschamottesteinen gebrannt, Foto: BGR.



Brand von Schamotte im Drehrohrföfen bei der Adolf Gottfried Tonwerken GmbH in Großheirath/Oberfranken., Foto: Adolf Gottfried Tonwerke GmbH (mit frdl. Genehmigung).

Bentonitische Tone haben im Wesentlichen die gleichen Einsatzbereiche wie Bentonit (s. o.). Sie kommen jedoch nicht zum Einsatz als Bleicherden (Reinigung von Ölen, Fetten und Getränken), in der Papierindustrie, in der Bergbau- und Tierfutterindustrie sowie in vielen weiteren Spezialanwendungen, in denen möglichst reine oder ausschließlich künstlich veränderte Bentonite gefragt sind. Die Hauptabsatzbereiche von bentonitischen Tonen liegen dementsprechend in der Bauindustrie, in der Umwelttechnik, im Garten- und Landschaftsbau sowie in der Herstellung von Katzenstreu.

Einer der wichtigsten Einsatzbereiche von **kaolinischen Spezialtonen** ist die **Feuerfestindustrie**. Als „feuerfest“ werden Produkte bezeichnet, die sich bei Temperaturen von $\geq 1.500\text{ °C}$ nicht verformen. Hochfeuerfeste Rohstoffe bzw. Produkte sind bis mindestens 1.785 °C formstabil.

Feuerfeste Tone kommen zur Herstellung von Feuerfestschamotte und als Bindeton zum Einsatz. Feuerfestschamotte ist ein feuerfestes keramisches Produkt aus gebranntem Ton. Allerdings kann der Brand des eigentlichen Schamottesteins in seinem gewünschten Format (Steine, Platten, Rohre o. a.) nicht direkt aus reinem Ton erfolgen, da dabei eine sehr große Brennschwindung eintritt, die den fertigen Stein wenig maßhaltig und vor allem sehr rissanfällig machen würde. In der Praxis wird daher zunächst eine sog. Schamottekörnung (Mahlschamotte) hergestellt. Hierzu wird der Rohnton aufbereitet, d. h. von störenden Bestandteilen befreit und homogenisiert, dann grob zerkleinert und getrocknet. Danach wird dieses Tonprodukt bei $1.200 - 1.500\text{ °C}$ im Tunnelofen oder Drehrohrföfen zu Stückschamotte gebrannt, dann gebrochen und/oder gemahlen. Das Zwischenprodukt, die Mahlschamotte, wird in verschiedene Korngrößen fraktioniert. Diese Schamottekörnung ist nun zusammen mit weiterem feuerfesten Rohnton der Rohstoff für das eigentliche Feuerfestprodukt, wobei der hinzugefügte Rohnton in Form eines Mahltons sowohl zur Bindung der Schamottekörnung als auch zur Ergänzung des Gefüges eingesetzt wird. Auch in der Herstellung von feuerfesten Produkten auf anderer Rohstoffgrundlage als Schamotte (vgl. Kapitel 2.2) kommt feuerfester Ton als Bindeton zum Einsatz.

Durch die Reaktion der Tonminerale im Brennprozess ergibt sich die mineralogische Zusammensetzung der Schamotte, die im Wesentlichen aus

dem Aluminiummineral Mullit, dem Quarzmineral Cristobalit und einer Schmelzphase (Glas) besteht. Je höher der Aluminiumoxidgehalt im Ton, desto mehr Mullit kann gebildet werden. Je mehr Mullit im gebrannten Produkt enthalten ist, desto höher ist seine Feuerfestigkeit. Zudem verbessern sich mit höherem Mullitgehalt auch andere Eigenschaften der fertigen Steine:

- die Festigkeit nimmt zu
- das Porenvolumen sinkt und
- die Temperaturwechselbeständigkeit kann steigen.

Während der Feuerfestschamotteproduktion wird also immer versucht, den Anteil an Mullit zu maximieren. Das ist aber vom Brennregime (Energiekosten!) und vor allem von der Qualität des eingesetzten Rohtons abhängig (vgl. Kap. 3). Aus niedrigen Aluminiumoxidgehalten im Ton resultieren Schamottequalitäten mit einem hohen Glasanteil und Aluminiumoxidgehalten von 10 – 30 % (saure Schamotte). Durch den Einsatz von Tonen (oder auch Rohkaolin) mit höheren Aluminiumoxidgehalten ergeben sich Normalschamotten mit Aluminiumoxidgehalten von 30 – 45 %.

Die Herstellung der eigentlichen Schamotteprodukte erfolgt dann klassisch keramisch durch Guss, Einsatz von plastischer Masse oder Pressgranulat. Dabei ist das eingesetzte Verhältnis von Schamottekörnung zu Ton jeweils unterschiedlich. Die vorgebrannte Schamottekörnung ist nicht mehr plastisch, bei komplizierten Formen braucht man daher einen höheren Tonanteil. Je trockener die Masse bei der Formgebung ist, desto besser werden die feuerfesten Eigenschaften des fertigen Steins.

Feuerfestschamottesteine sind recht preiswert im Vergleich zu anderen Feuerfestprodukten aus meist teureren Industriemineralen, die in Deutschland zudem in abbauwürdigen Mengen nicht vorkommen und importiert werden müssen (Magnesit, Bauxit, Zirkon, Chromit u. a.). Der Einsatz von

Tonpellets aus kaolinitischen Tonen, oft mit unterschiedlich hohen Anteilen von Bentoniten oder bentonitischen Tonen, dienen der Ringraum- bzw. Bohrlochabdichtung im Brunnenbau.

Schamottesteinen erfolgt daher immer dann, wenn es von den thermochemischen und den mechanischen Anforderungen her möglich ist. Schamotteprodukte können je nach Zusammensetzung im Temperaturbereich zwischen etwa 1.250 °C und 1.715 °C verwendet werden. Für diese Temperaturbelastungen bringen sie entsprechende Eigenschaften mit.

Feuerfestschamottesteine werden daher beispielsweise

- zur Ausmauerung bzw. Auskleidung von Kretorien, Kachelöfen und Kaminen,
- als Hintermauersteine hinter hochwertigeren Feuerfeststeinen und
- als Wärmespeichersteine in Elektroheizkörpern eingesetzt.

Konkurrierend mit Bentonit und bentonitischen Tonen kommen kaolinitische Tone auch in Teilen der **Bau- und Bohrindustrie** zum Einsatz. So werden sie aufgrund ihrer chemischen Stabilität und mikrobiologischen Unbedenklichkeit zur Abdichtung von Bauwerken gegen Wasser sowie zur Produktion von Pellets und Granulaten zur Ringraumabdichtung von Brunnenbohrungen und zur Rückverfüllung von Bohrlöchern genutzt.



Feinstgemahlene und feingesichtete (sorgfältig nach ihrer Größe klassierte) kaolinitische Spezialtone werden in den unterschiedlichsten Bereichen der **Baustoffindustrie** zur Einstellung von Parametern, wie guter Rieselfähigkeit, Dosierbarkeit, Löslichkeit und Lagerbarkeit, eingesetzt. Als Füllstoffe werden sie in einem großen Anwendungsspektrum von bauchemischen Produkten, wie Kunststoffen, Elastomeren, Beschichtungen sowie Kleb- und Dichtstoffen, verarbeitet. Auch die Anwendungsmöglichkeiten in mineralischen Baustoffen wie Mörteln, Bindemitteln und Dämmstoffen, sind sehr vielfältig. Form- und Fließverhalten, mechanische Eigenschaften des Endproduktes sowie konstruktiver Brandschutz stehen im Vordergrund.

Glaswolle ist ein günstiger Dämmbaustoff aus fein versponnenen Glasfasern mit einem Bindemittel, bei dem es weniger auf hohe Anforderungen an die verarbeiteten Rohstoffe, sondern im Wesentlichen auf deren Preis und Mengenverfügbarkeit ankommt. Kaolinitische Tone können hohe Aluminiumoxidgehalte von über 30 % besitzen. Sie eignen sich damit prinzipiell als Aluminiumlieferant in der Glasschmelze und können dort den für diese Zwecke normalerweise eingesetzten, etwas teureren Feldspat ersetzen. Das durch den Ton oder Feldspat eingebrachte Aluminiumoxid erhöht die Viskosität (Zähflüssigkeit) der Glasschmelze, wodurch sich das Glas maschinell besser formen lässt. Zudem erhöht das Aluminiumoxid die Härte sowie die Bruchfestigkeit und wirkt der Neigung zur Kristallisation (Entglasung) entgegen.

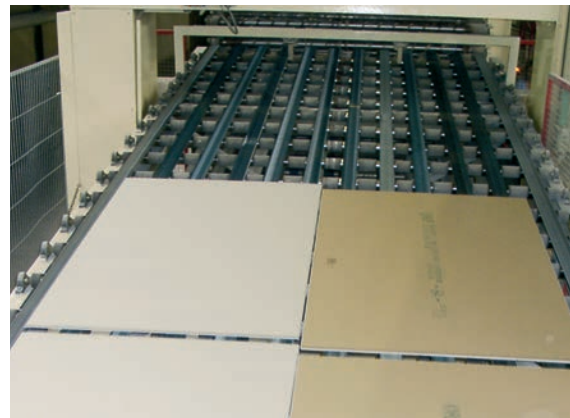


In der Herstellung von Glaswolle kann aluminiumreicher Ton den teureren Feldspat ersetzen, Foto: Typisch/Wikipedia.

Steinwolle dient wie Glaswolle vornehmlich der Dämmung sowie dem Schall- und Brandschutz, aber auch als Substrat im Erwerbsgartenbau. Zur Herstellung dient heute vor allem Basalt, der ebenfalls zusammen mit einem Bindemittel aufgeschmolzen und dann abgezogen, ausgeblasen oder verschleudert wird. Schon vor Jahrzehnten haben Tests ergeben, dass Tone, wenn sie mit Kalkstein vermischt, aufgeschmolzen und die Schmelze dann zerfasert wird, ebenfalls Mineralfasern ergeben, die für die Steinwolleproduktion hervorragend geeignet sind.

Mineralfaserplatten sind wärme- und schalldämmende, wasserabweisende und nicht-brennbare Schallschluckplatten mit unterschiedlichen hohen Anteilen an Mineralwolle (Glaswolle oder Steinwolle). Zu ihrer Herstellung wird eine Fasersuspension aus Mineralfasern, Kunstharzen, Tonen (als Bindestoffe sowie zur Erhöhung der Stabilität und Feuerfestigkeit) und Wasser gebildet, die dann auf einer Entwässerungsstrecke zu einem Faservlies geformt und entwässert wird. Aus der trockenen Endlosplatte werden die Einzelplatten geschnitten und dann häufig noch mit Kunststoffen oder Farbe beschichtet. Spezialtone im Faservlies dienen dabei der Erhöhung der Bedruckbarkeit der Platten. Einsatzgebiete von Mineralfaserplatten sind schallschluckende Deckenbekleidungen bzw. Unterdecken und dekorative Wandbekleidungen.

Bei der Herstellung von **Gipskartonplatten und Gipsprodukten** kommen aufgemahlene kaolinitische Tone als aktive Füllstoffe zur Verbesserung v. a. von Elastizität und Feuerstandsfestigkeit zum Einsatz.



Bei der Herstellung von Gipskartonplatten kommen auch kaolinitische Tone als Füllstoffe zum Einsatz, Foto: Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Niedersachsen (mit frdl. Genehmigung).



Tonggranulate auf Grundlage kaolinitischer Tone sind wichtige Basisprodukte für eine Vielzahl von Blumen-erden und Substraten, Foto: Liapor GmbH & Co. KG (mit frdl. Genehmigung).

Ökologisch noch nachhaltiger als Gipskartonplatten sind die relativ jungen Lehmbauplatten. **Bau-lehm** ist ein Gemisch von aufgemahlenem Ton (meist natürlich ockerbrauner oder braungrauer Farbe), Schluff und Sand und wird zur Herstellung von Lehmputzen, Lehmörteln, Lehmsteinen oder eben auch Lehmbauplatten verwendet. In diesen Lehmbauplatten wird der Lehm entweder durch eine Schilfrohmatten armiert oder, wie bei Lehmsteinen, durch Strohfasern oder Sägespäne stabilisiert. Lehmplatten weisen sehr gute Schallschutzeigenschaften auf. Zudem wirken sie regulierend auf Feuchtigkeit und ihre Oberfläche wird als "warm" empfunden. Weitere günstige Eigenschaften sind ihre Fähigkeit Gerüche zu absorbieren und elektromagnetische Strahlung abzuschirmen.

Bei der **Produktion von Kalksandsteinen** erhöht eine Zugabe von bis zu 2 % getrocknetem und gemahlenem Ton statt Kalk die Standfestigkeit der Rohlinge und die Druckfestigkeit der gehärteten Steine. Ebenso lassen sich die Schwindwerte reduzieren. Zugleich sinken rechnerisch die herstellungsbedingten CO₂-Emissionen um rund 14 % und der Primärenergiegehalt der Kalksandsteine um rund 9 %.

Tonggranulate gehören zu den wichtigsten Tonprodukten für Blumenerden und Substrate. Je nach Einsatzzweck stehen verschiedene Granulate zur Verfügung und tragen sowohl zur Verbesserung physikalischer Substrateigenschaften, wie Wasseraufnahme und Stabilität, als auch für gezielte chemische Effekte in der Pflanzenernährung bei.

Bei der Vulkanisation und Weiterverarbeitung von **Kautschuk** dienen Tone ursprünglich nur als günstige und aufhellende inaktive Füllstoffe. Heutzutage werden sie gezielt zur Verbesserung der Materialeigenschaften wie Härte und Weiterreißigenschaften eingesetzt.

Keramisch gebundene Schleifkörper eignen sich insbesondere zur Flächen- und Kantenbearbeitung von Werkstücken. Die Bearbeitung von Gusseisen, hochfesten Stahlsorten, Nicht-eisenmetallen, Hartmetallen, Kunststoff, Glas und Gestein ist damit möglich. Zur Herstellung dieser Schleifkörper werden neben Kaolin und Feldspat auch homogenisierte und standardisierte kaolinitische Tone eingesetzt, die zusammen mit künstlichen, angeschmolzenen Glaspulvern (Fritten) in Form eines Rohlings bei Temperaturen von bis zu

1.350 °C gebrannt werden. Beim anschließenden Abkühlen erstarrt der jetzt vorhandene Keramikkörper und verbindet dadurch die einzelnen eingebetteten Schleifkörner (meist aus Edelkorund, Sinterkorund oder Siliziumkarbid) zu einem festen Werkstück. Keramische Schleifkörper sind wenig elastisch und als starrer spröder Körper empfindlich gegen Stöße und Spannungen.

Bleistiftminen bestehen aus einem Gemisch aus Graphit (als Pigment), einem plastischen, sehr fein aufgemahlene und sehr homogenen Ton (als Bindemittel) sowie Fetten und Wachsen (als Imprägniermittel). Die intensiv vermischten Ausgangsstoffe werden durch eine Düse zu einem Strang gepresst und daraufhin abgeschnitten. Dieser wird anschließend getrocknet und danach bei ca. 900 °C gebrannt. Anschließend wird die fertige Mine noch mit Wachs oder Palmöl veredelt, was einen geschmeidigen Abrieb ermöglicht. Das Mischungsverhältnis von Graphit und Ton bestimmt die Härte der Mine. Der Tonanteil variiert zwischen 10 % und 80 %, wobei die Mine umso härter wird, je höher der Tonanteil ist. Die tatsächliche Härte

der Mine wird aber auch von der Brennhitze und -dauer beeinflusst. International bekannt war der „Klingenger Bleistiftton“, der in Klingenberg am Main (Spessart) zwischen 1567 und 2011, zuletzt sogar untertägig, abgebaut wurde.

Einen ganz besonderen Verwendungszweck haben die „Großalmeroder **Glashafentone**“ aus Nordost-Hessen (vgl. Kap. 4.3). Hierbei handelt es sich um plastische, feuerfeste und kaolinitische Spezialtone mit hohem Bindevermögen und guter Rohbruchfestigkeit, die zudem relativ früh dicht sintern (durch Anschmelzen zusammenbacken), ohne zu erweichen. Die „Großalmeroder Glashafentone“ werden mindestens seit dem Jahr 1443, seit vielen Jahrzehnten auch international, als Feuerfestmaterial für die Herstellung von Glasschmelzhäfen (kübelartige Form zum Schmelzen von Sonder-, Spezial- und Farbgläsern) und für die Auskleidung von Glasschmelzöfen und -wannen, verwendet. Auch Labortiegel, Glasziehdüsen, Rührer und andere Geräte für die Glasindustrie werden mittlerweile aus „Großalmeroder Glashafentonen“ hergestellt.



Geschlossene Glasschmelzhäfen aus Großalmeroder Glashafentonen werden weltweit eingesetzt, Foto: Fastner & Co. GmbH (mit frdl. Genehmigung)

2.2 Spezialsande

Klebsande und natürliche Formsande bilden gemeinsam die Gruppe der Spezialsande. Beide Sandarten unterscheiden sich in ihrer Zusammensetzung und Verwendung nur wenig. Sie werden aufgrund ihrer mineralogisch-technischen Eigenschaften

- Hochtemperaturbeständigkeit bis ca. 1.700 °C
- hohe mechanische Festigkeit
- hohes Bindevermögen

sehr gern und vorwiegend als Grundstoff zur Produktion von Formstoffen (Gemisch aus feuerfesten Sanden, Tonen und Zusatzstoffen zur Herstellung von Formen) in der Gießereiindustrie sowie in der Hütten- und Stahlindustrie verwendet.

Form- und Klebsande, die Ton bzw. Kaolin als natürliches Bindemittel enthalten, können ohne weitere Zusätze als Formstoffe verwendet werden. Hierbei unterscheidet man je nach Tongehalt magere (Tongehalt von 5 – 10 %), mittelfette (Tongehalt von 10 – 20 %), und fette (Tongehalt von 20 – 30 %) Sande. Die Eigenschaften von natürlichen Formsanden sind allerdings kaum variierbar, so dass man häufig Tone und synthetische Formstoffe hinzufügt. Hierdurch erhält man „halbsynthetische Formsande“ mit besseren Eigenschaften oder gleich „synthetische Formstoffe“ aus Quarzsanden, Bindern (im Normalfall Bentonit), Zusatzstoffen und Wasser. Natürliche, nur mit Wasser formgerecht aufbereitete Form- und Klebsande werden heute fast nur noch in Nichteisen-Metallgießereien mit konventioneller Formtechnik bzw. beim Handformen verwendet.

Die in Deutschland gewonnenen Spezialsande werden je nach ihrem späteren Einsatz bzw. des dafür notwendigen Einbauverfahrens der Formstoffe zu Stampf-, Gieß-, Spritz-, Vibrations-, Reparatur- und Verputzmassen sowie Feuerfestbetonen und -mörteln verarbeitet und weltweit vertrieben. Einsatzgebiete sind:

- Kokereien
- die Roheisenerzeugung (Hochöfen, Torpedo- und Roheisenpfannen, Gießbühnen)
- Gießereien (Gieß-, Drehtrommel-, Warmhalte-, Induktionstiegel-, Druckgieß-, Rinneninduktions-, Langzeit- und Tageskupolöfen, Induktoren, Behandlungskonverter, Gieß-, Transport- und Behandlungspfannen, Vorherde etc.)



Bei der EKW GmbH im rheinland-pfälzischen Eisenberg erfolgt ein Großteil des Versands in Form von Big-Bags und dies auch an Kunden in verschiedenen europäischen Ländern, Foto: BGR.

- die Stahlherstellung (Lichtbogenöfen, Stahlpfannen, Vakuum- und Stranggussanlagen) und
- die Aluminium- und Buntmetallproduktion (Drehtrommel-, Tiegelinduktions-, Rinnen-, Herd-, Anodenbrenn-, Elektrolyse-, Schacht-, Schmelz- und Warmhalteöfen, Induktoren, Transportpfannen etc.)

Auch Feuerfeststeine und -mörtel auf Basis verschiedenster Feuerfestrohstoffe (Schamotte, Bauxit, Korund, Chromkorund, Chromit, Sillimanit, Mullit, Magnesit, Spinell, Quarz, Quarzglas, Siliziumcarbid, Zirkon) werden auf Basis natürlicher Spezialsande und zum Teil mit Hilfe von Bindetonen (s. Kap. 2.1) hergestellt.

Außerhalb der Feuerfestindustrie finden Form- und Klebsande zudem in der Bauindustrie (Depotbau, Spezialmörtel, Restauration von Bauwerken) Verwendung. Zudem kann Klebsand als Abdichtmedium beim sog. Thermitschweißen von Schienen genutzt werden.



In der Produktion von Bleistiftminen kommen besonders homogene und hochwertige Spezialtone zum Einsatz, Foto: Graphit Kropfmühl GmbH (mit frdl. Genehmigung).

3

Rohstoffanforderungen

Die Prozessschritte der Gewinnung und Aufbereitung von Spezialtonen erfolgen mit dem Ziel, möglichst sortenreine Tone mit konstanten Tonqualitäten zu produzieren. Dies beginnt mit einem selektiven Abbau in der Grube, nachdem der Mutterboden und der teils mächtige Abraum entfernt und für die spätere Rekultivierung getrennt zwischengelagert worden sind. Die einzelnen Tonschichten müssen beim Abbau möglichst genau und ohne Verunreinigungen ausgehalten werden, wofür eine engmaschige Erkundung und Beprobung der Tone schon vor Abbaubeginn und auch später während des Abbaus zwingend erforderlich sind.

Der abgebaute Spezialton wird dann in vor der Witterung geschützten Lagerhallen zwischengelagert und ggf. homogenisiert, danach schonend getrocknet, zerkleinert, ggf. gemischt und in bestimmte Korngrößen getrennt (klassiert). Bei den genannten Aufbereitungsschritten ist es wichtig, die gewünschten Eigenschaften der Tone nicht nachteilig zu verändern. Für viele Spezialanwendungen ist zudem die Mahlfineinheit der Tone

qualitätsbestimmend. Teils sollen die Tone möglichst feinkörnig sein, teils granuliert bzw. körnig, streu- und rieselfähig sein.

Rohbentonite müssen > 60 %, besser > 70 – 80 %, Smektit enthalten. Bei Gehalten < 60 % Smektit handelt es sich um bentonitische Tone. Eisen- und Kaliumbentonite sind im Allgemeinen nicht verwertbar.

Die bayerischen Bentonite treten aufgrund ihrer Entstehung (vgl. Kap. 4.1) häufig in Form von Linsen auf und sind bereits ab Mächtigkeiten von 0,1 – 0,2 m abbauwürdig, wenn ihre Qualität ausreichend hoch ist. In Bayern sind Bentonitmächtigkeiten > 2 m selten, während weltweit die Durchschnittsmächtigkeit von Bentonitlagerstätten bei rund 7 m liegt.

Für viele Anwendungsbereiche sind die in Deutschland vorkommenden natürlichen Calciumbentonite nicht nutzbar, so dass sie künstlich verändert werden müssen. Dies kann beim Produzenten oder auch beim Kunden geschehen.



Im Werk Moosburg der Clariant Produkte (Deutschland) GmbH wird Rohbentonit in einem sogenannten Kollergang fein zermahlen, Foto: BGR.



Im Werk Großheirath der Adolf Gottfried Tonwerke GmbH wird Ton bis kleiner 63 Mikrometer mahlgetrocknet und teilweise gemischt und granuliert, Foto: Adolf Gottfried Tonwerke GmbH (mit frdl. Genehmigung).

- Die alkalische Aktivierung erfolgt in Mischtrommeln, in denen der grubenfeuchte Naturbentonit z. B. mit einer 3 – 8 %igen Lösung aus Soda (Natriumkarbonat) intensiv vermischt wird. Hierbei dringen die Natriumionen in die Schichtzwischenräume des Smektit ein und tauschen einen Teil der Calciumionen aus. Letztere fallen als Kalk aus.
- Für die Herstellung von Bleicherden werden die Bentonite dagegen zumeist mit verdünnter, bis 90 °C heißer Salzsäure für einige Stunden behandelt. Dabei werden nicht nur die Kationen aus den Zwischenschichten ausgetauscht, sondern auch die Silikatlagen teilweise aufgelöst, wodurch sich das Adsorptionsvermögen der Bentonite sehr stark erhöht. Der mit Salzsäure behandelte Bentonit wird danach meist gründlich bis zu einem pH-Wert von 4 gewaschen, filtriert, getrocknet und zerkleinert.
- Zur Herstellung organophiler Bentonite werden Natrium- oder Aktivbentonite in fester oder besser noch dispergierter Form mit Alkylammoniumsalzen vermischt, wobei dann Organobentonit ausflockt und leicht abgetrennt werden kann.

Unbehandelte Naturbentonite haben sehr unterschiedliche chemische Zusammensetzungen und damit unterschiedliche Eigenschaften. Typisch für Calciumbentonite sind Gehalte von 0,3 – 4,5 % CaO (Calciumoxid) und 0,03 – 0,6 % Na₂O (Natriumoxid). Beispielsweise enthält Calciumbentonit aus Gammelsburg/Bayern 0,3 – 2,6 % CaO und 0,01 – 0,9 % Na₂O. Natriumbentonit enthält dagegen oft weniger CaO, aber bis zu 3,4 % Na₂O, so wie z. B. der bekannte Natriumbentonit aus Wyoming/USA.

An Industriebentonite werden je nach Verwendungszweck teils sehr hohe Anforderungen gestellt, die häufig nur durch intensive Aufbereitung bzw. Aktivierung (s. o.) erreicht werden können.

Bentonit für Bohrspülungen muss sehr feinkörnig sein und darf im Regelfall nur < 2,5 % Korngrößenanteile > 75 µm enthalten. Die Dichte muss bei 1 – 2 g/cm³ liegen und der pH-Wert zwischen 7 und 9. Die Feuchtigkeit darf 10 – 15 % nicht überschreiten. Die scheinbare Viskosität (bei 6,5 g Ton

in 100 ml Wasser) soll > 15 cP (centipoise) und die plastische Viskosität (bei 10 g Ton in 350 ml Wasser) > 8 cp betragen. Zudem gibt es weitere Anforderungen an die Fließgrenze, die Viskosität, die Ergiebigkeit sowie den Filterverlust.

Für einen Einsatz in der **Tiefbauindustrie** sollte ein Bentonit ebenfalls sehr feinkörnig sein mit < 1 % Korngrößenanteilen > 75 μm . Der pH-Wert ist dagegen weniger eng gefaßt (8 – 11), jedoch muss die Feuchtigkeit ebenfalls gering (< 12 %) sein. Ähnlich wie an die Bohrbentonite werden auch an die Tiefbaubentonite spezielle Anforderungen bzgl. ihrer Fließgrenzen, Viskositäten, thixotropen Eigenschaften, Ergiebigkeiten sowie Filterverluste gestellt.

Beim Einsatz als Bindeton in **Gießereisanden** spielen neben der Korngrößenverteilung die Plastizität (Fließgrenzen, Fließfähigkeit), Permeabilität und Druckfestigkeiten (Gründruck- und Trockenbruchfestigkeit, Nasszugfestigkeit) des bentonitischen Formsandes eine wichtige Rolle. So sollten 85 – 90 % der Korngrößenverteilung des Bentonits zwischen 20 und 75 μm liegen. Die Feuchtigkeit muss zwischen 5 und 7 % liegen und der pH-Wert zwischen 8 und 9. Ein CaO-Gehalt von $< 0,7$ % ist vorteilhaft. Die Permeabilität sollte rund 110 cm^3/min betragen und die Festigkeit 500 – 600 g/cm^2 . Eine abschließende Bewertung der Bentonite für ihre potenzielle Eignung in der Gießereiindustrie ist jedoch erst nach einem Praxistest möglich (vgl. Formsande weiter unten).



Prüfgerät zum Einsatz von Bentonit in der Gießereiindustrie im Werk Moosburg der Clariant Produkte (Deutschland) GmbH, Foto: BGR.

Für Schwärzen kommen nur solche Bentonite zum Einsatz, deren Korngröße zu > 97 % unter 2 μm liegt. Um die Feuerfestigkeit der Schwärzen nicht zu beeinträchtigen, dürfen die ausgewählten Tone zudem maximal 4,5 % an Alkalien, d. h. Na_2O und K_2O (Kaliumoxid) enthalten. Zudem sollte der Fe_2O_3 (Eisenoxid)-Gehalt auf $< 3,25$ % begrenzt sein, während der Al_2O_3 (Aluminiumoxid)-Gehalt 35 % nicht unterschreiten sollte.

Plastizität und Viskosität der Bentonite sind ebenfalls entscheidende Eigenschaften bei der **Pelletisierung** von Eisenerzen und anderen Materialien. Ein für diesen Zweck geeigneter Bentonit muss eine Feuchtigkeit < 15 % besitzen, 80 % der Korngrößenverteilung müssen < 75 μm liegen und die Marsh-Viskosität sollte > 80 sec betragen.

Um als **Schönungsmittel** in der Weinbehandlung eingesetzt werden zu können, muss nach Anlage 5 der Deutschen Weinverordnung Bentonit < 3 % Asche, < 1 % CO_2 und einen Wirkungswert von > 40 % besitzen. Die Gehalte an löslichen Elementen in 1 %iger Weinsäure dürfen 2 ppm As, 0,8 % Ca, 0,2 % Fe, 0,5 % Mg, 0,5 % Na und 20 ppm Pb nicht überschreiten. Die Gehalte an Fe, Pb und As sowie allen anderen Schwermetallen werden von der Bentonitindustrie möglichst niedrig gehalten, um mit diesen Metallen Getränke nicht zusätzlich zu belasten. Aktivbentonite und Calciumbentonite werden gegenüber reinen Natriumbentoniten aufgrund ihrer niedrigeren Natriumabgabe bevorzugt.

Granuliertes **Katzenstreu** auf Bentonitgrundlage muss eine Korngröße von 0,5 – 1,7 mm besitzen, eine Löslichkeit in destilliertem Wasser von $< 1,5$ %, eine Adsorption von Schmieröl von $> 0,8$ ml/g, eine Adsorption von destilliertem Wasser von $> 0,9$ mg/l und darf auch bei höheren Temperaturen von > 200 °C nicht anbacken, zerfallen oder stauben.

Zur Beimischung in **Erden- und Torfsubstraten** sollte ein Bentonit idealerweise eine chemische Zusammensetzung von rund 56 % SiO_2 , 16 % Al_2O_3 , 4 % Fe_2O_3 , 4 % CaO, 4 % MgO, 2 % K_2O , 0,4 % Na_2O und einem Glühverlust von 10 % besitzen. Die Spurenelementgehalte sind auf ca. 1.000 ppm B, 300 ppm Mn, 90 ppm Zn, 50 ppm Ni, 35 ppm Co sowie 20 ppm Cu bzw. Mo begrenzt. Der Salzgehalt darf 200 ml/100 g Ton nicht überschreiten. Der Bentonit muss zudem sehr trocken und feinst aufgemahlen sein sowie eine möglichst

hohe Kationenaustauschkapazität und ein hohes Puffervermögen besitzen.

Als **Trägerstoff**, z. B. in Pestiziden, vorgesehene Bentonite müssen eine Korngrößenverteilung von 90 % < 2 µm und 99 % < 44 µm besitzen. Die Feuchtigkeit muss < 1 % betragen und der pH-Wert soll < 8 liegen.

Potenzielle **Füllstoffe** sind bezüglich Mineralbestand und thermischem Verhalten, Chemismus, Dichte, Abrasivität, spezifischer Oberfläche, Korngrößenverteilung, Kornform, Ölzahl (Bedarf an Öl um eine definierte Menge an Füllstoffpulver anzufeuchten), Verformungs- und Fließverhalten und optischer Eigenschaften hin zu untersuchen. An Füllstoffe für die Kosmetik und Pharmazie werden besonders hohe Anforderungen gestellt. Wie auch alle anderen potenziellen Füllstoffe für diese Zwecke muss auch Bentonit sehr schwermetallearm (< 25 ppm) sein. Er muss zudem vollständig in Korngrößen < 74 µm besser sogar < 44 µm vorliegen, der pH-Wert muss zwischen 9 und 10 liegen, der Weißegrad rund 78 % und die Atterberg-Fließgrenze 500 – 700 % betragen. Auch die Anforderungen an die Viskositäten in verschiedenen prozentigen Suspensionen sind genau definiert.

Feuerfeste Tone müssen feuerfest sein, d. h. beim sog. Segerkegeltest darf der Ton bei einer definierten Aufheizgeschwindigkeit (150 °C/h) erst oberhalb einer ebenfalls definierten Temperatur erweichen. Feuerfest sind dabei Tone, die Temperaturen ≥ 1.500 °C (SK (Segerkegel) 17) und hochfeuerfest solche, die Temperaturen ≥ 1.785 °C (SK 36) ohne Verformung widerstehen. Aufgrund dieser Stabilitätsanforderungen ist der Al_2O_3 -Gehalt der eingesetzten Tone ein wichtiges Qualitätskriterium. Hochfeuerfeste Tone enthalten 38 – 44 % Al_2O_3 und sollten nur einen geringen Glühverlust, z. B. durch Kohle/organische Substanz (< 1 %) aufweisen. Auch die Brennschwindung sollte gering sein. Der SO_3 (Schwefeltrioxid)-Gehalt im Ton darf zudem 0,2 % nicht überschreiten. Die Gehalte an Alkali- und Erdalkaliverbindungen sollten gering sein (< 3 % K_2O , Na_2O , CaO und MgO), da diese als Flussmittel wirken, d. h. den Schmelzpunkt herabsetzen. Hilfreich ist hierfür generell ein möglichst hoher Anteil an Kaolinit im Ton, da dieser hohe Al_2O_3 -Gehalte, aber keine Alkalien enthält. Hochwertige Feuerfesttone enthalten > 90 % Kaolinit, dagegen aber nur (sehr) geringe Anteile an Illit, Karbonaten und Eisenverbindungen



Nur durch Bentonitschönung bleiben Weißweine über lange Zeit klar und bekömmlich, Foto & Copyright: Deutsches Weininstitut GmbH.

(< 3 % Fe_2O_3). Die letztgenannten Minerale würden mit den übrigen Bestandteilen Gläser mit niedrigen Schmelzpunkten bilden. Generell sollte ein Feuerfestton chemisch möglichst rein sein sowie gewisse Bindeeigenschaften aufweisen.

Es kommt vereinzelt noch vor, dass tonhaltige Mischungen zur Herstellung feuerfester Produkte mehrere Tage oder sogar Wochen mauken (d. h. unter Wassereinwirkung gelagert werden), um so die Verarbeitbarkeit zu verbessern.

Die Anforderungen an Tone für die Ringraumabdichtungen von **Brunnenbohrungen** sind in der DIN 4904:2017-10 „Geschüttete Abdichtungstone für den Brunnenbau – Anforderungen und Prüfungen“ festgelegt. Konkrete Anforderungen werden z. B. an den Unter- und Überkornanteil gestellt (jeweils max. 10 Masse-%). Darüber hinaus gibt es zahlreiche weitere Prüfmerkmale.

Ähnlich wie bei den Spezialtonen umfasst die industrielle Nutzung von Spezialsanden deren Gewinnung im Tagebau, ihre Trocknung, ggf. Aufmahlung, Dosierung, Mischung, Verpackung sowie letztendlich Verladung zum Versand an die Kunden.

Form- und Klebsande bestehen chemisch zu 75 – 95 % aus SiO_2 und enthalten als weitere Beimengungen vor allem Eisenoxide, CaO , MgO und Alkalien (Na_2O , K_2O). Der Gesamtgehalt an diesen vier letztgenannten Flussmitteln darf 7 % nicht übersteigen, weil der Schmelzpunkt des Sandes dadurch herabgesetzt wird und die Gefahr des Festbrennens am Gussstück wächst. Ein zu hoher Kalkgehalt im Form- bzw. Klebsand verursacht zudem einen unsauberen Guß.

Die verlangte Bildsamkeit (d. h. Formbarkeit) des Formsandes ist nicht allein vom Tongehalt abhängig, sondern erfordert auch einen bestimmten Wassergehalt (7 – 10 %) und scharfkantige Quarzsandkörner. Zudem ist die Verteilung des Tones von entscheidender Bedeutung. Bei guten Form- und Klebsanden ist jedes Sandkorn von Natur aus von einem Ton- bzw. Kaolinhäutchen umgeben, das infolge der Unebenheiten und Furchen des Sandkorns fest daran haftet. Diese Ton- bzw. Kaolinhülle ist das eigentliche Grundelement für das Verhalten eines natürlichen Spezialsandes als Formsand. Durch Benetzung mit Wasser quillt

der Ton auf und der Sand wird bildsam, bleibt aber zugleich standfest.

Neben der Bildsamkeit, der Standfestigkeit und natürlich der Feuerfestigkeit (vgl. Spezialtone) ist die Gasdurchlässigkeit das vierte entscheidende Kriterium zur Beurteilung der Eignung eines Natursandes als natürlicher Formsand. Die Gasentwicklung hängt vor allem von der Menge der im Formstoff vorhandenen flüchtigen Bestandteile (Kohlenstaub, organische Restbindergehalte) und dem Wassergehalt ab. Je gleichmäßiger die nicht zu feine Körnung des Sandes ist, umso besser ist seine Gasdurchlässigkeit. Die Gasdurchlässigkeit wird andererseits umso geringer, je höher der Tongehalt und je ungleichmäßiger die Kornverteilung ist. Letztendlich wird aber immer erst der Praxistest über die Eignung eines Spezialsandes als Formsand in der Gießerei- oder Hüttenindustrie entscheiden.

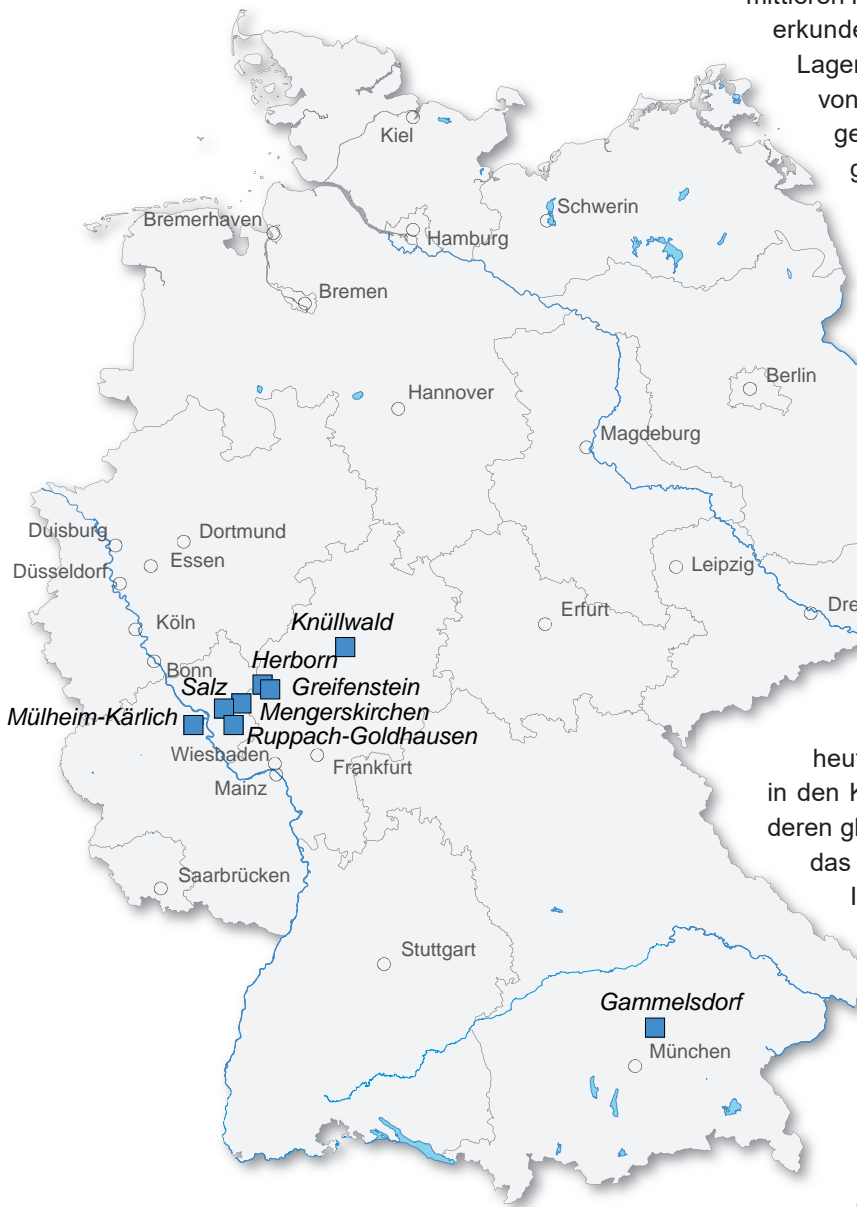
In Deutschland erfolgt die Prüfung eines potenziellen Formsands nach den Merkblättern des Bundesverbands der Deutschen Gießerei-Industrie (BDG) e. V. Die wichtigsten Prüfungen dienen dabei der Bestimmung des/der

- Wassergehalts
- Schlammstoffgehalts
- Korngrößenverteilung, inkl. der Parameter „Mittlere Korngröße“ (MK), "Gleichmäßigkeitsgrad" (GG) und theoretische spezifische Kornoberfläche (In den USA wird die Korngröße eines Gießereisandes stets und in Deutschland häufig durch die sogenannte AFS-Feinheitsnummer angegeben. Die Bedeutung dieser Feinheitsnummer liegt darin, dass dieser Wert proportional der Anzahl Körner je Gewichtseinheit und der spezifischen Oberfläche des Sandes ist. Für die Berechnung der AFS-Feinheitsnummer wird der Wert der theoretischen spezifischen Kornoberfläche mit dem Faktor 0,57 multipliziert.)
- Schüttdichte
- Verdichtbarkeit
- Gasdurchlässigkeit
- Biegefestigkeit
- Gründruckfestigkeit (Druckfestigkeit einer Sandprobe im ungetrockneten, sog. grünen Zustand)
- Grünscherfestigkeit
- Grünzugfestigkeit (Formfestigkeit einer Sandprobe in einer übermässigen Zone)

4

In Abbau stehende Lagerstätten
in Deutschland

4.1 Bentonite



Abbaustellen von Bentoniten in Deutschland, Karte: BGR.

Aus Südbayern, in einem Dreieck zwischen Landshut, Mainburg und Moosburg mit Zentrum um Gammelsdorf, sind, verteilt über ca. 260 km² Fläche, rund 300 Bentonitlagerstätten unterschiedlicher Größe bekannt. Sie stehen seit 1906 in Abbau, wobei seit 1943 204 Gruben aufgeschlossen wurden. Weitere rund 80 Lagerstätten sind erkundet. Die Bentonite Südbayerns gehören zu den bedeutendsten Europas und galten noch vor einigen Jahren als die einzigen abbauwürdigen Bentonite Deutschlands.

Die zu gewinnenden Bentonitmächtigkeiten schwanken zwischen ca. 0,2 m und 6 m, bei einer mittleren Mächtigkeit von 1,6 m über alle derzeit erkundeten, abbaufähigen und bekannten Lagerstätten. Überlagert wird der Bentonit von wechsellagernden Lockerablagerungen aus Kies, Sand, Schluff und Mergeln von wenigen Metern bis zu 35 m Mächtigkeit. Ähnlich große Unterschiede wie bei den Bentonit- und Abraummächtigkeiten gibt es auch bei den Größen der einzelnen Lagerstätten, welche von ca. 1 ha bis über 40 ha reichen.

Die Entstehung, Lagerungsverhältnisse und Zusammensetzung der südbayerischen Calcium-Magnesium-Bentonite sind durch viele Untersuchungen sehr gut bekannt:

Danach brachen im Zeitraum vor ca. 14,9 – 14,2 Mio. Jahren in der heutigen Ungarischen Tiefebene sowie in den Karpaten untermeerisch Vulkane aus, deren glasreiche Tuffe und Aschen bis weit in das heutige Bayern hineingeweht wurden. In morphologischen Senken, untergeordnet auch Altwasserarmen, wurden die Aschen und Tuffe zusammenschwemmt, gerieten durch weitere Überdeckung in den Grundwasserbereich und wurden dort nachfolgend zu Smektiten umgewandelt. Teils wurden die Bentonite auch nach ihrer Entstehung noch einmal verschwemmt und umgelagert. Aus diesem Grund bestehen die Bentonitlagerstätten in Südbayern heute aus vielen linsenförmigen, selten auch rinnenartigen Lagen in sandig-tonig-mergeligen Sedimenten, die später von Sanden und Kiesen überlagert wurden.

Bedingt durch ihre Entstehung sind die südbayerischen Bentonite nicht nur über hunderte Einzelvorkommen verstreut, sondern sie sind auch in vertikaler wie horizontaler Ausrichtung sehr unterschiedlich ausgebildet. Dies gilt sowohl für ihre mineralogische und chemische Zusammensetzung als auch für ihre Farbe und Konsistenz.



In der Bentonitgrube Eggersdorf der Clariant Produkte (Deutschland) GmbH wird der Bentonit (dunkelgraue Schicht im Vordergrund) von bis zu 30 m mächtigem Abraum überlagert, Foto: BGR.



In der Bentonitgrube Bachhorn der Clariant Produkte (Deutschland) GmbH tritt Bentonit (olivgraue Schicht) als große Ausnahme bereits unter wenigen Metern Abraum auf, Foto: BGR.



Im Werk Moosburg werden Bentonite aus allen bayrischen Gruben der Clariant Produkte (Deutschland) GmbH selektiv gelagert, aufbereitet und in veredelter Form in aller Welt vertrieben, Foto: BGR.



Auch besonders hochwertigen Gelbton aus ihren eigenen südbayerischen Lagerstätten lagert die Clariant Produkte (Deutschland) GmbH in ihrem Rohbentonitlager in Moosburg, Foto: BGR.

Generell hat die Farbe der Bentonite wenig Aussagekraft bezüglich ihrer Qualität. Im frischen Zustand reichen die Farben der Bentonite von gelblich, grauweiß, ocker, grünlich, braun bis hin zu blaugrau und blau. Hierbei erreichen die sog. Gelbtone jedoch erfahrungsgemäß die beste Qualität bei Gehalten von bis zu 100 % Smektit. Gelbtone finden sich meist an der Basis einer Bentonitlagerstätte, sind aber nicht überall vertreten und weisen häufig nur wenige Zentimeter Mächtigkeit auf. Die Gelbtone werden von den Bergleuten passenderweise als „Rahm“ bezeichnet. Darüber folgen meist zwei weitere oder mehr Bentonitschichten mit wechselnden Qualitäten. Im Mittelteil der Bentonitabfolge ist oft ein oliv- bis blaugrauer, harter, sandiger, nicht verwertbarer Tuffstein bzw. Ton eingeschaltet, der als „Plattenton“ oder kurz „Platte“ bezeichnet wird.

Neben Smektiten treten im Bentonit als weitere Tonminerale vor allem Illit und Kaolinit auf, während Quarz, Feldspat und Glimmer nur untergeordnet vertreten sind. Häufig sind die Bentonite durch Kalkausfällungen, Sand- und Schluffanteile verunreinigt. Im grubenfrischen Zustand liegen ihre Wassergehalte bei 25 – 35 %. Frische Bentonite fühlen sich wachs- oder seifenartig an.

Blick in die derzeit nicht aktive Bentonitgrube „Altefeld“ bei Herborn-Schönbach im Oktober 2018. Aus dieser Grube wurde früher bereits sehr hochwertiger Bentonit gewonnen. Foto: BGR.



Maximal sind stets nur wenige Gruben gleichzeitig offen, die auch jeweils immer nur für wenige Monate bis Jahre in Abbau stehen. Derzeit sind es nördlich der Isar fünf Gruben und südlich der Isar zwei Gruben sehr unterschiedlicher Größe.

Die selektive Gewinnung der Bentonitlagen erfolgt seit 1971 ausschließlich durch Hydraulikbagger im Tagebau. Einziger Abbaubetreiber ist gegenwärtig die Clariant Produkte (Deutschland) GmbH (Homepage: www.clariant.com/de). Vor der Bentonitgewinnung wird der überlagernde Abraum mit Hilfe von Abraumbaggern, Schubraupen und Dumpfern abgeräumt und zur sofortigen Wiederverfüllung von bereits ausgetonten Abbauarealen verwendet. Verwertbare Kiesmengen werden bei Bedarf an lokale Verwender abgegeben.

Der geförderte Rohbentonit wird dann per Lkw zur Verarbeitung ins Clariant-eigene Werk nach Moosburg transportiert. In teils hochveredelter Form kommt der dort aufbereitete Bentonit danach in allen in Kapitel 2.1 genannten Einsatzbereichen zur Anwendung.



Auch im Westen Deutschlands wird Bentonit aus verschiedenen Gruben gewonnen. Im nordöstlichen Westerwald ist hochwertiger Bentonit aus der Bentonitgrube „Altefeld“ in **Herborn-Schönbach** bekannt. Im Oberwesterwald werden Bentonite in den Tontagebauen „Niedersachsen-Nord“ in **Ruppach-Goldhausen**, „Wimpsfeld II und III“ in **Mengerskirchen**, „Salz“ in **Salz** sowie „Hermann“ und „Oberste Weide“ in **Greifenstein** zusammen mit kaolinitischen Tonen abgebaut. Ähnliches trifft auf die „Carl-Heinrich-Grube“ in **Mülheim-Kärlich**, d. h. auf der westlichen Rheinseite zu. Da mit Ausnahme der Bentonitgrube „Altefeld“ in allen genannten Gruben Bentonit nur ein Beiprodukt ist und die Gewinnung von kaolinitischen Tonen im Vordergrund steht, erfolgt eine Beschreibung der einzelnen Gruben im Kapitel 4.3.

Die Bentonite im Oberwesterwald bestehen zu 70 – 80 % aus Calcium-Montmorillonit und enthalten daneben geringe Mengen an Kaolinit (bis 10 %), Quarz (7 – 13 %), Plagioklas (3 – 4 %), Eisen- und Titanmineralen (< 3 %), teils Apatit und Calcit (< 2 %) sowie örtlich geringen Verunreinigungen durch organische Substanz (< 0,5 %). Ihre Farbe variiert zwischen grünlich-blau und dunkelgelb bis braun. Der Gesamteisengehalt ist meist erhöht (10 – 11 % Fe_2O_3). Der Tonanteil < 2 μm schwankt zwischen 25 und 33 %, der grubenfeuchte Wassergehalt liegt bei 28 – 32 %. Die Kationenaustauschkapazität der Bentonite ist hoch. Sie dienen derzeit zur Produktion von Pellets und Briketts für die sichere Verfüllung von Schächten, für die Ringraumabdichtung von Brunnen und werden auch zur Herstellung von Substraten in der Erden-Industrie genutzt. Weitere, höherwertige Anwendungen sind geplant und werden gegenwärtig getestet.

Im hessischen **Herborn, Stadtteil Schönbach**, gewinnt die Firma Jungbecker GmbH, Bauunternehmen und Bentonitgrube (keine Homepage), bei entsprechender Nachfrage hochwertigen Bentonit mit 92 – 93 % Montmorillonit (und ebenfalls erhöhten Gesamteisengehalten bis über 13 %) aus ihrer in den 1980er Jahren eröffneten Grube „Altefeld“. Zusätzlich betreibt das Unternehmen eine Deponeinfläche für Bauschuttmassen und unbelastete Böden, die periodisch aufbereitet und danach wiederverwendet bzw. in aufgelassenen Abbauzonen verfüllt werden. Der Schönbacher Bentonit wurde vom Seniorinhaber des Unternehmens bei Sprengarbeiten in einem benachbarten Basaltsteinbruch

im Jahr 1972 entdeckt und danach das Vorkommen durch zahlreiche Bohrungen näher erkundet. Dabei konnten unter meist nur sehr geringem Abraum Bentonitmächtigkeiten von durchschnittlich 25 m, maximal sogar 45 m nachgewiesen werden. Diese hohen Mächtigkeiten sind für Deutschland untypisch und können bisher nicht sicher erklärt werden. Der Bentonit liegt in unmittelbarer Nähe eines vor ca. 28 Mio. Jahren ausgebrochenen kleinen Vulkans und wird selber auch von mehreren Basaltgängen durchschlagen. Früher wurden große Mengen des Schönbacher Bentonits zu Werken in Moosburg/Bayern und Duisburg gefahren und dort vor allem zu Katzenstreu und Gießereibentoniten verarbeitet. Derzeit steht die Grube nicht in Abbau, jedoch stehen für Kunden in einem überdachten Lager große Bentonitmengen zur Auslieferung bereit und auch in der Grube und in den angrenzenden Arealen könnten noch sehr große Mengen dieses Rohstoffs gewonnen werden.

Nördlich des Ortsteils Remsfeld der Gemeinde **Knüllwald** in Nordhessen, unweit der A7 Fulda – Kassel, gewinnt die heutige Knüllwalder Tagebau GmbH & Co. Betriebs KG (Homepage: www.knuellwalder-tagebau.de) seit über 100 Jahren eine Bandbreite von sehr unterschiedlichen Rohstoffen. In diesem Teilgebiet des Knüllwalds

finden sich auf engem Raum sandige, schluffige und tonige Ablagerungen, die zum Teil unter Basalten erhalten geblieben sind. Von wirtschaftlicher Bedeutung sind vor allem die rund 34 Mio. Jahre alten, schwarzen und braunkohlereichen, aber auch hellgrauen, blaugrauen, bräunlichen und violettroten, stark kaolinitischen Tone. Diese sind trotz ihrer unterschiedlichen Farben qualitativ sehr ähnlich und finden sowohl als Deponietone als auch als grobkeramische Tone Verwendung. Die feinen Quarzsande aus der Lagerstätte werden als Kabel- oder auch Reitplatzsande genutzt. Der Basalt wird zu Schotter gebrochen oder in Form von Wasserbausteinen vertrieben. Ein Teil der bis zu 10 t schweren Tertiärquarzitblöcke wird ebenfalls gebrochen und danach im Garten- und Landschaftsbau verwendet. Direkt unterhalb des Basalts treten zudem teilweise und in maximal 3 m Mächtigkeit aus umgewandelten Tuffen entstandene, unreine und rosafarbene Bentonite auf, die jedoch bis zu 80 % Smektite enthalten. Diese Bentonit-Tuff-Gemische werden derzeit ausschließlich im Landschaftsbau eingesetzt.

In den verschiedenen Grubenbereichen des Knüllwalder Tagebaus werden eine Vielzahl von mineralischen Rohstoffen – Tone, Sande, Basalt, Bentonite, Quarzite – gewonnen und in den verschiedensten Märkten vertrieben, Foto: Knüllwalder Tagebau GmbH & Co. Betriebs KG (mit frdl. Genehmigung).



4.2 Bentonitische Tone

Bei **Friedland**, zwischen Neubrandenburg und Anklam in Mecklenburg-Vorpommern, hat vor ca. 17.000 – 15.000 Jahren das aus Skandinavien letztmalig vorrückende Inlandeis aus Tiefen von ca. 90 – 100 m insgesamt fünf große Tonschollen an die Oberfläche gestaucht. Dieser Ton bildete sich vor knapp 55 Mio. Jahren in einem flachen Meer, als dieses nur wenig ältere Ablagerungen mit zahlreichen dünnen Tuffeinschaltungen überflutete. Der Tuff wiederum stammte von Vulkanen, die vor rund 55 Mio. Jahren im Norden Dänemarks ausbrachen.

Der als Friedländer Blauton bezeichnete Flachmeerton ist verhältnismäßig homogen ausgebildet, bläulich bis grünlichgrau gefärbt sowie weitgehend kalkfrei. Die Korngrößen verteilen sich zu 56 – 74 % auf die Fraktion $< 2 \mu\text{m}$ (Ton, davon durchschnittlich zu 17 % auf Feinton $< 0,2 \mu\text{m}$), zu 15 – 29 % auf die Fraktion 2 – 63 μm (Schluff) sowie zu 1 – 4 % auf die Fraktion 63 – 200 μm (Feinsand). Der Ton besteht mineralogisch zu 35 – 53 % aus einem Montmorillonit-Illit-Mischmineral, zu 7 – 18 % aus Muskovit (Hellglimmer), zu 6 – 16 % aus Kaolinit und/oder Chlorit, zu 1 % aus Glaukonit – einem typischen Eisenmineral in Flachmeeresablagerungen, zu 15 – 20 % aus Quarz sowie zu ca. 5 % aus Feldspäten. In kleineren Mengen enthält der Blauton auch noch organisch gebundenen Kohlenstoff (0,4 – 0,5 %) sowie zahlreiche andere Minerale wie Pyrit, Phosphorit, Siderit, Calcit und Dolomit.

Insgesamt ist der Friedländer Blauton gut bis hoch plastisch, relativ trocknungsempfindlich, schwach bis mittelmäßig thixotrop und wegen der hohen Gehalte an einem Montmorillonit-Illit-Mischmineral quellfähig. Im Gegensatz zu einem echten Bentonit besitzt er eine geringere innerkristalline Quellfähigkeit, eine geringere Kationenaustauschkapazität und eine geringere spezifische Oberfläche. Insgesamt verfügt er damit über Eigenschaften wie ein Ton mit einem Gehalt von ca. 25 % Montmorillonit.



Abbaustellen von bentonitischen Tonen in Deutschland, Karte: BGR.

Der bentonitische Ton von Friedland wurde schon vor über 200 Jahren zur Ziegelproduktion genutzt. Zu DDR-Zeiten diente er vor allem zur Produktion von Spezialfliesen, als Formsandbinder in der Eisen- und Stahlgießerei und als Zusatz für Bohrspülungen. Zudem fand er Verwendung im Tiefbau. Derzeit dient er vor allem zur mineralischen Basisabdichtung von Deponien, zur mineralischen Dichtung und Uferbefestigung im Wasserbau, zur Sicherung von Altlasten und zum Dichtwandbau im Tiefbau. Weitere Anwendungsmöglichkeiten

liegen im Brunnenbau, in der keramischen Industrie, in der Landwirtschaft und natürlich weiterhin in der Gießereiindustrie sowie als ökologischer Lehmbaustoff.

Der Friedländer Ton ist aus oberflächennahen Vorkommen südlich Friedland bei Lübbersdorf (Friedland Burgfeld), nordwestlich Friedland bei Rehberg, südwestlich Greifswald bei Hinrichshagen und bei Salow, westlich von Friedland, bekannt. Das größte Vorkommen ist das von Salow, das durch die FIM Friedland Industrial Minerals GmbH (Homepage: www.friemin.de) mit Sitz in Berlin abgebaut wird. Durch die Eisstauchung und eingelagerte Kiessande ist der Abbau erschwert und eine sorgfältige Wasserhaltung wichtig. Die Vorräte in dem rund 300 ha großen Bergwerksfeld Friedland sind sehr groß, aber aufgrund der komplizierten Lagerungs- und Abbauverhältnisse nur ein Teil davon wirklich nutzbar. Die Aufbereitung des Blautons zu Tonmehl, Fein- oder Grobgranulat erfolgt in benachbarten Werken, zum einen durch die FIM Friedland Industrial Minerals GmbH selbst und zum anderen durch die MRG Mineralische Rohstoffmanagement GmbH (Homepage: www.mrg-blautonwerk.de). Letztere ist in Friedland ansässig und verarbeitet auch Ton aus einem eigenen kleineren Tontagebau in Friedland Burgfeld.



Panoramaaufnahme des Tontagebaus Friedland in Mecklenburg-Vorpommern, Foto: MRG Mineralische Rohstoffmanagement GmbH (mit frdl. Genehmigung).

4.3 Kaolinitische Tone

Das größte und älteste Tonbergbauegebiet Deutschlands liegt im Westerwald. Unter den Tonen lagern überwiegend rund 400 Mio. Jahre alte Tonschiefer, Quarzite und Sandsteine des Rheinischen Schiefergebirges. Die Bildung der Tone erfolgte durch intensive Verwitterung der älteren Gesteine in einem subtropischen Klima, vorwiegend im Zeitraum vor 35 – 25 Mio. Jahren. Nur ein Teil der Tone lagert aber noch da, wo sie vor Jahrmillionen gebildet wurden. Überwiegend wurden sie abgetragen, verschwemmt und in damaligen Senken und Mulden, häufig in Seen, in teils großer Mächtigkeit wieder abgelagert. Bald danach wurde die Landschaft durch eine rege Vulkantätigkeit überprägt, durch die die älteren Gesteine und Tone vielfach von Vulkanschlotten durchschlagen oder von vulkanischen Ablagerungen deckenförmig überlagert wurden. Hierdurch wurden die Tonschichten zusätzlich lokal deformiert und mineralogisch verändert, aber auch weitflächig vor einer späteren Abtragung geschützt. Über den Tonen finden sich heute Sande, oft Lehme, aber auch Basaltgerölle oder Basaltdecken als Abraum. Der Mineralbestand der durchweg sehr feinkörnigen und hell brennenden kaolinitischen Tone wird bestimmt durch sehr unterschiedliche Mengen von feinst verteiltem Quarz, Glimmer, Illit, Kaolinit und anderen Tonmineralen. Oft sind die tiefsten Tonablagerungen weißbrennend, während sich nach oben gelb- und rotbrennende Tone anschließen. Unterschiedliche Gehalte an Eisen und Titan, aber auch anderen Metallen, wie Mangan, bestimmen dabei im Einzelnen die Brennfarbe.

Als vor rund 25 Mio. Jahren in Teilen des Westerwalds immer wieder neue Vulkane ausbrachen, wurden v. a. große Mengen an Basalt gefördert. Aber auch feinkörnige Tuffe und Aschen wurden ausgestoßen. Diese verwitterten in damaligen Seen bzw. unter dem Grundwasserspiegel zu Smektiten, die heute in einigen Tongruben des Westerwalds in Form meist nur relativ dünner, teils



Abbaustellen von kaolinitischen Spezialtonen in Deutschland, Karte: BGR.

aber auch mächtiger Bentonitlagen vorliegen (vgl. Kap. 4.1).

Der Großteil der Westerwälder Tone ist jedoch kaolinitischer Art. Sie dienen seit dem 13. Jahrhundert als keramische und teils auch feuerfeste Rohstoffe. Derzeit gibt es im Westerwald noch 64 Tongruben, die von 13 Unternehmen betrieben werden. Weniger als 6 % der im Westerwald gewonnenen kaolinitischen Tone wird außerhalb der feinkeramischen Industrie genutzt. Aus folgenden Tongruben

kommen Spezialtone für Sonderzwecke auf den Markt:

Unweit östlich der hessischen Gemeinde **Mengerskirchen** werden die Tongruben „Wimpsfeld I, II und III“ von der im Jahr 1947 gegründeten und in 3. Generation familiengeführten Stephan Schmidt KG (Homepage: www.schmidt-tone.de) betrieben. Bereits 1954 wurde die inzwischen größtenteils rekultivierte Grube „Wimpsfeld I“, 1971 die Grube „Wimpsfeld II“ und im Jahr 2010 die neueste Grube „Wimpsfeld III“ aufgeschlossen. Das in den drei Gruben in Abbau stehende Tonvorkommen besitzt ein Alter von ca. 25 Mio. Jahren und liegt in Nordwest-Südost-Erstreckung zwischen zwei Basaltkegeln. Durch Schieferrücken ist es in einzelne Lagerstättenfelder mit jeweils rund 800 m Breite und 950 m Länge unterteilt. Die Verarbeitung der Tone erfolgt seit 1983 im 4,5 km südlich gelegenen Mischwerk „Maienburg“. Die Tonschichten lagern horizontal unter Abraum von 3 – 4 m Mächtigkeit, der zu den Basaltkuppen stetig auf bis über 40 m ansteigt. Direkt unter dem Abraum folgt erst ein 3 – 6 m mächtiger hellrosa- bis graubeige brennender Ton (47 % Kaolinit), dem sich maximal 15 m mächtige, je nach Brenntemperatur weiß bis grau brennende, kaolinitische Tone anschließen. Darunter lagert noch eine Abfolge von Magertonen und nicht nutzbaren hochfeuerfesten Tonen über einem Braunkohleflöz. Die unteren hellbrennenden Tone enthalten ca. 30 % Kaolinit, 13 % Illit, 4 % Montmorillonit, 50 % Quarz, 2 % Alkalifeldspäte und 1 % Eisen- und Titanminerale. Die Wimps-



felder Tone finden vor allem in der keramischen Industrie Verwendung, werden seit einigen Jahren aber auch in der Produktion von Gipskarton- und Mineralfaserplatten genutzt. Zum Teil existieren auch aus der Verwitterung von Tuffen entstandene bentonitische Lagen, die dann gesondert gewonnen und verarbeitet werden.



Der Tontagebau „Meudt“ ist einer der größten im Westerwald und liefert neben keramischen Tonen auch Tone für Ringraumabdichtungen im Brunnenbau, Foto: BGR.



Mit Lkw werden die selektiv mit Hydraulikbaggern geförderten Tone aus dem Tontagebau „Niedersachsen-Nord“ in das benachbarte Aufbereitungswerk gebracht, Foto: BGR.



Im Tontagebau „Wimpfeld III“ bei Mengerskirchen lagern unter mächtigen Basaltablagerungen (rötlich - bräunlich) Bentonite, vor allem aber unterschiedliche Schichten von hochwertigen, hellbrennenden kaolinitischen Tonen, Foto: BGR.

Im Jahr 1999 übernahm die Stephan Schmidt-Gruppe (s. o.) auch die Marx Bergbau GmbH & Co. KG, die zuvor schon seit vielen Jahrzehnten den Tontagebau „Meudt“, rund 1 km südöstlich der gleichnamigen Ortsgemeinde in Rheinland-Pfalz, betrieben hatte. Der Tontagebau „Meudt“ erstreckt sich über rund 100 ha Fläche, ist mittlerweile 62 m tief und soll letztendlich auf 75 m Tiefe erweitert werden. Er ist einer der förderungsstärksten Tontagebaue im Westerwald. Aufgeschlossen sind von unten nach oben weiße bis rosafarbene, hellbrennende, unterschiedlich fette, feinkeramische Tone, die von bis zu 30 m mächtigen weißen, jedoch rotmarmorierten keramischen Tonen überlagert werden. Hierüber folgen rote und braune Tone von 6 – 8 m Mächtigkeit, die rot brennen und in der Dachziegelindustrie geschätzt sind. Ihren Abschluss findet die Tonabfolge in vielen Meter mächtigen gelben, grauen, bläulichen und weißen, halbfetten Tonen, die in die Fliesenindustrie verkauft werden. Aber auch der Abraum ist bis zu 35 m mächtig und besteht aus Sanden, Lehmen, Tuffgesteinen, Bentoniten und Basaltgeröllen. Zusätzlich durchschlagen zwei bis 10 m mächtige Basaltgänge die Tonlagerstätte. Aus dem Tagebau Meudt kommen neben keramischen Tonen auch große Mengen von Spezialtonen, die zusammen mit Bentoniten aus den gruppeneigenen Tontage-

bauen bei Ruppach-Goldhausen und Salz von der Stephan Schmidt-Gruppe zu Tonpellets für den Brunnenbau verarbeitet werden.

Der Tontagebau „Niedersachsen“ der ehemaligen Marx Bergbau GmbH & Co. KG bzw. heutige Tontagebau „Niedersachsen-Nord“ der Stephan-Schmidt KG (s. o.) liegt direkt östlich der rheinland-pfälzischen Ortsgemeinde **Ruppach-Goldhausen**. Im Tagebau „Niedersachsen-Nord“ ist eine mächtige Abfolge von sehr feinkörnigen, hellbrennenden, feuerfesten und keramischen Tonen mit 32 – 52 % Kaolinit aufgeschlossen, die vor rund 38 – 25 Mio. Jahren in Süßwasserseen zur Ablagerung kamen. Im Idealfall lagern zuunterst magere, nicht nutzbare Tone, die von bis 28 m mächtigen, unterschiedlich fetten, weißen bis rosafarbenen keramischen Tonen überlagert werden. Hierauf folgen 10 – 15 m mächtige, rötliche bis gelbe Ziegel- bzw. Deponietone. Darüber finden sich teils zu Bentoniten umgewandelte Tuffe in bis zu 10 m Schichtstärke, die vor allem zur Sicherung von Deponien und Zuschlag zu Tonpellets (s. Tontagebau Meudt) für den Brunnenbau Verwendung finden. Nach oben schließt ein bis zu 50 m mächtiger Abraum aus Basalt die Schichtenfolge ab.



Im bisherigen Abbaufeld im Tontagebau „Salz“ laufen nur noch Rest- und Rekultivierungsarbeiten, während angrenzend ein völlig neues Abbaufeld aufgeschlossen wird, Foto: BGR.

Der Tontagebau „Salz“ der Stephan Schmidt KG (s. o.) wurde bereits im Jahr 1956 eröffnet. Er liegt östlich der gleichnamigen Ortsgemeinde im Westerwaldkreis von Rheinland-Pfalz, unweit der Landesgrenze zu Hessen und ca. 10 km nordöstlich von Ruppach-Goldhausen. Die Tonabfolge in dem Tagebau ist der von Ruppach-Goldhausen sehr ähnlich, wobei derzeit (Stand: Herbst 2018) ein neues Tagebaufeld aufgeschlossen und für den Abbau vorbereitet wird.

Südöstlich der kleinen rheinland-pfälzischen Ortsgemeinde **Girod** befindet sich in einem Gebiet, in dem sich auf engem Raum Basalt und Ton an der Erdoberfläche abwechseln, der Tontagebau „Sedan“. In diesem Gebiet wurden bereits Mitte des 19. Jahrhunderts plastische Tone für damalige Ziegeleien gewonnen. Im Jahr 1983 übernahm die Stephan Schmidt KG (s. o.) die alten Tongruben, aus der sie die nächsten 20 Jahre Restvorräte gewann und diese zugleich ordnungsgemäß rekultivierte. Erst danach wurde der jetzige Tontagebau eröffnet. Heute ist dort eine ganz besondere und für den Westerwald einmalige Schichtenfolge aufgeschlossen. Diese resultiert aus dem Vorhandensein einer ehemaligen, höchstens 1 km² großen und isolierten Senke, in der ganz besondere Tone zur Ablagerung kamen. Von oben nach unten finden sich unter geringmächtigem

Im Tontagebau „Sedan“ ist eine umfangreiche Abfolge von bunten kaolinitischen Tonen und Braunkohlenflözen aufgeschlossen. Der sehr hochwertige dunkelgraue Bleistiftton (Bildmitte) wurde in einem kleinen See abgelagert und ist einmalig im Westerwald, so dass es sich lohnt, ihn besonders sorgfältig freizulegen und abzubauen, Foto: BGR.

Abraum aus einzelnen Basaltblöcken und Tuffen erst magere, helle, gelblich-graue, zum Teil auch etwas eisenreichere Tone. Diese finden, wie seit alters her, auch heute noch in der Grobkeramik Verwendung. Das gleiche gilt für die darunter folgenden, ein Meter mächtigen rotbraunen Tone, die 5 – 6 m mächtigen rötlich marmorierten und die 1 – 4 m mächtigen ockergelben bis weißen Tone. Diese Teilabfolge wäre noch nichts Besonderes, doch darunter folgen 2 – 3 m mächtige, dunkelgraue, sehr feinkörnige, hoch kaolinitische Tone, die sonst nirgendwo aus dem Westerwald bekannt sind. Diese Tone sind zwar auch in der feinkeramischen Industrie sehr geschätzt, werden aber wegen ihrer Einmaligkeit und begrenzten Vorräte



bevorzugt zur Herstellung von Mineralfaserplatten und Bleistiftminen genutzt. Hierunter wiederum folgen als weitere typische Seenablagerungen drei Braunkohlenflöze, denen ein Alter von rund 40 Mio. Jahren zugeordnet werden kann. Diese wiederum lagern über 5 – 6 m mächtigen grauen Tonen, die wiederum in der Fliesenindustrie Verwendung finden.

Hauptabnehmer der kaolinitischen Tone aus den Tongruben der Stephan Schmidt-Gruppe „Wimpfeld II und III“, „Meudt“, „Salz“, „Sedan“ und „Niedersachsen-Nord“ ist die fein- und grobkeramische Industrie. Ausgesuchte Tonqualitäten kommen allerdings auch als Abdichtmittel für Brunnenboh-

rungen, als Zusatzmittel im Spezialtiefbau und in der Umwelttechnik, als Füllstoffe in der bauchemischen Industrie sowie für Kautschuk und Gipskartonplatten, als Bleistifttone (Tontagebau Sedan), zur Herstellung von Baulehmen oder als verbessernde Komponenten für Erden und Substrate im Garten- und Landschaftsbau (Tontagebau Eisenbach, s. u.) in den Handel.

Nördlich **Eisenbach**, einem Ortsteil der Gemeinde Selters im mittelhessischen Taunus, betreibt die Stephan Schmidt KG (s. o.) einen weiteren Tontagebau, der bereits im Jahr 1960 eröffnet wurde. Ursprünglich produzierte der Erstbesitzer ausschließlich für eine Ziegelei in Frankfurt, ehe 1980





In der rund 30 m tiefen Tongrube „Eisenbach“ werden Tone für die grobkeramische Industrie, für die Produktion von Mineralfaserplatten sowie für Erden- und Substratwerke produziert, Foto: BGR.

die Stephan Schmidt-Gruppe die Grube übernahm und die Produktpalette erweiterte. 2006 entschloss sich die Firma zudem zum Bau eines großen Aufbereitungswerks auf dem nahen Gelände "Töpferkaut". Die Eisenbacher Tone entstanden durch Verwitterung von rund 400 Mio. Jahre alten Tonschiefern und wurden dann, im Gegensatz zu den Westerwälder Tonen, nicht mehr verschwemmt. Es handelt sich damit um eine der seltenen Primärtonlagerstätten der Region. Heute werden in der Grube drei, auch farblich völlig unterschiedliche Tonsorten abgebaut. Ein oberer, rötlich-gelber Ton wird an die grobkeramische Industrie, d. h. an Ziegeleien, verkauft. Einsatzschwerpunkt eines tiefer liegenden, grünlich-grauen Tons ist der professionelle Gartenbau – er wird an über 100 Erden- und Substratwerke in ganz Europa geliefert. Der tiefste blaugraue Ton eignet sich dagegen sehr gut als Farbträger auf Mineralfaserplatten und findet daher in der Baustoffindustrie dankbare Abnehmer.

Die Tongrube „Hermann“ der Sibelco Deutschland GmbH (Homepage: www.sibelco.com/deutschland) befindet sich im hessischen Teil des Westerwaldes nördlich des Ortsteils **Beilstein** der Gemeinde Greifenstein. In dieser Grube steht der nutzbare Ton unter einer Deckschicht aus Tuff und Basalt mit Mächtigkeiten bis zu 20 m an. Die

Tuffe sind lokal zu grünlich-gelblichem Bentonit mit durchschnittlich 70 % Smektit verwittert, der bei Bedarf selektiv als eigene Tonsorte mit abgebaut werden kann. Darunter liegen ca. 5 – 8 m mächtige, mehrheitlich helle, cremeweiße Tone, denen sich ein ca. 3 – 5 m mächtiges Blautonlager anschließt. Der Blauton der Grube „Hermann“ ist durch außerordentlich hohe Al_2O_3 -Gehalte bis zu 39 % charakterisiert und sehr gut zur Herstellung feuerfester Produkte geeignet. Neben dem Einsatz in der Feuerfestindustrie werden verschiedene Tonsorten der Grube Hermann auch für die Herstellung säurefester Fliesen genutzt. Zur Tiefe hin gehen die Tone in verfärbte Sorten bzw. verwitterte Tonschiefer über, die die nicht-nutzbare Basisschicht der Lagerstätte bilden.

Ebenfalls im hessischen Teil des Westerwalds, westlich des Ortsteils Allendorf der Gemeinde Greifenstein, liegt der Tontagebau „Oberste Weide/Molkenwiese“ der Sibelco Deutschland GmbH (s. o.). Die Grube „Oberste Weide“ wurde im Laufe der letzten Jahre weitestgehend ausgetont, so dass sich die Tongewinnung heute auf das sich nördlich anschließende Abbaufeld „Molkenwiese“ konzentriert. Der Ton im Bereich Molkenwiese ist mit mächtigen Schichten aus Bentonit mit einem Gehalt von durchschnittlich 80 % Smektit überdeckt, der aus der Verwitterung der basaltischen

Tuffe der Region hervorging. Das darunter liegende Tonlager beinhaltet einen ca. 6 – 8 m mächtigen Blauton mit Al_2O_3 -Gehalten von bis zu 40 %. Das Festgestein unterhalb der Tonlagerstätte besteht aus rund 400 Mio. Jahre alten Gesteinen, u. a. tonig zersetzten Tonschiefern, Grauwacke und Quarzit. Der Blauton der Grube „Molkenwiese“ findet u. a. Verwendung in der Feuerfestindustrie sowie bei der Herstellung säurefester Fliesen. Der Bentonit wird teilweise baukeramischen Spezialmassen zugesetzt.

In einem Waldgebiet zwischen den mittelhessischen Orten **Haiger-Langenaubach** und Breitscheid betreibt die Iphigenie Tonbergbau GmbH ihre gleichnamige Tongrube. 1920 als „Gewerkschaft Iphigenie“ gegründet, wurde daraus später die Iphigenie Tonbergbau GmbH, die wiederum im Jahr 2003 von der Tonhandelsgesellschaft Maroton GmbH (Homepage: www.maroton.de) mit Sitz in Staufenberg übernommen wurde. Rund 90 % ihrer Gesamtjahresproduktion von rund 75.000 t rot und gelb brennenden Töne werden in der grobkeramischen Industrie, mehrheitlich für Klinker-Verbundungen und Engoben (dünnflüssige Tonmineralmassen zum Einfärben oder Beschichten) genutzt. Zusätzlich betreibt das Unternehmen seit 2007 am Standort Mahlrain ein eigenes Trockenmischwerk, das unter anderem hoch spezifische Feuerfest-Reparaturmassen und Stichlochmassen für Hoch-, Brenn- und Elektroschmelzöfen, z. B. in der Stahlindustrie, herstellt. Zur Herstellung dieser feuerfesten Massen werden neben Tönen aus der Tongrube Iphigenie auch geeignete Töne aus der weiteren unternehmenseigenen Tongrube „Herenstruth“ bei Breitscheid-Gusternhain verwendet.

Auf dem Gebiet der Stadt **Eisenberg** in der Pfalz, die ansonsten speziell für ihre Klebsandvorkommen bekannt ist (s. Kap. 4.5), lagert unter dem Klebsand weitflächig eine Tonabfolge, die seit ca. 1850 auch industriell genutzt wird. Im sog. Eisenberger Becken, das sich rund um Eisenberg bis zur Ortsgemeinde Hettenleidelheim im Süden auf rund 5,5 km² Fläche erstreckt, kam es vor über 40 Mio. Jahren zu einer lokalen Absenkung der Erdkruste, in der dann nach und nach über 120 m mächtige Sedimente abgelagert wurden. Neben älteren Kiesen und Sanden sowie verschiedenen keramischen Tönen für die Fliesen- und Dachziegel- bzw. Klinkerherstellung sind darin auch Töne enthalten, die sich durch eine außerordentlich hohe Feuerfestigkeit auszeichnen. Sowohl kera-



Blick in die Tongrube „Hermann“, in der vor allem hochqualitative Töne für die keramische und die Feuerfestindustrie gewonnen werden, Foto: Sibelco Deutschland GmbH (mit frdl. Genehmigung).



Unter teils mächtigem Basalt lagern in der Tongrube „Molkenwiese“ sowohl Bentonite als auch kaolinische Töne, Foto: Sibelco Deutschland GmbH (mit frdl. Genehmigung).



Die Tongrube „Iphigenie“ der Maroton GmbH liefert neben hochwertigen keramischen Tönen auch in der Feuerfestindustrie sehr geschätzte Spezialtöne, Foto: BGR.

mische als auch feuerfeste Tone werden heute noch von der Firma Sibelco Deutschland GmbH (s. o.) im Tagebau gewonnen. Den Schwerpunkt der Abbauaktivitäten bildet dabei derzeit der Tagebau „Doris“ zwischen den Ortschaften Eisenberg und Hettenleidelheim. Ein weiterer Tagebau der Sibelco Deutschland GmbH namens „Talstraße“ am Ortsrand von Eisenberg ist bereits zu großen Teilen rückverfüllt bzw. rekultiviert. Der untertägige Abbau in der Grube „Abendtal“ wurde kürzlich eingestellt. Über einer tonigen Braunkohleschicht folgen im Umfeld der Grube „Doris“ ca. 6 – 10 m mächtige Tone von hell- bis dunkelgrauer Farbe, von denen der tiefste Meter als Bindeton in der Feuerfestindustrie genutzt wird. Die weißgrauen Feuerfesttone enthalten 34 – 37 % Al_2O_3 und setzen sich aus ca. 45 – 55 % Kaolinit, 25 % Quarz, 10 – 20 % Illit/Smektit sowie 5 – 10 % Feldspat zusammen. Es folgt eine 7 – 13 m mächtige



In der Tongrube „Doris“ bei Eisenberg stellt nur der tiefste weißgraue Ton (im Foto unterhalb des alten Stollens) einen von der Feuerfestindustrie genutzten Spezialton dar, Foto: BGR.

Schichtfolge mit gelblich-grünen Tonen, die u. a. auch einen speziellen rotbrennenden Ton zur Herstellung von Engobmassen beinhaltet. Darüber lagern bis zu 5 m mächtige hellgraue bis gelbliche Magertone, die nach oben hin in bis zu 20 m mächtige Klebsandschichten übergehen. Die Klebsande, deren Mächtigkeit nach Westen hin noch zunimmt, sind von wenigen Metern Löss bedeckt.

In der Vordereifel, genauer bei **Witterschlick**, südwestlich von Bonn, betreiben sowohl die Sibelco Deutschland GmbH (s. o.) wie auch die ortsansässige Firma Braun Tonbergbau GmbH (Homepage: www.braun-tonbergbau.de) Tongruben. Aus diesen beiden Gruben „Schenkenbusch“ (Fa. Sibelco) und „Emma“ (Fa. Braun) werden seit mehreren Jahrzehnten extrem feinkörnige, deshalb hochplastische, kaolinitreiche und bläuliche Tone gewonnen, die hell (hellcreme bis hellgrau) brennen. Diese „Blautone“ enthalten 62 – 68 % Kaolinit, 20 – 21 % Illit und Serizit, 4 – 8 % Montmorillonit, 4 – 11 % Quarz sowie 1 – 2 % Eisen- und Titanminerale. Gelegentlich finden sich Einschlüsse von Braunkohle, Eisensulfiden oder eingeschwemmten Gesteinsbruchstücken. Über den wenige Meter mächtigen Blautonen folgen mächtige helle, teilweise auch rotbunte, halbfette und magere Tone, die wiederum von grüngelblichen Tonen mit einem erhöhten Smektitanteil (bis 25 %) überdeckt werden. Das rund 25 Mio. Jahre alte Tonlager bei Witterschlick ist insgesamt 15 – 45 m mächtig. Der Witterschlicker Blauton ist überregional bekannt und wegen seiner selten zu findenden Eigenschaften ein seit Jahrzehnten sehr geschätzter und begehrter Rohstoff. Er findet vorwiegend Verwendung in der Produktion säurebeständiger, großformatiger Industriefliesen, in der Feinkeramik und technischen Keramik, als Bildhauer- und Künstlerton und eignet sich zudem hervorragend als Bindeton für die Herstellung von feuerfesten Steinen und ungeformten Erzeugnissen (Feuerfestbetone, plastische Massen, Spritzmassen). Weiterhin ist der Ton zur Herstellung von Schwärzen und Schlichten für die Gießereiindustrie und zur Einbettung von Erdwärmesonden geeignet. Die Braun Tonbergbau GmbH hat sich mit ihrem Spezialton zusätzlich führend im Bleistifttonmarkt etabliert. Die über den Blautonen anzutreffenden hellen Tone sind besonders geeignet für die Herstellung von hochwertigen Fliesen und weißbrennenden Fassadenklinkern, die roten Tone dienen der Ziegelproduktion.

Blick in die Tongrube „Schenkenbusch“ der Sibelco Deutschland GmbH bei Witterschlick, in der über Blautonen (Basis) mächtige fein- und grobkeramische Tone abgebaut werden, Foto: BGR.



Eine ganz besondere Spezialtonlagerstätte steht im rheinland-pfälzischen **Mülheim-Kärlich**, nordwestlich Koblenz, in Abbau. Hier lagern zuunterst mehr als 60 m mächtige, grünlich-bräunliche Tone, die sich vor rund 30 Mio. Jahren bildeten. Vollständig genutzt werden davon bisher nur die oberen ca. 6 Meter, vor allem die oberste Schicht, der etwa 1 m mächtige „Grünton“. Dabei handelt es sich um einen ehemaligen Tuff, der später zu einem Calcium-Bentonit mit rund 60 % Smektiten, 25 % Illit und 5 % Kaolinit umgewandelt wurde. Der „Kärlicher Grünton“ wird von einem rund 6 m mächtigen, dunkelblauen Seeton („Kärlicher Blauton“, Alter: 25,8 – 25,5 Mio. Jahre) überdeckt. Er setzt sich aus rund 60 – 80 % Kaolinit, 7 – 10 % Illit, 15 – 25 % Calcium-Montmorillonit, 2 – 8 % Quarz und 3 – 4 % Anatas (Titandioxid) zusammen. Hierüber wiederum lagert ein bis zu 2,6 m mächtiger Tuff, der aus einem vor 25,4 Mio. Jahren in unmittelbarer Nähe ausgebrochenen Vulkan stammt, gefolgt von einem 4 m mächtigen, sehr fossilienreichen, braunen, grauen oder grünlichen lehmigen Ton („Knubb“). Oberhalb dieser

Ablagerungen finden sich gelbliche und rötliche Kiesschichten, die wahrscheinlich von den heutigen Flüssen Rhein und Mosel stammen. Diese Abfolge von Tonen, Tuffen und Kiesen wird noch überlagert von rund 40 m mächtigen eiszeitlichen Ablagerungen, v. a. von linsenförmig auftretender vulkanischer Asche (Brockentuff) und Löss.

Aufgeschlossen ist diese im Einzelnen noch kompliziertere Wechselfolge in der 120 ha großen, 1896 eröffneten Carl-Heinrich-Grube der 1867 gegründeten und weiterhin familiengeführten KTS Kärlicher Ton- und Schamottewerke Mannheim & Co. KG (Homepage: www.kts-kg.de). Das Unternehmen gewinnt alle Schichten getrennt und bereitet sie in seinem Werk Urmitz, nahe des Rheins, zu vielen verschiedenen Qualitäten an Mahltonen, Massen, Mischungen, Granulaten, Schamotten und Fertigprodukten auf. Teilweise werden auch zugekaufte Rohstoffe in Mischungen mit den eigenen oder separat verarbeitet oder in Lohnfertigung aufbereitet. Hauptabnehmer des besonders wichtigen Blautons sind die Feuerfestindustrie



In der Carl Heinrich-Grube der KTS Kärlicher Ton- und Schamottewerke Mannheim & Co. KG bei Mülheim-Kärlich wird eine über 50 m mächtige Abfolge von Löss, Tuffen und Spezialtonen abgebaut. Auf dem Foto gewinnt der obere Hydraulikbagger „Kärlicher Blauton“, der mittlere Bagger dagegen „Kärlicher Grünton“. Mehr als 60 m Ton folgen darunter und sind bisher noch nicht aufgeschlossen, Foto: BGR.



Bei Großheirath südlich Coburg werden rund 200 Mio. Jahre alte Tone abgebaut und im benachbarten Werk unter anderem zu Stückschamotte für die keramische und Feuerfestindustrie weiterverarbeitet, Foto: Adolf Gottfried Tonwerke GmbH (mit frdl. Genehmigung).

(SK 33/34 = hochfeuerfest bis 1.732 °C/1.754 °C) in Form von selbst hergestellter Stückschamotte und verschiedenen Spezialtonmischungen sowie die keramische Industrie und die Gießereihilfsstoffindustrie (Bindeton). Zunehmend werden Kärlicher Rohstoffe auch als Abdichtmaterial für Deponien, für die Herstellung ökologischer Baustoffe sowie in vielen Spezialsparten wie der Bleistiftherstellung oder Getränkeindustrie verwendet. Der Grünton kommt in der Weinschönung sowie in der Produktion von Abdichtungspelletts für den Brunnenbau zum Einsatz. Zudem wird der Löss zur Produktion von Heilerde genutzt.

Bei **Großheirath** südlich Coburg in Oberfranken betreibt die in 3. Generation familiengeführte Adolf Gottfried Tonwerke GmbH aus Großheirath (Homepage: www.gottfried.de) seit 1950 eine Tongrube. Die Tone bei Großheirath lagerten sich in einem Zeitraum vor 205 – 200 Mio. Jahren erst in einer ausgedehnten Seenlandschaft, dann, nach Meeresspiegelanstieg, in einem küstennahen Schelfmeer ab. Als Abraum müssen in der Grube zuerst mehrere Meter mächtige Lehm- bzw. Sandsteinschichten entfernt werden, die aber vollständig zur Rückverfüllung bereits ausgetonter Tage-

baubereiche dienen. Direkt darunter findet sich ein rotbrennender Ton (Tonsorte GTR), der zum größten Teil zur Produktion von Dachziegeln, Hintermauersteinen und Klinkern genutzt wird. Es folgt der bis 16 m mächtige fette, dunkelgraue Hauptton, der aber hell brennt. Je nach Brennfarbe werden verschiedene Tonsorten (GF – cremeweiß, GFR – creme, GFU – gelb) unterschieden und diese roh, grubenfeucht gemahlen sowie mahlgetrocknet angeboten. Die Tone aus Großheirath eignen sich auch hervorragend zur Herstellung von Feuerfestschamotte für die keramische und die Hüttenindustrie, so dass vor Ort Stückschamotte in Drehrohröfen produziert wird. Zudem kommen die Tone wegen ihrer guten Trocknungseigenschaften und guten Trockenbiegefestigkeit für die verschiedensten keramischen Erzeugnisse zum Einsatz. In den letzten Jahren hat sich die Adolf Gottfried Tonwerke GmbH auch zunehmend als einer der führenden deutschen Produzenten von Spezialtonen etabliert. So werden die Tone aus Großheirath in großen Mengen in der Gipsplattenindustrie, zur Herstellung von Glaswolle und keramischen Schleifscheiben, in der Lehmbauindustrie sowie in der bauchemischen Industrie verwendet.

Rund 30 km östlich von Kassel, auf dem Gebiet der Kleinstadt **Großalmerode**, befindet sich das letzte Untertagegebirgsbergwerk in Deutschland. Die „Großalmeroder Tone“ wurden vor 38 – 34 Mio. Jahren in Süßwasserseen abgelagert. Sie lassen sich im Idealfall von oben nach unten unterteilen in den sog. „Ober-“ oder „Töpferton“ mit 6 – 8 m Mächtigkeit, darunter, unter einem Braunkohleflöz, den grauen bis hellbläulichen „Glashafenton“ mit 10 – 16 m Mächtigkeit, den „Halbfettton“ mit 6 – 11 m Mächtigkeit sowie den gelblichen bis bläulichweißen „Fett-“ oder „Tiegelton“ mit 3 – 5 m Mächtigkeit. Durch Verwerfungen ergibt sich eine Gesamtmächtigkeit der Tone von meist rund 25 m. Die Glashafentone bestehen im Mittel zu 41 % aus Kaolinit, zu 9 % aus Illit und zu 50 % aus sehr feinkörnigem Quarzsand. Die Fetttone besitzen dagegen Gehalte von durchschnittlich 79 % Kaolinit, 9 % Illit und 12 % Quarz. Beide Tonsorten sind feuerfest und brennen weiß-beige-gelb bis weiß-beige-grau. Die Glashafentone zeichnen sich zudem durch einen geringen Alkaligehalt, große Plastizität, hohe Trockenbiegefestigkeit, geringe Trockenschwindung, frühen Dichtbrand und ein sehr breites Sinterintervall aus.

Die „Großalmeroder Glashafentone“ werden traditionell als Feuerfestmaterial für die Herstellung von Glasschmelzhäfen und für die Auskleidung von Glasschmelzöfen und -wannen, eingesetzt. Auch andere Produkte für die Glasindustrie werden aus den Glashafentonen hergestellt. Fetttone aus Großalmerode werden dagegen zur Herstellung von feuerfester Industriekeramik, z. B. Metall-Schmelztiegeln oder Schamottesteinen, verwendet. Moderne Einsatzbereiche kamen in

den 1960er Jahren mit der Müllverbrennungstechnik hinzu. Der sog. „Ober-“ oder „Töpferton“ wurde für Töpfereiprodukte und Dachziegel verwendet.

Die Großalmeroder Tone, insbesondere die Glashafentone, wurden insbesondere im 20. Jahrhundert weltweit vermarktet. Die Glashafentone sind in ihrer Qualität nahezu einmalig und deckten über lange Zeit den Weltbedarf an diesem Rohstoff. Entsprechend entstanden in Großalmerode auch weiterverarbeitende Betriebe der Glas- und Schmelztiegelindustrie, die gegen Ende des 20. Jahrhunderts die Hauptabnehmer der Großalmeroder Tone waren. Heute wird „Großalmeroder Ton“ nur noch von der Firma Fastner & Co. GmbH (Homepage: www.fahaf.de) durch fünf Kumpel in bergmännisch ausgebauten Stollen mittels Ton-Bohrmaschinen und Fräsen gelöst. An der Erdoberfläche angekommen, wird der Rohnton in Großalmerode aufbereitet, bevor er in Silozügen sowie als gebranntes Material im LKW zur Fastner-Glasschmelzhafenfabrik Elisenfels in Oberfranken transportiert und dort im Preßverfahren sowie in Handfertigung zu den o. g. traditionellen Endprodukten weiterverarbeitet wird.



Nur in Großalmerode werden hochwertige Spezialtone auch heute noch in Deutschland untertage abgebaut, Foto: Fastner & Co. GmbH (mit frdl. Genehmigung).

4.4 Formsand



Abbaustellen von Formsand in Deutschland, Karte: BGR

Die VS GmbH & Co. KG (Homepage: www.vsguss.de) mit Sitz in Solingen ist ein führender Hersteller dünnwandiger Temper- und Grauguss-Teile. Um jederzeit auf geeigneten Formsand zurückgreifen zu können, nutzt das Unternehmen seit 1985 eine eigene Formsandgrube bei **Grefrath-Schliebeck**, unweit der niederländischen Grenze bei Venlo. In diesem Raum ist der bis zu 91 m hohe Höhenzug der „Süchtelner Höhen“ über eine Länge von 12 km und einer Breite von 1 – 2 km durch ca. 25 Mio. Jahre alte Meeressande aufgebaut. Ein

gleichaltes, ähnliches Vorkommen befindet sich zwischen Duisburg und Ratingen, steht aber nicht im Abbau. Formsand wird im Süchtelner Höhenzug seit den 1930er Jahren abgebaut, wobei ältere Gruben längst wieder verfüllt bzw. rekultiviert sind. Der Formsand aus Grefrath-Schliebeck besteht zu 12 % aus Ton, zu 16 % aus Schluff und zu 72 % aus schwach mittelsandigem Feinsand. Er wird wetterabhängig nur periodisch abgebaut, vor Ort zwischengelagert und in wöchentlichen Mengen von 75 – 100 t per Lkw direkt in die 80 km entfernte VS-Gießerei in Solingen transportiert. Dort ersetzt er im Formsandkreislauf den im Gießprozess verbrauchten Sand.

Am Südharz, genau an der Landesgrenze zwischen Niedersachsen und Thüringen, im Gebiet von Walkenried und **Ellrich**, lagern Reste des sog. „Walkenrieder Sandes“, der schon in früheren Zeiten ehemaligen Eisengießereien in Wieda, Zorge und Bad Lauterberg als natürlicher Formsand gedient hat. Der Walkenrieder Sand geht auf große Küstendünen zurück, die sich vor ca. 257 Mio. Jahren im Grenzbereich zu einem Meer bildeten, ähnlich den heutigen Verhältnissen im Küstenbereich der Sahara gegen den Atlantik. Es handelt sich um einen sehr mürben, gelblichweißen und darunter rötlichen Sandstein, dessen Formqualität durch seinen Gehalt an rund 12 % Ton, dominiert durch Kaolinit und Illit als

Tonminerale, bestimmt wird. Die Sandabfolge ist bis 100 m mächtig, wovon jedoch nur die obersten Zehnermeter abgebaut werden. Heute wird der Walkenrieder Sand nur noch durch die Firma Uwe Lauer Ellrich Sand e. K. (keine Homepage) in einer Sandgrube am westlichen Stadtrand von Ellrich gewonnen. Beliefert werden vor allem lokale Bauunternehmen und Dachziegelwerke, aber nur noch in kleineren Mengen regionale Gießereien in Königshütte (Harz), Quedlinburg und Aschersleben.

Blick in die Formsandgrube der VS GmbH & Co. KG bei Grefrath-Schlibeck. Im Vordergrund eine mit Folie abgedeckte Rohsandhalde für den Winterbedarf, wenn die Gewinnung in der Grube sehr erschwert ist, Foto: BGR.



Aus der Sandgrube der Uwe Lauer Ellrich Sand e. K. werden zwar weiterhin regional bedeutende Mengen an Bau-sand gewonnen, aber nur noch geringe Mengen an eigentlichem Formsand für Gießereien, Foto: BGR.

Im Ortsteil **Pödelwitz** der Kleinstadt Groitzsch, südlich von Leipzig, am Nordwestrand des Braunkohlentagebaus Vereinigtes Schleenhain, liegt die Formsandgrube Pödelwitz der Sandwerk Pödelwitz GmbH (Homepage: www.formsand.com). In diesem Raum werden seit 1930 hochwertige kaolinitische Quarzsande abgebaut, die sehr gut als Formsande nutzbar sind. Bereits 1968 wurde dem Formsandabbau ein schmaler Bereich nördlich des Braunkohlentagebaus zugewiesen, der aber durch die geplante Erweiterung des Braunkohlentagebaus in wenigen Jahren ebenfalls nicht mehr zur Verfügung stehen wird. Unter meist nur wenigen Metern Abraum aus eiszeitlichen Ablagerungen lagern bei Pödelwitz gelblich-weiße, 8 – 12 m mächtige Fein- bis Mittelsande mit 10 – 20 % Schluff- und Tonanteil. Sie entstanden vor 28 Mio. Jahren im küstennahen Flachwasserbereich eines damaligen Meeres. Gegenwärtig findet ein Abbau der Formsande von Pödelwitz nur noch in geringen Mengen ein- bis zweimal im Jahr statt, da nur noch im Ausland eine hohe Nachfrage nach diesem hochwertigen natürlichen Formsand besteht.

Die beschriebenen drei Abbaustellen sind die letzten verbliebenen Abbaustellen von natürlichem Formsand in Deutschland. Aus ihnen werden jedes Jahr nur noch sehr geringe Mengen dieses Rohstoffs gewonnen. Die deutsche Gießerei-, Stahl- und Hüttenindustrie hat jedoch einen wesentlich höheren Bedarf. Dieser wird nicht durch Importe, sondern durch Nutzung hochwertiger Quarzsande aus den großen deutschen Quarzsandlagerstätten gedeckt (ELSNER 2016). Die dort gewonnenen und aufbereiteten, sehr reinen Quarzsande werden mit Gießereibentoniten zu synthetischen Formstoffen verarbeitet, die dann im Gegensatz zu natürlichen Formsanden keinerlei Qualitätsschwankungen mehr unterliegen.

Heute wird ein Großteil der von den deutschen Gießereien benötigten Formstoffe aus natürlichen Quarzsanden und Gießereibentoniten künstlich hergestellt. Auf dem Luftbild das nördlichste Quarzwerk Deutschlands in der Nähe von Wilhelmshaven, aus dem seit 1962 hochwertiger Quarzsand, auch für die Gießereiindustrie, gewonnen wird, Foto: Quarzwerk Marx AG (mit frdl. Genehmigung).



4.5 Klebsand



Abbaustellen von Klebsand in Deutschland, Karte: BGR.

Der bedeutendste Rohstoff, der aus dem „Eisenberger Becken“ (s. Kap. 4.3) rund um die Kleinstadt Eisenberg in der Pfalz gewonnen wird, ist der Eisenberger Klebsand. Dieser in einem Zeitraum vor 38 – 33 Mio. Jahren zusammengeschwemmte Sand, ist bei Eisenberg auf ca. 3 km² Fläche verbreitet und erreicht Mächtigkeiten von 20 – 50 m, stellenweise sogar 100 m.

1903 gründeten vier im Wettbewerb stehende Kleingrubenbetreiber die Eisenberger Klebsand-

werke, die heutige EKW GmbH (Homepage: www.ekw-refractories.com) mit dem Ziel, vereint eine führende Stellung im Bereich der feuerfesten Werkstoffe zu erlangen. Heute gewinnt die EKW ihren Rohstoff aus einem großen Tagebau, der „Grube Katzenberg“. Um eine gleichmäßige Qualität des Rohstoffs zu gewährleisten, werden die stellenweise auftretenden großen Sandstein- und Quarzitblöcke beim Abbau ausgesondert. Gefördert wird überwiegend im Sommerhalbjahr, da der Rohstoff im Winter oftmals einen zu hohen Durchfeuchtungsgrad aufweist und künstlich getrocknet werden müsste. Die Gewinnung erfolgt mit Radladern, die den Klebsand von der Böschungskrone her schräg zur Sohle hin abschieben. Hierdurch erfolgt eine zusätzliche Vermischung der Sande, die dann erst zu einer Vorsieb- und Brecherstation und von dort über ein Förderband in eine große, 48.000 t Rohsand fassende Rundlagerhalle zur Bevorratung verbracht werden.

Der Eisenberger Klebsand ist ein grauweißer, selten bräunlichgelber oder rosafarbener, toniger Sand und zeichnet sich durch ein sehr breites Kornspektrum mit einem Maximum im Fein- bis Mittelsandbereich aus. Der Tonanteil beträgt im Mittel 16,5 %, wovon etwa 12 – 13 % auf Kaolinit und 3 – 4 % auf Illit und Montmorillonit entfallen. Chemisch enthält der Sand rund 91 – 93 % SiO₂, 5 – 6 % Al₂O₃, 0,4 % Fe₂O₃, 0,3 % TiO₂, 0,2 % CaO + MgO sowie 0,3 – 0,35 % K₂O + Na₂O bei einem Glühverlust von 2,0 – 2,2 %. Sande mit einem zu hohen Eisengehalt (rosafarben) können nicht genutzt werden.

Die große Bedeutung des Eisenberger Klebsandes ist begründet durch das Vorkommen selbst, das mit Mächtigkeiten von bis zu 100 m in seinem Zentrum zu den größten der Welt zählt, sowie durch die kantige Kornform und den Kornaufbau der Sande, ihre ideale Bindefähigkeit und die hohe Temperaturbeständigkeit. Ihre hervorragenden Feuerfestigenschaften zeigen sich durch

ihre Sintertemperatur von ca. 1.500 °C und ihre Schmelztemperatur von ca. 1.730 °C (Seigerkegel 33/34). Die gleichmäßige Durchfeuchtung von ca. 7 % verleiht dem Klebsand eine gewisse Plastizität und gute Verarbeitbarkeit. Der Eisenberger Klebsand wird in erster Linie zur Herstellung von

feuerfesten Massen in der Hütten-, Gießerei-, Stahl- sowie Elektroindustrie verwendet. Der Eisenberger Klebsand hat auch international einen so guten Ruf, dass rund 35 – 40 % der Produktion in verschiedene europäische Länder exportiert werden.



Verladung von Rohsand in der „Grube Katzenberg“ der EKW GmbH. In der hinteren Steilwand brütet ein Uhu und lässt sich dabei von den Verladearbeiten nicht stören, Foto: BGR.



Alle Speiseöle, wie z. B. Rapsöl, müssen mit Bentoniten geklärt werden, Foto und Copyright: Aktionsforum Glasverpackung.

5



Wertschöpfung in der
weiterverarbeitenden Industrie

Hochwertige, in ausreichend hoher Reinheit und in konstanter Qualität und Menge lieferbare Spezialtone und -sande aus heimischen Lagerstätten sind in der deutschen Industrie begehrte und unverzichtbare Rohstoffe. Anhand eines großen Industriezweiges und zweier wichtiger Anwendungsgebiete soll die nachgelagerte Wertschöpfung in Deutschland beispielhaft geschildert werden.

Gießereiindustrie

Die deutsche Gießereiindustrie benötigt Quarzsande zusammen mit verschiedenen Bindemitteln wie Bentonit bzw. auch natürliche Formsande als Grundstoff zur Herstellung von Formen und Kernen. Der Gießereisand findet als Rohstoff Verwendung im Guss von Gusseisen, Stahl, Leicht-

metallen (z. B. Aluminium) und Buntmetallen (z. B. Kupfer) bzw. deren Legierungen (z. B. Bronze oder Messing).

Gegossen werden modernste Komponenten für die Automobilindustrie (57 %), den Maschinenbau (24 %), die Elektrotechnik (4 %), die Bauwirtschaft (4 %), den Schienenverkehr, die Luftfahrtindustrie, den Schiffbau, die Energiewirtschaft aber auch Kunstobjekte. Als Beispiel finden sich Gussteile in jedem Auto in Form von Getriebegehäuse, Wellen, Querlenker, Bremscheiben, Motorblock, Krümmer und Schwenklager. Dazu kommen gegossene Strukturteile für die Karosserie.

Auch Windkraftanlagen bestehen in Teilen (Nabe, Welle, Getriebe) aus Gusseisen. Pro Megawatt (MW) installierter Leistung sind ca. 20 t Gusseisen



Biegeriegel für die Formstoffprüfung, Foto: Darius Soschinski/BDG (mit frdl. Genehmigung).

verbaut. In heute typischen Windkraftanlagen mit z. B. einer Leistung von 3 MW, einer Nabenhöhe von 135 m und einem Rotordurchmesser von 127 m besteht die Nabe, an der die drei riesigen Rotorblätter befestigt sind, aus hoch belastbarem, kaltzähem Gusseisen mit Kugelgraphit und wiegt etwa 13 t. Zu ihrer Herstellung müssen in der Gießerei selbst noch wesentlich größere Gewichte bewegt werden. Für die Form, die aus insgesamt vier Kästen mit Außenabmessungen von 4.500 mm x 4.500 mm x 1.990 mm besteht, werden rund 62 t an Formsanden sowie weitere 30 t an Kernformsanden benötigt. Mit Gusseisen gefüllt bringt die Form dann letztlich 150 t auf die Waage.

Bundesweit gibt es etwa 600 Eisen-, Stahl-, Leichtmetall- und Buntmetallgießereien mit 80.000 Mitarbeitern. Diese setzen im Jahr rund 24 Mio. t Quarzsand (85 – 90 % davon werden ständig innerbetrieblich wieder aufbereitet und im Kreislauf gefahren) zur Herstellung von ca. 5,2 Mio. t Gusskomponenten ein und sind damit europaweit führend. Die deutschen Gießereien erwirtschafteten im Jahr 2017 einen Umsatz von 14,3 Mrd. €. Ihr Exportanteil lag bei 33 %.

Weitergehende und aktuelle Informationen: BDG-Bundesverband der Deutschen Gießerei-Industrie e. V. (Homepage: www.bdguss.de)

Geothermie

Geothermie (Erdwärme) ist die unterhalb der Erdoberfläche gespeicherte Wärmeenergie. Je tiefer man in das Innere der Erde vordringt, desto wärmer wird es. In Mitteleuropa nimmt die Temperatur um etwa 3 °C pro 100 m Tiefe zu. Bei der Nutzung der Geothermie werden zwei Arten unterschieden: oberflächennahe Geothermie und tiefe Geothermie.

Die oberflächennahe Geothermie nutzt Bohrungen bis ca. 400 m Tiefe und Temperaturen bis 25 °C für das Beheizen und Kühlen von Gebäuden, technischen Anlagen oder Infrastruktureinrichtungen. Typische Systeme der oberflächennahen Geothermie sind Erdwärmesonden, Erdwärmekollektoren/ Erdwärmekörbe, Grundwasserwärmepumpen oder auch erdberührte Betonbauteile ("Energiepfähle"). Derzeit sind in Deutschland über 370.000 oberflächennahe Geothermieanlagen in Betrieb und jedes Jahr kommen zahlreiche neue hinzu. So

wurden allein im Jahr 2017 rund 23.000 Anlagen neu installiert.

In Mittel- und Nordeuropa haben sich mit ca. 60 – 70 % Marktanteil Erdwärmesonden als häufigster Anlagentyp durchgesetzt. Zumeist werden hierfür senkrechte Bohrungen in Tiefen zwischen 50 – 160 m niedergebracht, in die man Kunststoffrohre installiert. Diese sind mit einer Wärmeträgerflüssigkeit, normalerweise Wasser mit einem Frostschutzmittel, gefüllt, die die Wärme aus dem Erdreich aufnimmt und an die Oberfläche zur Wärmepumpe transportiert. Besonders wichtig ist eine gute thermische Anbindung der Erdwärmesonden, d. h. der Kunststoffrohre, an den Untergrund. Hierfür haben sich Bentonit-Zement-Suspensionen bewährt. Sie verteilen sich homogen zwischen Bohrlochwand und Kunststoffrohr, umschließen das Kunststoffrohr vollständig über die ganze Länge des Bohrlochs, verfestigen sich ohne Lufteinschlüsse und stehen in vollständigem Kontakt mit der Bohrlochwand.

Zur Niederbringung von tiefen Geothermiebohrungen bis mehrere Kilometer Tiefe steht heute je nach Gesteinsart und Bohrungsdurchmesser eine Vielzahl von Bohrverfahren zur Verfügung. Tiefe Geothermiebohrungen werden meist im sogenannten „Rotary-Bohrverfahren“ durchgeführt, bei der der Einsatz bentonithaltiger Spülungsflüssigkeiten unverzichtbar ist. Flache Geothermiebohrungen werden ebenfalls meist in Spülungsbohrverfahren niedergebracht, wobei entweder eine Spülungsflüssigkeit oder auch Luft als Spülmedium zum Einsatz kommt. Bei unkomplizierteren, flachen Bohrungen werden Bentonite infolge ihres höheren Preises eher selten für Bohrspülungen eingesetzt, es sei denn, dies ist zum Schutz des Grundwassers erforderlich.

Derzeit sind in Deutschland 37 tiefe Geothermiekraftwerke in Betrieb. Drei Geothermiekraftwerke sind in Bau, ca. 30 befinden sich in Planung. Die meisten der sich derzeit in Betrieb befindlichen Geothermiekraftwerke dienen ausschließlich der Wärmeproduktion. Ihre installierte Wärmeleistung beträgt 315,4 Megawatt (MW) bzw. ihre installierte elektrische Leistung 34,83 MW. Im Jahr 2017 stellte die tiefe Geothermie 159,3 Gigawattstunden (GWh) Wärmeenergie und 147,3 GWh elektrische Energie zur Verfügung. Damit trug die tiefe Geothermie im Jahr 2017 ca. 0,085 %

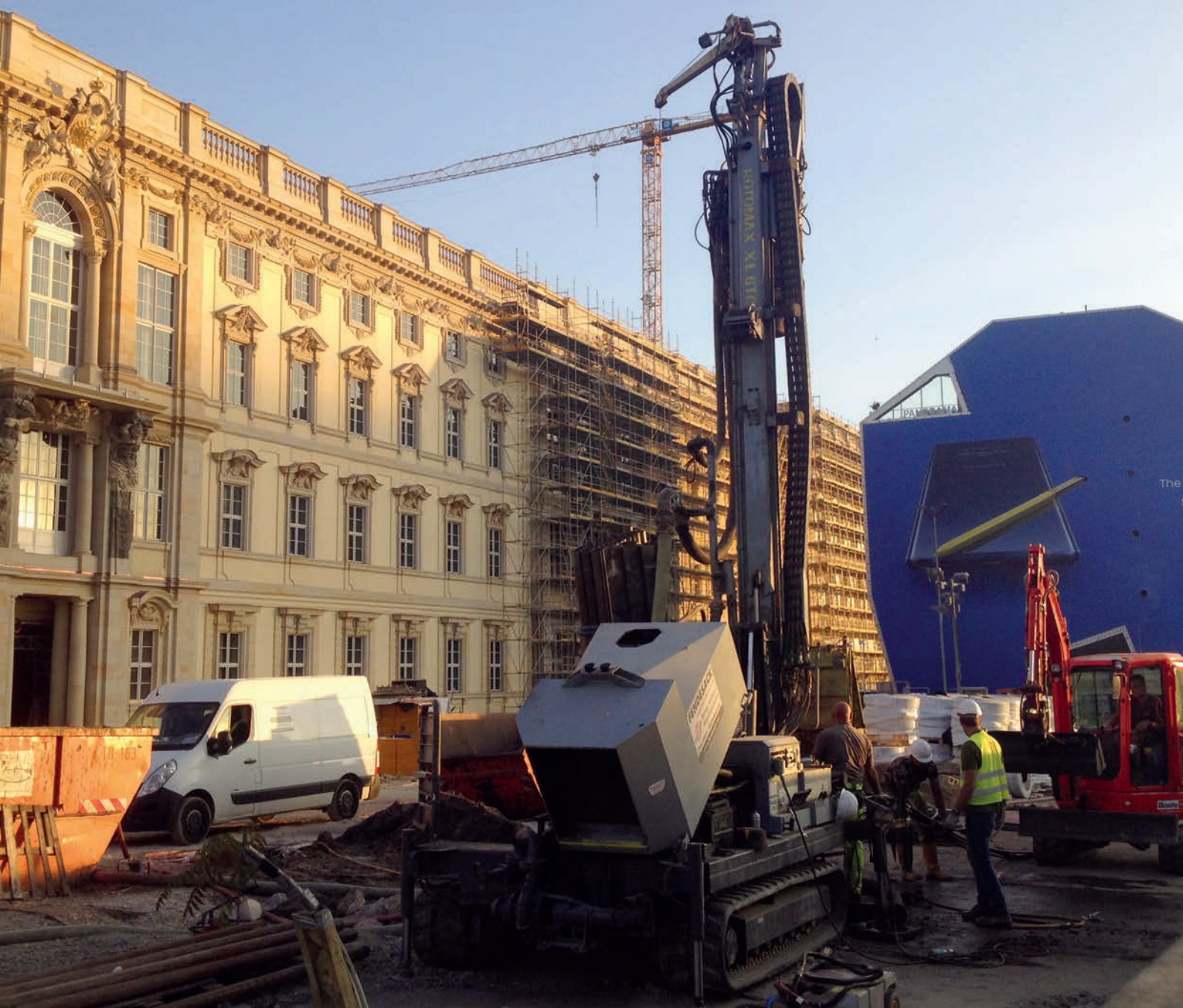
zum Primärenergieverbrauch der Bundesrepublik Deutschland bei.

Demgegenüber stehen derzeit rund 390.000 oberflächennahe Geothermieanlagen mit einer Kapazität von zusammen ca. 4.300 MW. Ihre im Jahr 2017 zur Verfügung gestellte Wärmeenergie kann auf 9.000 GWh geschätzt werden. Dies entspricht dem Wärmebedarf von rund 640.000 Zweipersonen-Haushalten im Wert von 630 Mio. €.

Im Jahr 2017 betragen die Investitionen in Geothermie rund 1,3 Mrd. €. Geschätzt 20.300 Arbeitsplätze sind von der Geothermie abhängig, davon 85 % in der oberflächennahen Geothermie. Acht überregionale größere und unzählige kleinere regionale Bohrunternehmen, viele davon zertifiziert, bieten Ihre Dienste zur Niederbringung von Geothermiebohrungen an.

Weitergehende und aktuelle Informationen: Bundesverband Geothermie e.V. (Homepage: www.geothermie.de)

Bohrarbeiten für die Erdwärmeanlage des Humboldt Forums (Stadtschloss Berlin), Foto: Bundesverband Geothermie e. V. (mit frdl. Genehmigung).



Weinherstellung

Weinherstellung (wissenschaftlich Kellerwirtschaft oder Önologie) bezeichnet die Herstellung des alkoholischen Getränks Wein aus Weintrauben oder Traubenmost. Für die Weißweinherstellung ist eine Vielzahl von Prozessschritten notwendig, die nach der Ernte der Trauben vom Maischen (Zerdrücken der vom Stielgerüst entfernten Trauben, kann auch entfallen) über das Keltern (Auspressen der Maische zu Most), die Gabe von Schwefeldioxid (zur Verhinderung von Oxidation und mikrobiellem Verderb), das Gären und den Abstich bis zur Reifung sowie der Lagerung reichen.

Weintrauben enthalten jedoch zahlreiche Inhaltsstoffe, die den Geschmack, das Aussehen und die Lagerungsdauer des Traubensafts bzw. Weins beeinträchtigen können. So werden meistens aus Weißmost z. B. die natürlichen Eiweiße entfernt, die zur Instabilität des Weins beitragen und ausfallen können, womit sie zusätzlich die Klarheit des Weins gefährden. Im Rotwein bewirken dagegen die natürlichen Gerbstoffe bereits einen geringen Eiweißgehalt und auch Trübstoffe sind weniger gut zu sehen.

Die Verfahren zur Behandlung von Weinen in Europa sind in der „Verordnung (EG) Nr. 606/2009 der Kommission vom 10. Juli 2009 mit Durchführungsbestimmungen zur Verordnung (EG) Nr. 479/2008 des Rates hinsichtlich der Weinbauerzeugnis-kategorien, der önologischen Verfahren und der diesbezüglichen Einschränkungen“ geregelt. Der Anhang 1A dieser Verordnung führt 43 zulässige Verfahren zur Weinbehandlung auf, darunter auch die Klärung durch elf verschiedene Stoffe, darunter Bentonit.

In der Praxis wird mit relativ groben Verfahren, meist einem Wärmetest oder dem sog. Bentotest, geprüft, ob der Traubenmost bzw. Weißwein zu viele Eiweiße enthält. Ist dies der Fall wird der Most oder Wein geklärt, was durch eine Vielzahl von erlaubten „Schönungsmitteln“, darunter Bentonit, Kaolin, Kieselgel, Tanninpulver, Speisegelatine, Zellulose, Weizen- oder Erbsenproteine, bestimmte Enzyme, getrocknete Schwimmblasen von Stör, Kasein (Milchpulver) und Albumin (Eipulver) möglich ist. Hiervon ist jedoch nur der Bentonit geeignet, Eiweiß auszufällen.

Bentonit wurde in Deutschland erstmals im Jahr 1954 zur Weinschönung zugelassen und ist immer noch das mengenmäßig bedeutendste Schönungsmittel. Eine Bentonitschönung im Most ist dabei aromaschonender als eine Schönung im Wein. Weinexperten schätzen, dass rund 80 % des in Deutschland produzierten Weißmosts bzw. Weißweins mit Bentonit geschönt wird, wobei dieser Wert je nach Weinjahr und Anbauregion schwankt. Zur Schönung von 1.000 l Weißwein werden ca. 1 – 2 kg Bentonit benötigt. Korrekt durchgeführt ist von der Bentonitschönung hinterher im Wein nur noch wenig zu bemerken.

Die Weinernte 2017 war die bislang kleinste in diesem Jahrhundert in Deutschland und lieferte 7,462 Mio. Hektoliter (hl) (= 746,2 Mio. l) Wein und Most im Wert von ca. 2,5 Mrd. €. Durch knapp 16.900 Betriebe mit rund 89.000 Arbeitskräften wurden Reben auf 102.592 ha bestockter Rebfläche angebaut. Damit stand Deutschland im Jahr 2017 auf Platz 10 der weltweiten Weinproduktion (Platz 1: Italien) und auf Platz 13 der weltweiten Rebanbaufläche (Platz 1: Spanien). Die quantitativ bedeutendsten Weinanbaugebiete in Deutschland waren Rheinhessen mit 28 % der Weinerzeugung, Pfalz (21 %), Mosel (13 %), Baden (13 %), Württemberg (11 %), Franken (6 %), Nahe (2 %) und Rheingau (2 %).

Von der Weinmosterntemenge 2017 entfielen 4,64 Mio. hl (62 %) auf Weißmost und 2,86 Mio. hl (38 %) auf Rotmost. An der gesamten Weinmosternte hatte von den weißen Rebsorten der Weiße Riesling einen Anteil von 20 %, Müller-Thurgau 13 %, Grauer Burgunder 6 %, Weißer Burgunder 5 % und Grüner Silvaner 5 %. Bei den roten Rebsorten betrug der Anteil von Dornfelder 11 %, Blauer Spätburgunder 10 % und Blauer Portugieser 4 % an der gesamten Erntemenge. 2,9 Mio. hl der Ernte eigneten sich, um Prädikatswein zu erzeugen (Kabinett, Spätlese, Auslese, Beerenauslese, Trockenbeerenauslese und Eiswein). 23 % der Weinerzeugung waren im Jahr 2017 Prädikatswein, 75 % Qualitätswein und 2 % Wein oder Landwein. Umgerechnet in 0,75-Liter-Flaschen ergab die Weinerzeugung des Jahres 2017 rund 995 Mio. Flaschen Wein.

Weitergehende und aktuelle Informationen: Deutscher Weinbauverband e.V. (Homepage: www.dwv-online.de).

Eine großkommerzielle Weinherstellung, wie in Deutschland, ist ohne Bentonitschönung nicht mehr denkbar, Foto & Copyright: Deutsches Weininstitut GmbH.



6



Spezialtone und -sande
und Naturschutz

Mit dem Betrieb von Steinbrüchen sowie Sand-, Kies- und Tongruben sind teils erhebliche 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).

Durch die Umsetzung dieser Gesetze wurden in den letzten Jahrzehnten die Belastungen durch Rohstoffgewinnungsbetriebe in Deutschland deutlich reduziert. Ökologen und Biologen entdeckten zudem den hohen ökologischen Wert von Gewinnungsstätten und zwar sowohl von aktiv betriebenen als auch von bereits stillgelegten.

Es gibt zahlreiche Beispiele für ein Miteinander von Naturschutz und Rohstoffgewinnung. So leben in Steinbrüchen, Sand-, Kies- und Tongruben eine

Vielzahl verschiedener Tier- und Pflanzenarten. Manche von ihnen, darunter viele Insekten, sind unscheinbar und auf den ersten Blick gar nicht zu entdecken. Häufig handelt es sich um besonders spezialisierte und streng geschützte sogenannte Pionierarten, die in der umgebenden Kulturland-



*Die Wechselkröte (*Bufo viridis*), eine streng geschützte Art nach Bundesnaturschutzgesetz, fühlt sich im Tagebaubetrieb der Eisenberger Klebsandwerke mit seinen zahlreichen Biotopstrukturen außerordentlich wohl, Foto: EKW GmbH (mit frdl. Genehmigung).*



Ein durch Tonabbau entstandener See im Landschaftsschutzgebiet Erdekaut, Foto: Wikipedia.

schaft keine entsprechenden Lebensräume mehr finden. Es gibt aber auch spektakuläre, gut erkennbare Arten: Häufig findet man in flachen Teichen, Pfützen oder Tümpeln, wie sie gerade auch für die Gewinnungsstätten von Tonen typisch sind, eine große Anzahl von Amphibien wie die Gelbbauchunke, Wechselkröte oder den Kammolch. Diese Amphibien werden durch eine nachhaltige Gewinnung von Rohstoffen gefördert, da sie zeitweise flache und vegetationsarme Stillgewässer zum Leben brauchen.

Diese kleinen Stillgewässer in vielen Rohstoffgewinnungsbetrieben stellen mittlerweile die wichtigsten Lebensräume für die 21 in Deutschland auftretenden Amphibienarten dar, die alle vom Aussterben bedroht und daher streng geschützt sind. Aber auch mit fortschreitender natürlicher Sukzession – der natürlichen Abfolge von Rohböden wieder besiedelnde Tier- und Pflanzenarten – bilden sich immer wieder neue Biotope, die für zahlreiche Arten wichtige Rückzugs- und Lebensstandorte darstellen. KRAKOW & SPANG (2005) haben die Vegetationsentwicklung und die naturschutzfachliche Bedeutung der sich an

Tonabbaustandorten entwickelnden möglichen Lebensräume anschaulich zusammengestellt und mit zahlreichen Fotos dokumentiert.

Praktisch alle der nicht mehr betriebenen und nicht verfüllten Tongruben in Deutschland sind mittlerweile als Landschafts-, häufiger sogar als Naturschutzgebiete eingestuft. Ein Beispiel hierfür ist das im Jahr 1985 als Landschaftsschutzgebiet (LSG) ausgewiesene ehemalige Tonabbaugebiet Erdekaut bei Eisenberg im nordöstlichen Pfälzerwald. In Spitzenzeiten waren hier in den letzten Jahrhunderten 800 Bergleute in 30 Gruben in der Tongewinnung beschäftigt. Die Stilllegung der Tongruben förderte die Entstehung von Weihern und Offenland, die von zahlreichen seltenen Tier- und Pflanzenarten besiedelt wurden. Nachgewiesen wurden im LSG Erdekaut neben 16 Orchideenarten u. a. die Plattbauchlibelle, der Kammolch, die Erdkröte und die Gelbbauchunke sowie als heute selten gewordenen Vögel der Wendehals, der Eisvogel und die Zwergrohrdommel.

Wenig bekannt ist, dass unweit entfernt, in der Klebsandgrube der EKW GmbH eine fast ebenso





Im Abbaugelände der Eisenberger Klebsandwerke bzw. EKW GmbH existieren sehr unterschiedliche Biotopstrukturen, die zahllosen vom Aussterben bedrohten Tier- und Pflanzenarten ein neues Zuhause bieten, Foto: BGR.



*Der Walker (Türkische Maikäfer) (*Polyphylla fullo*) ist ein seltener, in ganz Deutschland nach der Bundesartenschutzverordnung geschützter Blattornkäfer. Er lebt in warmen Kiefernwäldern und auf mit Kiefern bewachsenen Sanddünen, wie sie im Abbaugelände der Eisenberger Klebsandwerke typisch sind, Foto: EKW GmbH (mit frdl. Genehmigung).*

reiche Artenvielfalt vorkommt. So wurden durch dieses Unternehmen im Zuge der Artenerfassung im Jahr 2017 neben 25 Säugetier- und 12 Amphibienarten auch 93 verschiedene Vogelarten registriert. Auf den „firmeneigenen“ Uhu und eine große Anzahl von Brutpaaren des Bienenfressers ist das Unternehmen dabei besonders stolz. Nach Abschluss der Rohstoffgewinnung ist für die jeweiligen Flächen im Abbaugelände die Anlage unterschiedlicher Lebensraumstrukturen, wie beispielsweise trockene und feuchte Sukzessionsflächen, Tief-, Flachwasser- und amphibische Zonen, Feuchtgebiete sowie Aufforstungen mit standortgerechtem Laubwald vorgesehen. Hierdurch dürfte sich die Artenvielfalt noch weiter erhöhen.

Noch wichtiger als das lokale Vorkommen einzelner seltener Tiere ist der Lebensraum als Ganzes. Im Vergleich zur umgebenden Kulturlandschaft zeichnen sich Gewinnungsstätten meist durch eine reichhaltige Struktur mit unterschiedlichsten kleinräumigen Lebensbedingungen aus. Die konkrete Gestaltung der Lebensräume in der Gewinnungsstätte ist häufig ein Ergebnis des Dialogs zwischen Rohstoffindustrie und Naturschutz.

Auf dieser Grundlage entwickelte die Naturschutzverwaltung in einigen Bundesländern mit Wirtschafts- und Naturschutzverbänden das sogenannte „Wanderbiotopkonzept“. An geeigneter Stelle werden Flächen geschaffen, die man längere Zeit (zum Teil viele Jahre) sich selbst überlässt. Das Besondere dieser Standorte: sie können sehr unterschiedlich sein – sehr trocken oder nass, sonnig oder schattig. Auf solchen Flächen soll dann eine ungestörte Entwicklung ablaufen, wobei sich in der Regel artenreiche Pflanzen- und Tiergesellschaften einstellen. Später muss an dieser Stelle vielleicht erneut abgebaut und dabei das entstandene Biotop zerstört werden. Als Ausgleich dafür wird aber rechtzeitig an anderer Stelle ein ähnliches Biotop geschaffen. Tiere und Pflanzen haben dann genügend Zeit, dieses neue Biotop zu besiedeln. Die artenreiche Population bleibt so in der Gewinnungsstätte dauerhaft erhalten. Dieser Kreislauf von Zerstörung und Neubildung ähnelt der natürlichen Dynamik der Landschaftsbildung, die es bei uns in Mitteleuropa so gut wie überhaupt nicht mehr gibt. Viele seltene und bedrohte Arten sind aber an diese Dynamik gut angepasst und finden so in einer nachhaltig betriebenen Gewinnungsstätte einen idealen Lebensraum.

Entgegen einer weit verbreiteten Annahme sind viele Amphibien, Reptilien, Insekten und Vögel zudem nicht lärmempfindlich. Sie brüten und nisten auch unter Förderbändern, in Lagerhallen und in Grubenwänden. Da in der Regel nur der Mensch stört, finden sich besonders artenreiche Lebensräume oft in ehemaligen Rohstoffgewinnungsstätten, die dann häufig nicht mehr betreten werden dürfen. Das Vorkommen seltener Arten oder Biotope in betriebenen Abbaustätten darf aber nicht über die grundsätzliche Problematik des Eingriffs in wertvolle Biotope wie Auenstandorte, Karstgebiete oder Bannwälder hinwegtäuschen und muss daher für jeden Standort gesondert betrachtet werden.

Damit für die Natur positive Wirkungen eintreten können, ist natürlich die Folgenutzung der Abbauflächen 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 auf jeden Fall den Artenreichtum der Natur.



Neben der vorbildlichen Rekultivierung ihrer ausgetonten Bentonitgruben hat sich die Clariant Produkte (Deutschland) GmbH seit kurzem einen weiteren guten Namen durch die gezielte Aussaat von Wildblumen, hier in Verbindung mit einem Totholzhaufen, erworben, Foto: BGR.

Die Gewinnung im Tontagebau „Emma“ der Braun Tonbergbau GmbH bei Alfter-Witterschlick, südwestlich Bonn, ist seit dem Jahr 2016 unterbrochen – genügend Zeit zur Ausbildung eines für den Naturschutz wertvollen „Biotops auf Zeit“, Foto: BGR.



7

Gibt es noch genug?

Deutschland ist eines der bedeutendsten Industrieländer der Erde und damit auch einer der weltgrößten Verbraucher von mineralischen Rohstoffen und Energierohstoffen. Jeder nicht nachwachsende Rohstoff, den die deutsche Industrie benötigt, muss entweder aus Lagerstätten in Deutschland abgebaut, aus Recyclingmaterial zurückgewonnen oder aus dem Ausland importiert werden.

Die deutsche Bauindustrie kann in fast allen Regionen unseres Landes auf ausreichende Sand- und Kies- oder Natursteinvorkommen zurückgreifen. Wirtschaftlich abbaubare und vor allem hochwertige Lagerstätten von Industriemineralen, wie Spezialtonen und -sanden, sind dagegen wesentlich seltener.

Der wirtschaftlich bedeutendste unter den Spezialtonen ist der Bentonit. In Südbayern, wo er seit 1906 abgebaut wird, sind noch rund 80 weitere Vorkommen bekannt, aus denen er auch zukünftig weiterhin gewonnen werden kann. Dennoch ist in dieser Region ein Ende der Bentonitgewinnung mittelfristig absehbar, da fast alle potenziellen Rohstoffflächen mittlerweile erkundet und hiervon rund zwei Drittel bereits genutzt wurden.

Im Westerwald und den angrenzenden Regionen treten mit wenigen lokalen Ausnahmen Bentonite nur in relativ geringer Mächtigkeit und Verbreitung auf. Viele dieser Bentonite sind zudem wegen ihrer Eigenschaften, wie z. B. ihrer erhöhten Eisengehalte, auch nicht in allen potenziellen Verwendungsbereichen einsetzbar. Gibt es daher vielleicht in Deutschland noch weitere Regionen, wo Bentonite zwar bekannt sind, aber nicht im Abbau stehen?

In Baden-Württemberg sind Bentonitvorkommen aus dem Gebiet des Hohenstoffeln im Hegau bekannt. Der Hohenstoffeln ist ein ehemaliger Vulkan, der mehrmals im Zeitraum vor 15 – 12 Mio. Jahren ausbrach. Die dortigen Bentonitlagen sind eng mit mächtigen Tuffen verknüpft, in denen sie liegen. Das wohl größte, zumindest aber am besten erkundete Einzelvorkommen am Hohenstoffeln erstreckt sich über 70.000 m² Fläche. Die mittlere Mächtigkeit des dortigen olivgelben bis olivgrauen Bentonits beträgt 3 m, rechnet man etwas schlechtere Qualitäten hinzu sogar 6 m. Die Schlammfraktion < 63 µm im Bentonit macht 90 – 95 % aus und besteht zu 70 – 95 % aus einem Calcium-Montmorillonit. Die technologischen Eigenschaften des Bentonits vom Hohenstoffeln wurden bereits mehrfach im Detail untersucht und als mittelmäßig bewertet. Vor allem für den Einsatz in Bohrspülungen ist er ungeeignet. Dies und die begrenzten Vorräte sprachen bisher gegen einen Abbau dieses Vorkommens.

Bis zum 2. Weltkrieg waren im Raum Malgersdorf – Simbach, rund 50 km östlich von Landshut, bis zu 15 Gruben in Betrieb, in denen ein dort rund 1 m mächtiger Bentonit abgebaut wurde. Dieser Bentonit entstand durch die Verwitterung von vulkanischen Tuffen und Aschen in ehemaligen Senken, sehr ähnlich und zur gleichen Zeit wie die derzeit noch abgebauten Bentonite im Raum Landshut – Moosburg. Die „Malgersdorfer Weißerde“ war weißlichgrau, zeigte aber auch grünliche, gelbliche und blaugraue Farben. Sie wurde zur damaligen Zeit verwendet zum Reinigen und Bleichen sowie als Zusatz in der Formstoffherstellung, d. h. in der Gießereiindustrie.



Blick auf den Hohenstoffeln vom Hohentwiel, beides ehemalige Vulkane im südlichen Baden-Württemberg, Foto: Frank Vincentz/Wikipedia.



Karte der bekannten Bentonitvorkommen in Ober- und Niederbayern, Karte: BGR.

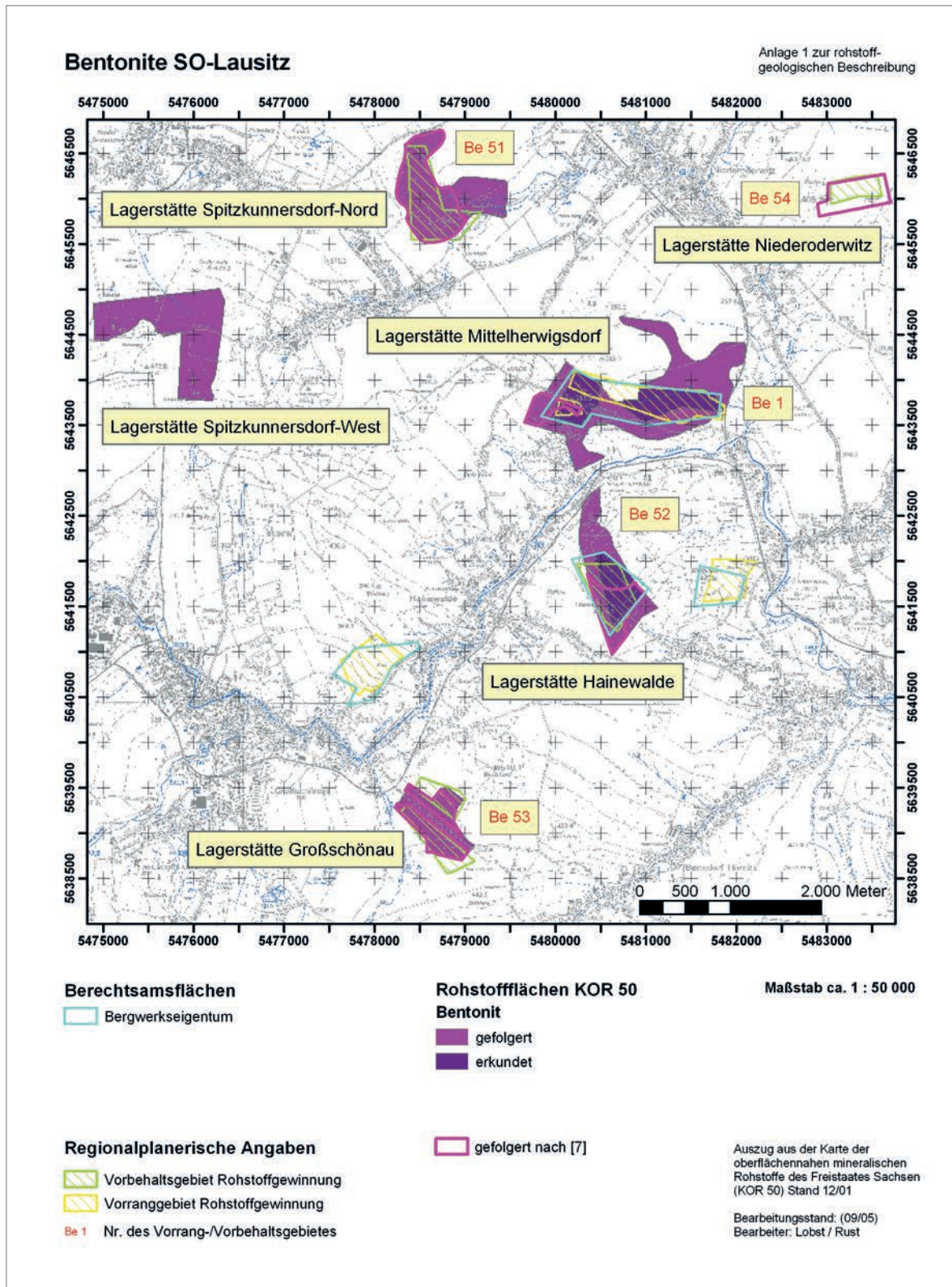
Auch im Raum Geisenhausen, 10 km südöstlich Landshut, wurden mehrfach Bentonite erbohrt oder standen einst sogar im Abbau. Im Weiler Kochgrub, östlich Geisenhausen war ein erbohrter Bentonit bis 11 m mächtig, führte 54 – 86 % Montmorillonit und lagerte unter 9 m Sand und Kies.

Zwischen Augsburg und Aichach, im Gebiet der Gemeinden Wulfertshausen, Dasing, Zahling und Gallenbach, sind auf einer Fläche von 8,5 km Länge und 4 km Breite zahlreiche linsenförmig aufgebaute, kleine Bentonitvorkommen bekannt. Sie lagern unter wenige Meter mächtigen grob-

körnigen Sedimenten und sind 1 – 3 m mächtig. Unten liegt mit meist 0,5 m Mächtigkeit ein qualitativ hochwertiger „Gelbton“ mit 60 – 90 % Montmorillonit, darüber gefolgt von einem blaugrauen bis olivfarbenen „Grünton“ mit 50 – 70 % Montmorillonit. Dieser „Grünton“ kann auch als „Harte Platte“ ausgebildet sein und ist dann unbrauchbar. Die mineralogisch-technischen Eigenschaften des Calciumbentonits von Augsburg-Aichach sind sehr gut, der Bentonit allerdings häufig verunreinigt.

Auch östlich der schwäbischen Stadt Krumbach, am dortigen Sanatorium bzw. Heilbad Krumbad,





Auszug aus der Karte der oberflächennahen mineralischen Rohstoffe des Freistaates Sachsen (KOR 50) mit Darstellung der Bentonitvorkommen in der südöstlichen Lausitz, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (mit frdl. Genehmigung).

westlich davon im Dorf Christertshofen, und östlich davon zwischen Thannhausen und Ziemetshausen, treten Bentonite auf. Der Bentonit im Vorkommen von Thannhausen war bis maximal 4 m mächtig und gilt als abgebaut. Der nie näher erkundete Bentonit von Krumbach ist, soweit bekannt, als „Harte Platte“ (s. o.) mit bis zu 7 m Mächtigkeit ausgebildet und wird seit über 250 Jahren als „Krumbader Badstein“ bezeichnet. Er wird im grubenfeuchten Zustand nach Bedarf abgebaut, nach dreijähriger Trocknungszeit zerkleinert, aufgemahlen und geschlämmt und dann als Heilschlamm verwendet. Auch der „Badstein“ im nahen Christertshofen wurde bis 1948 für Heilzwecke abgebaut und geriet dann in Vergessenheit. Vermutlich gibt es in den schwäbischen Landkreisen Günzburg und Neu-Ulm noch weitere Bentonitvorkommen, die auch überregional von Interesse sein könnten.

Bei Neukirchen südlich Chemnitz wurden bei Erkundungsarbeiten auf Ziegeltonen Anfang der 1960er Jahre smektitreiche Verwitterungsbildungen aus unterschiedlichen vulkanischen Ablagerungen (Porphyrtuffe, Ignimbrite) entdeckt. Diese Bentonite wurden dann zwischen 1965 und 1977 und auch in jüngster Zeit (2014) näher erkundet und dabei durchschnittliche Mächtigkeiten von 2 – 3 m erbohrt. Der Bentonit von Neukirchen besitzt eine sehr hohe Kationenaustauschkapazität, aber eine relativ geringe Quellfähigkeit. Er ist reich an Montmorillonit (52 – 87 %), aber auch an Quarz (3 – 28 %) und enthält zudem gröbere Bestandteile (13 – 15 % > 63 µm). Da die Vorräte begrenzt sind, wurde dieses Vorkommen bisher ebenfalls nicht abgebaut.

Auch nordwestlich von Zittau, bei Mittelherwigsdorf, Spitzkunnersdorf, Niederoderwitz und Großschönau, wurden schon zu DDR-Zeiten, zwischen 1983 und 1985, mehrere potenzielle große Bentonitvorkommen erkundet. Dort handelt es sich um bentonisierten Basalt und teils tonig umgewandelte, mehrere Zehnermeter mächtige Tuffe. Die schluffig-tonigen Tuffe enthalten hohe Smektitgehalte bis 80 % und besitzen niedrige Alkaligehalte < 1 % bei gleichzeitig hohen Eisen- und Titangehalten (> 10,5 % Fe₂O₃, 3 % TiO₂). Bei Mittelherwigsdorf sind die Lagen mit guten Bentonitqualitäten durchschnittlich 2,0 – 6,6 m mächtig und lagern unter 11,8 – 17,3 m Abraum. Aufgrund des hohen Anteils unzersetzter Gesteinsbruchstücke ist der Bentonit generell aber unrein und könnte

wohl nur nach intensiver Aufbereitung in der Gießerei- oder Bohrindustrie eingesetzt werden. Im September 1984 wurden auf 1.200 m² Fläche probeweise 4.400 t Calciumbentonit abgebaut, der Tagebau jedoch im November 1986 wieder verfiel, da die Abbauwände ins Rutschen kamen.

4 km nordöstlich des Stadtzentrums von Zittau liegt das Bentonitvorkommen von Radgendorf. Dort lagern unter 10 – 58 m Abraum, zwischen 14 und 117 m (durchschnittlich 54 m) mächtige, unterschiedlich stark zersetzte vulkanische Ablagerungen. Im unteren Teil dieser Zersatzzone hat sich ein grünlicher Bentonit gebildet, der bis auf zahlreiche gröbere Gesteinsanteile eine gute Qualität besitzen soll. Die Gesamtmenge des Bentonits ist sehr groß, dieser aufgrund des überaus mächtigen Abraums jedoch nicht wirtschaftlich gewinnbar.

Bentonite sind in Deutschland also weiter verbreitet als man allgemein denkt, doch sind viele Vorkommen zu klein oder von zu mächtigem Abraum überlagert und/oder der Bentonit ist zu unrein oder besitzt ungünstige mineralogisch-technologische Eigenschaften. Erst die Zukunft wird zeigen, ob bei zurückgehendem Angebot aus Südbayern auch andere deutsche Bentonitvorkommen vermehrt abgebaut und höherwertigen Nutzungen zugeführt werden.

Weitere wichtige Spezialtone stellen auch die Feuerfesttone dar. Hier müssen stets erst Detailuntersuchungen zeigen, ob ein in Bohrungen angetroffener Ton die notwendigen chemisch-mineralogischen Anforderungen erfüllt (s. Kapitel 3). Zusätzlich gibt es aber auch Tonvorkommen, von denen schon bekannt ist, dass sie prinzipiell nutzbar sein müssten. So lagern nordwestlich Deggen-dorf in Niederbayern, bei Finsing und Penzenried, unter 3 m mächtigem Abraum wenig untersuchte Tonvorkommen mit ca. 2,7 m Mächtigkeit. Diese Al₂O₃-reichen Tone wurden jedoch bereits im 19. Jahrhundert neben der Steingutproduktion vor allem zur Herstellung von Glasschmelzöfen verwendet und sollten damit auch heutigen Anforderungen an Feuerfesttone gerecht werden.

Große Vorkommen von natürlichen Formsanden sind nicht nur aus der gesamten Leipziger Bucht sondern auch aus der Vorderpfalz aus den Gebieten östlich Bergzabern, östlich Klingenberg, östlich Bad Dürkheim, östlich Grünstadt und östlich Großkarlbach bekannt. In letzteren Gebieten treten teils

Sandmächtigkeiten von bis zu 50 m auf, von denen in einigen früheren Sandgruben zwischen 12 und 17 m unter 0,5 – 4 m Abraum abgebaut wurden. Nach schon älteren Untersuchungen handelt es sich um zusammengeschwemmte Quarzsande mit ungünstiger Korngrößenverteilung (schluffiger Fein- bis Mittelsand), fehlender bis geringer Rundung, unbedeutenden Schwermineral- und Glimmergehalten sowie völliger Kalkfreiheit. Der Ton- bzw. Kaolinitgehalt schwankt stark und kann bis 12 % reichen. Diesen großen Vorkommen an natürlichen Formsanden steht allerdings eine sehr geringe Nachfrage gegenüber. Längst sind fast alle deutschen Gießereien auf synthetische Formstoffe (aus Quarzsanden und Bentonit) umgeschwenkt, die zudem in großem Umfang recycelt werden. Über 98 % der in den deutschen Gießereien benötigten Formsande/Formstoffe werden nach ihrer Verwendung dem Formstoffkreislauf wieder zugeführt, d. h. weniger als 2 % der einmal eingesetzten Formsandmenge muss durch frisches Material erneuert werden.

Etwas anders sieht es bei dem wesentlich stärker nachgefragten Klebsand aus, von dem die EKW GmbH aus Eisenberg/Pfalz – bei mittelfristig ausreichenden Vorräten – der derzeit einzige deutsche Produzent ist. Jedoch auch aus Roßbach-Braunsbedra im Saalekreis von Sachsen-Anhalt sind potenziell geeignete Klebsande bekannt. Bis 1976 wurde bei Roßbach Braunkohle abgebaut, unter der ein über 10 m mächtiges Lager aus hochwertigen keramischen Tonen angetroffen wurde. Seit 1979 werden auch diese Tone abgebaut, die weiterhin als die hochwertigsten weißbrennenden Tone Sachsens gelten. Im Randbereich des Roßbacher Beckens geht der Ton in tonigen Fein- bis Mittelsand über. Dieser Klebsand besteht im Mittel aus 74 % Quarz und 24 % Tonmineralen, davon zu zwei Dritteln aus Kaolinit und einem Drittel Hydromuskovit. Chemisch handelt es sich vorwiegend um SiO_2 mit nur 9,4 % Al_2O_3 und sehr geringen Gehalten an weiteren Oxiden. Der Glühverlust liegt bei ca. 2,1 %. Der Sand führt nur geringe Mengen an organischem Kohlenstoff, ist aber erheblich mit löslichen Salzen, so z. B. Sulfaten bis 1,2 g/kg Trockensubstanz belastet. Der vom Aussehen her saubere Sand brennt im Temperaturbereich von 1.100 – 1.250 °C dunkelcreme bis dunkelbeige. Betrachtet man die mineralogischen, chemischen und keramischen Daten in ihrer Gesamtheit, so ist das quarzreiche Material von Roßbach zumindest theoretisch gut in der Feuer-

festindustrie einsetzbar und stellt damit potenziell auch einen industriell geeigneten Klebsand dar.

Können wir uns also beruhigt zurücklehnen, weil es genug Vorkommen von Bentonit, Feuerfesttonen sowie Form- und Klebsanden in Deutschland gibt? Nicht ganz, denn längst nicht auf alle diese Vorkommen kann die Rohstoffindustrie zurückgreifen. Zahlreiche konkurrierende Nutzungen, wie Wasserschutz-, Naturschutz-, Landschaftsschutz-, Flora-Fauna-Habitat-, Natura 2000- und andere Schutzgebiete und natürlich Wohngebiete, Straßen und Eisenbahnlinien fordern auch ihre Berechtigung und müssen im Raumplanungsprozess abgewogen werden. Dazu möchten in letzter Zeit immer weniger Grundstückseigentümer ihre Nutzflächen verkaufen oder verpachten.

Die Gewinnungsbetriebe können zudem nicht beliebig auf andere Flächen ausweichen, denn auch die Vorkommen von Spezialtonen und -sanden sind endlich, aus geologischen Gründen lokal begrenzt (also standortgebunden) und die Rohstoffanforderungen für die verschiedensten Verwendungen hoch. Längst nicht jeder Ton und jeder Sand ist für alle Verwendungszwecke geeignet – man spricht deshalb ja von Spezialtonen und Spezialsanden.

Aufgrund der hohen Preise für Spezialtone werden auch diese, sofern aus hygienischen, technischen oder Mengengründen überhaupt möglich, wenn immer möglich recycelt. Katzenstreu und Bleicherden sind nach ihrem Einsatz immer so stark verunreinigt, dass sie grundsätzlich entsorgt werden.

Einer der weltweit mengenmäßig größten Verwendungsbereiche von Bentoniten ist ihr Einsatz in Bohrspülungen. Nach dem Verursacherprinzip ist der Bohrunternehmer verpflichtet, die gebrauchte Bohrspülung fachgerecht zu entsorgen. Die Menge an zu entsorgendem Abfall und damit die Kosten für die Deponierung werden deutlich reduziert, wenn in geeigneten Recyclinganlagen die gebrauchte Bohrspülung in trübes Wasser und stichfesten Dickschlamm aufgetrennt wird. Der Dickschlamm, der sich aus feingemahlenem, ausgetragenen Bohrgut zusammensetzt, lässt sich preiswert auf einer Erdstoff-Deponie entsorgen. Die Trübung des Wassers entsteht vor allem durch den suspendierten Bentonit, der zusammen mit dem Wasser zur Herstellung neuer Bohrspü-

lungen verwendet und so mehrfach zum Einsatz kommen kann.

Wir alle nutzen täglich Produkte, die unter anderem unter Verwendung von Spezialtonen oder -sanden hergestellt wurden, z. B. Margarine und Pflanzenöle, Weine, Biere und Säfte, aber auch einfach nur sauberes Grundwasser. Auch in Kosmetika, Glas- und Steinwolle, Mineralfaser- oder Gipskartonplatten sowie bei der Herstellung von Eisen, Stahl und Aluminium finden Spezialtone und -sande wichtige Verwendungen.

Werden diese Rohstoffe nicht in Deutschland abgebaut und zwar dort, wo sie auch vorkommen, müssen sie im Ausland gefördert und von dort nach Deutschland exportiert werden. Wer die mit Hilfe von Spezialtonen und -sanden hergestellten Produkte weiterhin nutzen möchte, muss auch zulassen, dass diese Rohstoffe vor Ort abgebaut werden. Auch um das Verkehrsaufkommen und Emissionen zu begrenzen ist eine dezentrale Rohstoffversorgung notwendig.



Mit einem eigenen Kernbohrgerät erkundet die Sibelco Deutschland GmbH potenzielle Tonvorkommen auf ihre Eignung, hier in einem Erweiterungsfeld der Spezialtonlagerstätte „Schenkenbusch“ bei Witterschlick, Foto: BGR.



Dieser idyllische Teich an der Einfahrt zum aktiven Tontagebau „Schenkenbusch“ der Sibelco Deutschland GmbH bei Alfter-Witterschlick, südwestlich Bonn, entstand durch Einbruch einer untertägigen Tongrube, Foto: BGR.

8

Kleine komplizierte
Produktionsstatistik der Spezialtone
und Spezialsande

Laut Meldungen der deutschen Bergämter wurden im Jahr 2017 durch 57 Betriebe in Bayern, 41 Betriebe in Rheinland-Pfalz, 23 Betriebe in Hessen, 18 Betriebe in Baden-Württemberg, zwölf Betriebe in Sachsen, neun Betriebe in Nordrhein-Westfalen, je vier Betriebe in Thüringen und Sachsen-Anhalt, zwei Betriebe in Mecklenburg-Vorpommern sowie einen Betrieb in Brandenburg mit zusammen rund 900 Mitarbeitern insgesamt 7.334.143 t Spezialton gefördert, von denen 6.714.197 t verwertbar waren.

Nach Bundesberggesetz (BBergG) werden als „Spezialtone“ all diejenigen Tone zusammengefasst, die sich zur Herstellung feuer- und säurefester oder keramischer Erzeugnisse eignen. Insofern umfasst die Gruppe der „Spezialtone“ nach BBergG eine andere und durch Einbeziehung der keramischen Tone auch wesentlich größere Breite von Verwendungsbereichen als hier gewählt und definiert. Auch Aussagen über eine tatsächliche Nutzung der geförderten Tone sind mit der Definition von „Spezialtonen“ nach BBergG nicht verbunden.

Laut Meldungen der zuständigen Bergbehörde wurden zudem im Jahr 2017 durch 17 Betriebe in Bayern mit im Jahresdurchschnitt 50 Beschäftigten 416.092 t Bentonit gefördert, die vollständig verwertbar waren. Zudem gab es drei fördernde Bentonitbetriebe in Hessen, deren Mitarbeiterzahl und Produktionsmenge aber vertraulich sind.

Jeweils ein Betrieb förderte Formsand in Nordrhein-Westfalen und Thüringen. Ihre Gesamtförderung betrug im Jahr 2017 zusammen 22.807 t, die vollständig nutzbar waren. Weiterhin wird von der Bergbehörde in Rheinland-Pfalz ein Betrieb unter Formsand geführt, der jedoch nur noch Bausand produziert.

Jeweils ein Betrieb förderte Klebsand in Rheinland-Pfalz und Nordrhein-Westfalen. Die Gesamtförderung durch rund 160 Mitarbeiter betrug im Jahr 2017 zusammen 35.400 t, die ebenfalls vollständig nutzbar waren.

Auch der Bundesverband Keramische Rohstoffe und Industriemineralien e. V. (BKRI) mit Sitz in Neuwied, Rheinland-Pfalz, nennt die o. g. amtlichen Förderzahlen.

Nach den Daten des Statistischen Bundesamtes (DESTATIS 2018) wurden in Deutschland im Jahr 2017 durch sechs Betriebe mit zehn oder mehr Beschäftigten 373.000 t kaolinhaltiger Ton und Lehm, auch gebrannt (inkl. Ziegelton), im Wert von 6.616.000 Euro produziert. Durch 16 Betriebe mit zehn oder mehr Beschäftigten erfolgte die Produktion von 527.000 t feuerfestem Ton und Lehm, von denen 475.000 t im Wert von 11.493.000 Euro für den Verkauf bestimmt waren. Durch sechs Betriebe mit zehn oder mehr Beschäftigten wurden 298.000 t Schamotte und Schamottekörnungen im Wert von 31.789.000 Euro hergestellt. Die deutsche Produktion von Bentonit, Bleich- und Walkerden erfolgte durch drei Betriebe; die Menge ist vertraulich.

Nach eigenen Recherchen für diese Broschüre gibt es in Deutschland derzeit an Gewinnungsunternehmen von hochwertigen Spezialtonen bzw. -sanden:

- sechs Produzenten von Bentonit mit zusammen 16 Gewinnungsstellen (sieben in Bayern, fünf in Hessen, vier in Rheinland-Pfalz)
- zwei Produzenten von bentonitischen Tonen mit zwei Gewinnungsstellen (in Mecklenburg-Vorpommern)
- sieben Produzenten mit zusammen 16 Gewinnungsstellen von kaolinitischen Tonen, die für Spezialzwecke genutzt werden (neun in Hessen, vier in Rheinland-Pfalz, zwei in Nordrhein-Westfalen und eine in Bayern)
- einen Produzenten von Klebsand mit einer Gewinnungsstelle (in Rheinland-Pfalz)
- drei Produzenten von Formsand mit je einer Gewinnungsstelle (in Sachsen, Thüringen und Nordrhein-Westfalen)

Die verwertbare Gesamtproduktion für Spezialanwendungen dieser Unternehmen lag im Jahr 2017 bei 437.000 t Bentonit, 22.000 t bentonitischen Tonen und 292.000 t kaolinitischen Tonen bzw. 40.905 t Klebsand und 3.872 t Formsand.

Im Jahr 2017 wurden 531.155 t Bentonit nach Deutschland importiert und 78.332 t Bentonit exportiert. Die Importe erreichten uns zu 27 % über die Niederlande bzw. den Hafen Rotterdam. Der Rest stammte zu 20 % aus der Türkei, zu 19 % aus Tschechien und zu 15 % aus Italien. Exportiert wurde Bentonit aus Deutschland in alle Welt,

angeführt von den Niederlanden (24 %), Polen (20 %) und Österreich (13 %).

Im gleichen Jahr wurden 123.123 t kaolinitische Tone nach Deutschland importiert und 13.392 t kaolinitische Tone exportiert. Die Importe stammten vorwiegend aus den USA (42 %), den Niederlanden (Importe über Rotterdam, 40 %) sowie Großbritannien (9 %). Exportiert wurden kaolinitische Tone in eine Vielzahl von Ländern, angeführt von Polen (30 %), der Ukraine (29 %) und den Niederlanden (8 %).

Im Jahr 2017 wurden zudem 56.022 t Feuerfesttone nach Deutschland importiert und 8.078 t Feuerfesttone exportiert. Die Importe stammten zum größten Teil aus Tschechien (39 %), den USA (31 %), China (11 %) sowie Polen und Österreich (je 6 %). Die Exporte gingen vor allem nach Italien (48 %) und Polen (18 %).

Informationen über die Im- und Exporte von Spezialsanden liegen nicht vor.

Weiterführende Literatur

BAUER, S. (2003): Zum Tonbergbau von Großalmerode: Die Tongruben der Aktiengesellschaft Vereinigte Großalmeroder Thonwerke.- *Keramische Zeitschrift*, 55, 1 (Teil 1): 18 – 22, 3 (Teil 2): 186 – 190, 24 Abb., 5 Tab.; Freiburg.

BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT (1987): Der Bergbau in Bayern.- *Geologica Bavarica*, 91: 216 S., 63 Abb., 27 Tab., 8 Fototaf., 2 Beil.; München.

BESTING, H. (2008): Bentonit – ein vielseitig einsetzbares Naturprodukt.- *inside acat*, 8/2008: 7 S., 5 Abb.; Basel (URL: http://www.acat.com/files/get/38d2034643148459656ce6c2f4203721/inside_acat_08_2008_de.pdf).

BÖHLER, U., BÖTTGER, M., SYMKATZ-KLOSS, W. & WAGNER, J.-F. (1988): Exkursion zu Tonvorkommen im Oberrheingraben (Eisenberger Becken – Wiesloch – Langenbrückener Senke).- *Schriftenreihe Angewandte Geologie Karlsruhe*, 4: 305 – 321, 4 Abb., 5 Tab.; Karlsruhe (URL: https://www.dttg.ethz.ch/88_16.pdf).

BUTZ, R. & VORTISCH, W. (1987): Geological and clay-mineralogical investigations in the northeastern Westerwald.- *Ceramic Forum International (Berichte der Deutschen Keramischen Gesellschaft)*, 64, 3/4: 97 – 103, 13 Abb., 2 Tab.; Baden-Baden.

DESTATIS – BUNDESAMT FÜR STATISTIK (2018): Produzierendes Gewerbe. Produktion des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden 2017.- *Fachserie 4 Reihe 3.1*: 305 S.; Wiesbaden (URL: https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Industrie-Verarbeitendes-Gewerbe/Publikationen/Downloads-Konjunktur/produktion-jahr-2040310187004.pdf?__blob=publicationFile&v=4).

ELSNER, H. (2016): Quarzrohstoffe in Deutschland. – 65 S.; Hannover (BGR). Online verfügbar unter www.bgr.bund.de

ELSNER, H. (2017): Kaolin in Deutschland. – 72 S.; Hannover (BGR). Online verfügbar unter www.bgr.bund.de

HENNING, K.-H. & KASBOHM, J. (1998): Mineralbestand und Genese feinkörniger quartärer und präquartärer Sedimente in Nordostdeutschland unter besonderer Berücksichtigung des „Friedländer Tones“.- *Berichte des Deutsche Ton- und Tonmineralgruppe e. V.*, 6: mehrere S., 3 Tab.; Köln (URL: http://www.dttg.ethz.ch/cd_dttg1998/henning/henning.htm)

JASMUND, K. & LAGALY, G. (1993): Tonminerale und Tone: Struktur, Eigenschaften, Anwendungen und Einsatz in Industrie und Umwelt: 490 S., zahlr. Abb. und Tab.; Darmstadt.

JASMUND, K., KÖSTER, H. M., KROMER, H., VOGT, K., ECKHARDT, F.-J., RÖSCH, H., STEIN, V., NIEDERBUDDE, E. A., SCHWERTMANN, U. & KOHLER E. W. (1980): Clay and Clay Minerals in the Federal Republic of Germany.- *Geol. Jahrbuch*, D 39: 136 S., 30 Abb., 34 Tab.; Hannover.

KRAKOW, L. & SPANG, W. D. (2005): Tonabbau und Naturschutz in der Ziegelindustrie.- *Forschungsstelle der Deutschen Ziegelindustrie e.V.*: 48 S., zahlr. Abb., 1 Tab.; Bonn.

KUHN, W. (2008): Gewinnung von Klebsand und Herstellung von Feuerfestprodukten in Eisenberg (Pfalz). Exkursion D.- Rohstofftag Rheinland-Pfalz 2008, Vorträge und Exkursionen: 31 – 36, 7 Abb.; Mainz (Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz).

LADNORG, U. & SCHRÖDER, K. (1996): Witterschlick: Ein altes Tonzentrum neu belebt.- Keramische Zeitschrift, 48, 3: 185 – 187, 6 Abb.; Freiburg.

LANGENWALTER, F. (2004): Der richtige Umgang mit Bentonit.- Der Deutsche Weinbau, 24/2004: 12 – 14, 5 Abb., 1 Tab.; Neustadt/Weinstraße (URL: https://www.weinlabor-alzey.de/uploads/weinlabor-pdf/ddw24_2004.pdf).

LORENZ, W. & GWOSDZ, W. (1999): Bewertungskriterien für Industriemineralien, Steine und Erden. Teil 1: Tone. – Geol. Jahrbuch, H 2: 108 S., 8 Abb., 62 Tab.; Hannover.

SAWATZKI, G. & SCHREINER, A. (1991): Bentonit und Deckentuffe am Hohenstoffeln/Hegau.- Jahreshefte des Geol. Landesamtes Baden-Württemberg, 33: 59 – 73, 5 Abb., 1 Tab.; Freiburg.

SCHNEIDER, V. (2011): Wie viel Bentonit benötigt der Wein?- ithakajournal, 1/2011: 22 – 27, 2 Abb.; Arbaz, CH (URL: <http://www.ithaka-journal.net/wie-viel-bentonit-braucht-der-wein>)

STANDKE, G., ESCHER, D., FISCHER, J. & RASCHER, J. (2010): Das Tertiär Nordwestsachsens. Ein geologischer Überblick: 157 S., 166 Abb., 4 Tab., 3 Anl.; Freiberg (Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) (URL: <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/12191/documents/12647>)

ULBIG, A. (1999): Untersuchungen zur Entstehung der Bentonite in der bayerischen Oberen Süßwassermolasse.- Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen, 214, 3: 497 – 508, 6 Abb., 1 Tab.; Stuttgart.

UNGER, H. J. (1990): Die Bentonite in Ostniederbayern.- documenta naturae, 59: 43 – 57, 8 Abb., 5 Tab.; München.

UNGER, H. J. & NIEMEYER, A. (1985): Die Bentonite in Ostniederbayern – Entstehung, Lagerung, Verbreitung.- Geol. Jb, D 71: 3 – 58, 12 Abb., 10 Tab.; Hannover.

UNGER, H. J., FIEST, W. & NIEMEYER, A. (1990): Die Bentonite der ostbayerischen Molasse und ihre Beziehungen zu den Vulkaniten des Pannonischen Beckens.- Geol. Jb, D 96: 67 – 112, 8 Abb., 6 Tab., 1 Taf.; Hannover.

WEBER, K. (1978): Geologische Karte von Bayern. Erläuterungen zum Blatt Nr. 7137 Abensberg: 386 S., 45 Abb., 9 Tab., 3 Beil.; München.

ZWAHR, H., DOMMASCHK, S., GERBER, R. & BAUERHORST, H. (2002): Die Tonlagerstätte Friedland in Mecklenburg. Geschichte, Gegenwart und Zukunft.- Geohistorische Blätter, Beih., 1: 85 S., 52 Abb., 14 Tab.; Berlin.

WWW.DR-KRAKOW-LABOR.DE: HOMEPAGE DR. KRAKOW ROHSTOFFE GMBH; GÖTTINGEN.



Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
Stilleweg 2
30655 Hannover

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

ISBN: 978-3-943566-59-8 (Druckversion)
978-3-943566-60-4 (PDF)