Anlage A-01



Rohstoffe



Heimische mineralische Rohstoffe – unverzichtbar für Deutschland!

Impressum

Herausgeber: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
Stilleweg 2
30655 Hannover

Autoren: Dr. Harald Elsner
Kerstin Kuhn
Dr. Martin Schmitz

Redaktion: Dr. Michael Szurlies
Dr. Hildegard Wilken

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

Layout: Jolante Duba

Stand: März 2017

ISBN: 978-3-943566-80-2 (Druckversion)
978-3-943566-81-9 (PDF)

Titelbild: Im seit über einhundert Jahren betriebenen Quarzsand-Tagebau Nivelstein in Herzogenrath bei Aachen wurde an einem bereits renaturierten Hang die zweitgrößte Photovoltaik-Anlage Nordrhein-Westfalens errichtet. Der Tagebau ist aber auch Lebensraum für seltene Arten. In den Steilwänden an den Gewässern brüten seit Jahrzehnten Uferschwalben. Zur Sicherstellung des Fortbestandes bestehen für einige Arten außerdem enge Kooperationen mit der Biologischen Station der StädteRegion Aachen und dem Naturschutzbund Deutschland e.V. (NABU), Foto: Nivelsteiner Sandwerke und Sandsteinbrüche GmbH.

Danksagung: Die Autoren danken allen Einzelpersonen, Unternehmen, Verbänden und Behörden, die Fotos und Informationen für diese Broschüre zur Verfügung stellten.

Heimische mineralische Rohstoffe – unverzichtbar für Deutschland!

März 2017



Inhaltsverzeichnis

Einleitung 4

1 Übersicht und Definitionen 5

2 Rohstoffe aus Deutschland 9

2.1 Steine und Erden – Rohstoffe für Bau, Industrie und Umweltschutz 10

2.2 Industrieminerale – Rohstoffe für die Wirtschaft 30

2.3 Torf – Rohstoff aus dem Moor 46

2.4 Metalle – edel und glänzend 48

2.5 Rohstoffe aus Recycling 50

3 Rohstoffe und Naturschutz – kein Widerspruch 55

4 Rohstoffgewinnung und Geotourismus – mit herzlichem Glückauf! 61

5 Gibt es noch genug? 65

6 Fazit 69

Weitergehende Informationen 73

Literatur 74

Anhang 75

Einleitung

Mineralische Rohstoffe – Metalle, Industrieminerale, Steine und Erden – sind für die industrielle Wertschöpfung und den Erhalt unseres Wohlstands von grundlegender Bedeutung. So enthalten die Verkehrsinfrastruktur, der Gebäudebestand, die Industrieanlagen und eine Vielzahl an Alltagsprodukten mineralische Rohstoffe. Die sichere und nachhaltige Versorgung mit mineralischen Bodenschätzen ist daher eine Voraussetzung für den Industrie- und Technologiestandort Deutschland. Auch für die Umsetzung der Energiewende werden große Mengen an Rohstoffen benötigt. Zum Beispiel erfordert der Bau von Windkraftanlagen Kiese und Sande für die Fundamente sowie Quarzsand, Kaolin und Kalkstein für die Rotorblätter.

Deutschland ist nach wie vor ein wichtiges Bergbauland und produziert einen Teil seiner benötigten Rohstoffe selbst. Im Jahr 2015 wurden bei uns etwa 572 Millionen Tonnen mineralische Rohstoffe gewonnen, vor allem Baurohstoffe, wie Kiese, Sande und Natursteine, Tone für die Herstellung keramischer Produkte sowie Kalk- und Mergelsteine für die Zementherstellung. Des Weiteren werden verschiedene Industrieminerale, z. B. Stein- und Kalisalze, Kaolin, Fluss- und Schwerspat sowie Quarzrohstoffe gefördert. Bei den Metallen ist Deutschland dagegen sehr stark von Importen abhängig. Das Recycling leistet hier als weitere „heimische Ressource“ einen wichtigen Beitrag zur Sicherung der Rohstoffversorgung und zur Ressourceneffizienz.

Bodenschätze sind aus geologischen Gründen standortgebunden und nicht gleichmäßig über das Land verteilt. In Deutschland wird die Vorerkundung und Erstbewertung von Rohstoffvorkommen von den Staatlichen Geologischen Diensten als zuständige Fachbehörden auf Ebene der Bundesländer wahrgenommen. Die rohstoffgeologische Landesaufnahme ist darauf ausgerichtet, der Politik, der Landes- und Regionalplanung, den Unternehmen und Verbänden der Rohstoffwirtschaft sowie der allgemeinen Öffentlichkeit möglichst umfassende Informationen und Daten über unsere heimischen Rohstoffvorkommen zur Verfügung zu stellen.

In Deutschland unterliegt die Gewinnung von Bodenschätzen verschiedenen Bundes- und Landesgesetzen. Hierbei werden bergfreie, dem Staat gehörende, sowie grundeigene, dem Grundeigentümer gehörende Bodenschätze unterschieden. Die Aufsuchung und Gewinnung von Energierohstoffen, Metallerzen und zahlreicher Industrieminerale regelt das Bundesberggesetz. In den einzelnen Bundesländern sind die Bergbehörden für dessen Umsetzung zuständig.

Welche Rohstoffe gibt es in Deutschland und wofür werden diese heimischen Bodenschätze verwendet? Welche Wirtschaftszweige bauen in Deutschland darauf auf, und wieviel Arbeitsplätze sind damit verbunden? Welche Bedeutung kommt den mineralischen Rohstoffen bei neuen Technologien zu, z. B. der Umsetzung der Energiewende? Wie sind Rohstoffgewinnung und Umweltschutz vereinbar? Was passiert nach der temporären Rohstoffgewinnung mit der Abbaufläche? Mit der Gewinnung, Nutzung und wirtschaftlichen Bedeutung der heimischen mineralischen Rohstoffe sind spannende Themen mit vielen Fragen verbunden. Möglichst viele davon soll diese Broschüre beantworten.

Heimische mineralische Rohstoffe – unverzichtbar für Deutschland!

1

Übersicht und Definitionen

Zu den in Deutschland gewonnenen Rohstoffen zählen die folgenden Rohstoffgruppen:

Energierohstoffe

Energierohstoffe sind Rohstoffe zur Energiegewinnung. Hierzu gehören Erdöl, Erdölbegleitgas (das bei der Erdölgewinnung mit anfällt), Erdgas, Grubengas (ein Gas, das aus Steinkohleflözen austritt), Steinkohle, Braunkohle, Ölschiefer (als Brennstoff, aber auch Rohstoff in der Zementherstellung) und Uran. Uran wird nur bei der immer noch notwendigen Reinigung der Flutungswässer des ehemaligen Uranbergwerks Königstein in Sachsen abgetrennt – im Jahr 2015 gab es dort aber keine Produktion. Die heimischen Energierohstoffe sind nicht Bestandteil dieser Broschüre. Ihre im Jahr 2015 geförderte Menge und ihr Wert sind jedoch der Vollständigkeit halber in den beiden Rohstoffgalaxien am Ende dieser Veröffentlichung mit dargestellt.

Steine und Erden

Steine und Erden sind diejenigen mineralischen Rohstoffe, die typischerweise als Baurohstoffe (z. B. als Straßenschotter) oder zur Produktion von Baustoffen (z. B. als Dachziegel, Betonpflastersteine oder Gipskartonplatten) verwendet werden. Zur Gruppe der Steine und Erden zählen Sande und Kiese, gebrochene Natursteine, Kalk-, Mergel- und Dolomitsteine, Tone und Lehme, Gips und Anhydrit, vulkanische Lockergesteine, Naturwerksteine, Eisenerzbetonzuschlag und die Farberden, die bei uns nur noch zur Einfärbung von Mauersteinen dienen. Steine und Erden sind sog. Massenrohstoffe, die über ganz Deutschland verbreitet sind und auch in allen Bundesländern gewonnen werden.



Torf

Torf ist eine organische Ablagerung in Mooren und besteht aus nicht oder nur unvollständig zersetzten Pflanzenresten. Man unterscheidet verschiedene Torfarten, wobei in Deutschland nur noch Hochmoortorf und dieser vorwiegend in Niedersachsen abgebaut wird. Die von dort kommende Menge reicht bei weitem nicht, um den Bedarf zu decken, so dass immer größere Mengen von Torf, vor allem aus dem Baltikum, importiert werden.



Metalle

Metalle sind für den Industriestandort Deutschland die größte Herausforderung, denn im Jahr 1992 wurde nach über 2.000 Jahren Erzbergbau in Deutschland das bisher letzte deutsche Metallerzbergwerk geschlossen. Seit diesem Jahr müssen alle von der deutschen Industrie benötigten Metalle entweder importiert oder aus Schrotten zurückgewonnen werden. Nur noch sehr geringe Mengen an Kupfer, Silber und Gold stammen als Nebenprodukt aus deutschen Lagerstätten.

Industrieminerale

Industrieminerale sind nichtmetallische mineralische Rohstoffe, die die Industrie für ihre Produktion benötigt – oder auch zu besonders hochwertigen Produkten verarbeitet werden. Deutschland verfügt über Vorkommen von Stein-, Kali- und Magnesiumsalzen, Quarz, Quarzsand und -kies, Form- und Klebsanden, Kaolin, Bentonit, Graphit, Kieselerde, Kieselgur, Fluss- und Schwerspat, Feldspat, Pegmatitsand und Schwefel. Unsere Produktion der verschiedenen Salze, von Quarzsand und -kies, von Kaolin sowie von Schwefel ist zudem ausreichend groß, um uns damit nicht nur selbst zu versorgen, sondern sogar einen Teil exportieren zu können. Eine Vielzahl anderer Industrieminerale muss importiert werden.

Sekundärrohstoffe

Sekundärrohstoffe leisten neben der Produktion von Primärrohstoffen einen wichtigen Beitrag zur heimischen Rohstoffversorgung. Rund 80 % aller in Deutschland anfallenden Abfälle und Schrotte werden heute in irgendeiner Form recycelt oder in anderer Form stofflich oder thermisch verwertet. Selbst geringe Mengen von wertvollen Metallen in Schlämmen und Schrotten werden zurückgewonnen, aber auch Bauschutt und Straßenaufbruch werden, wenn irgendwie möglich, ein zweites Mal genutzt. Deutschland ist Recycling-Weltmeister und erspart sich dadurch nicht nur viele und teure Importe, sondern schont auch seine eigenen Lagerstätten.





Foto: MIRO/Lorenzen.

2

Rohstoffe aus Deutschland

2.1 Steine und Erden – Rohstoffe für Bau, Industrie und Umweltschutz

Sand und Kies

Vorkommen von Kiesen und Sanden finden sich in fast ganz Deutschland, sind aber aus geologischen Gründen im Alpenvorland, im norddeutschen Tiefland sowie in den Flusstälern konzentriert. Alternativ kann Kies in vielen Anwendungen auch durch gebrochene Natursteine ersetzt werden. Ohne ausreichend Sand und Kies käme die deutsche Bau- und Baustoffindustrie innerhalb weniger Tage zum Erliegen.

Die Baustoffindustrie benötigt jährlich über 140 Mio. t hochwertige Sande und Kiese als Basis für die Herstellung von Transport- und Porenbeton, Estrich, Mörtel, Betonfertigteilen und Betonwaren (z. B. Dachsteine, Pflastersteine, Gehwegplatten, Palisaden, Rohre, Eisenbahnschwellen, Fertighäuser, Treppen, Fassadensteine, Pflanzwandsysteme) sowie Kalksandsteinen.

In der Bauindustrie finden jährlich rund 90 Mio. t Sand und Kies als Straßenbaumaterial (Frostschutzkies, Tragschichtkies), als Auffüllmaterial, zur Verfüllung (z. B. von Rohrleitungen), als Drainagekies und selbst als Dachkies (auf Flachdächern) Verwendung.

Beispiel Transportbeton: *Im Jahr 2015 wurden in Deutschland in 1.890 Werken durch 9.230 Beschäftigte rund 47,2 Mio. m³ Transportbeton mit einem Wert von 3,2 Mrd. € produziert. Hierfür wurden 86,2 Mio. t Gesteinszuschläge (ca. 38,0 Mio. t Kies, ca. 30,2 Mio. t Sand, ca. 17,1 Mio. t Splitt und ca. 0,9 Mio. t Recyclingmaterial) verbraucht. Für die Herstellung von 1 m³ der mit rund 40 % häufigsten Betonsorte C25/30 werden neben 176 l Wasser, 60 kg Steinkohlenflugasche und 290 kg Zement rund 1.820 kg Gesteinszuschläge in Form von 364 kg Sand und 1.456 kg Kies oder Splitt (aus gebrochenen Natursteinen) benötigt. So sind in einem typischen unterkellerten Einfamilienhaus 208 t und in einem Mehrfamilienhaus mit Keller 701 t Gesteinskörnungen, größtenteils in Form von Beton, verbaut.*

Zusätzlich zu den schon genannten Mengen werden jährlich weitere 10 Mio. t Sand in der Zement- und Ziegelindustrie, der keramischen Industrie sowie im Garten- und Landschaftsbau benötigt. Im Garten- und Landschaftsbau wird darüber hinaus auch ein Großteil der Steine und Findlinge eingesetzt, die bei der Kiesförderung mitgewonnen werden.



Betonieren einer Bodenplatte mit Transportbeton, Foto & Copyright: Holger Kotzan, InformationsZentrum Beton GmbH.



Im oberbayerischen Kieswerk Niederneuching der Ebenhöh GmbH & Co. Kies- und Sandwerke KG werden mittels mobilem Eimerkettenbagger hochwertige Kiessande zur Versorgung des Raums Erding gewonnen, Foto: MIRO/Poschlod.

Sande und Kiese sind mengenmäßig die größte in Deutschland gewonnene Rohstoffgruppe. Der Bundesverband Mineralische Rohstoffe e. V. (MIRO) schätzt die im Jahr 2015 für Bauzwecke nachgefragte Menge an Kiessanden auf 239 Mio. t mit einem Wert von 1,51 Mrd. €. Diese Menge wurde in 2.050, größtenteils mittelständischen Sand- und Kieswerken gewonnen. Unter Bergrecht standen hiervon 453 Betriebe, fast alle in den neuen Bundesländern, mit einer verwertbaren Produktion von 58,4 Mio. t. Seit ihrem Höhepunkt in den 1970er Jahren ist die Nachfrage deutlich gefallen. So betrug die Produktionsmenge an Kies und Sand im Jahr 1972 allein in Westdeutschland rund 500 Mio. t, während sie im Jahr 1994 in Gesamtdeutschland bei nur noch 450 Mio. t lag. Sand und Kies werden nur auftragsbezogen produziert, entsprechend des Bedarfs aus der Bevölkerung und der Wirtschaft.

Als größtes Kieswerk Deutschlands und sogar ganz Europas gilt das Kieswerk Mühlberg der Elbekies GmbH, einer Tochterfirma des französischen Bauunternehmens Eurovia S. A. Im Kieswerk Mühlberg wurden im Jahr 2015 rund 5,4 Mio. t Kies und Sand gewonnen, davon wurde aber der größte Teil des Sandes, weil wirtschaftlich nicht absetzbar, wieder zu Rekultivierungszwecken verspült. Die verkauften 2,6 Mio. t Kies und Sand wurden zu 97 % per Bahn abtransportiert. Die Produkte aus Mühlberg/Elbe finden traditionell Absatz in den Großräumen Berlin und Hamburg sowie bundesweit in Großbauprojekten.



Das Kieswerk Mühlberg/Elbe in Brandenburg ist nicht nur das größte in Europa sondern auch führend im Absatz seiner Produkte per Bahn, Foto: Elbekies GmbH.

Gebrochene Natursteine

Natursteine, also natürliche Festgesteine, wie Granit, Basalt oder Gneis, kommen nur in den deutschen Mittelgebirgen und in den Alpen vor und können daher auch nur dort abgebaut werden. In den Regionen ohne ausreichende Kiessandvorkommen ersetzen sie den Kies als Betonzuschlag.

Darüber hinaus werden (gebrochene) Natursteine wegen ihrer Festigkeit und Zähigkeit im Eisenbahnbau (Gleisunterbau und Gleisschotter), im Wasserbau (Wasserbausteine) sowie als Zuschlag bei der Asphaltherstellung geschätzt. Seit einigen Jahren verbreitet sich zudem die Füllung von Steinzäunen (Gabionen) mit Natursteinen.

***Beispiel Asphalt**: In Deutschland sind ca. 95 % aller befestigten Straßen, darunter alle Bundesstraßen, mit einer Asphaltdecke ausgestattet. Im Jahr 2015 wurden in Deutschland in 608 Mischanlagen mit ca. 2.400 Beschäftigten rund 39 Mio. t Asphaltmischgut im Wert von 1,7 Mrd. € produziert. Von der Produktion waren rund 10 Mio. t sogenannter Ausbauasphalt, also wiederverwendeter Straßenasphalt. Die übrigen 29 Mio. t bestanden zu ca. 96 % aus natürlichen (und in untergeordnetem Maß industriell hergestellten) Gesteinskörnungen, überwiegend aus gebrochenem Naturstein, sowie zu ca. 4 % aus Bitumen und gegebenenfalls Zusatzstoffen.*





Mit gebrochenen Natursteinen gefüllte Gabionen als Grundstücksbegrenzung, Foto: BGR.



Im Jahr 2015 wurden nach Erhebungen des Bundesverbands Mineralische Rohstoffe e. V. (MIRO) in Deutschland ca. 210 Mio. t gebrochene Natursteine im Wert von 1,44 Mrd. € nachgefragt. Im Rekordjahr 1994, kurz nach der Wiedervereinigung, waren es noch 282 Mio. t Schotter und Splitt mit einem Wert von 1,72 Mrd. €. Die im Jahr 2015 gewonnene Menge stammte aus 811 Steinbrüchen, von denen 147 unter Bergrecht standen. Der produktionsstärkste Hartsteinbruch Deutschlands ist der Steinbruch Flechtingen (Sachsen-Anhalt) der Norddeutsche Naturstein GmbH, einer Tochterfirma der Basalt AG. Hier wurden im Jahr 2015 rund 3,1 Mio. t Rhyolith, ein vulkanisches Gestein, abgebaut und per Lkw, Schiff und Bahn abgesetzt.

Nur mit mineralischen Gesteinskörnungen lassen sich Straßen, Radwege, Brücken, Tunnel, Wasserstraßen, Schienenwege und Gleisanlagen dauerhaft bauen bzw. sanieren. Auch unsere öffentlichen Gebäude wie Krankenhäuser, Schulen, Kindergärten sowie Sportstätten und auch alle anderen gewerblichen Bauten sind ohne den Einsatz von Naturstein, Kies und Sand undenkbar. Und auch die meisten Bundesbürger dürften sich bei freier Auswahl für ein Einfamilienhaus in Beton- oder Steinbauweise entscheiden, da diese Baumaterialien unter anderem wegen ihrer Haltbarkeit und Festigkeit für einen langen und verlässlichen Wohnkomfort sowie einen hohen Wiederverkaufswert stehen.

Kalksteinabbau im oberbayerischen Fischbachau der Hartstein- und Schotterwerk Ludwig Groß GmbH, Foto: MIRO/Bayer.

VON SANIERUNGSBEDÜRFTIGEN
STRASSEN UND BRÜCKEN



Deutschland ist ein wirtschaftlich hoch entwickeltes Land. Rund 2,8 Mio. Lkw sind bei uns zugelassen. Zusammen mit Millionen ausländischer Lkw transportieren sie von Industrie und Handel benötigte und hergestellte Waren durchs ganze Land. Dazu kommen 45,1 Mio. in Deutschland zugelassene Pkw.

Das war nicht immer so. Vor 50 Jahren, 1966, gab es in Deutschland 0,9 Mio. Lkw und 10,3 Mio. Pkw. Dies war auch die Zeit, in der im Westen Deutschlands ein Großteil der Autobahnen und Bundesstraßen mit den dazu gehörigen Brücken gebaut wurden. In den neuen Bundesländern ist die Lage anders. Hier entstanden viele neue Fernstraßen erst nach 1990.

Die Lebensdauer einer Straße hängt stark von ihrer Nutzung und der Wartungsintensität ab. Eine neu erbaute Straße würde ohne regelmäßigen Unterhalt nach etwa 50 Jahren zerfallen. Die mittel- und langfristige Planung der Sanierungsarbeiten ist anspruchsvoll, denn eine Straße besteht aus verschiedenen Elementen: Deckschicht, Tragschicht und Unterbau. Diese Schichten wiederum bestehen aus verschiedenen Materialien auf Basis von mineralischen Rohstoffen und haben unterschiedliche Lebensdauern. Die Deckschicht, aus Beton oder Asphalt, hält bis zu 25 Jahre, die Tragschicht, aus Mineralgemisch, Beton oder mit Asphalt, Kalk oder Zement gebundenem Splitt, bis zu 50 Jahre und der Unterbau bis über 100 Jahre – auf Autobahnen reduzieren sich diese Lebensdauern allerdings um rund ein Drittel.

Die Deckschicht einer Straße lässt sich meist gut sanieren. Und man weiß auch: Spätestens wenn es anfängt zu bröckeln, muss man schnellstens ran! Anders bei den Tragschichten, deren Zustand nur nach aufwändigen Untersuchungen zu beurteilen ist. Diese haben in den letzten Jahren gezeigt: Die Lebensdauer einer großen Zahl der in den 1960er und 1970er Jahren gebauten Straßen ist nun am Ende und so befinden sich nach aktuellen Angaben des Bundesverkehrsministeriums derzeit rund 17 % der 12.993 km



Bundesautobahnen sowie 35 % der 38.303 km Bundesstraßen in einem schlechten bis sehr schlechten Zustand. Auf Länderebene sind bis zu 63 % der zusammen 191.779 km Landes-, Staats- und Kreisstraßen in einem schlechten oder sehr schlechten Zustand – übrigens auch in den neuen Bundesländern.

Sanierungsbedarf besteht auch bei einem Teil der rund 39.500 Brücken auf Autobahnen und Bundesstraßen, die aus etwa 51.300 Teilbauwerken (größere Brücken setzen sich oft aus mehreren Teilbauwerken zusammen) bestehen. Nach aktuellen Angaben des Bundesverkehrsministeriums sind ca. 2.400 Teilbauwerke in einem möglicherweise mangelhaften oder gar ungenügenden Zustand. In Bezug auf die Brückenfläche handelt es sich bei dem überwiegenden Teil dieser Bauwerke um Großbrücken mit einer Brückenlänge von über 100 m. Diese Bauwerke sind hinsichtlich der vorhandenen Tragreserven besonders kritisch und müssen vorrangig untersucht und im Bedarfsfall saniert werden.

Für die teils überfällige Sanierung der deutschen Brücken hat das Bundesverkehrsministerium im Jahr 2012 ein „Sonderprogramm Brückenmodernisierung" aufgelegt, das im Jahr 2015 noch einmal aufgestockt wurde. In den Jahren 2015 bis 2018 stehen in diesem Programm 1,97 Mrd. € für die „Brückenertüchtigung" zur Verfügung. Die Sanierung der kleineren Brücken, darunter praktisch auch aller Brücken auf kommunaler Ebene, wird aus wirtschaftlichen Erwägungen heraus in den wenigsten Fällen durch einen Ersatzneubau realisiert. Stattdessen wird versucht, die Standsicherheit der Brücke durch Sanierungsmaßnahmen noch möglichst lange zu erhalten. Bei längeren Talbrücken ist dies jedoch meist nicht wirtschaftlich und diese werden bei hohen Kosten neu gebaut.

Wie schon ausgeführt, bestehen alle Schichten einer Straße aus mineralischen Rohstoffen. Ob Mineralgemisch, Beton, Asphalt oder mit Zement oder Kalk gebundener Splitt, stets handelt es sich um – praktisch ausschließlich heimische – mineralische Rohstoffe, die irgendwo in Deutschland in Steinbrüchen gewonnen wurden. Und auch für den Unterbau oder die Tragschicht verwendetes Recyclingmaterial besteht selbstverständlich aus mineralischen Rohstoffen.

Ähnlich sieht es mit den Brücken aus. Sieht man einmal von Holz- oder Seilbrücken ab, bestehen 94 % der Massivbrücken aus Stein, Beton, Stahlbeton oder Spannbeton – auf Basis mineralischer Rohstoffe. Daneben gibt es zwar noch Gusseisen-, Stahl-, Aluminium- oder neuerdings Kohlefaser- bzw. Carbon-Brücken, deren Herstellung erfordert aber wiederum andere Rohstoffe, genauer Metalle oder Erdöl.

Der Bedarf an mineralischen Rohstoffen für den Ausbau und den Erhalt der gesamten deutschen Infrastruktur ist enorm. So werden für 1 km Autobahn rund 216.000 t, für 1 km Bundesstraße rund 87.000 t, für 1 km Kreisstraße rund 23.000 t, für 1 km Schienenweg rund 35.000 t, für eine Brücke im Durchschnitt 21.000 t und für 1 km Radweg immerhin noch 11.000 t Gesteinskörnungen benötigt. Da bereits schon jetzt über 96 % des anfallenden Straßenaufbruchs recycelt wird, sind die zusätzlich erforderlichen Mengen nur durch den Abbau mineralischer Rohstoffe zu erreichen.

Autobahn A3, Neubau Talbrücke Aschaffquelle, Luftaufnahme, Foto: NürnbergerLuftbild.



Im Steinbruch Burglengenfeld in Ostbayern werden Kalksteine für die heimische Zementindustrie gewonnen, Foto: HeidelbergCement AG.

Kalk-, Mergel- und Dolomitsteine

Kalk-, Mergel- und Dolomitsteine sind karbonatische Festgesteine, die sich in Deutschland nur bildeten, wo einst Meere unser Land bedeckten. An der Erdoberfläche finden sie sich heute vor allem im Bergischen Land, der Schwäbischen und Fränkischen Alb, der Lahn-Mulde und der Eifel, in Mainfranken, in Teilen des Harzes und Thüringens, dem Münsterland und in den nördlichen Voralpen. Aber auch in anderen Regionen Deutschlands und sogar bei Berlin gibt es einzelne gute Kalksteinvorkommen.

Kalk-, Mergel- und Dolomitsteine sind Rohstoffe mit besonders vielen Verwendungsbereichen. In Form von Splitt und Schotter dienen harte Kalk- und Dolomitsteine, wie andere Festgesteine auch, zum Beton-, Wege- oder Eisenbahnbau. Bei der Zementherstellung sind Kalk- und Mergelsteine die wichtigsten Primärrohstoffe. Die Kalkindustrie brennt einen Teil des Kalksteins (Calciumkarbonat), wobei sich bei Temperaturen zwischen 900 und 1.200 °C Branntkalk (Calciumoxid) bildet. Dieser Branntkalk wird entweder als Stückkalk verkauft oder durch Mahlen und das sog. Löschen zum sog. Löschkalk oder Kalkhydrat (Calciumhydroxid), einem feinen Pulver, veredelt.

Im Baugewerbe wird Löschkalk seit Jahrtausenden zum Anmischen von Mörtel eingesetzt und zur Produktion von Kalksandsteinen und Porenbeton wird Branntkalk benötigt.

Beispiel Zement: *Zement ist das reaktive Bindemittel in allen Betonsorten. Ohne Zement kein Beton – der meistbenutzte Baustoff der Erde! Im Jahr 2015 wurden in den 55 deutschen Zementwerken mit ihren 7.810 Beschäftigten rund 31,2 Mio. t Zement im Wert von 2,49 Mrd. € produziert. Eingesetzt wurden dafür rund 30 verschiedene Primär- und Sekundärrohstoffe. Zu den mengenmäßig bedeutendsten mineralischen Primärrohstoffen zählten im Jahr 2015 36,9 Mio. t Kalk- und Mergelstein bzw. Kreide, 1,2 Mio. t Ton, 1,3 Mio. t Naturgips und -anhydrit, 1,1 Mio. t Sand sowie 115.000 t Eisenerz.*

Die deutsche **Eisen- und Stahlindustrie** verbraucht rund ein Drittel des in Deutschland in den 57 deutschen Kalkwerken produzierten Branntkalks. Bei der Gewinnung von Eisen aus Eisenerz machen Branntkalk, gebrannter Dolomit, Löschkalk und Kalkstein- bzw. Dolomitsteinmehl zunächst das Erz stückig und damit hochofentauglich. Im Hochofen befreit hochreiner Kalkstein dann das flüssige Roheisen von störenden mineralischen Verunreinigungen. Für die Herstellung einer Tonne Roheisen werden daher ca. 20 – 30 kg Branntkalk und ca. 100 – 200 kg Kalk- bzw. Dolomitstein benötigt. Bei der anschließenden Stahlherstellung entfernt Kalk die Elemente Kohlenstoff, Silizium, Phosphor und Mangan aus den eingesetzten Rohstoffen und bindet den Schwefel – auch die Herstellung einer Tonne Stahl erfordert daher den Einsatz von 40 – 60 kg Branntkalk. Die übrigbleibende Hochofenschlacke wird zermahlen und gelangt als Hüttenkalk in die Landwirtschaft. Im Jahr 2015 verbrauchte die deutsche Eisen- und Stahlindustrie 5,4 Mio. t ungebrannte und gebrannte Kalksteinprodukte zur Produktion von 27,8 Mio. t Roheisen und 42,7 Mio. t Rohstahl.

Im **Umweltschutz** wird Kalk unter anderem zur Rauchgasreinigung in Kohlekraftwerken, Müllverbrennungsanlagen oder Anlagen der chemischen Industrie eingesetzt. Durch die Zugabe von Kalksteinmehl bzw. Löschkalk werden mit Ausnahme der Stickoxide alle Schadstoffe im Rauchgas gebunden und besonders das stets in großen Mengen im sauren Gas enthaltene Schwefeldioxid in Form von REA-Gips ausgeschieden. REA-Gips wiederum ist ein wertvoller Ersatzrohstoff und ersetzt Naturgips in praktisch allen Anwendungen (s. Gips und Anhydrit). Im Jahr 2015 wurden in Deutschland 2,7 Mio. t ungebrannte und gebrannte Kalksteinprodukte zur Luftreinhaltung eingesetzt.

Über Wäldern werden Dolomitsteinmehle mit Hubschraubern verstreut, um den häufig zu sauren Waldboden aufzukalken und mit Magnesium anzureichern. Der Waldboden ist nicht nur für das Wachstum der Pflanzen wichtig, er filtert auch das Regenwasser und entscheidet damit über die Qualität des Trinkwassers, das vielerorts unter den Böden großer Waldgebiete gewonnen wird. Die Bodenschutzkalkung oder Waldkalkung ist weiterhin nötig. Denn obwohl der Regen nicht mehr so sauer ist wie vor 30 Jahren, lagern im Boden durch die jahrzehntelange Belastung noch



Zement – ein unscheinbares graues Pulver, aber unverzichtbar in der Herstellung des wichtigsten Baustoffs der Erde: Beton, Foto: HeidelbergCement AG.



Zur Stahlherstellung wird neben Roheisen auch Kalk zur Bindung bzw. Entfernung störender Elemente eingesetzt, Foto: Salzgitter AG.



Für die Glasherstellung braucht man verschiedene Primär- und Sekundärrohstoffe, Foto: Dennert Poraver GmbH.

erhebliche Säure-Altlasten. Aktuell werden pro Jahr rund 0,5 % der Waldfläche Deutschlands (ca. 60.000 ha) durch modernste Technik (Hubschrauber, Verblasen) mit etwa 180.000 t Dolomitsteinmehl versorgt.

Deutlich mehr, jährlich rund 2,7 Mio. t **Düngekalk** in Form von Kalksteinmehl, Hüttenkalk, Branntkalk bzw. gebranntem Dolomit, nutzt die deutsche Landwirtschaft zur Aufkalkung von sauren Böden (Acker- und Grünland). Im Wirtschaftsjahr 2015/16 waren es im bundesdeutschen Mittel 141 kg Calciumoxid pro Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche. Die Kalkdüngung verbessert die Bodenfruchtbarkeit und wirkt der Bodendegeneration entgegen.

Auch in der **chemischen Industrie** sind die Einsatzmöglichkeiten von Kalk – als natürliches Calciumkarbonat, als gebranntes Calciumoxid, als gelöschtes Kalkhydrat oder als chemisch gefälltes, hochreines Calciumkarbonat – außerordentlich vielfältig. Genutzt werden diese Kalksteinprodukte für die Herstellung zahlreicher anorganischer oder organischer Calciumverbindungen (z. B. für die Herstellung von Calciumcarbid, dem Grundstoff für viele Kunststoffe, und Acetylen zum Schweißen), als Reaktionsmittel bei chemischen Synthesen, zur Veränderung von pH-Werten oder auch nur zu Neutralisation von Säuren.

Hochreines, chemisch gefälltes Calciumkarbonat wird als **Füllstoff** in Papiermassen oder Pigment in Streichfarben eingesetzt. Es verleiht Papier höchste Weiße und Dichte, erhöht das Volumen und verbessert Bedruckbarkeit und Lichtechtheit. Die Herstellung von hochwertigen Schreib- und Druckpapieren ist nur durch die Zugabe von Calciumkarbonat möglich.



Kalkstein ist ebenfalls Ausgangsprodukt in der **Produktion von Soda** (Natriumkarbonat) nach dem schon 1863 erfundenen Solvay-Verfahren. Soda ist eines der am vielseitigsten verwendbaren chemischen Produkte und ist unabdingbar für die Herstellung von Glas, beim Recycling von Altpapier und für die Herstellung von Wasch- und Reinigungsmitteln. Bei der Eisen- und Stahlherstellung dient es der Entschwefelung. Die weiterverarbeitende chemische Industrie setzt Soda zur Herstellung einer Vielzahl von Produkten, darunter Bleichmitteln, Farben, Füllstoffen, Leim- und Klebstoffen ein. Zur Erzeugung einer Tonne Soda werden 1.100 bis 1.250 kg Kalkstein verbraucht. Allein 1 Mio. t Kalkstein gehen jährlich an die deutschen Sodaproduzenten.

In der **Trink- und Brauchwasseraufbereitung** dient Kalk zur Einstellung des Härtegrades durch Ent- bzw. Aufhärtung des Rohwassers. Bei der Abwasseraufbereitung bewirkt Kalk eine Senkung des Phosphatgehalts und eine Ausfällung von Schadstoffen im Wasser. In Kläranlagen entsteht dabei pflanzenverfügbares, reines Calciumphosphat, ein gut geeignetes Düngemittel. Auch werden durch Kalkzugabe organische Schadstoffe aus dem Wasser entfernt und krankheitserregende Keime und Bakterien vernichtet. Trübstoffe



Waldkalkung erfolgt wahlweise durch Verblasen am Boden oder, wie hier bei Siegen, durch einen Hubschrauber, Foto: Düngekalk-Hauptgemeinschaft.

flocken aus und toxische Schwermetalle, wie Kupfer, Nickel, Kadmium und Blei, fallen aus. Letztendlich unterbindet Kalk auch die Geruchsbelästigung aus Kläranlagen. Im Jahr 2015 wurden in Deutschland 522.000 t ungebrannte und gebrannte Kalksteinprodukte zur Wasser- und Abwasseraufbereitung verwendet.

Auch in der **Glasherstellung** ist Kalkstein unverzichtbar. Aus einem Gemisch von Quarzsand, Soda, Kalkstein, Dolomit und Feldspat (sowie mittlerweile hohen Anteilen von Recyclingglas) wird in der Glaswanne bei Temperaturen um 1.450 °C Glas erschmolzen. Kalk macht dabei als Härtebildner das Glas hart und dicht. Für die Herstellung von 1 t Glas werden durchschnittlich 45 kg Kalkstein und 10 kg Dolomit benötigt. Im Jahr 2015 benötigte die deutsche Glasindustrie mit ihren 58 Glashütten 477.000 t Kalk- und Dolomitstein zur Produktion von rund 7,4 Mio. t Glas.

In der deutschen **Zuckerindustrie** ist Kalk ebenfalls unentbehrlich. Der erwärmte dunkelgraue Rohsaft aus Zuckerrübenschnitzeln wird mit Kalkmilch versetzt, wodurch die Nichtzuckerstoffe, vor allem Eiweiße, ausfällen und anschließend ausfiltriert werden. Pro Tonne Rüben werden etwa 20 bis 25 kg Kalk eingesetzt, je Tonne Rohzucker etwa 100 bis 120 kg. Rund 318.000 t Kalkprodukte wurden im Jahr 2015 in den 20 deutschen Zuckerfabriken zur Produktion von 2,9 Mio. t Zucker im Wert von 2,6 Mrd. € verarbeitet.

Insgesamt wurden in Deutschland im Jahr 2015 ca. 65,0 Mio. t Kalk-, Mergel- und Dolomitsteine inkl. Marmor sowie 1,7 Mio. t Kreide aus rund 210 Steinbrüchen gefördert. Die absolute Mehrheit der gewonnenen Karbonatgesteine, 36,9 Mio. t, wurde zur Produktion von Zement eingesetzt. 16,0 Mio. t der Kalk- und Dolomitsteine gingen in den Hoch- oder Tiefbau. Die Kalkindustrie konnte 18,3 Mio. t ungebrannte und 6,5 Mio. t gebrannte Kalkprodukte verkaufen. Produktionsstärkste Kalksteinbrüche Deutschlands und zugleich Europas sind die Steinbrüche Rohdenhaus und Silberberg des Kalkwerks Flandersbach in Nordrhein-Westfalen, das zur Rheinkalk-Gruppe der belgischen Lhoist S.A. gehört. Hier betrug die Rohkalksteinförderung im Jahr 2015 9,3 Mio. t.

Tone und Lehme

Tone und Lehme kommen in den unterschiedlichsten Qualitäten ungleichmäßig verteilt, aber in ganz Deutschland vor und werden in allen Bundesländern an zahlreichen Einzelstandorten abgebaut. Unterschieden werden je nach Anwendungsbereich keramische Tone und Lehme, Feuerfesttone, Tone für die Zementindustrie (als Rohstoff für Aluminium und Silizium) sowie Tone für den Tief- und Deponiebau (als möglichst undurchlässiges und günstiges Abdichtungsmaterial).

Kein Baustoff ist so alt wie Ziegel. Während in Ägypten die Pyramiden von Gizeh fertiggestellt wurden, etwa 2.500 v. Chr., deckte man im griechischen Milos die Dächer schon lange mit Ziegeln aus gebranntem Ton. Noch heute werden in Europa die meisten Dächer mit Dachziegeln eingedeckt. Dass dieses Baumaterial bis heute nichts von seiner Attraktivität eingebüßt hat, hat vor allem mit seiner Langlebigkeit und seiner kostengünstigen Produktionsweise zu tun.

Heute werden in Deutschland aus keramischen Tonen und Lehmen nicht nur Dachziegel aller Art, sondern auch Fliesen, Klinker, Pflasterklinker und vor allem Mauersteine (Vor- und Hintermauerziegel) gefertigt. Aus den in Deutschland gewonnenen Tonrohstoffen produzierten die 115 deutschen Ziegelwerke im Jahr 2015 unter anderem 625 Mio. Stück Dachziegel im Wert von 672 Mio. € und 6,9 Mio. m^3 Mauersteine im Wert von 562 Mio. €.

Feuerfesttone werden für Hochtemperaturanwendungen eingesetzt, bei denen Temperaturen über 1.200 °C auftreten, sowie in Einsatzbereichen mit einer großen Säurebelastung. Sie schützen in

Oberhalb der Fundamentplatte aus Beton wird in Deutschland meist mit Ziegeln aus gebranntem Ton gemauert und mit Dachziegeln der Dachstuhl gedeckt – ohne heimische mineralische Rohstoffe wäre dies nicht denkbar, Foto: Lebensraum Ziegel / Unipor.



Form von preisgünstigen Feuerfeststeinen zum Teil Prozessanlagen in der chemischen Industrie, die Innenauskleidungen der Schmelzöfen in der Stahl- und Buntmetallindustrie sowie bei der Glasproduktion die Glaswannen vor thermischer Belastung.

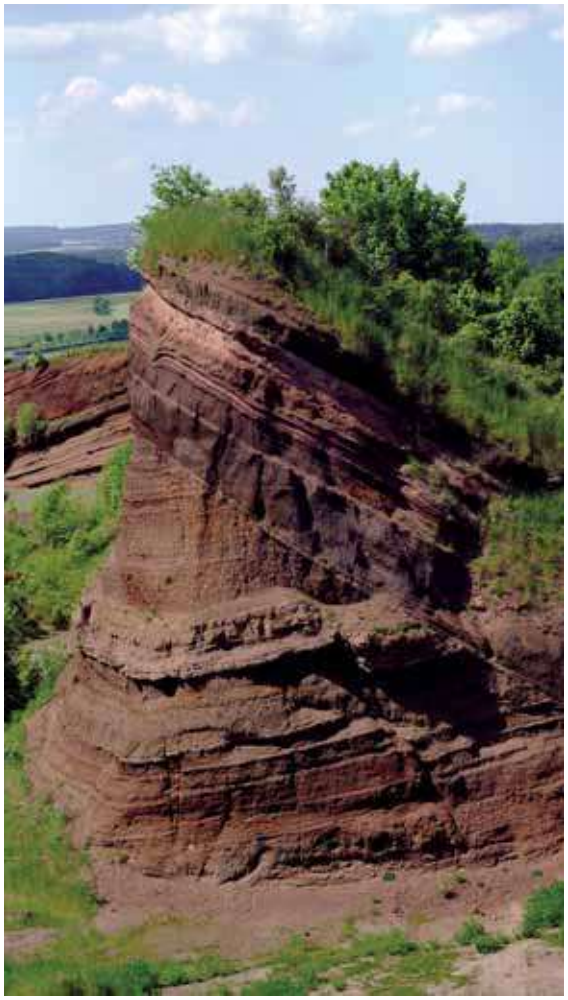
Nach Angaben der deutschen Bergbehörden wurden im Jahr 2015 in Deutschland durch 171 Betriebe 6,4 Mio. t verwertbare Mengen an Spezialton, d. h. hochwertiger Ton für die keramische, die chemische und weitere Industrien sowie Feuerfesttone, gefördert. Zusätzlich wurden in den neuen Bundesländern durch 34 Betriebe 2,1 Mio. t verwertbare Mengen an Lehm (Ziegelton) gewonnen. Die Höhe der Ziegeltongewinnung in den alten Bundesländern ist dagegen nicht bekannt, da dort Lehm (Ziegelton) nicht unter das Bergrecht fällt. Im Jahr 2010 wurde die in den alten Bundesländern geförderte Menge an Lehm und Ton letztmalig auf weitere 10,8 Mio. t geschätzt.

Bundesweit gibt es rund 510 Tongruben. Untertage, im Tiefbau, werden Spezialtone in Deutschland nur noch in zwei Gruben in Großalmerode bei Kassel sowie in Eisenberg in der Pfalz gefördert.

Vulkanische Lockergesteine

Das Auftreten und die Gewinnung vulkanischer Lockergesteine (Bims, Lavasand, Trass und Tuffstein) sind in Deutschland auf das Gebiet des Neuwieder Beckens bzw. der Vulkaneifel in Rheinland-Pfalz beschränkt, wo letztmalig vor 13.000 Jahren bei Maria Laach ein Vulkan ausbrach. Aber auch im östlichen Kaiserstuhl tritt ein vulkanisches Gestein auf, das zu den Trassrohstoffen gezählt wird.

Die Vulkaneifel ist nicht nur ein beliebtes touristisches Reiseziel, sondern der Eifelvulkanismus hat auch wirtschaftlichen Nutzen. Dies erkannten bereits die Römer, die den dort abgelagerten Bims zur Gewinnung von Mörtel und Bausteinen sowohl im Tagebau als auch unter Tage abbauten. Die Vorkommen haben im Mittelalter und später im 19. Jahrhundert zur Entwicklung einer Bimssteinindustrie geführt, die vor allem im 20. Jahrhundert enorme Bedeutung gewann. So stammten zeitweise rund 40 % aller für den Wiederaufbau der Bundesrepublik nach dem Zweiten Weltkrieg verwendeten Bausteine aus dem riesigen



Die Kraft der früheren Eifelvulkane wird in diesem ehemaligen Lavasandabbau am berühmten Rockeskyller Kopf, heute ein Landschaftsschutzgebiet und Teil des Natur- und Geoparks Westeifel, deutlich, Foto: Armin Grubert, Landesamt für Bergbau und Geologie Rheinland-Pfalz.

Bimstuff-Gebiet des Laacher Vulkans. Die heute regional noch große Bedeutung der Bimsverarbeitung geht zurück auf das Jahr 1845, als ein findiger Bauinspektor ein Verfahren entwickelte, um aus gemahlenem Bims unter Zusatz von Kalkmilch gut wärmedämmende Leichtbausteine herzustellen. Die ehemaligen Bimsvorkommen sind heute weitgehend erschöpft, der Abbau nähert sich den Ausbruchszentren der Vulkane selbst, wo jedoch die Qualität des Rohstoffs durch den zunehmenden Anteil an Nebengestein schlechter wird.

Mengenmäßig ist heute der in der gesamten Eifel abgebaute Lavasand am bedeutendsten. Er findet in der Herstellung hoch belastbarer, aber gleichzeitig leichter Korngemische für den Straßen- und Wegebau, als Zuschlag in Leichtbetonen, im Land-

schaftsbau (Pflasterunterlagen, Drainageflächen, Bodenverbesserung, Filter- und Tragschichten) sowie für Dachbegrünungen Verwendung.

Nach Informationen der Bergämter wurden im Jahr 2015 in Deutschland insgesamt 5,1 Mio. t Lavaschlacke („Lavasand“) sowie rund 302.000 t Trass und Tuffstein gefördert. Die Bergwerksproduktion von Bims, der nicht zu den unter Bergrecht stehenden grundeigenen Bodenschätzen gehört, wird auf ca. 1,2 Mio. t/Jahr geschätzt, die aus 13 Gruben stammen.

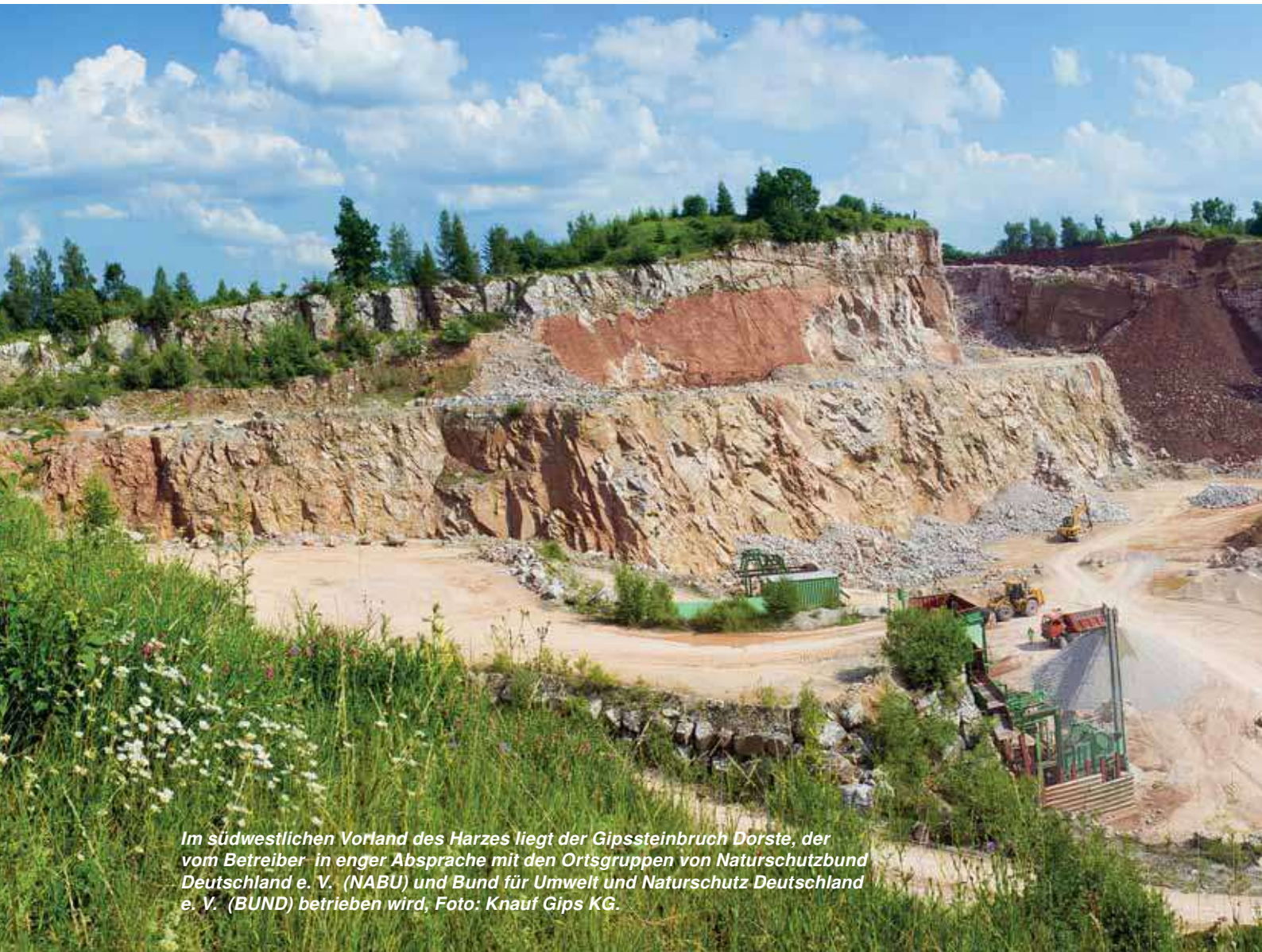
Gips und Anhydrit

Gips, die wasserhaltige Mineralform von Calciumsulfat, und Anhydrit, die wasserfreie Form, kommen in Deutschland in abbauwürdiger Ausbildung nur in wenigen Regionen vor. Dies sind vor allem der Südharz, Osthessen, Franken, das Gebiet um Rottweil in Baden-Württemberg und das Saarland.

Seit Jahrhunderten wird Gips in ganz Mitteleuropa als kreatives Baumaterial genutzt – ohne Baugips, Estrichgips und Stuckgips wären die zahlreichen mittelalterlichen Kirchen und Schlösser bei uns nicht halb so prachtvoll. Heute gehören Baustoffe auf Gipsbasis, d. h. Gipskartonplatten, Gipsputze und Fließestriche, zu den wichtigsten Werkstoffen im modernen Innenausbau. Im Jahr 2015 wurden in Deutschland 253,2 Mio. m² Gipsbauplatten (das entspricht ca. 3 m² pro Einwohner) im Wert von 534 Mio. € produziert. Bei Renovierungsarbeiten wird Stuckgips verwendet, um kleine Risse und Löcher in den Wänden zu schließen.

In der Medizin und Zahnmedizin, der feinkeramischen aber auch zahlreichen anderen Industrien (z. B. zur Karosserieformgebung in der Automobilindustrie) kommen Modell- und Formgipse zum Einsatz.

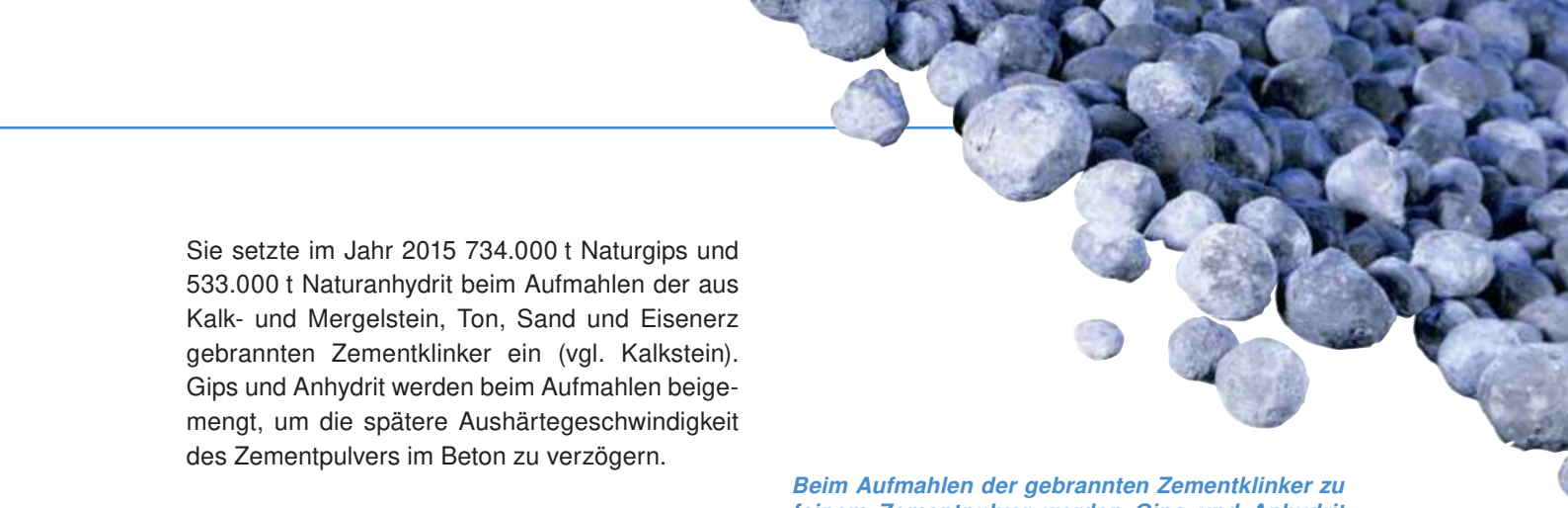
Ein weiterer Großverbraucher von Gips und Anhydrit in Deutschland ist die Zementindustrie.



Im südwestlichen Vorland des Harzes liegt der Gipssteinbruch Dorste, der vom Betreiber in enger Absprache mit den Ortsgruppen von Naturschutzbund Deutschland e. V. (NABU) und Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e. V. (BUND) betrieben wird, Foto: Knauf Gips KG.

Sie setzte im Jahr 2015 734.000 t Naturgips und 533.000 t Naturanhydrit beim Aufmahlen der aus Kalk- und Mergelstein, Ton, Sand und Eisenerz gebrannten Zementklinker ein (vgl. Kalkstein). Gips und Anhydrit werden beim Aufmahlen beigemengt, um die spätere Aushärtegeschwindigkeit des Zementpulvers im Beton zu verzögern.

Nach Erhebungen des Bundesverbandes der Gipsindustrie e. V. wurden im Jahr 2013 (neuere Daten liegen noch nicht vor) in Deutschland rund 4,1 Mio. t Naturgips und Naturanhydrit gewonnen. Diese stammten nach Schätzungen von Branchenkennern aus rund 50 Steinbrüchen und zehn Bergwerken. Dazu wurden in Braunkohle- und in Steinkohlekraftwerken zusammen 7,2 Mio. t REA-Gips aus der Abgasreinigung produziert. Die heimische Gipsindustrie verbrauchte im Jahr 2013 6,0 Mio. t Gips und die deutsche Zementindustrie 1,5 Mio. t Gips. Mit der zunehmenden Abschaltung von Kohlekraftwerken im Zuge der Energiewende wird ein Defizit im Gipsangebot auftreten, das durch zunehmenden Naturgipssteinabbau oder durch Importe abgedeckt werden muss.



Beim Aufmahlen der gebrannten Zementklinker zu feinem Zementpulver werden Gips und Anhydrit beigemengt, um die spätere Aushärtegeschwindigkeit des Betons zu reduzieren, Foto: Heidelberg-Cement AG.



Naturwerksteine

Naturwerkstein ist der für die Verwendung im Bauwesen oder als Denkmal bearbeitete Naturstein. Er wird, wie die gebrochenen Natursteine (vgl. diese), in Deutschland in ähnlichen Gebieten wie diese, allerdings nur selten in den gleichen Steinbrüchen gewonnen. Da der Verbrauch an Naturwerkstein im Gegensatz zu gebrochenen Natursteinen nur sehr gering ist, werden Naturwerksteine oftmals in sehr kleinen Steinbrüchen gewonnen.

Um Schäden und Risse in den Naturwerksteinen zu vermeiden, werden diese heute überwiegend durch den Einsatz von mit Industriediamanten besetzten Seilen oder mit großen Sägen vorsichtig als große, tonnenschwere Blöcke aus der Steinbruchwand geschnitten. Die Rohblöcke werden dann in den Werken der deutschen Natursteinindustrie in Gattern je nach Bedarf in dickere Scheiben oder dünnere Rohplatten aufgesägt und anschließend auf das gewünschte Format geschnitten. Neben quadratischen oder rechteckigen Platten sind durch die modernen Bearbeitungsmaschinen alle beliebigen Formen lieferbar. Neben Plattenformaten können beliebige Massivteile hergestellt werden. Massive Bauteile wie Gesimse, Umrahmungen und Pfosten ermöglichen eine ästhetische Gliederung, eingefräste Nuten und Rillen erzeugen markante Licht- und Schatteneffekte.

Ob für Fassaden von markanten Gebäuden, Massivbauten (die Frauenkirche Dresden besteht vollständig aus Sandstein aus dem Elbsandsteingebirge), Bodenplatten, Küchenarbeitsplatten, Waschbecken oder ganze Bäder, Treppenstufen, Wandbeläge, Grabmale, im Garten- und Landschaftsbau (für Trockenmauern, Einfassungen, Sitzelemente, Wasserwände, Quellsteine, Schrittplatten, Pflastersteine) oder Skulpturen, kaum einer wird sich der Faszination von Naturwerksteinen entziehen können.

Und so hat die deutsche Natursteinindustrie weniger mit einem Akzeptanz- als mit einem Kostenproblem durch Importe billiger Natursteine aus Indien und China zu tun. Gegenüber Importgesteinen bietet aber der regionale Naturstein etliche Vorteile. Er ist in unserem Klima äußerst widerstandsfähig und robust. Bei vielen Steinimporten aus Fernost ist dies aber nicht garantiert. Problematisch ist auch die Umweltbelastung, die sich durch den Transport von Naturwerksteinen aus fernen Regionen ergibt. Dabei sind regionale Natursteine hoher Qualität oft gar nicht teurer als importiertes Material und wurden zudem noch unter hiesigen Sozial- und Umweltstandards abgebaut und verarbeitet.

Der Deutsche Naturwerkstein-Verband e. V. schätzt, dass in Deutschland derzeit 200 – 250 in Betrieb befindliche Naturwerksteinbrüche existieren, davon über 40 % in Bayern. Abgebaut werden in erster Linie Jura Marmor und Travertin, danach sonstige Kalk- und Sandsteine sowie weit untergeordnet Granit. Die angeschlossenen rund 100 Verarbeitungsbetriebe produzierten aus den in den Brüchen gewonnenen Rohblöcken im Jahr 2015 rund 444.000 t verwertbare Mengen an rohen, grob behauenen oder lediglich zerteilten



Natursteinen im Wert von ca. 52 Mio. €. Zusätzlich wurden im Jahr 2015 zur Deckung der heimischen Nachfrage rund 257.000 t unbearbeitete Naturwerksteine (davon 2/3 Granit) mit einem Wert von 37,0 Mio. € aus aller Welt importiert und ebenfalls zu hochwertigen Natursteinprodukten weiterverarbeitet.



Wendeltreppe mit Stufen aus fränkischem Jura-Kalkstein, Foto: Deutscher Naturwerkstein-Verband e. V.



Haus bei Kaiserslautern mit Außenwandbekleidung aus pfälzischem Schweinstaler Sandstein, Foto: Deutscher Naturwerkstein-Verband e. V.



Gewinnung von Rohblöcken im Sandsteinbruch Maulbronn, Baden-Württemberg, der Lauster Steinbau GmbH, Foto: Lauster Steinbau GmbH.





Einfamilienhaus mit Dachdeckung aus Moselschiefer in Glücksburg, Schleswig-Holstein, Foto: Rathscheck Schiefer und Dach-Systeme.



Auch zur Sanierung von Burgdächern, hier der Burg Eltz, ideal: Moselschiefer in Altdeutscher Deckung, Foto: Rathscheck Schiefer und Dach-Systeme.

Schiefer

Schiefer sind eine Unterart der Naturwerksteine und in einigen deutschen Mittelgebirgen (Thüringer Schiefergebirge, Rheinisches Schiefergebirge, Eifel, Hunsrück, Harz) in Form von Schiefergesteinen weit verbreitet.

Landkreise mit Gewinnung von Dachschiefern sind heute Mayen-Koblenz und Birkenfeld in Rheinland-Pfalz sowie der Hochsauerlandkreis in Nordrhein-Westfalen. Verwendet werden Dachschiefer heute überwiegend im sogenannten Schiefergürtel, der sich von Hunsrück, Mosel und Eifel im Westen bis nach Thüringen und Sachsen erstreckt. Darüber hinaus kommt Schiefer deutschlandweit in der Denkmalpflege sowie für exklusive Ein- und Mehrfamilienhäuser zum Einsatz. Aber auch in Innenbereichen kommen moderne Schieferfliesen zur Geltung.

Die einst große und historisch weit zurückreichende Produktion von Dachschiefern im Südosten von Thüringen wurde dagegen vor wenigen Jahren eingestellt. Heute werden dort nur noch Blähschiefer für die Leichtbetonproduktion, als Trockenschüttung, für den Garten- und Landschaftsbau und als Winterstreugut, Schiefersplitt für den Straßen- und Wegebau, Schiefermehl und Schiefergrieß für die Dach- und Füllstoffindustrie sowie Schieferschotter für den Bau von Gabionen produziert.

Im Jahr 2015 lag die Schieferproduktion durch je drei Betriebe in Thüringen und Rheinland-Pfalz sowie je einen Betrieb in Bayern und Nordrhein-Westfalen bei rund 209.000 t. Davon waren aber nur rund 28.000 t Dachschiefer und andere Schiefererzeugnisse aus dem Naturwerksteinbereich.

Eisenerz

Eisenerz in Deutschland? Das gibt es auch, wobei das in Deutschland an zwei Orten abgebaute Eisenerz nicht zu Eisen verhüttet wird.

Stattdessen wird die gesamte deutsche verwertbare Eisenerzproduktion, 489.000 t im Jahr 2015, größtenteils als farbiger und eisenreicher Zuschlagstoff für die Beton- bzw. Zementindustrie verwendet. Andere Bereiche, die der größte Produzent, die Barbara Erzbergbau GmbH aus Porta Westfalica, Nordrhein-Westfalen, beliefert, sind der Tief- und Straßen-, der Wasserwege- sowie der Garten- und Landschaftsbau. Bei uns ist also Eisenerz ein typischer Steine- und Erden-Rohstoff. In derzeit zwei Tief- und einem Tagebau am Nordhang des Wesergebirges baut die Barbara Erzbergbau GmbH seit 1883 einen eisenschüssigen Korallenkalkstein ab, der bis zu 16 % Eisen (Fe) enthält.

Zweiter Produzent von Eisenerz in Deutschland ist eine Baustoffhandlung aus Völpke in Sachsen-Anhalt, die eine Feinerzhalde mit im Mittel 38 – 40 % Fe aus ehemaliger Eisenerzproduktion im benachbarten Badeleben abbaut. Dieses Eisenerz dient in der norddeutschen Zementindustrie als Zuschlagstoff.

WINDKRAFT –
EINE WICHTIGE ENERGIEQUELLE

Ende des Jahres 2015 gab es in Deutschland 26.772 Windkraftanlagen, davon 25.980 an Land. Windenergie ist ein unverzichtbarer Bestandteil der Energiewende. Windenergie trug im Jahr 2015 13,3 % zur deutschen Stromerzeugung bei – dieser Anteil soll bis 2030 auf 38 % steigen.

Die Windtechnologie hat sich in den letzten Jahren stark entwickelt. Der Trend zu immer größeren und leistungsstärkeren Windrädern setzt sich ungebrochen fort. Seit der Jahrtausendwende dominiert die sog. 2- bis 3-Megawatt-Klasse den Markt, doch die Bedeutung der 3- bis 5-Megawatt-Klasse nimmt deutlich zu. Als Faustformel gilt zudem: Jeder Meter Höhengewinn steigert den jährlichen Stromertrag um 0,5 – 1 %.

Im Jahr 2015 betrug die Leistung einer an Land neu installierten Windenergieanlage im Durchschnitt 2.727 kW. Das sind 144 % mehr als noch im Jahr 2000 (1.115 kW). Der durchschnittliche Rotordurchmesser eines Windrades liegt heute mit 105 m 81 % über dem Wert von 2000 (58 m) und auch die Nabenhöhe ist auf 123 m um gut 73 % (71 m) gewachsen. Auf See betrug die durchschnittliche Leistung einer neuinstallierten Anlage 4.145 kW. Der Rotordurchmesser auf See liegt bei knapp 120 m und die Nabenhöhe bei 89 m.

Diese immer größeren und immer höheren Windkraftanlagen, davon immer mehr auf See, erfordern auch immer komplexere Materialien und größere Rohstoffmengen. Die Entwicklung der benötigten Materialien, ihre Verwendung und ihr Design stellen hohe Anforderungen an die Ingenieure in den beteiligten Unternehmen.

In aller Munde war vor wenigen Jahren der Bedarf an den Seltenen Erden, die besonders in den großen getriebelosen Windkraftanlagen mit geringem Wartungsaufwand, wie sie speziell auf See errichtet werden, in hohen Mengen zum Einsatz kommen. Aber auch zahlreiche andere Metalle, wie Kupfer, Aluminium und Gusseisen, verschiedene Stähle und natürlich auch Kunststoffe, Schmiermittel, Öle und Harze werden gebraucht.

Was wenigen bekannt ist: Zur Fertigung und Errichtung von Windkraftanlagen werden auch große Mengen mineralischer Rohstoffe benötigt, die alle aus deutschen Lagerstätten stammen.

Während bei Türmen bis zu 120 m Nabenhöhe noch reine Stahl- oder Betontürme denkbar waren, sind diese ab 140 m Nabenhöhe unwirtschaftlich. Entwickelt wurden stattdessen sogenannte Hybridtürme aus Betonturm unten (mit Betonfertigteilringen außen und Stahlausbau innen) sowie Stahlturm oben. Ein solcher 140 m hoher Turm benötigt in seinem unteren 80 m hohen Betonteil ca. 430 m³ Beton (vgl. Sand & Kies zum Bedarf an mineralischen Rohstoffen zur Herstellung von 1 m³ Standardbeton), ca. 35 t Betonstahl und ca. 20 t Spannstahl in der Fertigung. Der darauf aufgesetzte Stahlturm von ca. 60 m Höhe erfordert ca. 100 t Stahl.

Ein solch großer Turm erfordert zudem ein stabiles Fundament von in diesem Fall 21,5 m Durchmesser. Solch ein Fundament verbraucht ca. 600 m³ Beton und ca. 70 t Betonstahl.

Beispiel Max Bögl: Das bayerische Unternehmen Max Bögl zählt zu den führenden Herstellern von Fertigbetonteilen in Deutschland. Im Jahr 2015 machte die Firmengruppe mit rund 6.000 Mitarbeitern einen Umsatz von 1,64 Mrd. €. An den Standorten Sengenthal, südlich Nürnberg, und Osterrönfeld am Nord-Ostsee-Kanal in Schleswig-Holstein produziert es jährlich 200 Windkrafttürme. Als für den Hybridturm einsetzbaren Beton entwickelte die unternehmenseigene Forschungsabteilung einen selbstverdichtenden Beton mit sehr hohen Festigkeiten und sehr hoher Packungsdichte. Als Gesteinskörnungen kommen quarzreiche Sande aus der Sandgrube Schlierferhaide bei Sengenthal und ganz spezielle Kalksteinmehle und -splitte aus dem Kalksteinbruch Wiesenhofen zum Einsatz. Sowohl Sandgrube als auch Steinbruch gehören zum Unternehmen

Die einzelnen Rotorblätter von Windkraftanlagen erreichen heute schon bis zu 85 m Länge und 33 t Gewicht. Solche riesigen Rotorblätter werden nicht aus Holz oder Stahl sondern aus Gründen der Formbarkeit und Gewichtsreduktion aus Faserverbundwerkstoffen hergestellt. Für Windkraftanlagen an Land sind dies meist glasfaserverstärkte Kunststoffe (GVK) (früher Fiberglas genannt), für Anlagen auf See die noch leichteren, aber auch teureren carbonfaserverstärkten Kunststoffe (CVK).

Auf See werden sehr hohe Anforderungen an alle Materialien gestellt. So kommen dort auch vermehrt GVK als Ersatz für Metalle in anderen Bereichen zum Einsatz. Gitterroste als Laufbeläge für Wartungsplattformen, als Zwischenpodest in Türmen, Geländer oder selbst die Hubschrauberlandeplattformen werden mittlerweile aus glasfaserverstärkten Kunststoffen hergestellt. Natürlich ist bei den hochmodernen Anlagen auch die enorme Gewichtsersparnis, die man mit diesen Kunststoffen erreicht, ein sehr wichtiger Aspekt.

In GVK für Rotorblätter liegt der Faservolumenanteil, also der Anteil an Glasfasern, bei 60 – 70 %. Glasfasern werden aus einer Glasschmelze bei Temperaturen von 1.200 bis 1.500 °C im Düsenziehverfahren hergestellt und unterhalb der Ziehdüsen mittels Wassernebel abgekühlt, gebündelt und imprägniert.

Alle für die Herstellung von Glasfasern benötigten Primärrohstoffe – Quarzsand, Soda, Kalkstein, Dolomit und Feldspat – werden in Deutschland gewonnen. Die deutsche Glasindustrie beschäftigte im Jahr 2015 in 405 Betrieben 53.325 Mitarbeiter, die 7,4 Mio. t Glas (und Steinwolle) im Wert von 8,914 Mrd. € erzeugten. Die Exportquote lag bei 52,2 %.

Hiervon produzierten im Jahr 2015 39 Unternehmen rund 349.000 t Glasfasern und Waren daraus. Sie beschäftigten 4.027 Mitarbeiter und erwirtschafteten einen Umsatz von 884 Mio. €. Ihr Exportanteil lag bei 54,2 %.

Im gleichen Jahr produzierte Deutschland aus einem Teil dieser Glasfasern, die auch viele andere Verwendungszwecke haben, rund 212.000 t glasfaserverstärkte Kunststoffe und ist damit europäischer Marktführer. Über 2.000 Unternehmen aller Größenordnungen sind in Deutschland in der Produktion von glasfaserverstärkten Kunststoffen tätig.

Windkraftanlagen bei Sonnenaufgang, Foto: Reinhard Mederer.



Ohne Salz kein Brot, Foto & Copyright: Darius Ramazani, Zentralverband des Deutschen Bäckerhandwerks e. V.



Ohne Salz keine Infusionslösung, Foto: K+S AG.



In modernen Streufahrzeugen kommen ergänzend Auftausalz und Sole zum Einsatz, Foto: K+S AG.

2.2 Industrieminerale – Rohstoffe für die Wirtschaft

Stein-, Kali- und Magnesiumsalze

Durch seine geologische Vergangenheit ist Deutschland reich an Salzlagerstätten sehr hoher Qualität. In ganz Norddeutschland, aber auch in einem Streifen von Franken bis in die Nordost-Schweiz sowie in den bayerischen Voralpen, treten abbauwürdige Steinsalzvorkommen auf. Kali- und Magnesiumsalze sind dagegen wesentlich seltener und auf Norddeutschland und den osthessisch-thüringischen Grenzraum konzentriert.

Folgende Salzarten werden unterschieden und derzeit in Deutschland gewonnen:

Steinsalz ist bergmännisch, d. h. untertägig gewonnenes Natriumchlorid. Häufig schon von Natur aus relativ rein, wird Steinsalz dennoch meist noch aufgereinigt, um etwaige Verunreinigungen, wie Ton, zu entfernen. In verschiedenen Varianten, meist aufgemahlen, kommt es dann in reiner Form in den Handel.

Natriumchlorid ist das in unserer Küche für die Ernährung verwendete Salz, kurz Kochsalz oder Speisesalz. Außer zum individuellen Würzen, zum Teil versetzt mit Jod, Fluorid oder Folsäure oder auch als Gewürzsalz, ist Speisesalz zudem bei der Lebensmittelherstellung unentbehrlich. Hierzu zählen das Pökeln von Fleisch, die Fleisch-, Fisch- und Gemüsekonservierung, die Herstellung von Suppen und Soßen, Brot und salzigen Backwaren (z. B. Laugenbrezeln), Milch-, Käse- und Fleischprodukten, Fertiggerichten und Konserven.

Genauso wie der Mensch benötigen auch Tiere Salz für ihre Ernährung. Tiere in freier Wildbahn suchen sich ihre Salzquellen selbst und sorgen für das Gleichgewicht in ihrem Natriumhaushalt. Nutztiere (Rinder, Pferde, Schafe, Ziegen, Schweine) benötigen dagegen zusätzliches Natrium, um den Mangel aufgrund eines ungenügenden Natriumgehalts der üblichen Futterpflanzen auszugleichen. Hierfür werden mit einem speziellen Verfahren 2 – 25 kg schwere Salzlecksteine gepresst, an denen sich die Tiere gemäß ihrem individuellen Bedarf bedienen.

Steinsalz ist auch in der Pharma- und Medizinindustrie ein wichtiger Grundstoff. Mit Hilfe von hochreinem Pharmasalz werden neben Dialyse- und Infusionslösungen auch eine Vielzahl von Medikamenten, diätetischen Lebensmitteln sowie Kosmetik-, Pflege- und Wellnessprodukten hergestellt.

Gewerbesalze kommen in zahlreichen Industrien und im Handwerk zum Einsatz. Hierzu zählen Fischereisalz zum Trocknen und Konservieren von Fisch, Häutesalz für die Erstbehandlung von Tierhäuten und Pelzen sowie zum Gerben von Leder und Färbesalz zur Herstellung, Verarbeitung und Veredelung von farbigen Textilien. Auch bei der Herstellung von Seife, egal ob Handseife mit Natriumchlorid oder Schmierseife mit Kaliumchlorid, ist der Einsatz von Salzen unabdingbar.

Relativ große Mengen von Steinsalz werden zudem als Streusalz für den Winterdienst eingesetzt. Die Autobahn- und Straßenmeistereien benötigen bei extremen Witterungsbedingungen Auftausalz als bewährtes Mittel für einen sofortigen und umfassenden Tauvorgang.

Sole ist eine Lösung von Steinsalz oder auch anderen Salzen in Süßwasser. In Deutschland werden nur wässrige Salzlösungen, die mindestens 14 g gelöste Stoffe in 1 kg bzw. 1 l Wasser enthalten, als Sole bezeichnet.

Man unterscheidet Badesole für Heilzwecke und Industriesole für die chemische Industrie. In der Industrie ist das in der Sole gelöste Natriumchlorid Ausgangsrohstoff für die Herstellung von Natronlauge und Chlor in der Chloralkali-Elektrolyse. Natronlage wird zur Produktion verschiedener anorganischer Salze, von Chemikalien und Aluminium benötigt. Es ist Bestandteil vieler Reinigungsmittel im Haushalt (z. B. Abflussreiniger), in der Nahrungsmittelindustrie, in der Landwirtschaft, in Käsereien und Imkereien. Chlor ist eines der wichtigsten Grundchemikalien unserer Tage und zählt zu den am meisten produzierten Chemikalien weltweit. Das bekannteste Endprodukt, das Chlor enthält, ist PVC – Polyvinylchlorid. Zahllose andere Kunststoffe, Arzneimittel, Pestizide, Desinfektions- und Lösungsmittel werden in chemischen Reaktionen gefertigt, für die Chlor benötigt wird oder enthalten selber Chlor, wie z. B. Chloroform.

Natriumchlorid ist ebenfalls Ausgangsprodukt für die Herstellung von Natriumkarbonat (Soda) nach dem bereits im Jahr 1863 erfundenen Solvay-Verfahren. Natriumkarbonat ist eines der am vielseitigsten verwendbaren chemischen Produkte und ist unabdingbar für die Herstellung von Glas, beim Recycling von Altpapier und für die Herstellung von Wasch- und Reinigungsmitteln. Bei der Eisen- und Stahlherstellung dient es der Entschwefelung. Die weiterverarbeitende chemische Industrie setzt Soda zur Herstellung einer Vielzahl von Produkten, darunter Bleichmitteln, Farben, Füllstoffen, Leim- und Klebstoffen, ein.

Beispiel chemische Industrie: *Insgesamt wurden in Deutschland im Jahr 2015 durch 3.186 Unternehmen mit 332.213 Mitarbeitern chemische Erzeugnisse im Wert von knapp 113 Mrd. € produziert. Darunter waren unter anderem 3,9 Mio. t Chlor, 3,2 Mio. t Natronlauge und 2,5 Mio. t Soda. Der Gesamtumsatz der chemischen Industrie Deutschlands lag im Jahr 2015 bei 142,3 Mrd. €. Das größte Chemieunternehmen Deutschlands (und der Welt) ist die BASF SE in Ludwigshafen. Etwa 65 % ihres Umsatzes ist von Chlor abhängig. Ihre drei Chlorfabriken produzieren jährlich rund 380.000 t dieser Grundchemikalie – aus Steinsalz. Ende des Jahres 2015 beschäftigte die BASF-Gruppe 112.435 Mitarbeiter und 3.240 Auszubildende und erwirtschaftete einen Umsatz von 70,5 Mrd. €.*



Am Standort Ludwigshafen betreibt die BASF eine hochmoderne Chloralkali-Elektrolyse nach dem Membranverfahren. Dabei entstehen die Grundstoffe Chlor und hochreine Natronlauge sowie Wasserstoff als Nebenprodukt, Foto: BASF SE.

Übrigens: Von den durch Gewinnung von Sole (Aussolung) in Deutschland entstandenen Salzkavernen wurden Ende des Jahres 2015 an 31 Standorten 260 Kavernen zur Gasbevorratung, an zwölf Standorten 103 Kavernen zur Speicherung von Rohöl und Mineralölprodukten sowie eine Kaverne zur Druckluftspeicherung genutzt.

Siedesalz entsteht durch das Verdampfen des Wassers aus einer natürlichen oder künstlich hergestellten Sole in Salinen. Dies geschieht heute kaum noch durch traditionelles Sieden der Sole in großen Pfannen sondern energiesparend in großen Anlagen. Hierbei entsteht ein besonders reines Natriumchlorid.

Siedesalz dient als Speisesalz sowie in Tablettenform gepresst als Geschirrspülsalz. Aber auch größere Wasserenthärtungsanlagen, z. B. in Hotels, Krankenhäusern oder Wäschereien, sowie Wasserentkeimungsanlagen in öffentlichen Schwimmbädern (Chlorung) benötigen für ihre Funktion Salz, meist in Form von Siedesalztabletten.

Meersalz ist normalerweise ein in großen Salzgärten aus Meerwasser gewonnenes natürliches Mischsalz. In Deutschland wird es nur auf der Insel Sylt aus mehrfach gereinigtem Nordseewasser produziert und in leicht feuchter Form ausschließlich zum Verfeinern von Speisen genutzt. Sylter Meersalz wird nur in relativ geringen Mengen produziert und ist daher ein exklusives Produkt – mit entsprechendem Preis.

Von dem in Deutschland verbrauchten Natriumchlorid werden ca. 3 % als Speisesalz, 6 – 8 % als Gewerbesalz, je nach Winterstrenge 12 – 25 % als Auftausalz und 70 – 80 % als Industriesalz, letzteres von der chemischen Industrie, genutzt.

In Deutschland gibt es sieben Steinsalzbergwerke, in denen im Jahr 2015 knapp 8,0 Mio. t Rohsteinsalz gefördert wurden. Hiervon waren 6,1 Mio. t mit einem Wert von 254 Mio. € verwertbar. Aus neun Solfeldern und zusätzlich im Solungsbergwerk Berchtesgaden wurden im gleichen Jahr über 30,6 Mio. m^3 Industriesole mit einem Inhalt von 7,6 Mio. t Natriumchlorid, entsprechend einem Wert von 32 Mio. €, gefördert. In sieben Salinen wurden aus fast 2,0 Mio. m^3 Sole und 574.000 t Steinsalz insgesamt 965.000 t Siedesalz (Wert: 121 Mio. €) produziert.

Kalisalz ist eine Bezeichnung für verschiedene Kaliumsalze. In Deutschland werden Kalisalze mit einer Ausnahme nur bergmännisch, in anderen Ländern aber ebenfalls in großem Stil durch Aussolung gewonnen.

Rund 95 % des aus den Kalisalzen gewonnenen Kaliumchlorids wird zur Düngung verwendet, entweder als Einzeldünger oder zusammen mit anderen Nährstoffen, wie Magnesium, Schwefel, Stickstoff und Phosphat, als Misch- oder Volldünger. Das Element Kalium, auf das es im Kaliumchlorid ankommt, ist für Pflanzen unverzichtbar und erfüllt in ihnen vielseitige Funktionen. Kalium beeinflusst die Photosynthese, die Bildung von Kohlenhydraten und Zucker, den Transport von Zucker und Stärke aus den Blättern zu den Speicherorganen (Knollen, Körnern, Wurzeln etc.), eine produktive Wassernutzung und die Erhöhung der natürlichen Widerstandskraft gegen Krankheiten, Schädlinge sowie Trockenheit und Frost.

Auch für den Menschen ist Kalium ein lebenswichtiger Mineralstoff, der gemeinsam mit Natrium für einen ausgewogenen Flüssigkeitshaushalt der Zellen im menschlichen Körper sorgt. Da Kalium vom Organismus nicht selbst gebildet wird, ist eine Aufnahme durch die Nahrung zwingend erforderlich.



Zur Tablettenform kompaktiertes Siedesalz ist das Standardsalz für die Wasserenthärtung und -entkeimung, Foto: K+S AG.



Die bekannteste Saline Deutschlands und heute ein touristisches Ausflugsziel ist die Alte Saline in Bad Reichenhall, Foto: Südwestdeutsche Salzwerke AG.

Magnesiumsalze sind als Begleitsalze in deutschen Kalisalzlagerstätten nicht selten, wobei aus den verschiedenen Magnesiumsalzmineralen reines Magnesiumchlorid und Magnesiumsulfat („Bittersalz“) gewonnen werden.

Magnesiumchlorid ist Grundstoff zur Herstellung von Magnesiummetall, einem wichtigen Leichtbaustoff. Dies ist jedoch ein sehr energieintensiver Prozess, der in Deutschland aufgrund der hohen Energiepreise nicht wirtschaftlich ist. Bei uns ist vielmehr der Einsatz von Magnesiumchlorid in Form von Auftausole im Winterdienst, für die Körnerbildung in Düngern und die Herstellung spezieller Estriche von Bedeutung. Auch in der Zuckerrübenindustrie wird Magnesiumchlorid zur Bearbeitung der Melasse benötigt.

Chloridempfindliche Pflanzen, wie z. B. Stärkekartoffeln, alle Beerenarten, Kern- und Steinobst, Hopfen, Gurken und Salat benötigen statt Dünger mit Kaliumchlorid einen Spezialdünger mit Kaliumsulfat. Kaliumsulfat ist deswegen international ein sehr begehrter Rohstoff und weltweit enthalten nur die deutschen Kalilagerstätten den Ausgangsrohstoff Magnesiumsulfat, aus dem es in einem chemischen Prozess hergestellt werden kann.

Im Jahr 2015 wurden von der K+S Kali GmbH, einer Tochterfirma des weltgrößten Salzproduzenten, der K+S AG mit Sitz in Kassel, in ihren sechs deutschen Kalibergwerken 36,8 Mio. t Kali- und Magnesiumrohsalze gefördert. Die DEUSA International GmbH aus Kehmstedt/Thüringen gewann zudem 2,3 Mio. m^3 Rohkalisole. Aus dem Rohkalisalz bzw. der Rohkalisole wurden insgesamt 5,8 Mio. t verwertbare Kaliprodukte mit einem umgerechneten Kaliumoxidinhalt von 3,1 Mio. t sowie 1,5 Mio. t sonstige Produkte – im Wesentlichen auf Magnesiumbasis – erzeugt. Damit stand Deutschland im Jahr 2015 bei Kalisalzen an fünfter Stelle der Weltproduktion. Rund 84 % der Kali- und Magnesiumprodukte werden exportiert und tragen damit in Form von Dünger wesentlich zur Ernährung der Weltbevölkerung bei.

In den deutschen Betriebsstätten der salzgewinnenden Unternehmen waren zum Ende des Jahres 2015 knapp 10.600 Personen direkt beschäftigt, die einen Umsatz von rund 2,8 Mrd. € erwirtschafteten. Regional sind die deutschen Stein- und Kalisalzbergwerke zudem sehr bedeutende Arbeitgeber, von deren Investitionen noch wesentlich mehr indirekte Arbeitsplätze, z. B. im Handel, Transport und im Anlagenbau, abhängen.

KALI – WICHTIGER NÄHRSTOFF
IN DER LANDWIRTSCHAFT

Es ist das Verdienst des großen deutschen Chemikers Justus von Liebig (1803 – 1873) erkannt zu haben, dass Kalium – gewonnen aus Kalisalz – eines der Elemente bzw. Nährstoffe ist, die für das Wachstum von Pflanzen unverzichtbar sind. Bereits im Jahr 1840 publizierte er dazu mehrere Thesen.

Erst die praktische Umsetzung dieser Thesen durch den Einsatz von künstlichen Düngemitteln in der Landwirtschaft erlaubte in den letzten 150 Jahren die Ernährung einer zunehmend industriell und städtisch organisierten Gesellschaft, wie wir sie heute kennen. Ohne den Einsatz von Düngemitteln wäre die Ernährung der Weltbevölkerung nicht möglich.

Kalium – in Form von Kaliumchlorid oder Kaliumsulfat – wird heute weltweit als Einzeldünger oder zusammen mit anderen wichtigen Nährstoffen, wie Magnesium, Schwefel, Stickstoff und Phosphat, als Misch- oder Volldünger in allen Bereichen der Landwirtschaft einschließlich des Wein-, Obst- und Gemüseanbaus eingesetzt.

Im Jahr 2015 gab es in Deutschland 280.800 Landwirtschaftsbetriebe mit rund 1 Mio. Beschäftigten. Insgesamt 16.730.700 ha Fläche wurden landwirtschaftlich genutzt, dies entspricht 46,8 % der Fläche Deutschlands. Davon waren 11.846.400 ha Ackerland sowie 4.677.100 ha Dauergrünland (Wiesen und Weiden). 24.736 Betriebe (8,8 % aller Agrarbetriebe) bewirtschafteten zusammen eine landwirtschaftlich genutzte Fläche von insgesamt 1.088.838 ha nach den Regeln des ökologischen Landbaus. Auf 2.471.750 ha Fläche wurden Nutzpflanzen für die Energiegewinnung (Mais, Raps etc.) bzw. zur stofflichen Verwertung (Rapsöl, Kartoffelstärke etc.) angebaut. Insgesamt 99.900 ha Rebflächen waren im Ertrag. Sie lieferten 887,3 Mio. l Weinmost. Zudem gab es 5.300 Betriebe, die Blumen und Zierpflanzen anbauten, sowie rund 2.400 Baumschulen.

Die deutsche Landwirtschaft setzt modernste Produktionsmethoden und gezielt auf den jeweiligen Standort zugeschnittene Düngemittel ein. Die Ernteerträge der deutschen Landwirtschaftsbetriebe hatten im Jahr 2015 einen Produktionswert von 26,4 Mrd. €.

Im Einzelnen wurden im Jahr 2015

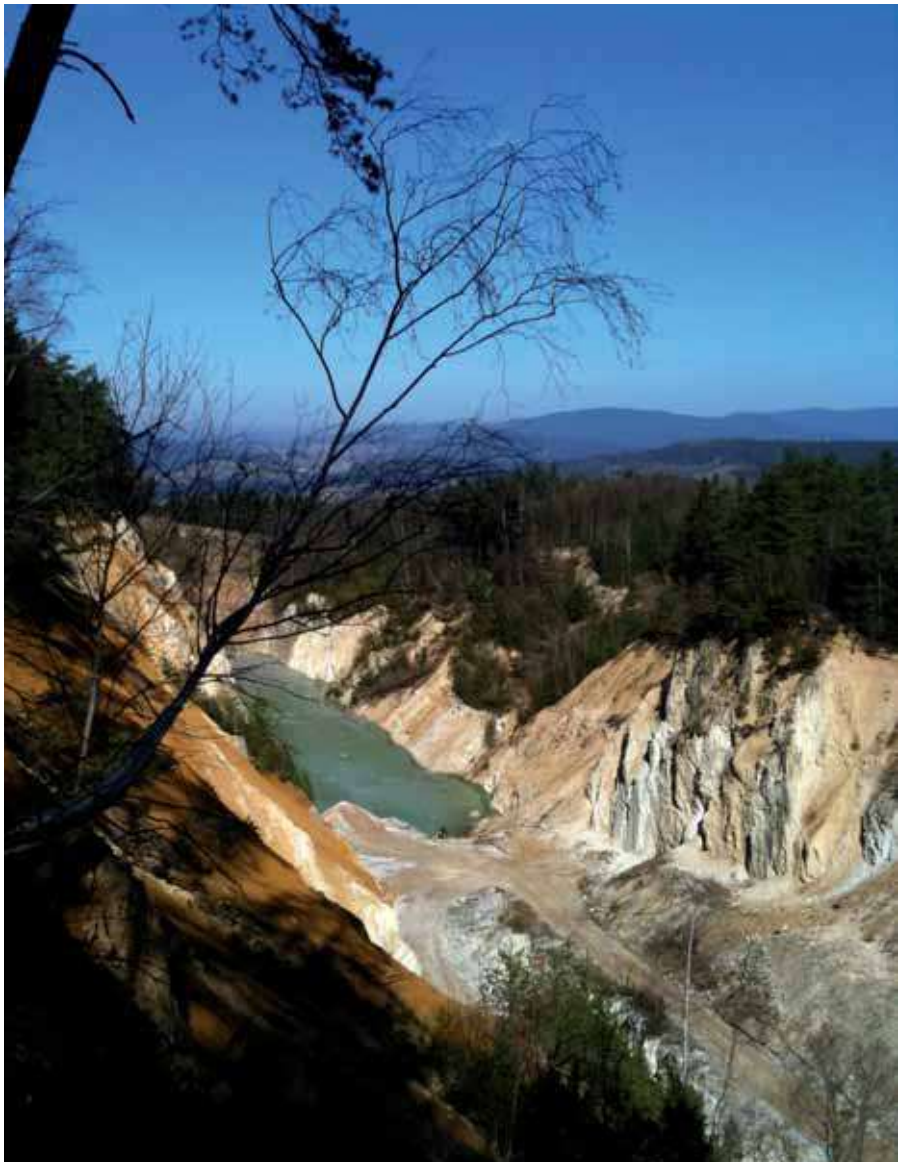
- an Feldfrüchten in Deutschland insgesamt 87,2 Mio. t Silomais, 48,9 Mio. t Getreide, vor allem Weizen und Gerste, 32,0 Mio. t Viehfutter, vor allem Heu und Gras, 22,6 Mio. t Zuckerrüben, 10,4 Mio. t Kartoffeln, 5,0 Mio. t Raps und Rübsen und 483.000 t sonstige Feldfrüchte geerntet.
- Hinzu kamen aus dem gewerblichen Obstanbau 973.462 t Äpfel, 172.588 t Erdbeeren, 46.920 t Pflaumen/Zwetschgen, 43.071 t Birnen und 90.529 t Strauchbeeren, Kirschen und Mirabellen/Renekloden.
- Der Gemüseanbau erbrachte 823.763 t Gemüsekohl, vor allem Weißkohl, Rotkohl und Blumenkohl, 526.856 t Möhren und Karotten, 455.348 t Speisezwiebeln, 334.284 t Salate, vor allem Eis- und Kopfsalat, 190.096 t Einlegegurken, 113.613 t Spargel, 97.913 t Frühlingszwiebeln, 89.493 t Porree (Lauch), 86.981 t Radieschen, 68.320 t Speisekürbisse, 65.483 t Rote Beete, 62.783 t Spinat, 45.377 t Buschbohnen, 40.876 t Zucchini, 32.249 t Rettich und 143.340 t sonstige Gemüsearten.

Ohne den Einsatz von mineralischen Düngemitteln wären diese hohen Ernteerträge, die unsere Lebensgrundlage sind, nicht möglich gewesen.

Im Wirtschaftsjahr 2015/16 wurden von den Düngemittelproduzenten im Inland kalihaltige Düngemittel mit einem Inhalt von umgerechnet 398.000 t Kaliumoxid und einem Wert von 268 Mio. € abgesetzt. Diese verteilten sich zu 67,6 % auf Kaliumchlorid-Einzeldünger, 6,3 % auf Kaliumsulfat-Einzeldünger, 1,5 % auf Kalirohsalz inkl. Rückstandkali und 24,6 % auf Mehrnährstoffdünger. Auch im ökologischen Landbau sind kali- oder magnesiumhaltige Düngemittel zugelassen und unverzichtbar.



Weizenernte im Hohenfelde, Kreis Plön in Schleswig-Holstein, Foto: Wikipedia.



Quarzgewinnung im Bayerischen Wald, Foto: Waschinger Quarz- und Schotterwerk GmbH & Co. KG.

Quarz

Wirtschaftlich abbauwürdige Quarzgänge und damit Lagerstätten von Quarz sind in Deutschland auf den Bayerischen Wald („Bayerischer Pfahl“) und auf den Hochtaunus („Usinger Gang“) beschränkt. Nur drei Firmen mit je einem Steinbruch sind hier im Abbau von Quarz tätig, der nicht nur als gebrochener Naturstein sondern auch als Industriemineral (Grundstoff für die Glasherstellung, Füllstoff in der Lacke- und Farbenindustrie sowie in bauchemischen Produkten) Verwendung findet. Rund 32.000 t des im Bayerischen Pfahl gewonnen Quarzes dienten im Jahr 2015 zudem zur Produktion von Ferrosilizium und Rohsilizium in der auf diesen hochwertigen Rohstoff zurückgreifenden bayerischen Siliziumindustrie.

Quarzsand und -kies

Quarzsande sind in Deutschland weit verbreitet mit guten und teils großen Vorkommen von Schleswig-Holstein bis Bayern und von der niederländischen bis zur polnischen Grenze. Quarzkiese treten wesentlich seltener auf, mit eng begrenzten Vorkommen nur westlich Bonn, in der Kirchheller Heide südwestlich Dorsten, in der Eifel südwestlich Wittlich, in einem Streifen von Koblenz bis Hadamar, im Altenburger Land in Thüringen, bei Ottendorf-Okrilla nördlich Dresden sowie in Teilen Niederbayerns.

Unverzichtbar ist der Einsatz von Quarzsanden

- zur Produktion von Gläsern aller Art und Formen (Behälterglas, Flachglas, Spiegelglas, Kristall-

glas, Autoglas, Scheinwerferglas, optische und technische Spezialgläser),
- in der Kunststoffindustrie zur Fertigung glasfaserverstärkter Kunststoffe (Fiberglas),
- in der chemischen Industrie zur Herstellung des sogenannten Wasserglases, einem speziellen Abdichtungsmittel, sowie von Siliziumkarbid, einem vielgenutzten, weil sehr harten Schleifmittel,
- in der Gießereiindustrie als Form- und Kernsande zur Herstellung von Gussformen,
- in der Elektroindustrie als Sicherungssand für elektronische Schmelzsicherungen,
- in der keramischen Industrie für Fliesen-, Form-, Füll- und Spachtelmassen,
- in der Füllstoffindustrie als hochwertige Füllstoffe in Kunststoffen, Farben und Industrieestrichen sowie in Form von Quarzmehl/-feinstsand als aktive Füllstoffe in Schleif-, Scheuer-, Polier- und Putzmitteln (auch Zahnpasta).

Große Mengen der in Deutschland produzierten Quarzsande gehen zudem als hochqualitative Sande in die Produktion von Beton und Betonwaren, Dachsteinen, Mörtel, Zement, Asphalt und bauchemischen Produkten, wie z. B. Dichtungs- und Spachtelmassen. Auch fast die gesamte deutsche Kalksandsteinindustrie mit ihren 80 Werken setzt auf Quarzsand als Hauptrohstoff. Mit 1.734 Beschäftigten produzierte dieser Bauindustriezweig im Jahr 2015 1,853 Mrd. Kalksandsteine im Wert von 357 Mio. €.

Daneben werden Quarzsande zum Abstrahlen von Oberflächen, als Bremssande für Schienenfahrzeuge, Wirbelschichtsande in Müllverbrennungsanlagen, Filtersande in der Wasseraufbereitung und im Brunnenbau sowie als Spielplatz-, Sandkisten-, Golfplatz-, Reitplatz-, Kunstrasen- und Beachvolleyballsande eingesetzt.



Bauen mit Kalksandsteinen, Foto und Copyright: Bundesverband Kalksandsteinindustrie e. V., Hannover.



Quarzsande sind die besten Spielplatzsande, Foto: Emil Steidle GmbH & Co. KG.



Buntes Behälterglas aus Quarzsand, Feldspat, Kalk und Altglas, Foto: Aktionsforum Glasverpackung.

Beispiel Wasseraufbereitung: *Trinkwasser ist weltweit das kostbarste Lebensmittel und sein Schutz unverzichtbar. Es kann nicht ersetzt werden. In Deutschland wird die Trinkwasserqualität vom Schutz der Wasservorkommen bis zur Gewinnung, Aufbereitung und Verteilung durch zahlreiche Gesetze und Normen streng geregelt. Auch ein Großteil der deutschen Industrie, darunter die gesamte Lebensmittel- und Getränkeindustrie, ist auf die konstante Verfügbarkeit von stets ausreichend sauberem Wasser angewiesen. Zur Trinkwassergewinnung und -aufbereitung werden bei uns Quarzkiese und Quarzsande verwendet, an die höchste Anforderungen gestellt werden.*

In den meisten Wasserwerken Deutschlands werden Eisen, Mangan und ein Großteil der Trübstoffe im Rohwasser durch eine Einschichtfiltration mit Quarzsand entfernt. Alternativ werden Sande in Kombinationen mit anderen Filtrationsmaterialien wie z. B. Quarzsand-Bims, Quarzsand-Anthrazit und anderen Varianten eingesetzt.

Nach Erhebungen des Statistischen Bundesamtes existierten in Deutschland im Jahr 2013 (neuere Zahlen liegen noch nicht vor) insgesamt 4.532 öffentliche Wasserversorgungsunternehmen. Diese beschäftigten rund 36.000 Mitarbeiter und erwirtschafteten einen Umsatz von 10,2 Mrd. €. Die öffentlichen Wasserversorger gewannen im Jahr 2013 fast 5,1 Mrd. m^3 Trinkwasser aus 15.964 Gewinnungsanlagen, davon zu rund 61 % Grundwasser aus 10.790 Gewinnungsanlagen. Die deutsche Industrie deckt dagegen 94 % ihres Wasserbedarfs durch Eigenförderung und benötigt ca. 28 Mrd. m^3 Wasser pro Jahr. Nur 8 % ihres eigengeförderten Wassers stammt aus Grundwassergewinnungsanlagen, die Mehrheit dagegen aus Oberflächenwasser. Über 92 % des von der Industrie genutzten Wassers wird zur Kühlung benötigt.

Quarzkiese und die daraus produzierten Quarz-Edelbrechsplitte dienen als besonders hochwertige und reinweiße Zuschlagstoffe in der Wasch- und Betonindustrie, als Dach- und Zierkiese, als Filterkiese in der Wasseraufbereitung und im Brunnenbau sowie im Fall von Niederbayern auch der Rohsiliziumproduktion. Gern würden dabei alle sechs deutschen Quarzkieswerke die beiden niederbayerischen Silizium- und Ferrosiliziumproduzenten mit ihren hochwertigen Quarzkiesen beliefern, doch sind die Transportentfernungen außerhalb Bayerns zu weit.

Nach einer aktuellen Recherche der BGR gibt es in Deutschland derzeit 25 Produzenten von Quarzsanden bzw. mürben Quarzsandsteinen mit zusammen 41 Gewinnungsstellen. Diese gewannen im Jahr 2015 ca. 9,1 Mio. t Quarzsand, der als Industriemineral Verwendung fand. Zusätzlich produzierten fünf Unternehmen mit zusammen sechs Gewinnungsstellen ca. 600.000 t Quarzkies. Das größte Quarzsandwerk liegt im nordrhein-westfälischen Haltern am See, wo die Quarzwerke GmbH seit 1924 produzieren und derzeit jährlich rund 1,8 Mio. t Quarzsande fördern. Der Haltener Quarzsand ist eine der Grundlagen für die international führende Stellung der deutschen Gieße-



Quarzsandgewinnung durch Saugbaggerschiff im Quarzsandwerk Uhry, Niedersachsen, der Schlingmeier Quarzsand GmbH & Co. KG, Foto: BGR.

reiindustrie, die am Anfang wichtiger Wertschöpfungsketten (Automobilbau, Anlagenbau etc.) steht. Zugleich dient Halterner Quarzsand auch der Glasindustrie des Ruhrgebietes als unverzichtbarer Rohstoff.

Dazu gibt es in Deutschland viele weitere Unternehmen, die Quarzrohstoffe geringerer Qualität abbauen.

Form- und Klebsande

Formsande sind natürliche Gemische von Quarzsand und Ton. Formsande werden traditionell in Eisengießereien eingesetzt, zunehmend aber durch synthetische Formstoffe ersetzt. Im Jahr 2015 wurden in Deutschland – in Thüringen sowie weit untergeordnet in Rheinland-Pfalz und Nordrhein-Westfalen – nur noch 11.387 t verwertbare Mengen an Formsanden produziert.

Klebsand ist dagegen ein natürliches Gemisch von rund 80 % Quarzsand und 20 % Kaolin. Es wird in Deutschland fast ausschließlich durch die EKW GmbH am Standort Eisenberg/Pfalz gewonnen. Der Eisenberger Klebsand ist seit langem ein hochwertiger und international bekannter Feuerfestrohstoff. Im Jahr 2015 betrug die verwertbare Menge an Klebsand in Deutschland 37.414 t, wovon die EKW einen Anteil von über 99 % hatte.



Sauberes Wasser – unser wichtigster Rohstoff, Foto: Frank Göllner – Fotolia.



VOM QUARZKIES

ZUR SOLARZELLE

Silizium ist ein halbmetallisches Element, das in vielfältiger Form aus unserer Industriegesellschaft nicht mehr wegzudenken ist.

Große Mengen an Rohsilizium finden Verwendung in Legierungen mit Aluminium. Aluminium-Silizium-Legierungen besitzen hervorragende Gießeigenschaften und haben eine hohe Festigkeit. Sie lassen sich im Allgemeinen gut schweißen und sind korrosionsbeständig, so dass sie zum Beispiel zum Guss von Motoren- oder Getriebegehäusen im Fahr- und Flugzeugbau eingesetzt werden.

Im industriellen Maßstab wird Rohsilizium durch die Reduktion von Quarzrohstoffen (genauer Gangquarzen, Quarzkiesen oder Quarziten) mit Kohlenstoff (genauer Kokskohle, Holzkohle und/oder Holzhackschnitzeln) in riesigen elektrischen Lichtbogenöfen bei rund 2.000 °C gewonnen. In der Schmelze sinkt das sich bildende schwere Silizium ab und kann so fortlaufend am Boden des Ofens abgetrennt bzw. abgestochen werden. Damit der Schmelz-Reduktionsprozess wirtschaftlich durchgeführt werden kann, muss der Quarzrohstoff in einer Korngröße zwischen ca. 16 – 100 mm vorliegen. Nur bei ausreichenden Hohlräumen im Rohquarz können diese von den entstehenden Gasen vollständig durchströmt werden. Geeignet sind also ausschließlich Quarzkiese oder Quarzschotter, während Quarzsand nicht eingesetzt werden kann.

In Deutschland existiert nur eine Siliziumhütte, die von der RW silicium GmbH, einer Tochtergesellschaft der niederländischen AMG Advanced Metallurgical Goup N.V., in Pocking, südlich Passau, betrieben wird. RW silicium nutzt als Quarzrohstoffe sowohl Quarz aus dem Bayeri-



schen Pfahl als auch Quarzkiese, die aufgrund derzeit fehlenden Angebots aus Bayern aus Quarzkiesgruben in Österreich und Tschechien importiert werden. Im Jahr 2015 produzierte RW Silicium aus 8.676 t Quarz und 88.534 t Quarzkiesen 30.548 t Rohsilizium, das zu rund 2/3 an die chemische Industrie und zu rund 1/3 an die Aluminiumindustrie verkauft wurde.

Rund 90 % der weltweit gefertigten Solarzellen bestehen aus Silizium. Für die Produktion dieser Solarzellen muss das Rohsilizium weiter zum Solarsilizium gereinigt werden. Da die Reinigung im großtechnischen Maßstab am effizientesten durch Destillation zu erreichen ist, wird das Rohsilizium im ersten Schritt durch Umsetzung mit Chlorwasserstoff (das aus Steinsalz hergestellt wird) in flüssiges Trichlorsilan umgewandelt. Nach entsprechender Destillation wird dann das hochreine Trichlorsilan in einem Glockenreaktor bei hohen Temperaturen zersetzt, wobei sich hochreines Silizium abscheidet. Das entstehende Produkt ist polykristallin und wird kurz Polysilizium genannt. Dieses Polysilizium muss mindestens 99,9999 %, besser aber 99,99999 % Reinheit besitzen, um für die Herstellung von Solarmodulen geeignet zu sein.

Der weltweit zweitgrößte Produzent von Polysilizium ist die Wacker Chemie AG mit Produktionsstandorten in Deutschland in Burghausen/Bayern und Nünchritz/Sachsen. Im Geschäftsjahr 2015 erwirtschaftete der Geschäftsbereich Wacker Polysilicon mit 2.373 Mitarbeitern einen Umsatz von 1,06 Mrd. €. Bei Vollauslastung wurden rund 51.000 t Polysilizium erzeugt.

Mit dem Solarsilizium bricht dann allerdings die Wertschöpfungskette in Deutschland weitgehend ab, da inzwischen mehr als 80 % der in Deutschland installierten Photovoltaikmodule aus China stammen.

Rohstoff und Produkt – aus Polysilizium (grau) werden Solarzellen gefertigt, Foto: Wacker Chemie AG .

Kaolin

Kaoline sind spezielle, hochwertige, helle, teils weiße Tone, die unter warm-gemäßigten und feuchten Klimabedingungen entstanden, wie sie in Deutschland vor 250 bis rund 20 Mio. Jahren vorherrschten. Die größten Kaolinvorkommen finden sich in der Oberpfalz und in Mittelsachsen.

Nur selten sind die Kaoline in den deutschen Lagerstätten rein, sondern häufig mit anderen Tonen, Quarzsand, Glimmer oder Feldspat vermischt. Bei Quarzsand und Feldspat lohnt sich zum Teil die aufwändige Abtrennung. Diese Industrieminerale können dann ebenfalls verkauft werden.

Knapp 40 % der in Deutschland abgebauten Kaoline werden als Rohkaoline in der feinkeramischen Industrie, z. B. für die Herstellung von Fliesen, technischer und Sanitärkeramik genutzt. Auch die Porzellanproduktion ist ohne Kaolin nicht denkbar – typisches Geschirrporzellan enthält ca. 55 % Kaolin. Im Januar 1708 gelang es erstmals auch außerhalb Chinas in Sachsen Porzellan zu produzieren. Im Jahr 1710 wurde in Meißen auf der Albrechtsburg die erste europäische Porzellanproduktionsstätte eingerichtet. So befindet sich auch das älteste (und zugleich kleinste) Kaolinbergwerk Europas in Sachsen. Es ist die Kaolingrube Seilitz des gleichnamigen Erdenwerks, wo seit 1764 im Tagebau und dann seit 1825 bis heute im Untertagebetrieb besonders hochwertiger Kaolin ausschließlich für die weltbekannte Porzellanmanufaktur Meissen gefördert wird.

Durch seine Weiße, Deckkraft und Plastizität ist reiner Kaolin (sogenannter Schlämmkaolin) auch besonders gut geeignet für den Einsatz als Pigment in Farben und Lacken, in der Beschichtung von Papier sowie als Füllstoff in Papier, Kunststoffen und Gummi (z. B. für Reifen). Da Schlämmkaolin sehr weich ist und nicht kratzt, dient er zudem in der Kosmetik als Rohstoff für die Herstellung von Puder.



Hochwertige Papiere werden mit Kaolin produziert, Foto: © HomeStudio – Shutterstock.com.

Beispiel Papier: *Papier wird aus einer Vielzahl von Rohstoffen hergestellt, wovon die wichtigsten die Faserstoffe (aus Holz oder Altpapier) sowie die Füllstoffe sind. Zu den Füllstoffen zählen Calciumkarbonat (s. Kalkstein) und Kaolin, die beide hochrein sein müssen, um für die Papierherstellung ausreichend hell und weiß zu sein. Auf sogenanntem gestrichenen Papier, auf dem z. B. auch diese Broschüre gedruckt ist, ist die Oberfläche mit einem Auftrag aus Streichpigmenten besonders veredelt. Das Papier bekommt dadurch eine geschlossenere, glattere und stabilere Oberfläche, wodurch eine hohe Detailwiedergabe und bessere Qualität beim Druck erreicht wird.*

Im Jahr 2015 produzierten die 162 deutschen Zellstoff- und Papierfabriken mit ihren 40.600 Mitarbeitern insgesamt 22,6 Mio. t Papier, Karton und Pappe im Wert von 14,4 Mrd. €. Hierfür setzten sie 16,7 Mio. t Altpapier, 4,5 Mio. t Papierzellstoffe, 1,1 Mio. t Holzstoffe (nur für Zeitungspapier), 1,1 Mio. t Füllstoffe, 1,8 Mio. t Streichpigmente, 0,5 Mio. t Stärke und 0,4 Mio. t andere Mineralien und Zusatzstoffe ein. Rund 3.000 verschiedene Papiersorten wurden hergestellt. Deutschland ist der größte Papierproduzent in Europa und der viertgrößte der Welt.

Insgesamt wurden in Deutschland im Jahr 2015 nach Meldungen an die Bergämter 5,3 Mio. t kaolinhaltiges Rohmaterial gefördert, von denen rund 3,8 Mio. t verwertbar waren. Nach Aufbereitung blieben ca. 1,2 Mio. t verkaufsfähige Kaolinprodukte (Rohkaolin, Schlämmkaolin) zurück. Damit steht Deutschland bei Kaolin an achter Stelle der Weltproduktion. Die Hauptabbaugebiete von Kaolin in Deutschland liegen in Nordbayern, speziell bei Hirschau-Schnaittenbach in der Oberpfalz, und in Mittelsachsen mit jeweils elf Gewinnungsstellen.

Bentonit

Bentonit ist ein besonders quellfähiger Ton, der sich nur aus vulkanischen Aschen bildet. In Deutschland finden sich solche Tone fast ausschließlich in kleinen und regional verstreuten Lagerstätten im Dreieck Moosburg – Mainburg – Landshut in Niederbayern. Daneben existieren Lagerstätten im Westerwald, im Neuwieder Becken, bei Kelheim sowie in Friedland/Vorpommern.

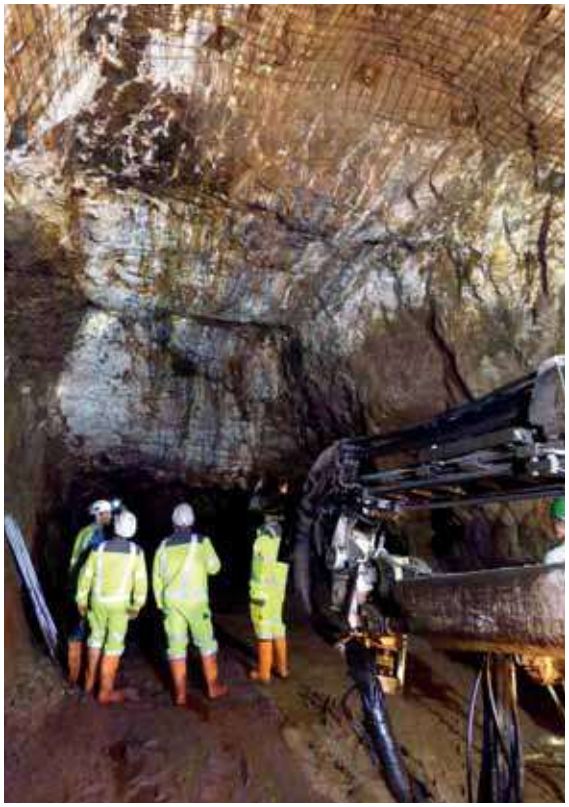
Bentonit findet sehr vielfältige Anwendung u. a. zur Herstellung von Bohrflüssigkeiten, zur Klärung von Wein, Fruchtsäften und Ölen, als Abdichtungsmittel für Bauwerke, Deponien und Deiche, als Gießereiformstoff, als Trocknungsmittel, zur Reinigung von Abwasser, als Katzenstreu sowie als Zusatz zu Lacken, Farben, Kunststoffen, Papier, Waschmitteln und vielen Kosmetika.

Die Gewinnung von Bentonit in Niederbayern erfolgt in einer ständig wechselnden Anzahl von Tagebauen durch Tochterfirmen der schweizerischen Clariant International Ltd. und der französischen Imerys S.A. Im Jahr 2015 wurden in den dortigen Betrieben und im Westerwald rund 394.000 t Bentonit gewonnen. Die Höhe der Bentonitproduktion in den anderen Regionen Deutschlands ist nicht bekannt.

Kieselerde

Kieselerde kommt in Deutschland nur im Raum Neuburg an der Donau vor und wird deswegen auch als „Neuburger Kieselerde“ bezeichnet. Die Neuburger Kieselerde entstand vor 95 Mio. Jahren in flachen Buchten eines tropischen Meeres aus Rückständen verkieselter Schwämme und Kaolinschlamm. Die einzelnen Vorkommen sind sehr kleinräumig, liegen teils unter mächtiger Überdeckung und sind daher nur unter hohem Kostenaufwand zu finden. Die Hoffmann Mineral GmbH, die seit 1903 und heute als einzige Firma die Kieselerde abbaut, hat daher ein eigenes Erkundungsteam, das ständig um Neuburg an der Donau im Einsatz ist.

Nach Gewinnung, sehr aufwändiger Aufbereitung und Trocknung findet die Kieselerde u. a. Verwendung als aktiver Füllstoff in Gummi (z. B. in Zahnriemen und Kühlerschläuchen), Farben, Lacken, Klebstoffen, Harzen und Spachtelmassen, Schleifmittelkomponente in Polier- und Pflegemitteln (Autopflegemittel, Glaskeramik-Kochfeld-Reiniger, Haushaltsreiniger), als Trägersubstanz in Pflanzenschutzmitteln sowie als feinstes Schleifmittel in Drogerieartikeln (Peelingcreme, Zahncreme, Zahnpflegetabletten). Im Jahr 2015 gewann die Firma Hoffmann Mineral 142.810 t Rohkieselerde, aus der sie 52.784 t Kieselerde herstellen konnte.



Fluss- und Schwerspat-Gang in der Grube Clara, Mittlerer Schwarzwald, Baden-Württemberg, Foto: Dr. Wolfgang Werner, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Regierungspräsidium Freiburg.

Fluss- und Schwerspat

Fluss- und Schwerspate treten in verschiedenen deutschen Mittelgebirgen auf, werden derzeit aber nur in den Bergwerken „Grube Clara“ im Schwarzwald und „Grube Niederschlag“ im Erzgebirge abgebaut.

Beide Rohstoffe haben vielfältige Anwendungen. Ungefähr die Hälfte des Flussspats wird in der chemischen Industrie zur Herstellung von Fluorchemikalien, wie z. B. Flusssäure, eingesetzt. Diese werden für Ätz- und Reinigungsprozesse, z. B. von Computerchips, Solarzellen, Glas und Edelstahl, verwendet. Auch dienen sie zur Herstellung von Fluorkohlenwasserstoffen und Fluorpolymeren als Ausgangsstoffe zahlreicher Produkte, wie z. B. Kältemittel, Draht- und Kabelisolierungen, Beschichtungen von Gebrauchsgütern wie Kochgeschirr, wasserdichter und atmungsaktiver Membranen für Funktionstextilien sowie für Pflanzenschutzmittel. Nicht nur Zahnpasta sondern auch etwa die Hälfte aller neuen Medikamente enthalten geringe Mengen Fluor. Bei der Herstellung von Kraftstoffen aus Rohöl sowie von Wasch- und Reinigungsmitteln wird Fluorwasserstoff als Katalysator eingesetzt.

Flussspat und seine Halbfabrikate senken außerdem den Schmelzpunkt in verschiedenen Prozessen. Sie werden deswegen als sogenannte Flussmittel insbesondere in der Aluminiumindustrie, bei der Stahl- und Gusseisenerzeugung sowie bei der Herstellung von Emaillen, Glasuren, Schweißelektroden, künstlichen Schlacken für metallurgische Prozesse eingesetzt. Als Trübungsmittel oder Läutermittel, zur Entgasung der Schmelze, können sie zudem zur Produktion von Milchglas und Glasfasern genutzt werden.

Wie der Name Schwerspat schon sagt, ist er durch eine hohe Dichte gekennzeichnet, die ihn für viele Anwendungen attraktiv macht. So wird weltweit der größte Teil des Schwerspats als Schwerezusatz für Bohrspülungen in der Erdöl- und Erdgasindustrie verwendet. Aufgrund seiner hohen Dichte ist er außerdem ein guter Schallabsorber. Weitere wichtige Eigenschaften von Schwerspat sind die chemische Beständigkeit und Helligkeit.

Schwerspatprodukte aus dem Schwarzwald werden als Füllstoffe zur Herstellung von Schallschutzmatten, Dämmstoffen und Gummi, insbesondere in der Automobilindustrie aber auch bei der Herstellung von Baustoffen und Fußböden, eingesetzt. Die Hitzebeständigkeit des Füllstoffs nutzt man außerdem beim Einsatz in Brems- und Kupplungsbelägen. Als aktiver Füller oder als Basis für weiße Pigmente kommt das Industriemineral Schwerspat in Farben, Lacken und Papieren zum Einsatz. Zur Absorption von Strahlung wird Schwerspat zudem als Zuschlagstoff in Beton und Gipsplatten für Krankenhäuser und industrielle Anwendungen verwendet. Auch in Klebstoffen und Dichtmassen wird Schwerspat als Füllstoff eingesetzt. Weitere Anwendungsfelder sind die chemische Industrie, die Trinkwasserreinigung und die Medizin, in der Schwerspat als Röntgenkontrastmittel eingesetzt wird.

Im Jahr 2015 wurden aus den beiden vorgenannten Bergwerken in Sachsen und Baden-Württemberg insgesamt 49.801 t Flussspat-Konzentrat und 45.311 t Schwerspat-Konzentrat gewonnen. Um den heimischen Bedarf zu decken, mussten im gleichen Jahr zusätzlich aber noch rund 207.000 t Flussspat und 101.000 t Schwerspat importiert werden.

Feldspat

Feldspat ist eines der häufigsten gesteinsbildenden Minerale und daher in fast jedem Gestein zu finden. Soweit bekannt, wird jedoch nur an drei Stellen in Deutschland, bei Hirschau-Schnaittenbach und Waidhaus in der Oberpfalz sowie im nördlichen Saarland, dieser für die keramische Industrie (Porzellan, Wand- und Bodenfliesen, Bau-, Elektro- und Sanitärkeramik) sowie für die Glasherstellung unverzichtbare Rohstoff gewonnen. Im Jahr 2015 wurden in Deutschland 253.411 t Feldspat produziert und, da der inländische Bedarf diese Menge übersteigt, zusätzlich 163.000 t importiert.

Pegmatitsand

Pegmatitsand ist ein natürliches Gemisch von Quarz, Feldspat und Kaolin. Der meist sehr niedrige Gehalt an Eisen- und Titanmineralen macht Pegmatitsand zu einem hervorragenden weiß brennenden Basisrohstoff für Porzellan, Sanitärkeramik und Fliesen. Pegmatitsand wird nur in Bayern abgebaut. Im Jahr 2015 meldeten drei Produzenten mit fünf Gruben eine Rohförderung von 76.984 t bzw. eine verwertbare Förderung von 35.492 t an das zuständige Bergamt. Dazu produzierte ein Betrieb in Nordbayern rund 30.000 t feldspathaltige Sande, die ähnliche Einsatzzwecke haben wie die Pegmatitsande.

Graphit

In Deutschland existiert nur ein Graphitbergwerk, das bei Kropfmühl, nördlich Passau, seit 1916 von der Graphit Kropfmühl AG bzw. GmbH betrieben wird. Im Jahr 2015 wurden in Kropfmühl untertägig 1.846 t Graphiterz abgebaut, aus dem 398 t Graphitkonzentrat abgetrennt werden konnten.

Zusammen mit aus aller Welt importierten Graphitkonzentraten – im Jahr 2015 ca. 41.000 t – werden aus dem bayerischen Graphitkonzentrat schon seit langem nicht mehr nur hochreiner Graphit für Bleistifte sondern auch zur Herstellung von Schmelztiegeln und Ofenauskleidungen, Bremsbelägen, Kohlebürsten für Elektromotoren sowie als Zusatz in Metallpulvern, Kunststoffen und Beschichtungen gefertigt. Auch in verschiedenen Batteriesystemen wie z. B. Alkali-Mangan-, NiCd- oder Zinkkohlezellen kommt Graphit als stabiler Leitfähigkeitszusatz zum Einsatz. Zudem wird Graphit zukünftig in Polymerelektrolytbrennstoffzellen eine wichtige Rolle spielen. Graphit ist ein Hightech-Mineral und für die Nutzung moderner Technologien unverzichtbar.

Schwefel

Etwa 40 % der inländischen Erdgasreserven enthalten in unterschiedlich hohen Konzentrationen Schwefelwasserstoff. Dieses sogenannte Sauergas findet sich hauptsächlich in Feldern des Fördergebietes zwischen Weser und Ems. Bei der Aufbereitung des Sauergases in der Anlage Großenkneten sind im Jahr 2015 insgesamt rund 628.000 t an elementarem Schwefel angefallen. Er findet hauptsächlich in der chemischen Industrie Verwendung, wird zum Teil aber auch exportiert.

Bauxit

Bauxit oder genauer ein bauxitischer Rotlehm wird einmal im Jahr durch die Firma E.G.O. Elektro-Gerätebau GmbH aus dem Bauxittagebau „Eiserne Hose“ bei Lich am Vogelsberg gewonnen. Die Fördermenge ist gering und lag im Jahr 2015 bei nur 94 t. Der Rotlehm dient als Einbettmasse für Isolatoren von Steckverbindungen in Gusskochplatten.



Selbstschmierende Zahnräder werden aus Graphit und einem Metallpulver gepresst, Foto: Graphit Kopfmühl GmbH.

2.3 Torf – Rohstoff aus dem Moor

Torf ist eine Ablagerung aus nicht oder nur unvollständig zersetzten pflanzlichen Anteilen mit Wasser und Mineralien (Sand, Lehm). Er entsteht in unserem kühl-gemäßigten Klima seit über zehntausend Jahren in Mooren und wurde bereits vor über 2.000 Jahren von unseren Vorfahren als – ziemlich minderwertiger – Brennstoff genutzt.

Die Torfentstehung geht sehr langsam vor sich. Intakte Moore sind in Deutschland heute selten und besitzen einen hohen ökologischen Schutzstatus. Durchweg sind sie als Naturschutzgebiete eingestuft und damit für die Nutzung gesperrt.

Ein Großteil der deutschen Moore wurde in der Vergangenheit jedoch bereits weitflächig entwässert und wenn möglich einer landwirtschaftlichen Nutzung zugeführt. Seit einigen Jahren versucht man einen Teil dieser ehemaligen Moore wieder zu vernässen und zu renaturieren.

Torf ist ein natürlicher Rohstoff, der heute insbesondere als Pflanzsubstrat im Erwerbsgartenbau genutzt wird. Torf kann ein Vielfaches seines Eigengewichtes an Wasser speichern und ist somit ein optimaler Ausgangsstoff für Blumenerden und Kultursubstrate. Mit anderen Ausgangsstoffen und Zusätzen, wie Kalk, Ton, Sand und Dünger gemischt, erfüllt er die Anforderungen des Erwerbsgartenbaus an zuverlässige Kultursubstrate. Im Erwerbsgartenbau gibt es bisher kaum Ersatzmöglichkeiten für Torf.

Ganz anders sieht es im Privatgartenbereich aus: Nur wenige Pflanzen, wie Azaleen (Rhododendron) und Heidelbeeren, benötigen einen sauren Boden, wie er durch Zugabe von Torf erzeugt werden kann. Ohne Düngung und Kalkung führt Torfzugabe dagegen zu einer Verschlechterung der Bodenqualität, vor allem, da Torf extrem nährstoffarm und sauer ist. Dem Endverbraucher steht heutzutage eine Vielzahl an Bodenverbesserungsmitteln zur Verfügung. Neben dem herkömmlichen Torf für die oben genannten Spezialzwecke kann er auch Rindenhumus, Rindenmulch und verarbeitete Holzfasern kaufen. Im Bereich der Blumenerden kann er zwischen Blumenerden aus Torf, torfreduzierten oder torffreien Produkten wählen. Letztere bestehen aus einer Mischung aus hochwertigen Komposten, Rindenhumus, Holzfaserstoffen und Kokosprodukten.

Standen im Jahr 1983 in Deutschland noch 32.500 ha Torffläche in Abbau, sind es derzeit nur noch rund 10.000 ha. Gewonnen wird Torf damit auf rund 3 % der deutschen Hochmoorflächen (321.500 ha), während Niedermoortorf (1.043.200 ha) nicht abgebaut wird. Auch bei den genutzten Hochmoorflächen handelt es sich nicht um intakte und geschützte Moore, sondern um vor langer Zeit trockengelegte und inzwischen landwirtschaftlich genutzte Moore. Diese werden nach dem Torfabbau von der Industrie wiedervernässt,



Erwerbsgartenbau, hier die Anzucht von Primeln, auf Kultursubstraten auf Basis von Torf, Foto: Floragard Vertriebs-GmbH.



Teilgebiete im Vechtaer Moor werden noch abgebaut, während andere schon renaturiert sind, Foto: Gramoflor GmbH & Co. KG.

renaturiert und damit wieder in Moore umgewandelt.

Aus Daten des Statistischen Bundesamtes lässt sich für das Wirtschaftsjahr 2015/2016 eine Torfproduktion in Deutschland von knapp über 4,5 Mio. m³ errechnen, womit diese seit den 1980er Jahren insgesamt deutlich rückläufig ist. Fast der gesamte deutsche Torf wird in Niedersachsen gewonnen. Zudem stehen jährlich rund 1,1 Mio. m³ alternative Ausgangsstoffe (Kompost u. a.) in notwendiger Qualität und zu marktfähigen Preisen für die Humusproduktion zur Verfügung.

Der inländischen Torfproduktion und den verfügbaren Ersatzrohstoffen steht jedoch eine Nachfrage von jährlich über 9 Mio. m³ für die Produktion von Kultursubstraten für den Erwerbsgartenbau und für Blumenerden für Privatgärten gegenüber. Die Angebotslücke wird seit Ende des letzten Jahrhunderts zunehmend durch Torfimporte aus dem Baltikum gedeckt. Im Jahr 2015 wurden 5,3 Mio. m³ Torf nach Deutschland importiert, die zu 87 % aus dem Baltikum (Litauen, Lettland, Estland) stammten. Rund die Hälfte der in Lettland aktiven Torfproduzenten sind mittlerweile deutsche Beteiligungen, während der größte deutsche Substratproduzent in Litauen in der Torfgewinnung tätig ist.

Auf der anderen Seite gehen aber auch ein Teil der in Deutschland produzierten Kultursubstrate in die ganze Welt. So brauchen z. B. nährstoffarme Böden, wie sie beispielsweise im Nahen Osten und im Mittelmeerraum vorkommen, auch den Zusatz von Kultursubstraten, um ertragreich zu werden.

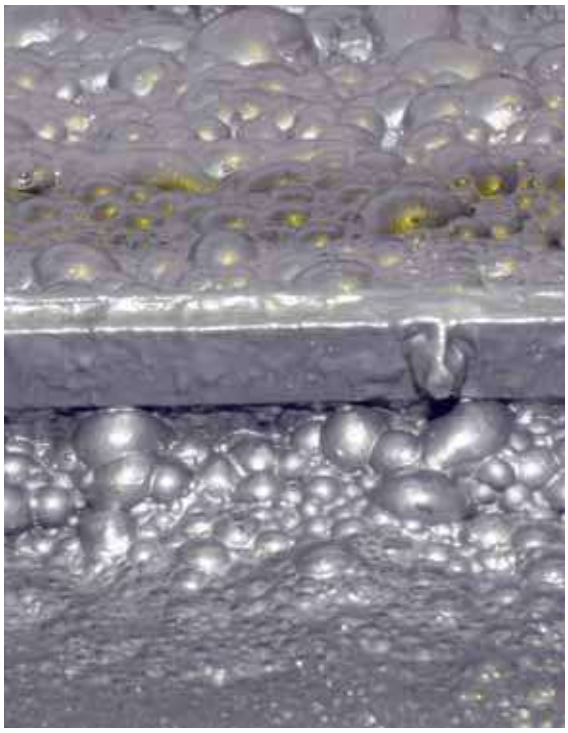


2.4 Metalle – edel und glänzend

Mit der Stilllegung des Erzbergwerks Grund (Blei-Zink-Kupfer-Silber) im Oberharz am 28. März 1992 endete der bisherige Metallerzbergbau in der Bundesrepublik Deutschland.

Bereits am 3. Oktober 1991 war mit Ehrenfriedersdorf (Zinn-Wolfram) das bisher letzte Metallerzbergwerk im Erzgebirge geschlossen worden. In der ehemaligen DDR waren auch zuvor nur noch abnehmende Mengen an Metallerzen gefördert und aufbereitet worden. So produzierten 1989 noch zwei Kupferschieferbergwerke im Sangerhäuser Revier (Kupfer-Silber), zwei Zinnbergwerke (Altenberg, Ehrenfriedersdorf) im Erzgebirge sowie das Nickelbergwerk Callenberg nahe Zwickau. Der Inhalt ihrer Erzproduktion lag zusammen bei 7.906 t Kupfer, 40 t Silber, 2.413 t Zinn und 1.479 t Nickel.

Für zahlreiche Metallerzlagerstätten haben vor allem die obersten Bergbehörden von Sachsen und untergeordnet Brandenburg in den letzten Jahren erneut Erkundungsrechte verliehen. Für zwei Metallerzlagerstätten wurden Gewinnungsrechte verliehen. So besteht die Möglichkeit, dass auch in Deutschland irgendwann wieder Metallerze abgebaut werden.



Die Abtrennung des Silber-Kupfer-Erzkonzentrats aus dem Erz erfolgt mittels der sogenannten Flotation, Foto: Sachtleben Bergbau GmbH & Co. KG.

Kupfer und Silber

Als Nebenprodukte fallen in den Fluss- und Schwerspatgruben Clara im Schwarzwald und Niederschlag im Erzgebirge geringe Mengen kupferreiche Silbererze an, die separat gewonnen und durch Flotation zu Erzkonzentraten angereichert werden. Während in Niederschlag das Konzentrat erst einmal nur gesammelt wird, wird das Konzentrat aus Clara in Kanada oder in Belgien verhüttet, d. h. das enthaltene Metall wird dort ausgeschmolzen. Für den Wertmetallinhalt – das Silbererz enthält zwischen 1,5 % und 3,0 % Silber sowie rund 25 % Kupfer – erhält der Betreiber eine Vergütung.

Im Jahr 2015 konnten aus dem Erz aus der Grube Clara rund 168 t Silbererzkonzentrat mit ca. 4 t Silber- und 50 t Kupferinhalt gewonnen werden. Anlässlich der Aufnahme der Silbererzproduktion im Jahr 1997 hatte der Betreiber der Grube Clara, die Sachtleben Bergbau GmbH & Co. KG, eine Medaille aus ihrem Silber prägen lassen. Dieser Ausbeutetaler erschien in einer Auflage von 1.000 Stück und ist heute ein begehrtes Sammlerobjekt. Noch seltener ist der zweite Ausbeutetaler aus Silber, der zum hundertjährigen Jubiläum der Aufnahme der Schwerspatproduktion des Betriebs im Jahr 1998 in einer Auflage von 500 Stück erschien.

Wesentlich geringere Mengen, nur wenige Kilogramm Silber, konnte die Deutsche Rohstoff AG vor einigen Jahren aus Vererzungen mit gediegen Silber im Gabbrosteinbruch Nieder-Beerbach im hessischen Teil des Odenwaldes abtrennen. Diese wurden im Jahr 2009 zu 250 Medaillen à 1 Unze Gewicht ausgeprägt und an interessierte Sammler verkauft.

Gold

Die letzte Gewinnung von Gold aus heimischen Primärerzen ging mit der Stilllegung des Erzbergwerks Rammelsberg bei Goslar am 30. Juni 1988 zu Ende. Die Edelmetallscheiderei Halsbrücke in Sachsen erzeugte bis 1990 noch große Mengen an Gold, Silber und verschiedenen Platinmetallen aus Schrottanreicherungen der Hüttenbetriebe im Mansfelder und Freiberger Raum.

Im Jahr 2006 begann die damalige Betreiberfirma des Kieswerks Rheinzabern, nördlich Karlsruhe, mit der Gewinnung von Rheingold. Angeregt durch verschiedene Fachveröffentlichungen wurde seither auch in zahlreichen anderen Kieswerken an verschiedenen deutschen Flüssen untersucht, ob sich dort ebenfalls eine Gewinnung des fast ausschließlich in Form von winzigen Flittern auftretenden Seifengoldes lohnen könnte. Oft konnte dies bestätigt werden und in verschiedenen Kieswerken an Rhein, Elbe, Eder, Isar, Donau, Saale und Main wurde seitdem eine Goldabscheidung installiert. An der Weser laufen Waschversuche. Aus publizierten Prägezahlen von Flussgoldmedaillen sowie der BGR vorliegenden Informationen kann die Höhe der Seifengoldproduktion in Deutschland auf ca. 13 kg im Jahr 2015 und auf ca. 17 kg im Jahr 2016 berechnet werden. Im Jahr 2017 wird die Produktion auf rund 25 kg steigen. Das Potenzial liegt dabei aber noch deutlich höher.

Aus dem aus den verschiedenen Flusskiesen nur mit mechanischen Mitteln gewonnenen Gold werden Gedenkmedaillen geprägt. Zudem sind viele Goldschmiede an diesem deutschen Gold wegen seiner umweltfreundlichen Gewinnung ohne Chemikalien sehr interessiert, so dass die Nachfrage das Angebot um ein Vielfaches übersteigt.



Als Nebenprodukt: Rheingold aus der Kies- und Sandgewinnung am Oberrhein, Foto: LÖKA Schwerkonzentratgewinnung.





Aus Rhein- und Elbegold wurden schon verschiedenste Medaillen geprägt, Foto: LÖKA Schwerkonzentratgewinnung.

2.5 Rohstoffe aus Recycling

Grundlage für den Umgang mit Abfällen in Deutschland ist das Kreislaufwirtschaftsgesetz aus dem Jahr 2012. Das Gesetz soll die Kreislaufwirtschaft fördern, natürliche Ressourcen schonen und die umweltverträgliche Bewirtschaftung von Abfällen sichern. Der Kern des Gesetzes ist laut Ministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) die fünfstufige Abfallhierarchie. Diese legt die Reihenfolge des Umgangs mit Abfallstoffen fest. Zuvorderst steht die Abfallvermeidung, sie hat Vorrang vor der Wiederverwendung, dem Recycling und der sonstigen, auch energetischen Verwertung (Verbrennung) von Abfällen. Die Abfallbeseitigung ist die letzte Stufe der Hierarchie. Vorrang hat die jeweils beste Option aus Sicht des Umweltschutzes. Es sind jedoch neben den ökologischen Auswirkungen auch technische, wirtschaftliche und soziale Folgen bei der Wahl des Verfahrens zu berücksichtigen.

Die Idee der effizienten Verwendung von Ressourcen geht heute jedoch weit über Kreislaufwirtschaft und Recycling hinaus. Dies zeigt insbesondere das im Jahr 2012 durch die Bundesregierung verabschiedete Deutsche Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess). Es soll dazu beitragen, eine nachhaltige Rohstoffversorgung zu sichern, Ressourceneffizienz in der Produktion zu steigern, Produkte und Konsum ressourcenschonender zu gestalten und die ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft auszubauen. Die Bundesregierung hat mit ProgRess entschieden, „alle vier Jahre über die Entwicklung der Ressourceneffizienz in Deutschland zu berichten, die Fortschritte zu bewerten und das Ressourceneffizienzprogramm fortzuentwickeln“. Der erste Fortschrittsbericht, ProgRess II, wurde im März 2016 vom Bundeskabinett beschlossen.

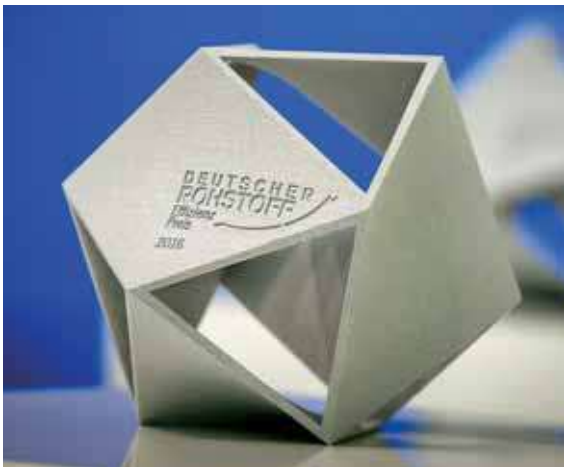
Ein wichtiger Handlungsansatz im Rahmen von ProgRess ist die Steigerung der Ressourceneffizienz in der Produktion der Unternehmen. Rohstoffe einzusparen lohnt sich nicht nur aus ökologischen sondern auch aus betriebswirtschaftlichen Gründen. Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes entfallen mehr als 40 % der Gesamtkosten des produzierenden Gewerbes auf Materialkosten. Das ist der mit Abstand bedeutendste Kostenfaktor, deutlich vor den Energiekosten. Effizient arbeitende Unternehmen leisten daher einen Beitrag zur Stärkung des heimischen Produktionsstandorts. Um diesen Denkansatz zu unterstützen und stärker im Bewusstsein zu verankern, werden im Bereich der Ressourceneffizienz besonders innovative deutsche Unternehmen jedes Jahr durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) mit dem Deutschen Rohstoffeffizienz-Preis ausgezeichnet. Zwei Beispiele sind den Kästen zu entnehmen.

Beispiel 1: Effizientere Nutzung von Kalkstein durch innovative Aufbereitung
Die MSW Mineralstoffwerke Südwest aus Stuttgart produziert in ihrem Werk in Mönsheim Schotter aus Muschelkalk. Sie hatte zwei Probleme beim Abbau und bei der Verarbeitung ihres Gesteins. Zum einen ist das Gestein mit einem hohen Anteil von Lehm verunreinigt. Das machte die Verarbeitung wenig effizient. Zum anderen führten die Verunreinigungen dazu, dass große Mengen nicht vermarktbaren Materials anfielen, die auf dem eigenen Gelände aufwendig deponiert werden mussten. Die BHS-Sonthofen GmbH, spezialisiert auf den Bau von Misch-, Zerkleinerungs-, Recycling- und Filtrationstechnik, schaffte es, die Ausbeute der Lagerstätte um rund 25 % zu erhöhen und die Rohstoffeffizienz von bisher 65 bis 70 % auf etwa 93 % zu steigern. Mittel zum Zweck war ein modifizierter Doppelwellenmischer, der beim Mischen von Beton seit Jahren als Branchenstandard gilt. Der Zusatz einer geringen Menge von Weißfeinkalk ermöglichte es, den Lehm im sogenannten „Combimix-Verfahren“ sauber vom Gestein zu trennen und den Muschelkalk so wieder zu einem wertvollen Baustoff zu machen. Ganz nebenbei wurde auch der Energiebedarf für die Aufbereitung des Muschelkalks um fast 20 % gesenkt. Millionen Tonnen des bereits deponierten – also verloren geglaubten – Materials können damit „reaktiviert“ und dem Markt zugeführt werden.

Ein wichtiger Baustein der Ressourceneffizienz ist und bleibt das Recycling von Abfällen und Schrotten. Neben dem Schutz der Umwelt dient Recycling auch der Sicherung der heimischen Rohstoffversorgung. Durch die Rückführung von Abfällen in den Wirtschaftskreislauf und deren Wiedernutzbarmachung werden nicht nur bedeutende Mengen an primären Rohstoffen (Erze, Industrieminerale, Sand und Kies) sondern auch erhebliche

Mengen an Energie eingespart. Dies senkt die Treibhausgasemissionen deutlich. Nach Angaben des Internationalen Aluminiumverbands spart man beispielsweise im Zuge des Aluminiumrecyclings ca. 92 % der Energiemenge der Primäraluminium-produktion ein.

Der Deutsche Rohstoffeffizienz-Preis wird jährlich für im Bereich der Ressourceneffizienz besonders innovative Unternehmen vergeben, Foto: BGR.



Beispiel 2: Nutzung von Reststoffen aus der Aufbereitung von Sand, Kies und Festgesteinen: *Im Zuge der Gewinnung und Aufbereitung von Sand, Kies und Festgesteinen fallen in Deutschland jedes Jahr mehrere Millionen Tonnen an feinteiligen und meist nassen Reststoffen (Waschschlamm) an, die meist im Bereich von Innenkippen oder in Schlammteichen deponiert werden. Die Dr. Krakow Rohstoffe GmbH hat sich dieser Reststoffe angenommen und vermarktet sie zunehmend erfolgreich. Der Rohstoffbedarf der Ziegelindustrie wird beispielsweise teilweise durch Filterkuchen der Sand- und Kiesaufbereitung oder granulierten Schieferstaub ersetzt. Die feinkörnigen Reststoffe werden für die Herstellung von Hintermauerziegeln aber auch für die Steinzeugröhren-, Klinker- oder die Dachziegelproduktion verwendet. Der Einsatz dieser bereits einmal geförderten und aufbereiteten Reststoffe in der keramischen Industrie vermindert den Bedarf an primären Tonen und trägt so zum Schutz unserer natürlichen Ressourcen und der Umwelt bei.*



Filterkuchen aus der Kies-Sand-Wäsche sind begehrte Sekundärrohstoffe in der Ziegelindustrie, Foto: Dr. Krakow Rohstoffe GmbH.

Grundlage des Recyclings sind Abfälle und Schrotte. Das deutsche Abfallaufkommen betrug laut Statistischem Bundesamt im Jahr 2014 ca. 401 Mio. t, mehr als 50 % der Gesamtmenge sind Bau- und Abbruchabfälle, etwa 15 % Produktions- und Gewerbeabfälle (einschl. sonstiger Abfälle) und ca. 13 % Siedlungsabfälle. Die restlichen Anteile verteilen sich auf „Abfälle aus Abfallbehandlungsanlagen“ (ca. 13 %) und „Abfälle aus der Gewinnung und Behandlung von Bodenschätzen“ (ca. 8 %). Insgesamt wurden vom gesamten Abfallaufkommen ca. 69 % stofflich und weitere 10 % energetisch verwertet.

Massenmetalle wie beispielsweise Kupfer, Aluminium, Blei oder Stahl werden in Deutschland bereits seit vielen Jahrzehnten zu hohen Anteilen recycelt. Insbesondere Edel- und Buntmetalle wie Gold, Silber und Kupfer können dabei weitgehend ohne Qualitätsverlust recycelt werden. Sie werden somit nicht verbraucht, sondern können im Rahmen des Recyclings immer wieder neu verwendet werden. Nach Angaben der Metallverbände wurden von den ca. 1,2 Mio. t des im Jahr 2015 in Deutschland produzierten Aluminiums etwa die Hälfte aus recyceltem Material hergestellt und in der deutschen Stahlproduktion wurden 2015 bei einer Produktion von ca. 42,6 Mio. t Rohstahl etwa 18,5 Mio. t Stahlschrott eingesetzt. Auch bei der Produktion von Buntmetallen werden in großem Umfang Schrotte und andere metallische Abfälle eingesetzt. So wurden 2015 geschätzte 248.000 t Blei, 30.000 t Zink und 280.000 t Kupfer in Deutschland aus sekundären Rohstoffen raffiniert. Zudem wurden rund 6.000 t Zinn aus Schrotten und metallischen Abfällen zurückgewonnen. Doch selbst in den Industrienationen gibt es noch zahlreiche bislang ungenutzte Recyclingpotenziale. So liegt der Recyclinganteil bei Hochtechnologiemetallen, wie beispielsweise den Seltenen Erden, Germanium, Gallium oder Indium, global in der Regel immer noch bei weniger als 1 %. Daten zum Recycling von Hochtechnologiemetallen sind meist nur grobe Schätzungen und gesicherte Daten liegen kaum vor. Das Recycling dieser Metalle ist bislang auch nicht ohne Weiteres möglich. Es bestehen z. T. technische, ökologische oder ökonomische Grenzen der Rückgewinnung. Hier besteht noch weiterer Forschungsbedarf.

Auch bei vielen anderen mineralischen Rohstoffen sind bislang die sekundären Nutzungspotenziale schwer zu heben. Nichtmetallrohstoffe wie Baurohstoffe oder Tone sowie Industrieminerale, beispielsweise Feldspat oder Flussspat, gehen im Rahmen der industriellen Produktion neue chemische Verbindungen ein oder werden chemisch verändert. Aufgrund dieser Veränderung kann beispielsweise das Mineral Quarz nicht aus Glas oder der Ton aus alten Ziegeln zurückgewonnen werden. Allerdings können die aus diesen Rohstoffen hergestellten Produkte als Ersatz für primäre Rohstoffe oder als Zuschlagstoffe wieder in den Wirtschaftskreislauf eingebracht werden. So werden nach Angaben des Bundesverbandes der Glasindustrie mehr als 85 % der Glasverpackungen in Deutschland (im Wesentlichen Glasflaschen und Glasbehälter) dem Recycling zugeführt. Das Altglas wird verwendet, um neues Glas zu produzieren. Dieses umfassende Recycling spart neben Primärrohstoffen wie Quarz, Kalk und Feldspat auch enorme Mengen an Energie ein.





Schrott ist kein Abfall sondern ein in der deutschen Industrie sehr geschätzter Wertstoff, Foto: Metall-verwertungsgesellschaft mbH, Gottenheim.



Unsortierter Metallschrott im Brinker Hafen in Hannover, Foto: BGR.



Die Verwertungsquote mineralischer Bauabfälle lag 2014 bei ca. 89,5 %, Foto: Industrieverband Steine und Erden Baden-Württemberg e. V. (ISTE).

Ebenso werden Abfälle aus dem Abbruch und Rückbau der heimischen Infrastruktur, z. B. Häuser und Straßen, in Deutschland zum größten Teil recycelt. Laut Bericht der Initiative Kreislaufwirtschaft Bau lag das Aufkommen an mineralischen Bauabfällen in Deutschland im Jahr 2014 bei ca. 202,0 Mio. t. Den größten Anteil hieran hatten Böden und Steine mit 118,5 Mio. t (58,7 %). Etwa 12,1 Mio. t (10,2 %) dieser Abfallgruppe wurden als Recycling-Baustoffe wiederverwertet, 89,5 Mio. t (75,5 %) wurden im übertätigen Bergbau sowie im Deponie- und Erdbau eingesetzt und 16,9 Mio. t beseitigt. Von den ca. 54,6 Mio. t Bauschutt und 13,6 Mio. t Straßenaufbruch wurden ca. 42,5 Mio. t bzw. 12,8 Mio. t recycelt. Dies entspricht 77,8 % bzw. 93,7 % der Gesamtmenge. Insgesamt betrug die Verwertungsquote der mineralischen Bauabfälle 2014 ca. 89,5 %.

Die potenziell recycelbaren Abfallmengen sind jedoch begrenzt. Es können maximal nur die Mengen zurückgewonnen werden, die zuvor, teilweise vor Jahrzehnten, in Produkten und in der Infrastruktur eingesetzt wurden. Die Deckung der Rohstoffnachfrage ist selbst bei einem weitgehend vollständigen Recycling der Abfallmengen nicht möglich, da vor allem durch das Wirtschaftswachstum in den Schwellen- und Entwicklungsländern mehr Rohstoffe benötigt werden, als durch Recycling zur Verfügung gestellt werden kann. Sekundärrohstoffe können damit primär gewonnene Rohstoffe aus dem Bergbau nur teilweise ersetzen. Recycling ist aber ein bedeutender Teil der Strategie zur nachhaltigen Nutzung von Rohstoffen.

3

Rohstoffe und Naturschutz – kein Widerspruch

In Deutschland wurden im Jahr 2015 in ca. 4.000 Rohstoffgewinnungsstätten rund 572 Mio. t mineralische Rohstoffe gefördert. Steinbrüche, Kies-, Sand- und Tongruben bedeuten stets Eingriffe in Natur und Landschaft. Gewinnungsstätten sind aber auch – insbesondere dann, wenn Rohbodenstandorte nach Beendigung des Abbaus dauerhaft erhalten bleiben dürfen – wichtige Lebensräume für zahlreiche bedrohte und seltene Tiere und Pflanzen. Rohboden bedeutet, dass große Teile des Ausgangsmaterials (Tonstein, Schotter, Fels) ohne Humusüberdeckung an der Erdoberfläche liegen.

Rohstoffindustrie und Naturschutz können auf eine konfliktreiche Vergangenheit zurückblicken. Noch vor 30 Jahren wurden Steinbrüche als „klaffende Wunden“ oder „Wüsten in der Landschaft“ verstanden, die es zu rekultivieren und dem Landschaftsbild anzupassen galt und deren Erweiterung grundsätzlich negativ beurteilt wurde. Seit Ende der 1980er Jahre setzte jedoch eine Wende dieser Sichtweise ein. Ökologen und Biologen entdeckten den oft hohen ökologischen Wert von Gewinnungsstätten und zwar sowohl von aktiv betriebenen als auch von bereits stillgelegten.

Zwischen dem Naturschutzbund Deutschland e. V. (NABU) und der Rohstoffindustrie besteht eine durchaus kritische, aber konstruktive Zusammenarbeit zur Förderung des Naturschutzes in Abbaustellen. In Bayern, Niedersachsen, Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und auf Bundesebene schloss der NABU Rahmenvereinbarungen mit den Verbänden der Rohstoffindustrie. In Bayern gibt es zudem eine ähnliche Vereinbarung mit dem Landesbund für Vogelschutz in Bayern (LBV) e. V. In anderen Regionen Deutschlands existieren Abkommen über eine konstruktive Zusammenarbeit zwischen Abbauunternehmen und Regional- und Ortsgruppen des World Wildlife Funds (WWF) Deutschland oder des Bundes für Umwelt und Naturschutz Deutschland e. V. (BUND).



Es gibt vielfältige Beispiele für ein Miteinander von Naturschutz und Rohstoffgewinnung. So leben in Steinbrüchen, Kies-, Sand- 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 Arten, die in unserer heutigen Kulturlandschaft keine geeigneten Lebensräume mehr finden. Es gibt aber auch spektakuläre, gut erkennbare Arten: Häufig findet man in Pfützen oder Tümpeln von Rohstoffgewinnungsstätten eine große Anzahl an Amphibien wie die Gelbbauchunke, Geburtshelferkröte oder den Kammmolch. Diese Amphibien werden durch eine nachhaltige Gewinnung von Rohstoffen gefördert, da sie zeitweise, flache und vegetationsarme Stillgewässer zum Leben brauchen.

Da es in Deutschland nur noch wenige natürliche Flussläufe mit Kiesbänken gibt, besiedeln Flussregenpfeifer die Schlamm-, Sand- und Kiesflächen an Baggerseen sowie Kiesgruben. Uferschwalben benötigen lehmige oder festsandige Steilufer und Abbruchkanten zur Anlage ihrer Brutröhren. In unserer Kulturlandschaft finden sie diese ersatzweise an den Wänden von Sand- und Lehmgruben. Auch stark bedrohte Großvogelarten wie Uhu und Wanderfalke nutzen Steinbrüche als Rückzugsgebiete.

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 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 rechtzeitig vorher 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 in unserer Kulturlandschaft nur noch selten stattfindet. Viele seltene und bedrohte Arten sind an diese Dynamik gut angepasst und finden so in einer nachhaltig betriebenen Gewinnungsstätte einen idealen Lebensraum.



Im Kalksteinbruch Gerhausen, westlich Ulm, wird kaum noch Gestein abgebaut. Weite Teile des Steinbruchs sind bereits renaturiert und ein Lebensraum für seltene Tiere und Pflanzen, Foto: HeidelbergCement AG.



Die Gelbbauchunke (Bombina variegata) ist eine in ganz Europa streng geschützte und stark gefährdete Art und siedelt in zahlreichen Gipssteinbrüchen der Knauf Gips KG, Foto: Knauf Gips KG.



Ein Sandlaufkäfer (Cicindela spec.), eine Rote-Liste-Art, lebt auch im Gipssteinbruch Ergersheim in Mittelfranken, Foto: Knauf Gips KG.



Der Flussregenpfeiffer (Charadrius dubius) ist ein Gast in Kiesgruben, Foto: MIRO/Hausmann.

Entgegen einer weit verbreiteten Annahme sind Amphibien, Reptilien, Insekten und Vögel zudem nicht lärmempfindlich. Sie brüten und nisten auch unter Förderbändern, in Schwimmbaggern und in Steinbruchwänden. 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 für jeden Standort gesondert betrachtet und abgewogen werden.

Bezogen auf Deutschland waren im Jahr 2015 184.332 km² Landwirtschaftsflächen und 109.555 km² mit Wald bedeckt. Auf einzelne Bundesländer konzentriert hieße dies, dass die vier größten Bundesländer, also Bayern, Niedersachsen, Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen, vollständig landwirtschaftlich genutzt würden, während alle neuen Bundesländer mit Wald bedeckt wären. Ganz Schleswig-Holstein wäre zudem zum Wohnen und für Industrieanlagen reserviert. Fast ganz Rheinland-Pfalz bestände auf der anderen Seite aus Straßen und Autobahnen. Im Vergleich dazu werden derzeit ca. 1.169 km² der Fläche Deutschlands als Abbauland, größtenteils für die großen Braunkohlentagebaue, in Anspruch genommen. Dies entspricht der Fläche der norddeutschen Stadtstaaten Hamburg und Bremen. Das Flächenäquivalent für die im Jahr 2015 neu genutzte Rohstoffmenge betrug ca. 29 km², davon weniger als 16 km² für mineralische Rohstoffe. Im Vergleich dazu wuchs im gleichen Zeitraum die gesamte Siedlungs- und Verkehrsfläche in Deutschland um weitere 156 km². Im Gegensatz zu diesen Flächen werden die Abbauflächen nicht auf Dauer benötigt, sondern stehen nach Abbauende und gesetzlich vorgeschriebener Rekultivierung oder Renaturierung der Gesellschaft nach wenigen Jahrzehnten für andere Nutzungszwecke oder der Natur wieder zur Verfügung.

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 in unserer Heimat zu finden. Aus Sicht des Naturschutzes ist einer Renaturierung gegenüber einer Rekultivierung daher immer Vorrang einzuräumen. Im Falle einer

Beispiel Oberrhein: Der Oberrhein erstreckt sich über 359 km Länge von Basel im Süden bis Bingen im Norden. Der badische Oberrhein bis nördlich Frankenthal ist 267 km lang. An seinem Lauf liegen auf deutscher Seite 73 in Betrieb befindliche Baggerseen, aus denen derzeit Kies gewonnen wird. Im Jahr 1992 waren es noch 105. Während im dicht besiedelten Großraum Karlsruhe viele ehemalige und noch betriebene Baggerseen für die Freizeitnutzung erschlossen wurden, dominiert am südlichen Oberrhein der Naturschutz.

Vielen Umweltschützern ist die Gesamtzahl der Baggerseen am Oberrhein zu hoch. Dabei ist zu berücksichtigen, dass das ursprüngliche Oberrheintal über Jahrtausende durch einen stark mäandrierenden Rhein und ständige Überflutungen geprägt war. Durch die Begradigung des Rheinverlaufs ab 1817 wurde die Rheinlänge zwischen Basel und Bingen um 81 km verkürzt und eine Vielzahl an artenreichen Lebensräumen in den vielen Altarmschlingen und Auen dadurch trockengelegt. Im Vergleich dazu wird die Landschaft durch die neuen, nun durch Rohstoffgewinnung künstlich geschaffenen Wasserflächen wiederbelebt und aufgewertet. Da die Kiesmächtigkeit an Teilen des Oberrheins zudem sehr hoch ist (bis 140 m), erfolgt der Kiesabbau über viele Jahrzehnte in immer den gleichen Baggerseen – die Flächeninanspruchnahme wird so gering gehalten. In den nicht durch Freizeitnutzung geprägten Baggerseen entstanden bzw. entstehen neue Zentren der Biodiversität. So wird die Kulturlandschaft erneut verändert, nun wieder in Richtung des ursprünglichen Zustands, wenn auch die neuen Seen nicht wie die Auen oder Altarme an den Rhein angeschlossen sind.

land- oder forstwirtschaftlichen Rekultivierung sind besonders naturverträgliche Folgenutzungen anzustreben. So kann durch geeignete standortbezogene Maßnahmen (z. B. Hecken, Lesesteinhaufen, Streuobstwiesen) die Vielfalt der Landschaft wiederhergestellt oder verbessert werden. Bei einer forstwirtschaftlichen Nachnutzung sollte die Vermehrung von naturnahen Waldbiotopen und offenen Lichtungen im Vordergrund stehen. Eine vielfältige Landschaft fördert auf jeden Fall den Artenreichtum der Natur.



Bienenfresser (Merops apiaster), eine streng geschützte Art, an einem Baggersee in Sachsen-Anhalt, Foto: MIRO/Hausmann.



Deutscher Fransenenzian (Gentianella germanica), eine besonders geschützte Art, im ehemaligen Gipssteinbruch Endsee in Mittelfranken, Foto: Knauf Gips KG.



Moorbärlapp (Lycopodiella inundata), eine vom Aussterben bedrohte Pflanzenart in Sachsen-Anhalt, hat sich im Quarzsandtagebau Möllensdorf wieder stark verbreitet, Foto: Quarzsand GmbH Nudersdorf.



Das Kieswerk Stade-Wiepenkathen im renaturierten Zustand, Foto: HeidelbergCement AG.

4

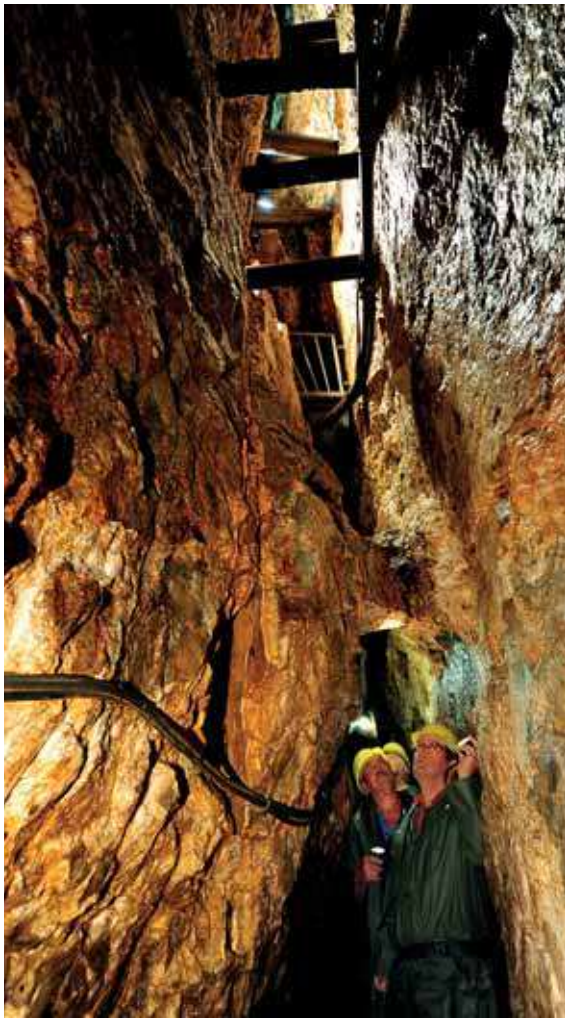
Rohstoffgewinnung und Geotourismus – mit herzlichem Glückauf!

Rohstoffabbau ist eine Nutzung der Landschaft auf Zeit und zahlreiche ehemalige Gewinnungsstellen stellen heute attraktive geowissenschaftliche oder montanhistorische Sehenswürdigkeiten dar. Auf diesen basierend hat sich in den vergangenen Jahrzehnten der Geotourismus als spezielle Form des Fremdenverkehrs etabliert. Geotouristische Ziele mit einem starken Rohstoffbezug können dabei Besucherbergwerke, Bergbaumuseen und technische Denkmäler, Bergbau- oder geologische Lehrpfade sowie Geotope und Geoparks sein. Sie zeigen die Gewinnung und Verarbeitung der verschiedenen Rohstoffe während der über 2.000-jährigen deutschen Bergbaugeschichte oder erlauben Einblicke in die Entwicklung der Erde.

Besucherbergwerke

Mit einem herzlichen „Glückauf!“ begrüßen in Deutschland über 170 Besucherbergwerke ihre Gäste. Sie wurden mit viel Enthusiasmus und Engagement, oftmals ehrenamtlich, zugänglich gemacht oder wie der Bergmann sagt „befahrbar“ gemacht. Aus den zahlreichen Besucherbergwerken können in dieser Broschüre aus Platzgründen und ohne damit eine Wertung vorzunehmen, nur einige exemplarisch genannt werden. Detaillierte Informationen über alle deutschen Besucherbergwerke sind im Internet zu finden.

Die meisten Besucherbergwerke befinden sich in ehemaligen Gruben des Metallerzbergbaus. Sehr bekannte Beispiele der Buntmetallgewinnung sind das „UNESCO Weltkulturerbe Rammelsberg“ mit angeschlossenem Museum in Goslar, das „Erzbergwerk Schauinsland“ bei Freiburg im Breisgau, das Sauerländer „Besucherbergwerk Ramsbeck“, das Kupferschieferbergwerk „Röhrigschacht" bei Wettelrode im südöstlichen Harzvorland sowie die „Zinnkammern Pöhla“ im Erzgebirge. Von dem für die deutsche Industrie wichtigen Eisenerzabbau zeugen heute zahlreiche Besucherbergwerke, wie z. B. die schon in keltischer Zeit betriebene Eisenerzgrube „Frischglück“ im Nordschwarzwald, die „Grube Fortuna“ im Lahn-Dill-Kreis, das Schaubergwerk „Erzgrube Büchenberg“ im Harz und das Besucherbergwerk „Stahlberger Erbstollen“ mit dem Stahlbergmuseum im Siegerland. Die Gewinnung von Edelmetallen ist unter anderem im Silberbergwerk Freiberg (Erzgebirge) und den Silbergruben „Segen Gottes“ und „Caroline“ im



Blick in einen mittelalterlichen Abbau auf dem silberhaltigen Erzgang der „Grube Caroline“ bei Sexau nördlich von Freiburg im Breisgau, Foto: Thomas Kunz.

Schwarzwald, in den ehemaligen Goldbergwerken und jetzigen Besucherbergwerken „am Eisenberg“ in Nordhessen und „Schmutzlerzeche“ im Fichtelgebirge dokumentiert. Das mittelalterliche Zinnoberbergwerk „Schmittenstollen“ im Nordpfälzer Bergland zeigt als einziges die Gewinnung von Quecksilber.

Beispiele aus dem Bereich der Industrieminerale sind die bekannten Salz- bzw. Solungsbergwerke Bad Friedrichshall nördlich Heilbronn, Berchtesgaden in Südbayern, das „Erlebnisbergwerk Glückauf“ in Nordthüringen und das „Erlebnis Bergwerk Merkers“ im Grenzgebiet Thüringen/Hessen. Weitere Beispiele sind die ehemaligen Fluss- und Schwerspatgruben „Finstergrund“ und „Teufelsgrund“ im Südschwarzwald, die „Grube Glasebach“ mit dem Straßberger Bergwerksmuseum

in Sachsen-Anhalt und das „Besucherbergwerk Hühn“ im Thüringer Wald. Des Weiteren kann man sich im Besucherbergwerk „Kropfmühl“ im Bayerischen Wald über den noch aktiven Abbau von Graphit und in der „Edelsteinmine Steinkaulenberg“ im Hunsrück sowie im „Historischen Schmucksteinbergwerk Kittenrain“ in der Oberpfalz über die frühere Gewinnung von Farbedelsteinen informieren.

Sehr schöne Kristalle oder farbenprächtige Gesteine können außerdem in Thüringen in der ehemaligen Gipsgewinnungsstätte „Marienglashöhle“ sowie in den Alaunschieferbergwerken „Saalfelder Feengrotten“ und „Morassina“ bestaunt werden. Darüber hinaus gibt es auch Besucherbergwerke, welche den Abbau von Baurohstoffen, wie Schiefer (z. B. „Besucherbergwerk Fell“ im Hunsrück, „Deutsches Schieferbergwerk“ in der Eifel und „Schieferschaubergwerk Raumland“ im Rothaargebirge) beziehungsweise von Kalk oder Marmor („Herkules-Frisch-Glück“ im Erzgebirge, „Altes Kalkbergwerk Miltitz“ westlich von Dresden und „Kalkbergwerk am Königsberg“ im Nordpfälzer Bergland) vorstellen. Ehemalige Gewinnungsstellen von vulkanischen Gesteinen können in der Eifel im „Lavakeller“ mit dem zugehörigen Vulkanmuseum „Lava Dome“ und im „Römerbergwerk Meurin“ besucht werden. Nähere Einblicke in die Torfgewinnung und -verarbeitung erhält man z. B. in den ehemaligen Torfwerken Hahnenmoor im Emsland und Zeiler in Oberschwaben mit dem zugehörigen renaturierten Hahnenmoor bzw. dem Wurzacher Ried.



Ein besonderes Erlebnis im Salzbergwerk Berchtesgaden sind Fahrten mit der Grubenbahn. Foto: Südwestdeutsche Salzwerke AG.

Bergbaumuseen und technische Denkmäler

Zusätzlich zu den Besucherbergwerken, die den eigentlichen Abbauort der Rohstoffe widerspiegeln, gibt es auch viele Bergbaumuseen und technische Denkmäler in Deutschland, welche die Rohstoffe der jeweiligen Region, deren Bergbaugeschichte und ihre Verarbeitung veranschaulichen. Über die bereits im vorherigen Abschnitt erwähnten Museen hinaus sind z. B. die Schiefermuseen in Steinach im Thüringisch-Fränkischen Schiefergebirge und in Ludwigstadt in Oberfranken, das „Märkische Ziegeleimuseum Glindow“ im Havelland, das „Oberharzer Bergwerksmuseum“ in Clausthal-Zellerfeld, das „Deutsche Salzmuseum“ in Lüneburg sowie das „Bayerische Moor- & Torfmuseum“ mit dem Industriedenkmal „Torfbahnhof Rottau“ zu nennen. Weitere technische Denkmäler sind z. B. das Denkmal „Historischer Schieferbergbau“ im Thüringer Schieferpark, das „Kalkwerk Lengefeld“ im Erzgebirge und die funktionsfähige Fahrkunst der Grube Samson in St. Andreasberg, die zu den internationalen historischen Maschinenbau-Denkmälern und zum UNESCO-Weltkulturerbe „Oberharzer Wasserwirtschaft“ gehört.

Darüber hinaus wurden auch größere, regionsübergreifende Bergbaumuseen eingerichtet. Eines davon ist das „Deutsche Bergbau-Museum Bochum“. Es gehört zu den weltweit größten und bedeutendsten Fachmuseen zum Thema Bergbau, Mineralogie und Montanwesen, besitzt ein eigenes Anschauungsbergwerk und ist außerdem ein Forschungsinstitut. Auch das „Deutsche Museum“ in München beschäftigt sich mit Rohstoffen und Bergbau und besitzt mehrere Schauanlagen aus dem Abbau und der Aufbereitung.

Themenstraßen

Wer ein paar Tage mehr Zeit hat, sich mit dem Thema heimische Rohstoffe zu beschäftigen, kann eine der zahlreichen Themenstraßen in Deutschland bereisen. Zur Auswahl stehen z. B. die „Sächsisch-Böhmische Silberstraße“, die „Edelsteinstraße“ rund um die Edelsteinmetropole Idar-Oberstein, die „Glasstraße“ im Oberpfälzer und Bayerischen Wald, die „Deutsche Tonstraße“ im Ruppiner Seenland, die „Lehm- und Backsteinstraße“ bei Plau am See in Mecklenburg-Vorpommern, die „Bayerische Porzellanstraße“, die „Thüringer Porzellanstraße“, die „Mosel-

schiefer-Straße“ in der Eifel, die „Thüringisch-Fränkische Schieferstraße“ oder die „Hunsrück Schiefer- und Burgenstraße“ zwischen Mosel und Nahe.

Freizeit und Events

Neben der Wissensvermittlung rund um das Thema Rohstoffe bieten viele ehemalige Gewinnungsstellen einen außergewöhnlichen Rahmen für Veranstaltungen. So werden in vielen Besucherbergwerken Lichtshows, Konzerte, Theatervorführungen, Hochzeiten und Feiern durchgeführt. Aber auch Laufveranstaltungen und Radrennen sowie eine Kegelbahn und sogar einen Hochseilgarten gibt es bereits untertage. Aufgrund des besonderen Klimas werden außerdem einige Bergwerksstollen für Therapiezwecke zur Verfügung gestellt. Ehemalige übertägige Gewinnungsstellen werden heute unter anderem auch als Naherholungsgebiete, für Freizeitaktivitäten oder als Freilichtbühnen genutzt. Einige der noch in Betrieb stehenden Steinbrüche liefern darüber hinaus das perfekte Ambiente für kulturelle Veranstaltungen oder Filme. Beispiele von „Eventsteinbrüchen“ sind der Kalksteinbruch Osterholz bei Wuppertal, der Sandsteinbruch Wehlen im Elbsandsteingebirge oder der „SchieferErlebnis Park“ in Dormettingen in der Schwäbischen Alb. Auch im rheinland-pfälzischen Hartsteinbruch Niederwörresbach, im mittelsächsischen Porphyrsteinbruch auf dem Rochlitzer Berg und im saarländischen Hartsteinbruch Beckingen-Reimsbach erfreuen sich viele Menschen alljährlich bei Konzerten und Festivals.

Geotope und Geoparks

Die heimische Rohstoffgewinnung trug nicht nur zur Bildung von schützenswerten Biotopen bei, sondern legte auch besondere Fossilien oder Gesteinsformationen frei, welche Erkenntnisse über die Entwicklung der Erde oder des Lebens vermitteln. Diese erdgeschichtlichen Sehenswürdigkeiten werden als Geotope bezeichnet und sind aufgrund ihrer besonderen Bedeutung, Seltenheit oder Schönheit schützenswert. In Gebieten mit hoher Geotopdichte und -vielfalt wurden darüber hinaus „Nationale GeoParks“ angelegt, von denen derzeit 16 in Deutschland existieren. Sechs dieser Geoparks wurden bereits in die Liste der „UNESCO Global Geoparks“ aufgenommen. Ein Geopark ist ein großräumiges Gebiet mit überregional bedeutenden geologischen Sehenswürdigkeiten, das die Verknüpfungen zwischen dem geologischen Erbe eines Raumes mit der Archäologie, dem Naturschutz sowie der Kultur-, Wirtschafts- und Sozialgeschichte einer Region thematisiert. Nähere Informationen zu Geotopen und Geoparks findet man bei den Staatlichen Geologischen Diensten der einzelnen Bundesländer, unter www.nationaler-geopark.de und auf der Homepage der UNESCO.



17.000 Zuschauer verfolgen eine spektakuläre Motocross-Show im Kalksteinbruch Osterholz bei Wuppertal, Foto: DeinSteinbruch GmbH.

5

Gibt es noch genug?



Aufgrund der geologischen Gegebenheiten ist Deutschland reich an mineralischen Rohstoffen. Insbesondere Baurohstoffe, wie Sand, Kies, gebrochene Natursteine, Kalk-, Mergel- und Dolomitstein, Lehm und Ton, sind in Deutschland so ausreichend vorhanden, dass wir uns damit langfristig selbst versorgen können. Auch einige wichtige Industrieminerale, wie Steinsalz, Kalisalz, Kaolin und Quarzsand reichen langfristig nicht nur zur Eigenversorgung, sondern werden auch exportiert – dann allerdings meist in veredelter oder weiterverarbeiteter Form. So wie die deutsche Wirtschaft heute vom Import zahlreicher weiterer Rohstoffe, insbesondere der Metalle, abhängig ist, so benötigen andere Länder wiederum unsere Industrieminerale. Am bedeutendsten ist dabei unser Kalisalz in Form von Dünger. Grundsätzlich gilt, dass die von uns benötigten Rohstoffe, die nicht in Deutschland abgebaut werden, im Ausland unter den dortigen rechtlichen, sozio-ökonomischen und ökologischen Rahmenbedingungen gefördert und von dort nach Deutschland exportiert werden.

Auch Metallerze gab es in Deutschland über Jahrhunderte genug. Unsere Kupfer-, Gold- und Silbererze begründeten im Mittelalter die Entwicklung des Bergbaus, die schließlich zur Entwicklung neuer Technologien, zur Gründung von Bergbauschulen und somit zur Etablierung der Montanwissenschaften führte.

Mit der im 19. Jahrhundert beginnenden Industrialisierung wurden dann auch heimische Eisen-, Blei-, Zink-, Zinn- und Wolframerze genutzt. Sie waren der Grundstein unserer heutigen metallverarbeitenden Industrie, von der in Deutschland noch immer mehrere hunderttausend Arbeitsplätze abhängen. Sinkende Metallgehalte in den Erzkörpern und zunehmende Abbautiefen, einhergehend mit niedrigen Metallpreisen führten Anfang der 1990er Jahre allerdings zur Einstellung des Erzbergbaus in Deutschland.

Zur Erhöhung der heimischen Verfügbarkeit von wirtschaftsstrategischen Metallen werden aktuell



Menschen in der Rohstoffindustrie, Foto: MIRO/ Koglin.

Deutschland deckt seinen Bedarf an Baurohstoffen und vielen Industriemineralen vollständig aus heimischen Quellen. Können wir uns demnach beruhigt zurücklehnen? Nicht ganz, denn längst nicht auf alle Lagerstätten kann die Rohstoffindustrie zurückgreifen. Zahlreiche konkurrierende Nutzungen, wie Wasserschutz-, Naturschutz-, Landschaftsschutz-, Flora-Fauna-Habitat-, Natura 2000- und andere Schutzgebiete sowie Wohn- und Gewerbegebiete und Verkehrsflächen müssen berücksichtigt werden. Dazu will nicht jeder Land- und Forstwirt seine Nutzflächen verkaufen oder verpachten. Diese Einschränkungen erschweren die Rohstoffgewinnung in Deutschland und beschränken damit die Grundlage der damit verbundenen weiterverarbeitenden Industrie.

Auch die Anforderungen an die Qualität der Rohstoffe sind hoch und steigen weiter. Längst nicht jeder Rohstoff ist auch für alle seine denkbaren Verwendungszwecke geeignet. So ist heute für Abbauunternehmen eine umfassende Erkundung der potenziellen Lagerstätten selbstverständlich und für eine optimale Abbauplanung auch sinnvoll. Oft können die Unternehmen dabei im Vorfeld auf

in bundesweiten Forschungsinitiativen die Metallerzvorkommen in den traditionellen deutschen Bergbauregionen wie Erzgebirge, Harz, Siegerland und Schwarzwald mit modernen analytischen Verfahren neu bewertet. Zudem stehen die auf Halden gelagerten Aufbereitungsrückstände des ehemaligen deutschen Metallerzbergbaus, die Hochtechnologiemetalle wie Indium, Kobalt und Gallium enthalten, im Fokus der Forschung. Ob diese Vorkommen wirtschaftlich gewinnbar sind, ist noch offen.

Das Angebot aus dem Recycling leistet heute bereits einen wichtigen Beitrag zur Versorgung der heimischen Industrie mit Metallen. Mit dem Recycling und weiteren Maßnahmen zur Rohstoffeffizienz können weitere „heimische“ Rohstoffquellen erschlossen werden. Allerdings stehen zurzeit nur begrenzte Mengen an Sekundärmaterial im Verhältnis zum Rohstoffbedarf zur Verfügung, auch sind technische und logistische Grenzen gegeben.



Menschen in der Rohstoffindustrie, Foto: MIRO/ Steinbach.

Voruntersuchungen der zuständigen Staatlichen Geologischen Dienste zurückgreifen. Diesen obliegen die übersichtsmäßige Erkundung und Bewertung von Rohstoffvorkommen als wesentliche Grundlage für die planerische Sicherung von Rohstoffgewinnungsflächen in der Raumordnung und Landesplanung. Die Detailerkundung ist dagegen Aufgabe der Rohstoffunternehmen.

In den letzten Jahrzehnten hat in Deutschland der Dienstleistungssektor das produzierende Gewerbe und längst auch die Landwirtschaft von der Zahl der Beschäftigten her von den ersten Plätzen verdrängt. Doch ohne mineralische Rohstoffe und die Grundstoffindustrie gäbe es keine Waren des täglichen und wirtschaftlichen Bedarfs und auch keine moderne Verkehrsinfrastruktur. Insbesondere die Ziele der Energiewende lassen sich nicht ohne den Einsatz von mineralischen Rohstoffen erreichen.

Die volkswirtschaftliche Bedeutung aller Metallerze und der Industrieminerale Kalisalz, Kaolin, Quarz, Fluss- und Schwerspat, Bentonit, Graphit, Kieselerde sowie in Bayern der Quarzkiese ist besonders hoch. Bei einer regionalplanerischen Abwägung mit dem Ziel einer möglichst langfristigen planerischen Sicherung von Rohstoffgewinnungsflächen muss den geologischen Begebenheiten (Standortgebundenheit dieser Rohstoffvorkommen und deren regional ungleiche Verteilung) hinreichend Rechnung getragen werden. Lagerstätten sollten zudem zum Schutz unserer heimischen Ressourcen immer vollständig genutzt werden, wie es auch in vielen Genehmigungen festgeschrieben wird.



Viele Gewinnungsbetriebe bieten „Tage der offenen Tür“ an, die von der umliegenden Bevölkerung gerne genutzt werden Foto: MIRO/Möhle.

6

Fazit

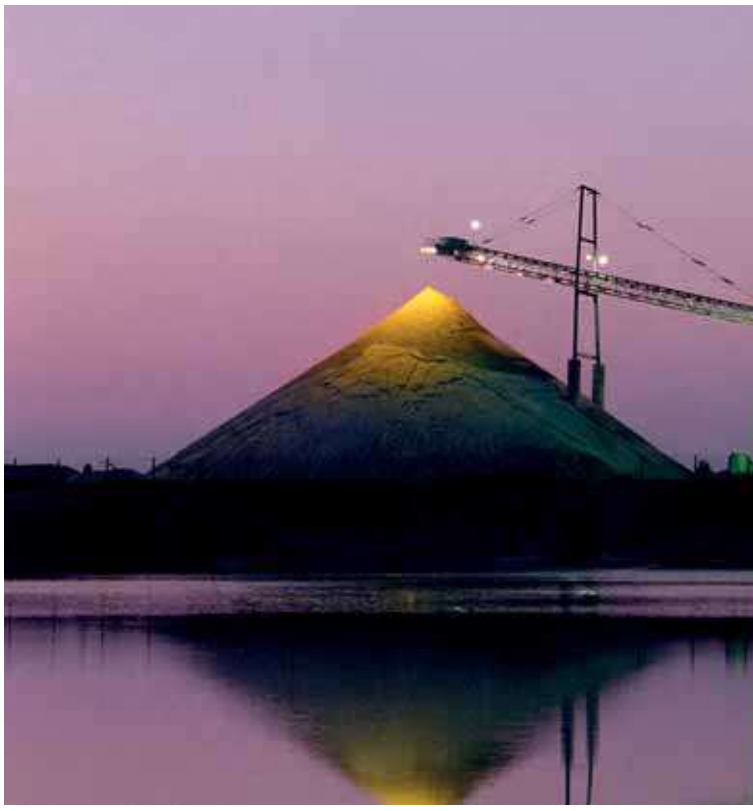
Im Laufe seines Lebens nutzt jeder von uns durchschnittlich 574 t mineralische Rohstoffe, inkl. Metalle. Das sind 7,2 t mineralische Rohstoffe im Jahr oder 19,6 kg pro Tag. Mineralische Rohstoffe begleiten uns unser gesamtes Leben.

Im Jahr 2015 wurden in Deutschland über 572 Mio. t mineralische Rohstoffe im Wert von knapp 7,2 Mrd. € gewonnen. Hierbei handelt es sich vor allem um Sand und Kies, gebrochene Natursteine, Kalk-, Mergel- und Dolomitstein, Lehm, Quarzsand und -kies sowie Kali- und Steinsalz. Alle weiteren Rohstoffe, insbesondere die Metalle, sind in Deutschland nur untergeordnet oder gar nicht in Form derzeit wirtschaftlich abbauwürdiger Lagerstätten vorhanden und müssen daher überwiegend oder vollständig importiert werden. Rund 4.000 Steinbrüche, Ton-, Kies- und Sandgruben bzw. Baggerseen sowie etwa 30 Bergwerke waren im Jahr 2015 deutschlandweit in Produktion. Ungefähr 35.000 Mitarbeiter in der rohstoffgewinnenden Industrie sowie 110.000 Beschäftigte in der direkten weiterverarbeitenden Industrie erwirtschafteten im Jahr 2015 einen Umsatz von rund 30 Mrd. €.

Die heimische Rohstoffproduktion verringert die Abhängigkeit der deutschen Wirtschaft vom Weltmarkt und der damit verbundenen Preis- und Lieferrisiken. Die hier produzierten mineralischen Rohstoffe sind die Grundlage vieler inländischer Wirtschaftszweige und damit der Wertschöpfung in Deutschland. Zu den vielen Wirtschaftszweigen, die diese heimischen Rohstoffe in ihrer Produktion oder in vorgelagerten Produktionsketten benötigen, gehören die Automobilindustrie (z. B. Schwerspat für Brems- und Kupplungsbeläge und schalldämpfende Kunststoffe), die Metallindustrie (z. B. Quarzsand für Gussformen), die Elektroindustrie (z. B. Feldspat für Elektrokeramik), die chemische und pharmazeutische Industrie (z. B. Chlorverbindungen aus Steinsalz in vielen Kunststoffen und Medikamenten), die Bauindustrie (z. B. Sande, Kiese), die Land- und Forstwirtschaft (z. B. Kalidünger), die Lebensmittelindustrie (Steinsalz zum Würzen, Konservieren) sowie die Papier-, Farben- und Glasindustrie (z. B. Fluor- und Bariumverbindungen für technische und optische Gläser). Auch die Energiewende ließe sich ohne eine ausreichende Verfügbarkeit von mineralischen Rohstoffen, z. B. für die Herstellung von Windkraftanlagen (ca. 2.000 t mineralische Rohstoffe für eine 3-MW-Windkraftanlage), nicht umsetzen.

Jeder Rohstoffabbau ist mit einem Eingriff in Natur und Landschaft verbunden und steht auch in Konkurrenz zu anderen Nutzungen. Mineralische Rohstoffe werden in Deutschland daher nur unter strengen Auflagen auf der Basis gesetzlicher Grundlagen gewonnen. Die bundesweit für den Abbau mineralischer Rohstoffe immer nur vorübergehend in Anspruch genommene Fläche betrug im Jahr 2015 etwa 0,45 % der deutschen Gesamtfläche. Nach Abbauende steht diese Fläche wieder für andere Nutzungen zur Verfügung. Ehemalige Abbaustellen sind dabei, sofern sie renaturiert und nicht für eine landwirtschaftliche oder forstwirtschaftliche Nachnutzung rekultiviert werden, wichtige Rückzugs- und Lebensräume für bedrohte Arten. Zahlreiche Amphibien, Reptilien, Insekten und Vögel sowie Pflanzen sind in unserer Kulturlandschaft selten geworden und finden in Kies- und Tongruben, Steinbrüchen und am Rande von Baggerseen ein neues Zuhause.

Deutschland ist reich an mineralischen Rohstoffen, vor allem an Baurohstoffen und an Steinsalz. Dabei sind die wirtschaftlich abbaubaren und vor allem hochwertigen Lagerstätten selten. Alle mineralischen Rohstoffe sind jedoch endlich. Außerdem sind Rohstofflagerstätten aus geologischen Gründen ortsgebunden und regional unterschied-



lich verteilt. Dies muss im Rahmen der Raumplanung besonders berücksichtigt werden. Im Raumordnungsgesetz ist eine vorsorgende Rohstoffsicherung vorgesehen. Damit auch künftigen Generationen eine entsprechende Rohstoffbasis zur Verfügung steht, ist eine langfristige Sicherung der natürlichen Rohstoffressourcen notwendig. Vor diesem Hintergrund ist zu prüfen, inwieweit die gängigen Planungszeiträume von zehn Jahren geeignet sind, eine langfristige Sicherung tatsächlich zu gewährleisten.

Eine Herausforderung deutet sich bereits beim Rohstoff Gips an. Da heute überwiegend Gips aus der Rauchgasentschwefelung (REA-Gips) zum Einsatz kommt, wird ein Rückbau der Kohlekraftwerke im Zuge der Energiewende zu einem verminderten Angebot an REA-Gips führen. Dieser Angebotsrückgang wird durch Naturgips aus geologischen Lagerstätten kompensiert werden müssen. Die dafür erforderlichen Rohstoffgewinnungsflächen sind ergänzend planerisch zu sichern.

Das Recycling, besonders von Metallen, leistet heute bereits einen bedeutenden Beitrag zur heimischen Rohstoffversorgung und damit auch zur Verringerung der Importabhängigkeit. Zahlreiche Potenziale sind jedoch noch ungenutzt. Hier können neue innovative Technologien und Verfahren die Rohstoffeffizienz erhöhen, neue heimische sekundäre Quellen erschließen und damit Primärrohstoffe ersetzen.

Die rohstoffeffiziente, ökologische und sozial verantwortliche Nutzung von Rohstoffen fördert die gesellschaftliche Akzeptanz der Rohstoffgewinnung. Sie wird benötigt, da auch in Zukunft mit einem weltweiten Wachstum des Rohstoffbedarfs zu rechnen ist. Trotz der Zunahme der recycelten Mengen wird die Gewinnung primärer Rohstoffe – je nach Rohstoff – daher auch weiterhin einen bedeutenden Beitrag an der weltweiten Rohstoffversorgung leisten.

Stimmungsvolle Beleuchtung des Kieswerks Büderich bei Wesel am Niederrhein, Foto: Hülskens GmbH & Co. KG.





Der Kalksteinbruch Enningerloh im Münsterland ist Heimat für zahlreiche seltene Arten, Foto: Heidelberg Cement AG.

Weitergehende Informationen

Weitergehende Informationen zu allen Fragen rund um die Gewinnung, Bedeutung und Nutzung der heimischen mineralischen Rohstoffe erhalten sie bei folgenden Verbänden der rohstoffgewinnenden und -verarbeitenden Industrie Deutschlands:

– Deutscher Asphaltverband e. V. (www.asphalt.de)

– Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e. V. (www.baustoffindustrie.de)

– Industrieverband Garten e. V. (www.ivg.org)

– Bundesverband der Gipsindustrie e. V. (www.gips.de)

– Bundesverband Glasindustrie e. V. (www.bvglas.de)

– Bundesverband der Deutschen Kalkindustrie e. V. (www.kalk.de)

– Verband der Kali- und Salzindustrie e. V. (www.vks-kalisalz.de)

– Bundesverband Keramische Rohstoffe und Industrieminerale e. V. (www.bkri.de)

– Bundesverband Leichtbeton e. V. (www.leichtbeton.de)

– WirtschaftsVereinigung Metalle e. V. (www.wvmetalle.de)

– Bundesverband Mineralische Rohstoffe e. V. (www.bv-miro.org)

– Deutscher Naturwerkstein-Verband e. V. (www.natursteinverband.de)

– Bundesvereinigung Recycling-Baustoffe e. V. (www.recyclingbaustoffe.de)

– Vereinigung Rohstoffe und Bergbau e. V. (www.v-r-b.de)

– Bundesvereinigung Deutscher Stahlrecycling- und Entsorgungsunternehmen e. V. (www.bdsv.org)

– Bundesverband der Deutschen Transportbetonindustrie e. V. (www.transportbeton.org)

– Verein Deutscher Zementwerke e. V. (www.vdz-online.de)

– Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V. (www.ziegel.de)

sowie bei den Staatlichen Geologischen Diensten Deutschlands (www.infogeo.de)

Literatur

Börner, A., Bornhöft, E., Häfner, F., Hug-Diehl, N., Kleeberg, K., Mandl, J., Nestler, A., Poschlod, K., Röhling, S., Rosenberg, F., Schäfer, I., Stedingk, K., Thum, H., Werner, W. & Wetzel, E. (2012): Steine- und Erden-Rohstoffe in der Bundesrepublik Deutschland. – Geologisches Jahrbuch, Sonderreihe D, Band 10: 356 S.; Hannover.

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2016): Bericht zur Rohstoffsituation in Deutschland 2015. – 166 S.; Hannover. Online verfügbar unter www.bgr.bund.de.

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2016): Quarzrohstoffe in Deutschland. – 65 S.; Hannover. Online verfügbar unter www.bgr.bund.de.

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2016): Salze in Deutschland. – 103 S.; Hannover. Online verfügbar unter www.bgr.bund.de.

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2017): Kaolin in Deutschland. – 72 S.; Hannover. Online verfügbar unter www.bgr.bund.de.

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2017): Feldspatrohstoffe in Deutschland. – 51 S.; Hannover. Online verfügbar unter www.bgr.bund.de.

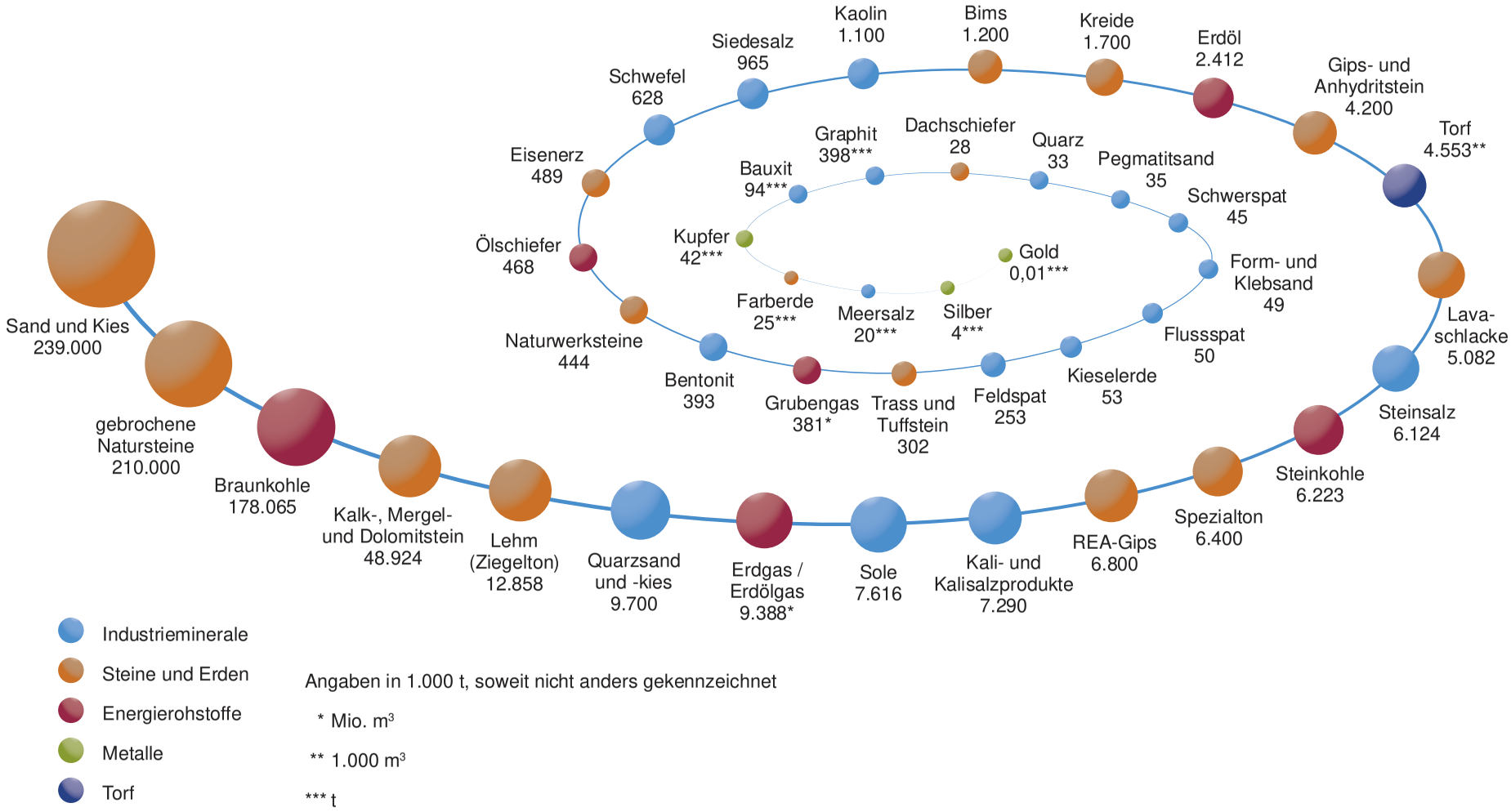
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2017): Fluss- und Schwerspat in Deutschland. – 72 S.; Hannover. Online verfügbar unter www.bgr.bund.de.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2016): Der Bergbau in der Bundesrepublik Deutschland 2015. – 136 S.; Berlin. Online verfügbar unter: www.bmwi.de.

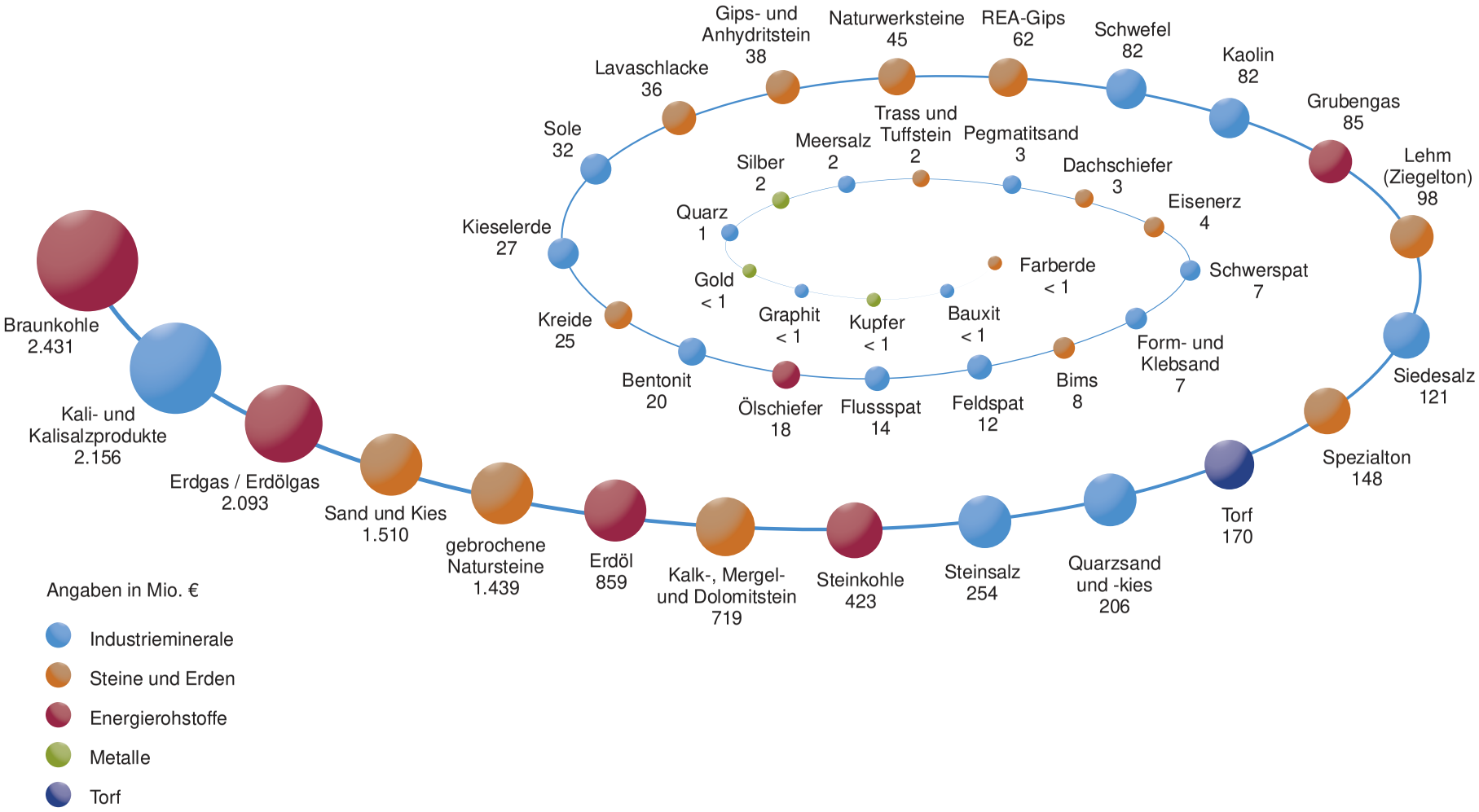


Anhang

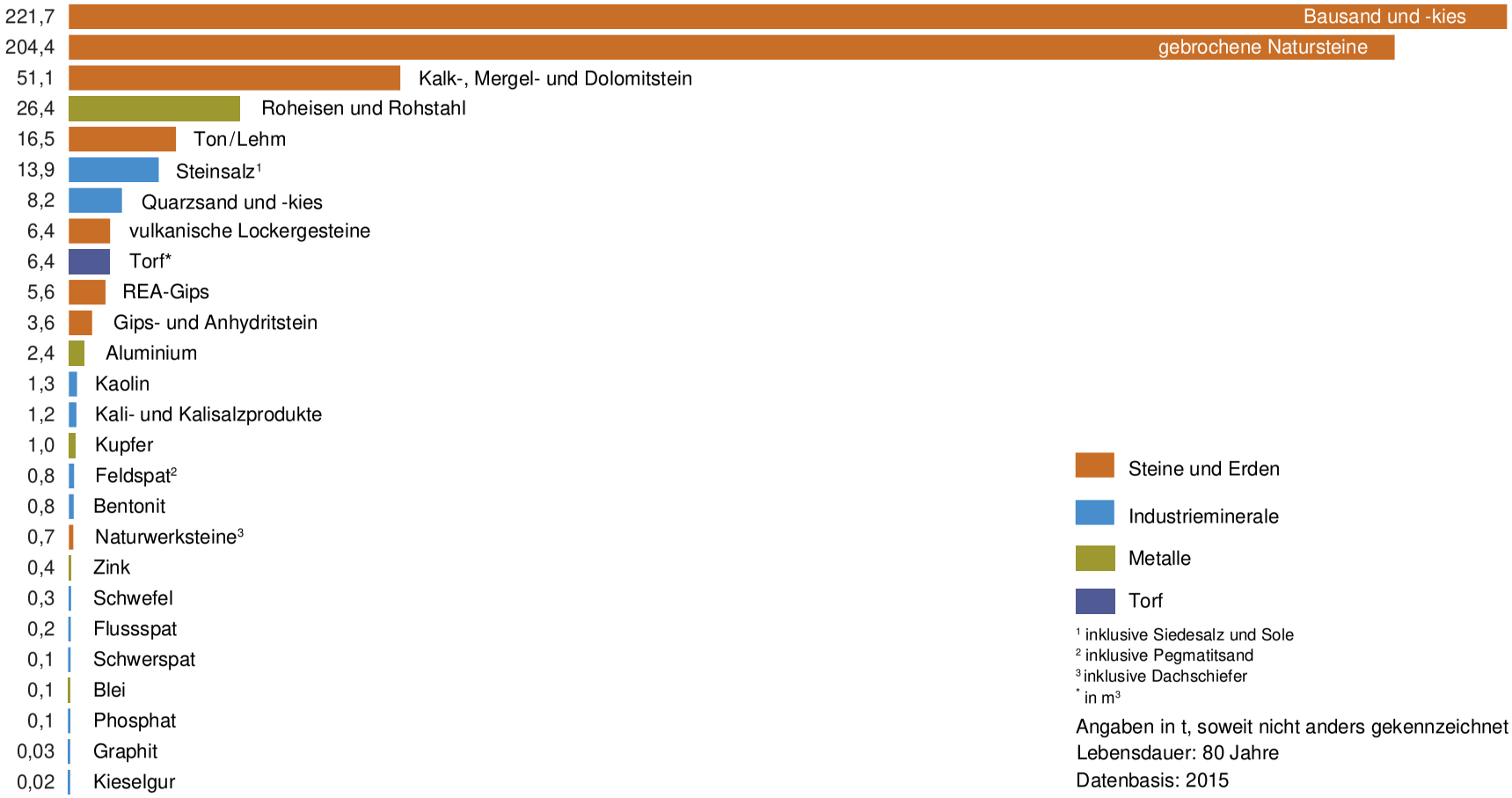
Gewinnung von mineralischen Rohstoffen und Energierohstoffen in Deutschland nach Menge im Jahr 2015



Gewinnung von mineralischen Rohstoffen und Energierohstoffen in Deutschland nach Wert im Jahr 2015



Nutzung von mineralischen Rohstoffen eines Menschen in Deutschland im Laufe seines Lebens



[1] inklusive Siedesalz und Sole
[2] inklusive Pegmatitsand
[3] inklusive Dachschiefer
* in m³

Angaben in t, soweit nicht anders gekennzeichnet
Lebensdauer: 80 Jahre
Datenbasis: 2015

Bundesanstalt für
Geowissenschaften
und Rohstoffe

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
Stilleweg 2
30655 Hannover

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

ISBN: 978-3-943566-80-2 (Druckversion)
978-3-943566-81-9 (PDF)