



5 Entwicklungen in den Bereichen Aufsuchung, Gewinnung, Verarbeitung und Verwendung von mineralischen Rohstoffen

In den letzten Jahren waren einige richtungweisende Entwicklungen und Erkenntnisse besonders im Zusammenhang mit der Rohstoffsuche, -veredlung und -verwendung sowie bei der Rohstoffnachfrage zu verzeichnen. Nachfolgend sollen einige für die Rohstoffversorgung des Land Baden-Württemberg wichtige und aktuelle Beispiele in alphabetischer Aufzählung angerissen werden:

- o Abraumverwertung, Verwertung von Aufbereitungsrückständen
- o Alkali-Kieselsäure-Reaktion im Beton
- o Baudenkmalpflege und Rohstoffsicherung
- o Erdöl und Erdgas in Baden-Württemberg
- o Explorationsförderprogramm der Bundesregierung
- o Kritische mineralische Rohstoffe, Versorgungssicherheit, Rohstoffinitiativen
- o Muschelkalk-Steinsalz am Hochrhein, Schweiz
- o Nachhaltigkeit, Naturschutz und Rohstoffabbau
- o Regenerative Energien, Nutzung von Karbonatgesteinen
- o Recycling von Baureststoffen – Stand und Trends
- o Ressourceneffizienz
- o Rheingold
- o Rohstoffproduktivität
- o Seltene Erden (SE)
- o Zementrohstoff-Innovation.

Abraumverwertung, Verwertung von Aufbereitungsrückständen

Zahlreiche Rohstoffgewinnungs- und -verarbeitungsbetriebe befassen sich mit einer möglichst vollständigen Verwertung aller gelösten

Fest- und Lockergesteine, die neben dem eigentlichen mineralischen Rohstoff anfallen. Beispiele: (A) Überlagerndes Abraummaterial und tonig-schluffige Zwischenschichten aus Fest- oder Lockergesteinsabbauen werden für Sicht- und Lärmschützwälle sowie für Rekultivierungs- und Renaturierungsmaßnahmen eingesetzt. (B) Kies und Sand fördernde Betriebe verwerten zunehmend auch die Fraktion 0–1 mm, den sog. Waschschlamm, zur Auffüllung bei Baumaßnahmen. Durch Zusätze von Portlandzement, Trass und Bentonit können sie z. B. als Füllmaterial im Straßentiefbau eingesetzt werden. (C) Durch Trocknung der Waschschlämme in Kammer-Filter-Pressen lassen sich Abdichtmaterialien für Deponien erzeugen. Solche Maßnahmen sind im Sinne der nachhaltigen Rohstoffnutzung bedeutsam: Lagerstätten werden geschont und der Eintrag von Waschschlamm in den Baggersee wird vermindert oder sogar unterbunden. Dadurch wird vermieden, dass bindige Feinsedimente nutzbare Lagerstättenteile plombieren und so spätere Tieferbaggerungen erschweren oder ausschließen. (D) Karbonatisch zementierte Kiese („Nagelfluh“, „Naturbeton“), die besonders in Kiesgruben des oberschwäbischen Alpenvorlands nicht selten sind, werden gebrochen und als Körnungen für den unqualifizierten Straßenbau oder ungebrochen zusammen mit großen glazialen Geschieben in Blockgröße für den Garten- und Landschaftsbau verwendet.

Alkali-Kieselsäure-Reaktion im Beton

(Beitrag von Dipl.-Geol. MARKUS WACHUTKA, BÜV-ZERT, & Dr. Ing. MICHAEL AUFRECHT, ISTE, beide Ostfildern)

Veränderungen in der Betontechnologie und den Anforderungen an die Bauwerke im Hoch-, Tief- und Straßenbau erfordern erweiterte und angepasste Prüfverfahren. Der scheinbar unzerstörbare Beton kann beim Zusammentreffen mehrerer ungünstiger Umstände Risse bekommen. Die Gründe dafür sind vielfältig: unsachgemäßer Einbau, extreme klimatische und mechanische Beanspruchung, falsche Auswahl der Ausgangsstoffe, übermäßige Wasserzugabe, Tausalzeintrag, unzureichende Nachbehandlung, ungeeignete Rezepturen, falsche Dimensionierung der Bauteile usw.

Die Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR) ist eine Reaktion zwischen der verwendeten Gesteinskörnung und den Alkalien Natrium und Kalium des Zementsteins. Diese Reaktion ist wichtig für einen dauerhaften Verbund zwischen Gestein und

Zementleim. Bei der Kombination von manchen Gesteinskörnungen in Verbindung mit bestimmten Zementen kann die AKR zu einer Schädigung führen, in deren Folge es an den Kontaktflächen von Gesteinskörnung und Zementstein zu Treiberscheitungen kommen kann. Dies geht mit einer Volumenvergrößerung einher, wodurch feine Betonrisse entstehen können. Dieser Vorgang wird in der Presse vereinzelt auch als „Betonkrebs“ bezeichnet. Solche Schäden können aber verhindert werden, wenn Zemente mit niedrigem Alkaligehalt, z. B. „NA-Zemente“ oder im Straßenbau „St-Zemente“, verwendet werden. Regelungen zur Vermeidung einer schädigenden AKR sind in der Richtlinie des Deutschen Ausschuss für Stahl-

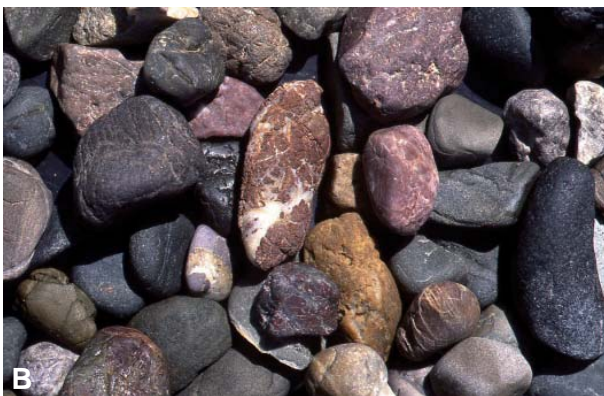


Abb. 217: Kieskomponenten aus mineralischen SiO_2 -Verbindungen: (A) Flintgerölle aus Schichten der Oberkreide (Herkunft Travemünde); aufgrund des hohen Anteils an amorphen SiO_2 -Verbindungen im Flint bzw. den Kieselknollen können Kiese aus den Abtragungsgebieten von Oberkreideschichten die Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR) in Beton auslösen oder beschleunigen (Foto: BÜV-ZERT, Ostfildern). (B) Hornstein führende Kiesfraktion aus dem Oberrheingraben (Foto: LGRB). Sie kommen den kreidezeitlichen Flinten mineralogisch zwar am nächsten, sind jedoch aufgrund ihres wesentlich höheren geologischen Alters und der festeren Bindung der Mineralkörner kaum reaktiv. Kreidesedimente wurden in Südwestdeutschland bislang nirgends nachgewiesen.

beton, DAfStb¹⁸, Alkali Richtlinie, Ausg. 2/2007 (AlkR), festgelegt. Die aus drei Teilen bestehende Richtlinie verlangt zunächst eine Einstufung nach petrographischen Gesichtspunkten durch eine anerkannte Stelle. Grundlage hierfür ist eine Gesteinsansprache nach DIN EN 932-3, wobei nachfolgende Ergänzung gilt.

Petrographisch sind in der AlkR folgende Gesteine von besonderer Bedeutung: Flint¹⁹ (Abb. 217 A), Opalsandstein, gebrochene Quarzporphyre sowie gebrochene Grauwacken. Insbesondere für Betonfahrbahnen schreibt die AlkR für gebrochenen Kies des Oberrheins (Splitt) und recycelte Gesteinskörnungen je nach Verwendungszweck des Betons geeignete Maßnahmen vor. Rundkiese aus Baden-Württemberg sind hiervon nicht betroffen. Eine routinemäßige Prüfung der Kieskörnungen aus Erkundungsbohrungen, bei der auch Anteile von Grauwacken, Kieselchiefern und Hornsteinen dokumentiert werden, ist stets sinnvoll (WACHUTKA et al. 2009). Aus diesem Grund untersucht und dokumentiert das LGRB seit Beginn seiner Erkundungsarbeiten zur Umsetzung des Rohstoffsicherungskonzept, d. h. seit 1990, alle durchgeführten Kieserkundungsbohrungen (vgl. Kap. 2.2.2) oder entnommene Proben aus Kiesgruben auf die Gesteinszusammensetzung (Geröllpetrographie; Abb. 217 B).

Falls Risse z. B. in Betonfahrbahndecken auftreten, ist in jedem Einzelfall sorgfältig zu prüfen, welche Ursachen in Frage kommen (Abb. 218). Wie eingangs aufgeführt wurde, sind die Ursachen der Entstehung von Rissen im Beton vielfältig. Labor-



Abb. 218: Rissbildung in einer Fahrbahndecke, ausgelöst durch die Alkali-Kieselsäure-Reaktion (Foto: Landesstraßenbaubehörde Sachsen-Anhalt).

18 Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: DAfStb-Richtlinie „Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkaliaktion im Beton“ Ausgabe Februar 2007, inkl. Berichtigung 2010-04 und 2. Berichtigung 2011-04. Eine Neuauflage ist für Januar 2014 geplant.

19 wird nach DIN EN 932-3:1996+A1:2003 als „(...) Kieselsäuregestein in der Kreide“ definiert.



untersuchungen geben erste Anhaltspunkte, Praxiserfahrungen aus der Betonanwendung sind aber besonders wichtig. Wenn die Praxis zeigt, dass bei Bauwerken nach über 50 Jahren keine Schäden aufgetreten sind, so spricht dies für die verwendeten Baustoffe. Darüber hinaus müssen zukünftig erweiterte betontechnologische Kenndaten beim Mischungsentwurf berücksichtigt werden, um dadurch auch unter ungünstigsten Bedingungen eine mögliche schädigende Alkali-Kieselsäure-Reaktion auszuschließen. Werden diese Mechanismen bei der Auswahl des Baustoffs berücksichtigt, können langfristig stabile Betonfahrbahnen (Abb. 219) und andere Betonbauwerke hergestellt werden.



Abb. 219: Waschbetonerprobungsstrecke BAB A5 zwischen Rastatt und Baden-Baden, Baujahr 2007 (Foto: ISTE Baden-Württemberg e. V., Ostfildern).

Baudenkmalpflege und Rohstoffsicherung

Die Erhaltung heimischer Baudenkmäler aus Stein ist nicht nur ein zentrales Anliegen der staatlichen Denkmalpflege, sondern liegt auch der großen Mehrzahl der Bürger am Herzen. Ganz besondere Aufmerksamkeit genießen die herausragenden romanischen und gotischen Kirchenbauwerke, die oftmals das Wahrzeichen ihrer Stadt bzw. ihrer Region sind. Hochqualitativer Naturstein aus heimischen Lagerstätten garantiert seit vielen Jahrhunderten die Existenz dieser Kulturdenkmale. Wetter, Umweltschadstoffe und Schwerkraft setzen aber jedem Steinbauwerk unaufhörlich zu, und so ist es besonders in den tragenden Teilen bisweilen unerlässlich, frischen Naturstein einzusetzen. Großprojekte der Denkmalpflege mit Steinaustausch sind in Kap. 2.2.3 näher ausgeführt.

Neu ist, dass zur Sanierung dieser Bauwerke, ergänzend zu den traditionellen Arbeiten der Steinrestauratoren, die historischen Steinbrüche reaktiviert werden, um bewährtes, bauzeitlich verwendetes Gestein neben gleichartigem Original-

gestein verwenden zu können. Dieses Verfahren hat nicht nur visuelle sondern auch bauphysikalische Vorteile und stellt sich oft kostengünstiger dar, als wiederholte restauratorische Stabilisierungsmaßnahmen am Steinbauwerk; vor allem bei tragenden Teilen oder exponierten Bauelementen bleibt oft nur der Steinaustausch (GRASSEGGER et al. 2009; WERNER 2013). Diese Entwicklung begann in Baden-Württemberg im Jahr 2001 mit der Erkundung des LGRB im Kaiserstuhl auf vulkanischen Tuffstein, welche das Erzbischöfliche Bauamt Freiburg beauftragt hatte. Zwischenzeitlich sind weitere Werksteinbrüche bei Lauchheim (Ostalb) und Freiburg in Betrieb genommen worden, ein völlig neuer Bruch soll bei Waldenbuch (Naturpark Schönbuch, Krs. Böblingen) erschlossen werden. Dieses Verfahren garantiert, dass langfristig, auch für spätere Sanierungsmaßnahmen, Originalgestein zur Verfügung steht. Zugleich können die neuen Steinbrüche wieder Material für das landeschaftstypische Bauen zur Verfügung stellen.

Erdöl und Erdgas in Baden-Württemberg

Ausgang der 1990er Jahre wurde die Erdölgewinnung in den baden-württembergischen Teilen der Provinzen²⁰ „Alpenvorland“ und „Oberrheintal“ eingestellt. Einige der Lagerstätten in der Provinz Alpenvorland erbrachten neben Erdöl auch Erdöl-gas. Die ehemalige Lagerstätte Fronhofen/Illmen-see wurde 1997 zu einem der zwei Untergrundspeicher für Erdgas im Land ausgebaut. Derzeit fällt dort die gesamte Kohlenwasserstoffgewinnung des Landes zusammen mit dem ausgespeicherten Erdgas an; dabei handelt es sich um nur wenige Hundert Jahrestonnen Kondensat.

Verschiedene Firmen sind in erster Linie wegen der Marktpreisentwicklung und verbesserter Explorations- und Gewinnungstechnologien mit der Erkundung neu erkannter und auch seit längerem bekannter Lagerstättenstrukturen befasst. Regelmäßig bezieht die Exploration die bereits früher genutzten Strukturen ein; Beispiele sind die Lagerstätten Hauerz, Tannheim bzw. Altenheim. Die Konzessionsfläche zur Aufsuchung von Kohlenwasserstoffen ist, dem Trend der letzten Jahre folgend, deutlich angewachsen. Erlaubnisse zur Aufsuchung von Kohlenwasserstofflagerstätten sind auf dem Mapserver des LGRB veröffentlicht.

Im Molassebecken (Oberschwaben) sind verschiedene neue und alte Firmen mit dem Kauf bzw. der Neu-Auswertung von Altdaten beschäftigt. Zwei Felder in der Molasse haben auch die Erkundung

²⁰ Erdöl und Erdgas in der Bundesrepublik Deutschland 2011 http://www.lbeg.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=800&article_id=773&psmand=4

von unkonventionellen Gaslagerstätten zum Ziel. Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) in Hannover sieht vor allem in Norddeutschland ein Potenzial zur Gewinnung von Erdgas aus Schwarzschieferstein²¹; dabei handelt es sich um kohlenwasserstoffreiche Tonschiefer.

Die Erlaubnisinhaber im Oberrheingraben sehen durchweg in den konventionellen Lagerstätten (Tertiär, Muschelkalk, aber auch Buntsandstein) Explorationspotenziale. Auch im Oberrheingraben werden schon länger bekannte Lagerstätten neu exploriert. In 2010/11 wurde intensiv an der Wiedererschließung der Struktur Altenheim gearbeitet. Auch in Baden-Württemberg werden Kohlenwasserstoffressourcen im Buntsandstein – einem seit wenigen Jahren neuen Explorationsziel – vermutet. Im Jahr 2003 war in dieser Formation zufällig die Lagerstätte Römerberg (bei Speyer in Rheinland-Pfalz) entdeckt worden. Deren Ausdehnung nach Osten übergreifend nach Baden-Württemberg ist ein besonders interessanter Explorationsgegenstand (Erlaubnis Neulussheim). Für 2013 wird eine Erkundungsbohrung im Altfeld Leopoldshafen erwartet, die durch eine neue moderne 3D-Seismik vorbereitet wurde. Eine weitere 3D-Seismik-Kampagne ist im Raum Weinheim grenzüberschreitend zu Hessen geplant.

Eine Kurzbeschreibung der bekannten Lagerstätten ist im Rohstoffbericht 2006 (WERNER et al. 2006) sowie in den Karten der mineralischen Rohstoffe (KMR 50), Blätter Weingarten, Saulgau und Bad Waldsee/Memmingen, zu finden.

Explorationsförderprogramm der Bundesregierung

Zum Jahresbeginn 2013 hat das BMWi ein erstes Explorationsförderprogramm für die Dauer von drei Jahren aufgelegt; weitere Programme dieser Art können folgen. Gefördert werden über- und untertägige Exploration, Erwerb von Aufsuchungsrechten und Studien über technische und wirtschaftliche Durchführbarkeit im In- und Ausland. Ziel sind die sog. kritischen Rohstoffe (s. u.). Für die Koordination der Förderung und Beurteilung der Anträge ist die Deutsche Rohstoffagentur (DERA) an der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) in Hannover und Berlin zuständig. Antragsberechtigt sind ausschließlich Firmen. Nach Auskunft der DERA sind im Antragszeitraum 2013 (Januar–März) eine Reihe interessanter Anträge eingegangen.

Kritische mineralische Rohstoffe, Versorgungssicherheit, Rohstoffinitiativen

Ausgelöst durch die stark gestiegene Rohstoffnachfrage aus Asien und den raschen Anstieg der Weltmarktpreise besonders für Metalle und eine Reihe von Industriemineralen erstellte die „Raw Materials Supply Group“ der EU-Kommission im November 2008 ein erstes Strategiepapier zur Versorgungssicherheit für die europäische Industrie (EU-Kommission 2008). Im Jahr 2010 wurden 14 mineralische Rohstoffe definiert, für welche die Versorgungssicherheit als besonders kritisch eingestuft wird (BMW i 2010, EU-KOMMISSION 2011). In alphabetischer Reihenfolge sind dies: Antimon (Sb), Beryllium (Be), Gallium (Ga), Germanium (Ge), Fluorapatit (Mineral CaF_2), Graphit, Indium (In), Kobalt (Co), Magnesium (Mg), Niob (Nb), Platingruppe-Elemente (Pt), Seltene Erden (SE), Tantal (Ta) und Wolfram (W). Aus Sicht europäischer Rohstoffforscher gehören außerdem Chromit (Chrom-Erz) und Magnesit sowie Kokskohle dazu (WEBER 2012). Das Leichtmetall Lithium, das z. B. für Glas, Keramik, Batterien und viele Legierungen von Bedeutung ist, wird von vielen Rohstoffforschern hinsichtlich seiner langfristigen Verfügbarkeit ebenfalls als kritisch eingestuft. In Europa sind große Lagerstätten an Kokskohlen, Magnesit, Lithiumglimmern und Zinkerzen bekannt, die erschlossen werden könnten.

In der EU-Rohstoffstrategie (EU-KOMMISSION 2011) werden vor allem drei Aktionsbereiche genannt: (1) Rohstoffimporte aus dem EU-Ausland sollen sichergestellt werden. (2) Der Rohstoffabbau soll – trotz sich verschärfender Nutzungskonkurrenzen – innerhalb der EU gewährleistet werden. (3) Das Recycling von Rohstoffen soll ausgebaut werden, Ressourcen sollen effizienter genutzt werden. Im Aktionsbereich (2) sollen u. a. Genehmigungsverfahren für die Aufsuchung und Gewinnung von Rohstoffen effizienter gestaltet werden; außerdem sollen die geologische Wissensbasis erweitert und technische Innovationen im Rohstoffbereich gefördert werden.

Muschelkalk-Steinsalz am Hochrhein, Schweiz

Das Steinsalz des Mittleren Muschelkalks wird am Hochrhein im Gebiet Rheinfelden–Riburg und im Gebiet Schweizerhalle durch Laugung genutzt. Die Schweizer Speisesalz- und Industriesalzversorgung basiert seit 1837 auf den beiden dortigen Salinen. Auf deutscher Seite wurde mit Stilllegung der Saline Rheinheim im Jahr 1993 die Solegewinnung eingestellt. Das Untere Salzlager ist im Gebiet Riburg fast 50 mächtig, das Obere etwa 28 m. Nach Information der Schweizer Rheinsalinen

²¹ http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Energie/Downloads/BGR_Schiefergaspotenzial_in_Deutschland_2012.pdf



(Mitt. W. NEUBERT vom 5. September 2012) werden gegenwärtig und im Verlaufe der kommenden Jahre zwei Untersuchungsprogramme realisiert: (A) Abteufen von tiefen Erkundungsbohrungen im Raum zwischen Basel und Bözberg, etwa 15 km südlich des Rheins, zum besseren Verständnis der Geologie der Steinsalz führenden Schichten, (B) Grundsatzüberlegungen zur möglichen bergmännischen Gewinnung nach dem Vorbild des Bergwerks Stetten in Baden-Württemberg.

Nachhaltigkeit: Gemeinsame Erklärung zur nachhaltigen Rohstoffnutzung in Baden-Württemberg

Der Industrieverband Steine und Erden Baden-Württemberg e.V. (ISTE), der Landesverband Baden-Württemberg e.V. des Naturschutzbund Deutschland (NABU) und die Industriegewerkschaft Bauen-Agrar-Umwelt (IG BAU) haben im Jahr 2012 eine „Gemeinsame Erklärung zur nachhaltigen Rohstoffnutzung in Baden-Württemberg“ abgegeben (NABU, ISTE, IG BAU 2012). Die Erklärung erneuert und erweitert die 2000 zwischen ISTE und NABU beschlossene Vereinbarung (NABU, ISTE 2000). Die drei Unterzeichner wollen nachfolgende Ziele gemeinsam vertreten: (1) Sinnvolle und ressourcenschonende Nutzung mineralischer Rohstoffe. (2) Konfliktvermeidung im Vorfeld des Abbaus. (3) Dezentraler Abbau zur geringeren Belastung von Natur und Landschaft. (4) Rohstoffgewinnung und -verarbeitung mit weniger Energieverbrauch. (5) Schaffung von Ökosystemen. (6) Renaturierung und Rekultivierung mit Rücksicht auf Mensch, Natur und Klima. (7) Nachhaltige Rohstoffsicherung unter Berücksichtigung sozialer Rahmenbedingungen. (8) Fortführung des Dialogs und der Zusammenarbeit mit der Politik.

Regenerative Energien, Nutzung von Karbonatgesteinen

Im Rahmen des Projekts „Wasserstoff und Synthesegas aus Biomasse mit AER-Technologie“ untersucht das LGRB zusammen mit dem Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW, Stuttgart) seit Oktober 2009 Karbonatgesteine des Landes auf ihre Eignung als Bettmaterial für die Biomassevergasung in einem Wirbelschichtverfahren. Bislang wurden dazu 34 Standorte der Kalkstein gewinnenden Industrie in Baden-Württemberg beprobt und im Labor des LGRB analysiert. Durch dieses Materialscreening wurden Abbaubetriebe identifiziert, mit deren Produkten sich die Biomassevergasung bereits im Labormaßstab als grundsätzlich durchführbar erwiesen hat. Für die Systematisierung der Suche nach geeigneten Gesteinen werden

gegenwärtig Kriterien für günstige chemisch-physikalische, mineralogische und faziale Gesteinseigenschaften aufgestellt. Über das dargestellte Verfahren hinaus könnten sich weitere neue umweltrelevante Anwendungsgebiete für die Verwendung von Karbonatgesteinen ergeben.

Recycling von Baureststoffen – Stand und Trends

In Baden-Württemberg sind im Jahr 2010 insgesamt 9,8 Mio. t Bauschutt und Straßenaufbruch angefallen. Davon wurden rd. 7,1 Mio. t, entsprechend 73 %, in über 300 Anlagen aufbereitet und im Baubereich verwendet (Quelle: Stat. Landesamt Baden-Württemberg, Pressemitteilung 243/2011²² bzw. UM 2012). Zur Prüfung und Verwendung von Baureststoffen gibt es zahlreiche im Internet verfügbare Ausführungen und Regelwerke (unter: <http://www.um.baden-wuerttemberg.de>), so z. B. Handlungshilfen für die Verwertung von Gleisschottern und von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial in Baden-Württemberg sowie die Verwaltungsvorschrift für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial vom 14. März 2007. In der umfangreichen Abfallwirtschaftsbilanz ist auch der Bereich Bauschuttrecycling abgehandelt (UM 2012).

Die Graphik der Abb. 223 (Kap. 6) zeigt, dass die o.g. 7,1 Mio. t an verwertbarem Bauschutt und asphalthaltigem Straßenaufbruch auch 7,1 % des Rohstoffaufkommens aus Quellen in Baden-Württemberg ausmachen. Der Anteil an mineralischen Massenrohstoffen aus heimischen Lagerstätten für den Baubereich – Hauptthema dieses Rohstoffberichts – beträgt 86,9 %. Ziel der Landesregierung ist es, den Anteil an Recyclingbaustoffen umwelt- und grundwasserverträglich weiter zu erhöhen, um Primärlagerstätten zu schonen.

Ein Blick auf die Erfahrungen aus dem bundesweiten Einsatz von RC-Material gibt eine Vorstellung über die derzeit erreichten Verwertungsanteile: In einer Pressemitteilung vom 14. März 2013 teilt der Bundesverband Baustoffe - Steine und Erden e.V. (BBS) mit: „Im Jahr 2010 sind in Deutschland insgesamt 186,5 Mio. t Bodenaushub, Bauschutt, Straßenaufbruch und Baustellenabfälle als mineralische Abfälle angefallen. Hiervon wurden 91,7 % bzw. 171,0 Mio. t einer umweltgerechten Verwertung zugeführt. Die Verwertungsquote mineralischer Abfälle konnte damit gegenüber den Vorjahren noch einmal gesteigert werden. Die höchste spezifische Verwertungsquote wurde mit

²² <http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/Pressemitteilung/2011243.asp?UmweltVerkehr>

98,6 % im Straßenbau erreicht. Der Bedarf an Gesteinskörnung betrug im Jahr 2010 rund 544 Mio. t. 12 % des Bedarfs an primärer Gesteinskörnung wurden durch Recycling-Baustoffe substituiert“ (Geschäftsführer Technik BERTHOLD SCHÄFER). Informationen zur „Initiative Kreislaufwirtschaft Bau“ und den Monitoring-Berichten zu mineralischen Bauabfällen des BBS sind unter www.Kreislaufwirtschaft-Bau.de zu finden.

Ressourceneffizienz

Beschleunigt durch den hohen Rohstoffverbrauch der neuen großen Industrienationen China, Südkorea und Indien und durch die Verknappung bzw. signifikante Verteuerung von Importrohstoffen haben die Bemühungen zur Entwicklung ressourcenschonender Technologien zugenommen. Umweltminister FRANZ UNTERSTELLER stellte anlässlich des Ressourceneffizienzkongresses am 27. Sept. 2012 in Karlsruhe den Fünf-Punkte-Plan der Landesregierung vor: (1) Den zukünftigen Ressourcenbedarf und deren Verfügbarkeit, insbesondere von seltenen und knappen Ressourcen, für die baden-württembergische Wirtschaft zu ermitteln, um Rohstoffengpässe zu vermeiden. (2) Die Ressourceneffizienz in baden-württembergischen Unternehmen durch systematische Nutzung von bestehenden und neu zu entwickelnden Effizienzpotenzialen zu steigern. (3) Den zukünftigen Bedarf an Umwelttechniken und Ressourceneffizienztechniken – auch auf den weltweiten Märkten – frühzeitig zu erkennen und so deren Entwicklung und Verbreitung voranzutreiben. (4) Bisher ungenutzte Rohstoffquellen zu erkennen und so effizient und umweltschonend wie möglich zu erschließen. (5) Eine „Roadmap Ressourceneffizienz Baden-Württemberg“ mit Zielen, Maßnahmen und Zeiträumen zu erarbeiten und mit den Akteuren zu entwickeln. Um das unter Punkt (4) genannte Ziel auf dem Sektor der nicht erneuerbaren Rohstoffe zu erreichen, sind Erkundungsarbeiten des geologischen Landesdienstes und der Rohstoffindustrie erforderlich.

In diese Rubrik gehören auch Bemühungen, die bei künftigen Tunnelbaumaßnahmen anfallenden Gesteine direkt an der Baustelle auf ihre Verwertungseigenschaften zu prüfen und einer Verwendung zeitnah zuzuführen, um Deponierungen zu minimieren oder zu vermeiden und zugleich Ressourcen von regulären Rohstoffgewinnungsstellen zu schonen. Bei den im Großraum Stuttgart in den nächsten Jahren vorgesehenen Tunnelbaumaßnahmen fallen potenzielle grobkeramische Rohstoffe sowie Sulfatgesteine und Quarzsandsteine für die Baustoffindustrie an; im Rahmen eines EU-

Forschungsprojektes²³ werden verfahrenstechnische Abläufe untersucht. Das LGRB ist bei der Erstellung einer Methodik zur Beurteilung der Gesteinsverwertbarkeit beratend tätig.

Rheingold

Ausgelöst durch den hohen Goldpreis werden auch in Baden-Württemberg Erkundungsarbeiten und Versuche zur Anreicherung der geringen Goldmengen durchgeführt, die in den Flusssedimenten des Oberrheins enthalten sind. Seit Jahrhunderten ist bekannt, dass entlang des Oberrheins Gold in Form von feinen Körnchen und Flittern (sehr dünne Plättchen) auftritt (Abb. 221 und 222). Diese können aufgrund ihrer im Vergleich zu Sand, Schluff und Ton deutlich größeren Schwere mechanisch angereichert werden. Der größte Teil des Goldes stammt aus den Schweizer Alpen (PFANDER & JANS 1999, STÖRK 2000, Abb. 220), ein kleiner Teil auch aus Goldmineralisationen im Grundgebirge von Schwarzwald und Vogesen. Mit Waschpfannen lassen sich aus den jungen Kies- und Sandsedimenten relativ leicht kleine Goldflitterchen auswaschen; ihr Durchmesser liegt meist zwischen 100 und 400 µm. Schon in der Zeit 1939–43 hatte man versucht, die geringen Mengen wirtschaftlich

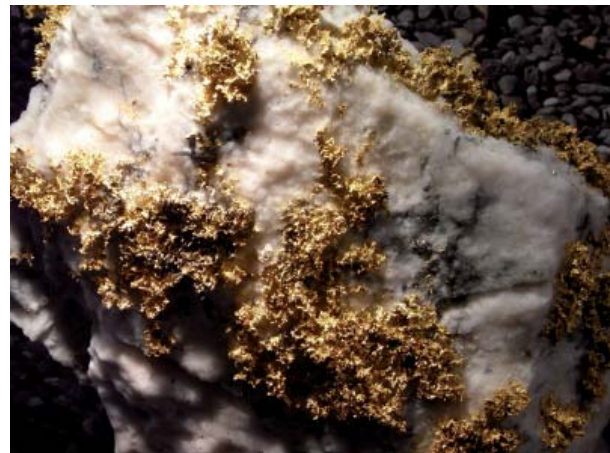


Abb. 220: Reines Gold in einem Quarzgang aus den Schweizer Alpen (Durchmesser der Probe ca. 4 cm). Der weitaus größte Teil des Rheingoldes stammt aus der fluvialen Aufarbeitung von goldführenden Gesteinskomponenten aus den Zentralalpen.

vertretbar anzureichern, was damals aber trotz aufwändiger Baggerschiffskonstruktionen nicht gelang. Durch erfolgreiche Arbeiten zur Goldgewinnung in einer Kies- und Sandgrube bei Rheinzabern (Rheinland-Pfalz) erhielten derartige Versuche neuen Auftrieb²⁴.

²³ <http://www.dragonproject.eu>

²⁴ Weitere Informationen: http://www.holcim-sued.de/fileadmin/templates/DEUB/doc/Produkte/Produktinformationen/Beton/Rheingold_mini.pdf



So hat das Kieswerk Meißenheim, Region Südlicher Oberrhein, in den vergangenen zwei Jahren eine systematische Untersuchung zur Bestimmung des Goldgehaltes in der Kieslagerstätte sowie der Technologiekette im bestehenden Aufbereitungsprozess vorgenommen (Abb. 221 und 222). Nach Mitteilung der Fa. RMKS Rhein Main Kies und Splitt hat die Gesellschaft ein „ökologisch und gleichermaßen ökonomisch vorteilhaftes Aufbereitungsverfahren zur Goldgewinnung“ entwickelt, obwohl der in Meißenheim angetroffene, durchschnittliche Goldgehalt im Rohkies nur bei rd. 3 mg/t liegt. Wie die Gehalte in anderen Abschnitten entlang des Oberrheins sind, ist bislang nicht untersucht. „Das automatisierte Verfahren arbeitet ohne den Einsatz von Chemikalien unter Ausnutzung der Schwerkraft und des Wasserflusses. Dies führt ohne relevanten Energieverbrauch und Personaleinsatz zu einer Aufkonzentration des Goldes in ein verkaufsfähiges Produkt und damit zu einer wirtschaftlichen Gewinnung des Edelmetalls“ (G. HAGENGUTH, Mitt. 14. November 2012). Selbstverständlich ist diese Gewinnung nur bei einem auf Kies und Sand ausgerichteten



Abb. 221: Aus Rheinsanden ausgewaschenes Schwermineralkonzentrat mit Goldfitterchen.



Abb. 222: Durch weitere mechanische Aufbereitung aus den Schwermineralsanden abgetrenntes Konzentrat von Rheingold.

ten Abbau als Beiprodukt wirtschaftlich sinnvoll. Wenn sich das in Meißenheim getestete Verfahren auch andernorts wirtschaftlich darstellen lässt, könnte dies für weitere Kiesgewinnungsbetriebe am Oberrhein interessant werden. Statt das Gold mit dem Waschschlamm wieder in den Kiesbaggersee oder auf Halde zu verkippen, könnten so insgesamt interessante Goldmengen gewonnen werden und damit die bislang hundertprozentige Abhängigkeit vom Import dieses Edelmetalls reduziert werden.

Rohstoffproduktivität

Mit diesem Begriff wird ausgedrückt, wie viel Bruttoinlandsprodukt im Verhältnis zur Menge an eingesetzten nicht erneuerbaren Rohstoffen erwirtschaftet wird (vgl. Kap. 6, Diskussion); diese eingesetzte Rohstoffmenge errechnet sich aus (A) den im Inland gewonnenen Rohstoffen und (B) den importierten Rohstoffen einschließlich der Halb- und Fertigwaren. Es ist daher kein direktes Maß für eine Effizienzsteigerung der inländischen Rohstoffgewinnung. Nach LUBW (Umweltdaten 2012) liegt die Rohstoffproduktivität in BW mit 2600 €/t vergleichsweise günstig (Bundesdurchschnitt: 1900 €/t). Aufgrund der schwachen Wirtschaftsentwicklung im Jahr 2009 gingen BIP und Rohstoffverbrauch zurück, letztgenannter aber stärker als das BIP (LUBW 2012, S. 7); daher wurde der Faktor Rohstoffproduktivität rechnerisch größer. Wie in Kap. 4.2 und 6 ausgeführt wird, steigen aber aufgrund von zunehmenden Materialverschlechterungen in einer wachsenden Anzahl von seit vielen Jahrzehnten genutzten Lagerstätten die einzusetzenden Rohfördermengen für eine gleichbleibende Produktmenge an. Eine Steigerung der **Rohstoffproduktivität aus eigenen Lagerstätten** kann aus rohstoffgeologischer Sicht nur durch die verstärkte Nutzung hochwertiger Lagerstätten (mit einem geringen nicht verwertbaren Anteil) erreicht werden. Dazu können die Rohstoffkarten und die Expertise des LGRB in Bezug auf die jeweils am besten geeigneten Erkundungsmethoden wesentliche Beiträge leisten.

Rohstoffstrategie (Raw materials Initiative, RMI)

Die EU-Kommission hat ihre Rohstoffstrategie, die neben der Sicherung von Importen, Recycling und Ressourceneffizienz auch die Gewährleistung der Rohstoffgewinnung innerhalb der EU im Blickfeld hat, im Jahr 2011 erneuert. Ihrem Papier „Non-mineral extraction and Natura 2000 (EC Guidance on: Undertaking non-energy mineral extractive activities in accordance with Natura 2000 requirements)“ gibt die EU-Kommission Anregungen zur abgestimmten Planung zwischen Rohstoff-

wirtschaft, Raumplanung und Naturschutz²⁵. Das Dokument betont die Bedeutung guter fachlicher Grundlagen für eine nachhaltige Planung.

Seltene Erden (SE)

Keine Rohstoffgruppe ist in den letzten Jahren so häufig in den Medien thematisiert worden wie die SE. Sie werden in einer großen Zahl von Hochtechnologieprodukten benötigt. Diese bislang in der deutschen Öffentlichkeit fast unbekanntem Metalle können kaum substituiert werden und das SE-Recycling ist aufgrund der chemisch innigen Verbindung in komplexen Endprodukten wirtschaftlich kaum möglich²⁶. Unter dem Begriff Seltene Erden werden Lanthan (La) und die im Periodensystem auf das Lanthan folgenden 14 Elemente (die Lanthanoiden) sowie Yttrium und Scandium zusammengefasst. Haupteinsatzbereiche sind z. B. Brennstoffzellen, Laser, Flugzeugbau, Katalysatoren, Dauermagnete (z. B. für Windkraftanlagen), Energiesparlampen, Glasfaserkabel, Medizintechnik, Akkus für Laptops usw. Grundlage für die Gewinnung von Seltenen Erden sind die Minerale Bastnäsit (SEEFCO_3), Monazit ($(\text{SEE,Th})\text{PO}_4$) und Xenotim (YPO_4).

Eine Übersicht über das Potenzial an SE-Vorkommen in Deutschland wurde von der Ad-hoc-AG Rohstoffe der Staatlichen Geologischen Dienste zusammengestellt²⁷. Aus lagerstättegeologischer Sicht ist ein SE-Potenzial im Karbonatitkörper des Kaiserstuhl-Vulkanmassivs und auf manchen Fluoritgängen des Schwarzwalds zu vermuten. Ein konkretes Explorationsprojekt auf SE in Deutschland ist die Erkundung des Karbonatitstocks bei Storkwitz in Sachsen (<http://www.seltenerden-ag.de>), der schon zu DDR-Zeiten entdeckt wurde und nun eingehend auf sein Potenzial und die Gewinnbarkeit der SE aus der subvulkanischen Brekzie untersucht wird. Das Projekt, an dem auch das Fraunhofer Institut Stuttgart beteiligt ist, kann auch ein Einstieg in die Technologie der SE-Extraktion sein.

Zementrohstoff-Innovation

Baden-Württemberg gilt als die Wiege der deutschen Zementindustrie, was einerseits den günstigen Lagerstätten, besonders im Gebiet der Ostalb („Zementmergel“), als auch den technischen Er-

findungen in der Mitte des 19. Jahrhunderts zu verdanken ist. Die heimischen Unternehmen sind auch heute unverändert innovativ. Sie entwickeln gegenwärtig, zusammen mit baden-württembergischen Hochschulinstituten, neue technische Verfahren, um den Energie- und Rohstoffeinsatz bei der Herstellung von Zementen deutlich reduzieren zu können. Gelingt es, die im Test befindlichen, bei niedrigeren Temperaturen ablaufenden Prozesse im großtechnischen Maßstab umzusetzen, so könnte der CO_2 -Ausstoß wesentlich vermindert werden.

Der Prozess der Umstellung von der Laboranordnung auf die großmaßstäbliche, industrielle Produktion wird nach Einschätzung von Experten der Zementindustrie jedoch noch 10–15 Jahre dauern. Statt des bisherigen energieintensiven Brennens im Drehrohfen bei Temperaturen um 1400°C könnten Autoclaven zum Einsatz kommen. Nach STEMMERMANN et al. (2010) basieren die neuen sog. Celitemente auf bisher unbekanntem Calciumhydrosilikaten. „Die Herstellung erfolgt in einem zweistufigen Verfahren, wobei maximal Temperaturen um 200°C erreicht werden. Würde Portlandzementklinker durch Celitement ersetzt, könnten bei der Herstellung von Bindemitteln im Vergleich zu einem reinen Portlandzement bis zu 50 % CO_2 -Emission eingespart werden“.

Nach Mitteilung von M. SCHAUER (Schwenk Zement, Ulm) können die günstigeren Werte für den Verbrauch von thermischer Energie im Wesentlichen auf drei Gründe zurückgeführt werden: Verglichen mit dem Klinkerbrennprozess sind die Herstellungstemperaturen von Ausgangsstoffen (CaO) und Zwischenprodukten (Calciumhydrosilikaten) deutlich niedriger. Hierdurch sinken auch andere prozessbedingte Emissionen des klassischen Klinkerbrennprozesses wie thermisches NO_x und SO_2 . Weiterhin wird nur ein Teilstrom der eingesetzten Rohstoffe aufgeheizt und, aufgrund des wesentlich abgesenkten Kalkgehalts, die Energie zur Entsäuerung der Rohstoffkomponente CaCO_3 minimiert. Ein geringerer Verbrauch des Rohstoffs Kalkstein und dessen Ersatz durch in größerem Umfang verfügbare silikatreiche Rohstoffe könnten eine langfristig vorteilhafte Rohstoffbewirtschaftung an allen Standorten, die schon bislang Zementklinker produzieren, ermöglichen.

25 http://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/management/docs/neej_n2000_guidance.pdf

26 http://www.bgr.bund.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/Commodity_Top_News/Rohstoffwirtschaft/31_erden.pdf?__blob=publicationFile&v=2

27 http://www.infogeo.de/home/bodenschaetze/dokumente/download_pool/Seltene_Erden_Rohstoffe_Deutschland_November_2010.pdf