MITTEILUNGEN ZU GEOLOGIE UND BERGWESEN
VON SACHSEN-ANHALT

Band 16

ROHSTOFFBERICHT 2008

Mineralische Bodenschätze in Sachsen-Anhalt
Potenziale, Nutzung, Sicherung

SACHSEN-ANHALT

Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt

MITTEILUNG ZU GEOLOGIE UND BERGWESEN VON SACHSEN-ANHALT • BAND 16

Rohstoffbericht Sachsen-Anhalt 2008

Mineralische Bodenschätze in Sachsen-Anhalt
Potenziale, Nutzung, Sicherung

SACHSEN-ANHALT

Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt

Mitteilungen zu Geologie und Bergwesen von Sachsen-Anhalt, Band 16, 2008

Herausgeber:	Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt Köthener Str. 38, 06118 Halle (Saale) Postfach 156, 06035 Halle (Saale) Tel. (0345) 5212-0, Fax. (0345) 522 99 10 E-Mail: poststelle@lagb.mw.sachsen-anhalt.de Internet: www.lagb.sachsen-anhalt.de
Präsident:	Dr. Peter KLAMSER
Schriftleitung:	Dr. Klaus STEDINGK, Regine PRÄGER, Grit BALZER, Dr. Bodo-Carlo EHLING
Verantwortlicher Redakteur:	Dr. Klaus STEDINGK
Redaktionsschluss:	11. November 2008
Druck:	dmv druck-medienverlag GmbH, Hans-Dietrich-Genscher-Straße 10, 06188 Halle-Queis

Titelbild: Abbaustoß in der Quarzsandlagerstätte Weferlingen nordöstlich von Helmstedt. Im Bördekreis befindet sich die hochwertigste Quarzsandlagerstätte des Landes, die sich nach Niedersachsen fortsetzt. Hier werden hochreine Quarzsande der Oberkreide gewonnen.

Für den Inhalt der Beiträge sind die Autoren allein verantwortlich.
Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Übersetzung, Nachdruck, Vervielfältigung auf fotomechanischem oder auf anderem Weg sowie die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen - auch nur auszugsweise - sind nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers möglich.

ISSN- 1861-8723

Rohstoffbericht Sachsen-Anhalt 2008

Inhalt

	Geleitwort des Ministers für Wirtschaft und Arbeit des Landes Sachsen-Anhalt	7
1.	**Einführung und Zielstellung** (Klaus Stedingk, Regine Präger, Grit Balzer & Peter Karpe)	9
1.1	Mineralische Bodenschätze und Energierohstoffe in Sachsen-Anhalt	10
1.2	Verbund-Forschungsprojekt “Innovative Braunkohlen Integration in Mitteldeutschland (ibi)“	12
1.3	Grundlagenarbeit und Fachbeiträge	13
2.	**Gewinnung von Bodenschätzen und Rohstoffsicherung in Sachsen-Anhalt (Steine und Erden,** Industrieminerale) (Klaus Stedingk, Regine Präger, Grit Balzer & Peter Karpe unter Mitarbeit von, Ulf Desselberger, Gerhard Jost und Norbert Rudolph)	15
2.1	Gewinnung von Steine- und Erden-Rohstoffen (Genehmigungen, Datenerhebung, Förderstatistik, Flächenbilanz)	15
2.1.1	Bergbauobjekte der Steine- und Erdenindustrie	15
2.1.2	Datenerhebung, Förderstatistik	17
2.1.2.1	Betriebsgrößen und Fördermengen	22
2.1.3	Flächenbilanz der Rohstoffgewinnung (Steine und Erden)	22
2.1.3.1	Flächenanalyse der Gewinnungsstellen	22
2.1.3.2	Flächeninanspruchnahme nach qualifizierter Bodenschätzung	26
2.2	Analyse der Steine- und Erden-Gewinnung in den Landkreisen und kreisfreien Städten Sachsen-Anhalts	27
2.2.1	Landkreis Altmarkkreis Salzwedel	28
2.2.2	Landkreis Stendal	29
2.2.3	Landkreis Börde	30
2.2.4	Landkreis Jerichower Land	31
2.2.5	Landkreis Harz	32
2.2.6	Landkreis Salzland	33
2.2.7	Landkreis Anhalt-Bitterfeld	34
2.2.8	Landkreis Wittenberg	35
2.2.9	Landkreis Mansfeld-Südharz	36
2.2.10	Landkreis Saalekreis	37
2.2.11	Landkreis Burgenland	38
2.2.12	Kreisfreie Städte Magdeburg, Halle und Dessau-Roßlau	39
2.2.13	Landkreisbezogene Zusammenfassung	40
2.3	Rohstoffvorsorge und -sicherung in der Landesplanung	42
2.3.1	Landesentwicklungsplan (LEP)	42
2.3.2	Regionale Entwicklungspläne (REP)	43
2.3.2.1	REP Altmark	44
2.3.2.2	REP Magdeburg	45
2.3.2.3	REP Harz	46
2.3.2.4	REP Anhalt- Bitterfeld- Wittenberg	47
2.3.2.5	REP Halle	48
2.3.2.6	Stand der Regionalplanung in Sachsen-Anhalt	49
2.4	Lagerstättengeologischer Untersuchungsstand, Probleme und Ausblick	50
2.5	Zusammenfassung	54
3.	**Rohstoffgeologische Schwerpunktthemen**	55
3.1	**Qualitätsparameter ausgewählter Kiessandlagerstätten Sachsen-Anhalts** (Kirsten P. Erickson, Regine Präger & Klaus Stedingk)	55
	Zusammenfassung	55
3.1.1	Einführung	55
3.1.2	Kiessandlagerstätten in Sachsen-Anhalt	56
3.1.2.1	Wirtschaftliche Bedeutung	56

3.1.2.2	Geologischer Rahmen	57
3.1.3	Überblick über die beprobten Kiessandgewinnungsstellen und Ablagerungsräume	59
3.1.4	Methode und Kontrolle	62
3.1.4.1	Probenmenge und petrographische Analyse	62
3.1.4.2	Kontrolle (unabhängige Überprüfung der eigenen Analytik)	64
3.1.5	Auswertung und Kartendarstellung	65
3.1.6	Geröllzusammensetzung an Beispielen	65
3.1.6.1	Hauptkomponenten der Haupt- und Niederterrassenablagerungen	65
3.1.6.2	Ungeeignete Komponenten der Haupt- und Niederterrassenablagerungen	67
3.1.6.3	Regionale Verteilungen ausgewählter Einzelkomponenten	68
3.1.7	Stand und Ausblick	71
	Literatur/ Karten	71
3.2	**Anpassung wasseranalytischer Rahmenbedingungen für die Kiessandgewinnung – ein Fallbeispiel konstruktiver Behördenkooperation**	
	(Erhard Model, Karl-Heinz Rothe & Kerstin Winkler)	73
3.2.1	Einführung	73
3.2.2	Methodischer Ansatz und Zielstellung	73
3.2.2.1	Geologische Verhältnisse der Gewinnungsstellen	75
3.2.2.2	Hydrogeologie und Hydrologie	77
3.2.2.3	Hydrodynamik	78
3.2.3.	Kenntnisstand und Untersuchungsumfang	80
3.2.3.1	Elbe – Saale – Dreieck (Referenzobjekt Trabitz)	80
3.2.3.2	Untersuchungsumfang	81
3.2.4	Ergebnisse der physikalisch-chemischen Wasseruntersuchungen	81
3.2.4.1	Hydrochemische Grundlagen	82
3.2.4.2	Ergebnisse der Wasseranalytik (Anstrom - Kiessee - Abstrom)	84
3.2.5	Auswirkungen der Gewinnungsarbeiten auf die Kiessee- und Grundwasserqualität	90
3.2.5.1	Vorbemerkungen	90
3.2.5.2	Einträge in die Kiesseen	91
3.2.5.3	Austausch mit der Atmosphäre	91
3.2.5.4	Fixierung von Substanzen	91
3.2.5.5	Stoffabbau und Neubildung	92
3.2.6	Zusammenfassende Bewertung	92
3.2.6.1	Regionale Betrachtung	92
3.2.6.2	Auswirkungen Baggerseen / Grundwasser	93
3.2.6.3	Praktische Schlussfolgerungen, Ergebnis für das Unternehmen und Ausblick	94
	Dank / Literatur	95
3.3	**Zur Alkaliempfindlichkeit von Gesteinskörnungen aus Sachsen-Anhalt - Entwicklung einer neuartigen chemischen und physikalischen Testmethode direkt am Korn**	
	(Klaus-Jürgen Hünger, Robert Bachmann, Yvonne Scholz, Dittmar Marquordt & Klaus Stedingk)	97
3.3.1	Einführung, Ausgangslage und Zielstellung	97
3.3.1.1	Grundlagen und Entwicklung einer neuartigen Testmethode	97
3.3.1.2	Ausgangssituation und aktueller Sachstand in Sachsen Anhalt	98
3.3.1.3	Zielstellung des Forschungsprojekts	101
3.3.2	Untersuchungsergebnisse	101
3.3.2.1	Mineralogische Zusammensetzung und Petrografie	101
3.3.2.2	Mörtelprismentests	102
3.3.2.3	BTU-Löseverfahren	103
3.3.2.4	Betonversuch nach Teil 3 der aktuellen Alkali-Richtlinie	106
3.3.2.5	Der BTU-SP-Schnelltest (Solution and Porosity-Test)	107
3.3.3	Zusammenfassung zum bisherigen Stand	115
	Literatur, Prüfvorschriften und Normen	116

3.4 **Der 4. Rohstofftag des Landes Sachsen-Anhalt 2008 in Parey**
(Klaus Stedingk, André Rummel & Thomas Brockmeier) 117

3.5 **Bohrarchiv, Bohrdatenbank und Landesbohrkernlager – moderne Serviceleistungen zur Nutzungbarmachung von Rohstoffpotenzialen im Land Sachsen-Anhalt**
(Thomas Koch & Carl-Heinz Friedel) 123
Vorbemerkungen 123
3.5.1 Landesbohrdatenbank und Bohrarchiv 123
3.5.2 Bohrarchiv 126
3.5.3 Bohrkernlager 127
3.5.4 Schlussfolgerungen 128

3.6 **Das Geologische Archiv des LAGB** (Jürgen Heckner & Ivo Rappsilber) 129
Einführung 129
3.6.1 Geologisches Berichtsarchiv 129
3.6.2 Geologisches Kartenarchiv und Vertrieb 130

Anhang I
Rohstoffwirtschaft in Sachsen-Anhalt – Verzeichnis der Gewinnungsstellen und Betriebe (Steine und Erden, Industrieminerale, Stand: 31.08.2008) 133

Anhang II
Fachberatungs- und Zulassungsstellen für den Steine- und Erden-Bergbau in Sachsen-Anhalt 143

Anhang III
Durchführungsvorschrift BTU-SP-Schnelltest - Untersuchungen von Gesteinskörnungen der Korngrößen 2-32 mm zur objektiven Qualifizierung ihres Reaktionspotenzials hinsichtlich einer schädigenden Alkali-Kieselsäurereaktion (in Ergänzung zur Alkali-Richtlinie des DAfStb in der Fassung vom Juni 2007) 146

Die Autoren 157

Abbildungsnachweis 160

Zum Geleit

Mit dem Rohstoffbericht 2008 legt das Landesamt für Geologie und Bergwesen (LAGB) in Halle den vierten Rohstoffbericht für Sachsen-Anhalt seit 1999 vor. Den Anlass für die Berichterstattung gab eine Landtagsausschusssitzung am 28. Januar 1999 (Bodenschutz für landwirtschaftliche Flächen). Das Ergebnis der Sitzung war die Empfehlung, im dreijährigen Turnus einen aktualisierten Statusbericht zur Rohstoffsituation in Sachsen-Anhalt vorzulegen. Im Vordergrund sollten hier die Entwicklungen im Steine- und Erden-Bergbau, eine zusammengefasste Förderstatistik einschließlich des Grundeigentümer-Bergbaus und eine Bilanzierung der Abbauflächen stehen.

Der Bericht 2008 enthält daher u.a. eine aktuelle Bestandserhebung der Rohstoffwirtschaft des Landes und richtet sich an die Entscheidungsträger in Politik, Verwaltung und Wirtschaft. Eine weitere Zielgruppe sind die Träger der Landes- und Regionalplanung, die Verwaltungen der Landkreise und Kommunen sowie die Umweltverbände.

Mit dem neuen Rohstoffbericht wird deutlich, dass Sachsen-Anhalt in der Mitte der Bundesrepublik nach wie vor erheblich zur Versorgung Deutschlands, aber auch der Weltmärkte, mit mineralischen Rohstoffen beiträgt. Im Hinblick auf die internationalen Rohstoffmärkte ist hier beispielhaft die Kaliindustrie mit dem Kaliwerk Zielitz, aber auch mit der Potenziallagerstätte bei Roßleben zu erwähnen. Neben der klassischen Versorgung der Landwirtschaft mit den notwendigen Hauptelementen für die Pflanzenernährung dienen die Kalilagerstätten des Landes auch als unverzichtbare Grundlage zur Erzeugung nachwachsender Rohstoffe. Denn nach dem Prinzip des Liebig´schen Minimums kann eine Pflanze nur so gut wachsen, wie gleichmäßig alle erforderlichen Nährstoffe zur Verfügung gestellt werden können. Grundstoff hierfür sind die in Sachsen-Anhalt in bedeutenden Mengen vorhandenen Kali-, und Magnesiumsalze in den Ablagerungen des Zechsteins.

Neben den Kalisalzen gibt es mit der Braunkohle einen weiteren wichtigen Rohstoff, der gegenwärtig fast ausschließlich zur Energiegewinnung genutzt wird. Zur Zeit noch untergeordnet findet in Sachsen-Anhalt mit der Montanwachserzeugung aber auch eine stoffliche Verwertung bitumenreicher Braunkohle und damit eine alternative Wertschöpfung statt. Zur Veredelung dieses wertvollen Rohstoffs sind weitere Innovationspotenziale zu entwickeln. Wie dieser Weg beschritten werden kann, hat das Innovationsforum *„Innovative Braunkohleintegration in Mitteldeutschland (ibi) – Neue Strategien zur stofflichen Verwertung“* am 23. Oktober 2008 in Halle deutlich gemacht. Hieraus ergeben sich auch Anforderungen an die Lagerstättengeologie, denn nur auf der Basis einer fundierten und verantwortungsvollen Erfassung und Ausweisung wirtschaftlich gewinnbarer Braunkohlevorräte wird dieses Zukunftsprojekt Erfolg haben.

Insofern soll dieser Bericht es dem Leser ermöglichen, die Erfordernisse der Rohstoffwirtschaft gegenüber anderen öffentlich-rechtlichen Ansprüchen abzuwägen, um zu einer sachgerechten Entscheidung im Interesse des Landes zu kommen. Der vorliegende Rohstoffbericht verdeutlicht positiv den inzwischen erreichten Stand sowie die Mitwirkung des Landesamtes für Geologie und Bergwesen bei landes- und regionalplanerischen Entscheidungen für die Rohstoffgewinnung.

Sachsen-Anhalt ist ein bedeutender Standort der Steine- und Erdenindustrie. Neben der Existenz wirtschaftlich nutzbarer Rohstoffpotenziale sind die Absatzmärkte für die Etablierung leistungsfähiger Betriebe entscheidend. Neben großen Infrastrukturprojekten, wie der A 14-Norderweiterung bzw. der Halle-Westumfahrung, aber auch der Abschluss des Neubaus der B 6n spielen daher auch die Gewinnungsstandorte eine bedeutende Rolle für Großabnehmer außerhalb des Landes. Zu erwähnen sind hier der Großraum Berlin und die nördlich angrenzenden Bundesländer, die über keine oder nur geringe Lagerstättenbasis für die Versorgung des Marktes mit Kiessand oder Natursteinprodukten verfügen.

Probleme bestehen lokal bei der Langzeitstabilität der für Brückenbauwerke und Fahrbahnoberflächen eingesetzten Betone. Stichwort ist hier die so genannte Alkali-Kieselsäure-Reaktion. Schadensfälle zeigen, dass diese komplexen Mechanismen offensichtlich noch nicht voll inhaltlich verstanden bzw. beherrscht werden. Um dieses Problem zukünftig material- und prüftechnisch in den Griff zu bekommen, ist auch die lagerstättengeologische Fachkompetenz des LAGB gefragt.

Bodenschatzgewinnung und Umweltschutz müssen heute gleichrangig betrachtet werden. Deswegen sieht der rohstoffgeologische Dienst des LAGB einen Schwerpunkt seiner Arbeit darin, gemeinsam mit zuständigen Verwaltungen des Landes und der Rohstoffwirtschaft Kriterien zu erarbeiten, um eine umweltgerechte Nutzung der Bodenschätze sicherzustellen. Dabei spielt auch der Schutz des Grundwassers eine wichtige Rolle. Im Rahmen der hydrogeologischen Aufgaben werden daher die Beeinflussung des Grundwassers durch die Bergbautätigkeit beobachtet, dokumentiert und hieraus Kriterien entwickelt, um die Einflussfaktoren in einem zulässigen Bereich zu halten.

Ein wichtiges Ziel muss darin liegen, in unserer Gesellschaft Akzeptanz für Abbauvorhaben zu schaffen und zu erhalten. Unter dem Aspekt der Notwendigkeit einer nachhaltigen und ressourcenschonenden Rohstoffgewinnung sind regelmäßig Informationen zu Fragen der Genehmigungsverfahren, des Abbaus, der Flächeninanspruchnahme und zur Wiedernutzbarmachung zu geben. Nicht zuletzt gilt es, mit einer sachgerechten Öffentlichkeitsarbeit örtliche Akzeptanz für eine umweltgerechte Rohstoffversorgung zu erreichen. Schülerprojekte, wie sie beispielhaft im September 2008 beim 4. Rohstofftag des Landes in Parey vorgestellt wurden, machen deutlich, dass die nachfolgende Generation bereit ist, Argumente des Umweltschutzes und der Rohstoffwirtschaft zu prüfen und sachgerecht gegeneinander abzuwägen.

Grundlage einer jeden Fachbehörde und damit auch der geologischen Dienste sind eine breite Datenbasis und die landesweite Fachkomptenz. Hierzu gehören auch die Dokumentationen der geologischen, lagerstätten- und bodenkundlichen Landesaufnahme, Bohrdaten oder Untersuchungsberichte zu angewandten Fragestellungen. Dieser breite Fundus an Informationen steht in Form von Datenbanken oder in den Archiven des LAGB allen Interessenten zur Verfügung.

Dieser Bericht wird dazu beitragen, Wissensdefizite abzubauen und potenziellen Rohstoffnutzern neue Chancen zu eröffnen. Die vielschichtigen Beiträge des Berichts zeigen, dass die überregionale rohstoffgeologische Grundlagenarbeit im Vorfeld der industriellen Tätigkeit auch in Zukunft einen Aufgabenschwerpunkt des Landesamtes für Geologie und Bergwesen darstellen muss. Meine Anerkennung und mein Dank gelten daher dem Engagement der Mitarbeiter des Landesamtes für Geologie und Bergwesen, neue Wege zur Nutzung des einheimischen Ressourcenpotenzials aufzuzeigen.

Dr. Reiner Haseloff
Minister für Wirtschaft und Arbeit in Sachsen-Anhalt

1. Einführung und Zielstellung

Klaus Stedingk[1], Grit Balzer[1], Regine Präger[1] & Peter Karpe[2]

Mit dem Rohstoffbericht 2008 legt das Landesamt für Geologie und Bergwesen (LAGB) seinen vierten Bericht dieser Art für das Land Sachsen-Anhalt vor. Den Anlass für die Berichterstattung gab 1998 der Auftrag des Landtagsausschusses Bodenschutz für landwirtschaftliche Flächen an das damalige Geologische Landesamt, eine Analyse der Rohstoffgewinnung in Sachsen-Anhalt zu erstellen. Im Vordergrund sollten hier die Entwicklungen im Steine- und Erden-Bergbau, eine zusammengefasste Förderstatistik einschließlich des Grundeigentümer-Bergbaus und eine Bilanzierung der Abbauflächen stehen. Die Zusammenfassung des Daten- und Zahlenwerks war 1999 zugleich der erste Rohstoffbericht des Landes.

Der Rohstoffbericht 2008 enthält die Fortschreibung des Berichts von 2005 (Stedingk et al. 2005) sowie eine Analyse rohstoffwirtschaftlicher Aspekte. Ausgehend von der Förderung der Steine- und Erden-Rohstoffe werden die Bedarfs- und Planungsschwerpunkte unseres Landes dargestellt. Neu aufgenommen wurde eine landkreisspezifische Analyse der Steine- und Erden-Gewinnung (Kap. 2.2). Diese Untersuchung zeigt die z.T. extremen regionalen Unterschiede deutlich auf. Lag 2007 beispielsweise die landesweite Pro-Kopf-Förderung an Steine- und Erden-Rohstoffen bei 18 Tonnen, so übertrifft der Bördekreis diesen Durchschnittswert um mehr als das Dreifache. Hier zeigt sich, dass in der

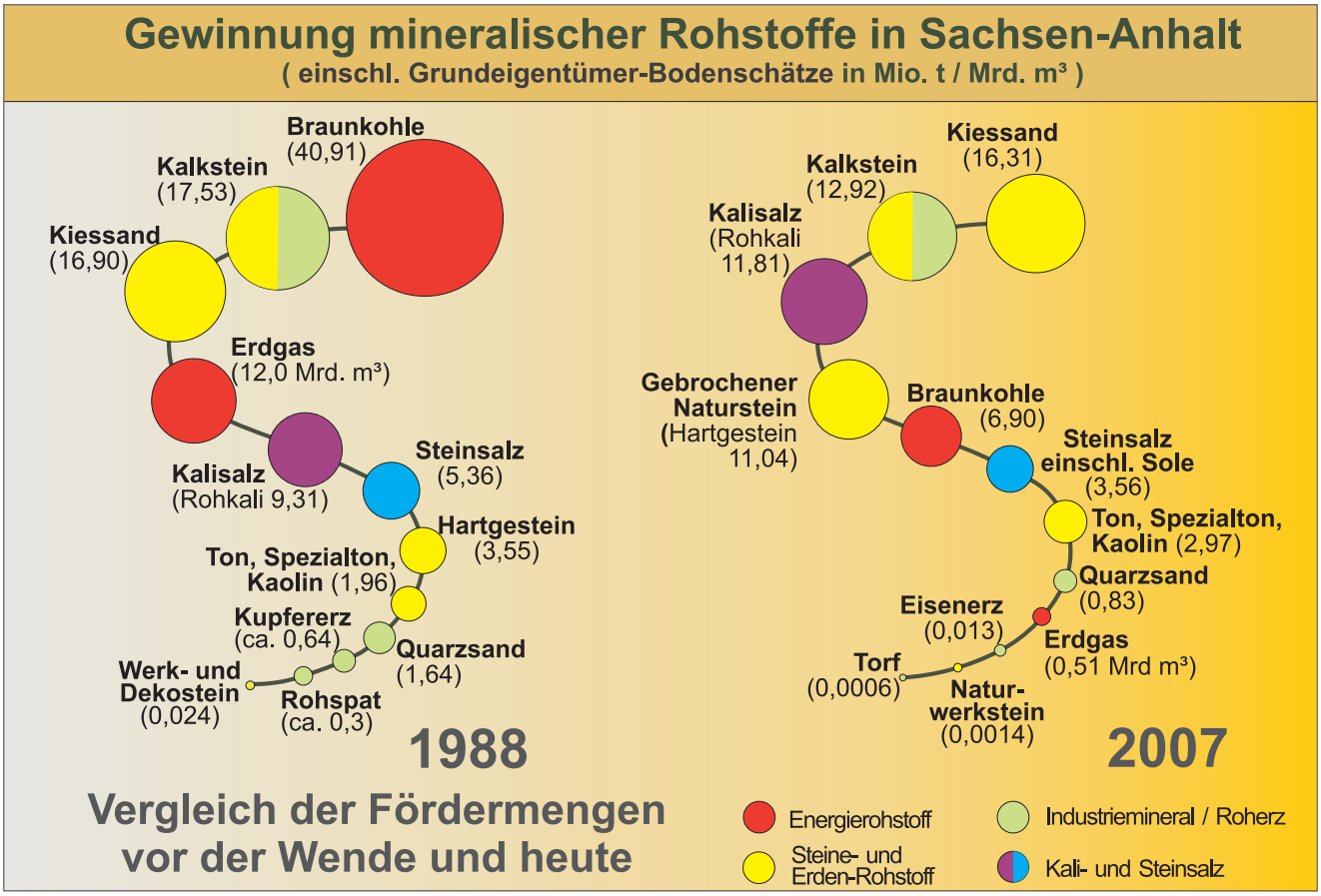


Abb. 1 Gewinnung mineralischer Rohstoffe in Sachsen-Anhalt 1988 und 2007. Der Vergleich dieser ausgewählten Förderjahre zeigt den dramatischen Strukturwandel in der Rohstoffwirtschaft des Landes seit Wiederherstellung der staatlichen Einheit. Deutlich zum Ausdruck kommt die Verlagerung der Produktionsschwerpunkte von den Energierohstoffen zu den Steine- und Erden-Bodenschätzen. Signifikant ist hier der starke Zuwachs der Produktion gebrochenen Natursteins als Folge der anhaltenden Maßnahmen zur Verbesserung der Infrastruktur.

1 Dipl.-Geoln. Grit Balzer, Dipl.-Geoln. Regine Präger, Dr. Klaus Stedingk, Landesamt für Geologie und Bergwesen, Köthener Str. 38, 06118 Halle (Saale).

2 Dipl.-Ing. (FH) Peter Karpe, Mannheimer Str. 16, 06128 Halle (Saale).

Umgebung von Ballungsräumen eine räumliche Konzentration von Abbaustellen vorliegt. So wünschenswert eine marktnahe und damit auch ökologisch sinnvolle Produktion ist, so sind hiermit auch die größten Flächennutzungskonflikte verbunden. Ein weiteres Problem liegt in der Gefahr einer vorzeitigen Erschöpfung von Lagerstätten mit überdurchschnittlich guter infrastruktureller Anbindung.

Ein wichtiges Ziel dieses Berichts soll darin liegen, mit dazu beizutragen, in der Öffentlichkeit Akzeptanz für Abbauvorhaben zu schaffen und zu erhalten. Nicht zuletzt unter dem Gesichtspunkt der Zukunftsvorsorge muss die Forderung, wertvolle Lagerstätten zu schützen und landesplanerisch zu sichern, den ihr gebührenden gesellschaftspolitischen Stellenwert behalten (Kap. 2.3 und 3.4). Hier liegt unvermeidlicher Konfliktstoff für die Zukunft, denn es bleibt unstrittig, dass jeder Abbau von Rohstoffen nachwirkende Eingriffe in Natur und Landschaft bedingt.

1.1 Mineralische Bodenschätze und Energierohstoffe in Sachsen-Anhalt

Die mineralischen und Energierohstoffe sind und bleiben wertvolle natürliche Schätze unseres Landes. So werden Kali- und Steinsalz, Braunkohle, Erdgas, Baurohstoffe und Industrieminerale weiterhin in bedeutendem Umfang gewonnen (Abb. 1). Ausgedehnte Geopotenziale stehen zur unterirdischen Speicherung von Gasen und Flüssigkeiten zur Verfügung. Bereits seit den 70-er Jahren werden Untergrundspeicher in Sachsen-Anhalt planmäßig zum Ausgleich jahreszeitlich bedingter Bedarfsschwankungen, zur Abdeckung großer Bedarfsspitzen sowie als strategische Havariereserve auf dem Energiesektor angelegt. Bei ihrer Herstellung fällt Sole in großen Mengen an, die einen wichtigen Rohstoff für die Sodawerke darstellt.

Vor dem Hintergrund der stark angestiegenen Preise - nicht nur für Energieträger - auf den internationalen Rohstoffmärkten entwickelt sich auch hier im Land ein Problembewusstsein für die Begrenztheit der Ressourcen der Erde. Hier gilt es, die Diskussion zu versachlichen und deutlich zu machen, dass unser Land noch immer erhebliche Potenziale birgt, die bei verantwortungsvoller Nutzung die Versorgung von Wirtschaft und Gesellschaft mit mineralischen Rohstoffen für lange Zeiträume sicherstellen können.
Dies trifft in besonderem Ausmaß für die gegenwärtig im Mittelpunkt der öffentlichen Diskussion stehenden Energieträger zu, denn allein mit der Braunkohle verfügt unser Land noch über ein beachtliches Potenzial, dessen Reserven bei weitem noch nicht ausgeschöpft sind. Die Kohle besitzt auch in Zukunft eine dominierende Rolle für die energetische und stoffliche Versorgung der Weltwirtschaft (Abb. 2 und 3). Weltweit sind Verfahren in der Entwicklung z.T. sogar schon Anlagen im Bau, die die derzeit verfügbaren Technologien an Effizienz weit übertreffen werden. Auch Sachsen-Anhalt ist im Rahmen des Verbund-Forschungsprojekts *"Innovative Braunkohlen Integration in Mitteldeutschland (ibi)"* auf dem Zukunftsfeld der **stofflichen** Kohlenutzung aktiv (Kap. 1.2).

Die Kohle kann ihrer steigenden Bedeutung für die Rohstoff- und Energieversorgung unseres Landes und darüber hinaus aber nur gerecht werden, wenn im Inland stabile Rahmenbedingungen für den Zugriff auf die Lagerstätten bestehen bleiben bzw. geschaffen werden. Dies gelingt nur mit einer verlässlichen raumordnerischen Sicherung der Rohstoffressourcen. Zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit sind Vorlaufzeiten von 30-40 Jahren erforderlich. Insgesamt positiv zu werten ist allerdings, dass sich Sachsen-Anhalt von der Erzeugung her auch mittelfristig selbst mit Strom versor-

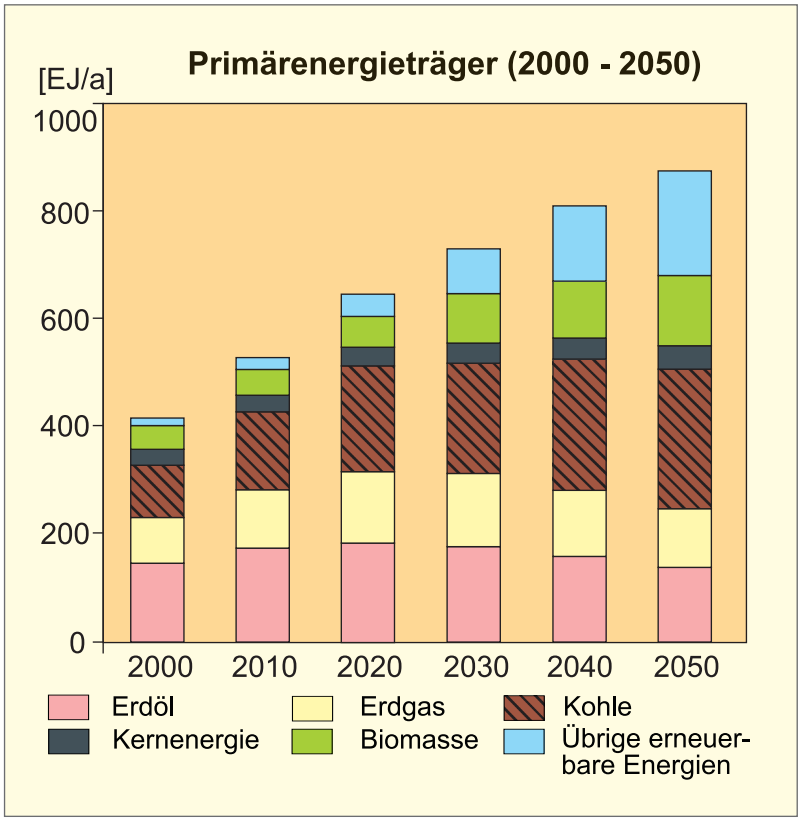


Abb. 2 Prognose der Primärenergieträger 2000 bis 2050. Danach wird Kohle als Primärenergieträger und Rohstoff ab etwa 2030 das Erdöl ablösen. Als Alternative wird die stoffliche Kohlenutzung im Verbund mit erneuerbaren Energien gesehen (aus: World Energy Technology Outlook – WETO H_2 2006, verändert).

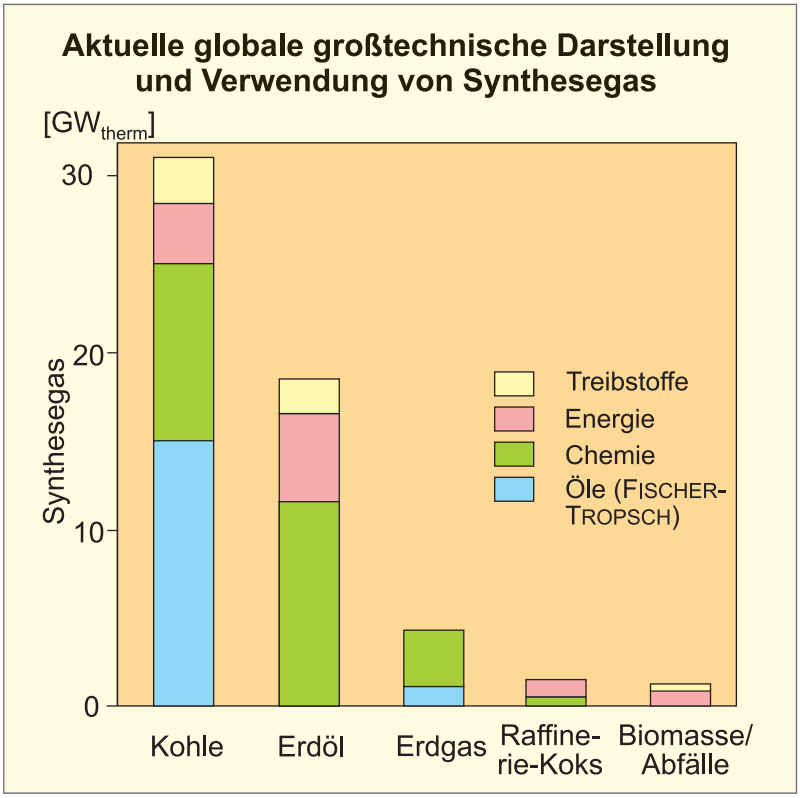


Abb. 3 Aktuelle globale großtechnische Darstellung und Verwendung von Synthesegas. Schon heute dominiert Kohle bei der stofflichen Nutzung fossiler Primärenergieträger. Biomasse hat als Kohlenstoffquelle (noch) eine sehr untergeordnete Stellung (Meyer 2008, verändert).

gen kann. Um hier zukunftsfähig zu bleiben, muss ein entsprechender Erkundungsvorlauf geschaffen werden, um die damit verbundenen Investitionen zur Einhaltung der Umweltstandards durch Modernisierung bzw. Neubau von Kraftwerken absichern zu können.

Mit 43,43 Mio. t (66 %) entfiel 2007 der Hauptanteil der Jahresförderung mineralischer und Energierohstoffe in Sachsen-Anhalt auf die Steine- und Erden-Rohstoffe. In dieser Rohstoffgruppe hielten Kiessand und Sand mit 36 %, Kalkstein mit 30 % und gebrochener Naturstein mit 26 % die größten Anteile. Danach folgen Ton und Kaolin sowie Quarzsand (Abb. 4). Das Kreisdiagramm macht die Förderverteilung der einzelnen Rohstoffgruppen für 2007 deutlich.

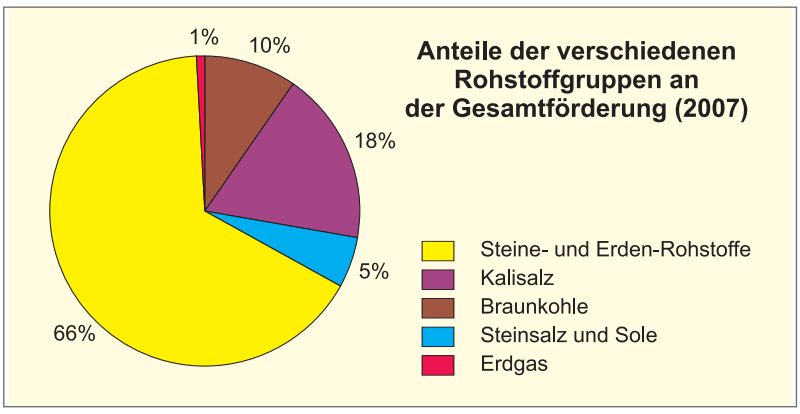


Abb. 4 Anteile der einzelnen Rohstoffgruppen an der Gesamtförderung mineralischer und Energierohstoffe in Sachsen-Anhalt 2007.

Lagerstätten für hochwertige Kiessande treten in den Flussauen von Elbe, Saale, Mulde, Elster und Bode in der Mitte und im Süden Sachsen-Anhalts auf. Die vier wichtigsten Kalksteinpotenziale sind an den Mittelharz (Elbingerode/Rübeland) sowie die Räume Walbeck, Bernburg-Staßfurt und Karsdorf gebunden. Naturstein zur Herstellung von Schotter und Splitt (Hartgestein) wird im Flechtinger Höhenzug, im Harz sowie im Halleschen Vulkanitkomplex gewonnen.

Betrachtet man die Gewinnung der oberflächennahen mineralischen Bodenschätze in Sachsen-Anhalt unter dem Aspekt der mittelfristigen Versorgungssicherheit, so ist erkennbar, dass für die hiesige Rohstoffwirtschaft ein vergleichsweise günstiges Umfeld vorliegt. Die Lagerstättenverhältnisse erlauben es, eine breite Palette mineralischer Rohstoffe zu überdurchschnittlich günstigen Bedingungen bereit zu stellen. Diese Grundaussage schließt den bereits langfristig eingeleiteten Neuaufschluss von Ersatzlagerstätten ein.

Auch wenn zunehmend international erhebliche Massenguttransporte niedrigpreisiger Massenbaurohstoffe z.T. über große Entfernungen stattfinden (z.B. Importe aus Asien), kann schon aus ökologischen Gründen die Lösung aber nicht darin bestehen, das Land und seine Wirtschaft aus wenigen, möglichst abgelegenen Großlagerstätten oder sogar aus dem Ausland zu versorgen. Diese Entwicklungen sind nicht nur aufgrund der rohstoffgeologischen Fakten, sondern auch aus energiepolitischen Erwägungen und unter Umweltaspekten abzulehnen, denn lange Transportwege ziehen eine erhebliche Verteuerung des Rohstoffs nach sich und führen zu unerwünschten Verkehrsbelastungen und Schadstoffemissionen. Auch logistische Maßnahmen, wie Verlagerung der Stoffströme auf ein anderes Transportmittel können hieran grundsätzlich nichts ändern (Abb. 5). Diesem Fakt wird mit der planerischen Sicherung landesbedeutsamer Rohstoffvorkommen unter Beachtung der Versorgungsräume weitgehend Rechnung getragen.

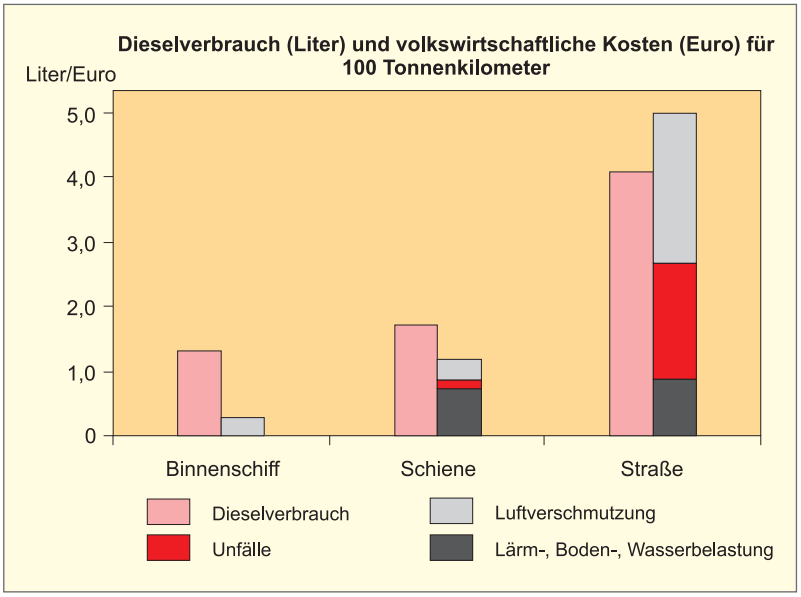


Abb. 5 Dieselverbrauch (Liter) und volkswirtschaftliche Kosten (€) für einhundert Tonnenkilometer. Danach verursachen Binnenschiff und Schiene erheblich geringere Kosten und Emissionen als der Transport auf der Straße (verändert nach Busch 2008).

- Strategie- und Konzeptentwicklung für eine veredlungsgerechte Rohstoffbereitstellung,
- qualitätsgesteuerte Charakterisierung, Gewinnung und Aufbereitung der Rohstoffe,
- Entwicklung von innovativen Zukunftsveredlungstechnologien der Rohstoffnutzung,
- Optimierung und Anpassung der Gewinnungstechnologien,
- innovative bergbauliche Lagerstättenerschließung und Rohstoffgewinnung unter Berücksichtigung der Geotechnik, Hydrogeologie, Wasserwirtschaft und Umweltverträglichkeit.

Aus rohstoffgeologischer Sicht ist es dringend geboten, die vorhandenen Braunkohlenpotenziale nach modernen Kriterien zu erfassen, darzustellen und neu zu bewerten. Die fundierte lagerstättenwirtschaftliche Neueinstufung dieses Rohstoffpotenzials stellt zugleich eine wichtige Zukunftsaufgabe für das LAGB dar. Hierzu gehört auch die gezielte Überprüfung von Lagerstättenparametern in ausgewählten Zukunftsfeldern im Vorfeld der industriellen Tätigkeit.

1.2 Verbund-Forschungsprojekt *"Innovative Braunkohlen Integration in Mitteldeutschland (ibi)"*

Mit dem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projekt sollen die Potenziale einer effizienten, innovativen, stofflichen und energetischen Nutzung der heimischen eozänen, bitumenreichen Braunkohle zur Erhöhung der Wertschöpfung herausgearbeitet werden. Ausgangspunkt sind die erheblichen Potenziale eozäner Braunkohle, welche zukünftig durch technisch-wirtschaftliche, umweltverträgliche Technologien der Rohstoffgewinnung veredelt und nicht ausschließlich zur Energieerzeugung herangezogen werden sollten. Aufgrund ihrer besonderen physikochemischen Eigenschaften erscheint eine hochwertige und wirtschaftliche Nutzung dieses Bodenschatzes zur Erzeugung wertvoller chemischer Grundstoffe (z.B. Montanwachs, Paraffine, Schmierstoffe, Kraftstoffe/Diesel und Benzin, Synthesegas) mit Hilfe neu zu entwickelnder zukunftsfähiger Verfahren möglich. Das in der Startphase befindliche Verbund-Forschungsprojekt *"Innovative Braunkohlen Integration in Mitteldeutschland (ibi)*

- *Neue Strategien zur stofflichen Verwertung"* bündelt hierfür die wissenschaftlich-verfahrenstechnische Kompetenz für folgende Themenkreise:

Das am 23.10.2008 in Halle durchgeführte Innovationsforum *„Innovative Braunkohlen Integration in Mitteldeutschland (ibi) – Neue Strategien zur stofflichen Verwertung"* bildete die öffentliche Auftaktveranstaltung zur Bildung eines Netzwerkes zahlreicher Kooperationspartner aus Wirtschaft und Wissenschaft (Abb. 6).

Abb. 6 Eröffnung des Innovationsforums *„Innovative Braunkohlen Integration in Mitteldeutschland (ibi) – Neue Strategien zur stofflichen Verwertung"* in den Räumen der IHK Halle-Dessau durch den Minister für Wirtschaft und Arbeit Dr. Reiner Haseloff (links). Im Präsidium (von links): Dr. A. Schroeter (IHU); Dr. G. Bratzke (isw); Dr. B. Reddig („Innovationsforen – Unternehmen Region", BMBF/PT DLR).

Mit der Entwicklung neuer Strategien zur stofflichen Verwertung eozäner bitumenreicher Braunkohlen verbindet sich die Chance für ein nachhaltiges Wirtschaftswachstum der Region Mitteldeutschland.

1.3 Grundlagenarbeit und Fachbeiträge

Zwei Beiträge dieses Berichts befassen sich damit, regionale Lösungsansätze zur Vermeidung einer schädigenden Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR) zu entwickeln. Auf der lagerstättengeologischen Seite steht die statistisch gesicherte Bestimmung der natürlichen Geröllzusammensetzungen von in Abbau stehenden Kiessandlagerstätten und Lagerstättenfeldern in Sachsen-Anhalt. An zweiter Stelle wird über die Entwicklung einer neuen chemischen und physikalischen Prüfmethode direkt an der Gesteinskörnung berichtet. Mit diesem Beitrag soll zugleich die Praxistauglichkeit des neuen Verfahrens nachgewiesen werden.

Anlass zu diesen aufwendigen Untersuchungen gaben Schäden an neu errichteten Beton-Bauwerken (Autobahn-Brücken und Fahrbahndecken) als Folge von Treibreaktionen, ausgelöst u.a. durch ungeeignete Komponenten (Abb. 7). Im Zuge eines Amtshilfeersuchens des Landesbetriebs Bau (LBB) wurden erstmals auf gesicherter statistischer Grundlage Vollanalysen von Rohkiesen der wichtigsten Flusssysteme Sachsen-Anhalts angefertigt. Wichtigstes praktisches Ziel dieser Arbeiten war die zuverlässige und reproduzierbare Erfassung der ungeeigneten Komponenten. Die Auswertung und Kartendarstellung liefern klare Anhaltspunkte für die zu erwartenden Geröllzusammensetzungen in den einzelnen Ablagerungsräumen und stellen die rohstoffgeologische Erkundung auf eine neue Grundlage. Potenzielle Lagerstättennutzer können bereits zu einem frühen Zeitpunkt den zu erwartenden Aufbereitungsaufwand einordnen und die Marktfähigkeit der Lieferkörnung abschätzen. Damit besitzt die Studie über Sachsen-Anhalt hinaus praktische Bedeutung für die Qualitätssicherung und -kontrolle von qualifizierten Gesteinskörnungen.

Gerade die besonderen regional-geologischen Bedingungen sind es aber auch, die regionale Lösungsansätze zur Vermeidung einer schädigenden AKR erfordern. Diese sind dann ggf. in das bundeseinheitliche Regelwerk einzubringen. Ein Weg, den die Straßenbauverwaltung des Landes Sachsen-Anhalt, vertreten durch den LBB, gemeinsam mit dem Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt, den regionalen Verbänden der Baustoff- und Bauindustrie und regionalen Forschungseinrichtungen bisher mit Erfolg gegangen ist und auch weiter gehen wird. Das im Kap. 3.3 behandelte Forschungsthema und dessen bisher vorliegende Ergebnisse stellen ein Beispiel für diese Vorgehensweise dar.

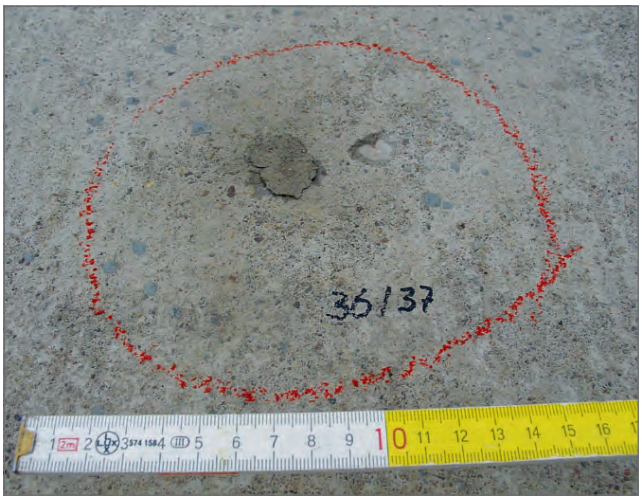


Abb. 7 Schaden an einer Beton-Fahrbahnoberfläche als Folge einer Treibreaktion.

Ein weiterer Beitrag berichtet über die Anpassung wasseranalytischer Rahmenbedingungen für die Kiessandgewinnung.

Für die Untersuchung der Wasserbeschaffenheit des Grund- und Oberflächenwassers gelten strenge Regelungen. Anträge für diese Art der Rohstoffgewinnung sind daher nur auf der Basis umfangreicher hydrogeologischer Einschätzungen bzw. Modellierungen genehmigungsfähig. Die hiermit verbundene Analytik wird durch Beauflagung durch die zuständigen Genehmigungsbehörden festgelegt. Die langfristige Erfassung der „Ist-Situation“ dient der Beweisführung und Eigenabsicherung des Unternehmens, verursacht diesem allerdings gleichzeitig erhebliche Kosten. Im Kap. 3.2 wird am Fallbeispiel von vier Kiessandgewinnungsstellen - der Kies- und Baustoffwerke Barleben GmbH & Co.KG i.W. auf der Grundlage der Unterlagen des Unternehmens - eine Zusammenstellung und Bewertung aller verfügbaren Daten vorgenommen. Im Ergebnis dieser Bewertung wurde auf Antrag des Unternehmens für die Jahre 2007 bis 2014 eine Präzisierung des in der Vergangenheit praktizierten Untersuchungsrahmens genehmigt - ein Fallbeispiel konstruktiver Behördenkooperation.

Am 4. September 2008 fand in Parey der 4. Rohstofftag des Landes Sachsen-Anhalt unter den Leitthemen *landesplanerische Sicherung von Rohstoffen und Rohstoffgewinnung im Spannungsfeld von Ökologie und Ökonomie* statt (Kap. 3.4). Die Veranstaltung wurde gemeinsam von der Arbeitsgemeinschaft der Industrie- und Handelskammern des Landes Sachsen-Anhalt, vom Unternehmerverband Mineralische Baustoffe (UVMB) e.V. und vom Landesamt für Geologie und Bergwesen (LAGB) des Landes Sachsen-Anhalt ausgerichtet. Einen Schwerpunkt bildete hier der am 22.07.2008 vom Kabinett beschlossene 1. Entwurf des Landesentwick-

lungsplans 2010 (LEP). Auf die Frage des Leitvortrags *„Gewinnung und Sicherung von Rohstoffen – sind die Weichen in Sachsen-Anhalt richtig gestellt?“* konnte keine eindeutige Antwort gefunden werden. In der Diskussion wurde nicht zuletzt die Verfahrensweise bei der Festlegung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten für Rohstoffgewinnung in der Landes- und Regionalplanung kritisch hinterfragt. Im Ergebnis eines konstruktiven Dialogs kam deutlich zum Ausdruck, dass bei der Abwägung Transparenz und Objektivität gegeben seien, weil hierbei u.a. die Datenbestände des Landesamts für Geologie und Bergwesen zu Grunde gelegen hätten.

Mit der Wahl des Tagungsortes in einer Schule gelang es auch eine Brücke zwischen Rohstoffwirtschaft und Umwelt-engagierten Schülern zu schlagen. Mit dem beispielgebenden Rekultivierungsprojekt „Schulbach“ der Sekundarschule „An der Elbe“ besteht eine enge Partnerschaft von Sekundarschule mit dem Betreiber der Kiessandgewinnungsstelle Parey. Die Schüler nutzten die Gelegenheit, ihr Projekt zur Wiederherstellung der Biodiversität den Teilnehmern des 4. Rohstofftags zu präsentieren und gaben hiermit ein praktisches Beispiel für ein konstruktives Zusammenwirken von Bevölkerung und Rohstoffwirtschaft (Abb. 8).

Abb. 8 Schüler der Sekundarschule „An der Elbe“ (Parey) nutzten die Gelegenheit, ihr Projekt zur Wiederherstellung der Biodiversität vor Ort am Schulbach den Teilnehmern des 4. Rohstofftags zu präsentieren.

Den Abschluss der Fachbeiträge bilden Informationen über die Archive und Datenbanken des LAGB (Kap. 3.5 und 3.6). Hierzu gehören:

- das Bohrarchiv und Landesbohrkernlager,
- die Bohrdatenbank,
- das Geologische Berichtsarchiv mit nicht publizierten geowissenschaftlichen Dokumentationen, Gutachten und Stellungnahmen sowie
- das Kartenarchiv, mit gedruckten geowissenschaftlichen Karten mit Erläuterungen und topografischen Karten.

Auf der Grundlage dieser Daten und Probenbestände stehen moderne Serviceleistungen zur Nutzbarmachung von Rohstoffpotenzialen im Land Sachsen-Anhalt zur Verfügung.

Wie die bereits vorangegangenen Berichte enthält auch der Rohstoffbericht 2008 im **Anhang I und II** praktische Informationen über die Rohstoffwirtschaft Sachsen-Anhalts (Verzeichns der Unternehmen und Genehmigungsbehörden) sowie Angaben zu den Autoren.

Quellen

Busch, M. (2008): Rohstoffabbau im Spannungsfeld zwischen Ökologie und Ökonomie – Ein Erfahrungsbericht aus der Wirtschaft.- Vortrag beim 4. Rohstofftag des Landes Sachsen-Anhalt in Parey.

European Commission Directorate-General for Research (2006): World Energy Technology Outlook – WETO H_2 - Official Publications of the European Communities, 162 p., Information and Communication Unit, Brussels.

Meyer, B. (2008): Innovative stoffgeführte Veredlungsketten und Technologien für eine wirtschaftliche und umweltgerechte Produktion von chemischen Basisprodukten aus mitteldeutscher Braunkohle.- Vortrag beim Startforum „Innovative Braunkohlen Integration in Mitteldeutschland - Neue Strategien zur stofflichen Verwertung (ibi)“, Halle (Saale).

Stedingk, K., Präger, R. & Karpe, P. (2005): Rohstoffgewinnung in Sachsen-Anhalt (Steine und Erden, Industrieminerale).- Mitt. zu Geologie und Bergwesen von Sachsen-Anhalt, Beiheft 9, 15-30, 9 Abb., 6 Tab., Halle (Saale).

2. Gewinnung von Bodenschätzen und Rohstoffsicherung in Sachsen-Anhalt (Steine und Erden, Industrieminerale)

Klaus Stedingk[1], Regine Präger[1], Grit Balzer[1] & Peter Karpe[2] unter Mitarbeit von Ulf Desselberger[1], Gerhard Jost[1] und Norbert Rudolph[1]

Die regionale Verbreitung von Steine- und Erden-Rohstoffen stellt in Sachsen-Anhalt einen bedeutenden Wirtschaftsfaktor dar. Die Gewinnung von Kies und Sand, gebrochenem Naturstein (Hartgestein) und Kalkstein sowie Tonen und Quarzsanden bilden die Basis für eine leistungsfähige Industrie (insbesondere Bau- und Glasindustrie sowie Keramik). Die derzeitige und künftige Verfügbarkeit von Rohstoffen ist zugleich eine unverzichtbare Voraussetzung für die weitere industrielle Entwicklung sowie den Ausbau der Infrastruktur in unserem Bundesland.

Im Jahr 2007 betrug die Förderung von Steine- und Erden-Rohstoffen rund 43,43 Mio. t. Dies bedeutet einen Spitzenplatz in den östlichen Bundesländern. Der stabile Bedarf an hochqualitativen Steine- und Erden-Rohstoffen in Sachsen-Anhalt wird auch an der jährlichen pro-Kopf-Erzeugung von rund 18 t über den Berichtszeitraum 2005-2007 deutlich.

Eine Übersicht der landesweiten Steine- und Erden-Rohstoffpotenziale vermittelt Abb. 1.

Tab. 1 Objekte des Steine- und Erdenbergbaus in Sachsen-Anhalt (Stand 31.08.2008).

Betriebsstatus	Rohstoff	Berg-aufsicht	Grund-eigentümer	gesamt
Gewinnung*	Kies / Sand / Quarzsand **	109	93	202
	Gebrochener Naturstein/ Naturwerkstein	15	6	21
	Ton/ Kaolin	20	3	23
	Kalkstein	15	0	15
	Sonstige (Torf/ Kieselgur)	2	0	2
	Gesamt	**161**	**102**	**263**
Vorhaben	Gesamt	78	12	90
Unterbrechung	Gesamt	17	3	20
	Summe	**256**	**117**	**373**

* Gewinnung = zugelassene Gewinnungsstelle, unabhängig ob Förderung stattfindet oder nicht.

** 3 Gewinnungsstellen sind doppelt erfasst, da sie „gemischte“ Zuständigkeiten haben.

2.1 Gewinnung von Steine- und Erden-Rohstoffen (Genehmigungen, Datenerhebung, Förderstatistik, Flächenbilanz)

2.1.1 Bergbauobjekte der Steine- und Erden-Industrie

Im Berichtszeitraum hat sich der Bestand an Objekten des Steine- und Erdenbergbaus in Sachsen-Anhalt gegenüber den vorangegangenen Jahren nur unwesentlich verändert. Mit Stand vom 31.08.2008 sind 373 Objekte des Steine- und Erdenbergbaus im LAGB erfasst, von denen 256 der Bergaufsicht unterliegen und 117 in die Zuständigkeit der Landkreise fallen (Tab. 1 und Abb. 2). Bei der Erhebung wurden alle Objekte mit dem Betriebsstatus „Gewinnung“, „Unterbrechung“ oder „Vorhaben“ berücksichtigt. Objekte, die bereits eingestellt sind oder sich in Liquidation befinden, sind aktuell nicht erfasst. Es muss darauf hingewiesen werden, dass der Betriebsstatus „Gewinnung“ sich auf alle zugelassenen Gewinnungsstellen bezieht, unabhängig davon, ob tatsächlich eine Förderung stattfindet oder nicht. Darunter fallen auch:

- Objekte, die einen zugelassenen Hauptbetriebsplan bzw. eine Abbaugenehmigung vom Landkreis besitzen, aber mit dem Abbau noch nicht begonnen haben und
- Gewinnungsstellen, die die Förderung zwar bereits eingestellt haben, aber deren Zulassung im Zuge der Rekultivierung noch gültig ist.

Mit 263 zugelassenen Gewinnungsstellen im Jahr 2008 hat sich die Anzahl gegenüber 2004 mit 254 Objekten leicht erhöht. Ebenfalls nur geringfügig änderte sich die prozentuale Verteilung auf die unterschiedlichen Rechtsformen. Unter Bergaufsicht standen 61 % der zugelasse-

1 Dr. Klaus Stedingk, Dipl.-Geoln. Regine Präger, Dipl.-Geoln Grit Balzer, Dipl.-Ing. Ulf Desselberger, Dipl.-Ing. Gerhard Jost, Norbert Rudolph, Landesamt für Geologie und Bergwesen, Köthener Str. 38, 06118 Halle (Saale).

2 Dipl.-Ing. (FH) Peter Karpe, Mannheimer Str. 16, 06128 Halle (Saale).

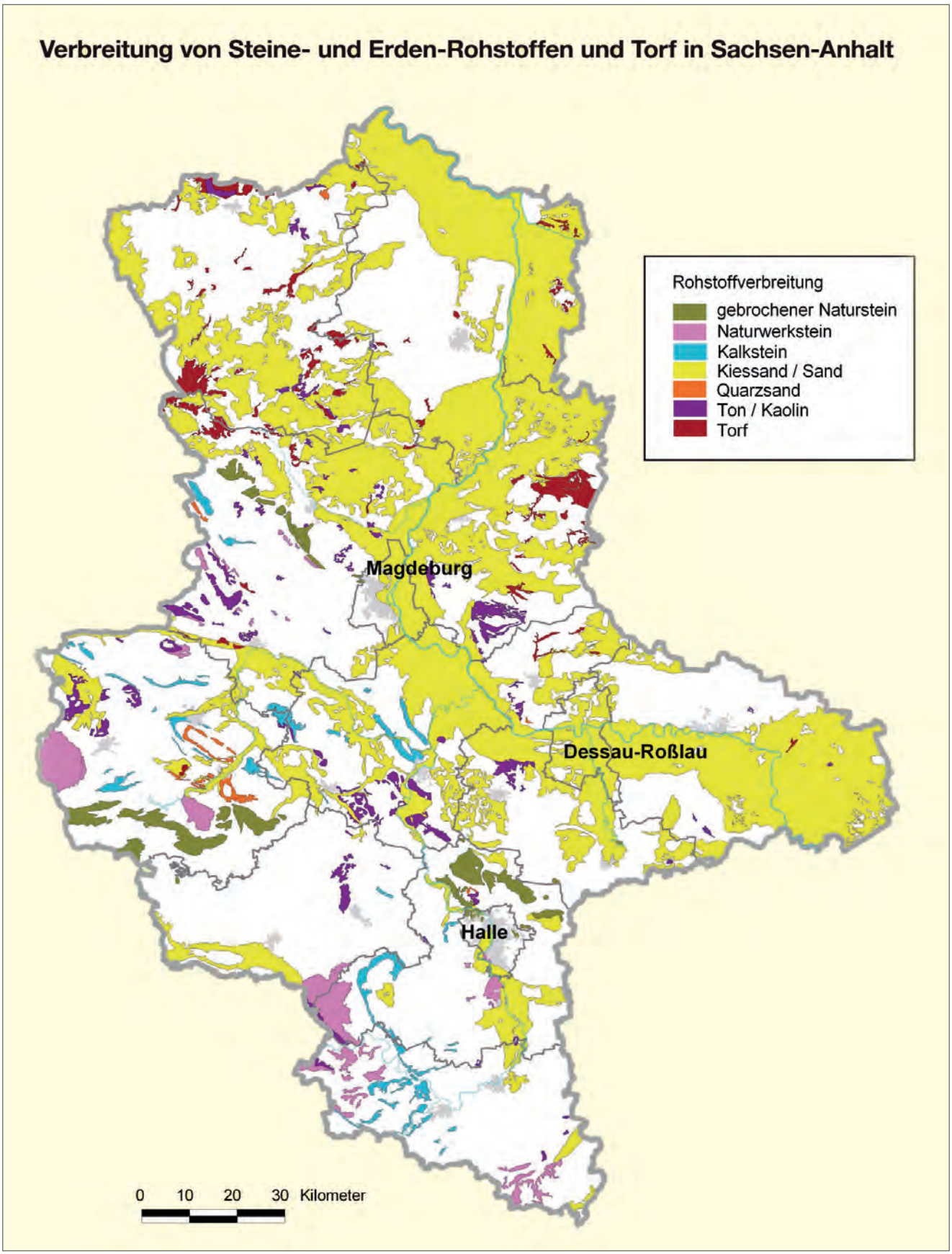


Abb. 1 Potenzialkarte der Steine- und Erden-Rohstoffe und Torfvorkommen in Sachsen-Anhalt (Hauptverbreitungsgebiete der Rohstoffgruppen). Aus dem Kartenbild wird ersichtlich, dass im nordöstlichen Teil Sachsen-Anhalts großflächig eiszeitliche Kiessande/Sande auftreten. Der Südwestteil unseres Bundeslandes ist durch die oberflächennahe Verbreitung vorwiegend mesozoischer Festgesteine gekennzeichnet.

nen Gewinnungsstellen, während 39 % in Zuständigkeit der Landkreise und kreisfreien Städte stehen.

In einigen Sonderfällen liegen innerhalb eines Gewinnungsbetriebes beide Rechtsformen vor. Das betrifft i.W. Kiessandabbaue, die nach der Rechtsangleichung im Jahre 1996 unter Bergaufsicht geblieben sind (Bergwerkseigentum, Bewilligungen). Für flächenhafte Erweiterungen dieser Betriebe sind seit 1996 die Kreisverwaltungen zuständig. Es sei denn, der abzubauende Rohstoff wird als grundeigener Bodenschatz im Sinne des § 3 Abs. 4 BBergG eingestuft. Tritt dieser Fall nicht ein, entstehen Gewinnungsbetriebe, die der Aufsicht verschiedener Behörden unterliegen. Nach den Erfahrungen der vergangenen Jahre wird die Anzahl solcher „gemischten" Zuständigkeiten in Zukunft zunehmen. In der Statistik der Fördermengen erscheinen diese Betriebe nur einmal, da in der Praxis keine getrennte Erfassung der Fördermengen, bezogen auf die tatsächliche Abbaufläche erfolgt.

2.1.2 Datenerhebung, Förderstatistik

Gesicherte Daten zu Förderung und Verbrauch mineralischer Rohstoffe sind für die Analyse der Rohstoffsituation in Sachsen-Anhalt unverzichtbar. Hieraus leiten sich unmittelbare Erfordernisse der Wirtschaft (zuverlässige Versorgung der Gesellschaft mit Rohstoffen) und nicht zuletzt die Belange der landesplanerischen Rohstoffsicherung ab.

Tab. 2 Fördermengen der Steine- und Erden-Rohstoffe und Anzahl der produzierenden Gewinnungsstellen (GWS) in Sachsen-Anhalt 2005-2007 (GE-Grundeigentümer-Bodenschatz, Gewinnung nicht unter Bergaufsicht).

Rohstoff		2005		2006		2007	
		GWS Anzahl	Förderung Mio. t	GWS Anzahl	Förderung Mio. t	GWS Anzahl	Förderung Mio. t
Kiessand/ Sand	Bergaufsicht	79	13,46	80	13,75	80	12,71
	GE	71	2,3	72	2,23	72	2,95
	gesamt	**150**	**15,76**	**152**	**15,98**	**152**	**15,66**
gebrochener Naturstein (Hartgestein) incl. Halden	Bergaufsicht	10	10,59	10	10,81	10	10,86
	GE	4	0,44	5	0,31	5	0,18
	gesamt	**14**	**11,03**	**15**	**11,12**	**15**	**11,04**
Kalkstein	Bergaufsicht	13	11,47	13	12,1	11	12,92
	GE	1	0,01	1	0,04	0	0
	gesamt	**14**	**11,48**	**14**	**12,14**	**11**	**12,92**
Quarzsand	Bergaufsicht	5	0,59	5	0,64	4	0,83
	GE	0	0	0	0	0	0
	gesamt	**5**	**0,59**	**5**	**0,64**	**4**	**0,83**
Tone/ Kaolin	Bergaufsicht	12	1,01	15	1,24	12	2,83
	GE	2	0,38	2	0,21	3	0,14
	gesamt	**14**	**1,39**	**17**	**1,45**	**15**	**2,97**
Naturwerkstein	Bergaufsicht	2	0,0026	2	0,0028	3	0,0056
	GE	1	0,0007	1	0,0007	1	0
	gesamt	**3**	**0,0033**	**3**	**0,0035**	**4**	**0,0056**
Torf	Bergaufsicht	1	0,0008	1	0,0006	1	0,0006
	GE	0	0	0	0	0	0
	gesamt	**1**	**0,0008**	**1**	**0,0006**	**1**	**0,0006**
Gewinnungs-stellen (GWS) mit Förderung	Bergaufsicht	**122**	**37,12**	**126**	**38,54**	**121**	**40,16**
	GE	**79**	**3,13**	**81**	**2,79**	**81**	**3,27**
	gesamt	**201**	**40,25**	**207**	**41,33**	**202**	**43,43**

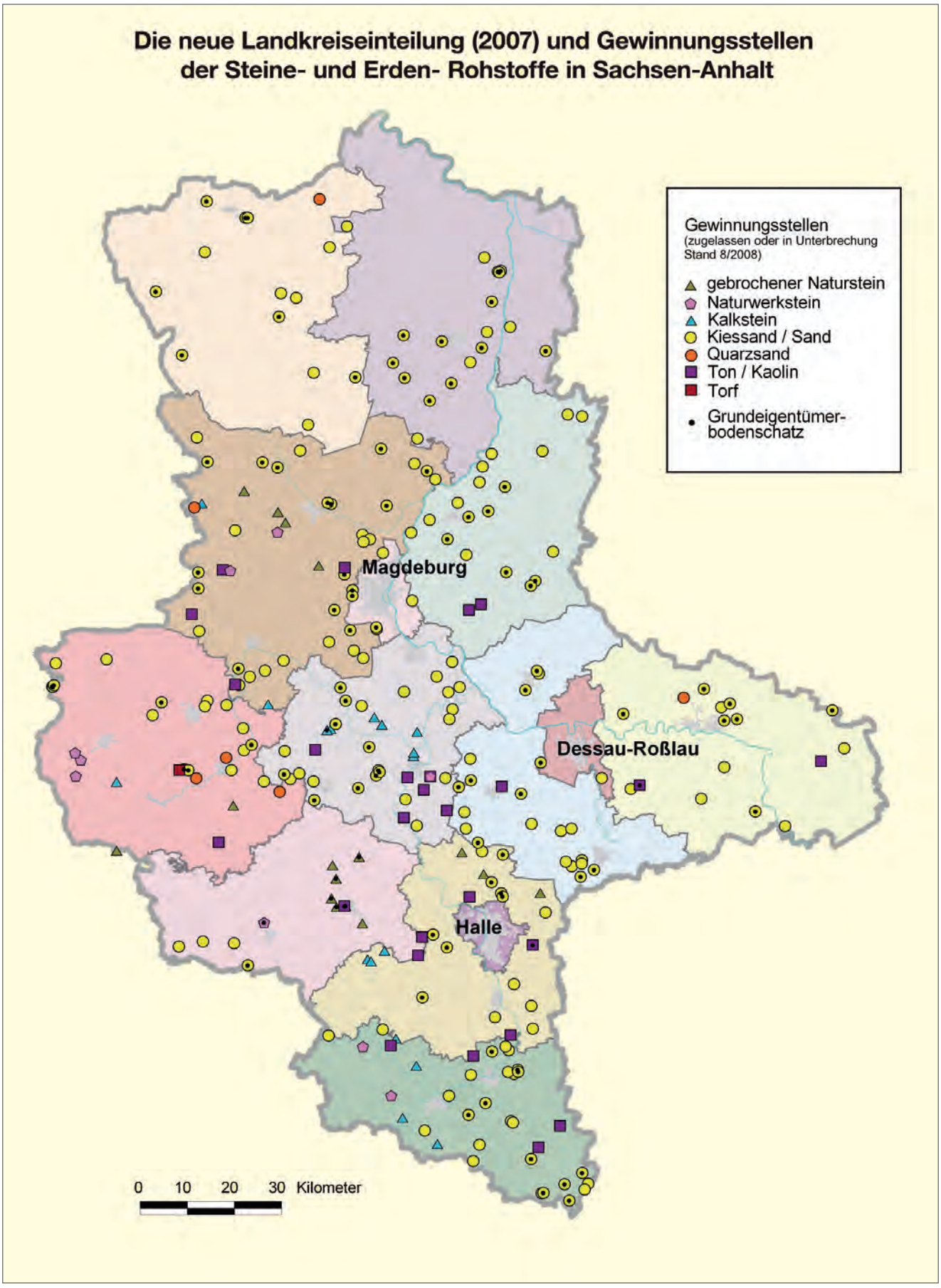


Abb. 2 Übersichtskarte der zugelassenen oder in Unterbrechung befindlichen Gewinnungsstellen der Steine- und Erden-Rohstoffe in Sachsen-Anhalt (Stand 31. August 2008).

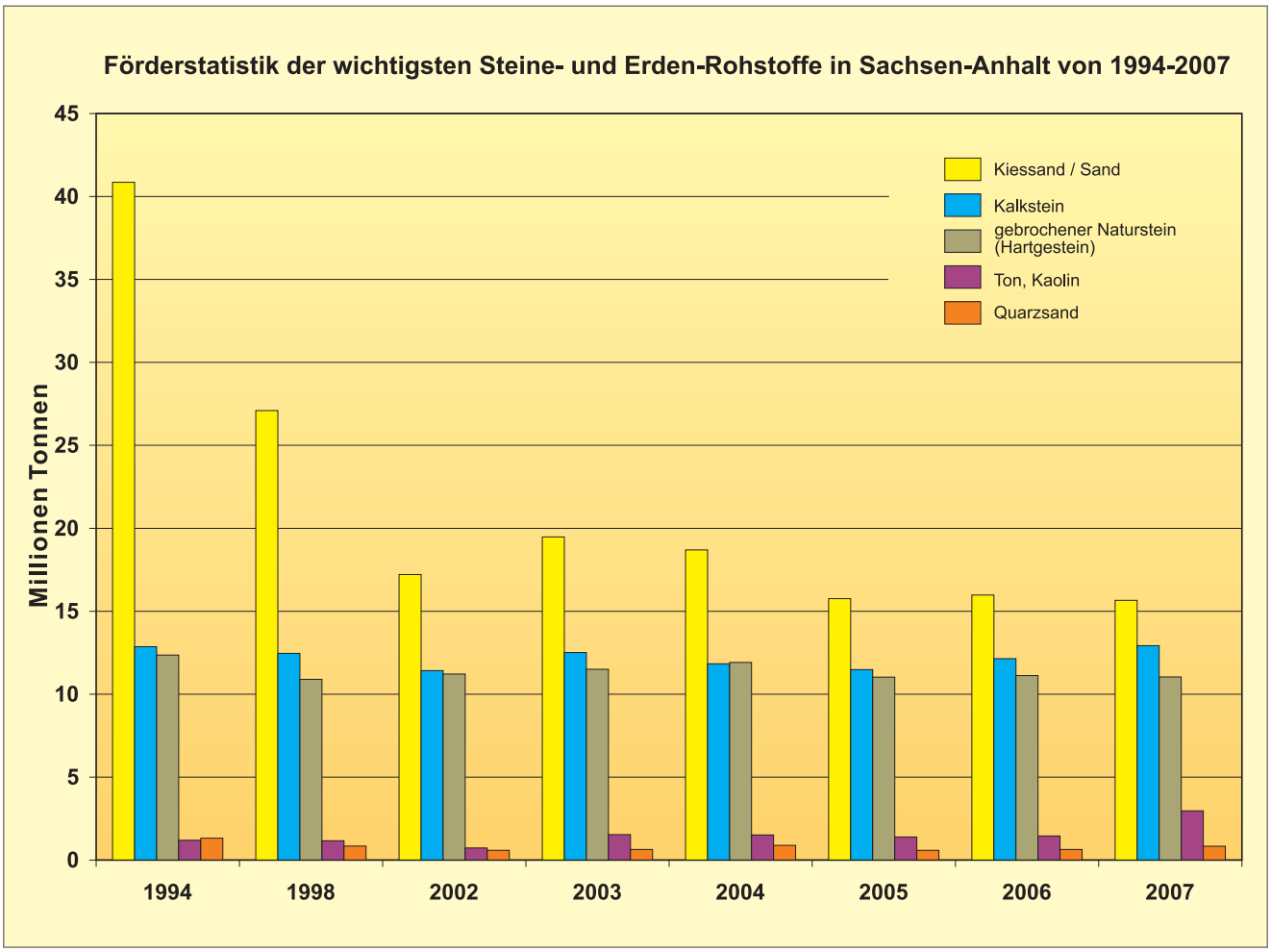


Abb. 3 Förderstatistik der wichtigsten Steine- und Erden-Rohstoffe in Sachsen-Anhalt von 1994-2007.

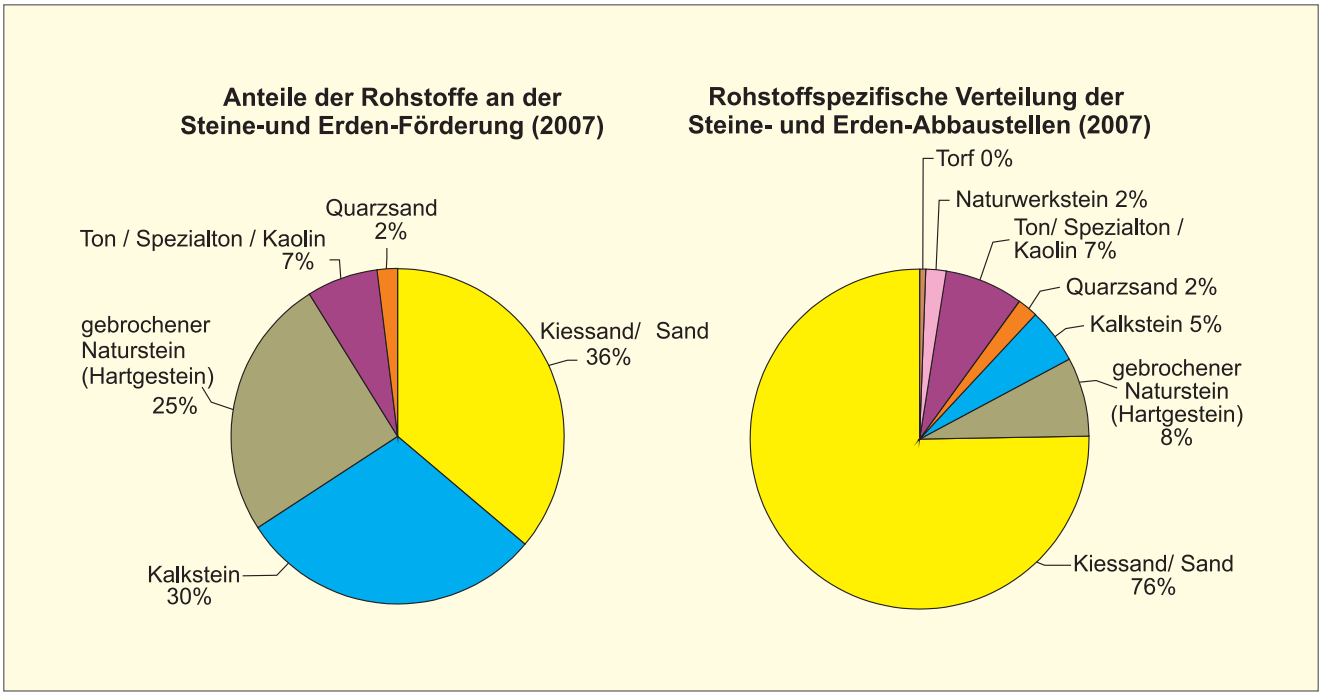


Abb. 4 Anteile der Rohstoffe und Abbaustellen an der Steine- und Erden-Förderung 2007.

Die Erhebung der Daten für die Förderstatistik 2005-2007 hat folgende Grundlage:

- Alle Betriebe, die der Bergaufsicht unterstehen, haben gegenüber der Bergbehörde (LAGB) eine Berichtspflicht und melden jährlich die geförderte Rohstoffmenge.
- Für die Betriebe außerhalb des Bergrechts gibt es keine Berichtspflicht und auch keine statistische Erfassung. Ihre Fördermengen wurden auf freiwilliger Basis, entweder mit Unterstützung durch die zuständigen Landkreise erhoben, oder direkt durch das LAGB ermittelt.
- Für ca. 10 % der Betriebe erfolgte eine qualifizierte Schätzung.

Das Ergebnis der Datenerhebung für die Fördermengen der Steine- und Erden-Rohstoffe der Jahre 2005-2007 ist in Tab. 2 zusammengefasst. *Diese Zusammenstellung ist die nunmehr vierte Fortschreibung der vollständigen Förderstatistikdaten für Sachsen-Anhalt seit 1998.* Die Anzahl der Gewinnungsstellen in der Tab. 2 bezieht sich erstmals nur auf die Betriebe, die tatsächlich eine Produktion (>0 t) aufweisen. Insofern ist ein direkter Vergleich mit der Anzahl der Gewinnungsstellen aus dem letzten Berichtszeitraum 2002-2004 nicht möglich.

Die seit 2002 verzeichnete stetig fallende Tendenz der Gesamtfördermenge hat sich von 44,85 Mio. t im Jahre 2004 bis in das Jahr 2005 hinein mit 40,25 Mio. t fortgesetzt. Seitdem erhöhte sich die Gesamtförderung zwar leicht auf 43,43 Mio. t (2007), bleibt aber immer noch unter dem Wert von 2004.

Den größten Anteil der Steine- und Erden-Gewinnung haben wieder die Kiessande/ Sande für die Baustoffindustrie. Die Förderung von 15,66 Mio. t in 2007 entspricht 36 %. Die Produktion von Kalkstein (Industriekalk und Schotter) nimmt mit 30 % (12,92 Mio. t) im Jahr 2007 die zweite Position in der Gesamtfördermenge ein, gefolgt von dem 25%-igen Anteil (11,04 Mio. t) an gebrochenem Naturstein (Hartgestein). Eine Darstellung der prozentualen Verteilung der Gesamtfördermenge auf die einzelnen Rohstoffarten kann Abb. 4 (links) entnommen werden.

Die Verteilung der Fördermengen an Steine- und Erden-Rohstoffen, bezogen auf die unterschiedlichen Rechtsformen, unterliegt nur geringfügigen Schwankungen. Die unter Bergaufsicht stehenden Betriebe erbrachten 2004 etwa 90 % der Produktion. Aktuell liegt der nteil in 2007 bei 92 %.

Das Balkendiagramm (Abb. 3) zeigt die Entwicklung der Fördermengen von Steine- und Erden-Rohstoffen über einen längeren Zeitraum vom Fördermaximum 1994 bis zum Jahr 2007. Dabei wird deutlich, dass die größten Schwankungen in der Fördermenge der Kiessande auftraten. Mit rund 16 Mio. t ist in den letzen drei Jahren ein nahezu gleich bleibender Tiefstwert der Kiessandförderung erreicht worden. Betrachtet man die Werte seit 2001 (nach dem großen Bauboom), ergibt sich eine durchschnittliche jährliche Kiessandförderung von rund 17,5 Mio. t in einem konjunkturell bedingten Schwankungsbereich zwischen 15 und 20 Mio. t. Dieser Schwankungsbereich gibt das „Normalniveau“ der Kiessandförderung in Sachsen-Anhalt an.

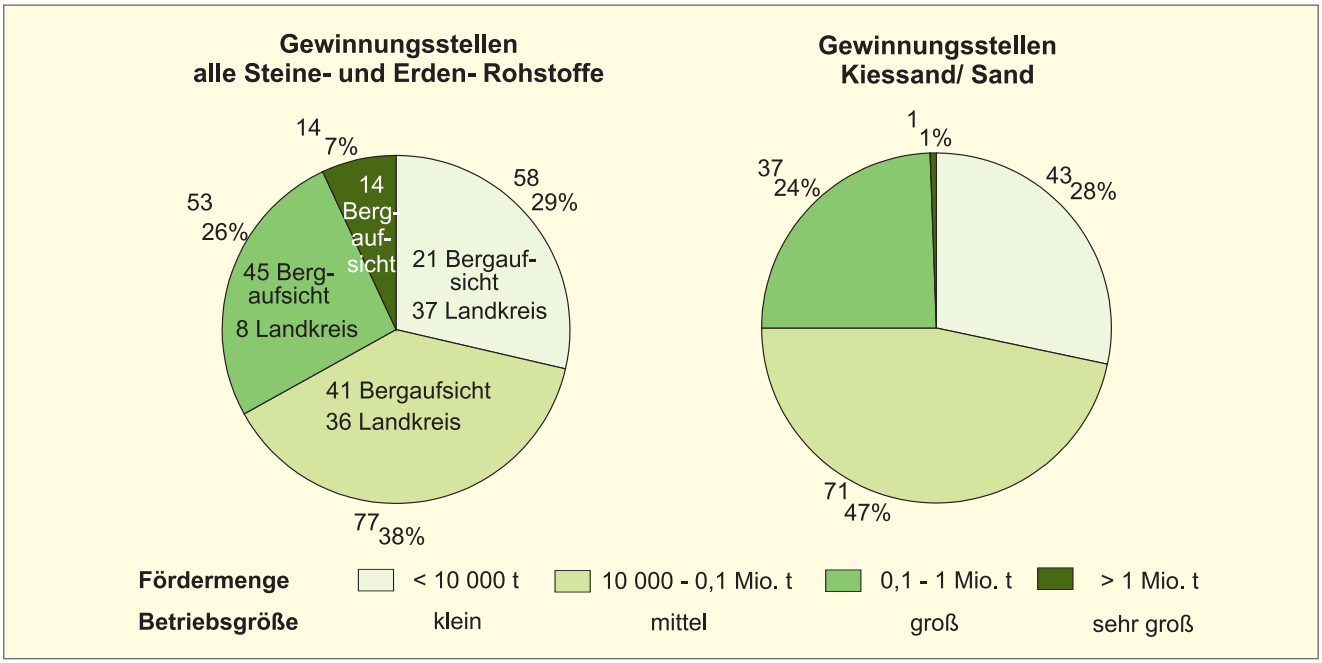


Abb. 5 Differenzierung der Gewinnungsbetriebe nach der Höhe der Fördermenge 2007. Links: Gliederung aller Gewinnungsbetriebe mit Angabe der zuständigen Rechtsform (im Kreis). Rechts: Gliederung nur für die Kiessand/Sand-Gewinnungsbetriebe. Angegeben sind jeweils die Anzahl der Betriebe, sowie ihr prozentualer Anteil an der Gesamtmenge.

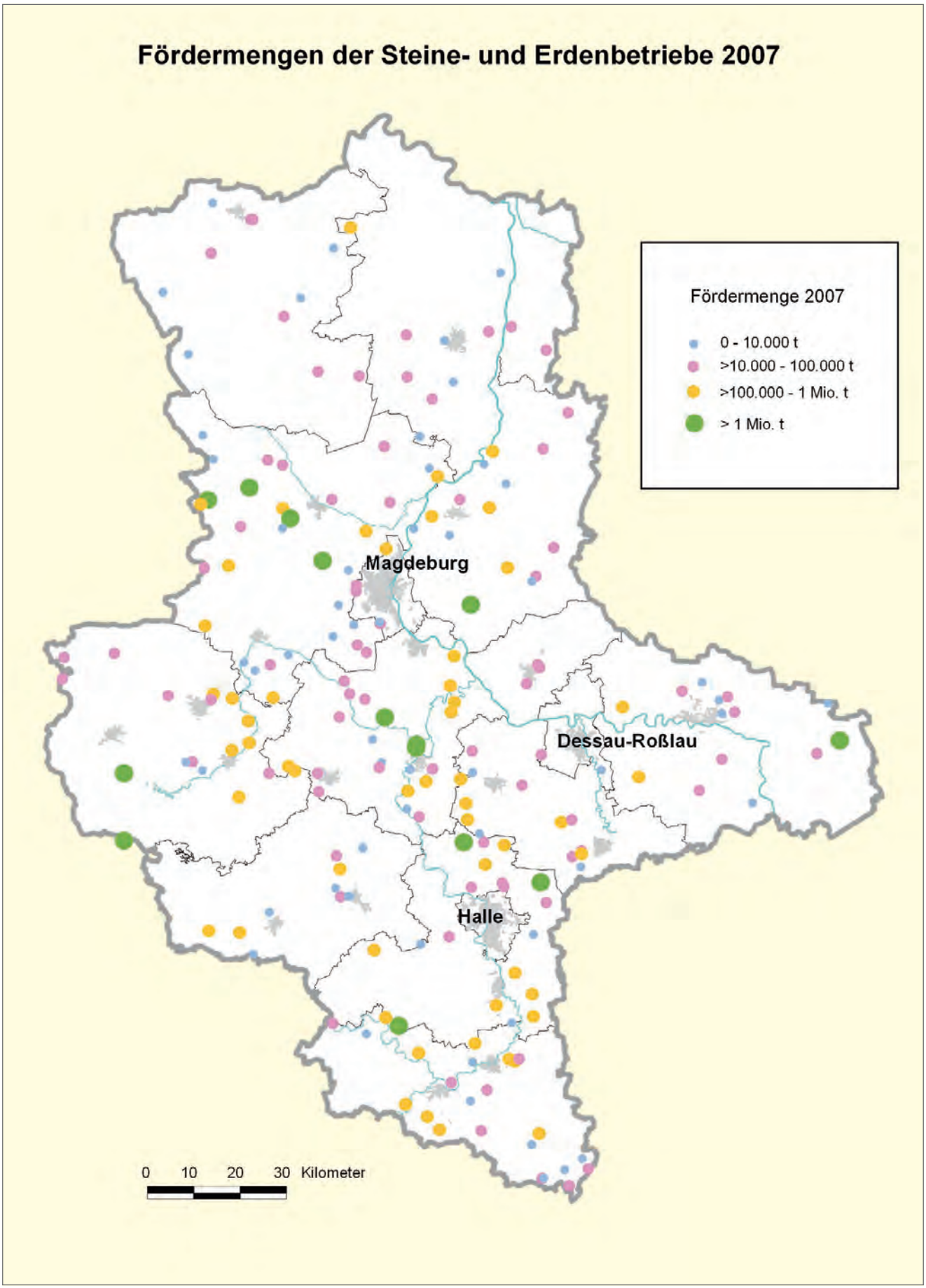


Abb. 6 Regionale Verteilung der Gewinnungsstellen gegliedert nach ihren Fördermengen (2007).

Bei den nach ihrer Abbaumenge folgenden Rohstoffen, dem Kalkstein und gebrochenem Naturstein (Hartgestein) sieht das Bild über die Jahre gesehen viel ausgeglichener aus. Die langjährigen Mittelwerte liegen für Kalkstein bei rund 12 Mio. t und bei gebrochenem Naturstein bei rund 11 Mio. t mit einem geringeren Schwankungsbereich von etwa ±1 Mio. t. Die Kalksteinproduktion hat sich im Berichtszeitraum erhöht und liegt damit deutlich im oberen Schwankungsbereich.

Mengenmäßig eine untergeordnete Rolle spielen die Fördermengen der Tone und Quarzsande in Sachsen-Anhalt, obgleich sie eine erhebliche wirtschaftliche Bedeutung haben. Die durchschnittliche Fördermenge von Ton/ Spezialton/ Kaolin liegt seit dem Jahr 2000 bei ca. 1,5 Mio. t bei geringer Schwankungsbreite. „Ausreißer" ist mit rund 3 Mio. t, also der doppelten Fördermenge als bisher, das Jahr 2007. Die Quarzsandproduktion bleibt kontinuierlich deutlich unter 1 Mio. t Jahresproduktion.

2.1.2.1 Betriebsgrößen und Fördermengen

Die Fördermengen der einzelnen Abbaustellen liegen naturgemäß sehr weit auseinander. Sie reichen von einigen Zehnertonnen in der Naturwerksteingewinnung bis zu rund 3,5 Mio. t beim Kalksteinabbau. Im Folgenden werden am Beispiel der Förderzahlen von 2007 die Gewinnungsbetriebe nach der Höhe ihrer Fördermenge differenziert. In der Abb. 5 (links) sind die Gewinnungsbetriebe (202) aller Steine- und Erden-Rohstoffe analysiert. Während in der Abb. 5 (rechts) nur die 152 Betriebe mit Kiessand/Sand Gewinnung dargestellt sind.

Die meisten Steine- und Erden-Betriebe (38%) in Sachsen-Anhalt haben eine mittlere Fördermenge zwischen 10 000 und 100 000 t. Danach folgen mit Anteilen von 29% bzw. 26% etwa gleich viele kleine (<10 000 t) und große Betriebe (0,1-1,0 Mio. t). Nur 7 % (Anzahl 14) der Gewinnungsstellen in Sachsen-Anhalt sind mit einer Förderung von mehr als einer Million Tonnen sehr groß. Mit der Produktionsgröße steigt auch der Anteil der unter Bergaufsicht stehenden Betriebe signifikant an.

Da etwa dreiviertel aller Gewinnungsstellen in Sachsen-Anhalt den Massenbaurohstoff Kiessand/Sand fördern (Abb. 4 rechts), werden diese noch einmal separat betrachtet. Aus Abb. 5 (rechts) wird deutlich, dass die Fördermengen innerhalb der Kiessandproduktion ähnlich verteilt sind, wie bei den gesamten Rohstoffen. Nur der Anteil der sehr großen Betriebe (nur 1 %) hat sich zugunsten der mittleren Betriebe verändert (47 %).

Abb. 6 zeigt die regionale Verteilung der kleinen bis sehr großen Gewinnungsstellen. Bei den sehr großen Betrieben mit einer Förderung von mehr als einer Million Tonnen handelt es sich vorrangig um Werke der Hart- und Kalksteinproduktion. Diese Betriebe stellen hochwertigste Produkte für die Baustoff-, Zement- und Soda-Industrie her. Die Rohstoffgewinnung ist standortgebunden und besitzt überregionale Bedeutung über die Landesgrenzen hinweg.

2.1.3 Flächenbilanz der Rohstoffgewinnung (Steine und Erden)

2.1.3.1 Flächenanalyse der Gewinnungsstellen

Erstmals wurde 1998 eine Analyse zur Flächeninanspruchnahme durch die oberflächennahe Steine- und Erden-Gewinnung auf Antrag der SPD-Landtagfraktion vom 30.09.1998 ("Bodenschutz für landwirtschaftliche Flächen") vom damaligen Geologischen Landesamt erarbeitet. Die Zusammenfassung des Daten- und Zahlenwerks sowie seine Interpretation finden sich im Rohstoffbericht 1998 wieder. Seitdem erfolgte eine regelmäßige

Tab. 3 Flächenkategorien und die ihnen zu Grunde liegenden Kriterien.

Flächenkategorie	Definition / Kriterien
aktive Abbauflächen	Flächen innerhalb einer Bergbau- bzw. Abbauberechtigung, die gegenwärtig **verritzt** sind und in welchen der **aktive Abbau** umgeht
Betriebsflächen	alle Flächen, die **für die betrieblichen Tätigkeiten unmittelbar erforderlich** sind (Standorte der Tagesanlagen, Aufbereitungsanlagen, Halden, Zuwegungen sowie Recyclinganlagen u.a.)
Sukzessions- bzw. renaturierte Flächen	alle **ruhenden bzw. renaturierten** Abbauflächen, die sich wieder in land- oder forstwirtschaftlicher Nachnutzung befinden oder als sonstige Flächen der natürlichen Sukzession zur Verfügung stehen. Letztere können teilweise noch durch den späteren Abbau verändert werden.
Wasserflächen	durch Gewinnungstätigkeit entstandene **wassererfüllte Hohlformen** unterschiedlicher Nutzung oder Nachnutzung
unverritzte Flächen (Vorratsvorlauf)	**noch nicht** in Abbau stehende Flächen **innerhalb** der genehmigten Bergbau- bzw. Abbauberechtigungen

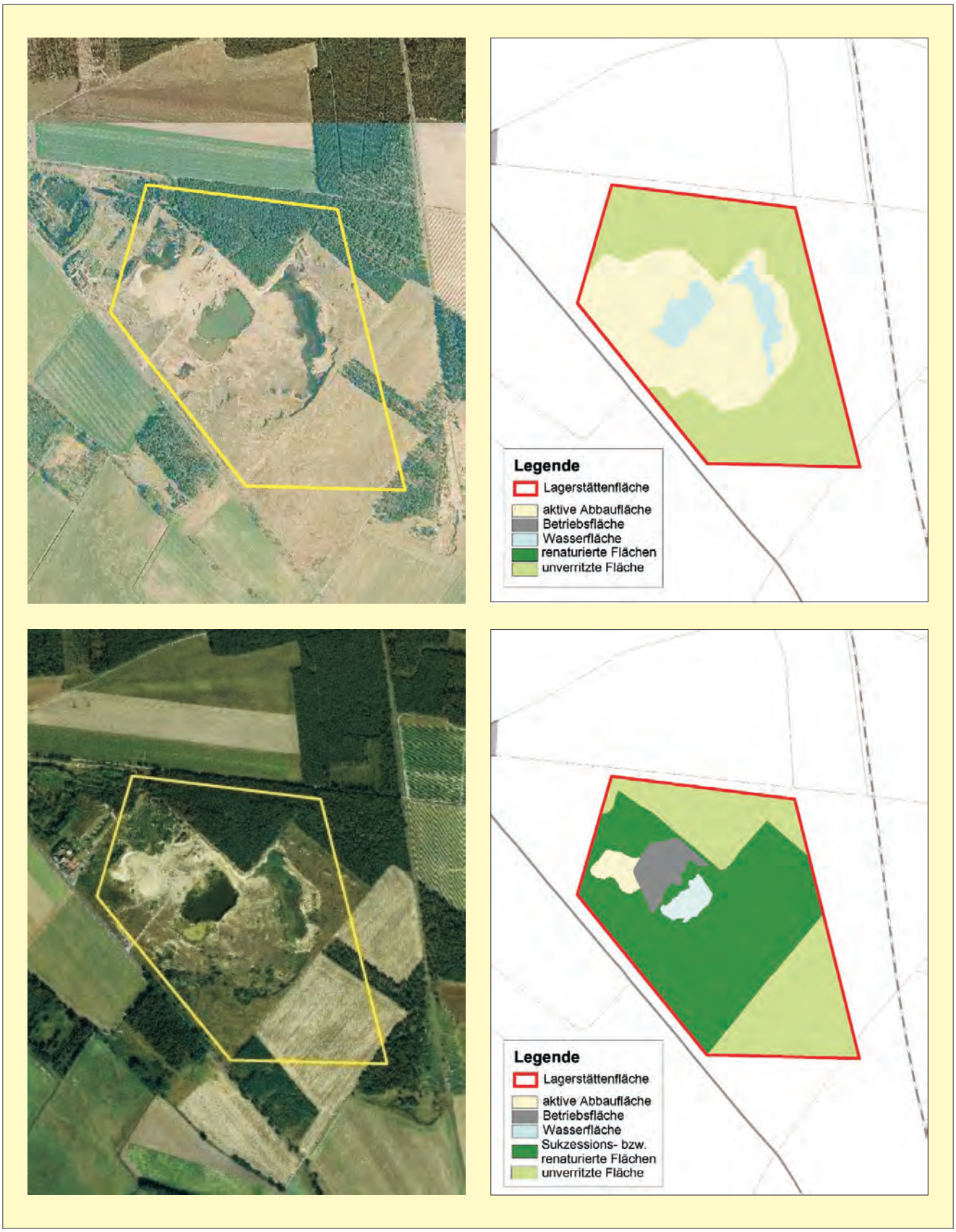


Abb. 7 Vergleich der differenzierten Digitalisierung der gleichen zugelassenen Gewinnungsstelle 2005 und 2008 (dieser Bericht), jeweils links: Digitales Orthofoto, rechts: Differenzierung in thematische Teilflächen. Oben: Stand Rohstoffbericht 2005. Unten: Auswertung 2008. Das aktuelle Luftbild (unten) zeigt eine weit bessere Auflösung. Erkennbar wird der deutlich höhere Anteil an Vegetationsflächen. Eine Differenzierung in unverritzte oder Sukzessions- bzw. renaturierte Fläche allein aus dem Luftbild ist sehr problematisch und setzt detaillierte vor-Ort-Kenntnisse voraus.

Fortschreibung und Qualifizierung der Daten in den Rohstoffberichten 2002 sowie 2005. Jeder Bericht enthält:

- eine zusammengefasste Förderstatistik,
- eine Bilanz der Flächeninanspruchnahme durch die Gewinnung oberflächennaher Rohstoffe (einschl. betrieblicher Anlagen),
- eine Qualifizierung der rohstoffwirtschaftlich genutzten Flächen auf Grundlage der Bodenschätzung sowie
- eine Einschätzung der zukünftigen Entwicklung.

Methodik

In den ersten Jahren der statistischen Erhebung wurde der Flächenentzug auf der Basis von Rückrechnungen über die durchschnittlichen Rohstoffmächtigkeiten auf der Grundlage der jeweiligen Jahresfördermenge bzw. durch Schätzungen ermittelt. Dieses Verfahren erwies sich wegen der unzureichenden Datenbasis als zu ungenau. Erstmals für den Rohstoffbericht 2005 wurden die landesweit vorhandenen Luftbilder (digitale Orthofotos; Stand: 2000 bis 2004) qualifiziert ausgewertet.

Für die Auswertung wurden fünf Kategorien festgelegt, nach denen sich die Flächen entsprechend der für den Rohstoffabbau typischen Merkmale unterscheiden lassen. Die Flächenkategorien sind in Tab. 3 definiert.

Für die derzeitige Erhebungsetappe (2008) stehen durch die Vernetzung mit dem Landesverwaltungsamt des Landes Sachsen-Anhalt Luftbilder mit dem Stand von 2005 zur Verfügung. Anhand dieser Luftbilder erfolgte eine Neudigitalisierung in analoger Herangehensweise zum Rohstoffbericht 2005. Es wurden aktuell die Gewinnungsstellen digitalisiert, die über eine Genehmigung zum Abbau von Steine- und Erden-Rohstoffen verfügen. Im Unterschied zum vorangegangenen Rohstoffbericht werden bei dieser Flächenbilanz in Planung befindliche Vorhaben sowie eingestellte Betriebe nicht mehr berücksichtigt.

Ergebnis

Die GIS-gestützte Interpretation der Luftbilder führt prinzipiell zu lagegenauen Flächendaten, die eine qualifizierte Auswertung der Flächeninanspruchnahme durch die aktuelle, oberflächennahe Rohstoffgewinnung ermöglicht. Abb. 7 zeigt die qualitative Verbesserung der Luftbilder aus dem Jahre 2005. Problematisch gestaltet sich, wie bereits im Rohstoffbericht 2005 aufgezeigt, die Differenzierung von Vegetationsflächen. Wie auch das oben aufgeführte Beispiel zeigt, ist eine genaue Unterscheidung, ob Flächen unverritzt, renaturiert oder die Vegetation durch natürliche Sukzession bedingt ist, problematisch. In einigen Tagebauen hat sich nach großflächiger Abraumbeseitigung wieder eine natürliche Vegetation auf den vom Abbau bisher nicht in Anspruch genommenen Flächen eingestellt. Auf Teilflächen ist die Renaturierung heute bereits soweit fortgeschritten, dass eine Unterscheidung von unverritzten Flächen auf dem Luftbild nicht mehr möglich ist.

Schon auf den ersten Blick zeigt die vorliegende Analyse die Unterschiede zum Rohstoffbericht 2005. Die aktuell zur oberflächennahen Rohstoffgewinnung zugelassenen Betriebe beanspruchen eine Gesamtfläche von 22 067 ha. Die Flächenreduzierung gegenüber der Analyse zum Rohstoffbericht 2005 ist darauf zurückzuführen, dass im Wesentlichen nur genehmigte Flächen (z.B. Planfeststellungsverfahren bzw. Rahmenbetriebspläne u.a.) berücksichtigt wurden. Eingestellte und in Planung befindliche Objekte sind in der Flächenbilanz 2008 nicht enthalten. Dies gilt auch für die zahlreichen z.T. größeren Tagebaue, die im Berichtszeitraum von 2005 - 2007 eingestellt wurden, da hier von einer vollständigen Renaturierung ihrer Flächen auszugehen ist.

Tab. 4 Flächenbilanz für die Rohstoffgewinnung (Steine und Erden) in Sachsen-Anhalt .

Flächenkategorie	2005 Gesamtfläche (ha)	2008 Gesamtfläche (ha)	2008 Anteil an der Landesfläche (%)	Differenz
aktive Abbauflächen	2 833	1 665	0,08	-1 168
Betriebsflächen	588	995	0,05	+407
renaturierte Flächen	3 975	2 788	0,14	-1 187
Wasserflächen	2 074	1 547	0,08	-527
Summe der durch Rohstoffgewinnung betroffenen Flächen	**9 470**	**6 995**	**0,35**	**-2 475**
Unverritzte Flächen innerhalb genehmigter Gewinnungsstellen (Vorratsvorlauf)	**13 917**	**12 183**	**0,60**	**-1 734**
Gesamtflächen	**23 387**	**19 178**	**0,95**	

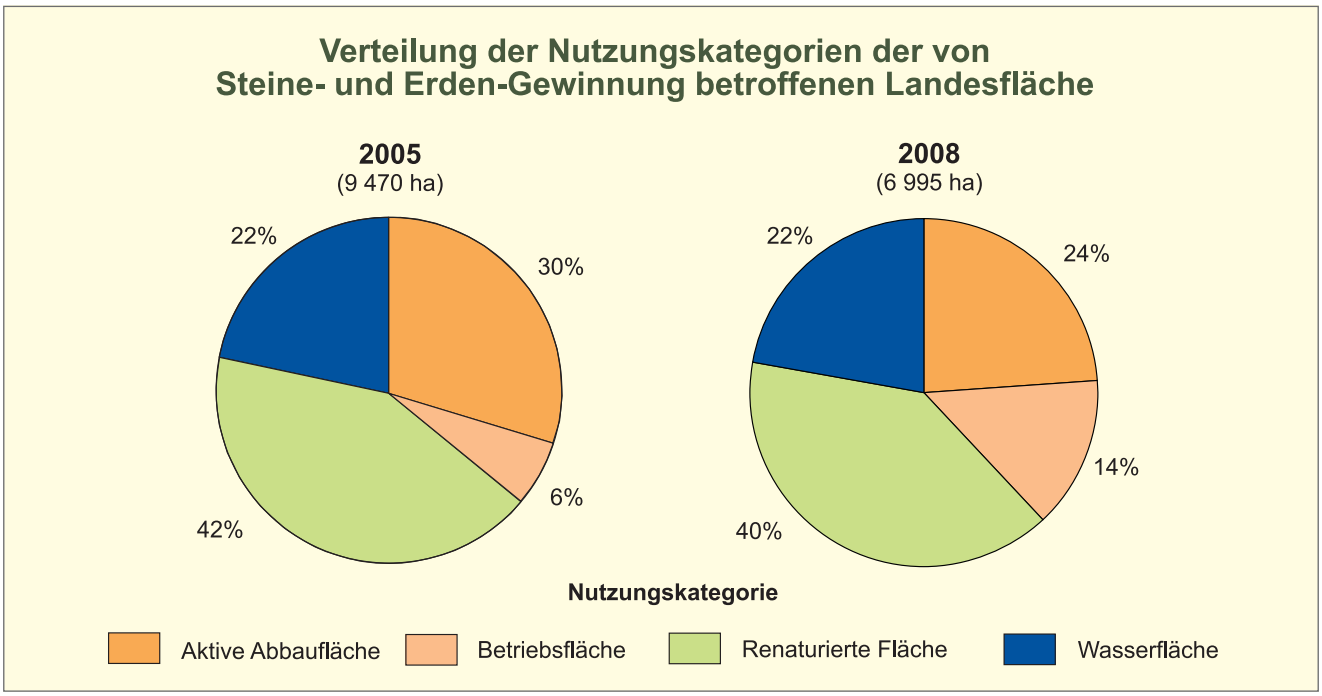


Abb. 8 Vergleich der Nutzungskategorien der vom Rohstoffabbau betroffenen Flächen (Auswertungen 2005 und 2008).

Nachfolgend werden die Differenzen innerhalb der einzelnen Flächenkategorien erläutert:

(a) Veränderte Marktbedingungen haben dazu geführt, dass in zahlreichen Tagebauen die Rohstoffgewinnung mit Bauschuttrecycling gekoppelt wird; damit steigt der Flächenbedarf für den Betrieb und die Lagerung von Produkten.

(b) Der höhere Flächenanteil an Betriebsflächen führt zu einer Verringerung der aktiven Abbauflächen, da der Recyclingbetrieb und die Lagerung von Produkten auf verritzten Flächen stattfindet,

(c) In zahlreichen Tagebauen hat sich auf den von Abraum beräumten Flächen durch natürliche Sukzession eine Vegetation gebildet, die zu einer Einstufung in die Kategorie Sukzessions- bzw. renaturierte Flächen führte,

(d) Etliche Flächen zeigen einen starken Bewuchs, so dass sie bei der Luftbildanalyse als unverritzte Flächen eingestuft sind. Es ist nicht auszuschließen, dass es sich in Einzelfällen auch um bereits renaturierte Flächen handeln könnte.

Im Ergebnis der aktuellen Luftbilddigitalisierung sind im Jahr 2005 etwa 6995 ha (0,35 % der Landesfläche) unmittelbar von der oberflächennahen Rohstoffgewinnung betroffen (Tab. 4, Abb. 8 rechts). Durch den aktiven Betrieb (aktiv genutzte Abbau- und Betriebsflächen) wurden 2 660 ha in Anspruch genommen, das entspricht einem prozentualen Anteil von etwa 0,13 % an der gesamten Landesfläche. Zu den aktiven Gewinnungsstellen gehören insgesamt 1 547 ha (0,08 % der Landesfläche) Wasserflächen, in denen lokal der aktive Abbau umgeht. Diese Baggerseen stehen aber überwiegend bereits dem Naturhaushalt wieder zur Verfügung. Die Summe aus renaturierten Flächen und unverritzten Flächen innerhalb genehmigter Gewinnungsstellen beträgt insgesamt 14 971 ha (0,73 % der Landesfläche). Hierbei handelt es sich um Vegetationsflächen, für die eine objektive Differenzierung nur anhand detaillierter vor-Ort-Kenntnisse vorgenommen werden kann.

Das Ergebnis des Flächenbilanzvergleiches 2005 zu 2008 lässt zwei Feststellungen zu:

- Gewinnungs-, Betriebs- und Renaturierungsflächen unterliegen naturgemäß einem ständigen Wechsel, der einer ständigen Neubewertung bedarf,
- die realen Veränderungen bleiben innerhalb weniger Jahre relativ gering.

Die Veränderungen der Flächenverteilung durch die direkte Rohstoffgewinnung sind vergleichsweise unbedeutend (Abb. 8). Der Anteil der Wasserflächen beträgt unverändert 22 %, die renaturierten Flächen reduzieren sich um 2 %. Diese Verschiebung könnte durch die aktuelle Einstufung in die Nutzungskategorie „unverritzt“ bedingt sein, möglicherweise handelt es sich auch um Flächen, die heute aus der Betriebsaufsicht entlassen sind. Die Summe der Flächenanteile, die für den aktiven Abbau und den Betrieb notwendig sind, blieben von 2005 (36 %) und 2008 (38 %) nahezu konstant. Plausibel wird die nahezu unveränderte Flächenverteilung durch die fast gleich gebliebenen Produktionszahlen der Steine- und Erden-Rohstoffe (Kap. 2.2.2).

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass der Rohstoffabbau in nahezu gleichem Umfang wie bisher die Umwelt durch den dafür unvermeidlichen Flächenentzug

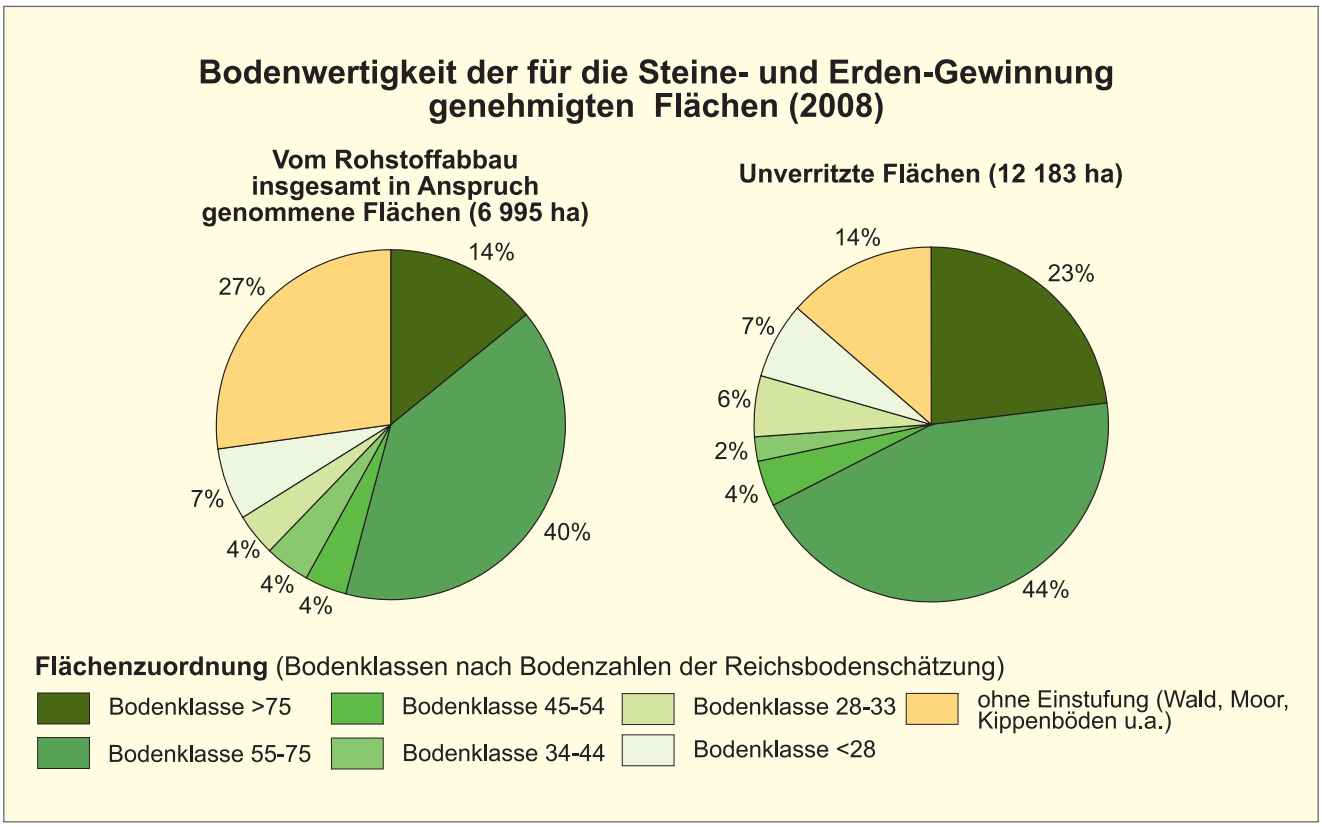


Abb. 9 Links: Qualitative Flächenanalyse der 2008 vom Rohstoffabbau in Anspruch genommenen Flächen (Einstufung der Bodenklassen nach Bodenzahlen der Reichsbodenschätzung). Die Berechnung bezieht sich auf eine Gesamtfläche von 6 995 ha. Aus der Übersicht wird deutlich, dass für 27 % der aktiven Gewinnungsflächen keine Einstufung vorliegt.
Rechts: Im Gegensatz dazu sind nur 14 % der noch unverritzten, genehmigten Rohstoffflächen ohne qualifizierte Bodenschätzung, d.h. es ist auch zukünftig davon auszugehen, dass die Rohstoffgewinnung weiterhin die Inanspruchnahme hochwertiger Böden erfordert.

beansprucht. Renaturierung und Sukzession gleichen mit zunehmender Tendenz den Flächenentzug aus, so dass die Gewinnung von Bodenschätzen im Bundesland Sachsen-Anhalt einen eher niedrigen Flächenverbrauch (ca. 1 % der Landesfläche) gegenüber anderen Flächenbedarfsträgern (Industriebau, Straßenbau u.a.) aufweist.

2.1.3.2 Flächeninanspruchnahme nach qualifizierter Bodenschätzung

Die qualitative Analyse der Bodenwertigkeiten erfolgte durch ein Screening der digitalisierten Flächen über die Bodenschätzungsdaten des Landes Sachsen-Anhalt. Der Bodenklassenwert der Bodenschätzung besteht für Acker- und Grünlandflächen getrennt, aus einer Kombination an Informationen zu Bodenart, Entstehung und Zustand sowie ergänzend beim Grünland zu Klimaraum und Wasserverhältnissen. Für die einzelnen Klassenzeichen liegen im Acker- bzw. Grünlandschätzungsrahmen fest definierte Wertzahlenintervalle vor. Die Größe der Wertzahlen, die höchstens 100 betragen kann, gibt die Auskunft über die landwirtschaftliche Ertragsfähigkeit der Böden. Qualifizierte Daten liegen für etwa 78 % der Landesfläche vor. Für die vergleichende Zuordnung wurden die Bodenklassen entsprechend der bereits vorliegenden Auswertungen in den Rohstoffberichten 2002 und 2005 verwendet. Es kann keine Klassifizierung vorgenommen werden, wenn es sich bei den Flächen um Wald- und Forstflächen, Moore, sekundär aufgeschüttete Böden bzw. Tagebauflächen handelt.

Die Auswertung zeigt, dass durch die aktuelle Rohstoffgewinnung einschließlich aller damit verbundenen Flächen (Tagesanlagen, Zuwegungen, Lager- und Betriebsflächen, Wasserflächen und bereits renaturierte Areale) rund 54 % an hochwertigen Bodenflächen mit Bodenwertkennzahlen >55 in Anspruch genommen worden sind. Der relativ hohe Anteil an Flächen ohne Bodenwertzuordnung (27 %) bei den durch Rohstoffabbau in Anspruch genommenen Flächen bringt zum Ausdruck, dass dort keine landwirtschaftlichen Flächen beansprucht wurden. Zum Beispiel kann ein Teil dieser Flächen bereits zum Zeitpunkt der Bodenwertschätzung dem Rohstoffabbau gedient haben.

Erstmals erfolgte die Analyse der noch zum Abbau zugelassenen Flächen (12 183 ha). Die Grafik (Abb. 9 rechts) zeigt,

dass für die zukünftige Rohstoffgewinnung vorrangig hochwertige Bodenflächen (67 % mit Bodenwerten > 55) in Anspruch genommen werden. Dagegen sind die Anteile an Flächen ohne eine Bodenwerteinstufung mit 14 % deutlich geringer. Bei diesen Flächen handelt es sich vorwiegend um Wald- und Gehölzflächen, Moore u.a..

Da für die Rohstoffgewinnung überwiegend hochwertige Bodenflächen in Anspruch genommen werden, ist durch die aufsichtsführenden Behörden besonderes Augenmerk auf die Abräumung und Verwendung der den Rohstoff überlagernden Bodenschichten und die abschließende Umsetzung der Renaturierungsmaßnahmen zu legen.

2.2 Analyse der Steine- und Erden-Gewinnung in den Landkreisen und kreisfreien Städten Sachsen-Anhalts

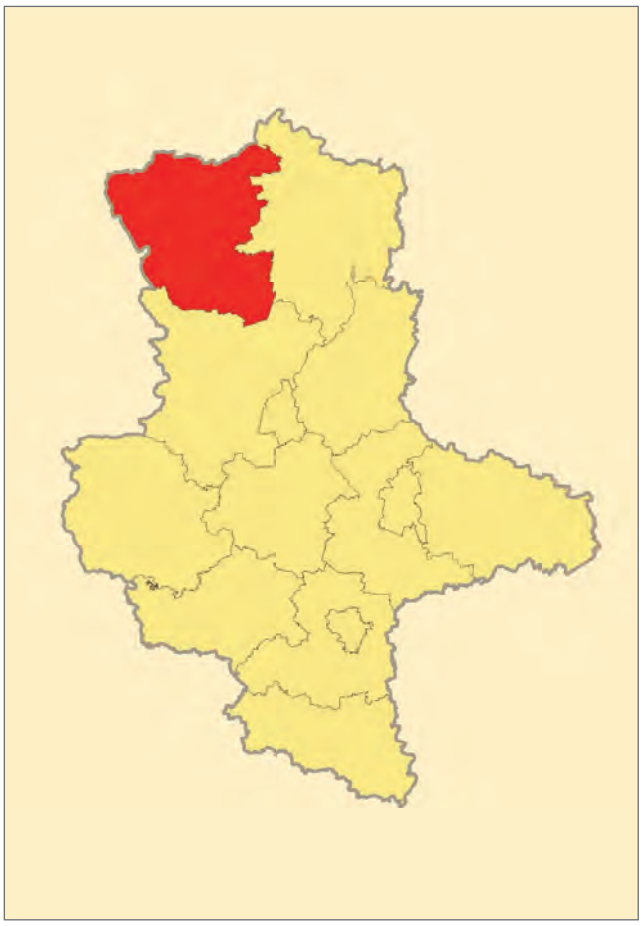
Mit der Landkreisreform im Jahr 2007 entstanden in Sachsen-Anhalt neue Verwaltungseinheiten von z.T. beträchtlichen Dimensionen (Abb. 2). Von dem Neuzuschnitt der Landkreisflächen sowie der Umstrukturierung in den zuständigen Verwaltungen ist auch der Abbau von Bodenschätzen z.T. unmittelbar betroffen. Das Ziel der nachfolgenden Kreisanalyse besteht darin, die rohstoffgeologische Situation jedes Kreises knapp zu beleuchten und die Gewinnung von Steine- und Erden-Rohstoffen landkreisspezifisch auszuwerten und darzustellen. In der Zusammenschau aller Fakten ergibt sich ein reales Bild der rohstoffwirtschaftlichen Aktivitäten im Land, das zur Versachlichung der Diskussion insbesondere unter dem Aspekt der Rohstoffsicherung beitragen soll.

Abb. 10 Abbaustoß von eozänem Quarzkies bei Grana.

Der Schwerpunkt im nachfolgenden Kapitel liegt auf der regionalen Standortverteilung der Lagerstätten, der Gewinnungsstellen und ihrer Förderung bezogen auf die Region. Hierbei werden auch die Ungleichgewichte zwischen Bodenschatzverteilung und Produktion einer ausführlicheren Bewertung unterzogen.

2.2.1 Landkreis Altmarkkreis Salzwedel

Flächengröße:	229 247 ha
Einwohnerzahl:	93 323
Gesamtförderung 2007:	0,22 Mio. t
Anteil an Förderung LSA:	1 %
Förderung pro Kopf:	2,36 t
zugelassene Gewinnungsstellen:	14
davon mit Förderung (2007):	11
Fläche der zugelassenen GWS:	ca. 419 ha
Anteil an Kreisfläche:	0,2 %



Die Gewinnung von Steine- und Erden-Rohstoffen im Altmarkkreis Salzwedel ist geprägt durch die Verbreitung pleistozäner Sande und untergeordnet von Kiessanden (Tab. 5). Regionalgeologisch gehört der tiefere Untergrund des Landkreises zur Altmark-Fläming-Scholle und zum nördlichen Randbereich der Calvörde-Scholle. Über den hier tief liegenden Gesteinen des sogen. Übergangsstockwerkes, in dem sich die Erdgaslagerstätte Salzwedel-Peckensen befindet, lagern Gesteine des Tafeldeckgebirges. Diese werden von tonigen und sandig-kiesigen Tertiär- und Pleistozänsedimenten in unterschiedlichen Mächtigkeiten überlagert. Weiße tertiäre Sande können in der Quarzsandlagerstätte Kläden gewonnen werden.

Tab. 5 Rohstoffbezogene Übersicht zu Gewinnungsstellen und Förderung im Landkreis Altmarkkreis Salzwedel (k.A. - aus Datenschutzgründen keine Angabe).

Rohstoff	Gewinnungs-stellen zugelassen	Förderung 2007 Mio. t
Kiessand/ Sand	13	0,22
gebrochener Naturstein	0	0
Kalkstein	0	0
Quarzsand	1	k. A.
Ton, Kaolin	0	0
Naturwerkstein	0	0
Sonstige	0	0
Gesamt	**14**	**0,22**

Mit Ausnahme der o. g. tertiären Quarzsandgewinnungsstelle sind für die Steine -und Erden-Rohstoffe ausschließlich saale- und weichselzeitliche, schwach kiesige Schmelzwassersande bzw. Talsande von Interesse. Diese sind großflächig und oberflächennah verbreitet, werden aber oft von Geschiebemergelhorizonten in ihrer Lagerung begrenzt.

Die geologischen Bildungsbedingungen im nördlichen Sachsen-Anhalt, insbesondere die fehlenden Kieskornanteile in den Schmelzwassersanden beeinträchtigen maßgeblich die qualitativen Eigenschaften und damit die Verwendung dieses Bodenschatzes. Auch weiterführende geologische Erkundungsarbeiten auf höherwertige Kiessande lassen in diesem Raum keine besseren Lagerstätten erwarten.
Die Gewinnungsarbeiten in den 13 Kiessand/Sandabbauen dienen nur der regionalen Versorgung der Bauwirtschaft mit Schütt- und Füllmassen. Das zeigt sich auch in der geringen Jahresfördermenge von 0,22 Mio. t. Die größten Gewinnungsstellen (nach ihrer aktuellen Fördermenge) sind das Kieswerk Heidberg und die Lagerstätte Hottendorf-Nord. Im Kreisgebiet gibt es erkundete Ton- und Torflagerstätten mit z.T. großflächiger Verbreitung. Diese stehen aber gegenwärtig nicht im Abbau.

2.2.2 Landkreis Stendal

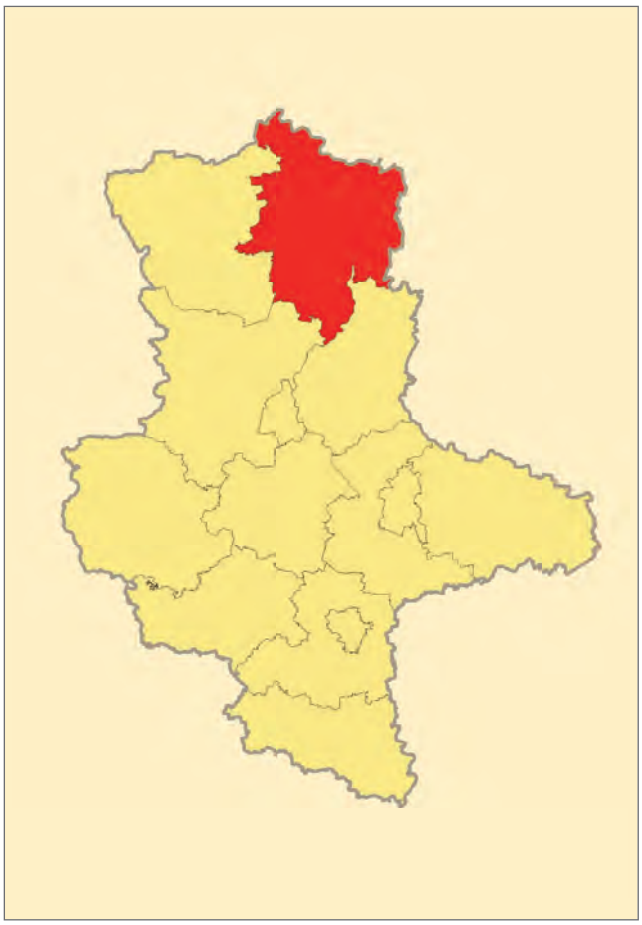
Flächengröße:	242 304 ha
Einwohnerzahl:	127 464
Gesamtförderung 2007:	0,31 Mio. t
Anteil an Förderung LSA:	1 %
Förderung pro Kopf:	2,43 t
zugelassene Gewinnungsstellen:	18
davon mit Förderung (2007):	11
Fläche der zugelassenen GWS:	ca. 1 258 ha
Anteil an Kreisfläche:	0,5 %

Die lagerstättengeologischen Bedingungen für den überwiegenden Teil des Landkreises Stendal (Tab. 6) entsprechen prinzipiell dem Altmarkkreis Salzwedel. Auch hier bestimmt die Altmark-Fläming-Scholle die regionalgeologische Position. Tertiäre Sedimente, in die zwischen Osterburg und dem Raum nördlich Tangermünde miozäne Braunkohlenflöze eingelagert sind, unterlagern das Kreisgebiet nahezu durchgängig, diese sind jedoch derzeitig nicht von wirtschaftlicher Bedeutung.

Tab. 6 Rohstoffbezogene Übersicht zu Gewinnungsstellen und Förderung im Landkreis Stendal

Rohstoff	Gewinnungs-stellen zugelassen	Förderung 2007 Mio. t
Kiessand/ Sand	18	0,31
gebrochener Naturstein	0	0
Kalkstein	0	0
Quarzsand	0	0
Ton, Kaolin	0	0
Naturwerkstein	0	0
Sonstige	0	0
Gesamt	**18**	**0,31**

Die oberflächennahe Verbreitung saalezeitlicher Schmelzwassersande charakterisiert das gesamte Gebiet westlich von Stendal. Nördlich, östlich und südlich von Stendal bestimmt das Elburstromtal bzw. die rezente Elbaue die morphologisch-geologische Position. Hier treten die holozänen bis weichselzeitlichen Niederterrassenkiese der Elbe oberflächennah mit deutlich höheren Kiesanteilen auf (Abb. 11). Aus diesen lassen sich hochwertige Betonzuschlagstoffe herstellen. Als größere Gewinnungsstellen sind Heiligenfelde, Wischer und Hohengöhren zu nennen. Die Elbaue bietet Möglichkeiten für eine zukünftige Rohstoffnutzung. Mit dem erkundeten Vorkommen Osterholz steht nachfolgenden Generationen eine Kiessandlagerstätte zur Verfügung, in der sich die anstehenden Rohstoffe zu hochqualitativen Gesteinkörnungen für die Bauindustrie aufbereiten lassen.

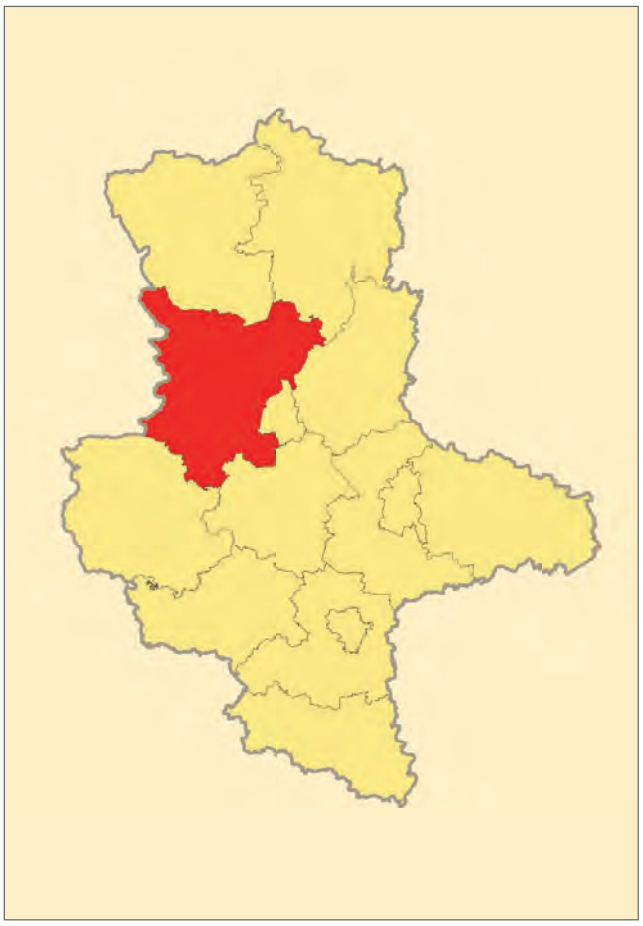


Analog hierzu gibt es weitere Potenzialflächen, in denen der Rohstoffnachweis erst noch durch geologische Erkundungsarbeiten nachgewiesen werden muss.

Abb. 11 Kiessandgewinnung bei Klein Hindenburg.

2.2.3 Landkreis Börde

Flächengröße:	236 623 ha
Einwohnerzahl:	185 457
Gesamtförderung 2007:	10,19 Mio. t
Anteil an Förderung LSA:	22 %
Förderung pro Kopf:	54,95 t
zugelassene Gewinnungsstellen:	41
davon mit Förderung (2007):	33
Fläche der zugelassenen GWS:	ca. 3 110 ha
Anteil an Kreisfläche:	1,3 %



Die Flechtingen-Roßlau-Scholle ist das morphologisch prägende regionalgeologische Element des Landkreises Börde. Darüber hinaus sind das nördliche Subherzyn sowie die Weferlingen-Schönebeck-Scholle mit der Allertal-Zone weitere regionalgeologisch bestimmende Einheiten. In der Flechtingen-Roßlau-Scholle befindet sich das bedeutendste Potenzial von Naturstein Sachsen-Anhalts. Basis für eine Produktion von mehr als 6 Mio. t gebrochener Natursteine pro Jahr bilden die permischen Andesite und Rhyolithe in den Steintagebauen des „Flechtinger Höhenzuges“ um Flechtingen und Mammendorf. Die permischen Vulkanite besitzen als nördlichstes Vorkommen von Naturstein in Deutschland überregionale Bedeutung. Ihre Priorität wird durch Festschreibung als Vorranggebiet für die Rohstoffgewinnung im Landesentwicklungsplan bestätigt. Konfliktpotenziale ergeben sich für die Erweiterung bzw. den Neuaufschluss von Abbaustellen.

Tab. 7 Rohstoffbezogene Übersicht zu Gewinnungsstellen und Förderung im Landkreis Börde (k.A. - aus Datenschutzgründen keine Angabe).

Rohstoff	Gewinnungsstellen zugelassen	Förderung 2007 Mio. t
Kiessand/Sand	28	1,86
gebrochener Naturstein	4	6,18
Kalkstein	2	1,29
Quarzsand	1	k. A.
Ton, Kaolin	4	0,22
Naturwerkstein	2	0,0002
Sonstige	0	0
Gesamt	**41**	**10,19**

Daneben werden im Kreisgebiet überregional bedeutende Kalkstein- und Quarzsandgewinnungsstellen betrieben. Dabei handelt es sich um den Kalksteintagebau Walbeck, dessen Abbau im Wellenkalk des Unteren Muschelkalks umgeht und die Quarzsandgewinnungsstelle Weferlingen, die die hochreinen Quarzsande der Oberkreide nutzt.

Zwischen Helmstedt und Oschersleben sind lokal tertiäre Sedimente verbreitet, in denen die mitteleozänen Braunkohlenflöze vorrangig für die Energiegewinnung genutzt wurden. Aktuell findet jedoch keine Gewinnung statt.

Weitflächig sind quartäre Kiessande (saalezeitliche Terrassenschotter und Schmelzwassersande) verbreitet. Von den 28 Produktionsstandorten sind besonders die Gewinnungsstellen Barleben, Rogätz, Jersleben oder Neuwegersleben zu nennen, die teilweise auch von überregionaler Bedeutung sind. Abgebaut werden die Terrassenschotter von Elbe, Bode und Holtemme, aus denen überwiegend hochwertige Gesteinskörnungen (Betonzuschlagstoffe) hergestellt werden.

Im nördlichen Kreisgebiet befinden sich größere Torfvorkommen, die jedoch derzeitig nicht genutzt werden.

Mit einer Jahresförderung von 10,19 Mio. t und einer pro-Kopf-Förderung von nahezu 55 t ist der Landkreis Börde der lagerstättenwirtschaftlich bedeutendste Kreis in Sachsen-Anhalt.

2.2.4 Landkreis Jerichower Land

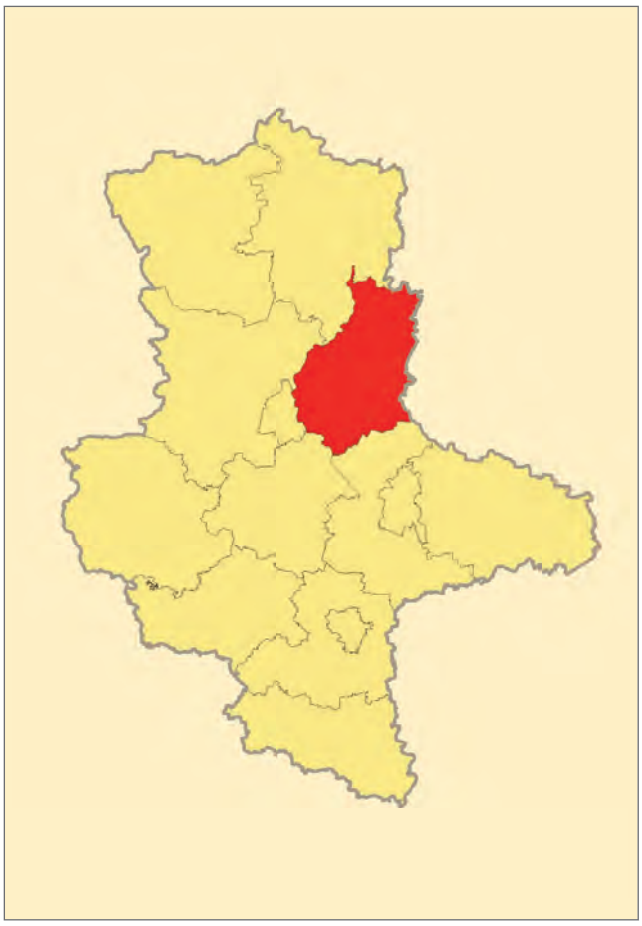
Flächengröße:	157 670 ha
Einwohnerzahl:	99 693
Gesamtförderung 2007:	3,39 Mio. t
Anteil an Förderung LSA:	8 %
Förderung pro Kopf:	34,0 t
zugelassene Gewinnungsstellen:	21
davon mit Förderung (2007):	15
Fläche der zugelassenen GWS:	ca. 1 795 ha
Anteil an Kreisfläche:	1,1 %

Tab. 8 Rohstoffbezogene Übersicht zu Gewinnungsstellen und Förderung im Landkreis Jerichower Land

Rohstoff	Gewinnungs-stellen zugelassen	Förderung 2007 Mio. t
Kiessand/Sand	19	1,37
gebrochener Naturstein	0	0
Kalkstein	0	0
Quarzsand	0	0
Ton, Kaolin	2	2,02
Naturwerkstein	0	0
Sonstige	0	0
Gesamt	**21**	**3,39**

Im Landkreis Jerichower Land wird der tiefere Untergrund vom südöstlichen Teil der Altmark-Fläming-Scholle geprägt. Darüber bilden das Elburstromtal bzw. die Elbaue die regionalgeologisch bedeutenden Elemente für die Lagerstättenbildung. Weitflächig ist daran die Verbreitung von Kiesen und Sanden des Quartärs gebunden. Eine Nutzung der anstehenden holozänen bis weichselzeitlichen Terrassenschotter ist nur aus dem Grundwasserbereich möglich. Weiterhin sind außerhalb der Elbaue großflächig pleistozäne Schmelzwassersande verbreitet, die in mehreren Tagebauen für die regionale Versorgung gewonnen werden. Das Quartär wird nahezu durchgängig von tertiären Bildungen in Form von Tonen und Sanden mit eingelagerten miozänen Braunkohleflözen unterlagert. Von den gegenwärtig 21 Produktionsstandorten sind z.T. überregional die Kiessandgewinnungsstellen Parey (Abb. 12), Niegripp und Reesen sowie der Tonabbau in Vehlitz von Bedeutung. Haupteinsatzgebiet für die Tertiärtone sind der Deponiebau und Tone für die Keramik- und Ziegelindustrie. Die Standorte verfügen mittelfristig über einen guten Erkundungsvorlauf.

Das Kreisgebiet verfügt über einige erkundete Torflagerstätten, die gegenwärtig wirtschaftlich nicht von Interesse sind.



Mit 21 zugelassenen Gewinnungsstellen und einer Jahresförderung von rd. 3,4 Mio. t nimmt der Landkreis Jerichower Land die 6. Stelle im Vergleich der Kreise Sachsen-Anhalts ein.

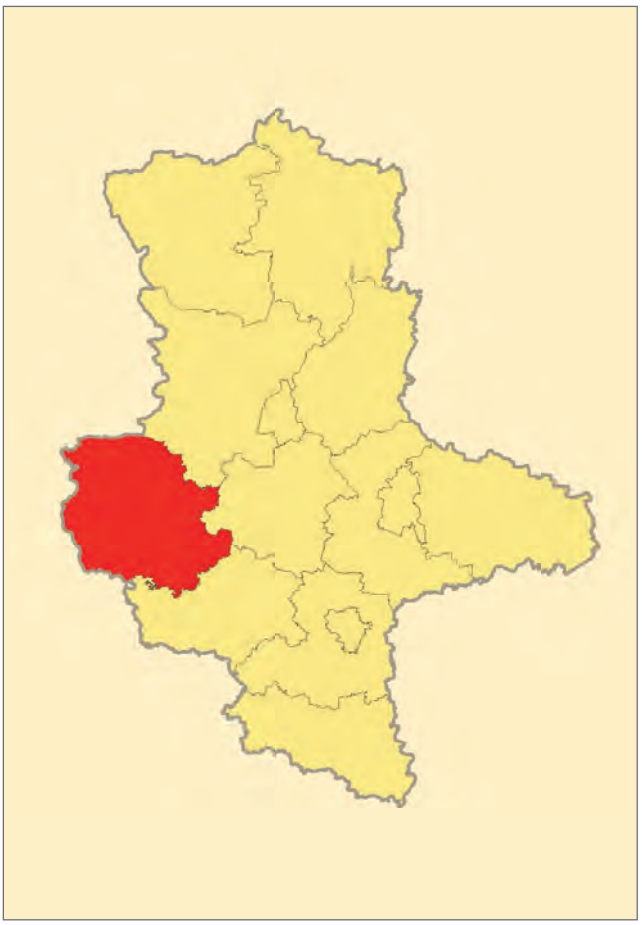
Abb. 12 Lieferkörnung (8/16 mm) des Kieswerks Parey.

2.2.5 Landkreis Harz

Flächengröße:	210 410 ha
Einwohnerzahl:	241 017
Gesamtförderung 2007:	7,17 Mio. t
Anteil an Förderung LSA:	17 %
Förderung pro Kopf:	29,75 t
zugelassene Gewinnungsstellen:	25
davon mit Förderung (2007):	18
Fläche der zugelassenen GWS:	ca. 2 025 ha
Anteil an Kreisfläche:	1,0 %

Tab. 9 Rohstoffbezogene Übersicht zu Gewinnungsstellen und Förderung im Landkreis Harz (k.A. - aus Datenschutzgründen keine Angabe).

Rohstoff	Gewinnungs-stellen zugelassen	Förderung 2007 Mio. t
Kiessand/Sand	17	1,66
gebrochener Naturstein	2	1,83
Kalkstein	1	k. A.
Quarzsand	3	0,14
Ton, Kaolin	1	k. A.
Naturwerkstein	0	0
Sonstige (Torf)	1	k. A.
Gesamt	**25**	**7,17**



Der Hauptteil des Landkreises Harz wird vom Grundgebirge Harz eingenommen. Nördlich vorgelagert befindet sich die Subherzyn-Scholle als Teil des Tafeldeckgebirges. Überwiegend paläozoische Gesteine sind in einer Vielzahl von regionalgeologischen Einzelgebieten oberflächennah verbreitet und treten in einigen Bereichen lagerstättenbildend in Erscheinung. Als überregional bedeutendstes Lagerstättenpotenzial sind im Elbingeröder Komplex die devonischen Massenkalke von Elbingerode und Rübeland zu nennen. Die hochreinen Riffkalksteine dieser Lagerstätte werden in mehreren Tagebauen modern und effektiv gewonnen und einer Vielzahl von Bedarfsträgern zur Verfügung gestellt, z.B. der Baustoff-, Zucker- und chem. Industrie, der Landwirtschaft und Umwelttechnik (Rauchgasentschwefelung).

Devonische Grauwacken werden in überregional bedeutenden Tagebauen südlich Hasselfelde (Unterberg) und bei Rieder überwiegend zur Herstellung von Straßenbaustoffen gewonnen. Mit der geologischen Erkundung der Ersatzlagerstätte Ballenstedt-Rehköpfe und deren Ausweisung im Entwurf des neuen Landesentwicklungsplans als Vorranggebiet für Rohstoffgewinnung wurden die Voraussetzungen dafür geschaffen, die erforderlichen Genehmigungsverfahren zur mittelfristigen Inanspruchnahme dieses Rohstoffpotenzials als Ersatz für den Tagebau Rieder einzuleiten.

Im Bereich des Brockengranits (Nationalpark Harz) bestehen Abbaustellen zur Gewinnung von Naturwerksteinen, die z. Zt. nicht aktiv sind. Die Nutzung erfolgt nach Bedarf sporadisch und umweltschonend.

Im Subherzyn stehen oberkretazische Quarzsande in Nutzung. Die bedeutendste Gewinnungsstelle befindet sich am Lehofsberg bei Quedlinburg. Der Sand wird hier zu hochwertigen Produkten für die Glas-, Gießerei- und Filterindustrie aufbereitet.

Lagerstättenwirtschaftlich haben auch die mittelpleistozänen Hauptterrassen und holozänen Niederterrassen von Bode, Selke und Holtemme eine Bedeutung. Bereits seit Jahrzehnten sind die Kiessandtagebaue von Ditfurt, Wegeleben und bei Halberstadt in Betrieb. Sie sind z.T. von überregionaler Bedeutung.

Im Landkreis Harz befindet sich der einzige in Sachsen-Anhalt betriebene Torfabbau. Am Helsunger Bruch werden die Torfe zu balneologischen Zwecken abgebaut und in der Kurklinik Blankenburg eingesetzt.

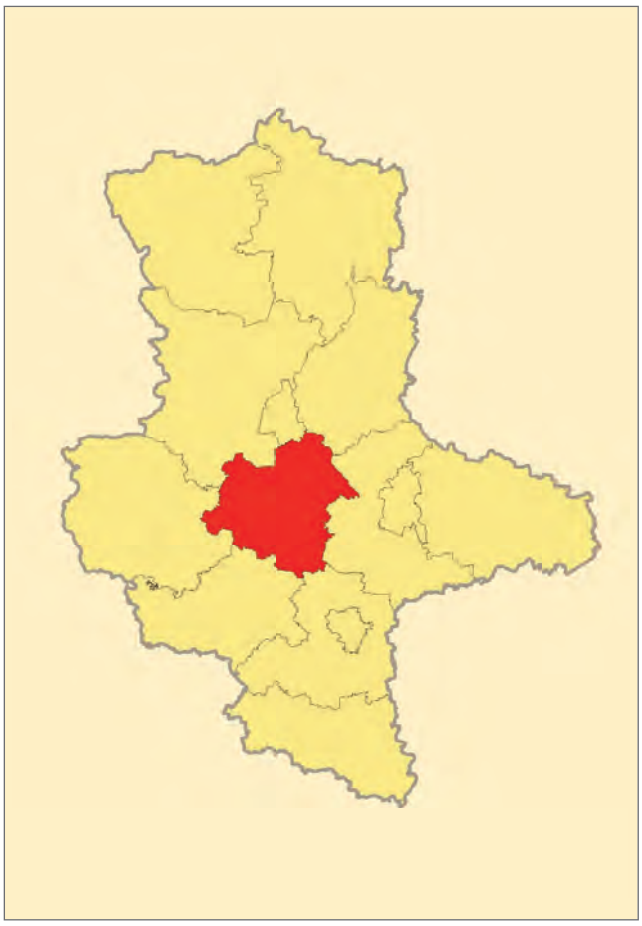
Mit über 7 Mio. t Steine- und Erden-Rohstoffen nimmt der Landkreis Harz den 3. Platz in der Förderstatistik von Sachsen-Anhalt ein.

2.2.6 Landkreis Salzland

Flächengröße:	142 590 ha
Einwohnerzahl:	219 222
Gesamtförderung 2007:	8,71 Mio. t
Anteil an Förderung LSA:	20 %
Förderung pro Kopf:	39,75 t
zugelassene Gewinnungsstellen:	35
davon mit Förderung (2007):	25
Fläche der zugelassenen GWS:	ca. 2 769 ha
Anteil an Kreisfläche:	1,9 %

Tab. 10 Rohstoffbezogene Übersicht zu Gewinnungsstellen und Förderung im Landkreis Salzland (k.A. - aus Datenschutzgründen keine Angabe; * Gewinnung als beibrechender Bodenschatz).

Rohstoff	Gewinnungsstellen zugelassen	Förderung 2007 Mio. t
Kiessand/Sand	24	3,74
gebrochener Naturstein	0	0
Kalkstein	5	4,8
Quarzsand	0	0
Ton, Kaolin	5	0,17
Naturwerkstein	(1*)	k. A.
Sonstige	0	0
Gesamt	**34**	**8,71**



Die Bernburg-Scholle mit dem Bernburg-Sattel als ein Teil der Subherzyn-Scholle ist die für den Salzlandkreis bestimmende regionalgeologische Einheit. Der von den Zechsteinsalzen im tieferen Untergrund dominierte Sattel wird von den mesozoischen Sedimenten der Trias überlagert. Verhüllt werden diese Gesteinskomplexe jedoch weitestgehend durch tertiäre und quartäre Sedimente. In begrenzten Bereichen führt das Tertiär mitteleozäne Braunkohle, die früher im Raum Staßfurt und Nachterstedt abgebaut wurde. Unter dem Aspekt der stofflichen Veredlung bei gleichzeitiger Optimierung der Energieeffizienz befindet sich in der Egeln-Mulde ein Braunkohlepotenzial von erheblicher Dimension.
Für die Gewinnung von Steine- und Erden-Rohstoffen sind die Ausstrichbereiche des Unteren Muschelkalkes, Tertiärtone und die überwiegend pleistozänen Kiessande in Form von Terrassenschottern der Saale und Schmelzwassersanden außerhalb der Flussterrassen von lagerstättengeologischem Interesse.
Mit fünf Kalksteingewinnungsstellen bei Bernburg/ Nienburg, Förderstedt und Groß Börnecke besitzt der Salzlandkreis eine herausragende Stellung für die Herstellung qualifizierter Produkte auf den Sektoren der Baustoffe (Zement, Straßenbaustoffe), der chemischen Industrie (Soda) und der Landwirtschaft (Düngekalk) u.a.. Der wirschftlichen Bedeutung des Kalksteins wird mit der Ausweisung eines Vorranggebietes für Rohstoffgewinnung im Landesentwicklungsplan Rechnung getragen.

Tonsteine des Unteren und Mittleren Buntsandsteins (Gewinnungsstellen Baalberge, Peißen, Beesenlaublingen) sowie untergeordnet des Tertiärs (Gerlebogk) finden in der Zement- sowie der grobkeramischen Industrie Verwendung. Temporär erfolgt der Abbau von Rogenstein im Tagebau Beesenlaublingen, der vielfältige Verwendung als Naturwerkstein, z.B. zur Sanierung im Denkmalschutz findet.
Überregional bedeutende Kiessandgewinnungsstellen befinden sich im Elbe-Saale-Dreieck. Hier werden z.B. bei Barby, Trabitz und Groß Rosenburg hochwertige Gesteinskörnungen für die Bauindustrie produziert. Die Gewinnung der Niederterrassenschotter von Elbe und Saale findet ausschließlich im Nassabbau statt (s. Kap. 3.2).
Elster- und saalezeitliche Terrassenschotter von Bode und Selke bzw. saalezeitliche Schmelzwassersande werden in meist kleineren Gewinnungsstellen abgebaut.

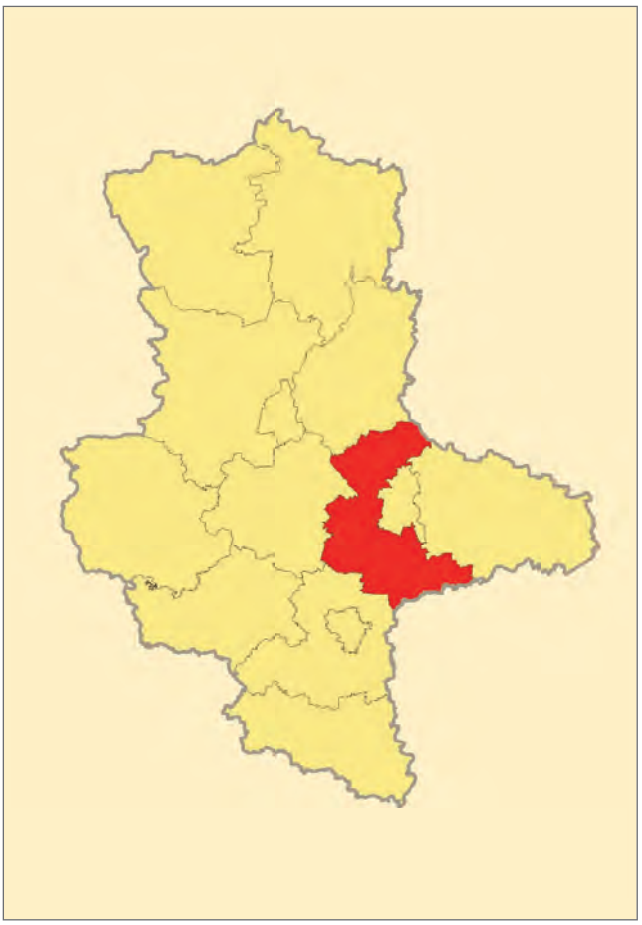
Mit 34 zugelassenen Gewinnungsstellen, in denen jährlich 8,71 Mio. t Steine- und Erden-Rohstoffe gefördert werden, liegt der Salzlandkreis an 2. Stelle der Kreise in Sachsen-Anhalt.

2.2.7 Landkreis Anhalt-Bitterfeld

Flächengröße:	145 274 ha
Einwohnerzahl:	184 877
Gesamtförderung 2007:	1,86 Mio. t
Anteil an Förderung LSA:	4 %
Förderung pro Kopf:	10,06 t
zugelassene Gewinnungsstellen:	19
davon mit Förderung (2007):	16
Fläche der zugelassenen GWS:	ca. 1 868 ha
Anteil an Kreisfläche:	1,3 %

Tab. 11 Rohstoffbezogene Übersicht zu Gewinnungsstellen und Förderung im Landkreis Anhalt-Bitterfeld (k.A. - aus Datenschutzgründen keine Angabe).

Rohstoff	Gewinnungs-stellen Zugelassen	Förderung 2007 Mio. t
Kiessand/Sand	18	1,86
gebrochener Naturstein	0	0
Kalkstein	0	0
Quarzsand	0	0
Ton, Kaolin	1	k. A.
Naturwerkstein	0	0
Sonstige	0	0
Gesamt	**18**	**1,86**



Der Landkreis Anhalt-Bitterfeld wird regionalgeologisch und großflächig von dem sogen. Bitterfelder Revier eingenommen, in dem in den vergangenen mehr als 100 Jahren in zahlreichen Tagebauen Braunkohlen des Miozäns vorrangig zur Energiegewinnung abgebaut wurden. In zahlreichen weiteren Feldern sind Braunkohlen miozänen bis oligozänen Alters nachgewiesen worden. Aus lagerstättenwirtschaftlicher Sicht spielen diese Braunkohlepotenziale derzeit keine Rolle.
Über der Schichtenfolge des Tertiärs lagern weit verbreitet und oberflächennah die sandig-kiesigen Bildungen des Quartärs. Zu ihnen gehören die weichsel- und saalezeitlichen Flussterrassen der Mulde und Elbe sowie die saalezeitlichen, kiesigen Schmelzwassersande im nördlichen und östlichen Kreisgebiet.

Die Schmelzwassersande sind überwiegend Produkte der Saale-Eiszeit und im Geröllbestand weitestgehend von nordischen, kristallinen Gesteinen (Gneis, Syenit, Granit, Feuerstein u.a.) dominiert. Dagegen enthalten die saalezeitlichen Flussterrassenschotter (Hauptterrassenschotter) überwiegend Gerölle aus den Gesteinen der sächsischen Mittelgebirge (z.B. Erzgebirge), der Elbtalzone, der sächsischen Porphyrgebiete und sind i. d. R. feuersteinfrei. Hauptkomponenten sind Quarz, Kieselschiefer, Gneis, Granit, Porphyr, Kalkstein u.a.. In einer Reihe von Gewinnungsstellen werden sowohl Schmelzwassersande und die darunter lagernden Terrassenschotter zusammen gewonnen, wobei die Kieskornanteile in den Terrassenschottern deutlich überwiegen. Die Gewinnung muss auf Grund der hydrogeologischen Verhältnisse überwiegend aus dem Grundwasser erfolgen. Wichtige Kiessandlagerstätten befinden sich bei Gröbzig, Wörbzig, Löberitz, Zscherndorf-Ramsin und Reuden.
Erkundete Tertiärtonvorkommen, die allerdings z. Zt. nicht in Abbau stehen, liegen nahe der Stadt Köthen und bei Rösa.

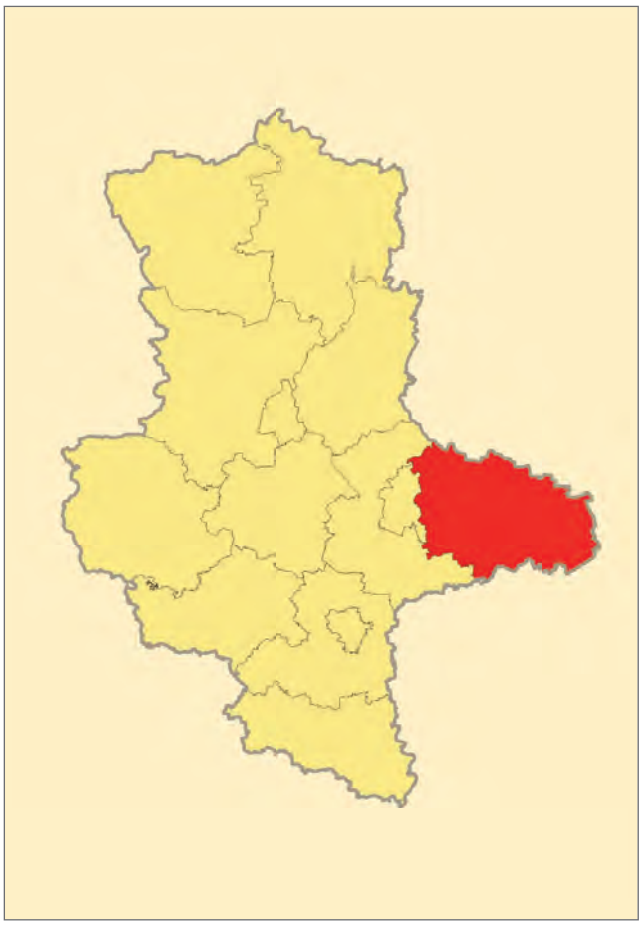
Mit rd. 1,9 Mio. t Jahresförderung liegt der Landkreis Anhalt-Bitterfeld im Kreisvergleich an 7. Stelle.

2.2.8 Landkreis Wittenberg

Flächengröße:	192 992 ha
Einwohnerzahl:	142 906
Gesamtförderung 2007:	1,59 Mio. t
Anteil an Förderung LSA:	4 %
Förderung pro Kopf:	11,13 t
zugelassene Gewinnungsstellen:	15
davon mit Förderung (2007):	14
Fläche der zugelassenen GWS:	ca. 1 092 ha
Anteil an Kreisfläche:	0,6 %

Tab. 12 Rohstoffbezogene Übersicht zu Gewinnungsstellen und Förderung im Landkreis Wittenberg (k.A. - aus Datenschutzgründen keine Angabe).

Rohstoff	Gewinnungs-stellen zugelassen	Förderung 2007 Mio. t
Kiessand/Sand	11	1,35
gebrochener Naturstein	0	0
Kalkstein	0	0
Quarzsand	1	k. A.
Ton, Kaolin	2	0,19
Naturwerkstein	0	0
Sonstige (Kieselgur)	1	k. A.
Gesamt	**15**	**1,59**



Der Landkreis Wittenberg wird in seiner Gesamtheit regionalgeologisch vom Breslau-Magdeburg-Bremer-Urstromtal eingenommen. In bestimmten Bereichen nördlich und südlich der Elbaue ist der Schichtenaufbau durch glazigene Vorgänge gestaucht und in seiner Lagerung deutlich gestört (Fläminger- und Schmiedeberger Stauchkomplex). Am Schichtenaufbau sind durchgehend die Sedimente des Tertiärs und des Quartärs beteiligt. Östlich und südlich von Wittenberg sind tertiäre (miozäne) Braunkohlenflöze verbreitet, die in der Vergangenheit z.T. gewonnen wurden. Durch die glazigene Stauchung treten oberflächennah miozäne Tone an die Oberfläche, die früher in zahlreichen Ziegeleien verarbeitet wurden. Heute erfolgt nur noch eine Gewinnung bei Bad Schmiedeberg für Masseversätze in der Steinzeugherstellung. Aktuell genutzt werden auch die bei der Braunkohlegewinnung separat gewonnenen Tertiärtone (Bitterfelder Deckton). Der bis zur Einstellung der Kohleförderung bei Golpa aufgehaldete Ton wird nach Bedarf verschiedenen Nutzungen (Zementzuschlag, keramische Industrie, Dichtungston u.a.) zugeführt.
Weiterhin gibt es Strukturen, in denen oberflächennah quarzreiche, tertiäre Sande als isolierte Schollen unmittelbar neben quarzreichen Schmelzwassersanden ausstreichen. Bei Nudersdorf / Möllensdorf werden diese Sattel- und Muldenstrukturen seit mehreren Jahrzehnten abgebaut und veredelt.
Von wirtschaftsgeologischem Belang sind auch die holozänen bis weichselzeitlichen Niederterrassenschotter der Elbe und die meist schwach kiesigen saale- und elsterzeitlichen Schmelzwassersande. Außerhalb der eigentlichen Elbaue lagern die Schmelzwasserbildungen oft auch über älteren pleistozänen (elsterzeitlichen) Elbe-Terrassenkiesen. Die Kiessandpotenziale liegen vollständig im Grundwasser.
Wichtige Gewinnungsstellen im Kreisgebiet sind Dixförda / Steinsdorf und Rackith. Insgesamt werden im Landkreis Wittenberg in 11 Sand- bzw. Kiessandtagebauen gegenwärtig 1,35 Mio. t Rohstoff abgebaut und der regionalen Bauwirtschaft zur Verfügung gestellt.
Der Landkreis Wittenberg verfügt auch über eine innovative Rohstoffnutzung. So werden seit rund zwei Jahren aus feinstkörnigen Sanden im Deckgebirge des Sandtagebaus Köplitz dekorative Strukturtapeten hergestellt. Jede Tapetenbahn bildet den Schichtenaufbau des gerade verwendeten Profils ab und ist somit immer ein Unikat. Bestimmte Spezialbehandlungen ermöglichen eine haltbare, abriebfreie Verwendung dieses neuartigen, dekorativen Gestaltungsproduktes.
Mit einer Jahresförderung von rd. 1,6 Mio. t liegt der Kreis Wittenberg landesweit an 8. Stelle.

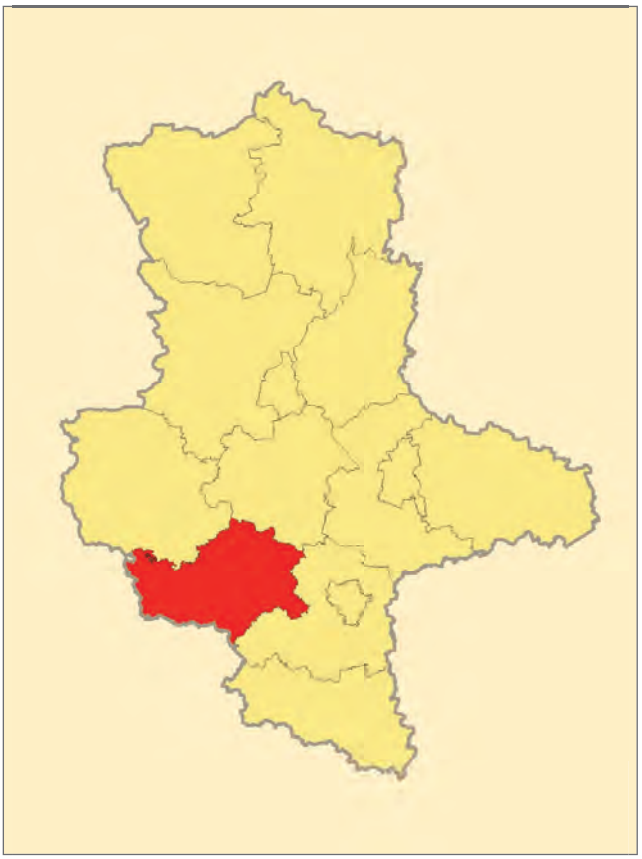
2.2.9 Landkreis Mansfeld-Südharz

Flächengröße:	144 867 ha
Einwohnerzahl:	158 223
Gesamtförderung 2007:	0,74 Mio. t
Anteil an Förderung LSA:	2 %
Förderung pro Kopf:	4,68 t
zugelassene Gewinnungsstellen:	12
davon mit Förderung (2007):	11
Fläche der zugelassenen GWS:	ca. 402 ha
Anteil an Kreisfläche:	0,2 %

Tab. 13 Rohstoffbezogene Übersicht zu Gewinnungsstellen und Förderung im Landkreis Mansfeld-Südharz (k.A. - aus Datenschutzgründen keine Angabe).

Rohstoff	Gewinnungs-stellen zugelassen	Förderung 2007 Mio. t
Kiessand/Sand	3	0,5
gebrochener Naturstein	7	0,24
Kalkstein	0	0
Quarzsand	0	0
Ton, Kaolin	1	k. A.
Naturwerkstein	1	k. A.
Sonstige	0	0
Gesamt	**12**	**0,74**

Der Landkreis Mansfeld-Südharz umfasst regionalgeologisch Teile des Unterharzes einschließlich der Mansfeld- und Sangerhausen-Mulde sowie des südlichen Vorlandes. Das Kupferschieferflöz an der Zechsteinbasis hat mit dem darauf 800 Jahre lang betriebenen Bergbau den Landkreis maßgeblich geprägt. Gegenwärtig gibt es Bestrebungen, den kurz nach der politischen Wende eingestellten Kupferbergbau wiederzubeleben.
Lagerstättenwirtschaftlich sind seit über hundert Jahren die mitteleozänen Braunkohlenflöze im Raum Eisleben und Sangerhausen interessant. Gegenwärtig werden diese im Tagebau Amsdorf gewonnen und zu Rohmontanwachs veredelt, bzw. energetisch genutzt. Die Produkte werden Weltweit vermarktet.
Das gewinnbare, oberflächennahe Steine- und Erden-Potenzial beschränkt sich auf einige wenige Gewinnungsstellen an Kiesen und Sanden in der Helmeaue.



Als bedeutende Abbaustätten sind die Standorte Roßla und Wallhausen zu nennen. Die saale- bis elsterzeitlichen, sandig-kiesigen Bildungen werden zu hochwertigen Betonzuschlagstoffen veredelt und teilweise über die Landesgrenzen hinaus vermarktet. Mit geologisch erkundeten Vorfeldflächen der laufenden Tagebaue sowie mit mehreren potenziellen Höffigkeitsgebieten verfügt dieser Bereich noch über beträchtliche Kiessandressourcen.
Die regionale Versorgung der Region mit gebrochenem Naturstein erfolgt durch die Nutzung der Bergehalden des ehemaligen Kupferschieferbergbaus. Die Berge (erzfreies Nebengestein wie z.B. Mergel-/Tonstein, Zechsteinkalk) werden zu Straßenbaustoffen (Mineralgemische) aufbereitet.

In einem kleinflächigen Ausstrichbereich des Unteren Buntsandsteins werden feste Sandsteinplatten als Werksteine in bescheidenem Umfang sporadisch gewonnen und z.B. als Wegeplatten oder Trockenmauerwerk-Baustein angeboten.

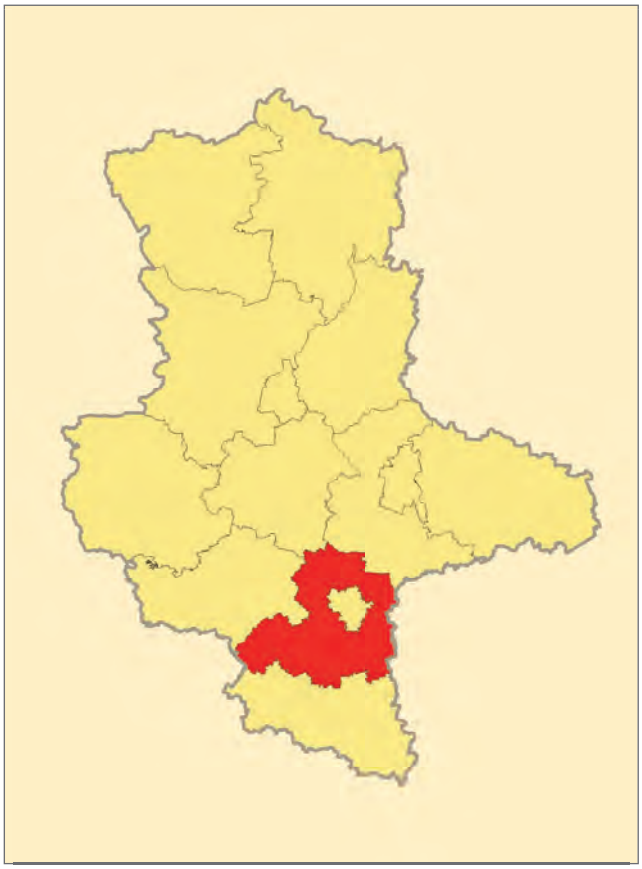
Mit 0,74 Mio. t Jahrsförderung liegt der Landkreis Mansfeld-Südharz auf Rang 9 der Steine- und Erden-Förderung im Bundesland Sachsen-Anhalt.

2.2.10 Landkreis Saalekreis

Flächengröße:	143 327 ha
Einwohnerzahl:	203 989
Gesamtförderung 2007:	4,69 Mio. t
Anteil an Förderung LSA:	11 %
Förderung pro Kopf:	22,99 t
zugelassene Gewinnungsstellen:	23
davon mit Förderung (2007):	19
Fläche der zugelassenen GWS:	ca. 2 783 ha
Anteil an Kreisfläche:	1,9 %

Tab. 14 Rohstoffbezogene Übersicht zu Gewinnungsstellen und Förderung im Landkreis Saalekreis (k.A. - aus Datenschutzgründen keine Angabe; * Naturwerkstein als Nebenprodukt in einer GWS für gebrochenen Naturstein).

Rohstoff	Gewinnungsstellen zugelassen	Förderung 2007 Mio. t
Kiessand/Sand	13	1,45
gebrochener Naturstein	3	2,79
Kalkstein	2	0,23
Quarzsand	0	0
Ton, Kaolin	5	0,22
Naturwerkstein	(1*)	k.A.
Sonstige	0	0
Gesamt	**23**	**4,69**



Der geologische Aufbau des Saalekreises wird im Wesentlichen vom Halleschen Vulkanitkomplex im Norden und von der Merseburg-Scholle mit dem Geiseltal-Becken im Süden bestimmt. Das westliche Kreisgebiet umfasst die Ausläufer des Südharzes mit dem Hornburg-Sattel und Teilen der Mansfeld-Mulde. Während die Rhyolithe des Halleschen Vulkanitkomplexes oft zu Tage treten, sind in den anderen regionalgeologischen Einheiten die lagerstättengeologisch interessanten Sedimente von einer tertiären und quartären Lockergesteinshülle überdeckt.
Oberkarbone Steinkohle bei Wettin und Löbejün sowie oligozäne bis eozäne Braunkohle insbesondere im Bereich des Geiseltales waren viele Jahrzehnte Gegenstand des Abbaus.
Von überregionaler lagerstättenwirtschaftlicher Bedeutung für die Steine- und Erden-Industrie sind im Halleschen Vulkanitkomplex die Gewinnungsstellen Löbejün, Petersberg und Schwerz. Vorrangig erfolgt hier die Produktion von gebrochenem Naturstein (Hartgestein) für die Bauwirtschaft. Als Besonderheit ist die Gewinnung von Naturwerksteinen im Steintagebau Löbejün zu nennen. Diese werden als Pflaster-, Deko- und Fassadenbaustein auch über die Landesgrenzen hinaus eingesetzt.
Für die zukünftige Produktion steht die geologisch erkundete Anschlusslagerstätte Niemberg-Brachstedt zur Verfügung, die mittelfristig die auslaufenden Tagebaue Petersberg und Schwerz ersetzen muss. Großflächig streichen Kalksteine des Unteren Muschelkalkes im Raum Querfurt (Querfurt-Mulde) an der Oberfläche aus. Aktiv wird der Kalkstein in zwei Tagebauen bei Farnstädt zu Straßen- und Wegebauzuschlagstoffen aufbereitet.

Die Kiessandverbreitung ist vorwiegend an die Flussterrassen (Hauptterrassen und Niederterrassen) der Saale / Elster im östlichen Saalekreis gebunden. Als wichtige Gewinnungsstellen sind hier Wallendorf, Merseburg und Tollwitz aufzuführen. Saalezeitliche Schmelzwassersande über Terrassenschottern bilden die Rohstoffbasis in zahlreichen kleineren Gewinnungsstellen wie Landsberg, Ostrau-Mösthinsdorf und Oppin.
Tone und Kaoline werden in fünf Abbaustellen innerhalb des Saalekreises gewonnen. Besondere Bedeutung kommt den Kaolinen nördlich von Halle bei Morl und südlich von Spergau sowie dem weißbrennenden Ton von Roßbach zu. Sie erfüllen hohe Qualitätsanforderungen und werden europaweit eingesetzt.
Die Sicherung der Vorratsbasis für die einzelnen Rohstoffe ist differenziert zu bewerten. Für gebrochenen Naturstein steht mit der Ersatzlagerstätte Niemberg-Brachstedt ein beträchtliches Potenzial zur Verfügung. Bei den Kiessanden, Kaolinen und Tonen ist die Förderung der verschiedenen Abbaustellen nur mittelfristig gesichert.
Die 23 zugelassenen Gewinnungsstellen fördern gegenwärtig insgesamt rd. 4,7 Mio. t Steine- und Erden-Rohstoffe. Damit nimmt der Saalekreis den 4. Platz in der Jahresförderung 2007 von Sachsen-Anhalt ein

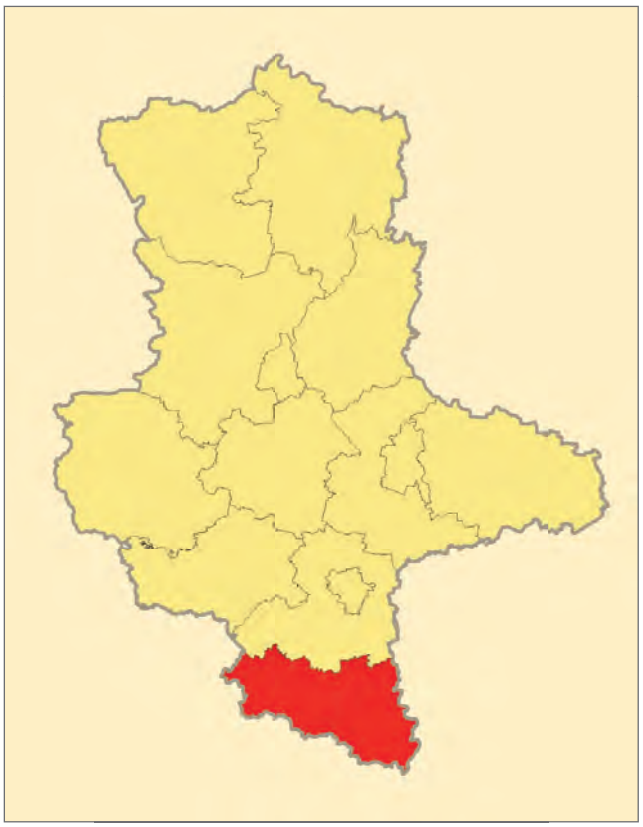
2.2.11 Landkreis Burgenland

Flächengröße:	141 346 ha
Einwohnerzahl:	201 932
Gesamtförderung 2007:	4,47 Mio. t
Anteil an Förderung LSA:	10 %
Förderung pro Kopf:	22,14 t
zugelassene Gewinnungsstellen:	33
davon mit Förderung (2007):	24
Fläche der zugelassenen GWS:	ca. 1 457 ha
Anteil an Kreisfläche:	1,0 %

Tab. 15 Rohstoffbezogene Übersicht zu Gewinnungsstellen und Förderung im Landkreis Burgenland

Rohstoff	Gewinnungs-stellen zugelassen	Förderung 2007 Mio. t
Kiessand/Sand	25	1,26
gebrochener Naturstein	0	0
Kalkstein	4	3,06
Quarzsand	0	0
Ton, Kaolin	2	0,15
Naturwerkstein	2	0,0012
Sonstige	0	0
Gesamt	**33**	**4,47**

Regionalgeologisch wird der Burgenlandkreis von der Querfurt-Mulde, Naumburg-Mulde und der Zeitz-Schmölln-Mulde mit dem Weißelster-Becken im Süden dominiert. Das Weißelster-Becken ist lagerstättenwirtschaftlich durch seine Verbreitung obereozäner Braunkohlen, die im Raum Profen-Schwerzau in Gewinnung stehen, von Bedeutung.
Während im Raum Karsdorf-Gleina sowie Bad Kösen und Bad Bibra oberflächennah Kalksteine des Muschelkalkes weitflächig verbreitet sind, treten im südlichen Raum des Kreises (Profen, Zeitz, Zettweil) tertiäre und pleistozäne Lockergesteine lagerstättenbildend in Erscheinung.
Die über 100 m mächtigen Kalksteine des Unteren Muschelkalkes bilden die Rohstoffgrundlage für das Zementwerk Karsdorf. In den Tagebauen Bad Kösen und Meyhen wird Kalkstein überwiegend zu Straßenbaustoffen aufbereitet.
In morphologisch begrenzten Gebieten wurden die tertiären, quarzreichen Kiessande vor der Erosion geschützt. Im Südraum des Kreises bilden sie heute in zahlreichen mittleren und kleinen Abbaustellen die Rohstoffgrundlage zur Herstellung von z.T. hochwertigen Betonzuschlagstoffen. Beispiel dafür sind die Kiessandgewinnungsstellen Prießnitz und Zettweil.



Pleistozäne Kiessande werden in der Elsteraue nur in wenigen Abbaustellen gewonnen. Die Elsteraue zwischen Zeitz und Pegau enthält ein bedeutendes Rohstoffpotenzial an Niederterrassenschottern der Elster. Umfangreiche Kiessandmengen sind hier geologisch erkundet und bilden langfristig gesehen eine beachtliche Rohstoffreserve für den Südraum Sachsen-Anhalts. Ein möglicher Zugriff auf diese bedeutenden Ressourcen wird wegen des fast flächendeckenden Natur- und Landschaftsschutzes stark erschwert.

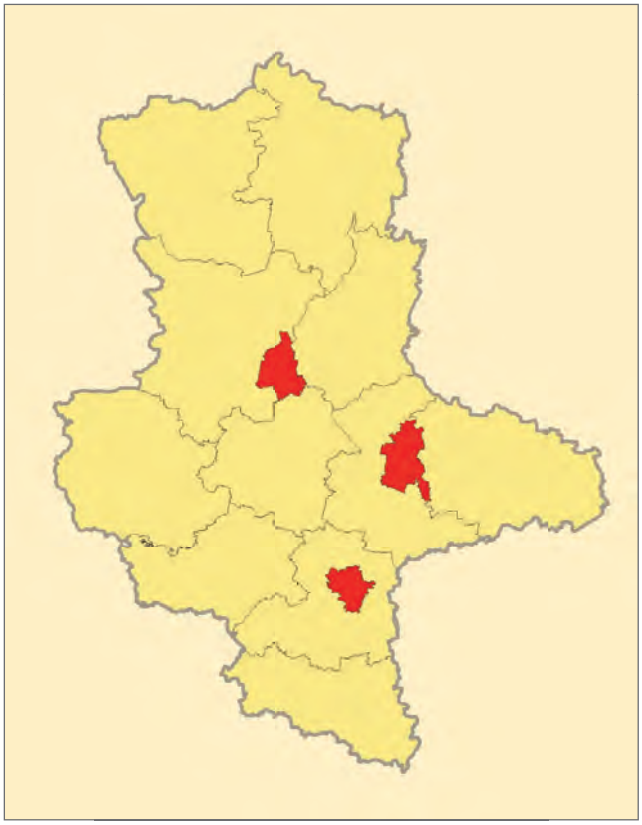
Im nördlichen Kreisgebiet dienen die Hauptterrassenschotter der Saale in mehreren kleineren und mittleren Gewinnungsbetrieben, wie Dehlitz-Lösau und Nellschütz, der Versorgung der regionalen Bauindustrie.

In zwei kleineren Gewinnungsstellen werden Sandsteine des Mittleren Buntsandsteins zu Werksteinen abgebaut, die unter dem Markennamen „Nebraer Sandstein“ in zahlreichen, kulturhistorisch bedeutenden Gebäuden in Deutschland Verwendung gefunden haben (z.B. Brandenburger Tor, Nationalgalerie Berlin). Heute werden hier sporadisch Werksteinblöcke gewonnen und als Originalmaterial zur Werterhaltung und Restauration der Baudenkmäler eingesetzt.

Der Burgenlandkreis trägt mit rd. 4,5 Mio. t (Rang 5) beachtlich zur Gewinnung von Steine- und Erden-Rohstoffen in Sachsen-Anhalt bei.

2.2.12 Kreisfreie Städte Magdeburg, Halle und Dessau-Roßlau

Die kreisfreien Städte Magdeburg, Halle und Dessau-Roßlau haben in ihrer Funktion als Oberzentren die überörtlichen Versorgungsaufgaben in der Region sicherzustellen. Sie dienen als Wohn- und Arbeitsplatzzentren, Standorte für Bildung und Kultur sowie Verkehrszentren. Sie sind aufgrund ihrer städtebaulichen und infrastrukturellen Entwicklung die Hauptbedarfsträger an Baurohstoffen. Die Entwicklung von eigenen Gewinnungsstandorten ist nicht Ziel der Stadtentwicklung. Gleichwohl werden in den kreisfreien Städten Magdeburg und Dessau-Roßlau gegenwärtig mittelpleistozäne Kiessande gewonnen. Die Jahresförderung ist allerdings mit insgesamt 0,07 Mio. t im Vergleich zum Landesdurchschnitt sehr begrenzt. Für den örtlichen Bedarf sind diese jedoch von Bedeutung. Im Stadtkreisgebiet von Halle befinden sich z.Zt. keine zugelassenen Gewinnungsstellen.



	Magdeburg	Halle	Dessau-Roßlau
Flächengröße:	20 097 ha	13 562	24464 ha
Einwohnerzahl:	230 140	234 295	89 934
Gesamtförderung 2007:	0,07 Mio. t	0 Mio. t	k. A.
Anteil an Förderung LSA:	0 %	0 %	0 %
Förderung pro Kopf:	0,3 t	0 t	0,11 t
Zugelassene Gewinnungsstellen:	4	0	1
davon mit Förderung (2007):	4	0	1
Fläche der zugelassenen GWS:	54 ha	0 ha	167 ha
Anteil an Kreisfläche:	0,3 %	0 %	0,3 %

Tab. 16 Rohstoffbezogene Übersicht zu Gewinnungsstellen und Förderung in den kreisfreien Städten (k.A. - aus Datenschutzgründen keine Angabe).

Rohstoff	Magdeburg		Dessau-Roßlau	
	GWS	Förderung 2007 Mio. t	GWS	Förderung 2007 Mio. t
Kiessand/Sand	4	0,07	1	k. A.
gebrochener Naturstein	0	0	0	0
Kalkstein	0	0	0	0
Quarzsand	0	0	0	0
Ton, Kaolin	0	0	0	0
Naturwerkstein	0	0	0	0
Sonstige	0	0	0	0
Gesamt	**4**	**0,07**	**1**	**k. A.**

2.2.13 Landkreisbezogene Zusammenfassung

Die Auswertung der Förderstatistik aus dem Jahr 2007 zeigt, dass sich die Produktion landkreisspezifisch extrem unterscheidet (Abb. 13). Der Landkreis Börde ist mit 10,91 Mio. t größter Produzent von Steine- und Erden-Rohstoffen in Sachsen-Anhalt, während der Landkreis Altmarkkreis Salzwedel mit 0,22 Mio. t die geringste Förderung (ohne kreisfreie Städte) aufweist. Ursache dafür sind im Wesentlichen die regional unterschiedlichen lagerstättengeologischen Voraussetzungen für den Rohstoffabbau, aber auch der wechselnde Bedarf an Massenbaurohstoffen.

Bezieht man die Fördermengen auf die Bevölkerungszahlen der Landkreise und berechnet ihre pro-Kopf-Förderung, ergibt sich eine leichte Verschiebung in der Wichtung der Landkreise. Dies betrifft besonders den Landkreis Jerichower Land. Dieser besitzt eine verhältnismäßig geringe Bevölkerung, verfügt standortspezifisch jedoch über große Kiessandbetriebe im Bereich der Elbaue und die nach der Fördermenge größte Tongewinnungsstelle Sachsen-Anhalts (Abb. 14).

Mit 54,95 t pro-Kopf-Förderung an Steine- und Erden-Rohstoffen liegt wiederum der Landkreis Börde an erster Stelle, während der Landkreis Altmarkkreis Salzwedel mit 2,36 t den letzten Platz einnimmt (kreisfreie Städte bleiben hier unberücksichtigt). Die Vorrangstellung des Landkreises Börde ist auf die Vielfalt an Bodenschätzen (gebrochener Naturstein, Quarzsand, Kalkstein, Ton, Kiessand) zurückzuführen. Mit rund 6,2 Mio. t fördern die Gewinnungsstellen des Flechtinger Höhenzuges über die Hälfte der Produktion an gebrochenem Naturstein des Landes. Darin spiegelt sich nochmals die überregionale Bedeutung dieser Gewinnungsstellen wider. Durchschnittlich werden in Sachsen-Anhalt 18 t an Steine- und Erden-Rohstoffen pro Kopf der Bevölkerung produziert. Im Vergleich dazu verbraucht in Deutschland ein durchschnittlicher Mensch in 70 Jahren die Menge von rund 629 t an Steine- und Erden-Rohstoffen (Abb. 15).

Das Bild differenziert sich, wenn man die Fördermengen der Landkreise und die Anzahl ihrer zugelassenen Gewinnungsstellen (von denen nicht alle in Förderung stehen) direkt zueinander ins Verhältnis setzt (Abb. 13). Es ist erkennbar, dass in den Landkreisen Burgenland, Stendal und Altmarkkreis Salzwedel die Fördermengen deutlich unterproportional zur Anzahl ihrer Gewinnungsstellen liegen und nur im Landkreis Harz überproportional hohe Mengen an Bodenschätzen gewonnen werden. Das ist u.a. auf die überregional bedeutsame Kalkstein-

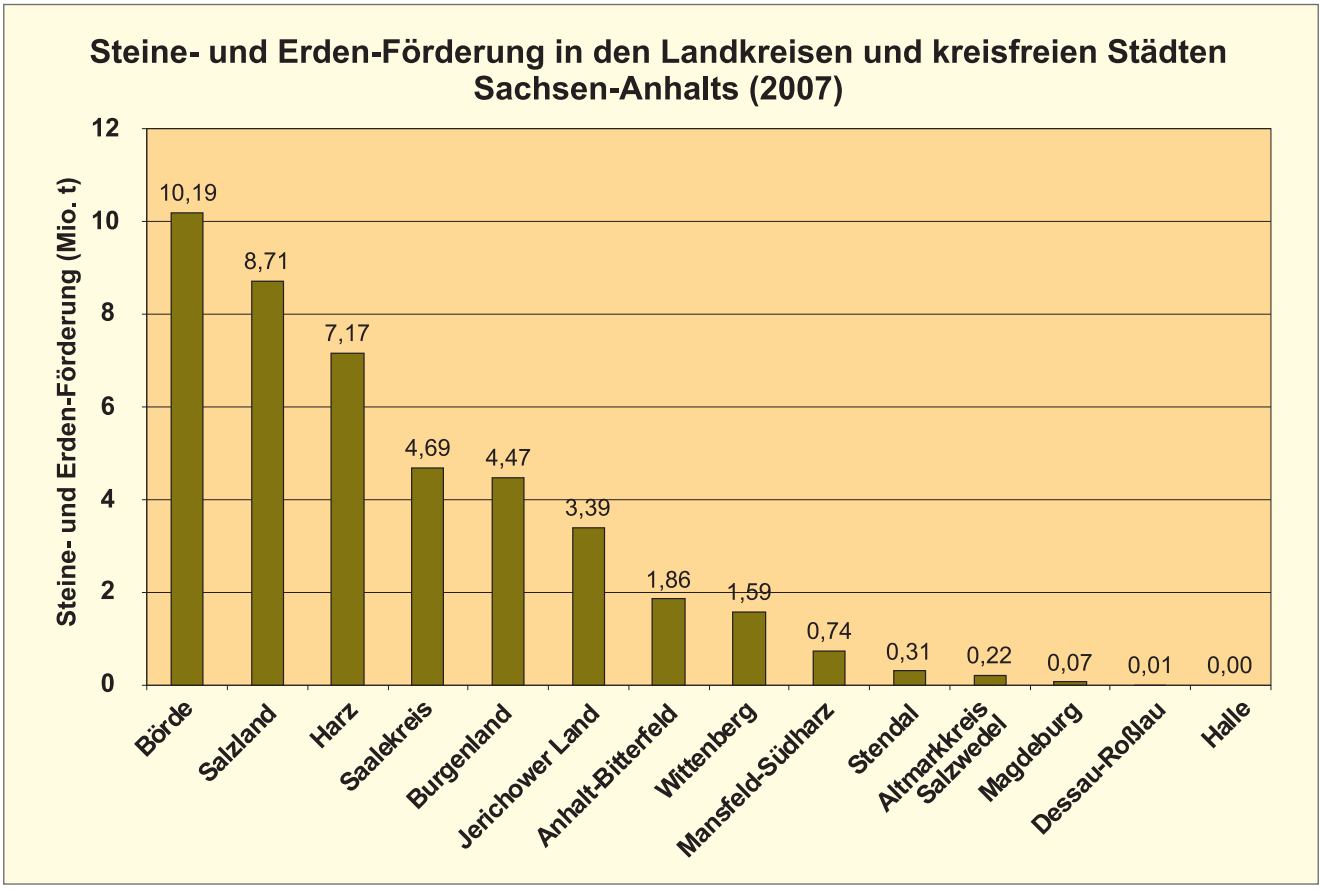


Abb. 13 Fördermengen der Steine- und Erden-Rohstoffe in den Landkreisen und kreisfreien Städten Sachsen-Anhalts in Millionen Tonnen.

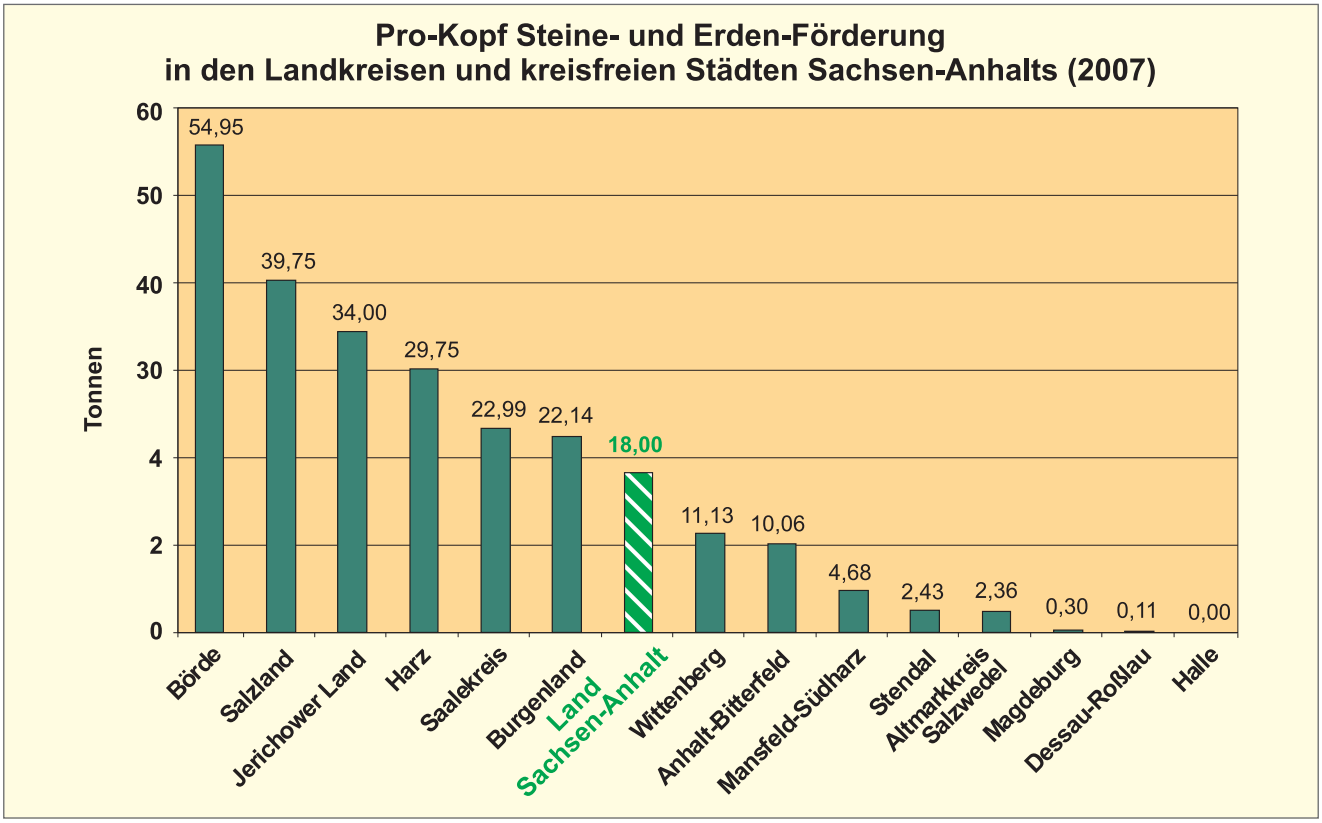


Abb. 14 Pro-Kopf-Fördermengen der Steine- und Erden-Rohstoffe in den Landkreisen und kreisfreien Städte in Tonnen. Landesweit liegt der Pro-Kopf-Durchschnitt bei 18 Tonnen Steine-Erden Rohstoffen.

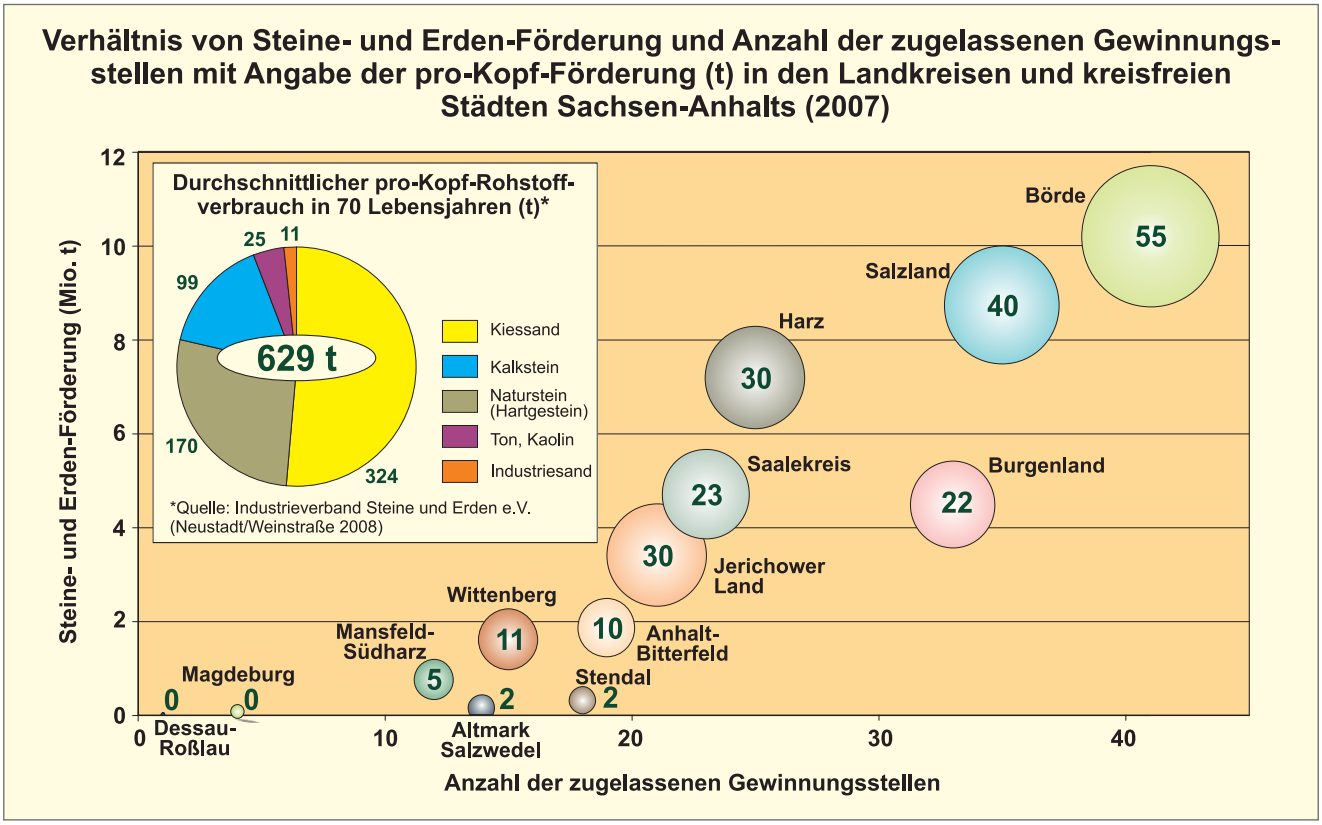


Abb. 15 Verhältnis von Steine- und Erden-Förderung zur Anzahl der zugelassenen Gewinnungsstellen und pro-Kopf-Förderung in den Landkreisen und kreisfreien Städten Im Vergleich dazu der Rohstoffbedarf eines Menschen von durchschnittlich 70 Lebenjahren.

gewinnung bei Elbingerode/Rübeland zurückzuführen, die mit rund 3,5 Mio. t die höchste Steine- und Erden-Fördermenge in Sachsen-Anhalt aufweist.

2.3 Rohstoffvorsorge und –sicherung in der Landesplanung

Die nachhaltige Entwicklung unseres Landes macht die Inanspruchnahme der inländischen Rohstoffpotenziale unabweisbar (Abb. 16). Dieses geschieht durch Maßnahmen, die zur langfristigen Gewinnung und Verwertung der benötigten Rohstoffe dienen und als Rohstoffsicherung zusammengefasst werden können. Hierbei dient die öffentlich-rechtliche Rohstoffsicherung als staatliches Planungsinstrument.

Als zuständige Fach- und Zulassungsbehörde hat das Landesamt für Geologie und Bergwesen (LABG) den Auftrag, zur Rohstoffsicherung unter Berücksichtigung der Standortgebundenheit von Bodenschätzen (§ 1 BBergG) beizutragen. Das Amt wirkt deshalb von Beginn an, z.B. bei der Landes- und Regionalplanung, mit und ist an einer angemessenen Berücksichtigung bzw. Ausweisung von Lagerstätten- und Rohstoffpotenzialflächen beteiligt.

Das Raumordnungsgesetz des Bundes vom 18.08.1997 verpflichtet die Planungsträger aller Bundesländer zur Rohstoffvorsorge im Sinn einer nachhaltigen Entwicklung des jeweiligen Landes. Die Ziele sind in der Landes- und Regionalplanung umzusetzen. Im neu aufgestellten Entwurf des Landesentwicklungsplanes von Sachsen-Anhalt ist das Ziel verankert, die *"Lebensgrundlagen und Lebenschancen künftiger Generationen in ihrer Gesamtheit und in Teilräumen wirtschafts-, sozial- und umweltverträglich zu entwickeln."* [1].

Unter diesem Aspekt sind auch für die Rohstoffwirtschaft Festlegungen zu treffen, die eine langfristige Sicherung des inländischen Rohstoffpotenziales zulassen. Die eingeschränkte Verfügbarkeit von mineralischen und energetischen Rohstoffen z.B. durch konkurrierende Nutzungsansprüche erfordert zunehmend eine Sicherstellung der geordneten Aufsuchung und Gewinnung standortgebundener Bodenschätze. Gleichzeitig sind Forschungen durchzuführen, die den primären Rohstoffverbrauch im Sinne des Nachhaltigkeitsgebotes reduzieren (z.B. durch Substitution oder Recycling). Aktuell wird dieses Potenzial bei Baurohstoffen auf max. 10 bis 15 % geschätzt, die derzeitig bei Sicherung der Qualität und unter Beachtung der Wirtschaftlichkeit bzw. ökologischer Verträglichkeit realisiert werden können.

Die nachhaltige Entwicklung von Wirtschaft und Gesellschaft setzt daher eine verantwortungsvolle Inanspruchnahme und ausgewogene Sicherung der inländischen Rohstoffpotenziale voraus. Die lagerstättengeologische und -wirtschaftliche Fachkompetenz des LAGB bildet dabei die Grundlage einer transparenten und nachvollziehbaren Bewertung von Lagerstätten- und Rohstoffpotenzialflächen. Das Ergebnis der fachbehördlichen Bewertung wird den Landes- und Regionalbehörden für die nach Raumordnungsgesetz erforderlichen Planungen zur Verfügung gestellt.

Im Folgenden soll ein Zwischenstand von zwei landesweiten Flächenausweisungs-Verfahren gegeben werden, die erhebliche Auswirkungen auf die Gewinnung und Sicherung mineralischer Rohstoffe in Sachsen-Anhalt haben werden. Hierbei handelt es sich einerseits um die Neuaufstellung des Landesentwicklungsplans 2010 und andererseits um den Abschluss der Regionalen Entwicklungspläne.

Abb. 16 Landesfläche und Nutzungskonflikte. Obwohl aktuell nur rund 0,8 % der Landesfläche für die Rohstoffgewinnung landesplanerisch Berücksichtigung finden (Tab. 18), zeigt die Auswahl konkurrierender Nutzungen und Schutzziele das Spannungsfeld, in dem sich die Rohstoffsicherung behaupten muss.

2.3.1 Landesentwicklungsplan (LEP)

Der aktuell rechtskräftige Landesentwicklungsplan (ausgegeben am 26.08.1999) berücksichtigt lediglich elf Rohstoffvorkommen als landesbedeutsame Vorranggebiete (VRG) für die Gewinnung mineralischer Bodenschätze und die untertägige Speicherung von Gasen und Flüssigkeiten.

Mit dem vor etwa drei Jahren einsetzenden Anstieg der Rohstoffpreise war eine weltweite Diskussion über die Verknappung von mineralischen und energetischen Bodenschätzen verbunden. Gleichzeitig nahm

der Stellenwert der Rohstoffsicherung in der öffentlichen und politischen Wahrnehmung zu. Die Daseinsvorsorge erhielt hierdurch eine weit höhere Aufmerksamkeit als noch vor wenigen Jahren. Der seit Juli 2008 vorliegende erste Entwurf des Landesentwicklungsplanes 2010 spiegelt dieses gestiegene Problembewusstsein deutlich wider. Der Sicherung für das Land Sachsen-Anhalt überregional bedeutsamer Rohstoffvorkommen wird in dem Entwurf umfassend Rechnung getragen (Tab. 17).

Im vorliegenden Entwurf des Landesentwicklungsplanes 2010 ist folgender Grundsatz verankert: *„Vorranggebiete für Rohstoffgewinnung dienen dem Schutz von erkundeten Rohstoffvorkommen insbesondere vor Verbauung und somit der vorsorgenden Sicherheit der Versorgung der Volkswirtschaft mit Rohstoffen (Lagerstättenschutz)".*

In der Begründung wird aufgeführt: *„Mineralische und energetische Rohstoffe sind ortsgebunden, nicht regenerierbar und somit endlich. Substitutionsalternativen durch andere Rohstoffe oder Fortentwicklung von Recyclingverfahren können dieses Problem nicht lösen. Mit dem fortschreitenden Verzehr der Lagerstättensubstanz innerhalb der genehmigten und betriebenen Gewinnungsflächen ist langfristig eine Verknappung bestimmter Rohstoffe (z.B. Braunkohle, Kalisalze, hochwertigste Quarzsande oder Spezialtone) zu erwarten.*
Unter dem Gebot der Nachhaltigkeit liegt die Ausweisung von Vorranggebieten für Rohstoffgewinnung, die die langfristige Verfügbarkeit überregional bedeutsamer Bodenschätze sichert, im öffentlichen Interesse" [1].

Hiermit finden im Grundsatz die Standortgebundenheit, die Endlichkeit und die Verfügbarkeit von Rohstoffen entsprechende Berücksichtigung.

2.3.2 Regionale Entwicklungspläne (REP)

Die Umsetzung der im Landesentwicklungsplan 1999 festgeschriebenen Planungen erfolgt in den Regionalen

Tab. 17 Vergleich der im LEP 1999 festgeschriebenen und im 1. Entwurf des LEP 2010 enthaltenen Vorranggebiete für Rohstoffgewinnung.

Vorranggebiet	LEP 1999	Neuaufstellung LEP 2010 (Entwurf Juli 2008)
Kalisalzlagerstätte Zielitz	+	+
Kalisalzlagerstätte Roßleben		+
Erdgasförderfeld Altmark	+	+ (einschließlich Lagerstättenstimulierung durch CO_2-Verbringung)
Steinsalzlagerstätte und Sol- und Speicherfeld Bernburg	+	+
Steinsalzlagerstätte Braunschweig-Lüneburg		+
Sol- und Speicherfeld Staßfurt	+	+
Speicherfeld Ellenberg / Peckensen		+
Speicherfeld Teutschenthal / Bad Lauchstädt		+
Braunkohlenlagerstätte Profen	+	+ (einschließlich Feld Domsen)
Braunkohlenlagerstätte Amsdorf	+	+
Braunkohlenlagerstätte Lützen		+
Kalksteinlagerstätte Elbingerode / Rübeland	+	+
Kalksteinlagerstätte Staßfurt / Förderstedt / Bernburg / Nienburg	+	+
Kalksteinlagerstätte Karsdorf	+	+
Kalksteinlagerstätte Walbeck		+
Kalksteinlagerstätte Bad Kösen		+
Quarzsandlagerstätte Walbeck / Weferlingen	+	+
Quarzsandlagerstätte Quedlinburg-Lehof		+
Quarzsandlagerstätte Möllensdorf / Nudersdorf		+
Quarzsandlagerstätte Kläden		+
Hartgesteinslagerstätte Flechtinger Höhenzug	+	+
Hartgesteinslagerstätte Ballenstedt-Rehköpfe		+
Hartgesteinslagerstätte Niemberg-Brachstedt		+
Kaolinton Rossbach		+
Ton Rösa		+
Ton Wefensleben		+

Entwicklungsplänen für die folgenden fünf Planungsregionen (Abb. 17 bis Abb. 22):

- Altmark,
- Anhalt-Bitterfeld-Wittenberg,
- Magdeburg,
- Halle,
- Harz.

Die Besonderheiten und Potenziale der einzelnen Regionen werden in den Regionalen Entwicklungsplänen unter Beachtung der fachlichen Umsetzung des Landesentwicklungsplanes aufgezeigt. Die Regionalplanung fasst die übergeordneten Planungen zusammen und dient als Bindeglied zwischen der Landesplanung und den kommunalen Interessen. Die Regionalen Entwicklungspläne sollen

- Planungssicherheit für die Gemeinden schaffen,
- Raum für Fachplanungen und Standortentscheidungen über private und öffentliche Investitionen geben und
- dazu beitragen, raumbedeutsame Vorhaben rationell abzuwickeln.

In den Grundsätzen aller REP ist fixiert, dass die räumlichen Voraussetzungen für die vorsorgende Sicherung von standortgebundenen Rohstoffen zu schaffen sind. Die Umsetzung der Rohstoffsicherung erfolgt in den einzelnen Regionalen Planungsgemeinschaften (RPG) nach unterschiedlichen Kriterien. Instrumente zur Sicherung von Planungsvorhaben sind **„Vorranggebiete“** (VRG), die in der Praxis eine reale Bindungswirkung besitzen. Ergänzende Planungen können in der Kategorie **„Vorbehaltsgebiete“** (VBG) festgeschrieben werden. Eine Vorbehaltsfläche ist bei raumbedeutsamen Planungen und Maßnahmen in die Abwägung mit einzubeziehen. Aus Sicht der Rohstoffsicherung werden VBG als ein wichtiges Instrument für die längerfristige Rohstoffsicherung betrachtet, da dieses u.a. den vorsorgenden Gedanken für eine nachhaltige Rohstoffsicherung beinhaltet. Den RPG steht es frei, mit hinreichender Begründung Vorbehaltsgebiete auszuweisen.

Die nachfolgenden Abschnitte zeigen die unterschiedliche Umsetzung der Rohstoffsicherung in den einzelnen RPG. Vom LAGB wurden für alle RPG auf fachlich fundierter Grundlage neben den Vorranggebieten auch überregional bedeutsame Vorbehaltsflächen vorgeschlagen. Hierbei ist auch zu beachten, dass nicht nur aus der Sicht der Industrie, sondern auch im Sinne der effizienten Ausschöpfung unserer natürlichen Rohstoffressourcen perspektivische Planungszeiträume anzustreben sind. Unter dem Gesichtspunkt der Zukunftsvorsorge muss die Nutzung der bekannten Potenziale deutlich über die bislang üblichen 10 bis 15 Jahre hinaus möglich sein. Denn es ist zu beachten, dass neben der sparsamen Verwendung die möglichst langfristige Verfügbarkeit von mineralischen Rohstoffen einen wichtigen Gesichtspunkt für eine nachhaltige Entwicklung unserer Gesellschaft darstellt. Die Verankerung einer vorsorgenden Sicherungskategorie in der Landes- und Regionalplanung würde nicht zuletzt auch die Chance eröffnen, zahlreichen aktuellen Nutzungskonflikten die Schärfe zu nehmen und zugleich den Interessen der Rohstoffwirtschaft wirksamer als bisher Rechnung zu tragen.

2.3.2.1 REP Altmark

Der REP Altmark war der erste beschlossene REP in Sachsen-Anhalt. Er trat am 23.05.2005 in Kraft. Die Planungsgemeinschaft hat zur Rohstoffsicherung ausschließlich Vorranggebiete festgelegt. Insgesamt sind 20 Steine- und Er-

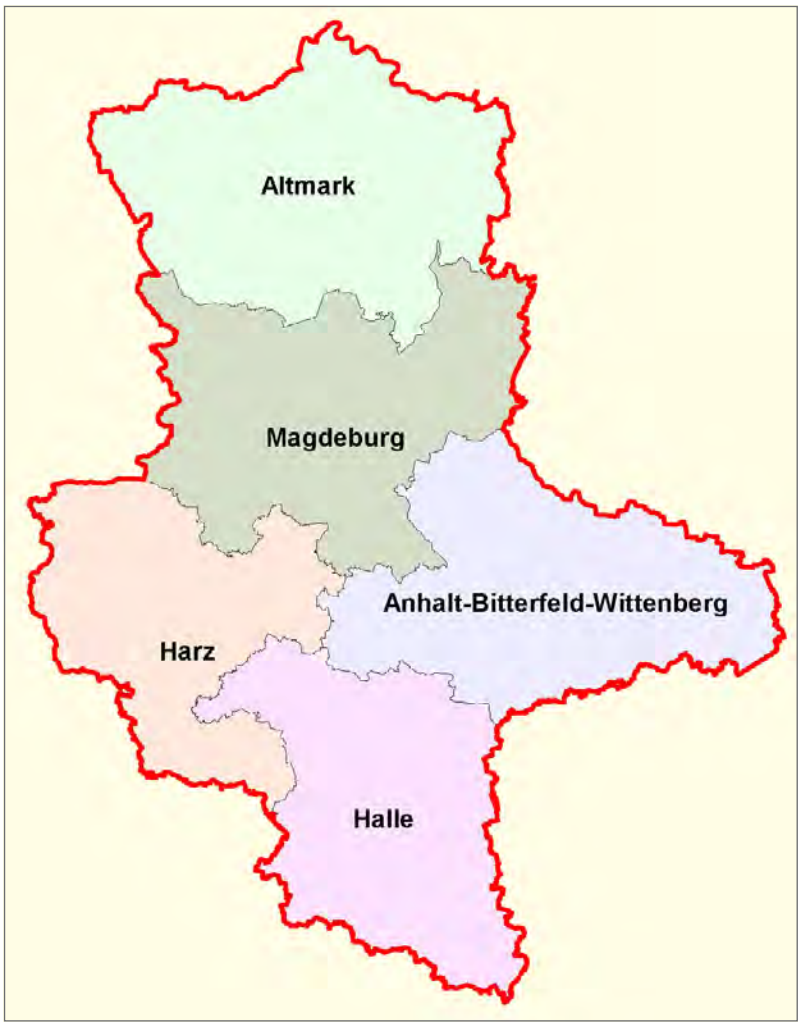


Abb. 17 Übersicht zur regionalen Aufteilung Sachsen-Anhalts in die fünf Regionalen Planungsgemeinschaften.

den-Objekte mit einer Gesamtfläche von 2008 ha (= 0,4 % der REP-Fläche) im REP festgeschrieben. Von besonderer Bedeutung war aus Sicht des LAGB die ursprünglich im VRG Hochwasserschutz liegende Kiessandgewinnungsstelle Hohengöhren. Nach intensiven Gesprächen konnte der Rohstoff-Vorrang im Interesse der langfristigen Rohstoffgewinnung für dieses Vorkommen gesichert werden. Dafür wurde im Bereich der Gewinnungsstelle der Vorrang Hochwasserschutz aufgehoben und durch den Vorrang Rohstoffgewinnung ersetzt.

Aus der Sicht des LAGB wurden alle bedeutsamen Rohstoffflächen im Planungsraum als Vorranggebiete für Rohstoffgewinnung gesichert. Es ist dabei zu betonen, dass die Planungsregion Altmark über kein überregional wichtiges oberflächennahes Rohstoffpotenzial verfügt. In zukünftigen Planungen ist besonderer Wert auf die langfristige Rohstoffvorsorge zu legen.

Neben den VRG für die oberflächennahe Steine- und Erden-Gewinnung wurden gemäß dem LEP die tiefliegenden Lagerstätten (Erdgasförderfeld Altmark und Kalisalzlagerstätte Zielitz) in den Textteil aufgenommen.

2.3.2.2 REP Magdeburg

Am 17.05.2006 wurde der REP für die Region Magdeburg in Kraft gesetzt. Der zentrale Landesteil verfügt über zahlreiche regional und überregional bedeutsame Rohstoffvorkommen. Die geologisch bedingte, standortgebundene Verbreitung dieser Lagerstätten überschneidet sich in vielen Fällen mit anderen Nutzungen. Konflikte bestehen besonders mit den konkurrierenden Nutzungen Hochwasserschutz (HWS) und Natur und Landschaft. Aus diesen Gründen fanden in der ersten Planungsphase die qualitativ hochwertigsten und überregional bedeutsamen Kiessandvorkommen in den rezenten Flussauen keine Berücksichtigung. Entsprechend ihrer Bedeutung für die Bauwirtschaft ist eine landesplanerische Einordnung jedoch erforderlich. In intensiven Sachdiskussionen mit der RPG und den zuständigen Behörden wurde nach einer Lösung dieses Problems gesucht. Nach Auffassung des Landesbetriebes für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft (LHW) sind Rohstoffgewinnung und Hochwasserschutz unter Beachtung bestimmter Vorgaben miteinander vereinbar. Durch das LAGB wurde für die betroffenen Kiessand-Potenzialflächen ein lagerstätten-/wirtschaftsgeologisches Ranking

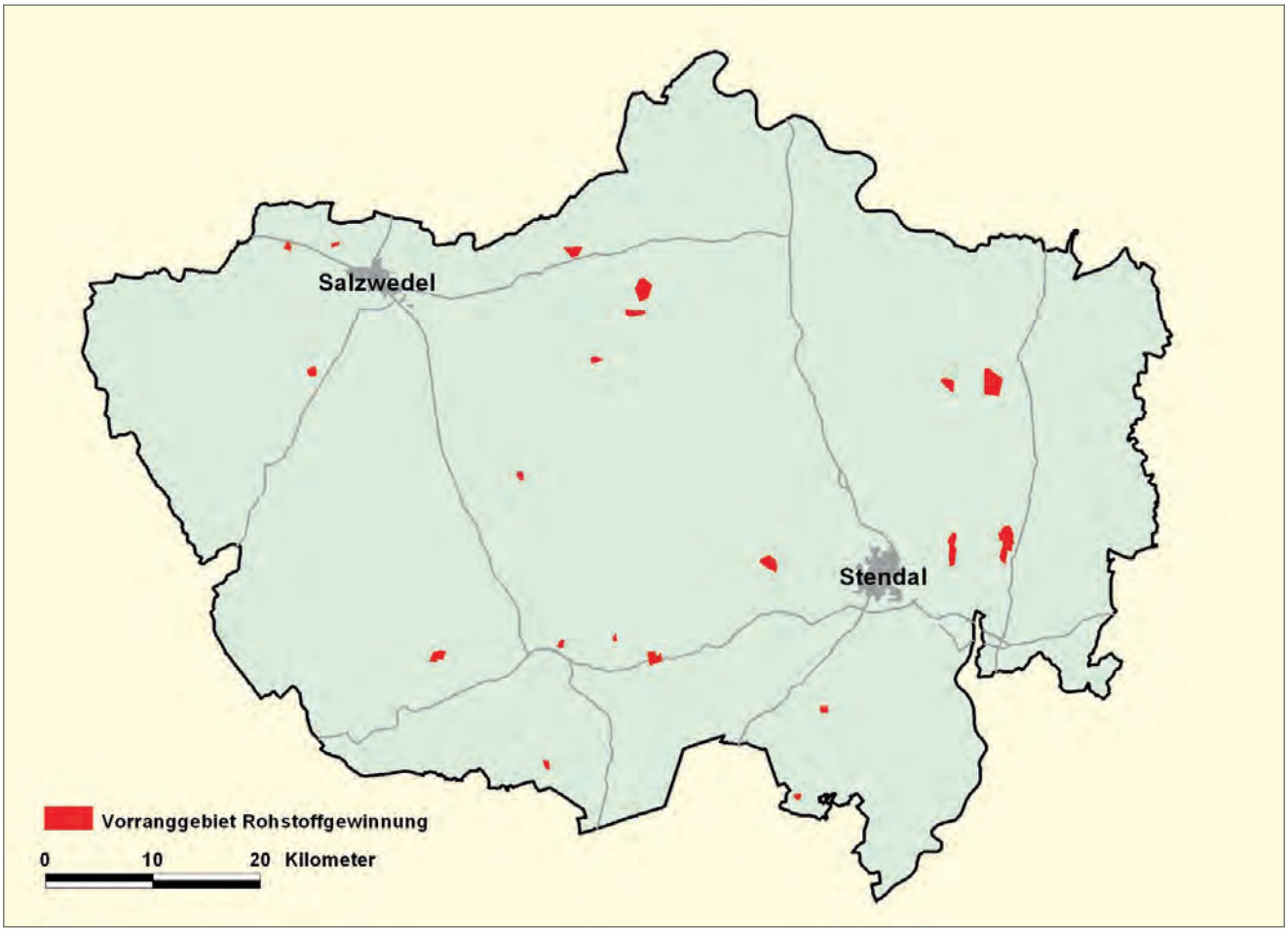


Abb. 18 Rohstoffsicherungsflächen im REP Altmark. Es wurden ausschließlich VRG für Rohstoffgewinnung festgelegt.

durchgeführt. Nach erfolgter Einzelfallprüfung erfolgte die Sicherung ausgewählter Rohstoffflächen in Hochwasserschutzgebieten. Methodisch konnten durch zielgenaues „Ausschneiden“ Überlagerungen von Lagerstättenflächen mit Vorranggebieten für Hochwasserschutz bzw. Natur und Landschaft aufgehoben und hierdurch unzulässige Zielkonflikte vermieden werden.

Im Ergebnis enthält der REP insgesamt 29 VRG für die Rohstoffgewinnung. Diese entsprechen einer Fläche von etwa 6260 ha (= 1,4 % der REP-Fläche). Um der nachhaltigen Rohstoffsicherung Rechnung zu tragen, wurden zusätzlich 22 VBG festgeschrieben, die die potenzielle Nutzung der vorhandenen Rohstoffressourcen berücksichtigen sollen.
Der Bestandsschutz genehmigter Gewinnungsstellen ist in den Grundsätzen zur Rohstoffgewinnung für die Planungsregion Magdeburg festgelegt.

Die Kalisalzlagerstätte Zielitz ist entsprechend dem LEP in den Textteil des REP Magdeburg übernommen worden.

2.3.2.3 REP Harz

Die Regionale Planungsgemeinschaft Harz hat am 30.01.2008 den 2. Entwurf ihres Regionalen Entwicklungsplanes in die Trägerbeteiligung gegeben.

Der Standortgebundenheit von Rohstoffen sowie dem überwiegend öffentlichen Interesse an der regionalen und überregionalen Rohstoffversorgung wurde seitens der RPG Harz mit der Aufnahme von insgesamt 31 VRG (davon 2 tiefliegende Lagerstätten ohne Darstellung: Solfeld Staßfurt sowie Sol- und Steinsalzlagerstätte Bernburg) Rechnung getragen. Für die oberflächennahe Steine- und Erden-Gewinnung ist damit eine Fläche von

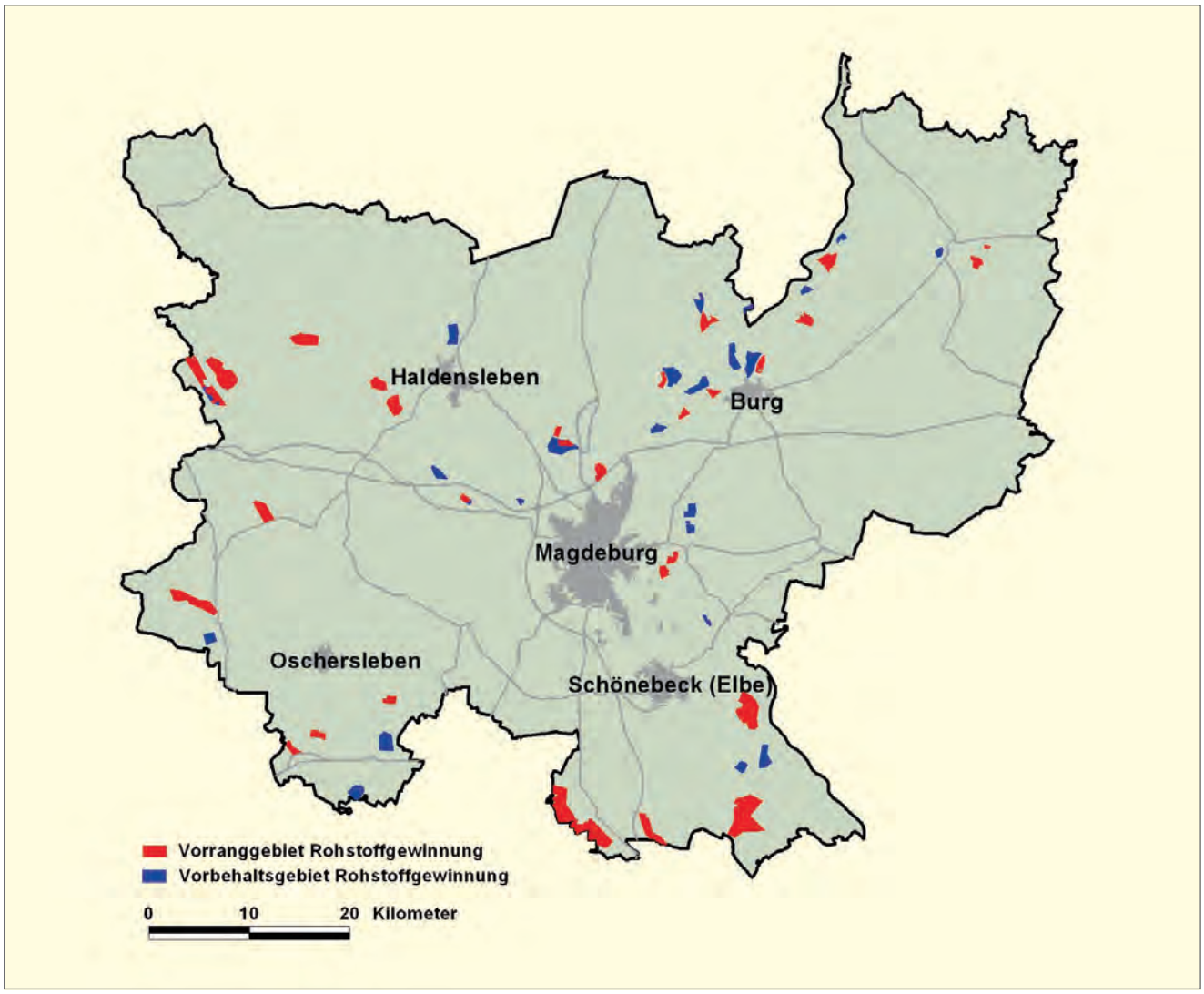


Abb. 19 Rohstoffsicherungsflächen im REP Magdeburg. Über die Region verteilt erfolgte die Ausweisung von VRG und VBG. Im Bereich der Elbaue bei Burg befinden sich die Rohstoffflächen innerhalb des Vorranggebietes für den Hochwasserschutz. Damit wurde der Standortgebundenheit der qualitativ hochwertigsten Kiessandlagerstätten des Landes in der rezenten Elbaue Rechnung getragen. Rohstoffgewinnung und Hochwasserschutz sind unter Beachtung bestimmter Vorgaben miteinander vereinbar.

2934 ha (= 0,9 % der REP-Fläche Harz) planerisch gesichert. Aufgrund ihrer Lagerstättengröße (< 15 ha) sind 4 Vorkommen nur symbolhaft dargestellt.

Im Rahmen der Abwägung zum Natur- und Tourismusschwerpunkt Harz wurden in diesem Bereich aufgrund der geologischen Standortgebundenheit 3 raumbedeutsame Lagerstättenflächen (Kalkstein Elbingerode, Hartgestein Unterberg und Ballenstedt-Rehköpfe) gesichert.

In der Funktion der vorsorgenden, längerfristigen Sicherung von Rohstoffen sind 13 oberflächennahe Lagerstättenflächen in die Kategorie „VBG“ eingestuft. Zusätzlich wurde das Erdgasfeld Deersheim / Fallstein als tiefliegender Bodenschatz als VBG übernommen. Aufgrund des Vorhandenseins eines lagerstättengeologisch relevanten Rohstoffpotenzials innerhalb dieser Flächen soll eine Beeinträchtigung durch andere Nutzung vermieden werden.

Genehmigte Gewinnungsstellen sind in den Grundsätzen zur Regionalplanung in der Planungsgemeinschaft Harz bestandsgeschützt.

Insgesamt kann eingeschätzt werden, dass die bedeutenden Rohstofflagerstätten in der Planungsregion in entsprechender Form gesichert sind.

2.3.2.4 REP Anhalt-Bitterfeld-Wittenberg

Der Regionale Entwicklungsplan Anhalt-Bitterfeld-Wittenberg wurde am 07.10.2005 beschlossen. Er enthält insgesamt 31 Vorranggebiete für die oberflächennahe Rohstoffgewinnung. Flächenhaft erfolgt damit die Rohstoffsicherung auf etwa 4687 ha (1,1 % der REP-Fläche). Anteilig entfallen davon 873 ha (fast ein Fünftel) auf die

Abb. 20 Rohstoffsicherungsflächen im REP Harz. Nördlich und südlich des Harzes wurden die regional und überregional bedeutsamen Lagerstätten als VRG und VBG ausgewiesen. Neben der flächenhaften Darstellung sind kleinflächige Planungen mit Symbolen gekennzeichnet.

überregional bedeutsamen Kalksteinvorkommen Nienburg sowie Hohenerxleben-Bernburg-Strenzfeld. Diese Vorkommen bilden die Rohstoffbasis für die in der Region wichtigen Wirtschaftsstandorte der Zement- und Sodaindustrie.

Prinzipiell ist die Rohstoffversorgung mit Kiessand, Ton und Quarzsand aus 29 VRG derzeitig wirtschaftlich abgesichert. Einige bedeutende, genehmigte und bereits aktive Gewinnungsstellen sowie erkundete, qualitativ hochwertige Rohstoffvorkommen sind nicht in den REP übernommen worden. Grundlage für die Ausgrenzung dieser Vorkommen bilden schwer nachvollziehbare Potenzialabschätzungen und Kalkulationen zum möglichen Rohstoffbedarf innerhalb der Region. Trotz intensiver Gespräche von Vertretern des LAGB mit der Regionalen Planungsgemeinschaft erfolgte keine Berücksichtigung der teilweise bereits produzierenden Gewinnungsstellen und auch der Bestandsschutz bestehender Betriebe wurde nicht im Textteil untersetzt.

Der REP Anhalt-Bitterfeld-Wittenberg enthält keine VBG für die Rohstoffgewinnung. Damit ist eine langfristige Sicherung von standortgebundenen Vorkommen nicht gegeben, d.h. erkundete Rohstofflagerstätten sind bei konkurrierenden Planungsvorhaben nicht zu berücksichtigen.

Die Steinsalzlagerstätte Bernburg wurde als tiefliegender Rohstoff gemäß LEP als VRG für die Rohstoffgewinnung übernommen.

2.3.2.5 REP Halle

Die RPG Halle hat mit Beschluss vom 12.12.2006 den 2. Entwurf zum REP in die Trägerbeteiligung gegeben. Für die Gewinnung von Steine- und Erden-Rohstoffen wurden insgesamt 1585 ha (=0,42 % der REP-Fläche) durch 14 VRG gesichert. Daneben wurden 14 kleinere Vorhaben als VRG in den REP aufgenommen, die in der Kartendarstellung als Symbol übernommen wurden. Über die gesamte Region verteilt, können damit die oberflächennahen Steine- und Erden-Rohstoffe gewonnen und den angebundenen Industrien zur Verfügung gestellt werden.

Zur Absicherung der mittel- und längerfristigen Rohstoffversorgung sind flächenhaft 10 Vorhaben als VBG übernommen worden, die in Summe eine Fläche von 1112 ha ergeben. Weitere 7 Lagerstättenteilflächen wurden aufgrund ihrer Größe (< 15 ha) punktförmig ausgewiesen.

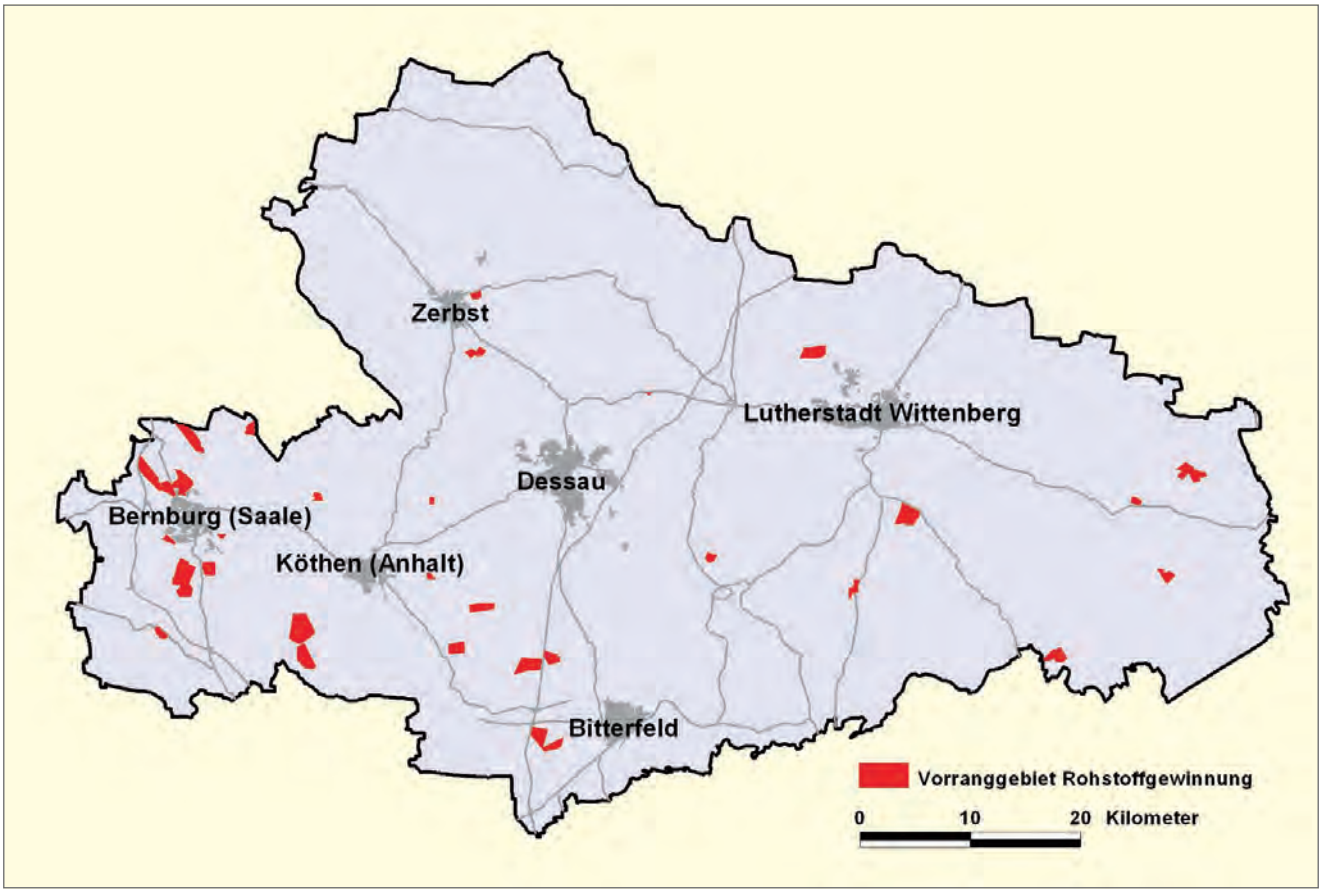


Abb. 21 Rohstoffsicherungsflächen im REP Anhalt-Bitterfeld-Wittenberg. Über die gesamte Region verteilt wurden ausschließlich VRG für Rohstoffgewinnung festgelegt.

Mit den insgesamt 45 Flächen sind alle wesentlichen Steine- und Erden-Lagerstätten erfasst. Neben der namentlichen Aufzählung der zu sichernden Vorkommen wird der Bestandsschutz für bestehende Gewinnungsstellen zusätzlich im Textteil geregelt.
Im REP Halle erfolgte zusätzlich die Ausweisung von Vorrang-Sicherungsflächen für die tiefliegenden und Energierohstoffe. Es handelt um das Sol- und Speicherfeld Holleben-Bad Lauchstädt-Teutschenthal. Große Flächen werden von der Braunkohlengewinnung (Profen, Amsdorf) in Anspruch genommen. Mit dem VRG Braunkohle Profen-Schwerzau wird die Rohstoffgrundlage (rund 10 Mio. t pro Jahr) für das nach 1990 in Betrieb genommene Kraftwerk Schkopau gesichert. Die im Braunkohlentagebau Amsdorf gewonnene Extraktionskohle besitzt durch ihre Veredlung zu Rohmontanwachs überregionale Bedeutung.

Insgesamt ist für die RPG Halle das Fazit zu ziehen, dass die Belange der Rohstoffsicherung in repräsentativem Umfang berücksichtigt sind.

2.3.2.6 Stand der Regionalplanung in Sachsen-Anhalt

Zu den Aufgaben des LAGB gehört u.a. die Sicherung erteilter Bergbauberechtigungen und Abbaugenehmigungen mit dem Ziel, die bedarfsgerechte Versorgung von Wirtschaft und Gesellschaft mit mineralischen Rohstoffen zu gewährleisten. Weiterhin müssen hochwertige Bodenschätze auch langfristig in Form von Reservelagerstätten landesplanerisch gesichert werden. In letzter Konsequenz besteht sonst die konkrete Gefahr einer Beeinträchtigung der zukünftigen Versorgung. Aus diesem Grund wurden als Grundlage für die Planungen zur Rohstoffgewinnung seitens des LAGB entsprechend fachlich fundierte und begründete Vorschläge an alle Regionalen Planungsgemeinschaften gegeben.

Die Tab. 18 zeigt den aktuellen Stand der Rohstoffsicherung bei den oberflächennahen Steine- und Erden-Lagerstätten in Sachsen-Anhalt.

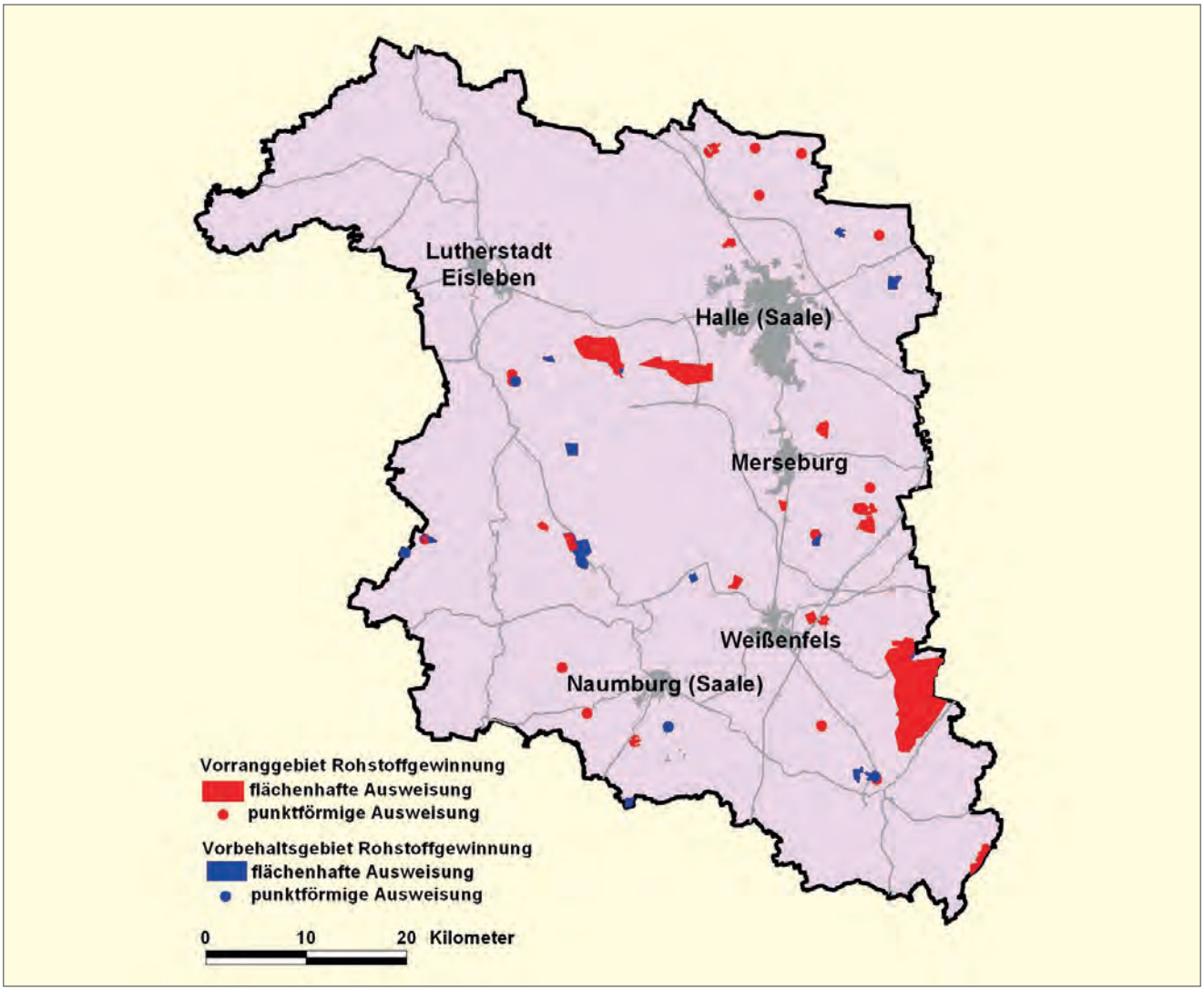


Abb. 22 Rohstoffsicherungsflächen im REP Halle. Neben der Ausweisung von VRG und VBG für die oberflächennahe Gewinnung von Steine- und Erden-Rohstoffen erfolgte durch die RPG die flächenhafte Ausweisung von tiefliegenden und Energierohstoffen. Flächen mit geringer Größe sind als Symbol dargestellt.

Mit den vorliegenden REP ist in weiten Landesteilen die geforderte Planungssicherheit für die Rohstoffwirtschaft gegeben. Derzeitig ist die regionale und teilweise überregionale Versorgung mit oberflächennahen Steine- und Erden-Rohstoffen gewährleistet. Kritisch bleibt anzumerken, dass der Aspekt der Rohstoffsicherung für zukünftige Generationen im Sinne einer verantwortungsvollen Fachplanung nur in drei Planungsregionen hinreichend berücksichtigt wird.

2.4 Lagerstättengeologischer Untersuchungsstand - Probleme und Ausblick

An den grundlegenden Aussagen zum lagerstättengeologischen Untersuchungsbedarf für die Zukunft, wie er im Rohstoffbericht 2005 formuliert worden ist, hat sich im Berichtszeitraum prinzipiell nichts geändert. Versorgungspolitisch wichtige Steine- und Erden-Lagerstätten sind i.W. rohstoffgeologisch hinreichend untersucht und landesplanerisch eingeordnet. Die Forderung nach einer zeitgemäßen, den heutigen Normen angepassten Qualitätsbewertung besteht gleichwohl nach wie vor.

Insbesondere für gebrochenen Naturstein (Hartgestein) werden sowohl die Erkundung neuer Lagerstätten unausweichlich, als auch nachfolgende Qualitäts- und Eignungsuntersuchungen immer dringlicher. Im Folgenden werden die nachstehenden Rohstoffgruppen dahingehend eingeschätzt.

Kiessand

Als wichtigstem Massenrohstoff kommt dem Erkundungsgrad der Kiessand-Lagerstätten eine vorrangige Bedeutung zu. Im Unterschied zu den gut untersuchten, wirtschaftlich bedeutenden und intensiv genutzten Großvorkommen in Nähe zu den Ballungszentren, gibt es bei der Bewertung weiterer rohstoffhöffiger Gebiete nach wie vor große Unsicherheiten. Insbesondere sind die Qualitätsparameter zahlreicher Rohkiessande nicht hinreichend gut bekannt, so dass zuverlässige Aussagen über ihre Eignung zur Herstellung hochwertiger Produkte nur eingeschränkt möglich sind.

Ein besonderes Problem stellt dabei die Neigung einzelner Gesteine und / oder Geröllkomponenten (Zuschlagstoffe) zur Alkalikieselsäurereaktion (AKR) im Beton dar (hierzu Kap. 3.3).

Um Ursachen und Auswirkungen von AKR-Schäden zu erklären, erfolgten im Berichtszeitraum weitere umfangreiche geröllpetrographische Untersuchungen an wichtigen Kiessandlagerstätten bzw. bisher weniger untersuchten Ablagerungsräumen pleistozäner Kiessande. Die Ergebnisse dieser Arbeiten werden in Kap. 3.1 dargestellt.

Das Problem AKR beschäftigt bundesweit zahlreiche Institute, Behörden und Unternehmen, ohne dass für Sachsen-Anhalt endgültige Problemlösungen angeboten werden können.

Tab. 18 Rohstoffsicherung für die oberflächennahen Steine- und Erden-Rohstoffe in den Regionalen Entwicklungsplänen Sachsen-Anhalts (Stand: Oktober 2008).

Regionaler Entwicklungsplan (REP)	Vorranggebiete			Vorbehaltsgebiete
	Anzahl	Fläche (ha)	Anteil an REP / LSA (%)	
Altmark	20	2008	0,4	keine Ausweisung
Magdeburg	29	6262	1,4	22
Harz*)	29	2934	0,9	13
Anhalt-Bitterfeld-Wittenberg	31	4687	1,1	keine Ausweisung
Halle*)	28	1585	0,42	17
Sachsen-Anhalt	137	17476	0,8	52

*) der REP befindet sich noch in der Beschlussphase

Abb. 23 Kiessandaufbereitung und Qualitätsbemusterung in der Elbaue nördlich Magdeburg.

Bei allen bisher erzielten umfangreichen Ergebnissen hat sich in der Praxis immer wieder gezeigt, dass die Kiessand- und Splittrohstoffe für die Errichtung der Verkehrsbauten im mitteldeutschen Raum sich seit Jahrzehnten nicht verändert haben (Abb. 23 und 24).

So weist z.B. die stark belastete Hochstraße von Halle nach Halle-Neustadt nach über 30 Jahren Standzeit weder an Fahrbahndecken noch an Pfeilern AKR-Schäden auf (die erforderliche Sanierung hat andere Ursachen), obwohl prinzipiell die gleichen Betonzuschläge verwendet wurden, wie sie heute in die neuen Verkehrsprojekte eingebaut werden. Vor diesem Hintergrund ist das Auftreten von AKR-Schäden in den neuen Verkehrsbauwerken immer wieder kritisch zu hinterfragen.

Gebrochener Naturstein (Hartgestein)

Sachsen-Anhalt verfügt über drei regionale Bereiche, in denen standortgebunden Naturstein gewonnen und zu hochwertigen Produkten veredelt werden können. Dabei handelt es sich um:

- die Flechtingen-Roßlau-Scholle,
- den Halleschen Vulkanitkomplex und
- den Harz (Abb. 24).

Die bedeutendsten Vorkommen sind die oberflächennahen Andesite / Rhyolithe in der **Flechtingen-Roßlau-Scholle**. Hier wird derzeitig mit rund 6,2 Mio. t über die Hälfte der gebrochenen Natursteine des Landes produziert. Entsprechend der hohen Produktionsmengen ist für einen ausreichenden Erkundungsvorlauf zu sorgen. Es ist bekannt, dass in absehbarer Zeit der Steintagebau Bodendorf auslaufen wird. Dieser soll durch den Aufschluss der Lagerstätte Schackensleben ersetzt werden. Die Lagerstättenfläche Schackensleben ist als Bergwerkseigentum bergrechtlich gesichert. Die überregionale Bedeutung der Gewinnung von gebrochenem Naturstein zeigt sich in der Festschreibung des großflächigen Verbreitungsgebietes „Flechtinger Höhenzug“ als Vorranggebiet für die Rohstoffgewinnung im Entwurf des Landesentwicklungsplans 2010. Langfristig gesehen, muss für diesen Raum eine Lagerstättenmodellierung durchgeführt werden, die das real nutzbare Rohstoffpotenzial aufzeigt. Im Ergebnis sind mögliche, neue Gewinnungsstandorte auszuweisen, die auf der Grundlage des Konfliktpotenzials zu anderen Nutzungen festzulegen sind.

Im **Großraum Halle** werden auf Grund der oberflächennahen Verbreitung permischer Vulkanite (Rhyolithe/ Porphyre) seit Jahrhunderten als gebrochene Natursteine gewonnen und vorrangig im Straßenbau (Schotter und Splitt) verarbeitet. Heute stehen mit den Steintagebauen Petersberg, Schwerz und Löbejün leistungsstarke Gewinnungsstellen zur Verfügung. Allerdings ist die Lebensdauer für die Tagebaue Petersberg und Schwerz auf die nächsten Jahren befristet. Als Ersatz für die auslaufenden Tagebaue wurde die Lagerstätte Niemberg-Brachstedt geologisch erkundet und als Bergwerkseigentum

Abb. 24 Abbau von Südharzgrauwacke südlich Hasselfelde.

festgeschrieben. Das Vorkommen ist als Vorranggebiet für Rohstoffgewinnung in den Regionalen Entwicklungsplan Halle eingeordnet. Die zunehmende Bedeutung der Vorkommen von Hartgestein wird auch im Entwurf des Landesentwicklungsplanes 2010 deutlich, in dem auch das Vorkommen Niemberg-Brachstedt als Vorranggebiet für die Rohstoffgewinnung aufgenommen worden ist. Die langfristige Schaffung von Ersatzlagerstätten zur Sicherung der Rohstoffversorgung ist für den Raum Halle dringend erforderlich.

Konflikte zur Sicherung der Rohstoffbasis für gebrochenen Naturstein zeichnen sich auch im Bereich **des Harzes** ab. In den nächsten Jahren erschöpft sich die Produktion im Tagebau Rieder. In mehreren Erkundungsetappen wurde nach einer Ersatzlagerstätte gesucht, die die Anforderungen an ein wirtschaftlich gewinnbares Rohstoffvorkommen erfüllt. Bei der Auswahl der Untersuchungsflächen wurden bereits naturschutzfachliche Aspekte berücksichtigt. Im Ergebnis wurde eine Lagerstätte südlich von Ballenstedt ausgewiesen, die die zukünftige Versorgung mit hochwertigen Natursteinprodukten erfüllen kann. Dieses Vorkommen wurde aufgrund seiner überregionalen Bedeutung im Regionalen Entwicklungsplan Harz fixiert und weiterhin in den Entwurf des neuen Landesentwicklungsplans aufgenommen.

Unter Berücksichtigung immer längerer Genehmigungszeiträume muss schon heute über eine landesweite Erweiterung der Rohstoffbasis konkret nachgedacht werden. Das bedeutet, dass für den Bodenschatz gebrochener Naturstein neue Höffigkeitsgebiete auszuweisen sind. Diese sind geologisch-rohstofftechnologisch zu untersuchen und zu bewerten.

Kalkstein

Wie kaum ein anderer Steine- und Erden-Rohstoff ist Kalkstein auf Grund seiner chemischen, gesteinsphysikalischen und gesteinstechnischen Eigenschaften ein überaus interessanter und vielfältig einsetzbarer Rohstoff. Die breite Palette der Einsatzgebiete von Kalkstein reicht von der Zementherstellung über die Stahlerzeugung bis hin zur Lebensmittel- und Kosmetikindustrie (Abb. 25).

Sachsen-Anhalt verfügt über ein großes und regional gut verteiltes Rohstoffpotenzial an Kalkstein. Die Lagerstätten sind z.T. sehr gut erkundet und nicht selten von überregionaler Bedeutung. Die Rohstoffbasis ist landesweit mittel- bis langfristig gesichert. Durch einzelne Unternehmen werden gezielt Arbeiten zur qualitativen Absicherung der Produktion durchgeführt.

So führte die Felswerke GmbH in der Lagerstätte Elbingerode in den vergangenen 2 Jahren ein umfangreiches Erkundungsprogramm mit über 1000 Bohrmetern durch. Ziel war der Vorratsnachweis in tieferen Lagerstättenbereichen (3. und 4. Sohle) sowie die Klärung der aktuellen hydrogeologischen Verhältnisse. Im Rahmen des schonenden Umgangs mit Rohstoffen ist das Unternehmen bemüht, die aufgehaldeten und früher nicht verwendbaren Unterkornbestände in den Produktionsprozess einzubeziehen und somit die Vorratsbasis zu verlängern.

Im Kalksteintagebau Förderstedt werden die Kalksteine vorrangig zur Nutzung in der Sodaindustrie gewonnen und aufbereitet. Durch die technologische Aufbereitung und den Transport fällt ein hoher Anteil an derzeitig nicht verwertbarem Unterkorn an. Hier werden gezielte Untersuchungen bzw. Recherchen zum Einsatz des anfallenden Unterkorns empfohlen.

Besondere Anforderungen sind beim Einsatz von Kalksteinen in der Zementindustrie zu beachten. Die Anforderungen des Betonbaus an die Laborierung von Zementen verschieben sich in Richtung alkaliarmer Produkte. Im Verkehrswegebau werden zunehmend Zemente mit einem niedrigeren Na_2O-Äquivalent (0,8) eingebaut, um Treibreaktionen (AKR) zu vermeiden. Die Einhaltung dieser strengen Qualitätsanforderungen setzt den Einsatz

Abb. 25 Gewinnung von Unterem Muschelkalk als Zement-Rohstoff im Tagebau Karsdorf.

entsprechender Rohstoffe voraus. Der im LAGB vorhandene umfangreiche Fundus lagerstättenanalytischer Daten sollte zukünftig unter dem o.g. Aspekt einer Neubewertung unterzogen werden.

Naturwerkstein

Im Bereich der Naturwerksteine hat sich hinsichtlich der Erkundungstätigkeit der überaus kleinen Lagerstätten gegenüber dem Rohstoffbericht 2005 nichts Wesentliches verändert.

Nach wie vor sind diese Lagerstätten generell unzureichend untersucht. Zur Absicherung der langfristigen Bereitstellung u.a. von Originalgesteinen für denkmalpflegerische Restaurationen und Instandhaltungen sind Vorratslage und Qualitätsparameter dieser Rohstoffe landesweit zu erfassen und die Potenzialflächen überregional bedeutsamer Lagerstätten ggf. näher zu untersuchen.

Ton / Kaolin

Sachsen-Anhalt verfügt über mehrere interessante Rohstoffvorkommen, u.a. für hoch-, rot- und hellbrennende Keramik. Mit wenigen Ausnahmen sind die aktiven Gewinnungsstellen von überregionaler bis lokaler Bedeutung ausreichend bis gut untersucht.

Eine umfangreiche Bewertung des Rohstoffpotenzials erfolgte im sogen. EFRE-Projekt 2005. Der mögliche Einsatz von Tonen und tonigen Gesteinen als barrierewirksames Medium und als Einsatzmaterial beim Bau von Deponien wird aus den vorhandenen Erkenntnissen als möglich eingeschätzt. Empfehlenswert wäre die Untersetzung des vorhandenen Kenntnistandes durch gezielte Untersuchung von erforderlichen Qualitätsparametern.

Zur Rohstoffsicherung und bergrechtlichen Einordnung im Bereich der hellbrennenden Tone / Kaoline gab es im Berichtszeitraum einige begrenzte erkundungsgeologische Arbeiten, die vorrangig die Untersuchung der Rohstoffeignung zum Ziel hatten. Die Rohstoffbasis ist mittelfristig als gesichert zu bewerten. Allerdings sind innerhalb einzelner Aufschlüsse gezielte Vorfelduntersuchungen zur Absicherung der Qualität notwendig.

Quarzsand

Wie schon im Rohstoffbericht 2005 dargelegt, gehören Quarzsande, quarzreiche Kiessande, Quarzsandsteine und andere quarzreiche Festgesteine, soweit sie sich zur Herstellung von feuerfesten Erzeugnissen oder Ferrosilizium eignen, zu den grundeigenen Bodenschätzen im Sinne des Bundesberggesetzes [§ 3 (4) BBergG]. Durch die Einordnung von Quarzrohstoffen nach dem BBergG wird bereits die Bedeutung dieser Rohstoffe für die Wirtschaft deutlich. An zahlreichen Standorten haben sich in Sachsen-Anhalt Glaswerke entwickelt, die langfristig eine Rohstoffbasis an qualitätsgerechten Bodenschätzen benötigen. Derzeitig können diese nicht vollständig aus den landesinternen Betrieben bereitgestellt werden. Der Erkundungsgrad der hochqualitativen Quarzsand-Lagerstätten ist sehr differenziert zu bewerten. Einzelne Gewinnungsstellen, die bereits Zulieferer der Glasindustrie sind, verfügen über einen sehr guten Erkundungsgrad (Abb. 26). Allerdings fehlen hier langfristige Erweiterungsmöglichkeiten.
Generell ist für die Quarzrohstoffe eine landesweite Analyse nach neuen Höffigkeitsgebieten durchzuführen. Daneben ist die Qualität von noch vorhandenen ungenutzten Vorkommen auf die Möglichkeit des Einsatzes in der Glasindustrie zu untersuchen.

An kleineren Gewinnungsstandorten im Subherzyn werden derzeitig die lokalen Erweiterungen geprüft.

Generell besteht im Land Sachsen-Anhalt noch erheblicher Bedarf an lagerstättengeologischen sowie rohstofftechnologischen Untersuchungen, um auch langfristig die Basis für alle Steine- und Erden-Rohstoffe sichern zu können.

Abb. 26 Tektonische Einschuppung von kohligem Schluff in hochwertigem Quarzsand im Allertal-Graben.

2.5 Zusammenfassung

Das Land Sachsen-Anhalt verfügt aufgrund seiner geologischen Verhältnisse über eine günstige Lagerstättenbasis, um regional als auch überregional mineralische Rohstoffe bzw. hieraus hergestellte Produkte bereit zu stellen.

Die vergleichende Statistik zeigt, dass sich in den vergangenen Jahren ein etwa gleich bleibendes Niveau bei der Steine- und Erden- Produktion eingestellt hat (vgl. Tab. 2 und Abb. 3). Im Jahr 2007 betrug die Gesamtförderung an Steine und Erden aus 202 Gewinnungsstellen rund 43,4 Mio. t. Auch weiterhin stellt der Abbau von Kiessand / Sand mit ca. 15,7 Mio. t den Hauptanteil an der Steine- und Erden-Produktion. Mengenmäßig folgen mit knapp 13 Mio. t Kalkstein und gebrochener Naturstein (11 Mio. t).

Aus regionalgeologischen Gründen (Lagerstättenverteilung) wird auch künftig ein Austausch von Steine- und Erden-Rohstoffen mit anderen Bundesländern erfolgen. Dies bedeutet, dass bestimmte Regionen Versorgungsfunktionen über ihre Grenzen hinaus übernehmen müssen.

Daseinsvorsorge und Rohstoffsicherung haben in der öffentlichen und politischen Wahrnehmung der vergangenen drei Jahre einen deutlich höheren Stellenwert erlangt. Das gestiegene Problembewusstsein spiegelt sich im ersten Entwurf des Landesentwicklungsplanes 2010 wider.

Zur mittel- und langfristigen Sicherung der Rohstoffversorgung sind auch künftig Erweiterungsflächen und Neuaufschlüsse unverzichtbar.

Erstmals erfolgt eine Analyse der Steine- und Erden-Gewinnung in den einzelnen Landkreisen. Es zeigt sich, dass die Hauptproduktion (22 % der Gesamtfördermenge des Landes) im Landkreis Börde erfolgt. Die durchschnittliche pro-Kopf-Förderung beträgt hier mit etwa 55 t mehr als das Dreifache des Landesdurchschnitts. In dieser hohen Förderung spiegelt sich zugleich die überregionale Stellung der Vorkommen zur Herstellung von hochwertigen gebrochenem Naturstein innerhalb des Flechtinger Höhenzuges wider. Die geologischen Verhältnisse und die große Entfernung zu den Hauptbedarfszentren bedingen die geringe Förderung im Altmarkkreis Salzwedel.

Die flächendeckende Erfassung des gesamten Rohstoffpotenzials des Landes ist noch längst nicht abgeschlossen. Um diesem Ziel näher zu kommen, werden regional und rohstoffspezifisch Erkundungsarbeiten im Vorfeld der industriellen Tätigkeit erforderlich sein. Hierfür sind im Landesinteresse ausreichende Mittel einzuplanen.

Die Dokumentation und Bewertung des Ressourcenpotenzials unseres Landes sowie die Rohstoffsicherung stellen auch in Zukunft Schüsselaufgaben des Landesamts für Geologie und Bergwesen dar.

Quellen

Stedingk, K., Borbe, H., Karpe, P. & Model, E. (unter Mitarbeit von: Balzer, G., Brasse, A., Forker, A., Jost, G. und Schulze, G.) (1999): Rohstoffbericht Sachsen-Anhalt 1998.- Mitt. zur Geologie von Sachsen-Anhalt, Beih. 2, 73 S., Halle (Saale).

Stedingk, K., Balzer, G. & Karpe, P. (2002): Rohstoffgewinnung und -bedarf in Sachsen-Anhalt (Steine und Erden, Industrieminerale).- in: Rohstoffbericht 2002.- Mitt. zur Geologie von Sachsen-Anhalt, Beiheft 5, 11-30, 10 Abb., 4 Tab., Halle (Saale).

Stedingk, K., Präger, R., G. & Karpe, P. (2005): Rohstoffgewinnung in Sachsen-Anhalt (Steine und Erden, Industrieminerale).- in: Rohstoffbericht 2005.- Mitt. zur Geologie von Sachsen-Anhalt, Beiheft 9, 15-30, 9 Abb., 6 Tab., Halle (Saale).

[1] Raumordnung und Landesentwicklung in Sachsen-Anhalt – 1. Entwurf Landesentwicklungsplan Sachsen-Anhalt 2010 für das Anhörungs- und Beteiligungsverfahren gemäß §5 Abs.2 Landesplanungsgesetz. – Ministerium für Landesentwicklung und Verkehr, Magdeburg (22.7.2008).

3. Rohstoffgeologische Schwerpunktthemen

3.1 Qualitätsparameter ausgewählter Kiessandlagerstätten Sachsen-Anhalts

Kirsten P. Erickson[1], Regine Präger[2] & Klaus Stedingk[2]

Zusammenfassung

Von grundlegender Bedeutung für die Bewertung einheimischer Kiessandlagerstätten sind statistisch gesicherte und petrographische Vollanalysen der natürlichen Geröllzusammensetzungen (Rohkies). Im Rahmen von zwei Diplomarbeiten wurden mit hohem analytischen Aufwand (ca. 5000 Gerölle je Probe) Rohkiese in Abbau stehender Kiessandgewinnungsstellen der Elbe, Saale, Selke/Bode/Holtemme, Helme, Mulde und Weißen Elster untersucht (Stiefel 2004, Erickson 2007). Die Auswertung der geröllpetrographischen Daten führte zu neuen lagerstättengenetischen Modellvorstellungen der wirtschaftlich wichtigsten Kiessandablagerungen des Landes (Haupt- und Niederterrassen der o.g. Flusssysteme).

Rohkies bildet den Vorstoff der im Hoch- und Tiefbau eingesetzten Gesteinskörnungen. Unter diesem qualitativen Aspekt sind die in allen Proben angetroffenen ungeeigneten Komponenten besonders zu beachten. Es handelt sich hier um:

- Stark alterierte Vulkanit- und Kristallingesteinsgerölle, die z.T. bereits unter Wassereinwirkung zerfallen. Sie stellen sehr oft den Hauptanteil der ungeeigneten Bestandteile dar.
- Quellfähige anorganische Bestandteile (Ton- und Schluffsteine sowie Geschiebemergelaggregate). Sie besitzen in einigen Proben hohe Anteile.
- Holz (z.T. als Xylit), das in allen Proben aus dem Bereich der Elbe auftritt. In den Abbaustellen an der Weißen Elster kommen keine organischen Bestandteile vor.
- Weiche Kalke, die gehäuft in den Gewinnungsstellen entlang der Bode-Selke-Holtemme, Helme und Saale auftreten, sowie in den Elbekiesen, die im Geröllspektrum Kalkstein enthalten. In den Gewinnungsstellen entlang der Weißen Elster und Mulde konnten nur untergeordnet weiche Kalke nachgewiesen werden.
- Eisenverbindungen, die in geringen Mengen in allen untersuchten Proben beobachtet wurden.

Problematisch ist die z.Z. praktizierte Zuordnung der verwitterten und nachweislich ungeeigneten Vulkanit- und Kristallingerölle zu den Hauptkomponenten.

Die Auswertung und Kartendarstellung liefern wichtige Anhaltspunkte für die zu erwartenden Geröllzusammensetzungen in den einzelnen Ablagerungsräumen und stellen die rohstoffgeologische Erkundung auf eine neue Grundlage. Potenzielle Lagerstättennutzer können bereits zu einem frühen Zeitpunkt den zu erwartenden Aufbereitungsaufwand einordnen und die Marktfähigkeit der Lieferkörnung abschätzen. Damit besitzt die Studie über Sachsen-Anhalt hinaus praktische Bedeutung für die Qualitätssicherung und -kontrolle von qualifizierten Gesteinskörnungen.

Die vollständigen Ergebnisse und Abbildungen (u.a. Übersichtskarte im Maßstab 1 : 300.000) sind im Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt einsehbar.

3.1.1 Einführung

Ungeeignete Gesteinskomponenten konnten als Auslöser für Bauschäden und Mängel an Betonbauwerken bereits wenige Jahre nach deren Fertigstellung identifiziert werden. Diese Schäden veranlassten das Landesamt für Straßenbau Sachsen-Anhalt (jetzt: Landesbetrieb Bau [LBB]), eine ergänzende Verfügung (Nr. V6/2003-33) in Kraft zu setzen, in der die Anforderungen zur Prüfung und Güteüberwachung von Gesteinskörnungen landesweit verbindlich festgelegt werden. Auf Grundlage der o.g. Verfügung wurde im Zuge einer landesbehördlichen Kooperation eine lagerstättengeologische Bewertung der Kiessandablagerungen Sachsen-Anhalts durchgeführt.

Bereits in den vergangenen Jahren konnten Voruntersuchungen des LAGB nachweisen, dass eine schlüssige qualitative Bewertung nach den heutigen Kriterien sowie eine lagerstättengenetische Einordnung der Kiessandlagerstätten in Sachsen-Anhalt auf der Grundlage vorliegender älterer Geröllanalysen nur eingeschränkt möglich sind (Karpe & Stedingk 2002). In Abstimmung mit dem LBB und Vertretern der Rohstoffindustrie wurde daher beschlossen, nach einheitlichem Muster landesweit Geröllanalysen ausgewählter Rohkiessande zu erstellen und diese einer Aus- und Bewertung zu unterziehen.

Zur Lösung dieser Aufgabe wurde zwischen der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg (Institut für Geowissenschaften) und dem Landesamt für Geologie und Bergwesen eine Forschungskooperation vereinbart. Im

1 Dipl.-Geoln. Kirsten P. Erickson, Bernhardystr. 48, 06110 Halle (Saale).

2 Dipl.-Geoln. Regine Präger & Dr. Klaus Stedingk, Landesamt für Geologie und Bergwesen, Köthener Str. 38, 06118 Halle (Saale).

Zuge der Anfertigung zweier Diplomarbeiten entstanden die Ergebnisse, über die zusammengefasst in dem vorliegenden Beitrag berichtet wird. Aus den Arbeiten von Stiefel (2004) und Stiefel et al. (2005) liegen petrographische Vollanalysen für die Flusssysteme Saale, Holtemme, Helme, Selke, Bode und Elbe vor. Die Arbeit von Erickson (2007) vervollständigt mit der Untersuchung zusätzlicher ausgewählter Beprobungsorte an Elbe, dem Unterlauf der Mulde und Weißen Elster die Kenntnis der petrographischen Kennwerte der Rohkiese in Sachsen-Anhalt.

3.1.2 Kiessandlagerstätten in Sachsen-Anhalt

3.1.2.1 Wirtschaftliche Bedeutung

Zwischen dem Ende des Tertiärs und dem Holozän in Sachsen-Anhalt wurde ein bedeutendes Rohstoffpotenzial an Sanden und Kiesen abgelagert. Dieses bildet die Rohstoffgrundlage für umfassende und rege Bautätigkeiten in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft. Nachfolgende Übersicht zeigt zusammengefasst die

Tab. 1 Stratigraphische Übersicht der Steine- und Erden-Rohstoffe in Sachsen-Anhalt. Die wichtigsten Kiessandablagerungen sind rot gekennzeichnet. In der rechten Spalte finden sich ausgewählte wirtschaftlich genutzte Typlagerstätten (aus Stiefel et al. 2005).

Stratigraphische Gliederung			Nutzbares Lockergestein (Rohstoff)	Verwendung	Region / ausgewählte Lagerstätten
Quartär	Holozän		**Fluss-Schotter (Kiese und Sande)**	Rohkiessand für Bauindustrie und Verkehrsbau	Elster-Luppe Aue
	Pleistozän	Weichsel-Kaltzeit	**Schotter der Niederterrassen (Kiese und Sande)**	überwiegend Betonzuschlagstoff	Flussbereich von Elbe, Saale, Mulde, Bode, Holtemme und Helme
		Eem-Warmzeit			
		Saale-Kaltzeit	**Schmelzwassersande**	vorwiegend Rohkiessand für Bauindustrie und Verkehrsbau; untergeordnet Betonzuschlagstoff	Altmark, ost- und südelbischer Raum
			Bänderton und -schluff	Ziegelrohstoff, Dichtungsmaterial	Brietz, Fleetmark (Altmark)
			Schotter der Mittel- und Hauptterrassen (Kiese und Sande)	überwiegend Betonzuschlagstoff	Wallendorf, Gröbzig, Tollwitz / Bad Dürrenberg
		Holstein-Warmzeit			
		Elster-Kaltzeit	**Schmelzwassersande**	vorwiegend Rohkiessand für Bauindustrie und Verkehrsbau	Zettweil südl. Zeitz
		Präelster-Kaltzeit	**Schotter der Ober-/ Präglazialterrassen (Kiese und Sande)**	Rohkiessand für Bauindustrie und Verkehrsbau, untergeordnet Betonzuschlagstoff	Edersleben, Berga, Lösau, Köplitz
Tertiär	Neogen	Pliozän			
		Miozän	Ton	Fein- und Sanitärkeramik, Ziegelrohstoff	Jüdenberg (Tonhalde Golpa-N)
			Quarzsand	Gießereisand und sonstiger Spezialsand	Nudersdorf, Kläden
	Paläogen	Oligozän	Ton	Dichtungsmaterial, (Ziegelrohstoff)	Möckern, Vehlitz, Kleinzerbst, Köthen
		Eozän	Ton	Fein- und Sanitärkeramik, Feuerfestindustrie	Brk.-Tgb. Profen, Grana, Roßbach, Gerlebogk
			Quarzsand	Gießereisand und sonstiger Spezialsand	Brk.-Tgb. Profen
			Kiessand	Betonzuschlagstoff, Rohkiessand	Prießnitz, Teuchern, Osterfeld, Grana, Brk.-Tgb. Profen
			Kaolin	Fein- und Sanitärkeramik	Morl, Etzdorf, Spergau
		Paläozän	Ton	Dichtungsmaterial	Eisleben

stratigraphische Zuordnung landesbedeutsamer Kiessand-Gewinnungsstellen (Tab. 1).

Im Jahre 2007 betrug die Gesamtförderung an Steine- und Erden-Rohstoffen in Sachsen-Anhalt aus 202 Gewinnungsstellen rund 43,4 Mio. t. Mit 15,7 Mio. t (36,2 %) aus 152 Gewinnungsstellen haben Kiessande daran den größten Anteil (Stedingk et al. 2005). Dem Erkundungsgrad der Kiessandlagerstätten, als wichtigstem Massenbaurohstoff Sachsen-Anhalts, kommt dadurch eine vorrangige Bedeutung zu.

3.1.2.2 Geologischer Rahmen

Die Stratigraphie des Quartärs in Mitteldeutschland basiert in erster Linie auf der Untergliederung in kaltzeitliche Schotterterrassen und interglaziale Sedimente. Es handelt sich um klimatisch kontrollierte Ablagerungen. Sie stellen Unterbrechungen einer fortlaufenden Einschneidung der Flüsse dar. Vereinfacht können sechs Phasen fluviatiler Kiesakkumulation unterschieden werden, von denen drei Terrassen unter kaltzeitlichen Bedingungen vor der Elster-Kaltzeit abgelagert wurden. Jeweils mindestens eine Terrasse kann den darauf folgenden Kaltzeiten Elster-, Saale- und Weichsel-Kaltzeit zugeordnet werden. In diesem Beitrag erfolgt ausschließlich eine Betrachtung der drei letztgenannten Kaltzeiten sowie die Kiessandablagerungen des Holozäns.
Die Geröllzusammensetzungen dieser Kiesakkumulationen werden dabei wesentlich durch den geologischen Untergrund der Einzugsgebiete der rezenten und fossilen Flusssysteme bestimmt.

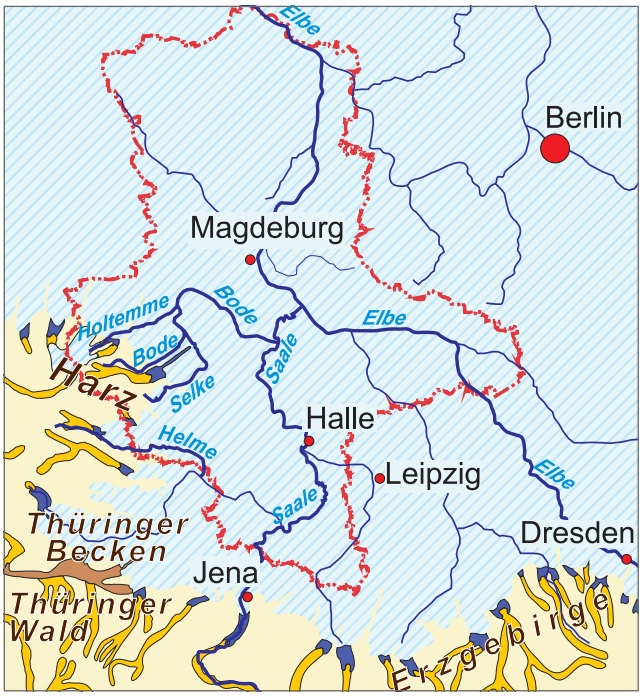


Abb. 1 Maximale Ausdehnung des elsterzeitlichen skandinavischen Inlandeises - (Zwickauer Phase). Das Inlandeis (blau) bedeckt den Unterharz bis in eine Höhe von 450 m NN und vereinigt sich wahrscheinlich mit kleineren Gletschern des Gebirges (verändert nach Eissmann 1997). Durch das Vorrücken des Eises kommt es zur Aufarbeitung und Umlagerung vorher abgelagerter Lockersedimente (Terrassen-gelb, Talsander-dunkelbraun, Stauseen - dunkelblau schraffiert) (verändert nach Stiefel et al. 2005).

3.1.2.2.1 Ablagerungen der Elster-Kaltzeit

Das kontinentale Inlandeis drang nach Eissmann (1997) während der Elster-Kaltzeit in zwei Eisvorstößen, die als Zwickauer Phase (1. Glazialer Zyklus, Abb. 1) und Markranstädter Phase (2. Glazialer Zyklus) bezeichnet werden, von N oder NE nach Westsachsen, das Thüringer Becken und die Oberlausitz vor.

Der Vorstoß des Elstereises hinterließ tiefe Rinnen sowie extrem mächtige und komplizierte Sedimentkomplexe. Nach dem Abschmelzen des Eises füllten Schmelzwässer und Flüsse des Erzgebirges die Täler. Die tief eingeschnittenen glaziären Rinnen wurden von Schmelzwassersedimenten, glazilimnischen Schluffen und Tonen, Flussschottern, sowie Brocken von Geschiebemergel/-lehm und großen Blöcken verfüllt. Glazifluviatile und fluviatile Kiese wurden während des Eisabschmelzens in NW-Sachsen, der Lausitz und im Elbtal abgelagert (Eissmann, 2002). Die Schotter der elsterzeitlichen Terrassen der einzelnen Flusssysteme unterscheiden sich deutlich voneinander. Der nordische Anteil ist meist gering. Er beträgt im Süden Sachsen-Anhalts ca. 2-5 %, in der Mitte ca. 5-10 % und im Norden 10-20 %. Für Saale-Unstrut-Schotter sind Gerölle von Muschelkalk, Vulkanite des Thüringer Waldes und Sedimente des Thüringer Schiefergebirges typisch. Für die Schotter der elsterzeitlich nördlich von Leipzig und bei Bitterfeld vereinten Weißen Elster und Mulde sind Gerölle von Graniten des Erzgebirges, sowie Granulite und Vulkanite aus NW-Sachsen charakteristisch. Dagegen sind die Kiese des Berliner Elbelaufs reich an Quarzgeröllen und führen Basalt, Kreidesandsteine, Granite, Vulkanite, Quarzite und Grauwacken als weitere Geröllkomponenten. Bedingt durch nachfolgende Abläufe sind die Ablagerungen der Elsterterrassen teilweise erodiert.

3.1.2.2.2 Sedimente des Saalekomplexes

Nach Eissmann (2002) führten extensive Talverbreiterungen und intensive fluviatile Kiesakkumulation zwischen dem Ende des Holstein-Interglazials und dem Saale-Eisvorstoß zur Ablagerung der Hauptterrassen. Vom Leipziger Tiefland bis zum Mittellauf der Elbe trennen die Hauptterrassen – im Allgemeinen horizontal geschichtete, grobkiesige, grobsandige Ablagerungen; fächer-

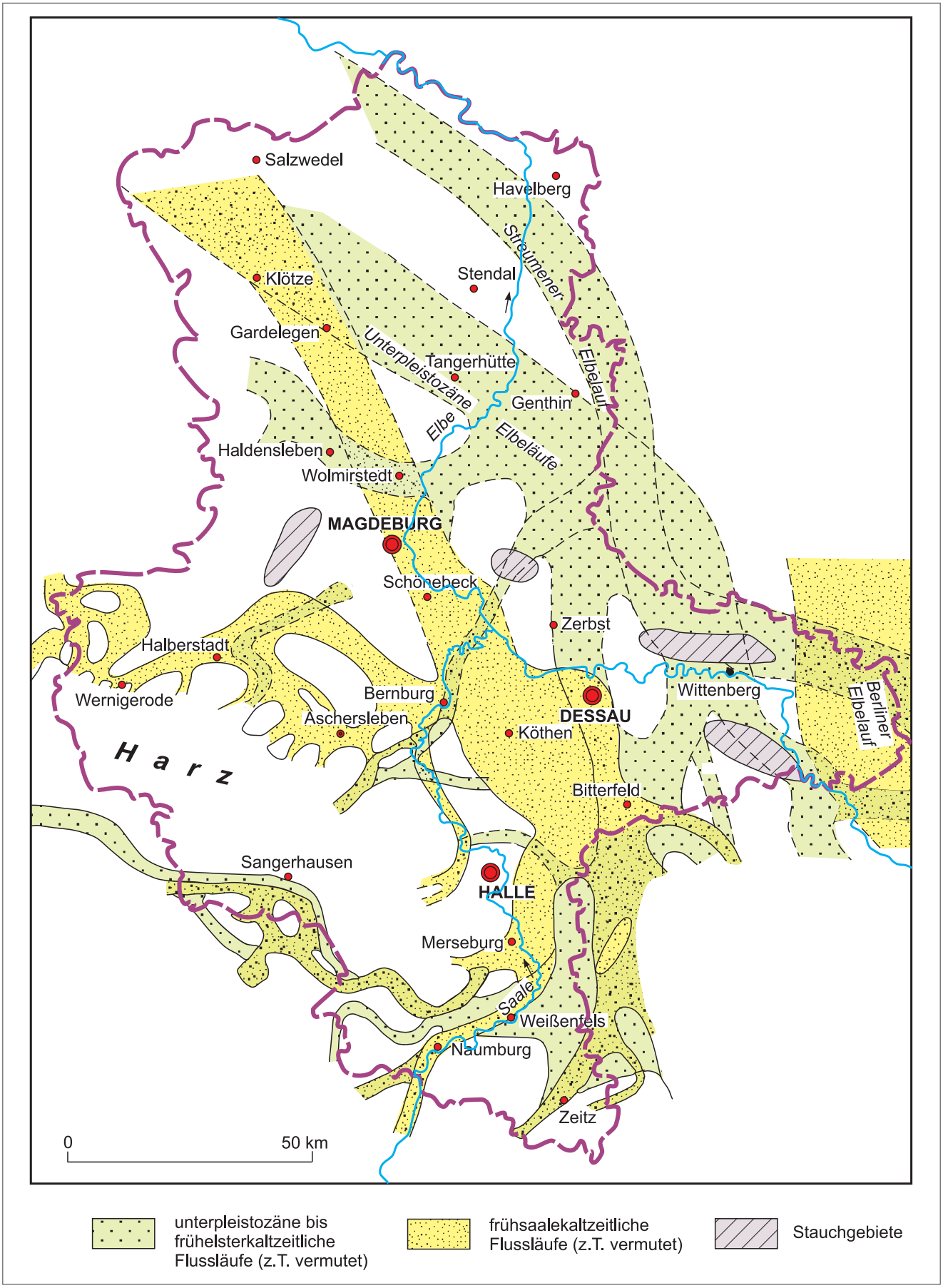


Abb. 2 Entwicklung der Flusssysteme und Terrassenablagerungen in Sachsen-Anhalt vom Unterpleistozän bis zum frühen Saale-Komplex (verändert nach Litt & Wansa 2008).

artig bis max. 20 m mächtig - die elsterglazialen von den saaleglazialen Schüttungen. An den Mittelläufen der Elbe, Mulde und Saale sind diese Kieskörper nur noch reliktisch erhalten. Deren Oberflächen befinden sich heute etwa 5-20 m über der Aue. Der Vorstoß des kontinentalen Inlandeises des Saale-Komplexes erfolgte in zwei Phasen (Zeitzer-Leipziger- und Fläming-Phase) und führte, wie in der Elster-Kaltzeit, zu blockierten Tälern und zur Bildung von Eisstauseen. Das Abschmelzen des Saaleeises erfolgte sehr schnell. Im Elbtal wurden die Schotter der Saalehauptterrasse durch Schmelzwasser der Warthevereisung und Erosion durch die Elbe abgetragen (Eissmann 2002).

3.1.2.2.3 Ablagerungen der Weichsel-Kaltzeit

Während der Weichsel-Kaltzeit herrschten in Mitteldeutschland periglaziale Klimakonditionen. Die Eisrandlage des kontinentalen Inlandeises erreichte während des Eismaximums den nordöstlichen Rand Sachsen-Anhalts. Die Niederterrassen der Mitteldeutschen Flüsse bildeten sich im Flachland von der frühen Weichsel-Kaltzeit bis zum Eismaximum und wurden währenddessen periodisch erodiert. Örtlich bilden sie noch immer mächtige Kieskörper, welche heute 5-8 m über der Flutebene der Flüsse auftreten und 10-15 m mächtig sein können (Eissmann 1981). Andernorts sind sie erodiert und werden überlagert von Sedimenten des Holozäns. Vollständig erhalten, besteht die Niederterrasse im basalen Bereich aus grobsandigen Kiesen, im oberen Bereich aus feinkörnigen Schichten, die sich hauptsächlich aus Sand mit Zonen von abwechselnd Sand und Kies zusammen setzen (Eissmann 1994).

Abb. 3 Gewinnen einer Mischprobe aus der Abbauwand.

3.1.2.2.4 Sedimente des Holozäns

Die holozänen alluvialen Sedimente lagern in der Regel auf Schottern der reduzierten Niederterrassen (Eissmann 1994). Die holozänen Schotter werden durch Lateralerosion innerhalb der Aue um- und abgelagert. Das Ausgangsmaterial bilden Schotter der Niederterrasse. Die holozänen Schotter unterscheiden sich deshalb lithologisch nicht von den weichselzeitlichen Niederterrassenschottern und sind in diese eingeschachtelt (Eissmann & Litt 1994). Sie bestehen aus frostmarkenfreien Sanden und Kiesen, die oft reichlich Holz führen. Im Hangenden werden sie von bis zu 5 m mächtigem Auelehm überlagert. Die komplexe Ausformung der quartären Flusssysteme und ihrer Ablagerungen (lagerstättenbildend) in Sachsen-Anhalt vom Unterpleistozän bis zum frühen Saale-Komplex zeigen Litt & Wansa (2008) (Abb. 2).

3.1.3 Überblick über die beprobten Kiessandgewinnungsstellen und Ablagerungsräume

Es wurden Rohkiesproben aus Kiessand-Gewinnungsstellen an den rezenten Flussläufen der Elbe, Saale, Mulde, Elster, Bode/ Selke/ Holtemme (Harznordrand) und Helme (Harzsüdrand) analysiert. Die Proben stammten dabei überwiegend aus Ablagerungen der Niederterrassen und Hauptterrassen sowie aus Schmelzwasserablagerungen der Elster- und Saale-Kaltzeiten.

Einschränkungen für die Auswahl der Probenentnahmepunkte ergaben sich vor allem durch die Standorte der in Abbau stehenden Kiessand-Gewinnungsstellen und zugänglichen Lagerstättenfelder. Da die Probenahme in Abstimmung mit dem Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt und den jeweiligen Betreibern der Kiessand-Gewinnungstellen erfolgte, wurden mit einer Ausnahme ausschließlich Gewinnungsstellen innerhalb von Sachsen-Anhalt bemustert. In den Abbaustellen wurde die aktuelle Abbauwand (Abb. 3) oder, in den Fällen, in denen dies nicht möglich war, die Rohkieshalde beprobt (Abb. 4).

Abb. 4 Probenahme aus unterschiedlichen Rohkieshalden der gleichen Gewinnungsstelle. Das obere Bild zeigt den hellen Rohkies aus dem oberen Nutzhorizont, das untere Bild den dunklen Rohkies aus dem unteren Nutzhorizont. Beide wurden separat analysiert.

Die Abb. 5 zeigt die Verbreitung von quartären Kiesvorkommen in Sachsen-Anhalt mit den Standorten der beprobten und untersuchten Kiessand-Gewinnungsstellen.

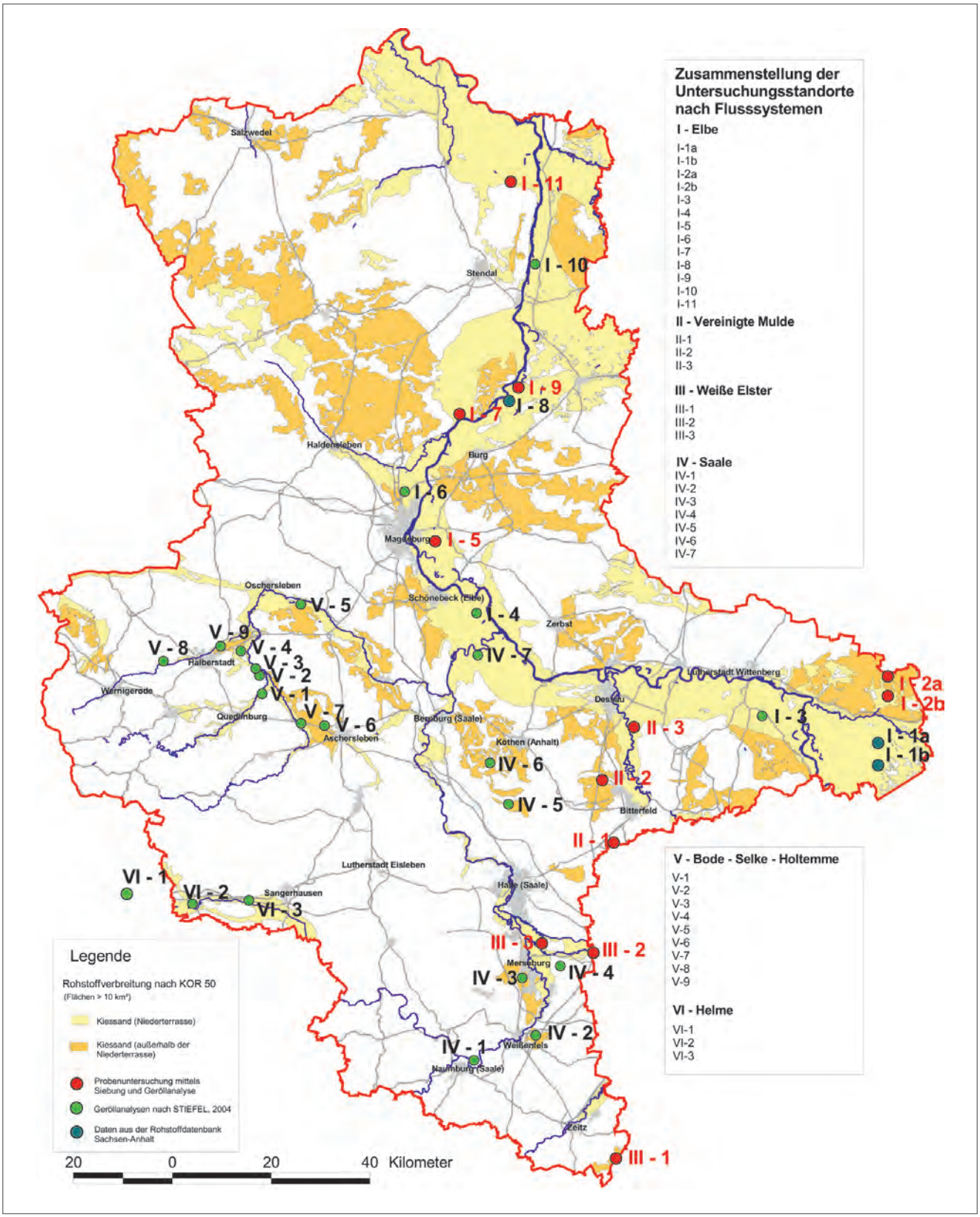


Abb. 5 Lage der Rohkies - Probenahmepunkte an den wichtigsten Flusssystemen Sachsen-Anhalts mit Verbreitung der quartären Kiesvorkommen (verändert nach Erickson 2007).

3.1.4 Methode und Kontrolle

3.1.4.1 Probenmenge und petrographische Analyse

Die statistisch gesicherte Bestimmung der Geröllzusammensetzung, insbesondere der ungeeigneten Komponenten, stellte eines der Hauptziele der vorliegenden Arbeiten dar. Für die Fraktionen 4/8 mm, 8/16 mm und 16/31,5 mm wurden jeweils 10 Hauptkomponenten und 6 ungeeignete Komponenten unterschieden. Daher musste - um statistisch gesicherte Ergebnisse ableiten zu können und den nach der DIN 4226-1 - und in die V6/2003-33 des LBB übernommene - für ungeeignete Bestandteile festgelegten Grenzwert von 0,5 M-% in zertifizierten Lieferkörnungen zu beachten - eine große Anzahl an Geröllen bestimmt werden. Die Anzahl der auszuzählenden Gerölle für die petrographische Analyse muss im Durchschnitt mindestens 5000 Körner pro Probe betragen. Dem entspricht eine Probenmenge von 3 kg (Stiefel 2004).

Damit die Ergebnisse der Geröllanalyse als repräsentativ für die Gesamtprobe gelten konnten, wurde nach der von Stiefel (2004) beschriebenen Methode (s.u.) die Kornverteilung innerhalb der Fraktionen 4/8 mm, 8/16 mm und 16/31,5 mm mit einbezogen. Dazu wurde die jeweilige Probenmenge der unterschiedenen Fraktionen anhand der prozentualen Anteile der drei einzelnen Kornbereiche an der Gesamtmasse, bezogen auf 3 kg Probenmenge, berechnet.

Beispiel:
Nach der Siebung und dem anschließenden Auswiegen ergibt sich für die Fraktionen 4/8 mit 10 kg, die 8/16 u. 16/31.5 mit je 5 kg, eine Gesamtmasse von 20 kg. Der daraus resultierende prozentuale Anteil der Fraktionen ist demzufolge 4/8 = 50%, 8/16 = 25% u. 16/31,5 = 25%. Die so ermittelten Masse-% der Gesamtprobe (4/31,5) werden auf die festgelegten 3 kg Gesamtanalysekörnung bezogen. Daraus ergibt sich für 4/8 = 50% = 1,5 kg, 8/16 = 25% = 0,75 kg, 16/31,5 = 25% = 0,75kg.

Die petrographische Geröllanalyse wurde am LAGB durchgeführt. Die Bestimmung der Fraktionen 4/8 mm und 8/16 mm erfolgte z.T. mit einem Binokular. Nach einer groben Vorsortierung, wurden die Gerölle sowohl trocken, als auch unter Wasserbedeckung, für die Unterteilung in die Gesteinskategorien untersucht. Die einzelnen Gerölle wurden der Ritzprobe mit dem Messer und dem Karbonattest mit HCl unterzogen. Mit einer Kneifzange konnte, zur näheren Bestimmung, eine frische Bruchfläche an den Geröllen geschaffen werden. Für die Abscheidung von magnetithaltigen Geröllen wurde ein Magnet genutzt. Die Gerölle wurden in die einzelnen Kategorien sortiert, ausgezählt und nach Trocknung auf einer Feinwaage gewogen.

Nach der DIN 4226-1 und V6/2003-33 erfolgte die Zusammenfassung und Unterteilung in folgende Kategorien:

(I) Hauptkomponenten
- Quarz
- Quarzit
- Kieselschiefer
- Grauwacke
- sonstige paläozoische Sedimente
- mesozoische Sandsteine
- Vulkanite
- Kristallingestein
- Feuerstein
- Kalkstein

(II) Ungeeignete Komponenten
- Kreidekrustenflinte
- quellfähige Ton- und Schluffsteine
- Eisenverbindungen
- organische Bestandteile
- sonstige ungeeignete Bestandteile

3.1.4.1.1 Hauptkomponenten

Quarz und Quarzit
Die Unterscheidung zwischen Quarz und Quarzit erwies sich teilweise als schwierig. Allgemein wurde zugunsten der Kategorie Quarz nach folgenden Kriterien entschieden:
- es liegt ein monomineralisches Gefüge (ausschließlich aus Quarz) vor und/oder
- der überwiegende Anteil (mindestens > 70%) besteht aus Quarz und
- es ist keine Kornstruktur erkennbar, die das Gestein als ehemaliges Sediment ausweist.

Kieselschiefer
In der Kategorie Kieselschiefer wurden Gesteine zusammengefasst, die
- ein kryptokristallines Gefüge und
- keinen muscheligen Bruch an den Abbruchkanten aufweisen.

Grauwacke sonstige paläozoische Sedimente
Die Unterscheidung zwischen den Kategorien Grauwacke und sonstige paläozoische Sedimente (Abb. 6) war oft schwierig, besonders in der Fraktion 4/8 mm. Im Zweifel wurde das Geröll eher der Kategorie sonstige paläozoische Sedimente zugeordnet. Zugunsten der Kategorie Grauwacke wurde aber eindeutig entschieden, wenn
- die Gesteinsmatrix überwiegend (mindestens > 50%) aus Tonstein und Gesteinsbruchstücken besteht,
- keine Schieferung oder eindeutige Schichtung im Gestein erkennbar ist und
- der Gesteinsverband eine relativ hohe Festigkeit aufweist.

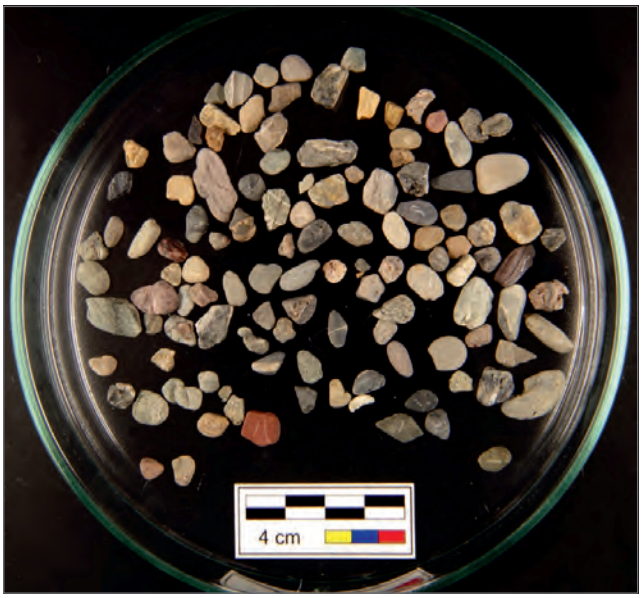


Abb. 6 Sonstige paläozoische Sedimente (geeignet) der Fraktion 4/8 mm (aus Erickson 2007).

Mesozoische Sandsteine
In die Kategorie mesozoische Sandsteine fielen Gesteine,
- die überwiegend und erkennbar (mindestens > 50%) aus der Fraktion Sand bestehen,
- die nicht von Überzügen aus Eisenoxiden dominiert werden,
- deren Kornverband eine mittlere Festigkeit aufweist.

Sandsteingerölle mit geringer Festigkeit, die bei mechanischer Beanspruchung sofort zerfielen, wurden der Kategorie ungeeignete Ton- und Schluffsteine zugeordnet.

Vulkanite
Unter der Kategorie Vulkanite wurden alle Gerölle zusammengefasst, die ein rhyolitisches / porphyrisches Gefüge aufwiesen. Es wurde keine Unterscheidung zwischen sauren und basischen Vulkaniten, sowie zwischen einheimischen Vulkaniten und skandinavischen Vulkaniten vorgenommen. Die Einteilung erwies sich im Allgemeinen als einfach und eindeutig.

Kristallingestein
Die Kategorie Kristallingestein umfasst alle Gesteine, die
- ein kristallines oder metamorphes Gefüge aufweisen und
- kein rhyolithisches / porphyrisches Gefüge erkennen lassen sowie
- nicht von Quarz dominiert werden (mindestens < 30%).

Dazu gehören in erster Linie saure und basische Plutonite, aber auch Metasedimente, andere Metamorphite und Gerölle, die ausschließlich aus Feldspäten bestehen. In der Fraktion 4/8 mm war es in einigen Fällen schwer, eine Unterscheidung zu den Kategorien Grauwacke (Kristallingerölle) und Quarzit zu treffen.

Feuerstein
In die Kategorie Feuerstein wurden alle Gesteine mit
- kryptokristallinem Gefüge,
- muscheligem Bruch und
- ohne dominierende Kalkkrusten oder Verwitterungserscheinungen (mindestens < 50%)

eingeordnet.

Kalkstein
Zu der Kategorie Kalkstein wurden alle Gesteine gezählt die
- mit HCl eindeutig mit Brausen reagierten und
- die bei mechanischer Belastung und unter Wassereinwirkung einen festen Gesteinsverband aufwiesen.

Dazu gehörten sowohl nordische, als auch einheimische Kalksteine und Dolomite. Eine weitere Unterteilung in nordische und einheimische Kalksteine wurde nicht vorgenommen.

3.1.4.1.2 Ungeeignete Geröllkomponenten

Weil der Fokus der Arbeit auf der Untersuchung der ungeeigneten Komponenten lag, werden diese im Folgenden näher beschrieben. Nach DIN 4226-1 sowie V6/2003-33 des LBB liegt der Grenzwert für die ungeeigneten Komponenten in der güteüberwachten Lieferkörnung bei max. 0,5 M-%.

Weiche und poröse Kalksteine
Den ungeeigneten Kalken wurden poröse und/oder weiche Kalksteine und Kalkmergelsteine, sowie Kalkkrusten unterschiedlichster Gesteine zugeordnet. Ihnen gemeinsam ist ihre geringe Härte und/oder ihre niedrige Gesteinsdichte.

Schäden: Unter Wasseraufnahme kommt es zur Volumenvergrößerung der Kalksteingerölle mit der Folge von Abplatzungserscheinungen am Beton.

Kreidekrustenflinte
Der Kategorie der Kreidekrustenflinte wurden Feuersteine mit einer auffälligen Verwitterungs-/ Kalkkruste, die mindestens 50% des Gerölls umgibt, zugeordnet.

Schäden: Die SiO_2-Kruste ist alkaliempfindlich. Es kommt zu einer Alkali-Kieselsäure-Reaktion im alkalischen Milieu des Betons. Die Folge sind Treiberscheinungen, die letztlich zur vollständigen Zerstörung des Betons führen können.

Quellfähige Ton- und Schluffsteine
In die Kategorie der ungeeigneten Ton- und Schluffsteine wurden Gerölle, die eine geringe Festigkeit aufwiesen und/oder einen hohen Anteil quellfähiger anorganischer Bestandteile (in erster Linie Tonminerale und Gips) enthielten, eingeordnet. Dazu zählten neben Ton- und Schluffsteinen auch paläozoische Tonschiefer, die an

den glimmerreichen Trennflächen spalteten, schwach verfestigte Sandsteine und oft massenhaft auftretende Aggregate von Geschiebemergel und –lehm, die unter Wassereinfluss zu Ton, Schluff, Quarz und unterschiedlichen Gesteinsbruchstücken mit Korngrößen < 3 mm zerfielen (Abb. 7).

Abb. 7 Weiche und quellfähige Ton- und Schluffsteine der Fraktion 4/8 mm.

Eisenverbindungen
In der Kategorie Eisenverbindungen wurden Pyrite, Markasite und Eisengeoden aus Limonit, Hämatit und anderen Fe-Verbindungen, außerdem glaukonit-, magnetit- und manganhaltige Gerölle und Phosphorite zusammengefasst. In der Fraktion 4-8 mm waren die betreffenden Gerölle oft erst nach genauerer Untersuchung mit der Kneifzange eindeutig dieser Kategorie zuzuordnen. Es wurden dieser Kategorie auch Gerölle zugeordnet, die von Krusten aus Mangan- oder Eisenmineralen dominiert werden (mindestens 50%).

Nach DIN 4226-1 sowie der V6/2003-33 des LBB liegt der Grenzwert in der güteüberwachten Lieferkörnung für die Kategorie der Eisenverbindungen je nach Einsatzort bei ≤ 0,5 M-% im Beton für Deckschichten und bei **≤ 0,25 M-% im Kappen- und Sichtbeton**, da es zu störender Rostfahnenbildung kommen kann.

Ungeeignete organische Verbindungen
Die Kategorie der ungeeigneten organischen Verbindungen umfasste fossile Holz- und Kohlebruchstücke. Ihnen gemeinsam sind ihre geringe Dichte und ihre Quellfähigkeit bei Wasserzufuhr. Die Zuordnung erwies sich als unkompliziert und eindeutig.

Nach DIN 4226-1 sowie V6/2003-33 des LBB liegt der **Grenzwert in der güteüberwachten Lieferkörnung** für diese Kategorie generell bei **≤ 0,02 M-%**.

Sonstige ungeeignete Bestandteile
In die Kategorie sonstige ungeeignete Bestandteile fielen überwiegend Vulkanite mit geringer mechanischer Festigkeit. Insbesondere sind dies stark verwitterte oder alterierte Porphyre, die besonders bei Wasserzufuhr oder unter geringem mechanischen Druck zerfallen.

Hierzu zählte aber auch verwittertes Kristallingestein, welches bei geringer mechanischer Belastung, meist unter Wasserzufuhr besonders an den Glimmermineralflächen und anderen alterierten Mineralen zerfiel bzw. zerbrach.

3.1.4.2 Kontrolle (unabhängige Überprüfung der eigenen Analytik)

Um die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse der eigenen Geröllanalysen zu gewährleisten, führten zwei Fremdlabore geröllanalytische Kontrolluntersuchungen an etwa der Hälfte der Proben durch. Einerseits wurden hierdurch bereits untersuchte Proben durch das Kontrolllabor erneut geröllanalytisch ausgewertet (Stiefel 2004). Andererseits wurden Kontrolluntersuchungen einer zusätzlichen Probe aus der gleichen Mischprobe durchgeführt (Erickson 2007). Dadurch konnten systematische Fehler, die sich aus der unterschiedlichen Gesteinsansprache des Bearbeiters ergeben, verdeutlicht werden und die Varianz der Untersuchungsergebnisse von verschiedenen Bearbeitern für eine gleiche Mischprobe exemplarisch betrachtet werden.

Die Ergebnisse der verschiedenen geröllanalytischen Untersuchungen aus der gleichen Mischprobe weichen insgesamt nur wenig voneinander ab. Sie zeigen, sowohl bei den Korn- als auch bei den Masseprozentanteilen, den gleichen Trend im Gehalt der einzelnen Komponenten. Als Ursache für die fast in allen Analysen auftretenden Unterschiede bei den Komponenten paläozoische Sedimente, Grauwacken und Sandstein sind systematische Fehler anzunehmen. Die Ursache hierfür dürfte in der unterschiedlichen Gesteinsansprache der verschiedenen Bearbeiter liegen (Karpe & Stedingk 2002) und betrifft auch die Komponenten Quarz und Kristallingestein.

*Bei der Kontrollanalytik wurden **ungeeignete Vulkanit-, sowie ungeeignete Kristallingesteine nicht gesondert unterschieden,** sondern den geeigneten Vulkaniten und Kristallingesteinen zugeordnet. Dies ist eindeutig die Erklärung für den geringeren Anteil ungeeigneter Komponenten in der Analytik des Fremdlabors.*

3.1.5 Auswertung und Kartendarstellung

Die Daten, die aus der geröllanalytischen Untersuchung gewonnen wurden, stellten die Basis für alle folgenden Auswertungen dar. Auf der Grundlage der Ergebnisse der Auszählungen wurden die prozentualen Korn- und Masseanteile für die Siebfraktionen berechnet, so dass die Ergebnisse in Form von Säulendiagrammen für jede analysierte Probe der untersuchten Gewinnungsstellen dargestellt werden konnten. Zusammenfassend wurden die Ergebnisse der geröllanalytischen Voll untersuchungen (Masseprozente der Siebfraktion 4/31,5 mm) für jede Gewinnungsstelle in Form von doppelten Kreisdiagrammen dargestellt. Abb. 8 zeigt beispielhaft ein solches doppeltes Kreisdiagramm. Der äußere Ring stellt den prozentualen Anteil der Hauptkomponenten an der Gesamtmasse dar. Der innere Ring stellt den jeweiligen prozentualen Anteil der unterschiedenen ungeeigneten Komponenten bezogen auf den Gesamtmasseanteil aller ungeeigneten Bestandteile dar. Zur Verdeutlichung erscheint der Gesamtmasseanteil der ungeeigneten Komponenten als Zahl unter bzw. neben den Kreisdiagrammen.

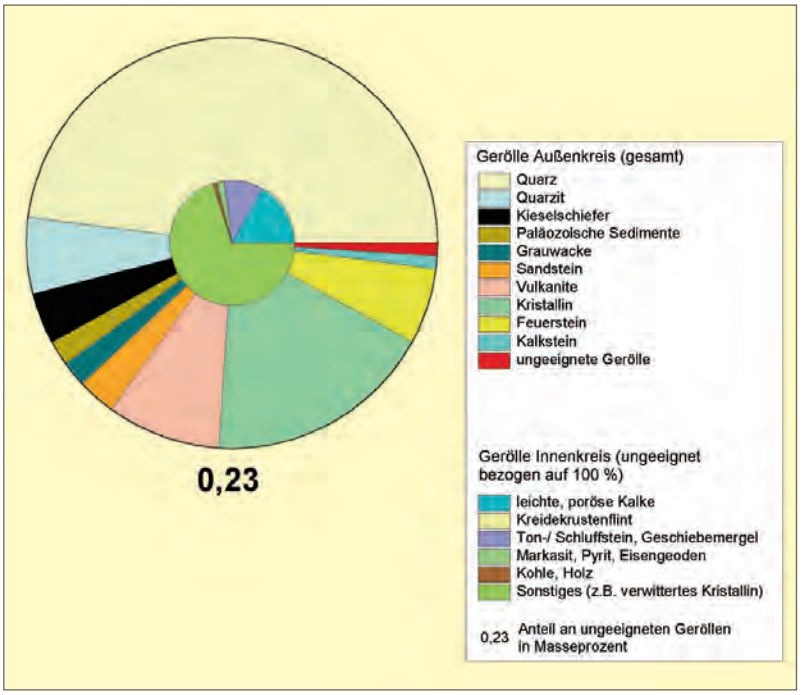


Abb. 8 Beispiel für ein in der Rohstoffübersichtskarte verwendetes doppeltes Kreisdiagramm (Erickson 2007).

Alle in der vorliegenden Arbeit geröllanalytisch untersuchten Gewinnungsstellen sowie die von Stiefel (2004) untersuchten Proben und ausgewählte Kennwerte aus der Rohstoffdatenbank des LAGB fanden Eingang in die Karte im Maßstab 1: 300 000. Abb. 9 zeigt beispielhaft die Untersuchungsergebnisse (Kornband 4 - 31,5 mm) für den Ablagerungsraum der Elbe.

3.1.6 Geröllzusammensetzung an Beispielen

3.1.6.1 Hauptkomponenten der Haupt- und Niederterrassenablagerungen

Zusammenfassend zeigt sich, dass es flusstypische Geröllassoziationen in den Terrassenablagerungen aller untersuchten Flusssysteme (Abb. 10) gibt. Hierbei lassen sich die flussspezifischen Geröllspektren wie folgt charakterisieren:

Bode, Selke und Holtemme:
Die Rohkiese aus diesen Nieder- und Hauptterrassen weisen erwartungsgemäß hohe Gehalte an paläozoischen Sedimenten, Grauwacken, Kieselschiefern und Kristallingesteinen aus dem Harz auf. Der Quarzgehalt ist dagegen relativ niedrig (Stiefel 2004).

Helme:
Die Rohkieszusammensetzungen werden im Wesentlichen durch das geologisch sehr heterogene Liefergebiet bestimmt und zeigen ein beinahe chaotisches Bild. Bedingt durch Querschüttungen aus dem Harz und vom Kyffhäuser dominieren petrographisch sehr unterschiedliche Komponenten. Z.B. dominieren in räumlicher Nähe zum Ilfelder Becken Kieselschiefer- und Vulkanitgerölle. Im weiteren Flusslauf nimmt der Anteil an Vulkanitgeröllen zugunsten von Quarzit und Kristallin ab (Stiefel 2004).

Elbe:
Das Geröllspektrum von Rohkiesen aus den Niederterrassenablagerungen zeigt einen mit dem Flusslauf abnehmenden Quarzgehalt und zunehmenden Kristallingestein-, Vulkanit- und Feuersteingehalt. Generell sind relativ wenig paläozoische Sedimente und Grauwacken vorhanden (Stiefel 2004, Erickson 2007).

Weiße Elster/ Luppe:
Die Geröllspektren von Rohkiesen aus Niederterrassenschottern zeigen sehr hohe Quarzgehalte, die mit dem Flusslauf abnehmen. Der Gehalt an Vulkaniten, Kristallin und Feuersteinen ist niedrig. Es treten keine Kalksteine auf. Der Anteil an Kieselschiefern und paläozoischen Sedimenten ist gegenüber den Gehalten im Bereich der Mulde und Elbe etwas höher, der Anteil an Grauwacken deutlich höher (Erickson 2007).

Saale:
Die Analysen von Rohkiesen aus Hauptterrassenschottern zeigen einen mit dem Flusslauf zunehmenden Quarz- und Kristallingesteingehalt. Im nördlichen Bereich nimmt die Ähnlichkeit der Hauptterrassenschotter der Saale mit denen

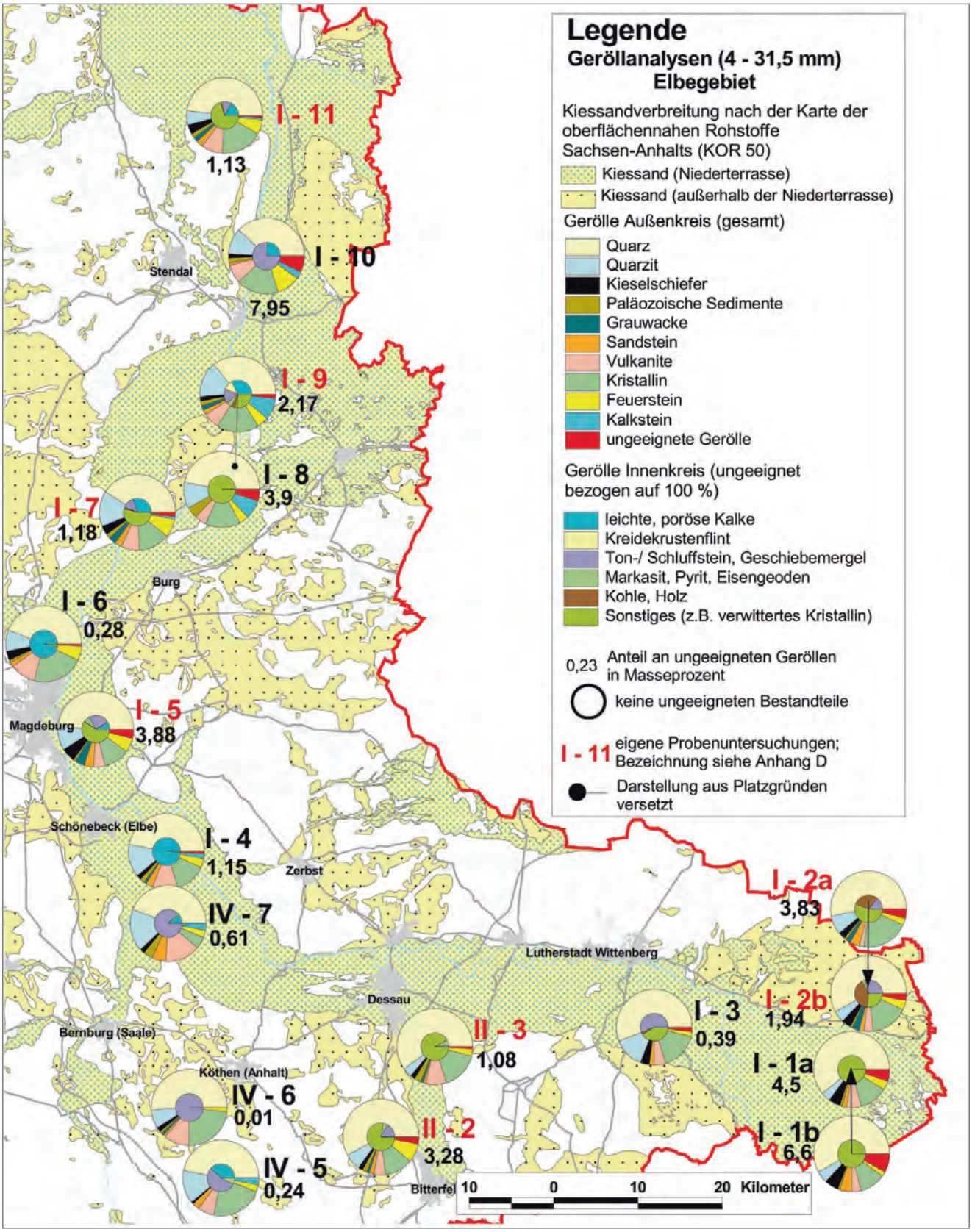


Abb. 9 Ergebnisse der geröllanalytischen Untersuchungen im Mittellauf der Elbe. Der Kartenausschnitt zeigt auch die flächige Verbreitung der quartären Kiessandablagerungen (Erickson et al. 2008).

der Mulde zu. Im südlichen Bereich zeigt sich jedoch eine Geröllzusammensetzung, die stark durch das südlichere Liefergebiet der Saale bestimmt ist und viele Kalksteingerölle und Vulkanitgerölle enthält (Stiefel 2004, Erickson 2007).

Mulde:
Das Geröllspektrum der Rohkiese aus Hauptterrassen oder Ablagerungen ähnelt dem der Saale. Im Bereich der Niederterrasse entspricht das Geröllspektrum bis auf den höheren Quarzgehalt fast dem der Elbe (Erickson 2007).

te von Geschiebemergel/ -lehm, auf, die aus der Überdeckung, Zwischenmitteln oder dem Liegenden mitgefördert werden.

Kreidekrustenflint konnte nur vereinzelt in geringen Mengen in Gewinnungsstellen an der Elbe sowie im Ablagerungsraum der Bode/Selke/Holtemme identifiziert werden. Abb. 11 zeigt die Verteilung der ungeeigneten Komponenten in den Rohkiesen der untersuchten Flusssystemen.

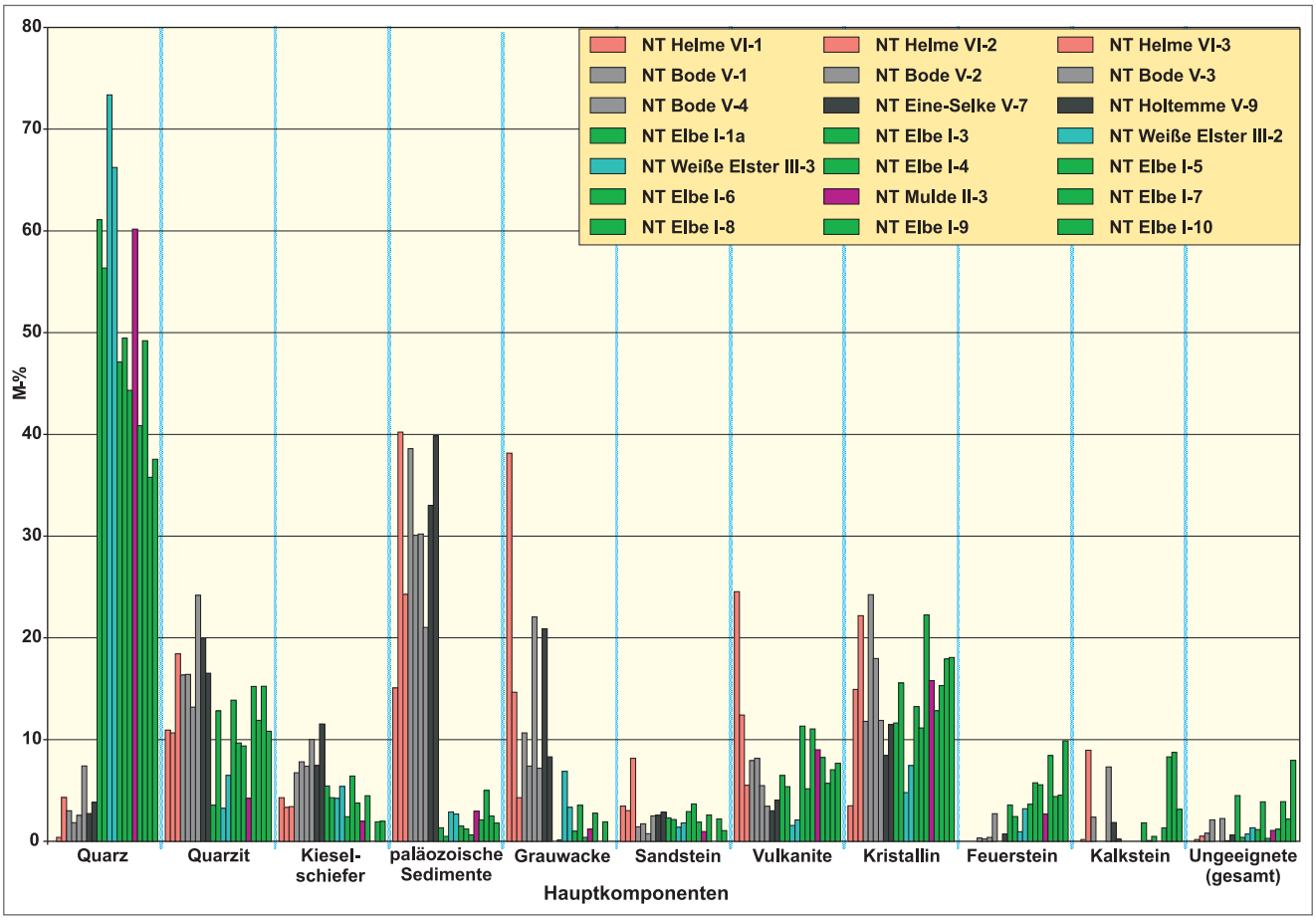


Abb. 10 Geröllzusammensetzung von Rohkiesen aus Niederterrassenschottern im Ablagerungsraum der Hauptflusssysteme Sachsen-Anhalts (Erickson et al. 2008 verändert).

3.1.6.2 Ungeeignete Komponenten der Haupt- und Niederterrassenablagerungen

Sonstige ungeeignete Komponenten in Form von ungeeigneten Vulkanit- und Kristallingesteingeröllen stellen in den überwiegenden Gewinnungsstellen den Hauptteil der ungeeigneten Geröllkomponenten. Weiche und poröse Kalke machen in vielen Gewinnungsstellen der Bode/Selke/Holtemme, der Saale und der nördlichen Elbe den Hauptanteil an ungeeigneten Bestandteilen aus. Quellfähige anorganische Bestandteile kommen in allen Gewinnungsstellen vor. In sehr großer Anzahl treten diese an der Elbe, fast ausschließlich als Aggrega-

Flussspezifische Zusammenfassungen

Elbe:
Im Ablagerungsraum der Elbe lassen sich vergleichsweise hohe Gehalte an ungeeigneten Komponenten beobachten. Dabei machen ungeeignete Gerölle von Kristallingestein und Vulkaniten in den Proben vieler Abbaufelder einen Anteil von über 50 % der Ungeeigneten aus. Organische Bestandteile, häufig als Xylith, treten in allen Gewinnungsstellen auf. Weiche Kalke kommen nur in den nördlicheren Gewinnungsstellen vor, die in ihrem Geröllspektrum auch Kalkstein als Hauptkomponente enthalten. Geringere Mengen an Eisenverbindungen kommen in den Proben aller Lagerstättenfelder vor.

Mulde:
Bei den ungeeigneten Komponenten an der Mulde dominieren in allen untersuchten Lagerstättenfeldern die sonstigen ungeeigneten Komponenten (i.W. Vulkanite und Kristallingestein). Die untersuchten Abbaustellen führen keine Kreidekrustenflinte. In allen Lagerstättenfeldern treten vernachlässigbar kleine Mengen an Eisengeoden auf. Eine Gewinnungsstelle führt geringe Mengen weicher Kalke sowie Holz/Kohle.

Weiße Elster/ Luppe:
Alle untersuchten Kiessand-Gewinnungsstellen enthalten vergleichsweise wenig ungeeignete Bestandteile. Der höchste Gehalt beträgt 1,74 M-%. Den größten Anteil hieran hat mit 77% ungeeignetes Kristallingestein. Weiterhin sind quellfähige Ton- und Schluffsteine zu beobachten, in einer Gewinnungsstelle insbesondere in Form von weichen Ton- und Schluffsteinen, sowie zerfallenden Sandsteinen, die aber den, für Lieferkörnungen festgelegten Grenzwert nicht überschreiten. In allen Abbaustellen gibt es geringe Masse-Anteile an Eisenverbindungen. Der Anteil an weichen Kalken und Kreidekrustenflinten ist in den Lagerstättenfeldern im Raum der Weißen Elster, wenn vorhanden, vernachlässigbar gering. Holz oder Kohle waren nicht nachweisbar.

3.1.6.3 Regionale Verteilungen ausgewählter Einzelkomponenten

Mit nur geringem Aufwand ermöglicht die geschaffene Datenbasis eine landesweite Übersicht über die Verteilungen wichtiger bzw. sensibler Einzelkomponenten. Die Abb. 12 und 13 zeigen die praktische Anwendbarkeit der Daten für die Herstellung von Übersichtskarten z.B. für Feuerstein/ Kreidekrustenflint sowie Kalkstein/ ungeeignete Kalksteine.

Feuerstein/ Kreidekrustenflint
Feuersteine treten in Rohkiesen aus Kiessandgewinnungsstellen Sachsen-Anhalts häufig in Massenprozenten unter 10 % auf. Die Verbreitung korreliert erwartungsgemäss mit der maximalen Ausdehnung des Elsterglazials und nimmt nach Norden hin zu.

Bedenkliche Kreidekrustenflinte treten dagegen nur in vereinzelten Gewinnungsstellen an der Elbe sowie im Ablagerungsraum der Bode/ Selke/ Holtemme auf. Abb. 12 zeigt die Anteile von Feuerstein und Kreidekrustenflint in Rohkiesproben Sachsen-Anhalts.

In den Gewinnungsstellen, in deren Rohkies Kreidekrustenflinte nachgewiesen werden konnten, liegt der Masse-

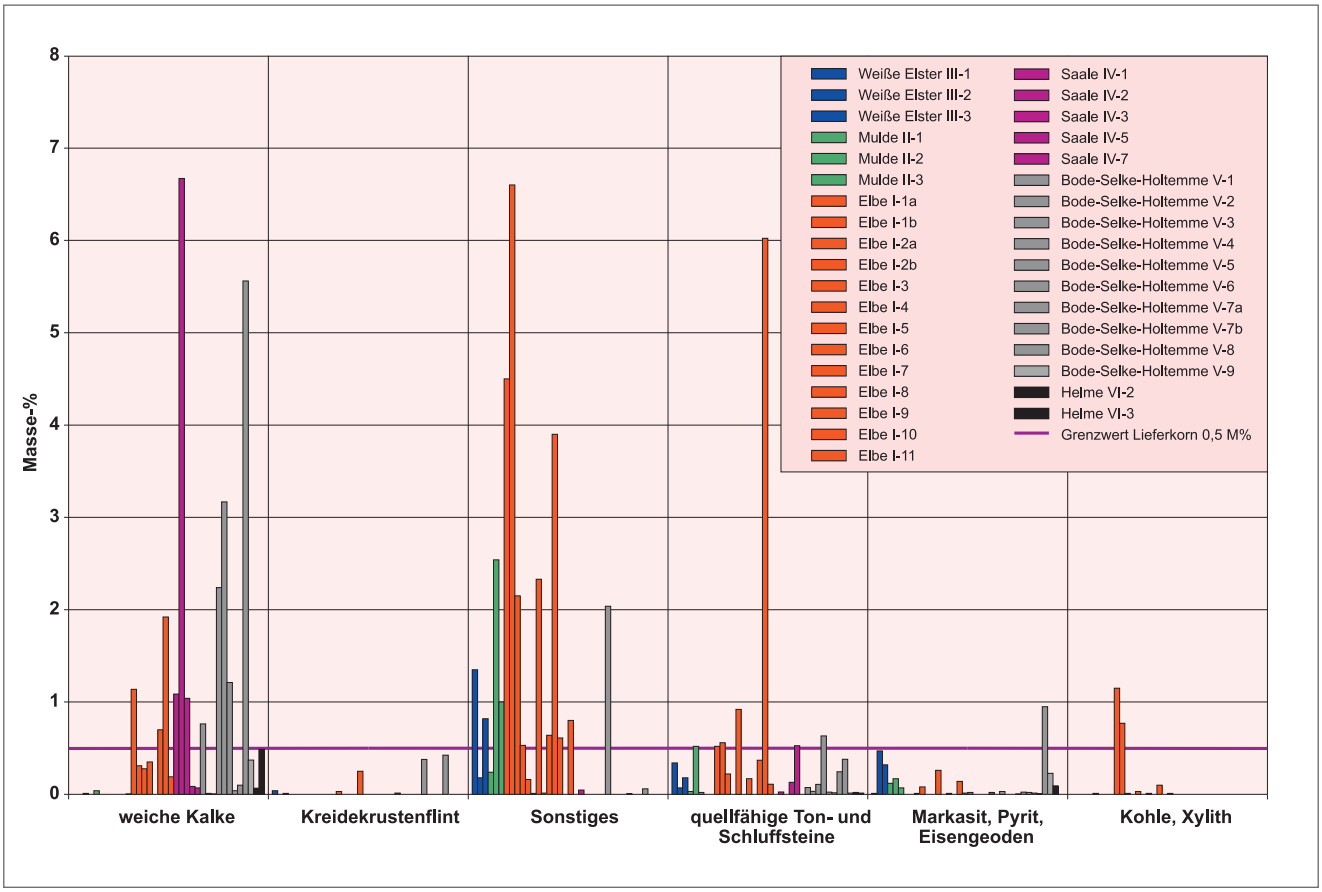


Abb. 11 Verteilung der ungeeigneten Komponenten in Rohkiesproben aus den Ablagerungsräumen der wichtigsten Flusssysteme Sachsen-Anhalts (Kornband 4-31,5 mm) (Erickson et al. 2008 verändert).

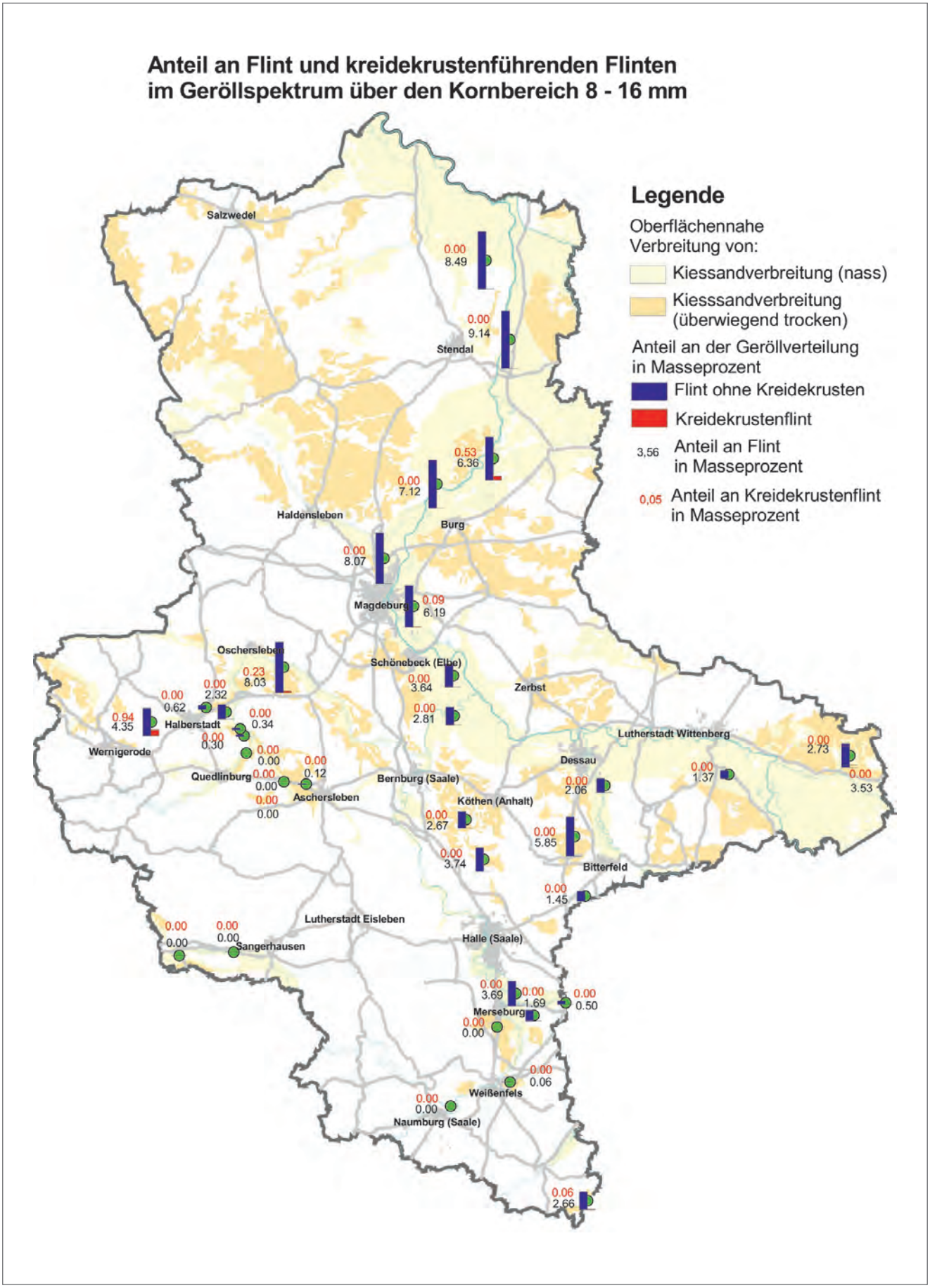


Abb. 12 Verteilung von Feuerstein und Kreidekrustenflinten in Kiessandgewinnungsstellen Sachsen-Anhalts (8-16 mm).

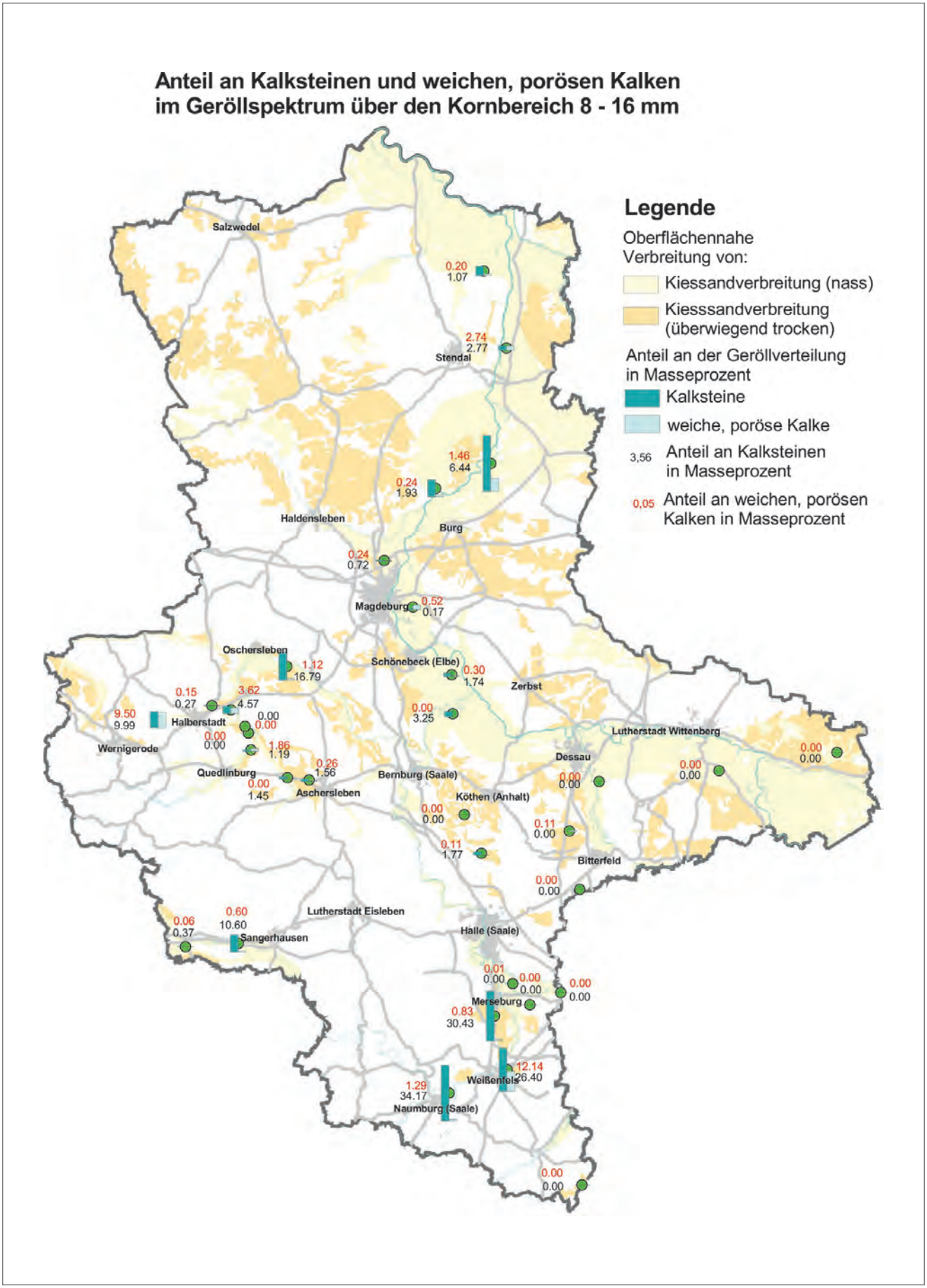


Abb. 13 Verteilung von Kalkstein und ungeeigneten Kalken in Kiessandgewinnungsstellen Sachsen-Anhalts (Korngrösse 8-16 mm).

Anteil der Kreidekrustenflinte immer unter dem für die Lieferkörnung geforderten Grenzwert von 0,5 M-%. Daraus ergibt sich, dass Kreidekrustenflinte in den Rohkiesen Sachsen-Anhalts keinen signifikanten Anteil haben.

Kalkstein/ ungeeignete Kalksteine
Ungeeignete Kalksteine kommen fast ausschließlich in Gewinnungsstellen vor, die in ihrem Geröllspektrum auch geeignete Kalksteine führen. Dies betrifft den Ablagerungsraum der Saale, der Bode/ Selke/ Holtemme und des nördlichen Elbelaufs. Viele Rohkiesproben weisen in der Kornklasse 4-8 mm Gehalte von über 0,5 M-% weicher und/ oder poröser Kalksteine auf, vereinzelt sind es bis zu 12 M-%.

3.1.6.4 Stand und Ausblick

Nachdem Stiefel (2004) erstmals statistisch gesicherte Vollanalysen der natürlichen Geröllzusammensetzungen von in Abbau stehenden Kiessand-Gewinnungsstellen für die wichtigsten Flusssysteme in Sachsen-Anhalt vorgelegt hat, vervollständigen die mit der Arbeit von Erickson (2007) gewonnenen Erkenntnisse die Übersicht zur Petrographie der Kiessande in Sachsen-Anhalt. Die petrographischen Kennwerte konnten soweit verdichtet werden, dass nun für die lagerstättenwirtschaftlich interessanten Ablagerungsräume konkrete Daten vorliegen. Die praktische Anwendung der Daten lässt auch landesweite Übersichten der Verteilung wichtiger oder sensibler Komponenten oder die Prognose zu erwartender Geröllzusammensetzungen in neuen Baufeldern zu.

Den aktuellen zusammengefassten Kenntnisstand der Petrographie von Rohkiesen in Sachsen-Anhalt gibt die Rohstoffgeologische Übersichtskarte „Geröllzusammensetzung ausgewählter Kiessandlagerstätten Sachsen-Anhalts“ im Maßstab 1:300 000. Diese Karte ist bei Bedarf im Landesamt für Geologie und Bergwesen einsehbar.

Für die Zukunft wäre mit gleicher Methodik eine Ausweitung der Untersuchungen und länderübergreifende Betrachtung der natürlichen Rohkieszusammensetzungen sinnvoll. Der Schwerpunkt sollte hierbei auf dem weiteren Verlauf der Elbe nach Norden und Süden, der Zwickauer und Freiberger Mulde, sowie dem Teil der Weißen Elster in Sachsen und Thüringen liegen.

Um den beschriebenen Schwierigkeiten bei der Zuordnung ungeeigneter Vulkanitgerölle, Kristallingesteine und anderer problematischer Komponenten entgegenzuwirken, wird empfohlen, die Prüfnormen um die Kategorie der ungeeigneten Bestandteile zu erweitern.

Literatur

Eissmann, L. (2002): Quarternary geology of eastern Germany (Saxony, Saxon-Anhalt, South Brandenburg, Thüringia), type area of the Elsterian and Saalian Stages in Europe, in Quarternary Science Reviews **21**, 11, 1275-1346.

Eissmann, L. (1994): Grundzüge der Quartärgeologie Mitteldeutschlands (Sachsen, Sachsen-Anhalt, Südbrandenburg, Thüringen). – Altenbg. nat. wiss. Forsch., **7**, 55-135.

Eissmann, L. (1981): Periglaziale Prozesse und Permafrostst rukturen aus sechs Kaltzeiten des Quartärs. – Altenbg. nat. wiss. Forsch., **1**, 1-171.

Eissmann, L. & Litt, T. (1994): Klassische Quartärfolge Mitteldeutschlands von der Elstereiszeit bis zum Holozän unter besonderer Berücksichtigung der Stratigraphie, Paläoökologie und Vorgeschichte (Exkursion B1). – Altenb. nat. wiss. Forsch., **7**, 250-356.

Erickson, K.P. (2007): Lagerstättengeologische Bewertung von Kiessandablagerungen in Sachsen-Anhalt auf der Grundlage geröllanalytischer Untersuchungen.- Dipl.-Arb. MLU Halle, 100.S. (unveröff.).

Erickson, K.P., Präger, R. & Stedingk, K (2008): Lagerstättengeologische Bewertung der Kiessandablagerungen Sachsen-Anhalts.- in: Tagungsband 7. Baustoffkolloquium, BTU Cottbus, im Druck.

Karpe, P. & Stedingk, K. (2002): Petrographische Zusammensetzung von ausgewählten Kiessandlagerstätten und Gesteinskörnungen in Sachsen-Anhalt.- in: Rohstoffbericht 2002 – Verbreitung, Gewinnung und Sicherung mineralischer Rohstoffe in Sachsen-Anhalt.- Mitt. z. Geologie von Sachsen-Anhalt, Beiheft **5**, 31-46, Hrsg.: Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt, Halle (Saale).

Litt, T. & Wansa, S. (2008): Quartär.- in: Geologie von Sachsen-Anhalt, 293-325, Stuttgart.

Stedingk, K., Präger, R. & Karpe, P. (2005): Rohstoffgewinnung in Sachsen-Anhalt (Steine, Erden & Industrieminerale). – in: Rohstoffbericht 2005, Mitteilungen zu Geologie und Bergwesen von Sachsen-Anhalt, **9**, 15-53, Halle (Saale).

Stiefel, T. (2004): Regionalgenetische Interpretation von Kiessandlagerstätten in Sachsen-Anhalt auf der Grundlage ihrer petrographischen und sedimentologischen Zusammensetzung.- Dipl.-Arb. MLU Halle (unveröff.).

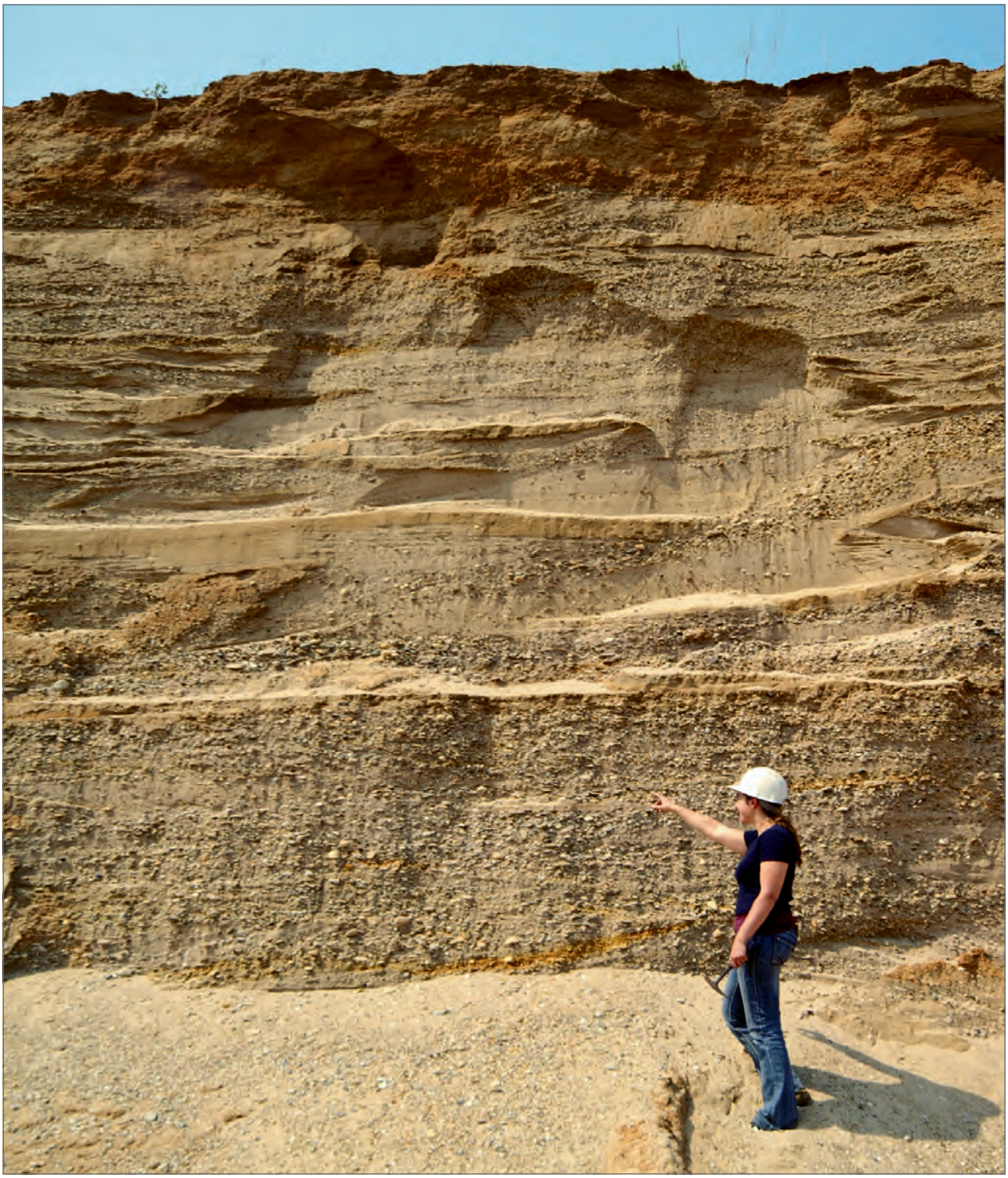
Stiefel, T., Karpe, P. & Präger, R. (2005): Geröllanalytische Untersuchungen an ausgewählten Kiessandlagerstätten Sachsen-Anhalts und ihre Konsequenz für die Qualitätssicherung.- Mitt. z. Geologie und Bergwesen von Sachsen-Anhalt, Band **9**, 137-168., Halle (Saale).

Stiefel T. & Stedingk, K. (2007): Regionalgenetische Interpretation von Kiessandlagerstätten in Sachsen-Anhalt.- in: Tagungsband 6. Baustoffkolloquium, TU Bergakademie Freiberg, 167-194, Freiberg.

Karten

Landesamt für Geologie und Bergwesen (2008): Geröllzusammensetzung ausgewählter Kiessandlagerstätten Sachsen-Anhalts im Maßstab 1:300 000.- 1 Karte, Halle (Saale).

Landesamt für Geologie und Bergwesen (2002): Lagerstättengeologisches Basiskartenwerk „Karte der Oberflächennahen Rohstoffe im Maßstab 1 : 50 000“ (KOR 50)- 58 Blätter, Halle (Saale).



Frühelsterzeitliche Kiessandablagerungen bei Nellschütz.

3.2 Anpassung wasseranalytischer Rahmenbedingungen für die Kiessandgewinnung– ein Fallbeispiel konstruktiver Behördenkooperation

Erhard Model[1], Karl-Heinz Rothe[2] & Kerstin Winkler[3]

3.2.1. Einführung

Rohstoffgewinnung aus dem flurnahen Grundwasserleiter führt zur Entstehung mittelgroßer bis großer und relativ flacher Baggerseen. Hierdurch wird der Grundwasserleiter dauerhaft zerstört und das Grundwasser großflächig freigelegt. Die damit verbundenen irreversiblen Veränderungen im Natur- / Wasserhaushalt bilden einen ständigen Interessenkonflikt zwischen Rohstoffwirtschaft, Umweltschutz und Wasserwirtschaft. Die Erhaltung der Wasserqualität stellt daher ein wichtiges Kriterium für die Genehmigungsfähigkeit von bergmännischen Abbauvorhaben dar. Für die Untersuchung der Wasserbeschaffenheit des Grund- und Oberflächenwassers gelten aus diesem Grund strenge Regelungen. Die Anträge für diese Art der Rohstoffgewinnung sind nur auf der Basis umfangreicher hydrogeologischer Einschätzungen bzw. Modellierungen genehmigungsfähig. Die hiermit verbundene Analytik wird durch Beauflagung durch die zuständigen Genehmigungsbehörden festgelegt. Die langfristige Erfassung der „Ist-Situation“ dient der Beweisführung und Eigenabsicherung des Unternehmens, verursacht diesem aber gleichzeitig erhebliche Kosten.

Für die im einzelnen durchzuführenden Untersuchungen (Parameter, Umfang) bestehen keine eindeutigen Festlegungen. Im Folgenden wird am Fallbeispiel von vier Kiessandgewinnungsstellen im Verantwortungsbereich der Kies- und Baustoffwerke Barleben GmbH & Co.KG i.W. auf der Grundlage von Unterlagen des Unternehmens eine Zusammenstellung und Bewertung aller verfügbaren Daten vorgenommen. Im Ergebnis dieser Bewertung wurde auf Antrag des Unternehmens für die Jahre 2007 bis 2014 eine Präzisierung des in der Vergangenheit praktizierten Untersuchungsrahmens genehmigt.

3.2.2 Methodischer Ansatz und Zielstellung

Zum Tätigkeitsfeld des Unternehmens gehören die Kieswerke *Barleben (A), Barby (B), Barby-Süd (C) und Tornitz (D)* mit den dazugehörenden Tagebaufeldern (Tab. 1, Abb. 1). Die Rohstoffgewinnung aller Betriebe erfolgt im Bereich der Flussauen im Elbe-Saale-Dreieck und der Elbaue aus dem flurnahen Grundwasserleiter.

Unter Berücksichtigung der zu erwartenden Endspiegellagen der entstehenden Baggerseen wurde festgelegt, bzw. das Unternehmen beauflagt:

- ein den Grundwasserverhältnissen angepasstes Pegelnetz zu errichten,
- die Grundwasserstände monatlich zu messen und zu dokumentieren,
- die Grundwasserbeschaffenheit in den Pegeln und den Kiesseen einmal jährlich (Frühjahrswasserzyklus) untersuchen zu lassen und
- alle Daten der zuständigen Behörde verfügbar zu machen.

Im Anschluss an ein umfangreiches initiales Null-Messprogramm wurde entgegen der Erwartung des Unternehmens die Anzahl der zu untersuchenden Parameter in den ersten Jahren entsprechend schrittweise erhöht, obwohl die Kiessandgewinnung bislang zu keiner entscheidungserheblichen Beeinflussung des Grundwassers geführt hatte.

Tab. 1 Lage, Regionalplanerische Einstufung und Bergbauberechtigungen der untersuchten Kieswerke.

Kieswerk	Lage	Regionalplanerische Einstufung	Rechtsstatus der Mineralgewinnung
A	Elbtalaue	Vorbehaltsgebiet Rohstoffgewinnung	bergrechtlicher Rahmenbetriebsplan
B	Elbtalaue	Vorranggebiet Rohstoffgewinnung	bergrechtlicher Rahmenbetriebsplan
C	Elbtalaue / Saaletalaue	Vorranggebiet Rohstoffgewinnung, z.T. Vorbehaltsgebiet	bergrechtlicher Rahmenbetriebsplan
D	Saaletalaue	Vorranggebiet Rohstoffgewinnung	bergrechtlicher Rahmenbetriebsplan

1 Dipl.-Geol. Erhard Model, Kies- und Baustoffwerke Barleben GmbH & Co.KG, Wiedersdorferstr. 3, 39126 Magdeburg.
2 Dipl.-Geogr. Karl-Heinz Rothe, Landesbetrieb Wasserwirtschaft und Hochwasserschutz, Otto-von Guericke-Str. 5, 39104 Magdeburg.
3 Kerstin Winkler, Landesamt für Geologie und Bergwesen, Köthener Str. 38, 06118 Halle (Saale).

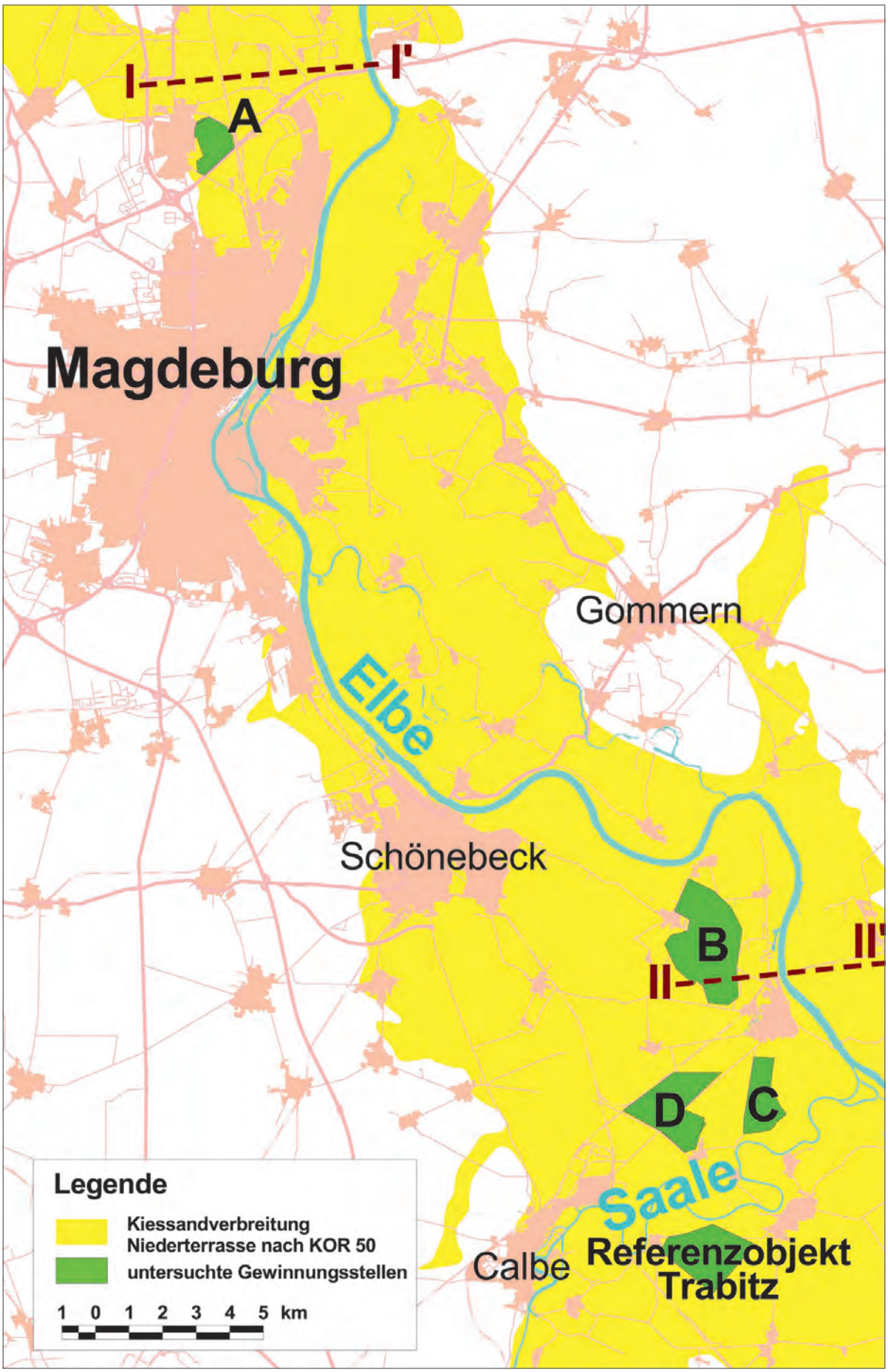


Abb. 1 Kiessandverbreitung im Elbe-Saale-Dreieck (Ausschnitt aus der Karte der Oberflächennahen Rohstoffe im Maßstab 1 : 50 000“ [KOR 50]) mit Lage der untersuchten Kiessandgewinnungsstellen (A-D) und dem Referenzobjekt Trabitz.

Durch das Unternehmen (Model 2005) wurde eine umfangreiche Auswertung aller Untersuchungsergebnisse, aufgeschlüsselt auf die einzelnen Parameter und in Anpassung an die Hydrodynamik angefertigt. Die Gliederung der Daten folgt dem Schema

Anstrombereich → Kiessee → Abstrombereich

Um die Transparenz zu erhalten und eine nachvollziehbare Vollständigkeit der verwendeten Unterlagen zu gewährleisten, wurde der gesamte Datenbestand des Unternehmens in die Auswertung einbezogen. Methodisch folgt die Analyse weitgehend systematischen Untersuchungen von repräsentativen Baggerseen in Baden-Württemberg und Bayern in Bezug auf ihren Nährstoff- und Wasserhaushalt (Pilotprojekt „Konfliktarme Baggerseen“, Beisswenger 2000) insbesondere hinsichtlich der Wechselwirkungen zwischen Baggerseen und Grundwasser. Gleichartige Untersuchungen wurden an Baggerseen in Österreich mit ähnlichen Ergebnissen durchgeführt.

Die Resultate der Untersuchungen des Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg wurden wie folgt zusammengefasst:

„In Bezug auf die untersuchten hydrochemischen Parameter zeigen die Ergebnisse, trotz der unterschiedlichen Trophiezustände der untersuchten Baggerseen, keine nachhaltigen negativen Auswirkungen der Seen auf das unterstromige Grundwasser. Auswirkungen auf die Temperatur und die Sauerstoff-Konzentrationen des Grundwassers sind auf den direkten Nahbereich beschränkt. Weiterreichende Auswirkungen auf die Grundwasserbeschaffenheit infolge der Baggerseepassage sind:

- *eine Teilenthärtung,*
- *bei oxidierenden Grundwasserverhältnissen die Verringerung der Nitrat-Konzentrationen, in geringerem Umfang der Sulfat-Konzentrationen und*
- *bei reduzierenden Grundwasserverhältnissen ein Rückgang der Eisen- und Mangan-Konzentrationen.*

Unter bestimmten Randbedingungen kann ein Baggersee somit als effektive Stoffsenke wirken und zu einer Verbesserung der Grundwasserqualität führen.“

Auch im Bereich des Elbe-Saale-Dreiecks (Referenzobjekt Trabitz) wurden 2003/2004 gleichgelagerte Untersuchungen durchgeführt (Sprenger 2005).

In Anlehnung an die systematischen Untersuchungen wird der Versuch unternommen, die auf ein Jahr angelegten Forschungsarbeiten mit gleicher Methodik auf die vorliegenden Ergebnisse der jährlichen Routineuntersuchungen o.g. vier Gewinnungsstellen auszudehnen.

Das Ziel der Analyse lag darin, auf Grundlage einer fundierten Bewertung des bisherigen Untersuchungsrahmens und -umfangs bei Präzisierung / Reduzierung und unter Vereinheitlichung des Parameterspektrums die Untersuchungsintervalle in den vier Betrieben auf folgenden Rhythmus zu reduzieren:

- *jährliches Vor-Ort-Untersuchungsprogramm,*
- *alle 2 Jahre ein Minimalprogramm,*
- *alle 4 Jahre ein Maximalprogramm.*

3.2.2.1 Geologische Verhältnisse der Gewinnungsstellen

Regionalgeologisch befinden sich die Abbaustellen B, C und D im Bereich der sog. „Weferlingen-Schönebeck-Scholle“, einem tektonischen Element der „Subherzynen Senke“. Der mesozoische Untergrund der Felder ist von Gesteinen (Tonsteine und Sandsteine) des Unteren und Mittleren Buntsandstein aufgebaut.

Südlich dieser Gewinnungsstellen sind Gesteine des Muschelkalks sowie des Röt (-Salinar) nicht ohne Einfluss sowohl auf die Petrographie des quartären Kiessandkörpers, als auch auf den obersten Grundwasserleiter. Lokale tektonisch bedingte Aufragungen mesozoischer Gesteine sind in unmittelbarer Nähe aufgeschlossen.

Über diesen Schichtenfolgen der mesozoischen Gesteine sind tertiäre Sand- und Tonfolgen abgelagert, in denen eozäne Braunkohlenflöze eingeschaltet sind. Tertiäre Tone (oligozäner Septarienton des Rupel III – IV) decken diese Braunkohlenschichten ab. Sie bilden im allgemeinen weitflächig das Liegende der quartären Sedimente und stellen eine Abdichtung zu versalzenen Tiefenwässern dar. Örtliche Stauerlücken sind nicht auszuschließen (Erosion sowie durch Verbruch der Braunkohlentiefbaue). Die an diesen Stellen möglicherweise freigelegten darunter auftretenden Sande können als Fließbahn für versalzene Tiefenwässer fungieren. Nördlich Magdeburg, auch im Bereich der Gewinnungsstelle A, befinden sich im tieferen Untergrund paläozoische Gesteine der Flechtingen-Roßlau-Scholle (Grauwacken, Grauwackenschiefer, Tonschiefer).

Über diesen Festgesteinen wurde durch umfangreiche Aufsuchungsarbeiten ein grauer bis schwarzgrauer und grünlichgrauer fetter tertiärer Ton (oligozäner Rupelton - “Septarienton“) nachgewiesen. Darüber ist eine oberoligozäne grünlichgraue, graue und schwarzgraue feinglimmerige, sandige Schluff- bzw. Sandschicht belegt, die glaukonitführend ist. Diese sog. „Magdeburger Grünsande“ sind außerdem stark von organischer Substanz (Kohleflitter) durchsetzt. Die Tertiäroberfläche – als Liegendes des wirtschaftlich genutzten Kiessandkörpers – weist ein recht differenziertes Relief auf.

Die glaukonitführenden Schluffe / Sande mit ihrem erheblichen Anteil organischer Substanz und Markasit tragen wesentlich zur hydrochemischen Beeinflussung des Grundwassers in diesem Raum bei.

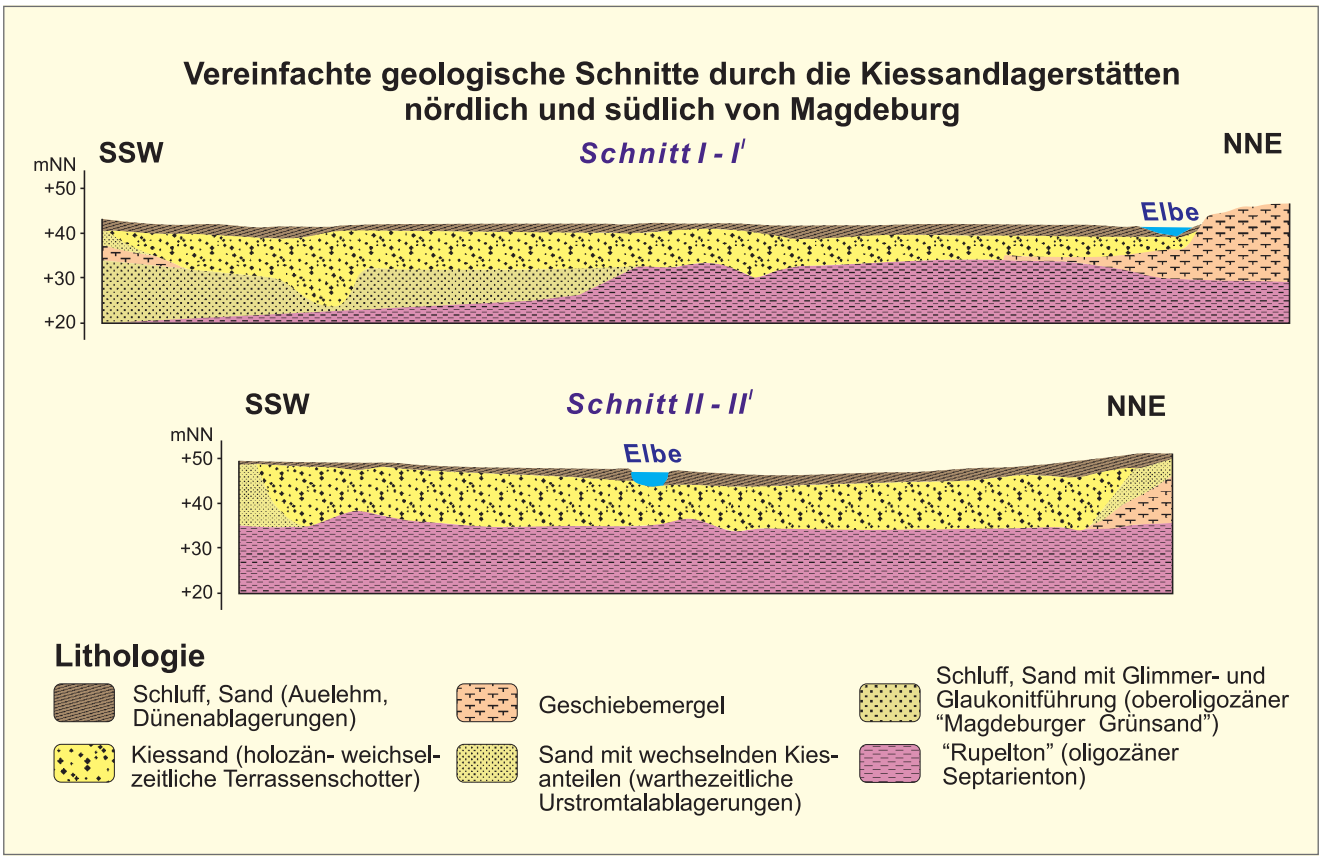


Abb. 2 Schematische Schnitte durch das Elbtal im Raum Barleben und im Elbe-Saale-Dreieck (Lage der Profillinien s. Abb. 1).

Tab. 2 Durchschnittsmächtigkeiten der Schichtenfolgen der Kieswerke A-D.

Durchschnittliche Mächtigkeit (m)	A	B	C	D
Abraum	ca. 0,7 – 1,5	ca. 0,5 – 1,4	ca. 1,0 – 2,0	ca. 1,0 – 2,5
Kiessand	ca. 12,0	ca. 10,0	ca. 10,0	ca. 10,0
Zwischenmittel (lokal)	0,7	0,1	-	-

Gegenstand der Rohstoffgewinnung (Abb. 3) sind die im weiträumigen Areal des „Urstromtals" der Elbe und in der Saaletalaue großflächig verbreiteten fluviatilen und glazifluviatilen Kiessande (oberster Grundwasserleiter) des

- Holozän
- Weichseliums
- glazifluviatilen Saale I-Komplexes und
- Elsteriums (?)

Letztere sind nur als Erosionsrelikte vorhanden und demzufolge nur sehr lückenhaft anzutreffen.

Die Beurteilung der lagerstättengeologischen Verhältnisse erfolgte an den Untersuchungsstandorten auf der Grundlage der vorliegenden umfangreichen Aufsuchungsergebnisse und der aktuellen Aufschlussverhältnisse. Tab. 2 gibt die durchschnittlichen Mächtigkeiten

Tab. 3 Granulometrische Kennwerte der Kieswerke A-D.

Granulometrie (Gew-%)	A	B	C	D
> 2 mm	ca. 31,0	ca. 39,0	ca. 49,0	ca. 51,0
< 2 mm	ca. 69,0	ca. 61,0	ca. 51,0	ca. 49,0
Abschlämmbares	ca. 1,0	ca. 0,5	ca. 3,0	ca. 3,5
organ. Best.	lokal vorh.	gleich	gleich	gleich

Tab. 4 Petrographie der Kieswerke A-D.

Petrographie (M-%)*	A	B	C	D
Quarz	52	50	nicht ermittelt	31
Quarzit	16	26		36
paläoz. Sedimente	7	5		9
Vulkanite	6	8		12
Kristallin	6	4		1
Feuerstein	4	4		13
Kalkstein	1	2		2
Kieselschiefer	bei Quarzit mit enthalten			-

* = gerundet auf ganze Prozent

in den einzelnen Kieswerken wider. Der als Abraum eingestufte Horizont umfasst den Mutterboden und den sich darunter anschließenden Auelehm.

Der Kiessandhorizont ist in seiner Gesamtheit aufgrund seiner Bildungsbedingungen im fluviatilen / glazifluviatilen Milieu in seinem Kornspektrum horizontal und vertikal sehr wechselhaft. So konnten z.B. in der Gewinnungsstelle A insgesamt vier Sedimentationsrhythmen, die basal durch Steinsohlen gekennzeichnet sind, nachgewiesen werden. Diese sind je zur Hälfte dem Holozän bzw. der Weichsel-Kaltzeit zuzuordnen.

Abb. 3 Kiessandgewinnung mit Eimerkettenbagger. Die geringfügige Wassertrübung bleibt auf den unmittelbaren Eingriffbereich der Eimerkette beschränkt.

Die unterschiedlichen Bildungsbedingungen / Schüttungsrichtungen der Kiessande (Elbe- und Saale-Schüttungen) sind auch aus den Übersichten zur Granulometrie und Petrographie ersichtlich (Tab. 3 und 4).

Großräumig sind die Lagerungsverhältnisse unkompliziert. Die Kiessandhorizonte wechseln in den Profilen mit sehr stark kiesigen und auch gering kiesigen bis kiesfreien Horizonten unterschiedlicher Mächtigkeiten. Dieser einfache Aufbau des Rohstoffkörpers der Kiessandlagerstätten bereitet der Abbauführung keine Schwierigkeiten.

3.2.2.2 Hydrogeologie und Hydrologie

Hauptgrundwasserleiter (Porengrundwasserleiter) in allen Lagerstätten / Tagebauen sind die holozänen / pleistozänen Kiessande, die Gegenstand der Gewinnung sind. Sie bilden eine geschlossene hydrogeologische Einheit im gesamten Gebiet zwischen Elbe und Saale und auch noch jenseits dieser Vorfluter. Dieser Grundwasserleiter erreicht durchschnittliche Mächtigkeiten von 7 bis 18 m.

Die Kornzusammensetzung ist lokal wechselnd; es überwiegen jedoch grobe Sande und Kiese. Die mittlere Durchlässigkeit bewegt sich abgeleitet aus den Siebanalysen im Bereich um $k_f = 1 \cdot 10^{-3}$ m/s und größer (gute bis sehr gute Wasserwegsamkeit). Aus Kurzpumpversuchen abzuleitende k_f-Werte liegen nicht vor.

Bindige Deckschichten (Auelehm) und bindige Basisschichten des Pleistozän und Tertiär begrenzen den Grundwasserleiter im Hangenden und Liegenden.
Die Auelehme bieten wegen ihrer relativ geringen Mäch-

Tab. 5 Amtliche Grundwassermesspunkte im Bereich der Abbaustellen A-D.

	Messpunkt-Nr.					
	4037-0072/82	**4037-0010**	**4036-0003**	**4037-0003**	**3735-0073**	**3835-0168**
Höchststand (m NN)	+52,00	+53,37	+48,80	+47,28	+43,44	+44,66
Mittelwasser (m NN)	+50,40	+50,22	+49,92	+48,42	+42,45	+44,06
Niedrigstand (m NN)	+49,50	+48,48	+51,41	+40,74	+41,78	+43,58
Amplitude (m)	2,50	4,89	2,61	3,46	1,66	1,08
Repräsentanz	**D**	**C**	**B**		**A**	

tigkeit, ihres sehr wechselhaften lithologischen Aufbaus und der nahen Lage am Grundwasser nur eine geringe Schutzfunktion gegenüber dem Grundwasserleiter.

Die flurnahe Grundwasseroberfläche und die Hydrodynamik ist stark geprägt von der Wasserführung der Vorfluter Elbe und Saale (vorflutbeeinflusst). Die Hoch- bzw. Niedrigwasserführung der Vorfluter bestimmt mit zeitlicher Verzögerung die Grundwasseroberfläche:

- Vorfluter und Hauptgrundwasserleiter stehen in hydraulischer Verbindung,
- zeitweilig baut sich dadurch ein Druckwasserspiegel bzw. eine freie Grundwasseroberfläche auf,
- die Größe der Schwankung der Amplitude reduziert sich mit zunehmender Entfernung vom Vorfluter.

Grundsätzlich liegen in allen vier betrachteten Kieswerken gleiche Milieubedingungen, Gesteinszusammensetzungen, Wasserwegsamkeiten und Bedeckungen sowie gleiche Geschütztheit des Grundwassers vor.

Die zu erwartenden Maxima und Minima der Grundwasseroberfläche dokumentieren die langjährigen Messreihen folgender amtlicher Grundwassermessstellen des Landesmessnetzes Sachsen-Anhalt (Tab. 5).
Hauptvorfluter im Bereich aller Kieswerke ist die Elbe und in den Werken südöstlich Schönebeck (Salzlandkreis) auch die Saale. Eine Beeinflussung der Tagebaue erfolgt indirekt bei Rückstau von Saale und Elbe bei Hochwasser. In den Kiessandtagebauen D und C ist der Einfluss der Saale auf den Grundwasserleiter gravierend. In der Gewinnungsstelle B ist der Einfluss von Saale und Elbe deutlich, während im Kiessandtagebau A nur eine unbedeutende Beeinflussung durch die Elbe zu verzeichnen ist.

Die z. T. erheblichen Amplituden der Schwankungen Niedrigstand / Höchststand sind in erster Linie auf das Hochwasserjahr 2002 und das Trockenjahr 2003 im Elbtalbereich zurückzuführen.

3.2.2.3 Hydrodynamik

Der generelle Grundwasserabstrom erfolgt in östliche bis nordöstliche Richtung (Abb. 4). Das Grundwassergefälle ist gering und beträgt i. M. 0,4 ‰ bis 0,8 ‰. Die Grundwasserfließgeschwindigkeit ist unter Ansatz des angeführten k_f-Wertes und des Gefälles bei einer effektiven durchströmten Porosität von 0,20 (Kiessand) ca. 80 m/a.

Tab. 6 Für die Berechnung des Wasserhaushalts zu berücksichtigende Ausgangswerte.

Niederschlag (Station Schönebeck)	472 mm/a
korrigierter Niederschlag (+10%)	519mm/a
Gewässerverdunstung für tiefere Kiesseen (DWD)	710 mm/a
mittlere Bodenverdunstung (DWD)	474 mm/a
Grundwasserneubildung (DWD)	ca. 60 mm/a
Grundwasserneubildung (LHW)	ca.45 mm/a
Grundwasserzehrung (DWD)	191 mm/a
Bilanzverlust (GWN + Zehrung)	236 mm/a
Wasserstandsänderung im Grundwasser an den oberstromigen Kiesseeufern (Abbauende)	0,3 – 0,6m
Reichweite der Wasserstandsänderungen an den oberstromigen Kiesseeufern (Abbauende)	600 – 800 m

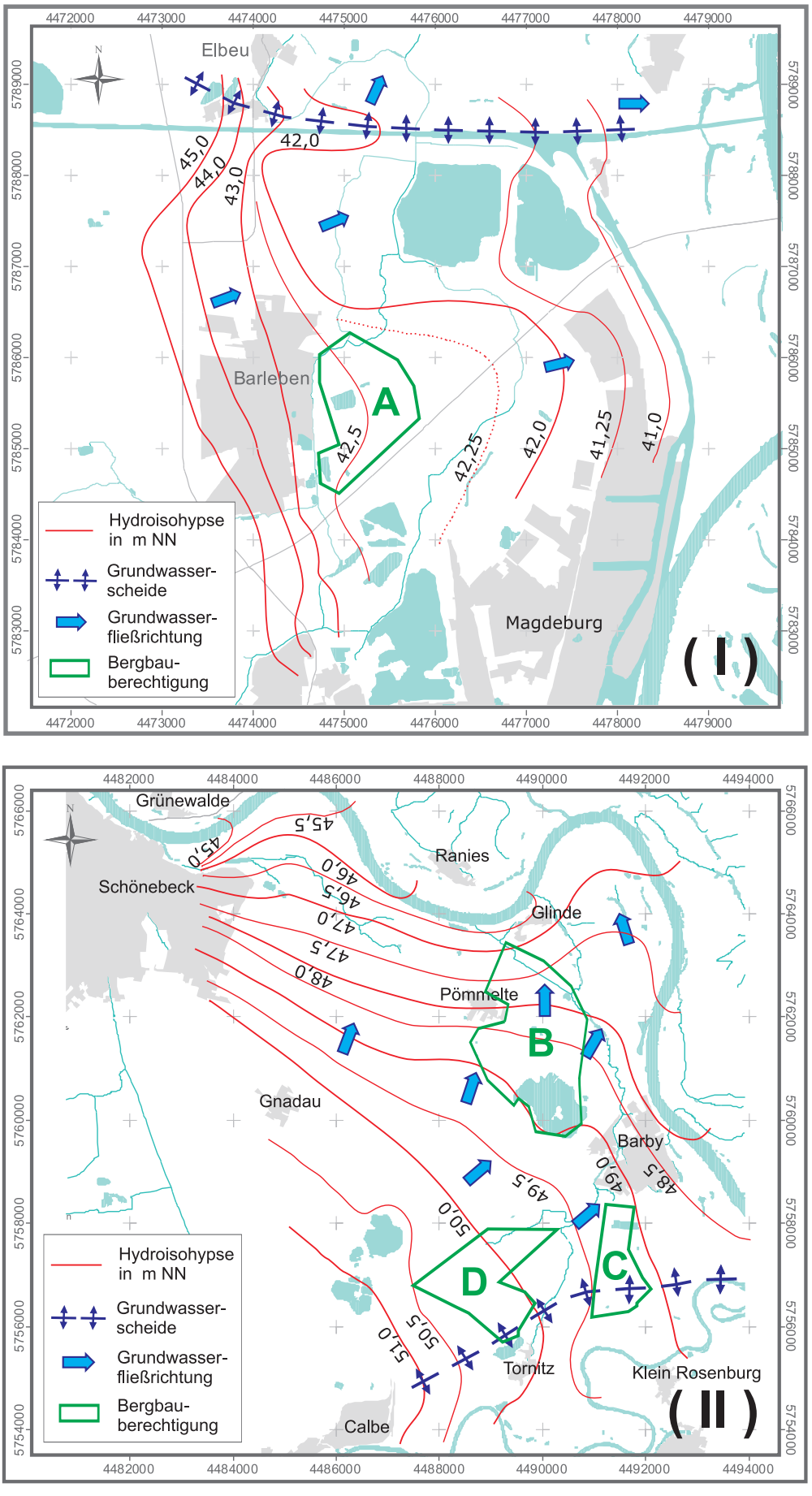


Abb. 4 Hydroisohypsen (Stichtagsmessungen) im Bereich der Kiessandtagebaue A (I) und B - D (II).

Die Baggerseen bewirken durch den Ausspiegelungseffekt im Ober- und Unterstrombereich des Grundwassers eine zusätzliche Gradientenbildung, je nach Seegröße um 0,3 bis 0,6 m. Der Eingriff in den Wasserhaushalt erfolgt durch die derzeitigen Gewinnungsarbeiten in den Kiessandtagebauen. In diesem Bereich ändert sich die Fläche der aktiven Grundwasserneubildung zu einer Fläche der Grundwasserzehrung infolge der Verdunstung über der freien Grundwasseroberfläche.

Tab. 6 zeigt die für die Berechnung des Wasserhaushalts zu berücksichtigenden Ausgangswerte.

In den Pegeln an den Standorten der Kiessandtagebaue werden über einen bisherigen Beobachtungszeitraum von etwa zehn Jahren monatlich die Wasserstände gemessen und dokumentiert. Die Ergebnisse liegen dem Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt vor. Daraus kann verallgemeinernd geschlossen werden, dass die Grundwasserstände im Rhythmus des hydrologischen Jahres wie folgt schwanken:

Winterhalbjahr:	Wasserstände in den Pegeln steigen (mehr Grundwasserneubildung, geringerer Verbrauch durch Vegetation und Verdunstung).
Sommerhalbjahr:	Wasserstände in den Pegeln sinken (geringere Grundwasserneubildung, höherer Verbrauch durch Vegetation und Verdunstung).

Es ist in allen Kiesseen und Pegeln eine gleichsinnige Absenkung (April – September) und eine moderate Erhöhung (Oktober – März) zu verzeichnen. Der Schwankungsbereich beträgt 1-2 m und bewegt sich in Extremwettersituationen (Hochwasser, Trockenperioden) in den Bereich der Extremwerte in den langjährigen Messreihen der amtlichen Pegel.

Die hydraulischen Grundlagen in den Tagebauen sind relativ einheitlich (Tab. 7).

Durch die kontinuierliche Kiessandgewinnung erweitert sich die Baggerseefläche jährlich um ca. 2 ha je Tagebau (außer C; z.Zt. keine Gewinnung).

3.2.3 Kenntnisstand und Untersuchungsumfang

3.2.3.1 Elbe – Saale – Dreieck (Referenzobjekt Trabitz)

Das FuE-Projekt – am Kiessandtagebau Trabitz auf der Grundlage der im Land Baden-Württemberg durchgeführten Forschungsarbeiten realisiert (Sprenger 2005) – ist beispielhaft für die geologischen, hydrogeologischen und hydrochemischen Verhältnisse im Bereich des Elbe – Saale – Dreiecks und für das Elbtal, somit auch für die Tagebaue A, B, C und D.

Mit folgendem Untersuchungsprogramm wurden die Veränderungen der Grundwasserbeschaffenheit bei der Baggerseepassage des Grundwassers untersucht:

- wöchentliche Messungen der Wasserstände (Bestimmung der Vor-Ort-Parameter in den Pegeln, im Baggersee und dem Absetzbecken),
- monatliche Bestimmung folgender Parameter aus Proben von Pegeln, Baggersee, Absetzbecken, Waschwasser (elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert, O_2-Gehalt, Sauerstoffsättigung, Cl, SO_4, NO_3, P_{ges}, o-PO_4, HCO_3, H_2SiO_3, NH_4, Na, K, Ca, Mg, Fe, Mn, DOC, Gesamthärte).

Die Untersuchungen am Beispielsobjekt Kiessandtagebau Trabitz führten zu dem Ergebnis, dass die Ausbreitung des Kiesseewassers mit dem abströmenden Grundwasser korreliert. Nach 500 m Fließentfernung sind keine signifikanten Unterschiede zwischen Anstomgrundwasser und Abstromgrundwasser nach-

Tab. 7 Berechnung des Grundwasseraustauschs in den Baggerseen der Kieswerke A-D.

Parameter	Kieswerk			
	A	B	C	D
k_f-Wert (m/s)	0,6 x 10^{-3}	1,0 x 10^{-3}	1,3 x 10^{-3}	1,4 x 10^{-3}
Gefälle (m)	0,005	0,006	0,004	0,005
Seetiefe (m)	10,2	7,2	6,2	7,0
Seebreite (m)	850	1850	500	900
Seelänge (m)	1250	1050	750	1050
Seegröße (m^3)	10.837.832	13.986.000	2.325.000	6.616.000
Q (m^3/a)	5.108.832	8.483.184	2.617.488	7.190.208
K (Jahre)	5,5	1,6	0,8	0,9

K = Komplettaustausch des Wasservolumens im Baggersee

weisbar. Die Gehalte an Nitrat, Phosphor, Hydrogenkarbonat, Kieselsäure, Eisen und organischem Kohlenstoff sind gegenüber dem anströmenden Grundwasser abgesenkt. Der Kiessee wirkt als Nährstoff- und Schadstoffsenke.

Diese prinzipielle Aussage stimmt mit den Ergebnissen, die bei den Untersuchungen in den alten Bundesländern erzielt worden sind, überein (Sampl 2005, Beisswenger 2000, Bertleff et al. 2000 und 2001).

Auch die Einleitung von Kieswaschwasser sowie von Feinanteilen aus der Aufbereitung in die Baggerseen führte trotz erhöhter Phosphorgehalte zu keinen Güteproblemen (bedingt durch das Adsorptionsvermögen der abschlämmbaren Bestandteile).

3.2.3.2 Untersuchungsumfang

3.2.3.2.1 Zeitraum der jährlichen Routineuntersuchungen

Die jährliche Grundwasseranalytik wurde in den einzelnen Kieswerken zu unterschiedlichen Zeitpunkten begonnen:

A ab 1997
B ab 1994
C ab 1992
D ab 1994

Die Probenahmen vor Ort sollten im Zeitraum des Frühjahrswasserzyklus (März bis Anfang Mai) erfolgen. In einigen Fällen konnte diese Forderung nicht eingehalten werden, so dass die Vergleichbarkeit der Analysenergebnisse untereinander als leicht eingeschränkt zu werten ist, jedoch ohne Einfluss bezüglich der Darstellung der grundlegenden Tendenz ist.

3.2.3.2.2 Umfang der jährlichen Untersuchungen

Die jährlichen Untersuchungen werden von der zuständigen Behörde – dem Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt – in Abstimmung mit dem ehem. Staatlichen Umweltamt (STAU) – heute Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft gegenüber dem Unternehmen mit der Zulassung der Hauptbetriebspläne bzw. Änderungen zugelassener Hauptbetriebspläne zur Durchführung verfügt. Folgende Parameter wurden in unterschiedlichem Umfang jährlich analytisch ermittelt:

Grundwassermessstellen:

Vor-Ort-Untersuchungen:
Wassertemperatur, pH-Wert, Sauerstoffgehalt, elektrische Leitfähigkeit, Redoxspannung, Gesamthärte

Laboruntersuchungen:

Nährstoffwerte:	P_{ges}, o-PO_4, NO_3, NO_2, NH_4
Alkalien/Erdalkalien:	Na, K, Ca, Mg
Metalle:	Fe_{ges}, Mn
Anionen:	Cl, SO_4, HCO_3
weitere Messgrößen:	MKW, AOX, DOC, Phenol-Index.

Kiesseen:

Vor-Ort-Untersuchungen:
pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Redoxspannung, Gesamthärte, Tiefenprofil (Temperatur, O_2, Sichttiefe im 1-m-Abstand), Klima (Lufttemperatur, Wind, Niederschlag, Bewölkung), Beurteilung der Proben (Färbung, Trübung, Bodensatz, Geruch)

Laboruntersuchungen:

Nährstoffwerte:	P_{ges}, o-PO_4, NO_3, NO_2, NH_4, TON, Chlorophyll-a
Alkalien/Erdalkalien:	Na, K, Ca, Mg
Metalle:	Fe_{ges}, Mn, Zn, Co, Cu, Pb, Ni, As, Hg, Al, Cd, Cr_{ges}
Anionen:	Cl, SO_4, HCO_3
weitere Messgrößen:	DOC, AOX, TKN, POX, TON, Phenol-Index, Cyanid, abfiltrierbare Stoffe.

3.2.4 Ergebnisse der physikalisch-chemischen Wasseruntersuchungen

Die jährlichen Analysenergebnisse wurden von den ausführenden Labors an den Grenzwerten der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) gemessen. An dieser Stelle werden die Grenzwerte der TrinkwV 2001 als Auswahl entsprechend dem bisherigen Untersuchungsprogramm angeführt (Tab. 8).

Aufgabe der Kiesbetriebe ist es, aus dem Bodenschatz Rohkiessand mittels Aufbereitung wirtschaftlich verwertbare Gesteinskörnungen herzustellen. Sie tangieren daher lediglich durch ihre Arbeit im gleichen Grundwasserleiter mögliche Interessen und Verwaltungszuständigkeiten der mit Trink- und Grundwasser befassten Behörden. Weiterhin ist festzuhalten, dass u.a. aufgrund der Wasserqualität des oberen Grundwasserleiters im ehem. Landkreis Schönebeck (Salzlandkreis) zwei Wasserwerke ihre Versorgungsaufgaben eingestellt haben (derzeitige Versorgung aus dem Fläming). Entscheidend hierfür war der geogene Hintergrund.

Generell sollte daher die TrinkwV *nicht* als Bewertungsgrundlage für die jährlichen Routineuntersuchungen dienen, sondern die darin fixierten *Grenzwerte nur orientierenden Charakter* haben.

Tab. 8 Grenzwerte gemäß Trinkwasserverordnung 2001 (Auswahl).

Parameter	Grenzwert (mg/l)	Begründung
Aluminium	0,2	
Arsen	0,01	möglicher Austrag von As aus Metalllegierungen
Blei	0,01	Überwachung nur wenn pH-Wert <7,4
Cadmium	0,005	bei Stagnation von Wasser in Rohren aufgenommene Cd-Verbindungen
Chrom	0,05	Umrechnung von Chromat auf Cr
Kupfer	2,0	Überwachung nur wenn pH-Wert <7,4
Nickel	0,02	Überwachung nur wenn pH-Wert <7,4
Quecksilber	0,001	
Eisen	0,2	geogen bedingte Überschreitungen bis zu 0,5 mg/l außer Betracht lassen
Mangan	0,05	geogen bedingte Überschreitungen bis zu 0,2 mg/l außer Betracht lassen
Natrium	200,0	
Chlorid	250,0	Wasser soll nicht korrosiv wirken
Sulfat	240,0	
Ammonium	0,5	geogen bedingte Überschreitungen bis zu 30 mg/l außer Betracht lassen
Nitrat	50,0	betrifft nur Werte Ausgang Wasserwerk; Summe NO_3 in mg/l geteilt durch 50 und NO_2 in mg/l geteilt durch 3 darf nicht größer sein als 1 mg/l
Nitrit	0,5	
PAK	0,0001 = 0,1 µg/l	polyzyklische aromatische KW
TOC	-	organisch gebundener Kohlenstoff keine Analysenmethodik festgelegt
Oxidierbarkeit	5 mg/l O_2	
pH-Wert	≥ 6,5 bis ≤ 9,5	bei ≥ 7,7 keine weiteren Maßnahmen erforderlich , Wasser sollte nicht korrosiv wirken
elektrische Leitfähigkeit	2500 µS/cm^{-1} bei 20°C	Wasser sollte nicht korrosiv wirken

3.2.4.1 Hydrochemische Grundlagen

In den Baggerseen wird das freigelegte Grundwasser durch Sonnenlicht und Windbewegung erheblich beeinflusst. Weiterhin spielen komplexe chemische und biologische Prozesse für die Grundwasserbeschaffenheit eine bedeutende Rolle. Eine Besonderheit der Kiessande des Saale- und Elbtales sind lokal Horizonte mit organischem Material (kohlige Kiessande, kohlige Laub- und Holzreste). Der Abbau des organischen Materials führt zu geringen bis fehlenden O_2-, NO_3- und SO_4-Konzentrationen und zu erhöhten Fe-, Mn-, NH_4- und H_2S-Konzentrationen.

Die Redox-Bedingungen wechseln in den Baggerseen räumlich und zeitlich. Wichtige Prozesse sind hier Nitrifikation und Denitrifikation, Sulfidoxidation, Eisenoxidation sowie Oxidation von Sulfidschwefel durch Nitrat. Weiterhin wirken Oxidations-, Hydratations- und Ionenaustauschvorgänge sowie mikrobielle Umsetzungen.

Hydrochemische Reaktionen treten petrographisch bedingt auch innerhalb der Gesteinskomplexe im Auelehm (Abraum), Kiessand (Grundwasserleiter / Rohstoffkörper) und im Septarienton bzw. den „Magdeburger Grünsanden“ (Grundwasserstauer / Liegendes des Nutzbaren) aufgrund des Grades ihrer Zersetzung auf. Durch

Tab. 9 Zusammenstellung des Untersuchungsrahmens und der Analysenmethoden.

	Parameter	Methode	Methode	Methode	Methode
Vor-Ort-Untersuchungen	**pH-Wert**	DIN 38404 - C5	DIN 38404 - C5 (ISO 10523)		
	Wassertemperatur	DIN 38404 - C4			
	Sauerstoffgehalt	DIN 38408 - G22	DIN EN 25814		
	Säurekapazität	DIN 38409 - H7			
	Redoxspannung	DIN 38404 - C6			
	elektr. Leitfähigkeit	DIN 38404 - C8	DIN EN 27888 (C8)		
	Gesamthärte	DIN 38409 - H6 (Berechnung)		DIN EN ISO 11885	
Nährstoffwerte	**P_{ges}**	DIN 38405 - D11	DIN EN 1189 (D11) - 7	DIN EN ISO 11885	
	o-PO_4		DIN EN 1189 - 7	DIN EN ISO 10304 - 1	DIN EN 1189 (D11)
	NO_3	DIN 38405 - D19		DIN EN ISO 10304 - 1	
	NO_2	DIN 38405 - D10	DIN EN 26777	DIN EN 26777 (D10)	
	N-Kjeld. (TKN)		DIN EN 26777		
	N(TON)		DIN EN 25663		
	NH_4	DIN 38406 - E5			
	Chlorophyll-a	DIN 38412 - L16			
Anionen	**Cl**	DIN 38405 - D1-2		DIN EN ISO 10304 - 1	
	SO_4	DIN 38405 - D19	DIN 38405 - D5 - 2	DIN EN ISO 10304 - 1	
	HCO_3	DIN 38405 - D8	DEV - D8		
Alkalien / Erdalkalien	**Na**	DIN 38406 - E14	DIN ISO 9964 - 3 (E27)	DIN EN ISO 11885	
	K	DIN 38406 - E13	DIN ISO 9964 - 3 (E27)	DIN EN ISO 11885	
	Ca	DIN 38406 - E3		DIN EN ISO 11885	
	Mg	DIN 38406 - E3		DIN EN ISO 11885	

	Parameter	Methode	Methode	Methode	Methode
(Metalle)	**Fe_{ges}**	DIN 38406 - E19	DIN 38406 - E32	DIN EN ISO 11885	IHU - LV 1 (AAS)
	Fe II	DIN 38406 - E1			
	Mn	DIN 38406 - E2	DIN 38406 - E33	DIN EN ISO 11885	IHU - LV 2 (AAS)
	Zn	DIN 38406 - E8		DIN EN ISO 11885	
	Co	DIN 38406 - E19	DIN 38406 - E24	DIN EN ISO 11885	
	Cu	DIN 38406 - E7		DIN EN ISO 11885	
	Pb	DIN 38406 - E6		DIN EN ISO 11885	
	Ni	DIN 38406 - E11		DIN EN ISO 11885	
	As	DIN 38405 - D18		DIN EN ISO 11969	DIN EN ISO 11969 (D18)
	Hg	DIN 38406 - E12	DIN EN 1483		
	Al	DIN 38406 - E22	DIN 38406 - E26	DIN EN ISO 11885	
	Cd	DIN 38406 - E19	DIN EN ISO 5961 (E19)	DIN EN ISO 11885	
	Cr_{ges}	DIN 38406 - E10	DIN EN 1233 (E10)		
Sonstige	**KW**	DIN 38409 - H18			
	chlor. KW	DIN 38407 - F2			
	Phenol-Index	DIN 38409 - H16		DIN EN ISO 10382	
	$Cyanid_{ges}$	DIN 38405 - D13			
	AOX	DIN 38409 - H14	DIN EN 1485		
	DOC	DIN 1484 (H3)	DIN EN 1484		
	TIC				
	TOC				
	CSB	DIN 38409 - H41			
	abfiltrierbare Stoffe	DIN 38409 - H2			

Lösungsvorgänge und Stoffaustauschreaktionen werden in den verschiedenen Lockergesteinen in geringen Mengen Al-, Fe-, Mg-, K-, Na-, Ca-, Pb-, Cu-, Zn-, As-, Co-, und Ni – Ionen frei.

Einen Überblick der Analysenmethoden zur Bestimmung der Wechselwirkungen Kiessandgewinnung – Grundwasser gibt nachstehende Zusammenstellung (Tab. 9).

3.2.4.2 Ergebnisse der Wasseranalytik (Anstrom - Kiessee - Abstrom)

3.2.4.2.1 Vor-Ort-Untersuchungen

3.2.4.2.1.1 Wassertemperatur

Die Temperatur der Oberflächenwässer in den Kiesseen beeinflusst die Grundwassertemperatur in den Pegeln im Abstrombereich grundsätzlich nicht. Die Werte im Anstrom- und Abstrombereich sind in den Jahresmittelwerten annähernd gleich (Tab. 10).

Tab. 10 Veränderung der Wassertemperatur in °C.

Kieswerk	Anstrom	Kiessee	Abstrom
A	8,5	11,6	8,9
B	10,4	12,8	10,7
C	9,8	15,8	9,8
D	9,7	15,3	9,8

Eine Temperaturaufhöhung im Grundwasserleiter ist im Grundwasserabstrom nicht mehr nachweisbar. Ein Vergleich mit den Ergebnissen des Referenzobjektes Trabitz zeigt, dass eine Temperaturgleichheit zwischen Grundwasser und Oberflächenwasser zum Zeitpunkt etwa Mitte April besteht. Danach übersteigt die Temperatur der Oberflächenwässer die des Grundwassers. Die Temperaturgleichheit wird etwa Mitte Oktober wieder erreicht. Danach, bis etwa Mitte April des Folgejahres, unterschreitet die Wassertemperatur in den Kiesseen die des Grundwassers erheblich.

3.2.4.2.1.2 Elektrische Leitfähigkeit

Aus der Leitfähigkeit kann größenordnungsmäßig auf den gelösten Feststoffinhalt geschlossen werden (Regenwasser = 5 – 30 µS/cm, Grundwasser = 30 – 2000 µS/cm). Die Leitfähigkeit im Grundwasserleiter im Elbe-Saale-Dreieck sowie im Elbtalbereich zwischen Saale und Ohremündung liegt sehr hoch. Ursache hierfür ist die geogen bedingte hohe Mineralisierung (Na, Ca, Mg, SO_4, Cl). Die Unterschiede der elektrischen Leitfähigkeit zwischen dem Grundwasser im Anstrom- und Abstrombereich sowie in den Kiesseen sind gering. Wie auch im Referenzobjekt Trabitz ist der Einfluss der Baggerseen auf die Leitfähigkeit nicht feststellbar (Tab. 11).

Einzelne Maximalwerte sind auf erhöhte Chloridgehalte (Saaleeinfluss bzw. mitgeführte mineralisierte Tiefenwässer) zurückzuführen.

Tab. 11 Veränderung der elektrischen Leitfähigkeit in µS/cm.

Kieswerk	Anstrom	Kiessee	Abstrom
A	1960	1894	1994
B	2045	1837	2057
C	2296	2394	2541
D	1634	2066	2178

3.2.4.2.1.3 Verhalten des pH-Werts

Na-, K-, NO_3- und Cl-Ionen bleiben über fast alle pH-Stufen in normalen Grundwässern gleich löslich. Der pH-Wert ist temperaturabhängig; bei 10°C liegt der Neutralpunkt bei pH 7,27, bei 30°C bei pH 6,92. Die errechneten Mittelwerte der pH-Werte im Anstrom- und Abstromgrundwasser bewegen sich temperaturbezogen um den Neutralpunkt. In den Kiesseen liegen die Mittelwerte im zunehmend leicht alkalischen Bereich, bedingt durch die Ausgasung von CO_2 durch Belüftung (HCO_3 im Grundwasser und in den Kiesseen in entgegengesetzter Weise verändert).

Auch mit den Untersuchungen im Referenzobjekt Trabitz konnten im Jahresgang keine gerichteten Veränderungen des pH-Wertes festgestellt werden (Tab. 12).

Tab. 12 Veränderung des pH-Werts.

Kieswerk	Anstrom	Kiessee	Abstrom
A	7,27	8,12	7,11
B	7,09	7,83	7,12
C	7,00	7,45	6,92
D	6,92	7,92	6,27

3.2.4.2.1.4 Sauerstoffgehalt

Die Sauerstoffgehalte im Grundwasseranstrom wurden im Mittel mit 1,21 bis 5,74 mg/l gemessen, die im Grundwasserabstrom liegen mit 0,86 bis 4,22 mg/l in vergleichbarer Größenordnung. In den Kiesseen lag der Sauerstoffgehalt infolge intensiver Durchlüftung bei 8,97 bis 11,30 mg/l (temperaturbedingt in den Sommermonaten absinkend).

Tab. 13 Veränderung des Sauerstoffgehalts in mg/l.

Kieswerk	Anstrom	Kiessee	Abstrom
A	5,26	9,26	4,22
B	2,41	10,63	2,80
C	1,21	11,30	0,86
D	5,74	8,97	4,01

3.2.4.2.1.5 Gesamthärte

Die Gesamthärte entspricht dem Gehalt an CaO und MgO (untergeordnet SrO und BaO). Mit der Härte des Wassers wird eine in der Praxis benötigte Eigenschaft des Wassers zahlenmäßig wiedergegeben (Tab. 14).

Tab. 14 Veränderung der Gesamthärte (°dH).

Kieswerk	Anstrom	Kiessee	Abstrom
A	51,8	45,9	49,7
B	54,7	51,6	59,0
C	61,2	64,0	58,8
D	36,9	51,0	59,2

Die gemessenen Werte (als langjährige Mittel dargestellt) sind in den Messstellen aller Standorte als sehr hart einzustufen. Die Härte unterscheidet sich in den Mittelwerten der Messstellen der Kieswerke nicht signifikant. Im Bereich der Kiesseen A und C nimmt die Konzentration zum Abstromniveau hin minimal ab, im Bereich der Kiesseen B und D steigt die Konzentration zum Abstrombereich geringfügig an.

3.2.4.2.1.6 Redoxspannung

Die Oxidation und Reduktion sind wesentliche geohydrochemische Prozesse im Grundwasser. Das Redoxpotenzial und der pH-Wert bestimmen die Löslichkeit vieler relevanter Stoffe. Viele dieser Umsetzungen geschehen unter Mitwirkung von Mikroorganismen. Bei steigendem Sauerstoffgehalt nimmt das Redoxpotenzial zu.

Die Reihenfolge, in der die Redoxprozesse einsetzen zeigt Tab. 15 (Hölting & Coldewey, 2005).

Tab. 15 Reihenfolge der Redoxprozesse.

oxidierendes Milieu	>400 mV
Nitratreduktion	+600 bis +300 mV
Mangan-Reduktion	+500 bis +220 mV
Eisen-Reduktion	+400 bis +180 mV
Sulfat-Reduktion	+100 bis –200 mV
Methan-Bildung	-150 bis –280 mV

Bei Reduktions – Oxidations – Prozessen z.B. von Eisen im Wasser sind häufig Bakterien und teilweise auch Pilze, Eukaryoten und Algen beteiligt.

Insbesondere aus den jährlich ermittelten Einzelwerten ist ableitbar, dass sowohl im Anstrom- und Abstrombereich als auch in den Kiesseen vorrangig eine Eisen-Reduktion und Sulfat-Reduktion stattfindet.
Die Messergebnisse aus den Bereichen der Kieswerke A, C und D weisen im Abstrombereich eine Abnahme des Potenzials auf, während im Kieswerk B im Abstrombereich eine steigende Tendenz zu verzeichnen ist (Tab. 16).

Tab. 16 Veränderung der Redoxspannung (mV).

Kieswerk	Anstrom	Kiessee	Abstrom
A	211	267	235
B	50	205	284
C	64	89	13
D	186	157	-5

3.2.4.2.2 Alkalien / Erdalkalien
3.2.4.2.2.1 Natrium

Bei fast allen pH-Stufen sind u.a. Na- und K-Ionen gleich löslich. Die Natrium-Gehalte im Grundwasser des Bewertungsgebietes sind insgesamt relativ hoch. Sie sind geogenen und anthropogenen Ursprungs. Die geogen verursachten Na-Gehalte und Cl-Gehalte sind u.a. auf aufsteigende mineralisierte Tiefenwässer zurückzuführen. Eine weitere wesentliche Ursache des erhöhten Na-Gehaltes im Saaletal sind grundwasserstromauf Infiltrationen von natriumreichem Wasser im Aquifer / Kiessandhorizont im Raum Bernburg, Bernburg-Gröna (Tab. 17).

Tab. 17 Veränderung des Natriumgehalts (mg/l).

Kieswerk	Anstrom	Kiessee	Abstrom
A	100,1	116,0	123,9
B	89,3	113,2	114,4
C	166,1	157,9	147,5
D	155,2	156,3	184,0

Die Natriumgehalte im Bereich von Grundwasseranstrom – Kiesseen – Grundwasserabstrom sind relativ ähnlich. Es sind keine Einflüsse des Grundwasserstroms durch die Baggerseepassagen im Grundwasserabstrombereich nachweisbar.

Im Bereich der Kieswerke D und C sind im Gegensatz zu den Kieswerken B und A die Na-Gehalte erheblich erhöht (im Anstrom und Abstrom sowie im Kiessee). Einzelwerte betragen bis zu 530 mg/l (C 1994). Hier ist der Einfluss der Saale-Infiltration sehr deutlich. Während die erhöhten Werte auf die Phase Anfang der 90-er Jahre zurückzuführen sind, ist eine kontinuierliche Abnahme der Konzentrationen im Laufe der Folgejahre zu verzeichnen.

3.2.4.2.2.2 Kalium

Geogen bedingte K-Lösungen aus den Gesteinen des Aquifers bzw. dessen Begleitgesteinen sind zu vernachlässigen. Die nachgewiesenen Hauptanteile des Kaliumgehaltes im Grundwasser und in den Kiesseen sind anthropogen bedingt, d.h. sie gehen auf das Düngeverhalten der entsprechenden Agrarbetriebe zurück. Kalium besitzt eine geringere geochemische Beweglichkeit als Natrium und erreicht daher selten höhere Konzentrationen (Tab. 17).

Tab. 18 Veränderung des Kaliumgehalts (mg/l).

Kieswerk	Anstrom	Kiessee	Abstrom
A	17,5	21,5	48,0
B	4,8	7,2	8,0
C	16,1	9,3	10,1
D	19,2	5,6	12,9

Die Kaliumgehalte im Bereich der Kieswerke B, C und D weisen zwischen Grundwasseranstrom – Baggersee – Grundwasserabstrom keine signifikaten Unterschiede auf. Im Bereich des Kiessandtagebaues A sind offen-

sichtlich durch die Agrarbetriebe höhere Düngergaben verabreicht worden als im Elbe-Saale-Dreieck.

3.2.4.2.2.3 Calcium

Die Calciumgehalte des Grund- und Oberflächenwassers im Bereich aller vier Kiesseen sind geogenen und anthropogenen Ursprungs. Eine anteilige Zuordnung ist anhand der vorliegenden Analysenergebnisse nicht möglich.

Die geogene Herkunft des Calcium als häufigstes Kation im Grund- und Oberflächenwasser (vom Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht bestimmt) ist einerseits in den liegenden tertiären Tonen (Rupel III – IV) zu suchen. Fein verteilter Kalk (bis max 30 %) sowie erhöhte Gipsanteile sind hier die Liefergesteine. Andererseits ist die Sulfatfazies des Buntsandsteins und Muschelkalks grundwasserstromauf (Saale) die Ursache für die nachgewiesenen hohen Calciumgehalte (Tab. 19).

Tab. 19 Veränderung des Calciumgehalts (mg/l).

Kieswerk	Anstrom	Kiessee	Abstrom
A	256	158	275
B	311	267	341
C	417	434	477
D	215	300	352

Die hohen Gehalte im Bereich des Kieswerkes C sind auf den Einfluss der Saale zurückzuführen.

3.2.4.2.2.4 Magnesium

Trotz der guten Löslichkeit von Magnesiumverbindungen im Grundwasser und in den Kiesseen ist der Gehalt niedriger als der des Calciums. Die Gesamthärte und die härtebildenden Kationen Ca und Mg sind im zeitlichen Vorlauf zyklisch schwankend, zeigen aber keine eindeutigen Tendenzen. Gehalte um 40 mg/l Mg werden als normal beurteilt.

Der anthropogene Anteil der Mg-Gehalte ist der landwirtschaftlichen Düngung (Magnesium-Dünger) zuzuordnen. Die gegenüber dem Anstrombereich ansteigenden Werte im Kiessee und Abstrombereich des Kieswerkes D sind vermutlich hier zu suchen (Tab. 20).

Tab. 20 Veränderung des Magnesiumgehalts (mg/l).

Kieswerk	Anstrom	Kiessee	Abstrom
A	73,7	34,2	50,7
B	71,3	55,3	55,6
C	73,2	63,0	78,8
D	36,0	57,4	69,1

3.2.4.2.3 Anionen
3.2.4.2.3.1 Chlorid

Die hohen Chloridgehalte im Einzugsbereich aller vier Gewinnungsstellen sind auf ursächlich zutretende mineralisierte Tiefenwässer grundwasserstromauf gelegener Liefergebiete zurückzuführen. Sie spiegeln die geologischen Verhältnisse des Einzugsgebietes wider. Außerdem wird Chlorid hauptsächlich mit Kaliumdünger auf den landwirtschaftlichen Nutzflächen aufgebracht und gelangt durch die bedeckenden Bodenschichten mit der Grundwasserneubildung in den quartären Grundwasserleiter (Tab. 21).

Tab. 21 Veränderung des Chloridgehalts (mg/l).

Kieswerk	Anstrom	Kiessee	Abstrom
A	139	(15)	160
B	194	240	203
C	194	179	181
D	381	404	457

( ) = nur 1 Wert verfügbar

Mit diesen Werten ist der Aquifer insgesamt erheblich belastet (u.a. auch durch den Zufluss von chloridhaltigem Wasser aus der Saale im Raum D). Schwankungen des Chloridgehaltes sind im Grundwasser und in den Kiesseen gering und ohne Tendenz.

3.2.4.3.2.2 Sulfat

Die Sulfatgehalte sind geogenen und anthropogenen Ursprungs. Eine wesentliche Ursache für die hohen Sulfatkonzentrationen im Grundwasser und in den Kiesseen ist in zutretendem Wasser aus den basalen Bereichen des Grundwasserleiters und des Liegenden (Rupelton und z.T. dem Rupelbasissand) begründet. Eine weitere Sulfatbildung erfolgt durch mikrobielle Denitrifikationsreaktionen unter Umsetzung von Pyrit (FeS_2) aus den basalen Kiessandschichten und dem Rupelton.

Es ist auch davon auszugehen, dass ein Teil des SO_4 anthropogen ist und durch die landwirtschaftliche Düngung (Mehrkomponenten-Dünger und Magnesium-Dünger) mit der Grundwasserneubildung in den Aquifer eingetragen wird (Tab. 22).

Tab. 22 Veränderung des Sulfatgehalts (mg/l).

Kieswerk	Anstrom	Kiessee	Abstrom
A	678	(757)	762
B	688	737	691
C	793	1090	973
D	323	634	779

( ) = nur 1 Wert verfügbar

Die Sulfatgehalte sind im Grund- und Oberflächenwasser im Bereich aller Betriebe extrem hoch und bedingen die hohe Gesamthärte (siehe dort). An den Standorten B und C lässt sich eine Differenzierung zwischen den Sulfatgehalten im Grund- und Oberflächenwasser nicht vornehmen. Im Bereich der Werke A und D steigt der Sulfatgehalt im Zyklus Anstrom – Kiessee – Abstrom geogen bedingt geringfügig an.

3.2.4.3.2.3 Hydrogencarbonat

Im Grundwasser sind HCO_3-Gehalte zwischen 50 und 400 mg/l häufig. Allein durch die Belüftung der Kiesseen entweicht CO_2 aus dem Oberflächenwasser. Dies dokumentiert sich in einem deutlich niedrigeren HCO_3-Gehalt in den Kiesseen gegenüber dem Anstrom- und Abstrombereich. Im Abstromgrundwasser ist der Gehalt wiederum geringer als im anströmenden Grundwasser. Die niedrigsten Werte sind im Bereich des Kieswerkes D zu verzeichnen. Ansonsten zeigen die nachgewiesenen Werte im Bereich aller Kieswerke keine Auffälligkeiten (Tab. 23).

Tab. 23 Veränderung des Hydrogencarbonatgehalts (mg/l).

Kieswerk	Anstrom	Kiessee	Abstrom
A	439	(188)	276
B	371	117	289
C	367	(85)	271
D	164	121	94

( ) = nur 1 Wert verfügbar

3.2.4.2.4 Nährstoffwerte
3.2.4.2.4.1 Gesamtphosphat und Orthophosphat

Phosphatkonzentrationen sind im Grundwasser allgemein gering; der geogene Normalbereich liegt für Lockersedimente bei <0,05 – 0,3 mg/l. Durch den pH-Wert des Wassers wird bestimmt, in welcher Form Orthophosphat vorliegt. Die Belastung der Gewässer mit Nitrat wird hinsichtlich der Eutrophierung durch den Phosphatgehalt begrenzt (Tab. 24 und 25).

Tab. 24 Veränderung des $Phosphor_{ges}$-Gehalts (mg/l).

Kieswerk	Anstrom	Kiessee	Abstrom
A	0,05	0,07	0,06
B	0,20	0,32	0,43
C	0,10	0,09	0,12
D	0,11	0,09	1,28

Die Gehalte P_{ges} schwanken im Bereich der Kieswerke B und D im Grundwasser und in den Kiesseen erheblich. Gleiches gilt für den o-PO_4-Gehalt in den genannten Betrieben.

Tab. 25 Veränderung des Orthophosphatgehalts (mg/l).

Kieswerk	Anstrom	Kiessee	Abstrom
A	<0,03	0,063	<0,03
B	0,005	0,054	0,009
C	0,031	<0,05	<0,05
D	0,013	0,052	0,016

3.2.4.2.4.2 Ammonium

Durch Reduktions- und mikrobiologische Prozesse entstehen aus Nitraten und organischen Stickstoffverbindungen Ammonium-Ionen. Es ist in unbelasteten bis wenig belasteten Gewässern stets in geringen Konzentrationen vorhanden (Tab. 26). Bei O_2-Anwesenheit und Temperaturen von über 10°C wird Ammonium mikrobiologisch zu Nitrat und Nitrit oxidiert (Nitrifikation). Erhöhte Gehalte an Ammonium-Ionen deuten auf hygienisch bedenkliche Verunreinigungen hin.

Tab. 26 Veränderung des Ammoniumgehalt (mg/l).

Kieswerk	Anstrom	Kiessee	Abstrom
A	0,23	0,19	0,10
B	0,06	0,06	0,03
C	0,18	0,07	0,29
D	0,02	0,13	0,20

Die Gehalte an Ammonium sind niedrig. Die ermittelten Werte lassen keine gerichtete Tendenz erkennen. Die Ammoniumgehalte sind generell sowohl im Grundwasser als auch in den Kiesseen ohne entscheidungserheblichen Einfluss auf die Wasserqualität.

3.2.4.2.4.3 Nitrat

NO_3^--Gehalte <10 mg/l sind als geogen zu deuten. Durch die intensive landwirtschaftliche Nutzung (Gülle- und Ammoniumnitrat-Düngung) hat die Anlieferung von Nitrat im Grundwasser stark zugenommen. Erhöhte Nitrat- und Phosphatgehalte können zu einer vermehrten Biomasseproduktion in den Kiesseen führen (Tab. 27).

Tab. 27 Veränderung des Nitratgehalts (mg/l).

Kieswerk	Anstrom	Kiessee	Abstrom
A	4,0	4,6	<1,0
B	9,0	3,5	2,0
C	5,5	3,0	9,0
D	39,7	7,1	9,3

Die Belastung in den Kiesseen und im Grundwasser liegt im Bereich der vier Betriebe im Frühjahrszyklus verhältnismäßig niedrig. Eine Ausnahme – wenn auch nicht bedeutend – sind hier die Werte im Anstrombereich des Kiessees D, die 1999 max. 68 mg/l erreichten.

Im Abstrombereich sind die Werte wieder im normalen Bereich.

3.2.4.2.4.4 Stickstoff (TON)

In den Untersuchungsrahmen war der Parameter TON (organisch gebundener Stickstoff) in den Kiesseen A und C im Jahr 1997 und in den Kiesseen B und D ab dem Jahr 1999 mit aufzunehmen.

Danach ergeben sich folgende recht einheitliche Mittelwerte in den Kiesseen:
A = 1,39 mg/l, C = 1,40 mg/l, D = 1,48 mg/l.

Nur im Kiessee B ist der Mittelwert mit 4,21 mg/l leicht erhöht (2001 = 7,30 mg/l und 2006 = 5,32 mg/l).

3.2.4.2.5 Metalle

3.2.4.2.5.1 Eisen

Eisengehalte treten im Grundwasser oft mit über 0,1 mg/l bei niedrigen Sauerstoffgehalten und reduzierendem Milieu auf. Die Eisenkonzentrationen im Grundwasser von Talauen liegen im allgemeinen bei 1 – 3 mg/l. Bei den jährlichen Routineuntersuchungen wurde Eisen als Fe_{ges} ermittelt (Tab. 28).

Tab. 28 Veränderung des Eisengehalts (mg/l).

Kieswerk	Anstrom	Kiessee	Abstrom
A	2,65	(<0,10)	2,56
B	22,24	0,24	0,18
C	5,01	0,19	7,80
D	0,46	0,16	54,54

( ) = nur 1 Wert verfügbar

Die Mittelwerte der Eisengehalte im Anstrom- und Abstrombereich aller Messpunkte der Kieswerke zeigen keine besonderen Auffälligkeiten. Auffällig sind die extrem niedrigen Werte, die in den Kiesseen ermittelt wurden (A <0,10 mg/l bis B 0,24 mg/l). Diese geringe Konzentration ist in dem Einfluss des Luftsauerstoff begründet, der zur Ausfällung des Fe^{3+}-Oxid-Hydrates am Boden der Kiesseen führt.
Ein besonderer Prozess, der zu erhöhten Fe^{2+}-Konzentrationen im Grundwasser führen kann, ist die Reduktion unlöslicher, nicht transportfähiger, pedogener Fe^{3+}-Verbindungen zu häufig auftretenden löslichen und somit transportfähigen Fe^{2+}-Verbindungen. Diese Reaktionen werden durch Mikroorganismen beeinflusst. Der als Reduktionsmittel in den Grundwasserleitern der jüngeren Talauen auftretende Pyrit / Markasit unterliegt einer Umwandlung nach der Formel

$$5\ FeS_2 + 14\ NO_3^- + 4\ H^+ \rightarrow 7\ N_2 + 10\ SO_4^{2-} + 5\ Fe^{2+} + 2\ H_2O.$$

Erstmalig wurde 2006 die Bestimmung von Fe^{2+} in das Untersuchungsprogramm mit aufgenommen (Kiesseen waren ausgeklammert, Tab. 29).

Tab. 29 Veränderung des Eisen-II-Gehalts (mg/l).

Kieswerk	Anstrom		Abstrom	
A	<0,10	(0,31)	2,5	(2,5)
B	5,8	(8,9)	0,12	(0,15)
C	0,9	(7,3)	2,0	(7,8)
D	<0,10	(1,6)	15,0	(15,0)

Die in ( ) gesetzten Werte stellen die Analysenergebnisse von Fe_{ges} des Jahres 2006 dar. Danach sind vollständig bzw. Teile des Fe_{ges} als Fe^{2+}-Verbindungen im Grundwasser vorhanden.

3.2.4.2.5.2 Mangan

Die Mangan-Ionen im Grundwasser weisen ein ähnliches hydrochemisches Verhalten auf, wie die Eisen-Ionen (Umwandlung schwerlöslicher Mn(IV)-Verbindungen zu löslichen Mn(II)-Verbindungen durch aerobe Bakterien). Mangan ist in allen hier betrachteten Gewinnungsstellen nach dem derzeitigen Kenntnisstand ausschließlich geogenen Ursprungs (Tab. 30).

Tab. 30 Veränderung des Mangangehalts (mg/l).

Kieswerk	Anstrom	Kiessee	Abstrom
A	0,47	(0,05)	0,44
B	0,76	0,07	0,89
C	1,69	0,71	2,27
D	0,04	0,13	0,79

( ) = nur 1 Wert verfügbar

Im Bereich der Kieswerke A, B und C weisen die Mittelwerte des Grundwasseranstroms und -abstroms keine signifikanten Unterschiede auf. Die niedrigeren Werte im Bereich der Kiesseen sind auf Reaktionen (u.a. sauerstoff- und temperaturbedingt) zurückzuführen, die die Ausfällung des Mangans am Boden der Kiesseen bewirken. Ausnahmen bezüglich der Höhe der festgestellten Mn-Konzentrationen bilden die Ergebnisse in dem Pegel 3 des Kieswerks D und dem Pegel 3 des Kieswerks C, die durchgängig erhöhte geogen bedingte Werte im Abstrombereich aufweisen.

3.2.4.2.5.3 Schwermetalle einschließlich Aluminium und Arsen

Untersucht wurden Aluminium und Arsen sowie die Schwermetalle Blei, Cadmium, Chrom, Kobalt, Kupfer, Nickel, Quecksilber, Zink.

Im Grundwasser und in den Kiesseen kommen die Schwermetalle nur im Spurenbereich vor. Schwermetalle sind essentielle Spurenelemente, die eine ausgeprägte Wirkung auf das Wachstum von Organismen, speziell der Algen, ausüben. Erhöhte biologische Aktivitäten sind in den Sommermonaten zu verzeichnen, die mit Algenmassenentwicklung und –absterben verbunden sind, wodurch die Schwermetalle remobilisiert werden, was dann in dieser Zeit zu erhöhten Schwermetallgehalten führen kann.

Bisher konnten im Laufe der Untersuchungen sowohl im Grundwasser als auch in den Kiesseen keine auffällig erhöhten Schwermetallgehalte festgestellt werden (Tab. 31).

Mit den vorliegenden Ergebnissen wird belegt, dass die Schwermetalle einschließlich Aluminium und Arsen im Rahmen der jährlichen Routineuntersuchungen im Frühjahrszyklus nur in Spuren nachgewiesen werden konnten. Diese in Spuren vorliegenden Elemente sind im Bereich aller vier Betriebe ausnahmslos geogenen Ursprungs. Eine besondere Wirkung dieser Elemente auf das Wachstum von Organismen (Algen) konnte in den Kiesseen bisher nicht beobachtet werden.

3.2.5 Auswirkungen der Gewinnungsarbeiten auf die Kiessee- und Grundwasserqualität

3.2.5.1 Vorbemerkungen

Grundlage für nachfolgende Betrachtungen sind die von Bertleff et al. (2000 und 2001) herausgearbeiteten Prozesse für die Wechselwirkungen zwischen Kiesseen und dem Grundwasser im Anstrom- und Abstrombereich. Von Bedeutung hierbei sind:

- Eintrag von Substanzen in die Kiesseen,
- Austausch mit der Atmosphäre,
- Verlagerung von Substanzen durch Umwälzung,
- Fixierung von Substanzen,
- Stoffabbau,
- Neubildung von Stoffen und
- Milieuveränderungen.

Dabei sind folgende, die Wasserbeschaffenheit beeinflussenden Reaktionen zu beachten:

(a) Anstrom- und Abstrombereich
- Eintrag von Substanzen über die Grundwasserneubildung,
- Reaktion zwischen Sickerwasser / Bodenluft im Bereich des Abraumes / Deckschicht,

Tab. 31 Zusammenfassung der Aluminium-, Arsen- und Schwermetallgehalte

Aluminium	Es liegen nur wenige Werte von max. 3 Jahren vor (A = 3 , C = 2 , D = 1 , B = 0). Sie bewegen sich zwischen <0,010 mg/l und 0,17 mg/l.
Arsen	Ebenfalls nur sporadisch ist der Arsengehalt untersucht worden. A = 0,003 mg/l , B = <0,0005 – 0,009 mg/l , C = <0,0005 – 0,001 mg/l , D = <0,001 – 0,022 mg/l.
Blei	Je nach gewählter Untersuchungsmethode bewegen sich die Werte im Anstrom- und Abstrombereich sowie in den Kiesseen bei <0,005 mg/l (andere Einzelwerte = <0,02 mg/l).
Cadmium	In Abhängigkeit von der gewählten Methode liegen die Cadmiumwerte bei <0,5 µg/l bis <1,0 µg/l (Einzelwerte erreichen bis 2,40 µg/l – A 1997)
Chrom $_{ges}$	Chromatwerte wurden zwischen <0,002 - <0,01 mg/l (methodeabhängig) bestimmt.
Kobalt	Die Kobaltwerte sind mit <0,005 - <0,01 mg/l (Einzelwert C Pegel 4 0,1 mg/l) sehr niedrig. Vom Kieswerk B liegen keine Ergebnisse vor. Vom Kieswerk D ist 1998 nur 1 Wert vom Kiessee mit 0,001 mg/l) ermittelt worden.
Kupfer	Die routinemäßig ermittelten Kupferwerte liegen je nach gewählter Methode unterhalb der Bestimmungsgrenze (<0,001 / <0,002 mg/l bis <0,1 mg/l).
Nickel	Die Nickelwerte schwanken (methodeabhängig) zwischen <0,0001 /<0,005 bis <0,01 mg/l. Einzelwerte erreichen in C Pegel 3 1992 –1994 = 0,340 mg/l
Quecksilber	Quecksilber wurde nur sporadisch untersucht. Die Gehalte in den Proben lagen je nach gewählter Methode bei <0,0001 mg/l bzw. <0,001 mg/l (unterhalb der Bestimmungsgrenze).
Zink	Die ermittelten Zinkwerte schwanken methodeabhängig im Bereich der Bestimmungsgrenze bei <0,01 / <0,02 / <0,1 mg/l. Die Mittelwerte (Anstrom und Abstrom liegen in A bei 0,07 mg/l , in B bei <0,02 mg/l und in D bei <0,01 mg/l. Die höchsten Werte sind in C (Anstrom / Abstrom) mit 0,898 mg/l bzw. 1,159 mg/l ermittelt worden. In den Kiesseen sind die Werte geringer (A = <0,02 mg/l , B = 0,30 mg/l , C = 0,546 mg/l , D = 0,14 mg/l).

- Reaktion zwischen Grundwasser und Gestein im Bereich des Nutzbaren / Grundwasserleiters,
- Reaktion zwischen Grundwasser und Basisschichten im Bereich des Liegenden / Grundwasserstauers.

(b) Bereich der Kiesseen
- Eintrag von Substanzen seitens des Niederschlages in Verbindung mit der Luftzirkulation,
- es erfolgt eine Isotopenfraktionierung und ein Temperaturaustausch,
- physikalische Belüftung durch Umwälzung,
- Aufbau von Biomasse,
- im Rahmen der Zirkulation erfolgen Redox-Reaktionen und Säure-Base-Reaktionen und schließlich
- der Abbau von Biomasse.

(c) Veränderungen des Grundwassers bei der Passage des Wassers durch die Kiesseen vom Anstrom- zum Abstrombereich.

3.2.5.2 Einträge in die Kiesseen

Durch die Gewinnungsarbeiten wird das Grundwasser in den Kiesseen direkt freigelegt. Somit können Substanzeinträge in die Kiesseen direkt erfolgen:

- durch oberirdische Zuflüsse nach Niederschlägen,
- durch die Niederschläge selbst,
- durch trockenen Eintrag aus der Luft und
- durch die allgemeine Nutzung der Kiesseen selbst.

Folgende Parameter sind im allgemeinen an einer geringen Erhöhung des Schadstoffgehaltes im Kiesseewasser u.a. beteiligt:

- K und Cl (landwirtschaftliche Düngung). Es konnten jedoch insgesamt zwischen Anstrom – Kiessee – Abstrom keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden, so das ein Direkteintrag in die Kiesseen nicht nachweisbar ist.
- Ca (landwirtschaftliche Düngung). In den Kiesseen ist trotz eines möglichen geringen Eintrags eine abnehmende Konzentration gegenüber Anstrom bzw. Abstrom durch CO_2-Entgasung und kalkaufnehmende Organismen zu verzeichnen.
- Mg und SO_4 (landwirtschaftliche Düngung). Diese Ionen stellen sich nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen in den Kiesseen ebenfalls mit geringer Konzentration dar. (Ausfällung am Kiesseeboden).
- Phosphate (landwirtschaftliche Düngung). Sie bewegen sich in den Kiesseen im geogen zu begründenden niedrigen Bereich (bis 0,3 mg/l).

Anorganische und organische Substanzeinträge mit teilweiser Schadstoffwirkung sind (außer in sehr geringem Umfang im Kiessee D) nicht nachweisbar und auch nicht zu erwarten.

3.2.5.3 Austausch mit der Atmosphäre

Mit den vorwiegend im Frühjahrswasserzyklus durchgeführten Wasseruntersuchungen wurde ermittelt, dass die Wassertemperaturen im Anstrom- und Abstrombereich des Grundwassers bei ca. 10°C liegen, die der Kiesseen dagegen um ca. 4 °C höher, bei ca. 14°C. Die in den Kiesseen auftretenden Temperatureffekte klingen also grundwasserabstromig sehr schnell ab, sind also nicht mehr nachweisbar.

Über die Grenzflächen zwischen Kiesseewasser und Atmosphäre erfolgt eine Sauerstoffaufnahme des Kiesseewassers. Im allgemeinen liegen die gemessenen Werte in den Anstrombereichen bei ca. 4 mg/l, in den Kiesseen bei ca. 10 mg/l und im abstromigen Grundwasser bei ca. 3 mg/l. Die in den Kiesseen zu verzeichnende Sauerstoffanreicherung ist also im Abstrombereich völlig eliminiert. Die teufenbezogenen Schwankungen liegen hier zwischen 0,4 mg/l und 6,7 mg/l.

An den vorgenannten Grenzflächen erfolgt die Abgabe von CO_2 an die Atmosphäre. Ein markantes Beispiel hierfür ist der Hydrogencarbonatgehalt. Während im Anstrombereich im Schnitt ca. 330 mg/l zu verzeichnen sind, liegen die Werte in den Kiesseen bei Ø ca. 130 mg/l. Im abstromigen Grundwasser ist mit ca. 230 mg/l der Gehalt gegenüber dem Anstrombereich um ca. 100 mg/l niedriger, d.h. dass die durch Entgasung und Einbau in Organismen hervorgerufene Gehaltabsenkung nachhaltig wirksam ist.

3.2.5.4 Fixierung von Substanzen

Stickstoff und auch Phosphor werden im Kiessee in die Biomasse eingebaut. Das führt zu einer etwas geringeren Nitratkonzentration im Kiessee gegenüber dem anstromigen Grundwasser. Nur teilweise ist im abstromigen Grundwasser eine weitere geringfügige NO_3-Reduzierung zu verzeichnen. Die P_{ges}-Konzentration verhält sich bei den ausgewerteten Analysenergebnissen im allgemeinen so, dass vom Anstromgrundwasser – Kiessee – Abstromgrundwasser ein sehr geringer Anstieg zu verzeichnen ist. In welchem Umfang auch in Bezug auf den DOC-Gehalt Denitrifikationsprozesse beteiligt sind, kann jedoch mit den Analysenergebnissen allein aus dem Frühjahrswasserzyklus nicht schlüssig abgeleitet werden.

In Analogie zum Referenzobjekt Trabitz können die dort erzielten Ergebnisse hinsichtlich des Stickstoff- und Phosphorgehaltes im Wasser auf die Kiessandtagebaue / -lagerstätten A, B, C und D in ihren grundsätzlichen Aussagen übertragen werden.

Durch die Belüftung des Kiesseewassers werden die leichtlöslichen Fe^{2+}-Konzentrationen (Hydroxide) in unlösliche nicht transportfähige Fe^{3+}-Verbindungen (Oxihydrate) überführt und sedimentiert. Die Mittelwerte der bei den Routineuntersuchungen nachgewiesenen Fe_{ges}-Gehalte sind in den Kiesseen deutlich geringer als im Anstromgrundwasser und steigen z.T. geringfügig, z.T. erheblich im abstromigen Grundwasser wieder an.

Eine Karbonatausfällung wird für möglich gehalten, ist aber über die Ca- und Mg-Gehalte sowie über die Gesamthärte nicht signifikant nachweisbar.

3.2.5.5 Stoffabbau und Neubildung

In dem reduzierenden chemischen Milieu der unverritzten Lagerstättenteile wird der aus den landwirtschaftlich genutzten Flächen im Vorfeld der Kiessandtagebaue mit der Grundwasserneubildung angelieferte Stickstoff (Nitrat) nahezu vollständig abgebaut.

Unter reduzierenden Bedingungen ist die Neubildung von NH_4 aus Nitrat und H_2S aus Sulfat möglich, jedoch aus den bisher vorliegenden Untersuchungsergebnissen nicht ableitbar.

3.2.6 Zusammenfassende Bewertung
3.2.6.1 Regionale Betrachtung

Die Kiessandlagerstätten A, B, C und D befinden sich in einem großflächig verbreiteten quartären Kiessandkörper der Elbtalaue und der unteren Saaleaue. Diese Kiessande / Grundwasserleiter sind geringmächtig (ca. 7 – 18 m), so dass mit der Rohstoffgewinnung Kiesseen von geringer Wassertiefe (ca. 6 – 11 m) entstehen. Durch ein mäßiges Grundwassergefälle und somit eine niedrige Grundwasserfließgeschwindigkeit ist im allgemeinen ein minimaler Wasseraustausch zu verzeichnen. Geringmächtiger Abraum / Deckschichten (Auelehm) über dem Grundwasserleiter und ein relativ oberflächennaher Grundwasserspiegel sind Grundlage für einen geringen Geschütztheitsgrad durch die Grundwasserleiterüberdeckung. Der Sauerstoffgehalt im Grundwasser und in den flachen, stets gut durchmischten Kiesseen ist verhältnismäßig günstig. Eine Redoxveränderung ist bei der Grundwasserpassage Anstrom – Kiessee – Abstrom nicht zu registrieren.

Unter dem Einfluss atmosphärischer und biologischer Faktoren sowie unter aktiver Beteiligung des Wassers werden die oberflächennahen Gesteinsschichten einer ständigen Verwitterung unterzogen, verbunden mit einer teils intensiven Umwandlung. Der in Nutzung befindliche Rohstoffkörper einschließlich des Abraumes und der Liegendschichten besteht aus solchen umgelagerten Verwitterungsprodukten. Der Kiessandkörper / Grundwasserleiter enthält somit zahlreiche Substanzen, die im Rahmen der unterschiedlichen chemisch-physikalischen und biologischen Prozesse in ± geringen Konzentrationen aus dem Nutzgestein und den Begleitgesteinen herausgelöst im Wasser eine teilweise hohe geogene Mineralisation bewirken. Hinzu kommen anthropogene Belastungen (u.a. landwirtschaftliche Düngung der Tagebauvorfelder sowie z.B. der mögliche Einfluss von Altlasten auf den Kiessandtagebau D).

Der Grund- und Oberflächenwasserchemismus wurde in einer Studie durch das Ingenieurbüro Baustoff-Service GmbH Dessau für das Elbe-Saale-Dreieck bewertet. Die darin enthaltenen Aussagen gelten auch für den Raum A und konnten durch die rd. 10-jährige analytische Tätigkeit bestätigt werden.

In Anlehnung an die Feststellungen des Ingenieurbüros wird die Wasserqualität des Aquifers gekennzeichnet durch (Auszug):

- Hohe Mineralisation und extreme Wasserhärte. Bei Versalzung sind Leitfähigkeit, Chlorid- und Sulfatgehalte im allgemeinen sehr hoch. Bei Sulfat ist stets eine Zunahme der Konzentration in nassen Frühjahren zu verzeichnen.
- Extrem hohe Sulfatgehalte. Als Ursache werden Tiefenwasseraufstiege insbesondere aus dem Oberen Buntsandstein / Mittlerer Muschelkalk vermutet, die mit dem Grundwasserstrom u.a. aus dem Raum Bernburg zugeführt werden.
- Die Gehalte an Pflanzennährstoffen (Phosphat, Ammonium, Nitrat, Nitrit) zeigen, dass die landwirtschaftliche Düngung der umliegenden Ackerflächen teilweise zu Problemen bei der Wasserqualität geführt haben. Das trifft auch auf den Kaliumgehalt (Kalidüngesalze) zu.
- Meist geringe organische Belastung der Kiesseen.
- Relativ hoher AOX-Wert speziell im Bereich des Kieswerkes D.
- Die Gehalte an Halogenkohlenwasserstoffen sind allgemein im Gebiet des Elbe-Saale-Dreiecks erhöht, lassen sich aber exakt keiner bestimmten Schadstoffquelle zuordnen. Ursachen dafür können der Saaleeinfluss, ehem. industrielle Nutzung im Raum Calbe-Ost einschließlich der Altlasten im dortigen Gebiet sowie die landwirtschaftliche Nutzung sein.

Grundlegende anthropogene Veränderungen können u.a. sein:

- Lokal intensive Grundwasserförderung kann zum Aufstieg salinarer Tiefenwässer führen,
- Verunreinigungen durch Aerosole und Gase, wozu in erster Linie industrielle Emissionen und auch Abgase des gesamten Verkehrs gehören (auch Schwermetalle),
- Schmutzstoffe und feste Abfallstoffe (z.B. Hausmüll; Bauschutt; Aschen, Schlacken usw.) als Ursache von Grundwasserverunreinigungen,

- nicht ordnungsgemäße Beseitigung von Abwässern (städtisch und gewerblich),
- Auftausalze auf den Straßen im Rahmen des Winterdienstes.

Nicht unbedeutend für die Wasserqualität sowohl des Grundwassers als auch der Kiesseen ist eine Beeinflussung durch die Landwirtschaft durch Düngung (Überdüngung) sowie der Eintrag von Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmitteln.

Für alle Betriebe des Unternehmens sind im unmittelbaren Umfeld keine Altlasten vorhanden, die als potentielle Emittenten zu werten wären. In mittlerer Entfernung vom Kieswerk D befindet sich nur der bereits mehrfach erwähnte Altlastenkomplex in Calbe-Ost.

3.2.6.2 Auswirkungen Baggerseen / Grundwasser

Vor dem Hintergrund der regionalen Aspekte zum Wasserchemismus im Aquifer des Saale- und Elbtales und der Untersuchungsergebnisse im Referenzobjekt Trabitz werden die über ein Jahrzehnt vorliegenden Analysenergebnisse ausgewertet und nachfolgend zusammengefasst dargestellt.

- Das Kiesseewasser korrespondiert mit dem abströmenden Grundwasser.
- Aufgrund der Lage der Messstellen / Probenentnahmestellen (Anstrom – Kiessee – Abstrom) sind keine bzw. es ist nur eine teilweise sehr geringe Reichweite der hydrochemischen Veränderungen nachweisbar.
- Außer bei HCO_3 sind bei allen untersuchten Parametern über die Jahre keine signifikanten Unterschiede zwischen anströmendem und abströmendem Grundwasser einschließlich des Kiesseewassers feststellbar. Auch gerichtete Tendenzen sind nicht zu erkennen.
- Mit den vorliegenden Untersuchungsergebnissen zum Sedimenteintrag (Waschwasser, Absetzbecken, Unterkornabsiebung) konnte herausgearbeitet werden, dass generell keine bedeutenden Unterschiede zwischen Kiesseewasser und Prozesswasser am Auslauf der Absetzbecken bestehen. Auch durch den Sedimenteintrag aus der Vorabsiebung durch Verspülen (inertes Material) wird die Sauerstoffanreicherung des Kiesseewassers (Belüftungsprozess) nicht beeinflusst (Abb. 5). Eine kurzzeitige Trübung des Kiesseewassers ist auf den direkten Einleitungsbereich beschränkt.
- Unter den in den Kiesseen herrschenden aeroben Bedingungen werden organische Schadstoffe abgebaut oder an den abschlämmbaren Bestandteilen (Detritus) adsorbiert.
- Die pH-Werte bewegen sich im An- und Abstrombereich um den Neutralpunkt. In den Kiesseen liegen die Mittelwerte im leicht alkalischen Bereich.
- Die nachgewiesenen Gehalte und die daraus errechneten Mittelwerte der Parameter Ca, Na, SO_4 und Cl weisen bei der Baggerseepassage gegenüber dem An- und Abstromgrundwasser keine signifikanten Unterschiede auf. Die nachgewiesenen hohen Gehalte sind geogen bedingt und weisen für den gesamten Aquifer vom Elbe-Saale-Dreieck bis in den Raum A erhöhte Hintergrundwerte aus (aufsteigende Tiefenwässer im Bereich des grundwasserstromauf gelegenen Liefergebiete des Bernburger Raumes sowie der damit im Zusammenhang stehende Saaleeinfluss). Auch durch die hohen und nicht differenzierten Werte (Anstrom – Kiesseen – Abstrom) wird der hohe Grad der Mineralisation in diesen Räumen bestätigt. Die hohen Ca- und SO_4-Gehalte haben ihren geogenen Ursprung auch z.T. in den liegenden tertiären Rupeltonen und in geringem Maße auch in der mikrobiellen Denitrifikation unter Umsetzung von Pyrit. Gleiches Bild zeigt sich auch bei K und Mg. Die Unterschiede zwischen anstromigem Grundwasser und dem Kiesseewasser sind ebenfalls nicht signifikant. Der geogene Anteil ist in diesen Parametern jedoch vermutlich geringer als der anthropogene (landwirtschaftliche Düngung). Die hohen Ca-, Mg- und SO_4-Gehalte korrespondieren auch mit der nachgewiesenen insgesamt hohen Gesamthärte des Wassers.
- Die Gehalte an Stickstoff (NH_4, NO_3, NO_2) Phosphor (P_{ges}, o-PO_4) und DOC sind durch die Wirkung der Kiesseen im allgemeinen im Abstromgrundwasser geringfügig niedriger bzw. gleich. Die NH_4-Gehalte sind relativ niedrig und lassen keine gerichtete Tendenz erkennen. Die anthropogen bedingten Nitratwerte (Gülle- und Ammoniumnitratdüngung) belegen in den nachgewiesenen Größenordnungen,

Abb. 5 Sand-Verspül-Anlage auf einem Schwimmbagger.

dass keine vermehrte Pflanzenentwicklung während des Frühjahrswasserzyklus in den Kiesseen zu erwarten ist. Die Nitritgehalte sind im allgemeinen im unbedenklichen Bereich. Die Phosphatkonzentrationen im Grundwasser und in den Kiesseen bewegen sich im Normalbereich. In den Kieswerken B und D schwanken die Werte erheblich. Insgesamt ist jedoch speziell die Umwandlung gelöster Nährstoffsubstanzen in eine sedimentierbare Form der Haupteffekt für die niedrigen Werte.

- Die Fe_{ges}-Konzentrationen zeigen in den Bereichen aller Kieswerke keine Auffälligkeiten. In den Kiesseen liegen nach den Untersuchungen des Jahres 2006 (erstmals Fe^{2+} ermittelt) vollständig bzw. Teile des Fe_{ges} als Fe^{2+}-Verbindungen im Grundwasser vor. Die Eisengehalte wie auch die Mangangehalte weisen in den Kiesseen niedrigere Werte als im abstromigen Grundwasser auf. Ansonsten sind zwischen Anstrom- und Abstrombereich keine signifikanten Unterschiede und keine gerichteten Tendenzen erkennbar. Sauerstoff- und temperaturabhängig findet in den Kiesseen eine Eisen- und Manganausfällung am Boden der Kiesseen statt.
- Als Indikator für industrielle Abfälle wurde als Summenparameter der AOX-Gehalt ermittelt. Die wenigen vorliegenden Werte weisen im allgemeinen keine gerichteten Tendenzen zwischen Anstrom- und Abstromgrundwasser auf.
- Die ermittelten Gehalte an Kohlenwasserstoffen, abfiltrierbaren Stoffen, Chlorophyll-a und des Phenolindex liegen in der Regel unterhalb der methodenbedingten Bestimmungsgrenzen.
- Die Schwermetallgehalte an Blei, Cadmium, Chrom, Kobalt, Kupfer, Nickel, Quecksilber und Zink sowie Aluminium und Arsen sind nur gering (unterhalb der Bestimmungsgrenzen, außer bei Zink). Diese insgesamt sehr niedrigen Gehalte lassen nicht erkennen, dass durch die Kiessandgewinnungsarbeiten eine signifikante Erhöhung der bisher ermittelten Werte der Kiesseen und des Abstromgrundwassers auch künftig zu erwarten ist.
- Einträge von Substanzen in die Kiesseen können durch oberirdische Zuflüsse nach Niederschlägen (an Böschungssystemen) und aus der Luft erfolgen. In Frage kommen hierbei – insbesondere durch die landwirtschaftliche Düngung verursacht – K, Cl, Ca, Mg, SO_4, P_{ges}, o-PO_4. Diese Einträge sind insgesamt gemessen an den Gesamtkonzentrationen sehr gering und somit nicht signifikant. Auch die Einträge durch Niederschläge und aus der Luft an NH_4, NO_3 und NO_2 sind offensichtlich äußerst gering, da sie im Kiesseewasser selbst nur in sehr niedrigen Konzentrationen bzw. Spuren nachweisbar waren bzw. sind. Ein Austausch von Substanzen erfolgt über die Grenzfläche Kiesseewasser / Atmosphäre in geringem Maße durch O_2-Eintrag und durch CO_2-Entgasung. Eine Temperaturschichtung ist in den Kiesseen nicht nachgewiesen. Stickstoff und Phosphor werden in den Kiesseen in die nur geringfügig auftretende Biomasse eingebaut. Auch eine Fixierung von Substanzen in den Kiesseen ist mit Sicherheit anzunehmen, jedoch nicht direkt nachweisbar und nur daraus abzuleiten, dass bei einigen Parametern die Gehalte nach der Kiesseepassage im abstromigen Grundwasser etwas geringer sind als gegenüber dem Anstromgrundwasser (z.B. Stickstoff, Phosphor, Calcium, Magnesium, Eisen, Mangan). Einerseits durch den Einbau in Biomasse und andererseits durch CO_2-Entgasung erfolgt die Fällung entsprechender Verbindungen am Seeboden.

Damit ist die Nutzung von Baggerseewasser für die hydromechanische Kiesförderung und für die Kieswäsche sowie die Rückspülung der Prozesswässer in den Baggersee ohne erkennbares Risiko für das Seewasser und das Grundwasser.

3.2.6.3 Praktische Schlussfolgerungen, Ergebnis für das Unternehmen und Ausblick

Aus der o.a. zusammenfassenden Einschätzung sind insgesamt folgende Feststellungen zu treffen:

(A) *Aus den vorliegenden Analysenergebnissen ist keine negative Beeinflussung der Kiesseewasser- und abstromigen Grundwasserqualität durch die Kiessandgewinnungsarbeiten nachweisbar. Nach Auswertung aller Analysenergebnisse kann der künftige jährliche Untersuchungsumfang deutlich reduziert werden.*

(B) *Die bisher jährlich erzielten Analysenergebnisse haben seitens des Landesamtes für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt und des begutachtenden Landesbetriebes für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft in der Vergangenheit keinen Anlass für kritische Bewertungen gegeben.*

(C) *Dem Antrag des Unternehmens, den fixierten Untersuchungsrahmen für das Grundwasser und die Kiesseen im Bereich der Kiesbetriebe A, B, C und D für die Jahre 2007 bis 2014 als mittelfristiges Programm in Ergänzung zu den zugelassenen Betriebsplänen zu verringern, wurde stattgegeben. Für das Unternehmen ergibt sich hieraus neben der finanziellen Entlastung auch eine Verbesserung der Planungssicherheit durch die Vereinheitlichung des Untersuchungsrahmens für alle Betriebe.*

(D) *Anpassungen der Güteüberwachung der relevanten Grund – und Oberflächenwässer sind möglich und immer Einzelfallentscheidungen der Genehmigungsbehörden. Für eine Reduzierung des Untersuchungsrahmens ist u.a. der Nachweis lückenloser einschlägiger Messreihen über einen repräsentativen Zeitraum unverzichtbar.*

Dank

Die Autoren bedanken sich bei Herrn Dr. Claus Heidecke (Kies- und Baustoffwerke Barleben GmbH & Co.KG) für seine freundliche Bereitschaft, die vorliegenden betrieblichen Unterlagen verwenden zu dürfen. Herrn Dr. Rolf Kater (LAGB) danken wir für die kritische Durchsicht des Manuskripts.

Literatur

Beisswenger, T. (2000): Vier Jahre KaBa-Projekte, Ergebnisse und Konsequenzen.- Schriftenreihe der Umweltberatung im ISTE, Bd. 2, 2.Aufl., Ostfildern 2000

Beisswenger, T. (2000) : Kiesgewinnung im Interessenkonflikt zwischen wirtschaftlicher Notwendigkeit und Natur- und Landschaftsschutz.-Schriftenreihe der Umweltberatung im iste, Bd. 2, 2.Aufl., Ostfildern.

Bertleff, B., Dischinger, O., Schuff, J., Stichler, W., & Trapp, CH. (2000): Wechselwirkung zwischen Baggerseen und Grundwasser - Untersuchungsvorhaben und erste Ergebnisse.- Kiesgewinnung, Wasser- und Naturschutz (Schriftenreihe der Umweltberatung im ISTE Baden-Württemberg), Bd. 2 (2. Aufl.), S. 45-57, Ostfildern.

Bertleff, B., Dischinger, O., Schuff, J., Stichler, W., & Trapp, CH. (2001): Wechselwirkungen zwischen Baggerseen und Grundwasser.- Landesamt f. Geol., Rohst. u. Bergbau Baden-Würtemberg, Informationen 10, Freiberg i. Br.

Hölting, B. & Coldewey, W.G. (2005): Hydrogeologie.- 6. überarb. u. erweit. Auflage.

Model, E. (2006): Wechselwirkungen zwischen den Kiessandtagebauen und dem Grundwasser im Verantwortungsbereich der Betriebe der Kies- und Baustoffwerke GmbH & Co.KG (Grundlage des Antrages auf Änderung des Untersuchungsumfangs zur Beschaffenheit des Grundwassers).- unveröff. Bericht, Kies- und Baustoffwerke Barleben GmbH & Co.KG.

Sampl, H. (1995): Baggerseen und ihre Wechselbeziehungen zum Grundwasser.- BM f. Landw. u. Forstw.- Wasserwirtschaftskataster Wien.

Sprenger, U. (2005): Wechselwirkungen zwischen Baggerseen und Grundwasser im Elbe-Saale-Dreieck.-unveröff. Forsch.-Ber., Baustoff-Service GmbH, Dessau.

Transportband für die Nassauskiesung (oben) und Lieferkornaufhaldung (unten) im Kieswerk Barleben nördlich von Magdeburg.

3.3 Zur Alkaliempfindlichkeit von Gesteinskörnungen aus Sachsen-Anhalt - Entwicklung einer neuartigen chemischen und physikalischen Testmethode direkt am Korn

Klaus-Jürgen Hünger[1], Robert Bachmann[1], Yvonne Scholz[1], Dittmar Marquordt[2] & Klaus Stedingk[3]

3.3.1 Einführung, Ausgangslage und Zielstellung

3.3.1.1 Grundlagen und Entwicklung einer neuartigen Testmethode

Die Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR) ist neben anderen Korrosionsmechanismen eine der wichtigsten Schadensursachen, die die Dauerhaftigkeit von Betonen negativ beeinträchtigen kann (Abb. 1). Trotz jahrzehntelanger Forschungsarbeit, konkret seit Stanton (1940), der über Schädigungen an Betonen infolge einer Reaktion berichtete, an der Alkalien aus dem Zement, Kieselsäure aus der Gesteinskörnung und Feuchtigkeit beteiligt sind, sind noch immer zahlreiche Fragen offen. Hierzu zählt national wie auch international die Frage nach der Entwicklung von Prüfmethoden, die schnell und vor allem zuverlässig Aussagen zur realen Alkaliempfindlichkeit einer Gesteinskörnung zulassen (Oberholster & Davies 1986). Dieser Beitrag konzentriert sich daher auf den Vergleich von Ergebnissen indirekter Methoden zur Einstufung der Alkaliempfindlichkeit von Gesteinskörnungen (Betonversuch mit Nebelkammerlagerung, Mörtelschnelltests) mit einer neu entwickelten chemischen und physikalischen Prüfmethode direkt an der Gesteinskörnung. Gleichzeitig soll die Praxistauglichkeit des neuen Verfahrens untermauert werden.

Auf mögliche andere Ursachen für Treibreaktionen aus Beton-Komponenten oder z.B. aus Einbaufehlern, wird in diesem Beitrag nicht eingegangen.

Das Vorhandensein alkaliempfindlicher Gesteinskörnungen in den Rohstoffvorkommen hat erhebliche Auswirkungen auf die Bauwirtschaft und die zuliefernde Rohstoffindustrie. Es besteht ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen den Festlegungen zur Güteüberwachung von zertifizierten Lieferkörnungen und den landesweiten lagerstättengeologischen Untersuchungen der Rohkiessande (Karpe & Stedingk 2002, Stiefel & Stedingk 2007). Diese Untersuchungen haben praktische Bedeutung für die Qualitätssicherung und -kontrolle und damit auf die Qualität und Dauerhaftigkeit von Betonen (s. hierzu Kap. 3.1, dieses Heft).

In der 2007 verabschiedeten und im Juli 2008 bauaufsichtlich eingeführten DAfStb-Richtlinie „Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktion im Beton (Alkali-Richtlinie) wurden neben dem bis dahin auch

Abb. 1 Schadensbilder von Fahrbahndecken verursacht durch Alkali-Kieselsäure-Reaktion. Ausgeprägtes Rissbild an einer Betonfahrbahn (links); Beginnende „Verschotterung" ausgehend von den Fugenbereichen (rechts).

1 Priv.-Doz. Dr. rer. nat., Dr.-Ing. habil. K.-J. Hünger, Dipl.-Ing. Robert Bachmann & Dipl.-Ing. Yvonne Scholz, Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Lehrstuhl Baustoffe und Bauchemie, Konrad-Wachsmann-Allee 11, 03046 Cottbus.

2 Dipl.-Ing. Dittmar Marquordt, Landesbetrieb Bau, Fachgruppe Straßenbautechnik, Baustoff- und Bodenprüfstelle, Harmoniestr. 1, 38820 Halberstadt.

3 Dr. Klaus Stedingk, Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt, Dezernat Lagerstättengeologie und Rohstoffe, Köthener Str. 38, 06118 Halle (Saale).

in den vorangegangenen Richtlinien enthaltenen Betonversuch mit Nebelkammerlagerung nun zusätzlich zwei Mörtelschnelltests (Referenz- und Alternativverfahren) eingeführt. Diese können dem Betonversuch vorgeschaltet werden, um ggf. schneller zu einer Einstufung der Alkaliempfindlichkeit von Gesteinskörnungen zu kommen. Dass aber auch die Anwendung von Mörtelschnelltests international nicht unkritisch gesehen wird, zeigt ein Ausspruch von M.D.A. Thomas anlässlich einer Diskussion auf der 13. ICAAR-Tagung in Trondheim.

Zitat: „Wir, die Baufachleute, wären sehr schlecht beraten, wenn wir unsere Entscheidung zur Verwendung von Gesteinskörnungen für Beton einzig durch Ergebnisse an Mörtelschnelltests absichern würden!".

Warum dies so ist, zeigt die nachfolgende Abb. 2 sehr anschaulich. Hier wird der Betonversuch in der Nebelkammer den Ergebnissen der Mörtelschnelltests, die nach Alkali-Richtlinie in Deutschland nunmehr zugelassen sind, gegenübergestellt. Die Punkte im Diagramm stellen Gesteine dar, die mit beiden Methoden untersucht worden sind.

Demnach gibt es einerseits Gesteinsproben, bei denen die Ergebnisse des Betonversuches (hier Nebelkammerlagerung nach neun Monaten) mit den Ergebnissen der beiden Mörtelschnelltests (Referenz- und Alternativverfahren) gemäß DAfStB-Richtlinie „Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktion im Beton (Alkali-Richtlinie)" übereinstimmen. **„Good actors"** sind z.B. solche Gesteine, bei denen beide Tests übereinstimmend entweder eine Alkaliunempfindlichkeit oder eine Alkaliempfindlichkeit bescheinigen. Daneben gibt es offensichtlich aber auch **„Bad actors"**, bei denen der Dehnungswert des/der Mörteltests über dem Grenzwert des jeweiligen Verfahrens liegt, der Betonversuch letztendlich aber eine Unempfindlichkeit der Gesteinskörnung nachweist. Ist dieser Fall bereits für die Baupraxis unakzeptabel, so sind die so genannten **„Very bad actors"** umso kritischer zu bewerten. Unter diesem Begriff sind Gesteinsproben zu verstehen, die auf Grundlage des Mörteltest als unbedenklich einzustufen wären, aber im Betonversuch die gestellten Kriterien nicht einhalten.

Basis der indirekten Prüfmethoden ist eine Empfindlichkeitseinstufung anhand von Dehnungswerten von Mörtelprismen bzw. Betonbalken, was naturgemäß mit entsprechenden Fehlern bei der Probenherstellung, der Lagerung und der Messwertgewinnung verbunden sein kann (Abb. 3). Dieses war ein weiterer Grund für Forschungsaktivitäten zur Entwicklung von verbesserten Prüfmethoden, insbesondere von direkten Methoden, die direkt an Gesteinskörnungen durchgeführt werden können.

Im Rahmen von Grundlagenuntersuchungen an präkambrischen Grauwacken konnte hierzu in den letzten Jahren an der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus (BTU) ein chemischer Schnelltest entwickelt werden, das so genannte BTU-Löseverfahren nach Hill & Hünger (2005 b). Dieses Verfahren beruht auf grundlegenden chemisch-mineralogischen Erkenntnissen zum Reaktionsmechanismus von Grauwacken im alkalischen Milieu direkt am Gesteinskorn, d.h. ohne Mörtel- und Betonherstellung. Ein weiterer für die Baupraxis wesentlicher Vorteil dieses Prüfverfahrens ist, dass mit diesem Verfahren nach 14 Tagen Messwerte vorliegen und damit Aussagen zur Alkaliempfindlichkeit möglich sind. In zahlreichen Untersuchungen wurde festgestellt, dass das neben der Kieselsäure häufig ebenfalls aus der Gesteinskörnung freigesetzte Aluminium den Kieselsäure-Freisetzungprozess aktiv steuert und dabei alumosilicatische Strukturen bildet, so dass nur die Kieselsäure, die ungebunden, also frei vorhanden ist, zur Schädigung eines Betons führen kann.

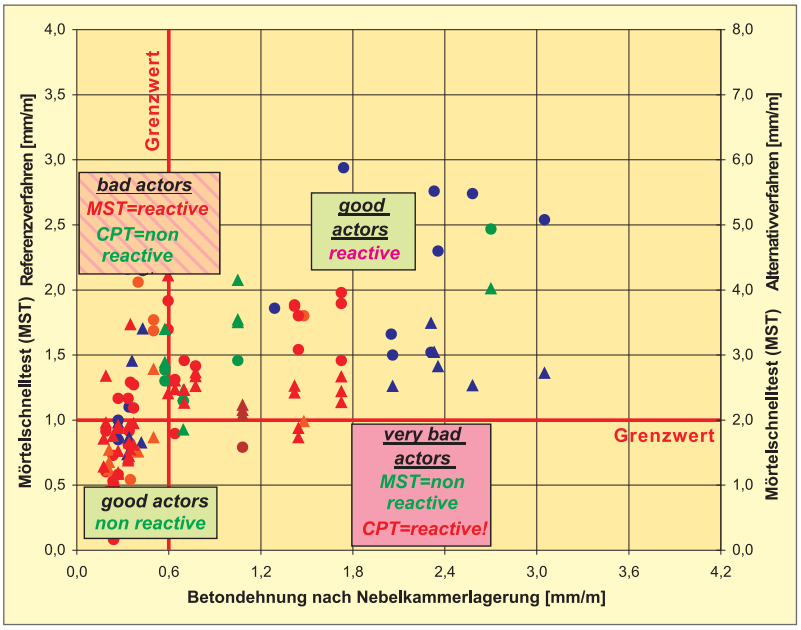


Abb. 2 Ergebniszusammenstellung von Mörtelschnelltests und Betonversuchen.

3.3.1.2 Ausgangssituation und aktueller Sachstand in Sachsen-Anhalt

In der 2. Hälfte der neunziger Jahre des letzten Jahrhunderts traten im Zusammenhang mit dem Neubau der BAB 14 in Sachsen-Anhalt an Betonteilen neu errichteter Brückenbauwerke Schäden auf. Zusätzlich rückten Brückenbauwerke in den Blickpunkt, die in den davor liegenden 70er und 80er Jahren im Bereich der ehemaligen Bezirke Magdeburg und Halle,

Abb. 3 Lagerung von Püfkörpern bei 40 °C in der Nebelkammer (links) und Messung von Betonbalken (rechts).

also dem heutigen Land Sachsen-Anhalt, errichtet wurden. Die Schäden waren Anlass für Untersuchungen, die vom Bundesministerium für Verkehr und dem damaligen Landesamt für Straßenbau Sachsen-Anhalt (LAS ST), dem heutigen Landesbetrieb Bau Sachsen-Anhalt (LBB), in Auftrag gegeben wurden.
Im Ergebnis dieser Untersuchungen waren die festgestellten Schädigungen und deren Ursachen in zwei Kategorien einzuteilen:
(a) physikalisch bedingte Schäden,
(b) Schäden aus einer Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR) im Beton, also einer chemischen Reaktion.

Die physikalisch bedingten Schädigungen waren Abplatzungen, Kornauflösungen und Verfärbungen an Betonflächen. Diese traten regional und zeitlich in verschiedener Intensität auf. Im Interesse der Dauerhaftigkeit von neu zu errichtenden Bauwerken bestand die Notwendigkeit, schnell zu handeln. Dieses geschah im Einvernehmen zwischen den Verbänden der Baustoff- sowie Bauindustrie und dem LAS ST. Es wurden ergänzend zum bereits existierenden Vorschriftenwerk Festlegungen zu Anforderungen, Prüfung und Güteüberwachung von Gesteinskörnungen (Lockergestein) und Beton für die Anwendungsbereiche des Betonstraßenbaus und des Brücken- bzw. Ingenieurbaus getroffen. Das Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt wurde als Fachbehörde in den Entstehungsprozess der Regelungen, der Entwicklung von neuen Prüfverfahren und maßgeblich in die Qualifizierung des in den Betrieben verantwortlichen Personals für die Gütesicherung einbezogen. Anfang 1997 konnte eine erste entsprechende Verfügung des LAS ST in Kraft gesetzt werden. Diese ist zwischenzeitlich, basierend auf Erkenntnisgewinnen und auf Grund von Änderungen im übergeordneten technischen Regelwerk (DIN, EN, ZTV'en), mehrfach fortgeschrieben worden. In ihrem Kern, d.h. den Anforderungen an Gesteinskörnungen und den Regelungen für die Güteüberwachung, ist die erste Regelung jedoch bis heute existent (Tab. 1).

Wesentlich komplizierter gestaltete sich das Erkennen der AKR-Schäden und das daraus abzuleitende weitere Handeln, um zukünftig solche Schäden zu vermeiden. Hier spielten durchaus berechtigte Sorgen der beteiligten Industriezweige im Hinblick auf einen sachlichen und fachlich fundierten Umgang mit den Berichten zu Schäden und den daraus zu ziehenden Schlussfolgerungen eine entscheidende Rolle. Hinzu kam, dass das damals geltende Regelwerk für die Herstellung und Verwendung von Gesteinskörnungen und Beton weniger Spielraum für regionale Regelungen ließ, als dies für die o.g. Lösung physikalischer Probleme der Fall war. Schäden aus AKR führten in den 70er und 80er Jahren zu jeweiligen Regelungen in der damaligen BRD und der DDR. Nach der Wiedervereinigung wurde die vom Arbeitsausschuss „Alkalireaktion im Beton" des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStB) erarbeitete Richtlinie „Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktion im Beton (Alkali-Richtlinie)" überarbeitet und dem damals aktuellen Kenntnisstand angepasst.

Auf Grundlage eines vom Bundesministerium für Verkehr finanzierten und vom damaligen Landesmaterialprüfamt Sachsen-Anhalt durchgeführten Forschungsthemas wurden bereits 1999 für die Anwendungsbereiche Betondeckenbau sowie Brücken- und Ingenieurbau durch das LAS ST zusätzliche Regelungen zur Vermeidung einer schädigenden AKR getroffen. Es bleibt allerdings auch festzustellen, dass mit der o.g. Regelung zur Vermeidung von physikalischen Schäden bereits Gesteinskörnungen von einer Verwendung ausgeschlossen wurden, die im Hinblick auf eine schädigende AKR kritisch zu bewerten waren.

Bedingt durch die weitere Zunahme von Schadensfällen im Verkehrswegebau entstand in den letzten Jahren eine kontroverse Diskussion über die Regelungen zur Vermeidung einer schädigenden AKR im Beton. Dabei gerieten aus den Schadensfällen abgeleitete Regelungsansätze oftmals in den Verdacht, die Verwendung bestimmter

Tab. 1 Zusätzliche Anforderungen an Gesteinskörnungen im Bereich des Landesamtes für Straßenbau Sachsen-Anhalt bei Verwendung gemäß ZTV Beton-StB 01 und ZTV-ING entsprechend gegenwärtig aktueller Fassung der Dienstanweisung des LBB LSA zur Vermeidung physikalischer Schäden aus Gesteinskörnungen.

	Zulässige Anteile an ungeeigneten Bestandteilen)[1] in Gesteinskörnungen für Anwendungsbereiche (ab Prüfkorngröße 4 mm)	**Entsprechend**		
		ZTV Beton-StB 01	**ZTV-ING**	
		Beton für Deckschichten	**Beton für Kappen**	**Beton für Sichtflächen**
1	poröse Kalk- und Mergelsteine, Kieselkalke, Kieselkreiden, Opalsandstein, Kreide und kreidekrustenführende Flinte	**< 0,5 M-%**	**< 0,5 M-%**	**< 0,5 M-%**
2	gering verfestigte Sediment-gesteine (z.B. Ton-, Schluff- und Sandsteine) sowie quellfähige anorganische Bestandteile			
3	im alkalischen Milieu lösliche anorganische Bestandteile wie Pyrit/Markasit, Glaukonit, oxidische Eisenverbindungen	**≤ 0,5 M-%**	**≤ 0,25 M-%**	**≤ 0,25 M-%**
4	quellfähige organische Bestandteile (z. B. Kohle, Holz, Xylit)	**≤ 0,02 M-%**	**≤ 0,02 M-%**	**≤ 0,02 M-%**

)[1] **Definition/Beschreibung:**

- poröse Kalk- u. Mergelsteine: Farbe hellgrau bis grau, relativ weich, Trockenrohdichte < 2,5 g/cm³, Herkunft: Muschelkalk Thüringen, Subherzyn, südwestlicher Raum Sachsen-Anhalt,
- Kieselkreide bzw. Kieselkalke: Farbe weißgrau bis hellgrau, $CaCO_3$ - Gehalt < 40 %; Opalgehalt > 50 %, fossilführend, zögernd brausend, Trockenrohdichte < 2,0 g/cm³, Herkunft: Ostseeraum,
- Kreide bzw. Kreidekalk: Farbe weiß bis weißgrau, $CaCO_3$-Gehalt > 40 %; Opalgehalt < 50 %, mitunter fossilführend, sofort stark brausend, weiß abreibend, Trockenrohdichte < 2,0 g/cm³, Herkunft: Ostseeraum u. Subherzyn,
- Opalsandstein: Farbe: grau, grüngrau; feinkörnig, hoher Opalanteil > 50 %, Quarzgehalt um 20 %, fossil- und teilweise Glaukonit führend, (kurz: verfestigter Opal mit Quarz), Herkunft: Norddeutschland,
- Kreidekrustenführende Flinte: Flintgerölle mit einer aus Kreide bestehenden Kruste. Sie gelten als ungeeignete Bestandteile, wenn ihre Kruste eine Dicke von ≥ 2 mm beträgt oder wenn Einschlüsse aus Kreide (oder Kieselkreide) vorhanden sind und deren Anteil am Geröll augenscheinlich über 25 Vol.-% beträgt.

Gesteinskörnungen grundsätzlich ausschließen zu wollen. Eine Vorgehensweise, die die verantwortlichen Bearbeiter des betroffenen Regelwerkes auf Landes- und Bundesebene zu keinem Zeitpunkt im Sinn hatten. Vielmehr war es immer Ziel, Anwendungsregelungen zu schaffen, mit denen schadensfreie und dauerhafte Bauwerke erstellt werden können. Dabei waren Expositionen und Beanspruchungen zu berücksichtigen.

Im Rahmen der Umsetzung der Europäischen Normen für Gesteinskörnungen in Deutschland wurde die harmonisierte Norm EN 12620:2002-09 durch DIN EN 12620:2003-04 „Gesteinskörnungen für Beton“ umgesetzt. Da es in der Europäischen Union kein allgemein anerkanntes Prüfverfahren zur Beurteilung der Alkali-Kieselsäure-Reaktivität von Gesteinskörnungen gibt, legt vorgenannte Norm für diese Eigenschaft die am Verwendungsort der Gesteinskörnung geltenden Regelungen fest. In Deutschland ist dies die Alkali-Richtlinie.
Auf Grund der anstehenden Normenumsetzung bzw. -anpassung erfolgte durch den Unterausschuss „Alkalireaktion im Beton“ des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton zwischen 2002 und 2006 die Überarbeitung der Alkali-Richtlinie aus dem Mai 2001. Die jetzt gültige Alkali-Richtlinie wurde im Februar 2007 vom DAfStB verabschiedet und mit Veröffentlichung der Bauregelliste 2008 auch für den Brücken- und Ingenieurbau verbindlich. Deren Umsetzung für den Bau von Fahrbahndecken aus Beton erfolgt über die „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahrbahndecken aus Beton“ (ZTV Beton-StB).

Die neue Alkali-Richtlinie regelt die Verwendung von Gesteinskörnungen im Hinblick auf die Alkali-Kieselsäure-Reaktivität. Entgegen der in manchen Diskussionen angetroffenen Meinung, dass die Anwendung der Alkali-Richtlinie ein „Ausschlusskriterium“ sei, ist ganz klar darauf hinzuweisen, dass die Richtlinie für nur sehr wenige Anwendungsfälle einen Ausschluss von Gesteinskörnungen enthält. Für die meisten Fälle sind Regelungen getroffen, die auf praktischen Erfahrungen beruhend Vorgaben für eine Verwendung beinhalten.

Bis zum Zeitraum der Verabschiedung bekannte Ursachen und Lösungen zum Vermeiden einer schädigenden AKR bei Deckenbetonen wurden in die Alkalirichtlinie integriert. Das neue, 2008 durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und die Obersten Straßenbaubehörden der Länder eingeführte Technische Regelwerk für den Bau von Fahrbahndecken aus Beton verweist auf die Alkali-Richtlinie.

Allerdings wurden auch in den Jahren 2007 und 2008 weitere Erkenntnisse im Zusammenhang mit AKR-Schäden an Betondecken gesammelt, die nunmehr sehr schnell bauvertraglich wirksam werden müssen, um weitere Schäden zu vermeiden. Dementsprechend wird sehr kurzfristig eine Regelung des BMVBS zusätzlich zur Alkali-Richtlinie erwartet.

Auf Grund der geologischen Situation in Sachsen-Anhalt und dessen benachbarten Bundesländern sowie den damit im Zusammenhang stehenden beim Bau von Fahrbahndecken aus Beton verwendeten Gesteinskörnungen, ist die Straßenbauverwaltung des Landes mit mehreren Baulosen konfrontiert, bei denen bereits eine AKR als Schadensursache festgestellt wurde und an denen jetzt Maßnahmen der baulichen Erhaltung durchgeführt oder vorbereitet werden. Untersuchungen zur Ermittlung des Gesamtumfanges betroffener Strecken sind beauftragt.

Gerade die besonderen regional-geologischen Bedingungen sind es aber auch, die regionale Lösungsansätze zur Vermeidung einer schädigenden AKR erfordern. Diese sind dann ggf. in das bundeseinheitliche Regelwerk einzubringen. Ein Weg, den die Straßenbauverwaltung des Landes Sachsen-Anhalts, vertreten durch den LBB, gemeinsam mit dem Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt, den regionalen Verbänden der Baustoff- und Bauindustrie und regionalen Forschungseinrichtungen bisher mit Erfolg gegangen ist und auch weiter gehen wird. Das nachfolgend dargestellte Forschungsthema und dessen bisher vorliegenden Ergebnisse stellen ein Beispiel für diese Vorgehensweise dar.

3.3.1.3 Zielstellung des Forschungsprojekts

Gegenstand dieses Projektes ist die Untersuchung und Bewertung von 15 verschiedenen Gesteinskörnungen hinsichtlich ihrer Alkaliempfindlichkeit. Ausgewählt wurden 4 Proben gebrochener Naturstein [Hartgestein] und 11 Lockergesteinsproben in der Fraktion 8/16 (Lieferkorn). Ergänzend wurden bei 6 Gesteinsproben auch die Fraktion 2/8 (Lieferkorn) aus Lagerstätten Sachsen-Anhalts (14 Proben) und Nordthüringens (1 Probe) untersucht. Die Bemusterung der Gewinnungsstellen erfolgte durch Mitarbeiter des LAGB Sachsen-Anhalt.

Zielstellung dieser Untersuchungen ist es, ein zuverlässiges und schnelles Schnellprüfverfahren direkt an der Gesteinskörnung zu entwickeln, das zukünftig für das Erkennen der Alkaliempfindlichkeit von Gesteinskörnungen genutzt und für die Qualitätssicherung bei Herstellung und Verwendung Anwendung finden kann. Im vorliegenden Forschungsbericht werden Ergebnisse aus Untersuchungen mit den Mörtelschnelltests sowie dem Betonversuch nach Teil 3 der Alkalirichtlinie und dem BTU-Löseverfahren vorgestellt. Zentraler Teil des Forschungsberichtes bleibt jedoch die Weiterentwicklung dieses BTU-Löseverfahrens zu einem in der Qualitätssicherung und der Baupraxis anwendbaren Schnellprüfverfahren (Hünger et al. 2008, Bachmann et al. 2007) und dessen konkrete Übertragung auf in Sachsen-Anhalt vorkommende Gesteine.

Bevor die abschließenden Ergebnisse hinsichtlich einer Alkaliempfindlichkeit der untersuchten Gesteinsproben präsentiert werden, soll eine Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse vorangestellt werden. Aus dieser Zusammenstellung ergeben sich weitere wichtige Schlussfolgerungen für die Notwendigkeit der Entwicklung eines praktikablen Schnellprüfverfahrens direkt am Gesteinskorn.

3.3.2 Untersuchungsergebnisse

3.3.2.1 Mineralogische Zusammensetzung und Petrografie

Die Untersuchungen sind an nachfolgend aufgeführten Gesteinskörnungen (Proben) in der Fraktion 8/16 durchgeführt worden.

(I) Gebrochener Naturstein (Hartgestein)
Grauwacke - **GW**
Andesit - **AN-1**
Ignimbrit - **IG**
Andesit - **AN-2**

(II) Lockergestein (zur angenäherten Lage der Gewinnungsstellen s. Erickson et al., Abb. 6, dieses Heft):
Elbe - **I-9**
Weiße Elster - **III-1**
Saale - **IV-2**
Saale - **IV-4**
Saale - **IV-6**
Bode-Selke-Holtemme - **V-1**
Bode-Selke-Holtemme - **V-4**
Bode-Selke-Holtemme - **V-7**
Bode-Selke-Holtemme - **V-9**
Helme - **VI-1**
Helme - **VI-3**
Für den **Betonversuch** nach Teil 3 der Alkali-Richtlinie wurden zusätzlich Gesteinsproben der Fraktion 2/8 aus folgenden Lagerstätten einbezogen:

(III) Lockergestein:
Elbe - **I-9**
Saale - **IV-2**

Saale - **IV-4**
Bode-Selke-Holtemme - **V-1**
Helme - **VI-1**
Helme - **VI-3**

Von allen Gesteinen der Fraktion 8/16 wurde die mineralogische Zusammensetzung ermittelt. Mitarbeiter des Landesamtes für Geologie und Bergwesen haben von diesen 11 Gesteinen petrografische Analysen durchgeführt. Zusammenfassend wird in nachfolgender Abbildung eine Übersicht dieser Ergebnisse im Vergleich zu weiteren Kennwerten der Gesteinsproben gegeben.

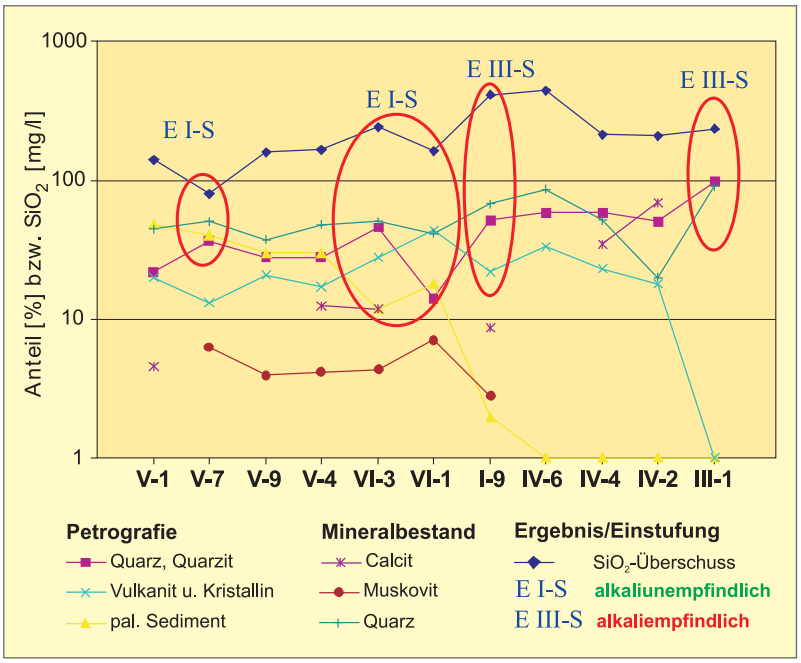


Abb. 4 Zusammenstellung petrografischer Kennwerte, mineralogischer Zusammensetzungen und SiO_2-Überschuss-Werte aus dem BTU-Test der 11 untersuchten Lockergesteine.

In Abb. 4 sind die untersuchten Proben auf der x-Achse dargestellt, auf der y-Achse werden die prozentualen Anteile der mittels petrografischer Analyse ermittelten Gesteinsbestandteile, die röntgenografisch bestimmte mineralogische Zusammensetzung (Hauptphasen) und der BTU-Löseverfahren-Kennwert „Kieselsäureüberschuss" abgebildet. Markante Auffälligkeiten in den Tendenzen der jeweiligen Kennwerte sind als rote Ellipsen gekennzeichnet. Das letztendlich gültige Ergebnis des Betonversuchs ist ebenfalls an dieser Stelle bereits eingezeichnet. Es muss festgestellt werden, dass es **keine eindeutige Korrelation zwischen der petrografischen bzw. mineralogischen Zusammensetzung der Gesteine und deren Reaktivität im Betonversuch** gibt. Z. B. wird ein sehr auffälliges Verhalten bei Probe V-7 gefunden. Der Kieselsäureüberschuss (Kennwert des BTU-Löseverfahrens) liegt bei diesem Gestein unter dem Grenzwert von 100 mg/l, festgelegt aus Untersuchungen an präkambrischen Grauwacken, auch der Betonversuch bestätigt eine Unempfindlichkeit des Materials, der Quarz- bzw. Quarzitgehalt aber durchläuft gerade bei dieser Probe ein Maximum. Einzig Vulkanite und kristalline Schiefer zeigen hier ebenfalls ein Minimum an. Sollten diese letztgenannten Gesteinsbestandteile in Art und Menge die Alkaliempfindlichkeit steuern und damit zu dem Kennwert Kieselsäureübersschuss aus dem BTU-Löseverfahren kompatibel sein?

Aber auch die Probe III-1 ist interessant, da diese nahezu ausschließlich aus Quarz bzw. SiO_2 besteht und trotzdem zumindest nach verschiedenen Tests eine Alkaliempfindlichkeit vorhanden ist.

Die Motivation zur Fortführung der Untersuchungen ist hieraus klar erkennbar. Es gibt derzeit keine Möglichkeit, ausschließlich aus der petrografischen oder mineralogischen Analyse, Rückschlüsse auf die zu erwartende Alkaliempfindlichkeit von Gesteinskörnungen zu ziehen.

3.3.2.2 Mörtelprismentests

An den 15 Gesteinsproben sind gemäß der neuen Alkalirichtlinie des DAfStb, Mörtelschnelltestuntersuchungen durchgeführt worden und zwar mit beiden in der Richtlinie verankerten Testmethoden, dem

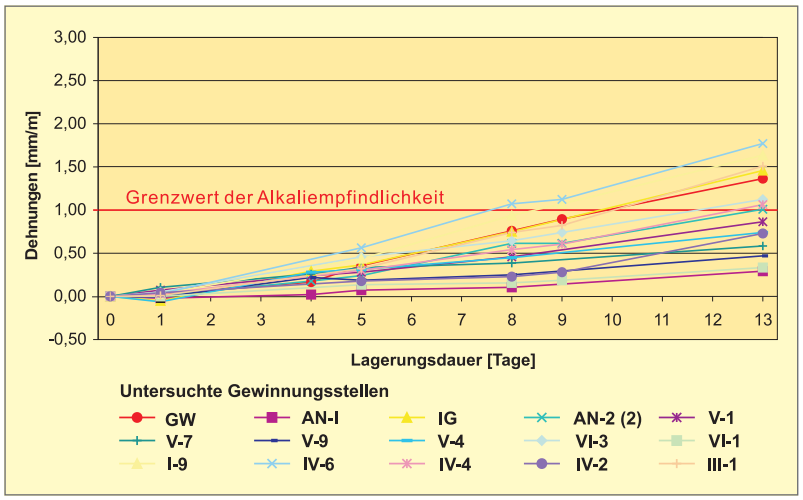


Abb. 5 Dehnungswerte der 15 Gesteinsproben der Fraktion 8/16 ermittelt mittels Referenzverfahren nach Franke (2003).

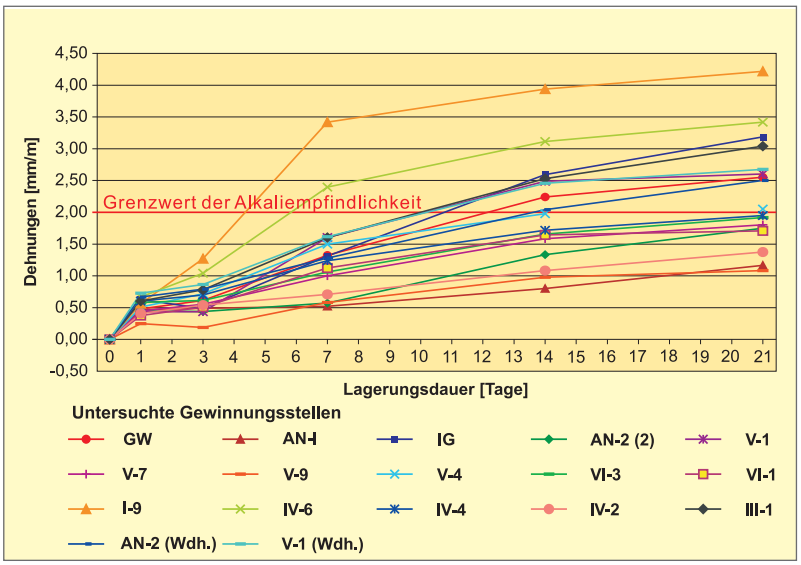


Abb. 6 Dehnungswerte der 15 Gesteinsproben der Fraktion 8/16 ermittelt mittels Alternativverfahren nach Philipp (Philipp & Eifert 2004).

Referenzverfahren nach Franke (2003) und dem Alternativverfahren nach Philipp & Stark (Philipp & Eifert 2004, Stark et al. 2006). In den Abb. 5 und 6 werden die Ergebnisse der Untersuchungen mittels Referenzverfahren und mittels Alternativverfahren aufgezeigt.

Tab. 2 Zusammenstellung von Prüfergebnissen der hier untersuchten Gesteinskörnungen, ermittelt mittels Mörtelschnelltest (MST) im Vergleich zum Ergebnis des Betonversuches.

Gesteins-probe	MST Philipp	MST Franke	Betonversuch Nebelkammer	Widerspruch
GW	k. E.	k. E.	-	nein
AN-1 8/16	E I-S	E I-S	-	nein
IG	k. E.	k. E.	-	nein
AN-2	k. E.	k. E.	-	nein
V-1 2/8	E I-S	E I-S	E I-S	nein
V-1 8/16	k. E.	E I-S		ja – MST
V-7 8/16	E I-S	E I-S	-	nein
V-9 8/16	E I-S	E I-S	-	nein
V-4 8/16	k. E.	E I-S	-	ja – MST
VI-3 2/8	E I-S	E I-S	E I-S	nein
VI-3 8/16	E I-S	k. E.		ja – MST
VI-1 2/8	E I-S	E I-S	E I-S	nein
VI-1 8/16	E I-S	E I-S		nein
I-9 2/8	k. E.	k. E.	E III-S	nein
I-9 8/16	k. E.	k. E.		nein
IV-6 8/16	k. E.	k. E.	-	nein
IV-4 2/8	E I-S	k. E.	E I-S	ja – MST
IV-4 8/16	E I-S	k. E.		ja – MST
IV-2 2/8	E I-S	k. E.	E I-S	ja – MST
IV-2 8/16	E I-S	E I-S		nein
III-1 8/16	k. E.	k. E.	-	nein

k. E. – keine Einstufung möglich, d.h. Dehnung über dem Grenzwert

Ein wichtiger Befund ist in diesem Zusammenhang, dass manche Ergebnisse innerhalb der Schnelltests, aber auch im Vergleich zum Betonversuch nicht übereinstimmen. Dies soll in Tab. 2 nachfolgend veranschaulicht werden und bestätigt die eingangs getroffene Feststellung zur Aussagekraft der Mörtelschnelltests.

Aus dieser Zusammenstellung ergeben sich Abweichungen zum letztendlich gültigen Betonversuch bei 6 Lockergesteinsproben der Fraktion 8/16 von insgesamt 11 untersuchten Proben, was pauschal einer Abweichung von über 50 % entspricht. Weiterhin ist als bedenklich einzuschätzen, dass die **Ergebnisse der beiden Mörtelschnelltests nicht in jedem Fall zum gleichen Ergebnis** führen, es somit bereits einen Widerspruch innerhalb der MST gibt. Das bedeutet, in Abhängigkeit vom gewählten MST erfolgt entweder eine Einstufung in E I-S sofort über die Anwendung des „richtigen“ MST oder erst nach einem neunmonatigen Betonversuch. Des Weiteren fällt auf, dass die Empfindlichkeit von der Korngröße und damit das Ergebnis des Betonversuches von der Rezeptur abhängen kann, d. h. vom Anteil 2/8, 8/16 oder 16/32-Körnung, was sich in dieser Form in der derzeitigen Fassung der Alkalirichtlinie nicht widerspiegelt.

Die zweite Motivation für die Untersuchungen in Richtung eines direkten Prüfverfahrens ergibt sich aus der Unzuverlässigkeit der zurzeit zur Verfügung stehenden Mörtelschnelltests.

3.3.2.3 BTU-Löseverfahren

In den bisherigen Auswertungen sind die Kennwerte aus der strikten Anwendung des für präkambrische Grauwacken entwickelten direkten Löseverfahrens auf die Proben aus Sachsen-Anhalt als Bewertungsgrundlage herangezogen worden. Diese Daten werden vollständig (auch mit allen Zwischenwerten) in Tab. 3 und 4 zusammengestellt.

Tab. 3 Analysenwerte der aus dem Gestein gelösten SiO2- und Al2O3-Anteile sowie berechnete SiO2-Überschüsse der untersuchten Gesteinskörnungen nach BTU-Löseverfahren (Konzentrationen in [mg/l]) für die Fraktion 8/16.

		Lagerungsdauer [Tage]						
Probe (Fraktion 8/16)	**chem. Kennwert**	**2**	**4**	**6**	**8**	**10**	**12**	**14**
GW	SiO_2	127,6	168,8	223,6	272,5	310,4	333,9	348,1
	Al_2O_3	27,0	31,1	32,6	35,5	36,5	39,7	37,9
	$SiO_{2üb}$	89,8	125,2	178,1	222,8	259,3	278,3	**295,0**
AN-I	SiO_2	71,8	97,3	100,4	124,9	149,0	144,9	157,9
	Al_2O_3	30,3	39,3	40,3	49,1	49,1	53,9	50,5
	$SiO_{2üb}$	29,4	42,3	44,0	56,2	80,3	69,5	**87,2**
IG	SiO_2	96,5	156,0	201,9	230,4	269,5	285,8	334,9
	Al_2O_3	19,1	24,2	21,9	22,6	21,4	19,7	19,9
	$SiO_{2üb}$	69,7	122,1	171,2	198,7	239,6	258,2	**307,0**
AN-2	SiO_2	117,0	172,6	253,6	280,5	339,5	374,4	382,1
	Al_2O_3	22,7	21,5	24,2	23,2	23,5	22,6	23,1
	$SiO_{2üb}$	85,3	142,6	219,8	248,0	306,6	342,8	**349,8**
V-I	SiO_2	118,4	157,5	196,9	225,0	248,5	272,8	291,8
	Al_2O_3	70,4	84,3	102,8	115,0	104,3	123,0	108,2
	$SiO_{2üb}$	19,8	39,5	53,0	64,0	102,5	100,6	**140,2**
V-7	SiO_2	130,8	167,6	217,0	256,0	266,1	262,3	259,3
	Al_2O_3	71,1	96,0	111,7	124,7	142,2	142,7	148,3
	$SiO_{2üb}$	31,2	33,3	60,7	**81,4**	67,1	62,5	51,6
V-9	SiO_2	130,0	166,5	200,4	227,4	232,4	266,6	298,3
	Al_2O_3	70,7	85,3	90,6	102,8	98,2	108,1	99,0
	$SiO_{2üb}$	31,0	47,1	73,5	83,5	94,9	115,2	**159,7**
V-4	SiO_2	116,4	192,8	242,5	290,3	288,1	294,1	310,9
	Al_2O_3	60,4	76,7	88,2	88,5	111,6	109,7	104,9
	$SiO_{2üb}$	31,8	85,4	119,1	**166,3**	131,9	140,5	164,0
VI-3	SiO_2	116,6	188,6	235,8	269,0	296,6	364,6	342,1
	Al_2O_3	44,3	65,5	69,1	72,6	74,4	73,7	73,7
	$SiO_{2üb}$	54,6	96,9	139,0	167,3	192,5	**261,4**	238,9
VI-1	SiO_2	138,5	193,3	240,5	279,0	273,8	317,9	313,1
	Al_2O_3	60,5	78,0	85,7	103,7	99,4	116,5	106,5
	$SiO_{2üb}$	53,8	84,0	120,5	133,8	134,6	154,7	**164,1**
I-9	SiO_2	154,8	232,6	357,3	327,8	434,8	406,8	477,1
	Al_2O_3	23,7	27,7	38,5	36,9	41,9	49,9	43,4
	$SiO_{2üb}$	121,5	193,9	303,3	276,1	376,0	336,9	**416,4**

		Lagerungsdauer [Tage]						
Probe (Fraktion 8/16)	**chem. Kennwert**	**2**	**4**	**6**	**8**	**10**	**12**	**14**
IV-6	SiO_2	144,0	290,1	300,3	392,3	465,9	508,1	421,5
	Al_2O_3	23,2	28,9	34,8	37,3	41,2	47,7	44,5
	$SiO_{2üb}$	111,6	249,7	251,5	340,0	408,2	**441,4**	359,2
IV-4	SiO_2	113,9	181,6	236,6	238,0	312,5	286,1	321,0
	Al_2O_3	47,6	48,8	60,2	70,8	78,3	82,1	75,8
	$SiO_{2üb}$	47,2	113,3	152,4	138,9	202,9	171,2	**214,8**
IV-2	SiO_2	111,1	139,5	194,6	224,5	256,5	275,8	288,6
	Al_2O_3	34,3	37,2	43,2	45,7	49,0	50,3	57,8
	$SiO_{2üb}$	63,1	87,5	134,1	160,5	187,9	205,3	**207,7**
III-1	SiO_2	103,5	163,4	212,9	225,5	287,9	328,5	300,3
	Al_2O_3	36,1	48,8	54,5	63,8	69,2	66,7	75,5
	$SiO_{2üb}$	53,0	95,0	136,5	136,2	191,0	**235,1**	194,6

Tab. 4 Analysenwerte der aus dem Gestein gelösten SiO2- und Al2O3-Anteile sowie berechnete SiO2-Überschüsse der untersuchten Gesteinskörnungen nach BTU-Löseverfahren (Konzentrationen in [mg/l]) für die Fraktion 2/8.

		Lagerungsdauer [Tage]						
Probe (Fraktion 2/8)	**chem. Kennwert**	**2**	**4**	**6**	**8**	**10**	**12**	**14**
V-1	SiO_2	108,1	158,3	219,1	258,3	289,8	302,4	323,3
	Al_2O_3	54,9	63,1	85,8	92,2	90,8	95,1	98,8
	$SiO_{2üb}$	31,3	70,0	99,0	129,2	162,7	169,2	**184,9**
VI-3	SiO_2	123,1	184,0	247,9	279,8	360,0	313,9	373,0
	Al_2O_3	44,6	55,9	68,4	70,2	67,6	70,8	73,1
	$SiO_{2üb}$	60,7	105,7	152,1	181,4	265,4	214,8	**270,7**
VI-1	SiO_2	121,5	204,3	278,1	260,6	358,5	333,0	395,5
	Al_2O_3	45,9	56,2	64,4	68,1	64,4	60,6	72,1
	$SiO_{2üb}$	57,2	125,6	188,0	165,3	268,3	248,2	**294,6**
I-9	SiO_2	140,9	244,6	277,0	389,1	384,4	445,0	547,1
	Al_2O_3	18,5	26,3	24,6	30,1	26,3	23,4	25,0
	$SiO_{2üb}$	115,0	207,9	242,5	347,0	347,6	412,2	**512,1**
IV-4	SiO_2	115,8	202,1	224,3	267,1	320,6	289,4	298,3
	Al_2O_3	43,5	58,1	66,3	69,2	64,1	68,3	72,2
	$SiO_{2üb}$	54,8	120,8	131,4	170,3	**230,9**	193,8	197,1
IV-2	SiO_2	123,1	186,9	255,6	293,5	281,5	310,9	341,8
	Al_2O_3	36,7	51,9	57,2	59,9	57,2	60,0	56,1
	$SiO_{2üb}$	71,7	114,2	175,5	209,6	201,5	226,9	**263,3**

Der maximale Kieselsäureüberschuss ist in den Tabellen für jedes Gestein rot markiert. Dieser wird nicht notwendigerweise immer nach 14 Tagen Lagerungszeit der drei Prüfkörnungen 0,25-0,5 mm, 1,0-2,0 mm und 4-8 mm in der alkalischen Lösung erreicht, was darauf hinweist, dass unter diesen angewandten Lagerungsbedingungen die tatsächlichen Maxima der möglichen SiO_2- und Al_2O_3-Bestandteile in Lösung bestimmt werden. Zusammenfassend zum bisherigen Stand werden in Tab. 5 und 6 die Ergebnisse des reinen BTU-Löseverfahrens, so wie er für präkambrische Grauwacken entwickelt worden ist, auf die 15 vom LAGB bereitgestellten Gesteinsproben dargestellt.

Tab. 5 Ergebnisse der Proben aus gebrochenenem Naturstein.

Gesteins-probe	max. SiO_2-Überschuss [mg/l]	Beurteilung
GW	295,0	bedenklich
AN-1	87,2	unbedenklich
IG	307,0	bedenklich
AN-2	349,8	bedenklich

Tab. 6 Ergebnisse der Lockergesteinsproben.

Gesteins-probe	max. SiO_2-Überschuss [mg/l]	Beurteilung
V-1	140,2	bedenklich
V-7	81,4	unbedenklich
V-9	159,7	bedenklich
V-4	166,3	bedenklich
VI-3	238,9	bedenklich
VI-1	164,1	bedenklich
I-9	416,4	bedenklich
IV-6	441,4	bedenklich
IV-4	214,8	bedenklich
IV-2	207,7	bedenklich
III-1	235,1	bedenklich

Nach diesen Ergebnissen würden bei den gebrochenen Natursteinen drei Proben als bedenklich hinsichtlich AKR einzustufen sein, bei den Lockergesteinen 10 von 11. **Insbesondere bei den Lockergesteinen widerspricht dieses Ergebnis den baupraktischen Erfahrungen.**

Die dritte Motivation stellt sich somit dadurch ein, dass offensichtlich allein das chemische Potenzial an gelösten Bestandteilen einer Gesteinskörnung nicht ausreicht, die Empfindlichkeit von Gesteinen, die keine präkambrischen Grauwacken sind, exakt vorhersagen zu können.

Abb. 7 Beispiel für Rissbildung am Prüfkörper (l. Würfel).

3.3.2.4 Betonversuch nach Teil 3 der aktuellen Alkali-Richtlinie

Für die weiteren Untersuchungen sind nunmehr sechs Lockergesteinsproben für den Betonversuch (Abb. 7) ausgewählt worden. Es sind dies die Proben:
V-1, VI-3, VI-1, I-9, IV-4, IV-2.

Die Gesteinsprobe der Gewinnungsstelle I-9 muss über den Betonversuch, sowohl über die Dehnung aber insbesondere über die Rissbildung am Würfel (hier 0,4 mm) als alkaliempfindlich eingestuft werden.

Nachfolgendes Diagramm (Abb. 8) zeigt das Ergebnis des Betonversuchs nach neunmonatiger Nebelkammerlagerung.

Alle anderen 5 Proben sind zumindest was die Kennwerte nach neunmonatiger Lagerung betrifft, alkaliunempfindlich. Deren Dehnungen liegen deutlich unter dem Grenzwert von 0,6 mm/m und zeigen auch entweder keine Risse oder maximale Rissbreiten von 0,1 mm.

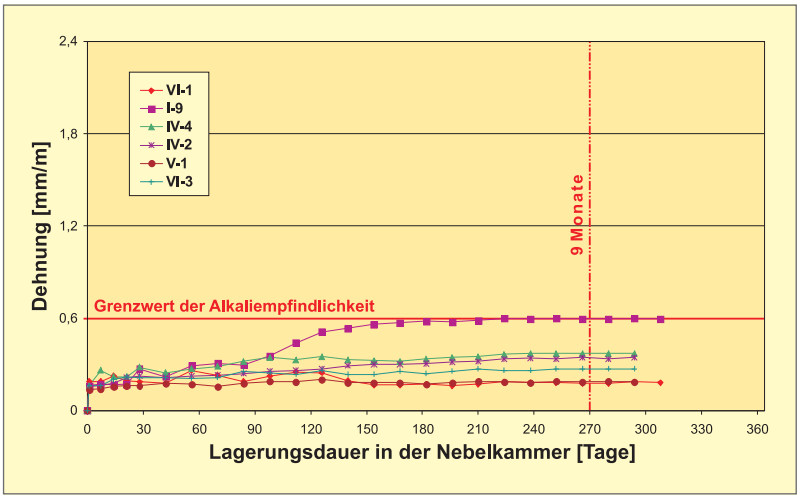


Abb. 8 Dehnungsverläufe der sechs ausgewählten Gesteinsproben im Betonversuch.

Es wäre sicher sinnvoll gewesen, an allen 15 Gesteinsproben den Betonversuch durchzuführen, aus Kapazitätsgründen war dies jedoch nicht möglich.

Aus den Kurvenverläufen können aber trotzdem Unterschiede im Reaktionspotenzial zwischen den Proben, die unter dem Grenzwert von 0,6 mm/m bleiben, erkannt werden, denn zumindest die Proben IV-4 und IV-2 zeigen einen gering ansteigenden Kurvenverlauf, während die Proben V-1 und VI-1 außer der Temperatur- und Feuchtedehnung keine zusätzlichen Längenänderungen aufweisen.

Die vierte Motivation resultiert aus der unpraktikablen und sehr aufwendigen Prüfung der Gesteinskörnungen nach dem Betonversuch. Insbesondere als werkseigene Produktionskontrolle (WPK) ist dieser Test nicht geeignet.

3.3.2.5 Der BTU-SP-Schnelltest (Solution and Porosity-Test)

Die beschriebenen Probleme und Fragestellungen im Zusammenhang mit den Mörtelschnelltests der neuen Alkali-Richtlinie zeigen deutlich, dass weiterhin erheblicher Klärungsbedarf bei der Identifizierung von alkaliempfindlichen Gesteinskörnungen besteht. Wesentliche Ursachen hierfür sind:

- die Unzuverlässigkeit der petrografischen Analyse aufgrund der immer noch vorhandenen Unkenntnis zu den Reaktionsmechanismen der Gesteine (dieser Mechanismus konnte bisher einzig exakt an den präkambrischen Grauwacken geklärt werden, Hünger 2005),
- die Bandbreite der Ergebnisse beim Betonversuch bis hin zu den slow/ late - Gesteinen und hier insbesondere die Prüfdauer sowie die vom Ergebnis her zu scharf ermittelten Kieselsäureüberschüsse mittels BTU-Löseverfahren.

Zur Erläuterung der weiteren Verfahrensweise muss an dieser Stelle jedoch nochmals auf den BTU-Lösetest und seine Grundlagen eingegangen werden.

3.3.2.5.1 Chemische Lösungsanalysen nach alkalischer Lagerung (BTU-Test)

Das an der BTU Cottbus von Hill & Hünger (2005 a und b) entwickelte Löseverfahren zur Bestimmung der überschüssigen Kieselsäure an präkambrischen Grauwacken erweist sich für diese Gesteinsart als eine gegenüber dem Betonversuch nach Teil 3 der Alkali-Richtlinie des DAfStb qualitativ sowie quantitativ gleichwertige Prüfmethode. Eine kurzfristige sowie sichere Beurteilung der Alkaliempfindlichkeit präkambrischer Grauwacken aus der Lausitz direkt am Gestein ist somit wissenschaftlich begründet möglich, weshalb das Verfahren als Alternative bzw. Ergänzung bei einer Fortschreibung der Alkali-Richtlinie vorgeschlagen wurde.

Abb. 9 Photometrische Bestimmung der SiO_2-Gehalte mit Ammoniummolybdat.

Die Lösungsanalyse ist eine korngrößen- und zeitabhängige Untersuchungsmethode. Dabei werden die Gehalte an SiO_2 photometrisch und Al_2O_3 komplexometrisch bestimmt. Hierfür erfolgt die Lagerung der Gesteinsproben bei 80 °C in einer 0,1 n KOH-Lösung (pH = 13) im Klimaschrank mit einer Gesamtlagerungsdauer von 14 Tagen.

Zunächst werden die Proben in drei verschiedene Prüfkorngruppen (0,25/0,5; 1/2; 4/8) abgesiebt, anschließend gewaschen und getrocknet. Danach erfolgt die Einwaage mit je 10 g jeder Probe und die Zugabe von 100 ml 0,1 n KOH-Lösung (pH = 13) in geschlossene HDPE-Behälter und anschließender Lagerung bei 80 °C im Klimaschrank. Nach 48 Stunden erfolgt die erste Lösungsanalyse, indem die Lösung abfiltriert und eine chemische Analyse

Abb. 10 Komplexometrische Bestimmung der Al_2O_3-Gehalte.

des Eluats durchgeführt wird. Diese besteht aus einer photometrischen Bestimmung der SiO_2-Gehalte und einer komplexometrischen Bestimmung der Al_2O_3-Gehalte (Abb. 9 und 10).

Alle weiteren Lösungsanalysen finden anschließend im Zwei-Tage-Rhythmus, einschließlich des 14. Tages, statt (in Summe sind dies somit sieben Analysen je Prüffraktion). Da der maximale Kieselsäureüberschuss erst nach mindestens 10 Tagen erreicht wird, ist es sinnvoll, mit den für die Untersuchungen am 10., 12. und 14. Tag bestimmten Proben zu beginnen. Sehr häufig reichen diese drei Messwerte für die Bestimmung des Kieselsäureüberschusses bereits aus.

Zur Auswertung wird das Mittel der Analysewerte der drei Prüfkorngruppen der jeweiligen Gesteinsproben herangezogen (Hill 2004). Für die spätere direkte Gegenüberstellung von Kieselsäureüberschussanteilen und anderen Vergleichswerten ist es notwendig, die über eine alumosilicatische Komplexbildung hinaus vorliegenden SiO_2-Anteile in der Lösung zu quantifizieren. Die Berechnung des hierfür maßgeblichen schädigenden Kieselsäureüberschuss ergibt sich aus nachstehender Gleichung:

$$SiO_{2üb} = SiO_{2ges} - 1{,}4 * Al_2O_{3ges} \quad [mg/l] \quad (Gl.\ 1)$$

$SiO_{2üb}$ in der Lösungsphase vorliegender SiO_2-Anteil, der nicht über eine alumosilicatische Komplexbildung verbraucht wird in [mg/l]

SiO_{2ges} in der Lösungsphase vorliegender Gesamt-SiO_2-Anteil in [mg/l]

Al_2O_{3ges} in der Lösungsphase vorliegender Gesamt Al_2O_3-Anteil in [mg/l]

Dabei stellt **der Wert 1,4** den aus 27 Al-NMR-Untersuchungen (kernmagnetische Resonanzuntersuchung von Aluminium in Lösung) der alkalischen Lösungen ermittelten alumosilicatischen Bindungsfaktor der Kieselsäure dar.

3.3.2.5.2 Übertragung des BTU-Löseverfahrens auf weitere Gesteinsarten

Weiterführende Untersuchungen am Lehrstuhl Baustoffe und Bauchemie hatten und haben weiterhin zum Ziel, die grundsätzliche Anwendbarkeit des bisher auf präkambrische Grauwacken beschränkten BTU-Löseverfahrens auch für andere Gesteinskörnungen zu prüfen.

Als potenziell alkaliempfindlich (E III-S) gilt eine beliebige Gesteinskörnung nach bisherigem Erkenntnisstand, wenn der maximale Kieselsäureüberschuss innerhalb der 14-tägigen Lagerungsdauer den Grenzwert von 100 mg/l erreicht bzw. überschreitet. Proben, bei denen sich ein maximaler Kieselsäureüberschuss unter 100 mg/l ergibt, gelten dementsprechend als alkaliunempfindlich (E I-S). Um die ermittelten Werte (Tab. 7) kalibrieren zu können, war dazu die Herstellung von Betonbalken mit anschließender Nebelkammerlagerung (nach Alkali Richtlinie Teil 3) notwendig. Dabei zeigte sich, dass der ermittelte Grenzwert für den maximalen Kieselsäureüberschuss von 100 mg/l prinzipiell auch für andere Gesteinskörnungen anwendbar ist. Von den in der Tab. 6 aufgeführten 10 unterschiedlichen Gesteinen konnten immerhin 8 richtig eingestuft werden (80% Zuverlässigkeit).

Tab. 7 Ergebnisse des direkten Löseverfahrens und der Prüfung sowie Beurteilung in Anlehnung an Alkali-Richtlinie (Teil 3) für ausgewählte Gesteinsarten.

Probenbezeichnung	max. $SiO_{2üb}$ [mg/l] (Grenzwert: 100,0)	Dehnung [mm/m] (Grenzwert: 0,60)	Einstufung (nach AR Teil 3)
GW 2A	319,4	2,36	E III-S
GW 2B	44,6	0,27	E I-S
GW 3	267,8	1,81	E III-S
Rhy 11	30,4	0,24	E I-S
Rhy 13	327,86	0,21	E I-S
Kies 01	26,0	0,24	E I-S
Kies 02	208,3	0,27	E I-S
Kies 03	268,5	0,78	E III-S
Kies 45	329,2	1,45	E III-S
Grano 15	236,5	1,08	E III-S

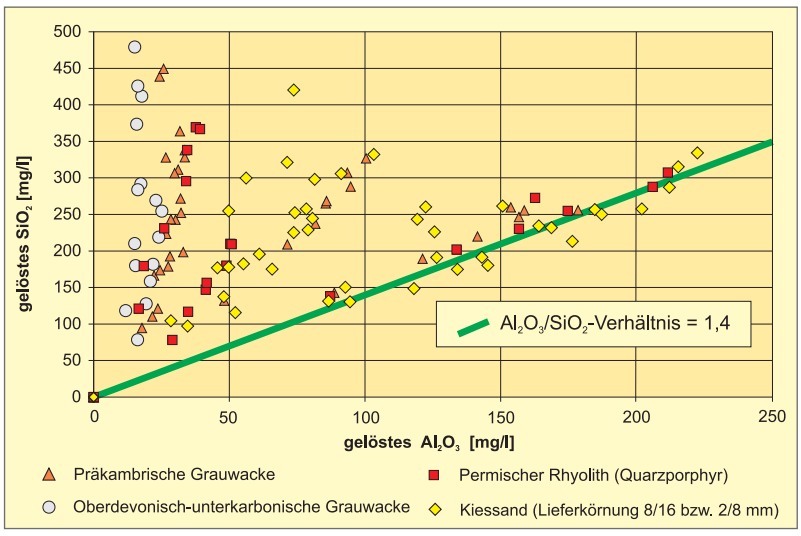


Abb. 11 Konzentrationsverhältnisse SiO_2/Al_2O_3 und eingezeichnetes Konzentrationsverhältnis von 1,4 einer Vielzahl von Gesteinen, eingebracht in alkalischer Lösung (aus Hünger et al. 2008). Danach gibt es kein Gestein mit einem Verhältnis kleiner 1,4!

Untersuchungen an einer Vielzahl von weiteren Gesteinsarten (mit dem Löseverfahren wurden bisher über 120 Gesteinsproben untersucht) zeigten aber auch, dass teilweise Gesteine mit einem Wert von über 100 mg/l sich inert gegenüber einer AKR verhalten. In der Tab. 6 betrifft dies ein Rhyolithgestein und eine Kiesprobe. Trotz der sehr hohen Trefferquote von 80% konnte die Beurteilung als alkaliempfindlich (E III-S) nach Grenzwertüberschreitung nicht generell für alle andere Gesteinsarten übernommen werden. Diesem Problem und einer plausiblen Antwort auf die Frage nach den Ursachen wird im Folgenden nachgegangen.

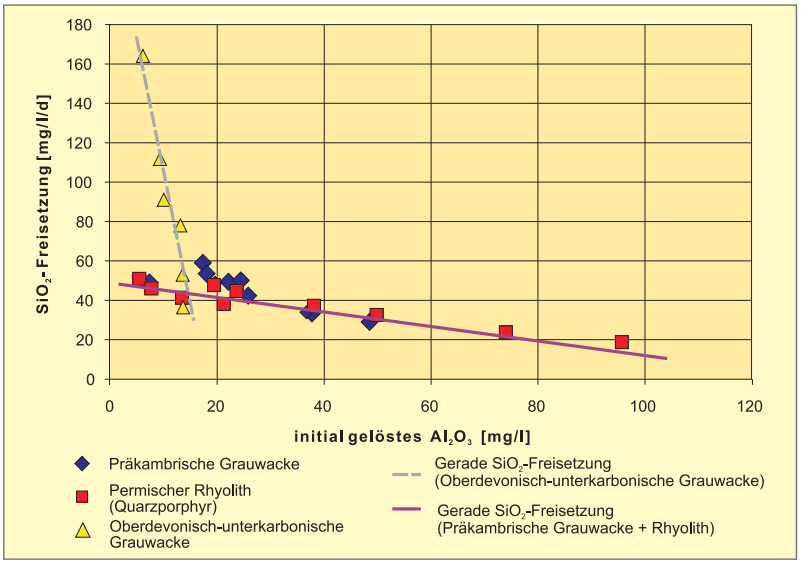


Abb. 12 Zusammenhang zwischen anfänglichem Al-Gehalt in der alkalischen Lösung und der Kieselsäurefreisetzung (aus Hünger et al. 2008).

3.3.2.5.3 Gibt es einen abweichenden Bindungsfaktor der alumosilicatischen Kieselsäurebindung?

Weiterführende Untersuchungen zum Verhältnis SiO_2/Al_2O_3 an zusätzlichen Gesteinsproben haben den Faktor von 1,4 in seiner Größenordnung für Rhyolithe, andere gebrochene Natursteine (Hartgestein) und auch für Kiese, die Aluminium in die Lösung liefern, immer wieder bestätigt. Neben NMR-Untersuchungen an diesen zusätzlichen Lösungen konnten Konzentrationsmessungen des Aluminiums und der Kieselsäure in einer Vielzahl von Lösungen diese Befunde untermauern.

Die Abb. 11 zeigt eindeutig, dass es keine Lösung, somit kein Gestein gibt, welches ein kleineres Al_2O_3/SiO_2-Verhältnis als 1,4 aufweist. D. h. übertragen auf den Bindungsmechanismus der alumosilicatischen Kieselsäurebindung bedeutet dies, dass bei Anwesenheit von Aluminium in einer alkalischen Lösung mindestens immer die 1,4-fache Menge an SiO_2 fest und betonunschädigend gebunden wird, niemals weniger.

Trägt man die anfänglich gelöste Aluminiummenge in der alkalischen Lösung gegen die Kieselsäurefreisetzungsrate auf, so ergeben sich, fast analog zur präkambrischen Grauwacke, lineare, umgekehrt proportionale Abhängigkeiten (Abb. 12). Auffallend ist, dass offensichtlich alle untersuchten Gesteine, mit Ausnahme der devonisch-karbonischen Grauwacken, den gleichen Gesetzmäßigkeiten alumosilicatischer Kieselsäurebindung unterliegen. Dieser Befund lässt sich sehr deutlich aus der Geraden ableiten, die von den unterschiedlichen Gesteinssymbolen markiert wird. Auch die Messwerte für die devonisch-karbonischen Grauwacken liegen auf einer Geraden, deren Steigung aber deutlich von dem der anderen Gesteine abweicht.

Auch aus Literaturangaben ergibt sich, dass sich exakt dieses Verhältnis aufgrund einer sehr hohen Stabilität solcher alumosilicatischer Strukturen immer wieder in alkalischen Lösungen einstellt (Fahlker et al. 1978). Und genau diese Erkenntnisse sind für den Berechnungsalgorithmus zur alumoslicatischen Kieselsäurebindung von entscheidender Bedeutung und somit qualitativ und quantitativ auf andere Gesteine übertragbar.

Weitere chemische Bindungsmöglichkeiten der Kieselsäure

Neben Aluminium kann Calcium als wichtiger Bestandteil der Porenlösung eines Zementsteins Kieselsäure binden. Dabei muss für den hier diskutierten Mechanismus das Calcium aber aus der Gesteinskörnung selbst kommen. Untersuchungen zur Lösekinetik an unterschiedlichen Gesteinskörnungen zeigen jedoch, dass der Calciumgehalt in den Gesteinskörnungen häufig sehr gering ist und bereits dadurch nur sehr wenig Calcium in den alkalischen Lösungen (ohne Zement) nachweisbar ist. Gesteine aus Kalkstein liefern ebenfalls nur geringe Mengen an Calcium in die alkalische Lösung, da die Löslichkeit des Calciums im Alkalischen abnimmt. Natürlich werden, wenn Calcium gelöst vorliegt, Calciumsilicathydrate gebildet, die sofort ausfallen. Aus allen Untersuchungen kann aber abgeleitet werden, dass der Anteil an gebundener Kieselsäure durch die Wirkung des Calciums aus den Gesteinskörnungen vernachlässigbar gering ist.

Physikalische Mechanismen (Ablagerung in Pufferräumen)

Wenn chemische Mechanismen versagen, sollen als weitere Möglichkeit Ablagerungsprozesse in bestimmten Gesteinsstrukturen, insbesondere in Porenräumen und Rissen diskutiert werden, ein Weg, der bei der Problematik der AKR bisher in Deutschland nicht beschritten worden ist.

Bedeutung der offenen Porosität

Bereits im Rahmen einer Diplomarbeit (Jäckel-Tzschichholz 2003) zur Untersuchung verschiedener physikalischer Eigenschaften an präkambrischen Grauwacken konnte herausgearbeitet werden, dass die offene Porosität der Gesteine einen wesentlichen Einfluss auf die Reaktivität hat. Neueste Literatur hierzu stammt von Poyet et al. (2007) und Grimal et al. (2008), die in ihrem Modell eine poröse Zone um Gesteinskörner (hier Opalsandstein) definieren und diesen Pufferraum in ihre Berechnungen einbeziehen. Das Modell von Poyet et al. (2007) zeigt nachfolgende Abb. 13.

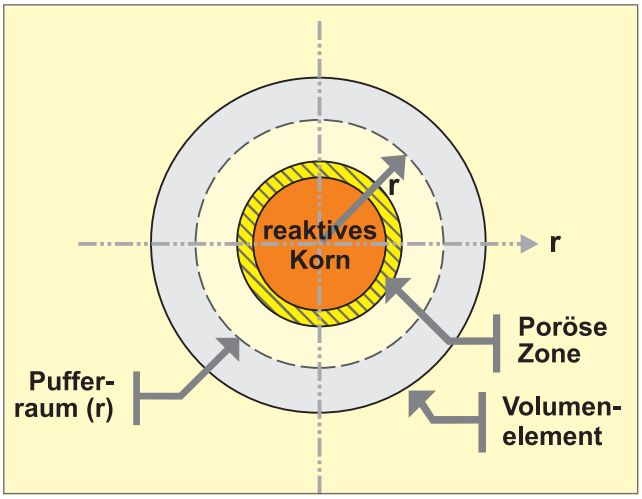


Abb. 13 Beispieldarstellung eines repräsentativen Volumenelements eines empfindlichen Gesteinskornes (nach Poyet et al. 2007).

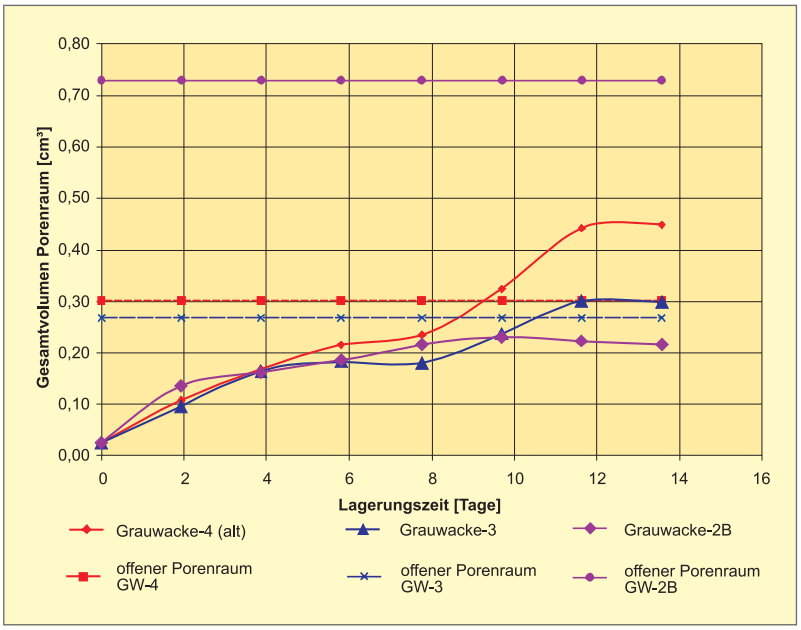


Abb. 14 Gelentwicklung in Porenräumen dichter Gesteinskörner (nach Hünger et al. 2008).

Eine Übertragung dieses Modells z. B. auf gebrochenen Naturstein (Hartgestein), insbesondere auf die sehr dichten präkambrischen Grauwacken, liefert nunmehr folgendes Resultat.

Die nachfolgende Abb. 14 zeigt die Gelentwicklung bei drei unterschiedlich empfindlichen präkambrischen Grauwacken. Die waagerechten zu den Gelmengenkurven gleichfarbigen Linien repräsentieren den offenen absoluten Porenraum der drei Gesteine. Dieser ist, wie zu erwarten, unterschiedlich. Auffallend ist aber nunmehr, dass zwei Gelmengenkurven die korrespondierenden waagerechten Linien schneiden, und zwar zu unterschiedlichen Zeitpunkten. Die dritte Kurve der Gelentwicklung schneidet die entsprechende Porenvolumenlinie jedoch nicht. Hieraus kann geschlussfolgert werden, dass bei den beiden erstgenannten Gesteinen der Porenraum vollständig ausgefüllt wird und dieser sogar für die gesamte Gelmenge nicht als Pufferraum ausreicht. Die Folge ist die Entwicklung eines Quelldruckes auf die Porenwände des Gesteines, was zum Zerbrechen oder anderweitiger Zerstörungen des Kornes führen muss.

Interessanterweise ist der Zeitpunkt des vollständigen Füllens des Porenraumes bei diesen beiden Gesteinen unterschiedlich, was auf ein unterschiedliches Reaktionspotenzial und damit einen unterschiedlichen Schädigungsgrad hinweist (und genau das wird im Betonversuch auch beobachtet, GW-4 ist weitaus empfindlicher als GW-3). Weiterhin kann festgestellt werden, dass bei der Probe GW-2B die Gelmengenkurve und die Porenvolumenlinie sich nicht schneiden, es ist somit genügend Pufferraum vorhanden. Daher ist bei dieser Probe eine Dehnung kaum zu erwarten. Auch hier bestätigte der Betonversuch diese Vorhersage eindrucksvoll.

Wichtig für diese Abschätzung ist die Kenntnis des molaren Gelvolumens, eine Größe, die nur sehr schwer zugänglich ist, hängt sie doch von der chemischen Zusammensetzung und dem Wassergehalt des Gels ab. Hierzu sind noch weitere Untersuchungen durchzuführen. Basis dieser Abschätzung in Abb. 14 sind erste Untersuchungsergebnisse an einem künstlich erzeugten Gel, wobei der Wert des molaren Gelvolumens mit ca. 255 cm^3/Mol abgeschätzt werden kann.

Diese Ergebnisse zeigen eindeutig, dass es einen Zusammenhang zwischen Gelbildung, d. h. gelöster Kieselsäure (Kieselsäureüberschuss) und dem Porenraum geben muss.

3.3.2.5.4 Kieselsäureüberschuss und offene Porosität

Die Ermittlung der offenen Porosität an Gesteinskörnungen wird mit Hilfe der Pyknometer-Methode der DIN 1097-6:2000 [DIN 1097] vorgenommen. Die Berech-

nung erfolgt in Anlehnung an DIN EN 1936:2006 [DIN 1936]. Für eine einfachere Handhabung der komplexen Prozedur werden die mittels Pyknometer-Methode ermittelten Werte mit Hilfe der Berechnung durch die Gleichung nach DIN EN 1936:2006 angepasst. Die Ergebnisse der ermittelten offenen Porositäten für ausgewählte Gesteine zeigt Abb. 15 exemplarisch.

Wie der Abb. 15 zu entnehmen ist, haben z. B. die nicht reaktiven Grauwacken GW 1C und GW 2B eine offene Porosität von ca. 2 Vol.-% und die reaktiven Grauwacken einen Wert von weniger als 1 Vol.-%. Das bedeutet in einer Verallgemeinerung der Aussage: Vergleicht man die Porositäten innerhalb einer Gesteinsart, so kann festgestellt werden, dass offensichtlich **empfindliche Gesteine generell eine geringere offene Porosität** besitzen als unempfindliche. Bei den Kiesen und den Rhyolithen ist dieses Verhalten ebenfalls auffällig, wobei die absoluten Porositäts-Messwerte jedoch wesentlich größer sind, als bei den präkambrischen Grauwacken. Bei den devonisch-karbonischen Grauwacken kann dieser Vergleich momentan nicht durchgeführt werden, einfach aus dem Grund, da es bei unseren Untersuchungen bisher keine unempfindliche Grauwacke dieses Typs gibt.

Korrelation Kieselsäureüberschuss - offene Porosität - Betonversuch

Wie passen diese physikalischen Kennwerte zu den unabhängig hiervon ermittelten chemischen AKR-Kennwerten „Kieselsäureüberschuss“?

Da von allen so untersuchten Gesteinskörnungen das Ergebnis sowohl des Betonversuchs als auch der Bestimmung des Kieselsäureüberschusses vorliegen, können alle drei Kennwerte zusammengefasst dargestellt werden. Die grafische Darstellung ist in Abb. 16 zu sehen. In dieser Abbildung sind die Daten der ermittelten Kieselsäureüberschüsse gegen die zugehörigen Werte der offenen Porosität aufgetragen. Auf den ersten Blick erscheint das Ergebnis wie eine lose Ansammlung von Wertepunkten, welche sich wolkenförmig um einen Bereich konzentrieren.

Ausgehend aber von unseren Erfahrungen mit Dehnungen an Betonbalken kann die Grafik in drei Bereiche aufgeteilt werden. Der erste Bereich (Bereich A) enthält alle Gesteinsproben, die Kieselsäureüberschüsse unterhalb von 100 mg/l und offene Porositäten von 1 bis zu 10 Vol.-% besitzen. Weiterhin hat eine hohe Anzahl von Proben Kieselsäureüberschüsse zwischen 100-400 mg/l und Porositäten bis zu 7 Vol.-% (Bereich B). Und letztlich existieren auch Proben (Gesteine) mit Kieselsäureüberschuss-Werten von über 400 mg/l und Porositäten von 1 bis 3 Vol.-% (Bereich C). Durch diese Einteilung in Bereiche und aus der Kenntnis der Ergebnisse von Betonversuchen kann eine Beurteilung der Gesteine nach Alkaliempfindlichkeitsklassen erfolgen.

Beurteilung der Alkaliempfindlichkeit von Gesteinskörnungen

Von Gesteinen mit einem Kieselsäureüberschuss von über 400 mg/l (Bereich C) wissen wir anhand des Betonversuches, dass es sich um AKR-empfindliche Gesteinskörnungen handelt. Das betrifft vor allem devonisch-karbonische Grauwacken und gebrochene Kiese des Oberrheins. Aufgrund des sehr hohen Kieselsäurelösevermögens spielt die offene Porosität keine Rolle bei der Beurteilung. Damit kann eine Zuordnung in die Alkaliempfindlichkeitsklasse E III-S bei Gesteinen erfolgen, die generell einen Kieselsäureüberschusswert von mehr als 400 mg/l aufweisen. An dieser Stelle muss betont werden, dass die absoluten Dehnungswerte durchaus unterschiedlich ausfallen können (sehr hoch oder auch gering), aber immer über dem Grenzwert von 0,6 mm/m liegen und in diesen BTU-Löse- und Porositätskennwertpaaren auch die Rissbildung berücksichtigt wird.

Aus dem BTU-Löseverfahren für präkambrische Grauwacken ergibt sich ein doch ebenfalls recht strenger Grenzwert von 100 mg/l freier Kieselsäure für nichtreaktive Gesteinskörnungen. Somit sollten auch Gesteine in Abb. 16, deren Messpunkt unterhalb dieses Grenzwertes im Bereich A liegt, ebenfalls nicht reaktiv sein. Sämtliche Betonversuche bestätigen diese Beurteilung.

Was geschieht mit Gesteinen, bei denen Werte zwischen 100 und 400 mg/l Kieselsäureüberschuss gemessen werden?

Im Bereich B der Grafik (Abb. 16) lassen sich zwei getrennte Wertebereiche B I und B II erkennen. Dabei kann momentan eine linear verlaufende Grenzlinie zwischen diesen Bereichen mit einem konstanten Anstieg gezogen werden. Wertepunkte, die unterhalb dieser Linie liegen, zeigen eine reaktive Gesteinskörnung an. Alle Punkte, welche über der Linie liegen, sind nicht reaktive Gesteine. Grundlage für diese exakte Zuordnung ist auch hier der Betonversuch.

Für Punkte, die nahe an der Grenzlinie liegen, kann nunmehr zusätzlich die Aussage getroffen werden, dass es sich sehr wahrscheinlich um so genannte slow / late Gesteine handelt. Hierbei handelt es sich um Gesteine, die, wie der Name sagt, langsam und spät reagieren. Dieses Verhalten zeigt sich z. B. im Betonversuch dadurch, dass der Dehnungsgrenzwert von 0,6 mm/m erst sehr spät (nach 9 Monaten oder auch noch später) überschritten wird. Weitere Untersuchungen zur Spezifizierung werden dazu fortlaufend ergänzt. Trotzdem bilden diese Ergebnisse insbesondere zum Grenzbereich zwischen B I und B II die sehr interessante Möglichkeit, Gesteine mit diesem BTU-SP-Test auch als E II-S beurteilen zu können, einer Empfindlichkeitsklasse, die mittels derzeitigen Verfahren nach Alkali-Richtlinie (Mörteltest, Betonversuch) nicht definiert werden kann. Vergleicht man nun die so ermittelten Werte mit den Ergebnissen aus den Mörtelschnelltests

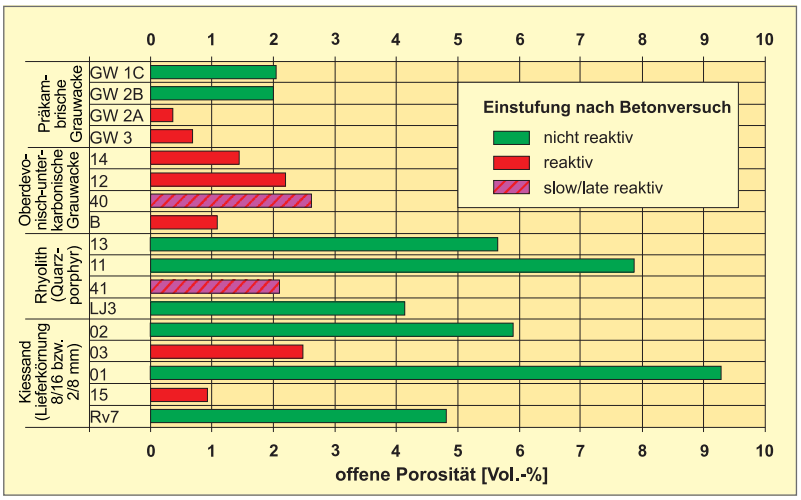


Abb. 15 Verteilung der offenen Porosität an ausgewählten Gesteinskörnungen (nach Bachmann et al. 2007).

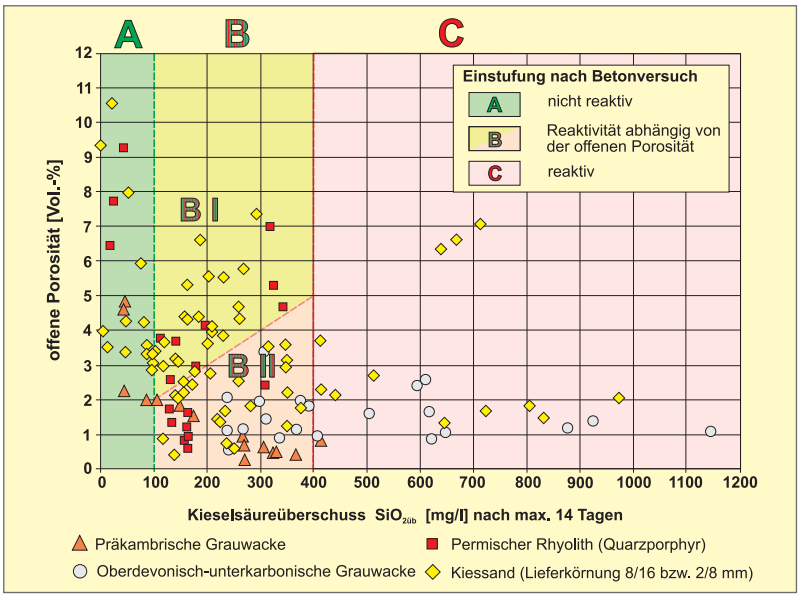


Abb. 16 Gegenüberstellung von überschüssigem SiO_2-Anteil (nach 14 Tagen) und offener Porosität (grafische Darstellung des BTU-SP-Test).

und dem Betonversuch der aktuellen Alkali-Richtlinie so ergibt sich ein eindeutiges Bild (Tab. 8).

Ergeben sich noch deutliche Diskrepanzen zwischen den Mörtelschnelltests und dem Betonversuch, so bleibt das BTU-SP Verfahren bisher in allen untersuchten Proben konform zur wesentlich länger dauernden Nebelkammerlagerung. Und durch die Berücksichtigung der offenen Porosität wird eine 100%-ige Übereinstimmung zwischen BTU-SP-Test und Betonversuch erzielt.
Damit kann nach der Untersuchung von über 120 Gesteinsproben konstatiert werden, dass mit dem BTU-Löse- und Porositäts-Test (BTU-SP-Test) einerseits ein im Sinne der Alkalirichtlinie zuverlässiger Test, kalibriert am neunmonatigen Betonversuch existiert, andererseits aber auch ein wesentlich schnellerer Test zur Verfügung steht, der es ermöglicht, innerhalb von 10-14 Tagen eine Aussage über die Reaktivität der Gesteinskörnung zu treffen.

Das dieser Auswertung zugrunde liegende Ablaufschema ist nachfolgend dargestellt (Abb. 17).

Im Anhang III dieses Heftes ist die Durchführungsbestimmung für den BTU-SP-Test enthalten.

3.3.2.5.5 Ergebnisse des BTU-SP-Schnelltests der untersuchten Gesteinsproben aus Sachsen-Anhalt

Basierend auf den Ausführungen zum neu entwickelten BTU-SP-Schnelltest sind die 15 Gesteinsproben untersucht und bewertet worden. In Abb. 18 ist das Ergebnis der 6 Proben dargestellt, von denen auch der Betonversuch existiert. Die Werte der Dehnungen und der Rissbreiten am Würfel sind dem Diagramm an den jeweiligen Stellen der Wertepunkte zu entnehmen. Diese Abbildung enthält somit nicht nur die Daten der Gesteine der Fraktion 8/16 sondern auch der Fraktion 2/8, da der Betonversuch mit beiden Fraktionen durchgeführt werden muss.

Das Ergebnis aller 15 Gesteinsproben (einschließlich der Fraktion 2/8 mm von 6 Proben) im Test-Diagramm zeigt Abb. 19.

Aus der Anwendung dieses Tests ergibt sich somit folgende Beurteilung der Gesteine (Tab. 9).

Speziell an dieser Stelle muss nochmals darauf hingewiesen werden, dass der Auswertung in Tab. 9 der neunmonatige Betonversuch zugrunde liegt. Weiterführende Untersuchungen zeigen, dass insbesondere die Gesteine IV-4 und IV-2 bei den Rissbildungen am Würfel nach ca. 15 Monaten Rissbreiten von 0,3 bis 0,35 mm aufweisen. Hinweise hierzu liefert das BTU-SP-Diagramm dadurch, dass die Wertepaare dieser Gesteinsproben doch sehr nahe an der Grenzlinie von Bereich B I zu B II liegen und es sich dadurch um slow/late-Gesteine handeln kann.

Speziell an dieser Stelle muss nochmals darauf hingewiesen werden, dass der Auswertung in Tab. 9 der neunmonatige Betonversuch zugrunde liegt. Weiterführende Untersuchungen zeigen, dass insbesondere die Gesteine

IV-4 und IV-2 bei den Rissbildungen am Würfel nach ca. 15 Monaten Rissbreiten von 0,3 bis 0,35 mm aufweisen. Hinweise hierzu liefert das BTU-SP-Diagramm dadurch, dass die Wertepaare dieser Gesteinsproben doch sehr nahe an der Grenzlinie von Bereich B I zu B II liegen und es sich dadurch um slow/late-Gesteine handeln kann.

Speziell an dieser Stelle muss nochmals darauf hingewiesen werden, dass der Auswertung in Tab. 9 der neunmonatige Betonversuch zugrunde liegt. Weiterführende Untersuchungen zeigen, dass insbesondere die Gesteine IV-4 und IV-2 bei den Rissbildungen am Würfel nach ca. 15 Monaten Rissbreiten von 0,3 bis 0,35 mm aufweisen.

Tab. 8 Vergleich der Ergebnisse der Prüfungen der Mörtelschnelltests und Betonversuche nach Alkali-Richtlinie (AR, Teil 3) mit dem BTU-SP Verfahren an ausgewählten Gesteinen.

Proben-bezeichnung	Verfahren nach Philipp (ähnlich AR Teil 3)	Verfahren nach Franke (nach AR Teil 3)	Betonversuch 40 °C Nebelkammer (nach AR Teil 3)	Beurteilung nach BTU-SP-Verfahren
GW 97-2	E I-S	k. E.	E I-S	E I-S
GW 97-5	-	k. E.	E I-S	E I-S
GW 97-6	E I-S	k. E.	E III-S	E III-S
14/1	E I-S	k. E.	E III-S	E III-S
41/3	E I-S	k. E.	E III-S	E III-S
KR	E I-S	k. E.	E I-S	E I-S
45/1	E I-S	k. E.	E III-S	E III-S
45/2	E I-S	k. E.	E III-S	E III-S
42/1	k. E.	E I-S	E III-S	E III-S
15/1	k. E.	E I-S	E III-S	E III-S
23/2	k. E.	E I-S	-	E I-S
24/2	E I-S	k. E.	E I	E I-S
32/1	E I-S	k. E.	E I	E I-S
32/2	E I-S	k. E.	E I	E I-S
33/1	E I-S	k. E.	E I	E I-S

k. E. – keine Einstufung möglich, d.h. Dehnung über dem Grenzwert.

Tab. 9 Zusammenfassende Bewertung und Einstufung der 15 untersuchten Gesteine aus Sachsen-Anhalt.

Gesteins-probe	Fraktion	Bewertung nach BTU - SP - Test	Einstufung nach AR Teil 3
GW	8/16	E III-S	E III-S*
AN-1	8/16	E I-S	E I-S*
IG	8/16	E III-S	n. b.
AN-2	8/16	E III-S	n. b.
V-1	2/8	E I-S	E I-S
V-1	8/16	E I-S	
V-7	8/16	E I-S	n. b.
V-9	8/16	E I-S	n. b.
V-4	8/16	E I-S	n. b.
VI-3	2/8	E I-S	E I-S
VI-3	8/16	E I-S	
VI-1	2/8	E I-S	E I-S
VI-1	8/16	E I-S	
I-9	2/8	E III-S	E III-S
I-9	8/16	E III-S	
IV-6	8/16	E III-S	n. b.
IV-4	2/8	E I-S	E I-S
IV-4	8/16	E I-S	
IV-2	2/8	E I-S	E I-S
IV-2	8/16	E I-S	
III-1	8/16	E III-S	n. b.

*) Aus anderen Untersuchungen bekannt.
n. b. - nicht bestimmt.

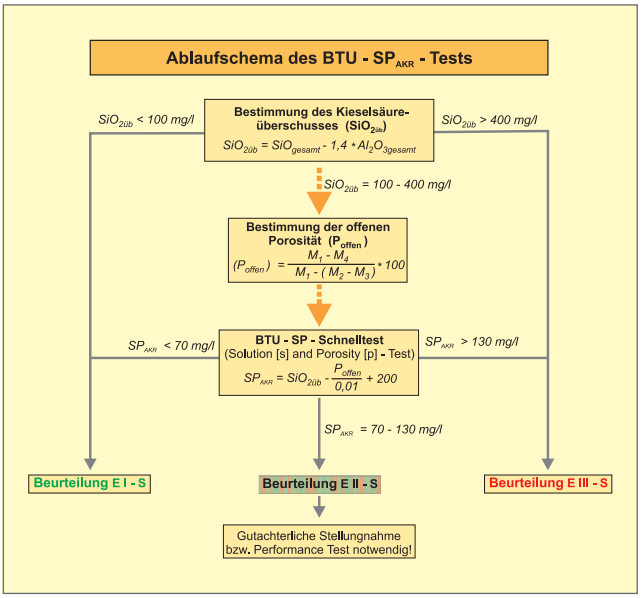


Abb. 17 Ablaufschema des BTU-SP-Tests. In der Berechnungsformel der offenen Porosität (in Anlehnung an DIN 1936:2006) bedeuten M1: die Masse der wassergesättigten und oberflächentrockenen Gesteinskörnung in Luft [g]; M2: die Masse des Pyknometers mit der Probe der gesättigten Gesteinskörnung in Wasser [g];M3: die Masse des nur mit Wasser gefüllten Pyknometers [g]; M4: die Masse der ofengetrockneten Messprobe in Luft [g] (siehe Anhang III).

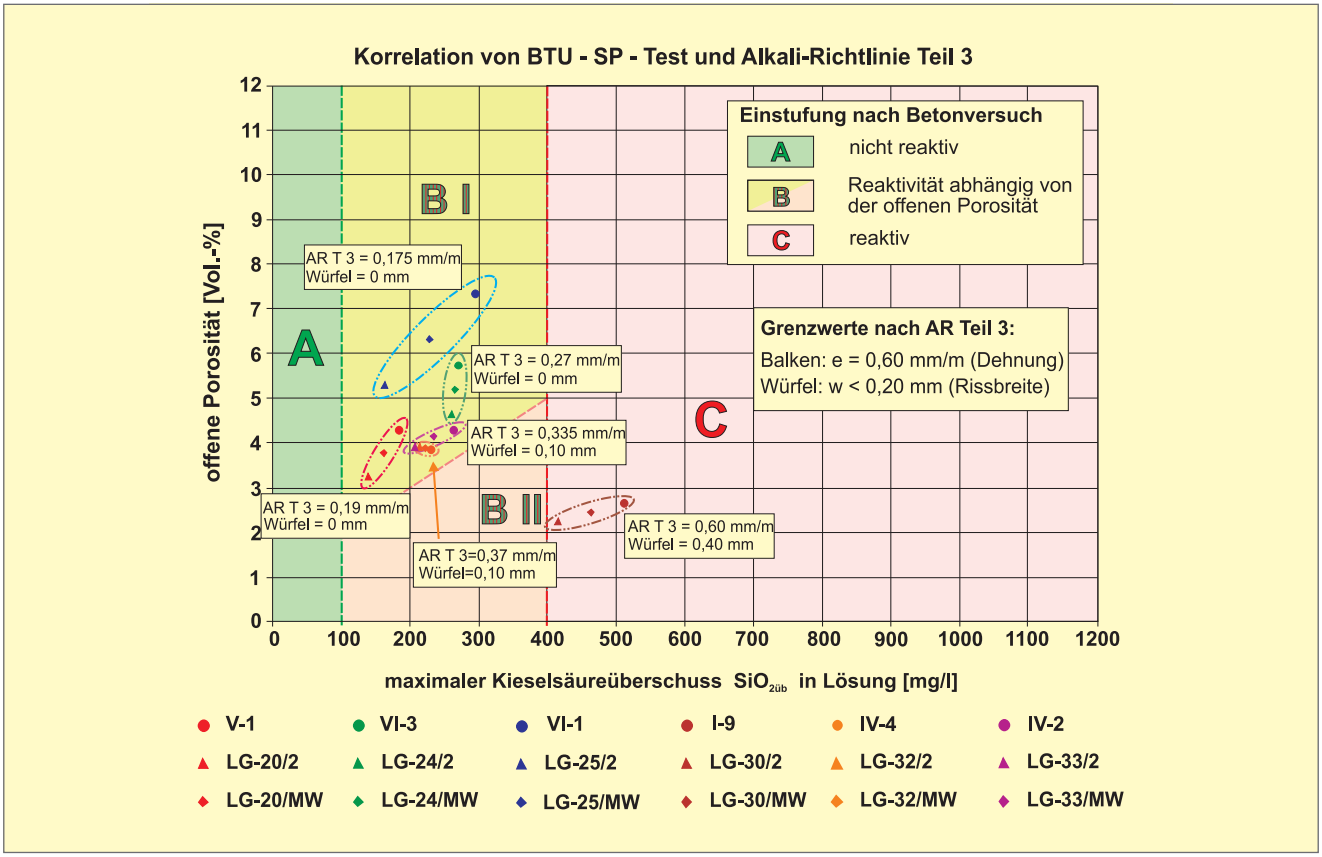


Abb. 18 BTU-SP-Test von sechs Proben in Korrelation mit dem Betonversuch. Die Beurteilung mittels BTU-SP-Test ist anhand der Lage der Wertepaare (Kieselsäureüberschuss/offene Porosität) innerhalb der jeweiligen Bereiche B I bzw. C ersichtlich.

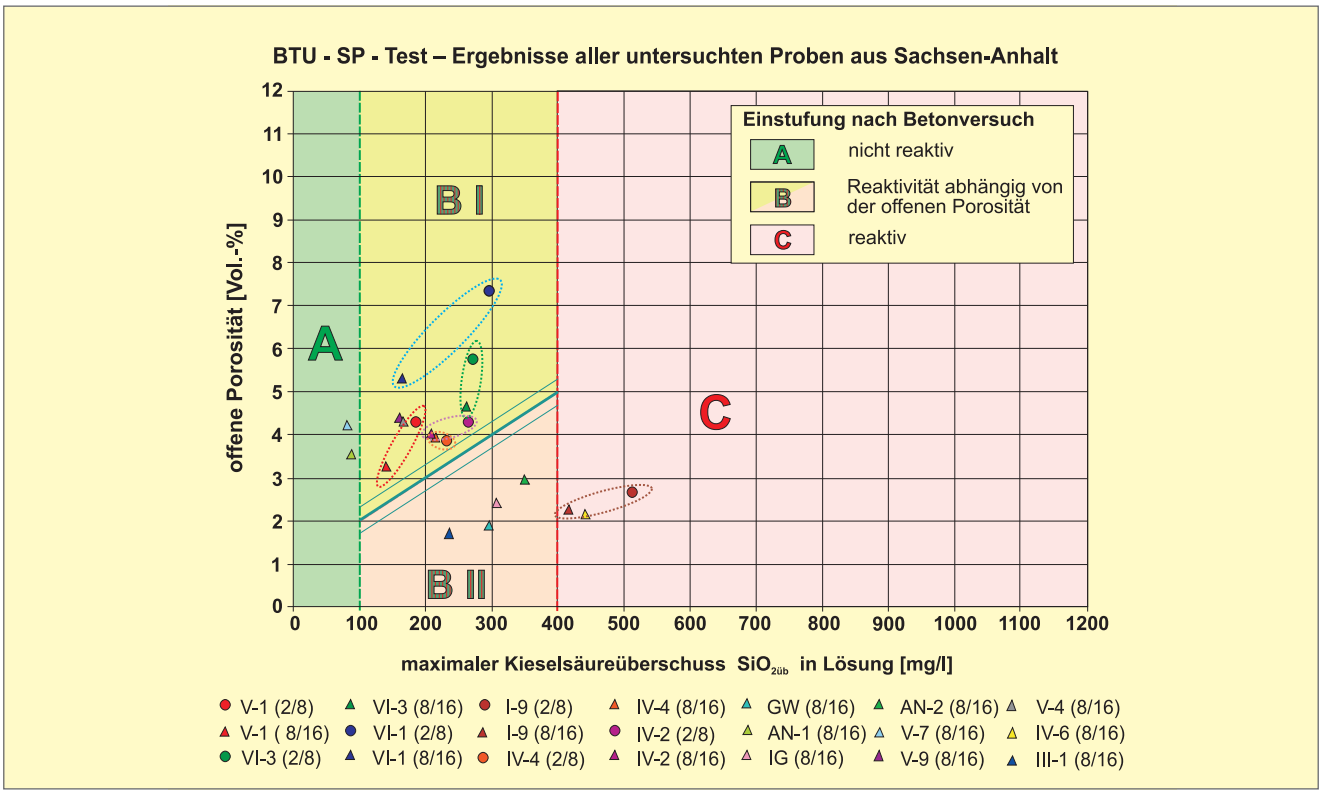


Abb. 19 Grafische Darstellung der Ergebnisse des BTU-SP-Tests aller 21 untersuchten Gesteinsproben aus Sachsen-Anhalt mit Korrelation der Fraktionen 2/8 unf 8/16 mm (Ellipsen).

Hinweise hierzu liefert das BTU-SP-Diagramm dadurch, dass die Wertepaare dieser Gesteinsproben doch sehr nahe an der Grenzlinie von Bereich B I zu B II liegen und es sich dadurch um slow/late-Gesteine handeln kann.

3.3.3 Zusammenfassung zum bisherigen Stand

Im Ergebnis der bisher vorliegenden Untersuchungen an über 120 Gesteinskörnungen (weit über 50 verschiedene Gesteinsarten) wird nunmehr ein praktikables chemisches und physikalisches Prüfverfahren direkt am Gesteinskorn vorgestellt, mit dem es innerhalb kurzer Zeit (maximal 14 Tagen) möglich ist, Gesteinskörnungen für Beton hinsichtlich ihrer Alkaliempfindlichkeit schnell und vor allem sicher einzustufen. Diese verallgemeinerte Aussage gilt insbesondere auch für die im Auftrag des LAGB und des Landesbetriebs Bau Sachsen-Anhalt untersuchten Gesteine. Die Vorteile des Verfahrens sind:

- Prüfverfahren direkt am Korn, ähnlich dem Teil 2 der Alkalirichtlinie,
- Chemisches und physikalisches Verfahren, basierend auf Grundlagenerkenntnissen zu den tatsächlich ablaufenden Reaktionsmechanismen,
- Messwerte liegen bereits nach wenigen Tagen (bis maximal 14 Tagen) vor,
- Verfahren lässt eine sehr exakte Abstufung der Empfindlichkeiten zu,
- kein Einfluss der Mörtelrezeptur (w/z), des Alkaligehaltes des Zementes, der Alkalien im Anmachwasser bzw. der Wasseraufnahme der Gesteinskörnung auf die Messwerte,
- Grenzwerte für alle Gesteinsarten sind exakt definiert,
- analog zu Teil 2 der Alkalirichtlinie auch mit **BTU-SP-Test** E II-S definierbar.

Mit diesem vorgelegten Prüfverfahren wird die Systematik der Gesteinskörnungsuntersuchungen zur AKR nach Alkali-Richtlinie in der Weise wieder hergestellt, dass nunmehr sowohl für Opalsandstein und Flinte als auch für Gesteine nach Teil 3 und weitere Gesteine, die momentan noch nicht in der Richtlinie verankert sind, jeweils direkte Verfahren am Gesteinskorn vorliegen, es sich somit tatsächlich um eine Gesteinskörnungsprüfung handelt.

Zusätzlich kann ebenfalls in Analogie zum Teil 2 auch für Gesteine nach Teil 3 die Empfindlichkeitsklasse E II-S eingeführt werden, eine notwendige feinere Abstimmung in den Empfindlichkeiten für einen zu konzipierenden Performance-Test.

Notwendige weiterführende Arbeiten

Mit dem entwickelten BTU-SP-Test ist ein entscheidender Schritt hin zur Prüfung von Gesteinskörnungen direkt am Korn gelungen, ausschließlich über Grundlagenerkenntnisse zum Chemismus und zu Bindungs- und Puffermöglichkeiten der Kieselsäure. Alle vorliegenden Untersuchungen belegen, dass der BTU-SP-Test die Gesteine entsprechend des Ergebnisses im Betonversuch nach neun Monaten Lagerung korrekt einstuft. Zur Absicherung des Verfahrens insbesondere bei solchen Gesteinen, die im angrenzenden Bereich zu Teil 2 der Alkalirichtlinie liegen, sind in begrenztem Umfang noch weiterführende Untersuchungen notwendig.

Hintergrund ist die Überlegung, dass es durchaus Lockergesteine gibt, die aus sehr unterschiedlichen Komponenten bestehen. Bei diesen Gesteinen kann u.U. ein Bestandteil des Kieses die Kieselsäure (und auch das Aluminium) liefern, dabei aber sehr dicht sein, andere Komponenten dagegen die Porenräume bereitstellen, ohne nennenswerte Menge an Kieselsäure freizusetzen. Bei diesem Szenario, dem “worst-case“ für das Prüfverfahren, würde in Summe ein genügend hoher Porenraum als Puffer gemessen, dieser aber für die gelöste und schädigend reagierende Kieselsäure nicht wirksam werden.

Im Ergebnis dieser Untersuchungen muss entschieden werden, ob eine integrale Bestimmung von Kieselsäureüberschuss und offener Porosität (den beiden Kennwerten des BTU-SP-Tests) am Gesamtgestein ausreichend ist, oder bei sehr inhomogen zusammengesetzten Gesteinen immer eine petrografische Auslese vorher vorgenommen (entsprechend Teil 1 der Alkalirichtlinie) und an separaten Einzelkomponenten der BTU-SP-Test durchgeführt werden muss. Das Endresultat ergibt sich dann aus einer gewichteten Mittelwertbildung entsprechend der jeweiligen Anteile der Fraktionen an der Gesamtprobe.

Auch die letztere Variante ist durchaus richtlinienkonform, da nach Teil 1 der Richtlinie des DAfStb immer eine petrografische Bewertung vorzunehmen ist. Diese wäre dann jedoch auf alle Komponenten und die Bestimmung ihrer Anteile auszudehnen.

Literatur

Bachmann, R., Hünger, K.-J., Scholz, Y. (2007): Entwicklung eines direkten Prüfverfahrens zur Alkaliempfindlichkeitsbeurteilung von Gesteinskörnungen – der BTU-SP-Schnelltest.- in: Forum der Forschung, **20**, 73-78, Cottbus.

Fahlker, B., Wieker, W., Fürtig, H., Roscher, W. & Seidel, R. (1978): Untersuchungen zum Bildungsmechanismus von Molsieben.- Z. anorg. Allg. Chem. **489**, 95-102.

Franke, L., (2003): Schnelltest auf Alkalireaktion für deutsche Beton-Zuschläge. Kurzberichte aus der Bauforschung, **1**, 37-45.

Grimal, E., Sellier, A., Multon, S., Le Pape, Y. & Bourdarot, E. (2008): Concrete Modelling for Expertise of Structure affected by Alkali Aggregate Reaction. - In: Broekmans, MATM and Wigum, BJ (editors): Proceedings of the 13th International Conference on Alkali-Aggregate Reaction in Concrete, Trondheim, Norway, 100-107.

Hill, S. (2004): Zur direkten Beurteilung der Alkaliempfindlichkeit präkambrischer Grauwacken aus der Lausitz anhand deren Kieselsäure- und Aluminiumlöseverhalten. Dissertation, Brandenburgische Technische Universität Cottbus, 154 S.

Hill, S.& Hünger, K.-J. (2005 a): Alkaliempfindlichkeit Lausitzer Grauwacken - Neue Perspektiven hinsichtlich eines direkten Prüfverfahrens. Forum der Forschung **17**, BTU Cottbus, 91-97.

Hill, S.& Hünger, K.-J. (2005 b): Direct assessment of the alkali sensitivity of Precambrian greywacke from Lausitz. Cement International, **1**, 104-119.

Hünger, K.-J. (2005): Zum Reaktionsmechanismus präkambrischer Grauwacken aus der Lausitz bei ihrer Verwendung als Gesteinskörnung im Beton.- Habilitationsschrift, BTU Cottbus 268 S., ISBN 3-8322-4670-3 (Shaker-Verlag).

Hünger, K.-J., Bachmann, R., Scholz, Y., Hübert, C. & Mo, X. (2008): An accelerated chemical test method for ASR carried out directly at aggregate grains. In: Broekmans, MATM and Wigum, BJ (editors): Proceedings of the 13th International Conference on Alkali-Aggregate Reaction in Concrete, Trondheim, Norway, S. 782-793

Jäckel-Tzichholz, N. (2003): Baustofflich-physikalische Eigenschaften von Lausitzer Grauwacken und deren Einfluß auf das Schädigungsverhalten des Gesteins infolge Alkalireaktion. - Diplomarbeit, BTU Cottbus, 141 S.

Karpe, P. & Stedingk, K. (2002): Petrographische Zusammensetzung von ausgewählten Kiessandlagerstätten und Gesteinskörnungen in Sachsen-Anhalt.- in: Rohstoffbericht 2002 – Verbreitung, Gewinnung und Sicherung mineralischer Rohstoffe in Sachsen-Anhalt.- Mitt. z. Geologie von Sachsen-Anhalt, Beiheft 5, 31-46, Hrsg.: Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt, Halle (Saale).

Oberholster, R. E. & Davies, G. (1986): An accelerated method for testing the potential alkali reactivity of siliceous aggregates. Cement and Concrete Research, **16**, 181-189.

Philipp, O. & Eifert, K. (2004): Bestimmung der Alkalireaktivität von Kiesen und Splitten für die Betonherstellung. in: BFT **10/2004**, 6-19.

Poyet, S., Sellier, A., Capra, B. & Foray, G. (2007): Chemical modelling of Alkali Silica reaction: Influence of the reactive aggregate size distribution. - RILEM Materials and Structures **40**, 229-239.

Stanton, T. E. (1940): Expansion of concrete through reaction between cement and aggregate. – In: Proc. American Society of Civil Engineers, **66**, 1781-1811.

Stark, J., Freyburg, E., Seyfarth, K. & Giebson, C. (2006): AKR-Prüfverfahren zur Beurteilung von Gesteinskörnungen und projektspezifischen Betonen. - In: beton, Verlag Bau+Technik, **12/2006**, 574-581.

Stiefel T. & Stedingk, K. (2007): Regionalgenetische Interpretation von Kiessandlagerstätten in Sachsen-Anhalt.- in: Tagungsband 6. Baustoffkolloquium, TU Bergakademie Freiberg, 167-194, Freiberg.

Prüfvorschriften und Normen

DAfStb-RICHTLINIE „Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktion im Beton (Alkali-Richtlinie)“. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton – DAfStb. Beuth-Verlag, Berlin 2007.

DIN EN 1097-6:2000: Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen. Teil 6: Bestimmung der Rohdichte und der Wasseraufnahme. Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN EN 1936:2006: Prüfverfahren für Naturstein-Bestimmung der Reindichte, der Rohdichte, der offenen Porosität und der Gesamtporosität. Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

3.4 Der 4. Rohstofftag des Landes Sachsen-Anhalt in Parey

Klaus Stedingk[1], André Rummel[2] & Thomas Brockmeier[3]

Der 4. Rohstofftag des Landes Sachsen-Anhalt fand am 4. September 2008 unter den Leitthemen

- *Öffentlich-rechtliche Sicherung von Rohstoffen im Landesentwicklungsplan und*
- *Rohstoffgewinnung im Spannungsfeld von Ökologie und Ökonomie*

in Parey in der Sekundarschule „An der Elbe“ statt. Er wurde gemeinsam von den Industrie- und Handelskammern (IHKn) Magdeburg und Halle-Dessau, dem Unternehmerverband Mineralische Baustoffe (UVMB) e.V. und dem Landesamt für Geologie und Bergwesen (LAGB) des Landes Sachsen-Anhalt veranstaltet.

Mit dem 4. Rohstofftag boten die Veranstalter Vertretern aus Wirtschaft, Politik und Verwaltung ein Forum, in dem aktuelle Sachverhalte, Probleme und Lösungsansätze der Rohstoffwirtschaft diskutiert wurden.

Im Rahmen der Eröffnung des 4. Rohstofftages hob ***Bernd Busse*** (Vizepräsident und Vorsitzender des Bauausschusses der IHK Magdeburg) vor über 100 Teilnehmern (Abb.1) die Bedeutung einer nachhaltigen Rohstoffsicherung hervor. Die kostengünstige Verfügbarkeit von Rohstoffen sei ein wichtiger Standortfaktor. Umso wichtiger sind daher die landes- und regionalplanerischen Weichenstellungen für eine langfristig gesicherte Rohstoffgewinnung in Sachsen-Anhalt.

Die Wahl des nicht alltäglichen Tagungsortes in der Sekundarschule „An der Elbe“ erläuterte Bernd Busse mit dem besonderen Engagement der Schüler und Lehrer für das Rekultivierungsprojekt „Schulbach“. Bei diesem Projekt besteht eine enge Partnerschaft zwischen der Sekundarschule und dem Kieswerk Parey.

Abb. 1 Ein hochkarätiges Fachpublikum folgte den Beiträgen in der Aula der Sekundarschule „An der Elbe“ in Parey.

In seinen Ausführungen wies Bernd Busse weiter darauf hin, dass Sachsen-Anhalt aufgrund seiner reichhaltigen Rohstoffressourcen ein klassisches Bergbauland sei. Neben den Bergbauzweigen Kali- und Steinsalzgewinnung sowie der Braunkohle- und Erdgasgewinnung habe sich, auch bedingt durch den Nachholbedarf in der Infrastruktur, die Gewinnung von Steine- und Erden-Rohstoffen sowie die Baustoffindustrie positiv entwickelt. Neben den Primärrohstoffen haben auch die Recyclingbaustoffe an Bedeutung für die Infrastruktur gewonnen und werden in steigendem Maße u.a. beim Straßenbau eingesetzt. Damit werde insgesamt gesehen ein erheblicher Beitrag zur Erhöhung der Wirtschaftskraft und Beschäftigung in Sachsen-Anhalt erbracht.

Seit Anfang der 90er Jahre hätten Unternehmen der Rohstoffwirtschaft Gewinnungsstätten und Bodenschätze erworben, erkundet, aufgeschlossen und erhebliche Mittel in moderne Anlagen und Technologien mit dem Ziel einer langfristigen Produktion investiert. Dafür erwarteten die Unternehmen einen sicheren Zugriff auf ihre Rohstoffbasis – heute und in Zukunft. Hier liege erfahrungsgemäß Konfliktstoff, u.a. bei der Flächennutzung und den damit verbundenen unterschiedlichen Nutzungsansprüchen. Wo kann hier optimiert werden? Ein Handlungsfeld sei u.a. die Landesplanung und damit der Landesentwicklungsplan.

Mit dem aktuell vorliegenden 1. Entwurf des neu zu erarbeitenden Landesentwicklungsplans Sachsen-Anhalt 2010 bestehe nun für die Träger öffentlicher Belange die Möglichkeit, Anregungen, Bedenken und Hinweise vorzubringen. Aus dem Entwurf sei ersichtlich, dass für die Rohstoffgewinnung zahlreiche Vorranggebiete für z.B. Salz-, Braunkohle-, Kalkstein- sowie Hartgesteinlagerstätten ausgewiesen werden. Dies sei zu begrüßen, reiche aber nicht aus. Aus Sicht der Wirtschaft sei es notwendig, auch die landesbedeutsamen Lagerstätten für oberflächennahe Baurohstoffe, also die Kiese und Sande, raumordnerisch zu sichern. Zudem sollten neben der Ausweisung von Vorranggebieten auch die Möglichkeit der Festlegung von Vorbehaltsgebieten für die Rohstoffgewinnung ausgeschöpft werden.

1 Dr. Klaus Stedingk, Landesamt für Geologie und Bergwesen, Köthener Str. 38, 06118 Halle (Saale).
2 André Rummel, IHK Magdeburg, Alter Markt 8, 39104 Magdeburg.
3 Dr. Thomas Brockmeier, IHK Halle-Dessau, Frankestr. 5, 06110 Halle (Saale).

Darüber hinaus forderte Bernd Busse die Aufnahme und Gewährleistung des Bestandsschutzes für bereits bestehende Abbaugebiete, die nicht als Vorrang- oder Vorbehaltsgebiete für Rohstoffgewinnung im Landesentwicklungsplan dargestellt werden. In den Landesentwicklungsplan sollte demnach die Festlegung: *„Mit dem Vorliegen einer Bergbauberechtigung, einer Abbaugenehmigung oder einer Betriebsplanzulassung begründet sich ein Recht für den Inhaber, das unabhängig von den Festlegungen des Landesentwicklungsplanes weiterhin Bestand hat.“* Eingang finden.

Nach der Eröffnung des 4. Rohstofftages begrüßte ***Anita Krüger*** (Schulleiterin der Sekundarschule „An der Elbe“, Parey) die Teilnehmer. Dabei hob sie die Notwendigkeit von Kooperationen zwischen Schule und Wirtschaft hervor und nannte als Beispiele die Vorbereitung und Durchführung des Rohstofftages und die langjährige Zusammenarbeit mit dem Kieswerk Parey. Dabei sei es wichtig, die „ökonomische Bildung“ als konsequente Verknüpfung von Theorie und Praxis weiter zu unterstützen.

Rohstoffe aus Sachsen-Anhalt – Potenziale mit Zukunft

Margrit Paepke (Referatsleiterin für Allgemeine Angelegenheiten der Raumordnung und Landesentwicklung im Ministerium für Landesentwicklung und Verkehr des Landes Sachsen-Anhalt) referierte zum Thema *„Gewinnung und Sicherung von Rohstoffen – sind die Weichen in Sachsen-Anhalt richtig gestellt?“*. Im Mittelpunkt stand der am 22.07.2008 vom Kabinett beschlossene 1. Entwurf des Landesentwicklungsplans Sachsen-Anhalt 2010. Nach seiner Veröffentlichung sind Kommunen, öffentliche Planungsträger, Verbände und Vereinigungen bis zum Jahresende 2008 zur Stellungnahme aufgerufen.
Mit der Festlegung von 29 Vorranggebieten für Rohstoffgewinnung soll den Erfordernissen der vorsorglichen Sicherung von erkundeten Rohstoffvorkommen sowie einer Gewinnung von Rohstoffen im Rahmen einer räumlich geordneten Gesamtentwicklung des Landes Rechnung getragen werden. In Vorranggebieten für Rohstoffgewinnung stellt der Abbau von Rohstoffen das überwiegende öffentliche Interesse dar.
Diese Flächen sind von Nutzungen freizuhalten, die den Abbau wesentlich erschweren oder verhindern würden. In diesen Gebieten sind andere Nutzungen nur zulässig, soweit sie mit dem festgelegten Vorrang vereinbar sind. Als Vorranggebiete für die Rohstoffgewinnung wurden in dem Entwurf Flächen mit erkundeten Lagerstätten festgelegt:

- die bereits wirtschaftlich genutzt werden,
- die für eine wirtschaftliche Nutzung vorgesehen sind oder
- in denen der Rohstoff wegen seiner volkswirtschaftlichen Bedeutung geschützt werden soll.

In der Ausweisung von 21 obertägigen Vorranggebieten und 8 untertägigen Vorrangflächen spiegelt sich auch der in der öffentlichen Wahrnehmung gestiegene Stellenwert der mineralischen und energetischen Rohstoffe wider. Bei der Abwägung seien objektive Kriterien, wie die Landesbedeutsamkeit des Bodenschatzes, die Lagerstätteneigenschaften, die Rohstoffqualität oder aber auch volkswirtschaftliche Belange berücksichtigt worden. Hiermit weist der Landesentwicklungsplan Sachsen-Anhalt 2010 der Rohstoffsicherung einen deutlich höheren Rang zu, als der gegenwärtig gültige Landesentwicklungsplan aus dem Jahr 1999. Unverändert sollen die Lagerstätten oberflächennaher Baurohstoffe (Kiese, Sande) weiterhin in den Regionalen Entwicklungsplänen raumordnerisch gesichert werden.

Zum Abschluss ihrer Ausführungen zeigte sich Margrit Paepke optimistisch, dass es mit dem 1. Entwurf des Landesentwicklungsplans Sachsen-Anhalt 2010 gelungen sei, einen tragfähigen Kompromiss bei der Nutzung des Freiraums zu finden.

Im zweiten Fachvortrag spannte ***Dr. Manfred Sichting*** (Abteilungsleiter Lagerstätten, Genehmigungen, Umweltschutz der CEMEX Deutschland AG, Magdeburg und Mitglied des Bauausschusses der IHK Magdeburg) einen weiten Bogen, wobei er auf die rasanten globalen Veränderungen, wie z.B. das Weltbevölkerungswachstum, die Umweltprobleme und die drohende Ressourcenverknappung einging. Mit seinem Blick in die Zukunft unter dem Motto *„Zukunft ohne Rohstoffe – ein Horrorszenario?“* machte er den dringenden Handlungsbedarf für die Rohstoffwirtschaft deutlich. So seien z.B. durch die Erderwärmung und den Anstieg des Meeresspiegels wirtschaftlich äußerst wichtige und dicht besiedelte Küstenregionen von Überflutung bedroht. Zum Schutz tiefliegender Küsten und Flussmündungen, aber auch wegen der zu erwartenden Auswirkungen auf das Hochwasserabflussgeschehen der Vorfluter, werden umfangreiche Baumaßnahmen unvermeidlich sein.

Allein die Aufhöhung einer Deichlinie von zehn Kilometern um einen Meter erforderten 75 000 t Kies, Sand oder sonstige Schüttmassen. Noch dramatisch höher sei der Bedarf bei Flächenaufschüttungen, hier entspricht die Erhöhung eines Quadratkilometers um einen Meter einer Menge von 1,8 Mio. t Füllmassen. Die Beantwortung der Fragen:

- „Welches sind die hierfür benötigten Quellen?“
- „Welche Logistik ist erforderlich?“

stellten bereits heute für Küstenländer große Herausforderungen dar.

Am Beispiel der Niederlande machte Dr. Manfred Sichting die schon heute kaum noch lösbare Aufgabe der Bereitstellung von Massenbaurohstoffen deutlich. In

Abb. 2 Ein Hafen-/ Industrieprojekt in den Niederlanden - ohne massenhafte Bereitstellung von Baustoffen undurchführbar (Foto: Maasvlakte Ontwikkeling, Port of Rotterdam, Rotterdam 1994).

den Niederladen dürfe die sehr begrenzte eigene Rohstoffbasis zur Deckung des Bedarfs nicht herangezogen werden. Am deutschen Niederrhein verhinderten Trinkwasserschutzgebiete, Naturschutzgebiete, Bebauung und Infrastruktur zukünftige Aufschlüsse und Gewinnung nahezu flächendeckend. Hierdurch würden wichtige Wirtschaftsprojekte wesentlich verteuert oder letzlich sogar verhindert (Abb. 2).

Zu den Problemen nicht nur in Sachsen-Anhalt merkte der Referent abschließend kritisch an, dass die Gesellschaft im Rahmen von Gesetzen zwar den Umgang mit vielen Schutzgütern regele, es aber kein Rohstoffsicherungsgesetz gebe. Bei Planung und Ausführung der Rohstoffgewinnung seien eine Vielzahl öffentlich-rechtlicher und privat-rechtlicher Belange zu klären. Hierbei bestehe ein hohes finanzielles unternehmerisches Risiko, nicht zuletzt weil strategische Standortkonzepte erst in ca. 15 bis 35 Jahren wirksam würden. Mit einer verhaltenen Prognose zu den Kostensteigerungen für Baurohstoffe schloss Dr. Manfred Sichting seine Ausführungen ab.

Rohstoffgewinnung im Spannungsfeld von Ökologie und Ökonomie – Erfahrungsberichte aus der Wirtschaft

Joachim Gorr (Geschäftsführer der Kies- und Steinwerk Boerner Verwaltungs GmbH, Schwarz) ging in seinem Beitrag auf die Eisenbahnlogistik ein. An konkreten Beispielen der Versorgung von Berlin mit Kiessand beleuchtete er transportmittel-spezifisch die realen Entfernungen, Primärenergie-Verbräuche und umweltrelevante Emissionen. Aus der Sicht der Unternehmen ergäben sich in der Zusammenschau deutliche Vorteile für einen Bahntransport. Folgerichtig sei durch enge Kooperationen mit der DB Cargo und anderen Unternehmen eine leistungsfähige Logistik auf der Basis des umweltfreundlichen Schienentransports entstanden.

Marcel Busch (Gebietsleiter Elbe-Spree der Cemex Kies und Splitt GmbH; Berlin) informierte in seinem Vortrag über die ökonomischen und ökologischen Vorteile des Schiffstransportes insbesondere auf mittleren und langen Transportwegen gegenüber anderen Verkehrsträgern. Anhand des Kieswerkes Parey stellte er eindrucksvoll dar, dass für Cemex ökologisches und ökonomisches Handeln in keinem Widerspruch stehen. Vielmehr ist die ökologische Gewinnung und Aufbereitung sowie der Transport von Sanden und Kiesen gleichzeitig auch die ökonomischste Variante. Dies nutzt nicht nur dem Unternehmen, sondern auch der gesamten Volkswirtschaft in Form einer geringeren Umweltbelastung und angemessener Verbraucherpreise. Beispielsweise kann die jährliche Absatzmenge des Kieswerkes Parey von ca. 0,45 Mio. t entweder durch 73 LKW-Touren zum Kunden gebracht werden, die alle vier Minuten täglich zehn Stunden lang durch den Ort rollen, oder aber durch zwei Binnenschiffe pro Tag. Folglich sollten bei der Genehmigung neuer oder der Erweiterung bereits vorhandener Abbaustätten auch die gesamtgesellchaftlichen und umweltbezogenen Auswirkungen betrachtet werden und nicht nur die unmittelbar am Abbaustandort entstehenden Folgen.

„Rohstoffsicherung = Standortsicherung - am Beispiel der Soda-Produktion in Bernburg“ war das Thema von ***Dr. Thomas Müller*** (Geschäftsführer der Solvay Chemicals GmbH, Bernburg). Wegen seiner Nähe zu den erforderlichen Rohstoffen und seiner sehr guten logistischen Anbindungen wählte man die Stadt Bernburg bereits 1880 als bevorzugten Standort für die Sodaherstellung aus. Mit der rasanten Industrialisierung Mitteleuropas wurde das Produkt von vielen Industriezweigen zunehmend nachgefragt. Bis heute ist Soda z.B. für die Glaserzeugung, in der Stahl- und chemischen Industrie, zur Rauchgasreinigung, in Waschmitteln oder in der Arzneimittelherstellung unverzichtbar.

Nach einem kurzen verfahrenstechnischen Abriss ging der Referent auf die lagerstättengeologischen und gewinnungstechnischen Verhältnisse der beiden Hauptrohstoffe Kalkstein und Steinsalz bzw. Sole ein.

Hierbei sei ein sehr positives Bild zu zeichnen. Bei einer Sodaproduktion von jährlich etwa 600 000 t seien gesicherte Vorräte an Kalkstein in den drei Teilfeldern für 188 Jahre und bei Sole für mehr als 200 Jahre vorhanden. Von besonderer Sensibilität für den Produktionsprozess seien die Kosten für Energie (Abb. 3). Seit 2003 sind die Kosten für den Prozessdampf von 1,9 €/t auf heute fast 16 €/t drastisch angestiegen. Als wichtiger Energieerzeuger stelle hier das hochmoderne Industriekraftwerk

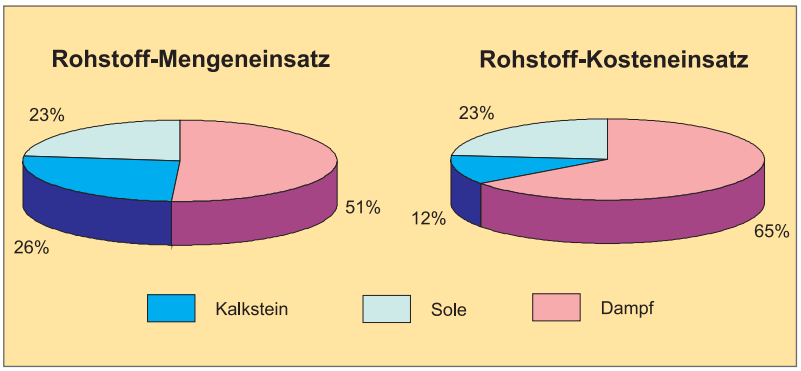


Abb. 3 Vergleich von Rohstoff-Mengeneinsatz und Rohstoff–Kosteneinsatz bei der Sodaproduktion (verändert nach Müller 2008).

Bernburg den Prozessdampf z.B. für die Calzinierung und Trocknung der Soda bereit. In seinem Schlusswort zeigte sich Herr Dr. Thomas Müller zuversichtlich, dass die Weichen für die Zukunft des traditionsreichen Chemiestandortes richtig gestellt seien.

Zusammenfassung und Zwischenbilanz

Als Überleitung zur nachfolgenden Podiumsdiskussion zog ***Dr. Thomas Brockmeier*** (Geschäftsführer Standortpolitik der IHK Halle-Dessau) eine Zwischenbilanz. Einleitend ging der Referent dabei auf die Thematik der Verfüllung von Abfällen in Abgrabungen ein.

Dr. Thomas Brockmeier verwies auf die entsprechenden Ausführungen von Bernd Busse und hob noch einmal ausdrücklich die Bedeutung des Urteils des Magdeburger Landesverwaltungsgerichts hervor: Es sei sehr wichtig, nunmehr eindeutig bestätigt bekommen zu haben, dass die Ablagerung von Abfällen in den Abgrabungen rechtens sei, sofern ein zugelassener Sonderbetriebsplan vorliege. Änderungen von Betriebsplänen, so machte der Referent noch einmal deutlich, seien „schließlich keine Kleinigkeit, sondern für die betroffenen Betriebe von existenzieller Bedeutung, da sie an die Basis unternehmerischen Handelns“ rührten. Schließlich habe die Überprüfung in Sachsen-Anhalt ergeben, dass von den „aktiven“ 30 Anlagen sich lediglich für eine Anlage Anhaltspunkte für eine tiefergehende Prüfung ergeben hätten. Er betonte, dass man sich mit der Thematik der Verfüllung von Abfällen insgesamt „in einem schwierigen Spannungsfeld“ bewege.
Abschließend fasste Dr. Thomas Brockmeier die aus seiner Sicht wesentlichen Erkenntnisse und Ergebnisse des Vormittags wie folgt zusammen:

1. In den verschiedenen Referaten und Erfahrungsberichten sei eindrucksvoll die große Bedeutung von Bodenschätzen und der Rohstoffindustrie für Sachsen-Anhalt als Wirtschaftsstandort zum Ausdruck gekommen.
2. Zwischen Ökonomie und Ökologie müsse es keinesfalls notwendigerweise einen Konflikt geben. Im Gegenteil: Offenbar ließen sich gerade in der Rohstoffwirtschaft zahlreiche Beispiele finden, die eher auf eine Harmonie hindeuteten. Dies freilich müsse noch stärker als bisher herausgestellt werden. In diesem Zusammenhang sei Dr. Manfred Sichting zuzustimmen, der darauf hingewiesen habe, dass der Begriff der „Nachhaltigkeit“ in Medien und Öffentlichkeit vielfach auf die ökologische Nachhaltigkeit reduziert werde. Seines Erachtens müsse die prinzipielle „Gleichberechtigung“ der ökonomischen Dimension von Nachhaltigkeit künftig wesentlich stärker hervorgehoben werden als bisher.
3. Eine leistungsfähige Verkehrsinfrastruktur sei für die Rohstoffwirtschaft nicht hoch genug zu bewerten. Im Grunde gebe kaum noch eine Infrastrukturmaßnahme, die nicht - unter Berufung auf ökologische Gründe - unter Rechtfertigungsdruck gesetzt werde. Ein aktuelles Beispiel sei der geplante Bau des Saale-Kanals bei Tornitz, gegen den starke Vorbehalte bestünden. Hier seien z.B. vermeintliche Gutachten zu nennen, die wissenschaftlich-methodischen und verkehrswirtschaftlichen Ansprüchen nicht standhielten. In diesem Zusammenhang müsse auch auf die Bedeutung einer ausgewogenen Wertschätzung und Nutzung aller Verkehrsträger hingewiesen werden. In den bisherigen Referaten sei zwar die Bedeutung von Schienen- und Binnenschiffstransport besonders herausgestellt worden, ohne LKW indes dürfte es auch zukünftig kaum möglich sein, Rohstoffe gezielt ihrem „letztlichen Bestimmungsort“ zuzuführen.
4. Es sei deutlich geworden, dass Rohstoffe und eine leistungsfähige Rohstoffwirtschaft im Sinne einer Art „Grundlagenfunktion“ wichtige Voraussetzung für eine prosperierende Wirtschaft darstellen. Auf der anderen Seite seien sie aber auch ihrerseits selbst auf bestimmte Voraussetzungen und geeignete Rahmenbedingungen angewiesen. Ein wesentlicher Aspekt betreffe hier die raumordnerische und planerische Unterstützung seitens der Politik. Im Hinblick auf den aktuellen LEP-Entwurf sei den Aussagen von Bernd Busse zuzustimmen, dass die raumordnerische Sicherung von oberflächennahen Rohstoffen wie Kiesen und Sanden gewährleistet und Definitionshürden bei den Vorbehaltsgebieten überwunden werden müssten. Dr. Thomas Brockmeier begrüßte an dieser Stelle ausdrücklich die von Margrit Paepcke signalisierte Gesprächsbereitschaft des zuständigen Ministeriums.

Podiumsdiskussion *„Chancen und Perspektiven der Rohstoffwirtschaft in Sachsen-Anhalt“*

Nach den Erfahrungsberichten der Unternehmen aus der Rohstoffwirtschaft folgte eine Podiumsdiskussion (Abb. 4) mit dem Thema *„Chancen und Perspektiven der Rohstoffwirtschaft in Sachsen-Anhalt“* unter der Moderation von ***André Rummel*** (Referent Infrastruktur und Tourismus der IHK Magdeburg).

Einleitend wies André Rummel darauf hin, dass für die Rohstoffgewinnung die Rahmenbedingungen “stimmen müssen“. Wichtige Schlüsselthemen seien hier:

- öffentlich-rechtliche Rohstoffsicherung,
- Planungs- und Rechtssicherheit,
- Genehmigungsverfahren und Genehmigungsaufwand,
- Rekultivierung,
- positive öffentliche Wahrnehmung der Rohstoffwirtschaft.

Für alle Teilnehmer des 4. Rohstofftags bestand nach den Einführungsstatements Gelegenheit für Fragen und Anregungen an die Referenten. Diskussionsbeiträge kamen von Unternehmern, Politikern und Verwaltungsmitarbeitern.

Kritisch hinterfragt wurde insbesondere die Verfahrensweise bei der Festlegung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten für Rohstoffgewinnung in der Landes- und Regionalplanung. Der anschließende konstruktive Dialog ließ schnell deutlich werden, dass bei der Abwägung Transparenz und Objektivität gegeben seien, weil hierbei u.a. die Datenbestände des Landesamts für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt zu Grunde gelegen hätten (Abb. 5).

Neben den Fragen zur Verfahrensweise bei der Festlegung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten wurde die raumordnerische Sicherung von landesbedeutsamen oberflächennahen Baurohstoffen im Landesentwicklungsplan diskutiert. Die Auffassung, wonach landesbedeutsame Sande und Kiese im Landesentwicklungsplan gesichert werden sollten, wurde von der Mehrheit der Teilnehmer unterstützt. ***Gert-Dietrich Reuter*** (Geschäftsführer des Unternehmerverbandes Mineralische Baustoffe e.V., Berlin-Leipzig) machte deutlich, dass mit Blick auf die Bedeutung der Kiese und Sande die Ausweisung im Landesentwicklungsplan unerlässlich und hinsichtlich einer zentralen Rohstoffsicherung strategisch besser sei, als das Ganze gleichsam auf die Ebene der Regionalplanung auszulagern.

Leider setzte der Zeitrahmen der insgesamt lebhaften Diskussion Grenzen.

In seinem Schlusswort zog André Rummel eine positive Bilanz des 4. Rohstofftags Sachsen-Anhalt. In den Beiträgen seien die Bedeutung der Gewinnung und Sicherung von Rohstoffen in Sachsen-Anhalt deutlich geworden. Die IHKn Magdeburg und Halle-Dessau wie auch der Unternehmerverband Mineralische Baustoffe e.V. werden in Abstimmung mit dem Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt die Belange der Rohstoffwirtschaft in den neu aufzustellenden Landesentwicklungsplan Sachsen-Anhalt 2010 einbringen. Insgesamt gesehen sei es gelungen, zu informieren, Probleme offen anzusprechen und in konstruktiver Atmosphäre Lösungsansätze zu diskutieren. Mit Blick auf die gute Resonanz werde der 5. Rohstofftag im Jahr 2010 stattfinden.

Im Rahmenprogramm des Rohstofftages wurde den Teilnehmern das Projekt „Schulbach“, welches die Sekundarschule „An der Elbe“ zusammen mit dem Kieswerk Parey als Rekultivierungsmaßnahme durchführt, erläutert (Abb. 6). Neben dem Rekultivierungsprojekt „Schulbach“ konnten interessierte Teilnehmer auch das Kieswerk Parey und die Kies-Verladestelle am Elbe-Havel-Kanal mit einer aktiven Verladung vom Land auf das Schiff besichtigen (Abb. 7).

Abb. 4 Teilnehmer des Podiums (von links): Otto Matuszak (stellv. Schulleiter der Sekundarschule “An der Elbe”, Parey), Gert-Dietrich Reuter (Geschäftsführer des Unternehmerverbandes Mineralische Baustoffe e.V., Berlin-Leipzig), Margrit Paepke (Referatsleiterin im Ministerium für Landesentwicklung und Verkehr des Landes Sachsen-Anhalt, Magdeburg), Dr. Bodo-Carlo Ehling (Dezernatsgruppenleiter im Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt, Halle), Rüdiger Strutz (Fels-Werke GmbH, Elbingerode), André Rummel (Referent Infrastruktur und Tourismus der IHK Magdeburg).

Abb. 5 Rohstoffsicherung in Sachsen-Anhalt – im Dialog: MdL Rita Mittendorf (linkes Bild) und Eckhardt Groß (Geschäftsführer der Regionalen Planungsgemeinschaft Magdeburg; rechtes Bild).

Abb. 6 Rekultivierungsprojekt „Schulbach" (v.l. Otto Mattuszak, stellv. Schulleiter der Sekundarschule „An der Elbe"; Schüler Alexander Bentz; Dr. Manfred Sichting, Abteilungsleiter Lagerstätten, Genehmigungen, Umweltschutz der CEMEX Deutschland AG, Magdeburg; Schüler Tobias Braunschweig und Alexander Köppe).

Abb. 7 Kies-Verladestelle am Elbe-Havel-Kanal: aktive Land-Schiff-Verladung vom Kiessand mit dem Ziel Berlin.

Quellen:

Müller Th. (2008): Rohstoffsicherung = Standortsicherung am Beispiel der Soda-Produktion in Bernburg (Saale).- Vortrag beim 4. Rohstofftag des Landes Sachsen-Anhalt am 04. September 2008 in Parey.

3.5 Bohrarchiv, Bohrdatenbank und Landesbohrkernlager – moderne Serviceleistungen zur Nutzbarmachung von Rohstoffpotenzialen im Land Sachsen-Anhalt

Thomas Koch[1] & Carl-Heinz Friedel[1]

Vorbemerkungen

Entsprechend dem „Beschluss der Landesregierung über die Errichtung und Aufgaben des Geologischen Landesamtes“ vom 12. Februar 1991 wurden dem Landesamt die Aufgaben und Befugnisse einer „Geologischen Anstalt“ nach dem Lagerstättengesetz (zuletzt geändert am 10. November 2001) übertragen. Danach sind dem Landesamt insbesondere Bohrungen und geophysikalische Messungen anzugeben, ihre Ergebnisse mitzuteilen und Proben anzubieten. Das Amt führt die erforderlichen Archive, Datenspeicher und Sammlungen. Die Erfüllung dieser Forderungen gehört zu den Kernaufgaben der Staatlichen Geologischen Dienste. Die Bohrungen bzw. Bohrdaten liefern Informationen zum geologischen Aufbau des tieferen Untergrundes für Baumaßnahmen, zur Wasserführung, zu Rohstoffvorkommen und zur Eignung des Untergrundes für Zwecke der Speicherung und Einlagerung. Die Basis für diese Informationen liefern Schichtbeschreibungen und geologische Bohrprofile. Die mehr als 140 000 lfd. m Gesteinsproben bzw. Bohrkerne bieten die Möglichkeit für weitere Untersuchungen mit moderneren bzw. völlig neuen Methoden, die zum Zeitpunkt des Niederbringens der Bohrung noch nicht zur Verfügung standen. Allein der Wiederbeschaffungswert des im Landesbohrkernlager eingelagerten Kernmaterials würde heute weit mehr als eine Milliarde Euro erfordern. Die Bohrdaten tragen damit unmittelbar zur Förderung der wirtschaftlichen Entwicklung unseres Landes bei, indem sie eine fundierte, auf geologischen Aspekten basierende Vorbereitung von Investitionsvorhaben bzw. zur Suche und Erkundung neuer Rohstoffpotenziale ermöglichen. Bundesweit erfolgt die Vernetzung von Bohrdaten im Geoportal InfoGeo.

3.5.1 Landesbohrdatenbank

Die **Landesbohrdatenbank** ist eine GIS-basierte Datenbank, die in digitaler Form zurzeit Angaben von über 187 000 Bohrungen umfasst (Tab. 1). Die Überführung von analogen Bohrdaten in die Bohrdatenbank wurde 1993 begonnen und konnte über 10 Jahre kontinuierlich durchgeführt werden. Im bundesweiten Vergleich zählt diese Datenbank des LAGB mit zu den umfangreichsten Bohrdatenbanken in Deutschland.

Tab. 1 Füllstand der Landesbohrdatenbank (02.10.2008):

Art der Erfassung	Anzahl
Erfasste Bohrungen	187 166
Bohrungen mit Schichtdaten	142 925
Schichtdaten insgesamt	1 459 234

Die älteste erfasste Bohrung stammt aus dem 19. Jahrhundert (1809). Die Datenbank besteht aus verschiedenen Tabellen, die u.a. technische Angaben, sogenannte Kopfdaten, einschließlich der Koordinaten des Ansatzpunktes und Angaben zur Gemarkung sowie die Schichtdaten (das Schichtenverzeichnis) und den Namen des Bearbeiters enthalten. Die Schichtdaten der unterschiedlich alten Bohrungen sind bei der Übertragung in die Bohrdatenbank vereinheitlicht worden, so dass diese Daten heute u.a. mit landesweit einheitlicher Legende verfügbar sind. Die Harmonisierung der Schichtdaten basiert auf einheitlichen Schlüsseln z.B. für die Stratigraphie und Petrographie. Allerdings sind die originalen Schichtbeschreibungen häufig ohne weitere Kontrolle oder regionalen Abgleich in die Datenbank übernommen worden. Was dringend fehlt, ist eine Überprüfung und ggf. Neuinterpretation insbesondere der Schichtdaten. Eine derartige Qualifizierung der Bohrdaten ist jetzt auch vom Direktorenkreis der Geologischen Dienste als neue Aufgabe formuliert worden.

Wie die regionale Übersicht zeigt, ist der Bestand an erfassten Bohrungen bereits weit fortgeschritten (Abb. 1). Im ersten Quartal 2009 werden voraussichtlich die Kopfdaten der Bohrungen auf allen Messtischblättern erfasst sein. Die dazugehörigen Schichtdaten sollen nach und nach ergänzt werden. Der personelle Bestand lässt derzeit aber keine systematische Neuverschlüsselungen nach Messtischblättern zu. Auch Schichtenverzeichnisse von Neubohrungen, die gemäß Lagerstättengesetz dem LAGB (in analoger Form) übergeben wurden, können ebenfalls nicht verschlüsselt werden. Die Arbeiten an der Bohrdatenbank beschränken sich deshalb auf notwendige Korrekturen in schon vorhandenen Schichtbeschreibungen im Rahmen des Qualitätsmanagements (Referenzbohrungen), der Umstellung SEP1 auf SEP3, der Vorbereitung der Messtischblattkartie-

1 Dr. Carl-Heinz Friedel; Dipl.-Ing. (FH) Thomas Koch, Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt, Köthener Str. 38, 06118 Halle (Saale)

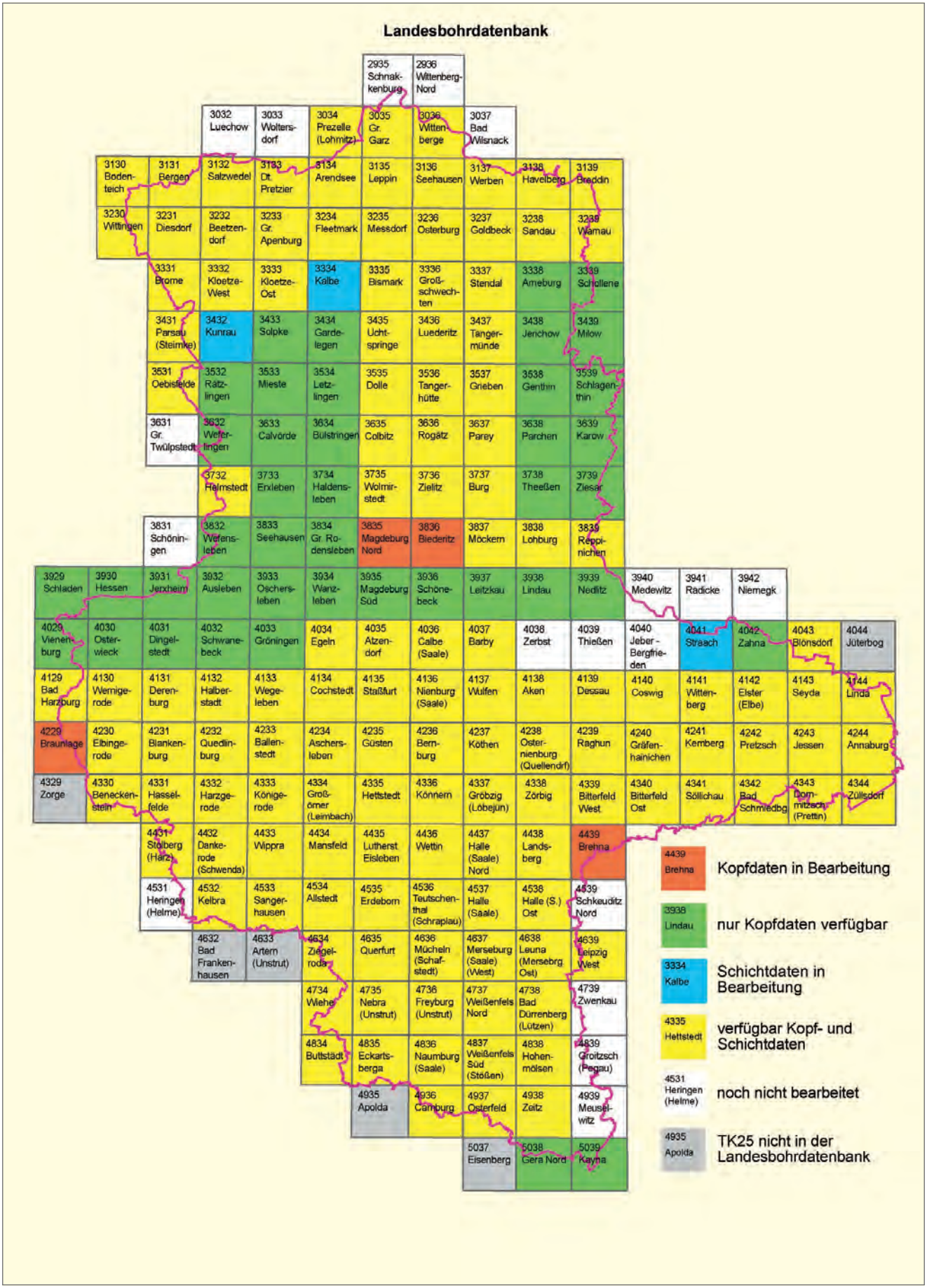


Abb. 1 Bearbeitungsstand der Landesbohrdatenbank (Stand 01.08.2008). Die Felder repräsentieren jeweils das Gebiet einer topographische Karte im Maßstab 1:25 000 (TK25).

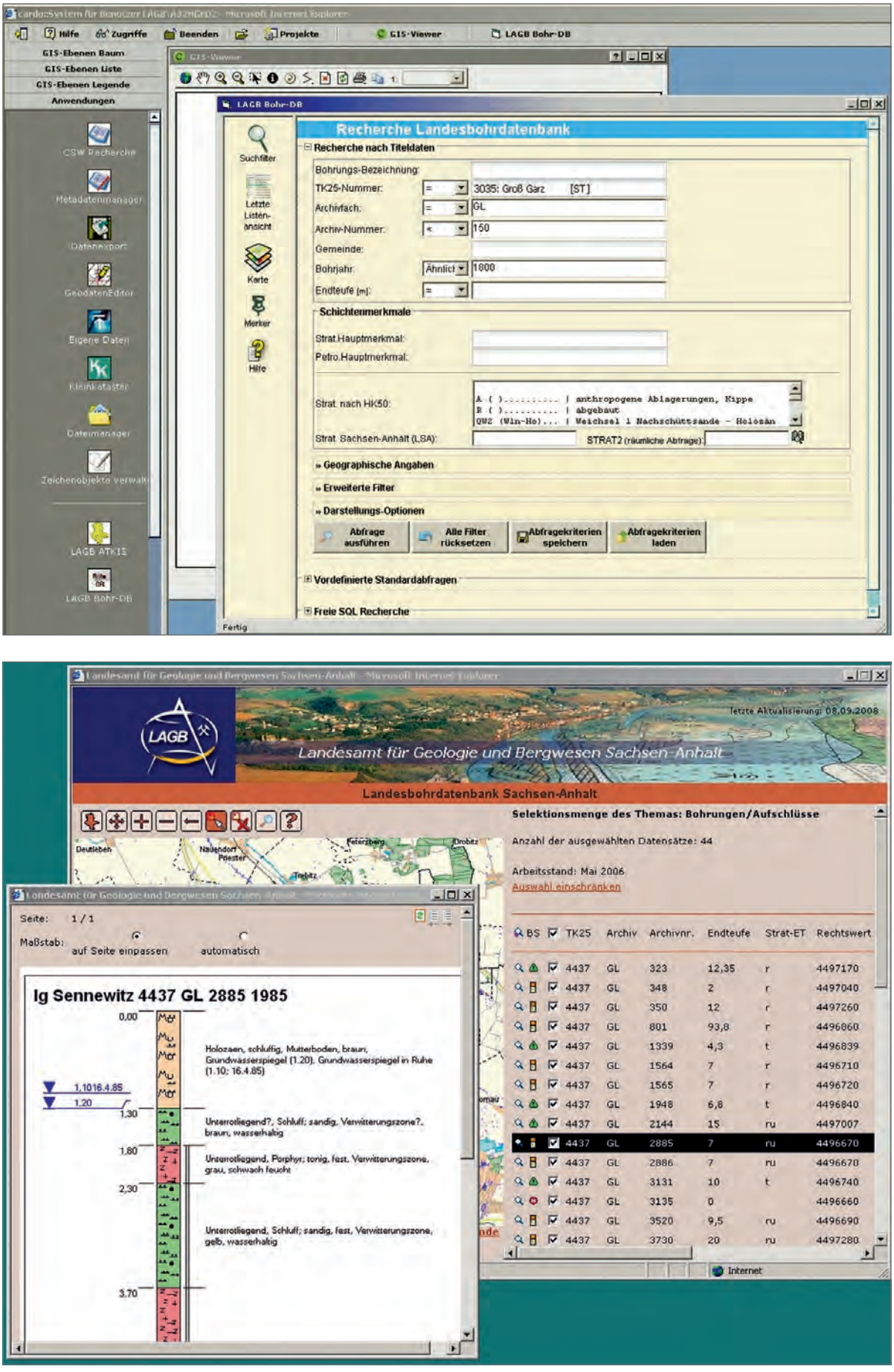


Abb. 2 Recherchemaske im CARDO-Mapserver (oben). Die Landesbohrdatenbank im Internet (unten).

rung oder der Bereitstellung von Grunddaten z.B. für Erdwärmeanlagen. Lediglich für spezielle Projekte oder bei der Neukartierung geologischer Messtischblätter können zurzeit Schichtdaten neu verschlüsselt und in die Bohrdatenbank aufgenommen werden.

Entsprechend der neuen IT-Strategie des Landes wurde die Landesbohrdatenbank 2008 in eine Standardsoftware überführt (MS SQL-Server Datenbank). Zur Dateneingabe und zum Datenmanagement wird zukünftig ebenfalls eine Standardsoftware (GeODin) mit dem neuen Aufschlusstyp Sachsen-Anhalt genutzt. Die meisten Geologischen Dienste der Bundesrepublik und auch sehr viele Ingenieurbüros als „Hauptlieferanten" neuer Bohrungsdaten verwenden GeODin. Der Import solcher Daten in die LAGB-Bohrdatenbank ist deshalb über die Software GeODin mit relativ wenig Aufwand zu realisieren.

Die Landesbohrdatenbank ist seit 2005 als web-basierte Anwendung sowohl im Intranet des LAGB als auch im Internet verfügbar. Mitarbeiter des LAGB haben über den hauseigenen Mapserver CARDO Zugriff auf den aktuellen Datenbestand. Damit lassen sich auch verschiedene Abfragen durchführen (Abb. 2 oben).

Aber auch externe Nutzer haben die Möglichkeit, auf alle freigegebenen Daten der Landesbohrdatenbank über das Internet zuzugreifen (Abb. 2 unten). Der Zugang erfolgt über die Homepage des LAGB www.lagb.sachsen-anhalt.de über die Rubrik Landesbohrdatenbank bis zum gesuchten Gebiet (TK 25), das Navigieren und Selektieren ist über wenige Schaltflächen sehr einfach möglich.
Pro Tag werden bis zu 30 Zugriffe registriert, davon etwa 10 mit umfangreichen Recherchen und Datendownloads. Zusätzlich werden von den zuständigen Mitarbeitern externe Anfragen von Universitäten, anderen Behörden und Ingenieurbüros bearbeitet. Inhalt dieser Anfragen sind meist spezielle, über den Internetzugang nicht zu recherchierende komplexe Sachverhalte, wie z.B. petrographische Informationen, kombiniert mit Stratigraphie, Teufe und Lagebezug.

3.5.2 Bohrarchiv

Der Landesbohrdatenbank als Hauptdatengrundlage vorgeschaltet ist das Bohrarchiv. Hier werden bohrungsbezogene analoge Daten, hauptsächlich Schichtenverzeichnisse und Ergebnisse geophysikalischer Untersuchungen, gesammelt. Der Fundus umfasst mehr als 200 000 Bohrakten.

Im Bestand sind alle verfügbaren Altunterlagen der geologischen Betriebe und Institutionen der ehemaligen DDR, ergänzt durch das Reichsbohrarchiv. Weiterhin archiviert sind die Dokumentationen aller auf Grundlage des Lagerstättengesetzes im LAGB bisher angezeigten Bohrungen. Derzeit werden monatlich ca. 50-80 Bohrungen mit bis zu 1600 Bohrmetern (meist analog) als Neuzugänge registriert.

Die ältesten Schichtenverzeichnisse, leider nur als Kopien, stammen aus der Erkundung des Kohlefeldes Lochau, wahrscheinlich von vor 1800, der Erkundung Braunkohle Königsaue und Bruckdorf (1814 bzw. 1816) oder den Teufarbeiten der Lichtlöcher (Schächte) des Zabenstedter- und Schlüsselstollen (Mansfelder Revier 1809 bzw. 1818). Mit einer umfangreichen Dokumentation ist auch die tiefste Bohrung Sachsen-Anhalts, Erdgas Wittenberge 7Eh/75 (Endteufe 5242,5 m), vertreten.

Abb. 3 Das Bohrkernlager des LAGB ist in zwei Hallen mit einer Gesamtgrundfläche von rund 4000 m² untergebracht. Im vierten Quartal 2008 wurden die Sanierungsarbeiten abgeschlossen.

Die Unterlagen sind nach TK-25-Blättern mit fortlaufender Archivnummer abgelegt. Diese nur hier vergebenen Nummern sind gleichzeitig Grundlage der Datenorganisation in der Landesbohrdatenbank. Alle Bohrungen sind auf analogen Karten eingetragen. Nur auf diesen Karten ist der aktuelle komplette Bohrungsbestand des LAGB, auch mit den monatlichen Neuzugängen, ersichtlich.

3.5.3 Bohrkernlager

Ergänzend zu den Dokumentationen in der Landesbohrdatenbank und im Bohrarchiv werden im Bohrkernlager Bohrproben (Bohrkerne) von ausgewählten landesbedeutsamen Bohrungen aufbewahrt (Abb. 3, 4 und 5). Diese Bohrkerne sind Unikate von grundlegender geowissenschaftlicher Bedeutung.

Die Bohrkerne werden in einer Hochregalanlage mit Gabelstablerbetrieb (Abb. 4) gelagert. Die Länge der Regal-anlage beträgt über 800 m mit jeweils 4 Ebenen, darin sind zur Zeit 1700 Bohrungen mit rund 140 km Bohrkern archiviert. Zusätzlich verwahrt werden diverse Sammlungen von Geschieben, Mineralien und Fossilien.

Die Bohrkerne lagern auf Paletten, deren Liegeplätze in einer Datei verwaltet werden. Die eigentliche Teufenlage der Proben selbst ist noch in analogen Listen verzeichnet. Deren Digitalisierung und die spätere Anbindung an die Landesbohrdatenbank ist geplant.

Die ältesten Bohrproben stammen aus der Eisenerzerkundung Hornburg und der Kupferschiefererkundung Mansfeld aus dem Jahre 1937. Der tiefste Kern wurde aus der Erdgasbohrung Wittenberge 7Eh/75 mit einer Endteufe von 5242,5 m entnommen.
Der hauptsächliche Bestand an Bohrkernen setzt sich zusammen aus:

- Bohrungen der Kupferschiefererkundung (fast 400 Bohrungen),
- geologischen Erkundungsbohrungen (ca. 200),
- Bohrungen der SDAG WISMUT (ca. 200),
- Bohrungen der Erdöl-/ Erdgaserkundung (ca. 200),
- Bohrungen der Steinkohlenerkundung (80) und
- Erkundungsbohrungen auf Braunkohle (70).

Das Kernmaterial dient den Mitarbeitern des LAGB zur internen Bearbeitung. Externe Nutzer können, sofern nicht Rechte Dritter berührt werden, das Kernmaterial in Augenschein nehmen bzw. für Nach- und Spezialuntersuchungen beproben.

Abb. 4 Hochregalanlage im Bohrkernlager. Auch für Schulklassen, hier des Gymnasiums Landsberg, bietet das Bohrkernarchiv eine praktische Ergänzung des Unterrichts.

3.5.4 Schlussfolgerungen

Nach fünfzehnjähriger Arbeit steht mit der Landesbohrdatenbank ein modernes Informationssystem der Öffentlichkeit zur Verfügung. Zusammen mit dem Bohrarchiv und dem Landesbohrkernlager halten das LAGB für Zwecke der Landesplanung, des Verkehrswegebaus und zur effektiven Nutzung von Rohstoffen und Ressourcen die wesentlichsten geologischen Informationen für interessierte Nutzer bereit.

Abb. 5 Bearbeitung und Dokumentation von Bohrkernen aus dem Zechsteinsalinar durch Mitarbeiter der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Hannover).

3.6 Das Geologische Archiv des LAGB

Jürgen Heckner[1] & Ivo Rappsilber[1]

Einführung

Mit „Beschluss der Landesregierung über die Errichtung und Aufgaben des Geologischen Landesamtes“ vom 12.02.1991, wurde es mit der Führung der erforderlichen Archive, Datenspeicher und Sammlungen beauftragt.

Das Geologische Archiv des LAGB besteht aus:

- Geologischem Berichtsarchiv mit nicht publizierten geowissenschaftlichen Dokumentationen, Gutachten und Stellungnahmen;
- Kartenarchiv, mit gedruckten geowissenschaftlichen Karten mit Erläuterungen und topografischen Karten;

Ferner erfolgt hier der Vertrieb der Publikationen des Amtes.

Abb. 1 Erkundungsberichte im Archiv des LAGB.

3.6.1 Geologisches Berichtsarchiv

Das im LAGB vorgehaltene geologische Schriftgut (Berichte, Dokumentationen, etc.) stellt überwiegend Unikate dar und besitzt neben der grundlegenden geowissenschaftlichen Bedeutung einen erheblichen volkswirtschaftlichen Wert. Der Archivbestand ist eine wesentliche Grundlage des behördlichen Handelns und das „Gedächtnis“ der geologischen Bearbeitung des Landes Sachsen-Anhalt. Der größte Teil des Archivbestands befindet sich am Amtssitz in Halle, Köthener Straße 38. Der Standort Magdeburg, Fürstenwallstraße 10, des LAGB hält den für die regionale Bearbeitung des Nordteils von Sachsen-Anhalt erforderlichen Bestand vor.

Im Geologischen Archiv des damaligen Geologischen Landesamts wurden 1991 die Bestände der Abteilungen Geologie der Räte der Bezirke Magdeburg und Halle zusammengeführt. In den Jahren 1992 bis 1994 folgten umfangreiche Übernahmen von geowissenschaftlichen Archivalien durch die Splittung des Archiv-Bestandes des GFE Halle und des geologischen Fonds des Zentralen Geologischen Instituts in Berlin sowie der historischen Beständer der BGR Hannover. Weitere geowissenschaftliche Archivalien wurden von der Erdgasindustrie und Bergbaubetrieben übernommen (Abb. 1).

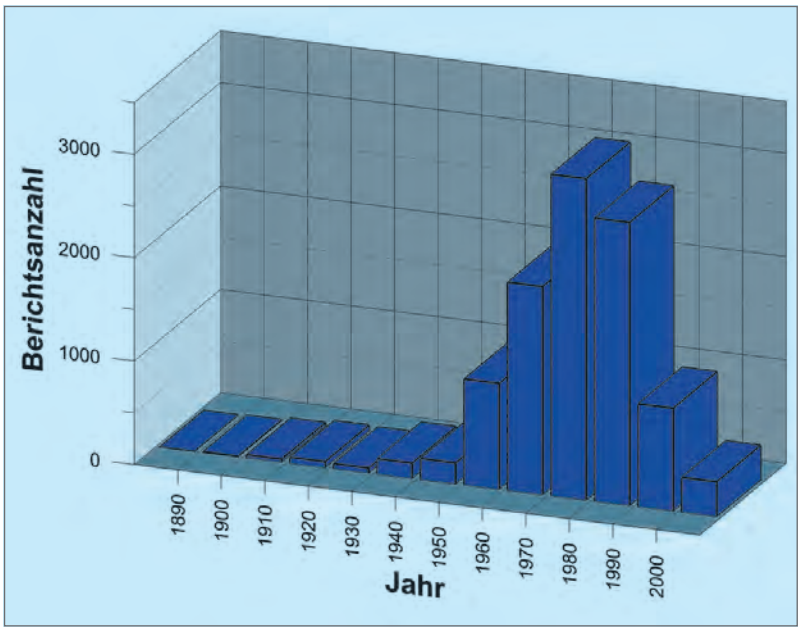


Abb. 2 Entstehungszeitraum der archivierten Berichte.

1 Dipl.-Geol. (FH) Jürgen Heckner & Dr. Ivo Rappsilber, Landesamt für Geologie und Bergwesen, Köthener Str. 38, 06118 Halle (Saale).

Ein wesentlicher Zuwachs war nochmals 2006 zu verzeichnen, als der Bestand des Datenspeichers Geophysik des VEB Geophysik Leipzig gesplittet und an die neuen Länder überführt wurde. Sachsen-Anhalt übernahm u.a. etwa 2700 geophysikalische Berichte (85 lfd. m). Dieser Bestand konnte nach der Überführung in das LAGB sofort für die Nutzung verfügbar gemacht werden.

Der Archivbestand umfasst, beginnend mit geologischen Dokumentationen aus der Zeit um 1890, derzeit mehr als 17 300 geowissenschaftliche Berichte und ca. 40 000 geologische/raumordnerische Stellungnahmen. Die Kapazität des Berichtsarchivs liegt bei ca. 800 lfd. m (Abb. 2).

Der wesentliche Bestand des Archivs ist das Ergebnis der intensiven geologischen Exploration großer Teile des heutigen Landes Sachen-Anhalt im Zeitraum zwischen 1950 und 1990. Untersuchungsgegenstand waren in dieser Zeit faktisch alle Rohstoffe, die wirtschaftlich von Interesse waren oder geeignet erschienen, durch eigenes Aufkommen Importe zu ersetzen.

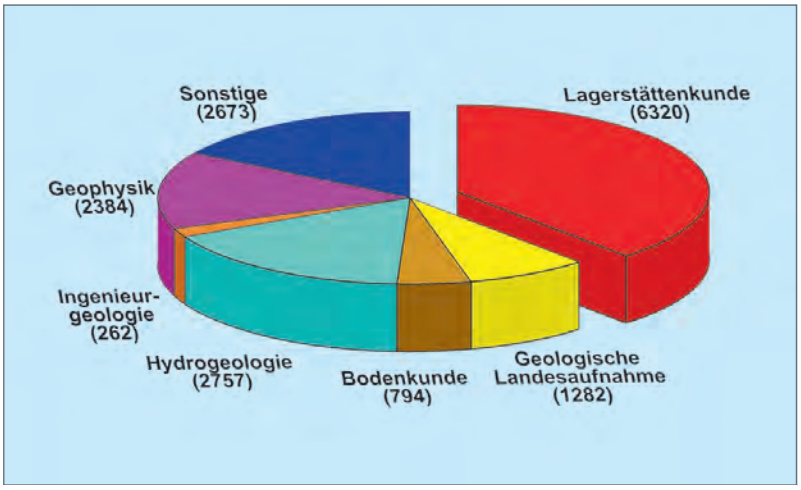


Abb. 3 Aufschlüsselung der Berichte nach Fachgebieten.

Mehr als ein Drittel des Berichtsbestands steht in einer Beziehung zur Exploration von Lagerstätten oder mineralischen Rohstoffen (Abb. 3).

Umfangreiche geologische Untersuchungen mit dem Ergebnis von Dokumentationen, Gutachten und Ergebnisberichten fanden auch auf anderen geologischen Fachgebieten statt. Beispielhaft zeigt dies die seismische Erkundung Sachsen-Anhalts (Abb. 4).

Die aktuelle Erweiterung des Fundus erfolgt vorwiegend durch die Zusammenarbeit mit Unternehmen, öffentlichen Einrichtungen und eigene Untersuchungen.

Interessenten ist die Einsichtnahme im Berichtsarchiv unter Wahrung der Rechte der Eigentümer geologischer Daten und unter Beachtung der Nutzerrichtlinien möglich.

3.6.2 Geologisches Kartenarchiv und Vertrieb

Das LAGB verfügt über eine umfangreiche Sammlung fachspezifischer geowissenschaftlicher Karten. Diese Unterlagen werden auch von externen Interessenten intensiv in Anspruch genommen.

Die Bestandserweiterung der Sammlung ergibt sich insbesondere durch den Schriftentausch mit den Staatlichen Geologischen Diensten und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe.

Grundlegende Kartenwerke zu den geologischen Verhältnissen in Sachsen-Anhalt sind u.a.:

- Geologische Karte von Sachsen-Anhalt, 1 : 25 000,
- Lithofazieskarte Quartär (LKQ50) (1 : 50 000),
- Hydrogeologisches Kartenwerk (HK50) 1 : 50 000,
- Geologische und Geophysikalische Übersichtskarten (1 : 400 000).

Zur rohstoffgeologischen Situation in Sachsen-Anhalt können themenspezifische Kartenwerke bzw. Karten erworben werden:

- Karte der oberflächennahen Rohstoffe (KOR50), 1 : 50 000,
- Übersichtskarte oberflächennahe mineralische Rohstoffe, Rückseite mit Erläuterungen, 1 : 400 000, (ISBN 3-929951-19-3),
- Übersichtskarte Tiefliegende und Energierohstoffe Blatt 1: Energierohstoffe, Rückseite mit Erläuterungen, 1 : 400 000, (ISBN 3-929951-38-X),
- Übersichtskarte Tiefliegende und Energierohstoffe Blatt 2: Potenziale der Erze und Spate, Rückseite mit Erläuterungen, 1 : 40 000 (ISBN 3-929951-34-7).

Das Verzeichnis mit weiteren rohstoffgeologischen Karten und den gesamten lieferbaren Publikationen des LAGB kann über die Homepage des LAGB www.lagb.sachsen-anhalt.de eingesehen werden. Bestellungen können auch per Post an das LAGB oder den Buchhandel gerichtet werden.

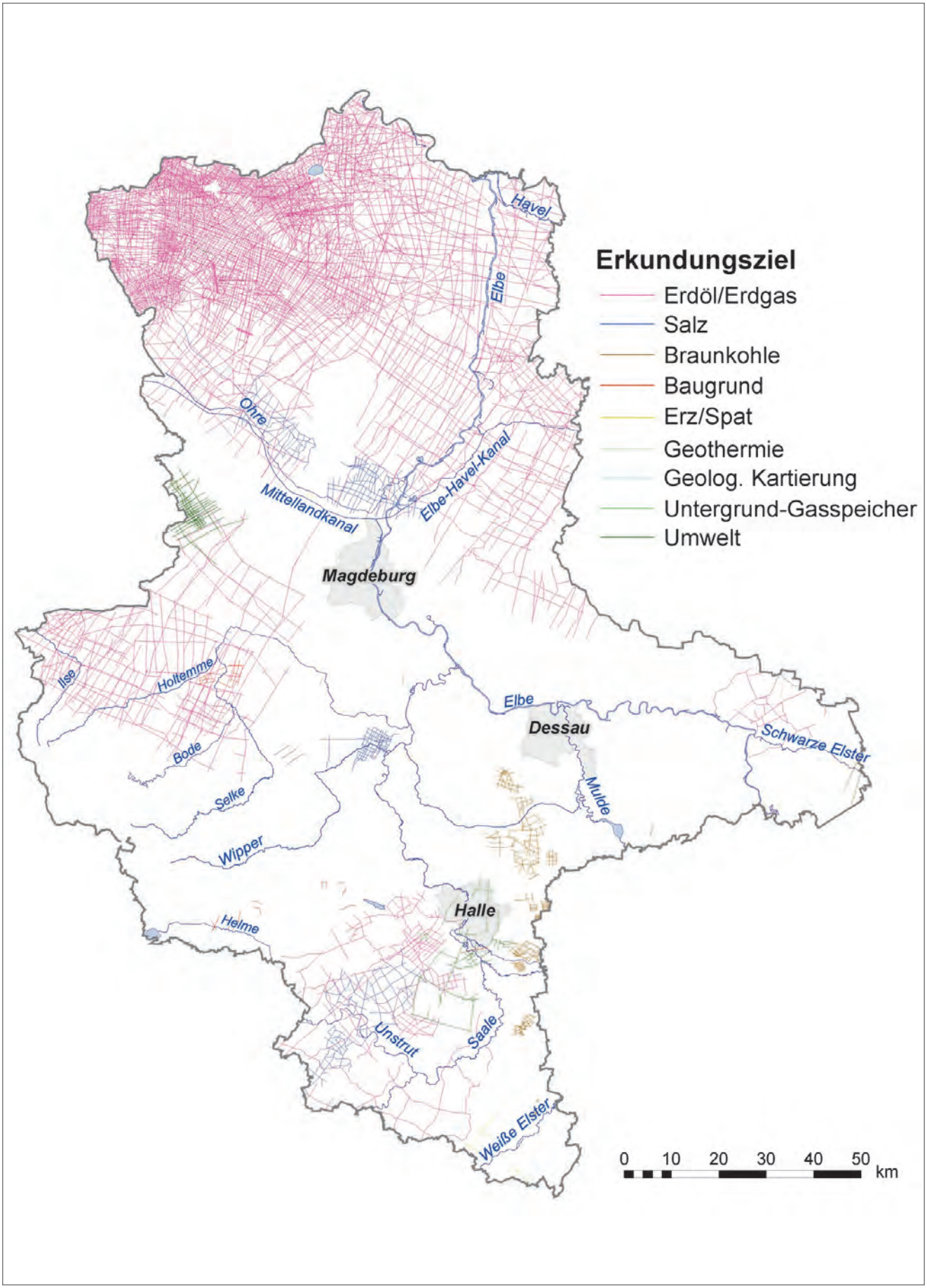


Abb. 4 Seismische Profilanlage von Sachsen-Anhalt, aufgeschlüsselt nach Erkundungsziel.

Tk 4531 R ~ 4428939 H ~ 5699727 nach CLARDO

Schichten-Verzeichnis A.

Bohr Archiv
Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt
- Bohrarchiv -

J.-No. 274/93

Höhe über N.-N.: ~156 m

Grad-Abteilung 56 No. 34

Blatt Hecrigen

Kreis Sangerhausen

Provinz Sachsen

GK25-Nr.: 4531 Archiv-Nr.: 196

Proben nicht aufbewahrt.

Proben aufbewahrt.

Schrank r. l. Seite

Schublade.

Königl. Geolog. Landesanstalt
Archiv (Prov. Sachsen)
Grd. Abt. 56 No. 34 Arch. No. 196

~~Fiskalisches~~ / Privates Bohrloch Auleben No 1 bei

Nähere Bezeichnung der Lage siehe Lageskizze

Bohrmethode

Einsender

bis Alluvium
„ Diluvium
„
„
„
„
„

Zahl der eingesandten Proben

Lfd. No.	Tiefe in Metern von	bis	Mächtigkeit in Metern	Geognostische Bezeichnung	Formation	Bemerkungen in „ “ Angaben des Bohrmeisters
1	0	3.0	3.0	Auleben		Gebohrt Oktober
2	3.0	91.5	88,5	Bunter Sandstein, wechsell. mit Zwischen		1890 - Juli 1892.
3	91.5	183,1	91,6	ältere Bunte Sandsteine		
4	183,1	195,4	12,3	Bunter Sandstein m. Gipsknollen.		
5.	195,4	313,6	118,2	fester Gips.		
6.	313,6	350,3	36,7	Salzton, rot u. blau, mit Gips.		
7.	350,3	357,6	7,3	fester Gips.		
8.	357,6	359,2	1,6	roter und grauer Ton.		
9.	359,2	365,6	6,4	fester Gips.		
10.	365,6	372,3	6,7	roter Ton mit Gips.		
11.	372,3	385,7	13,4	Gips.		
12.	385,7	394,5	8,8	Steinsalz, von oben rein, rein		
		zus.	394,5	und klar, nach unten mit Gipsschnüren.		

Aufgestellt durch E. Zimmermann am 22 ten Januar 1904

~~Revidiert durch~~ Geschen Reichardt am 28 ten Januar 1904

Historisches Schichtverzeichnis der Bohrung Auleben I (gebohrt 1890 - 1892) aus dem Fundus des LAGB.

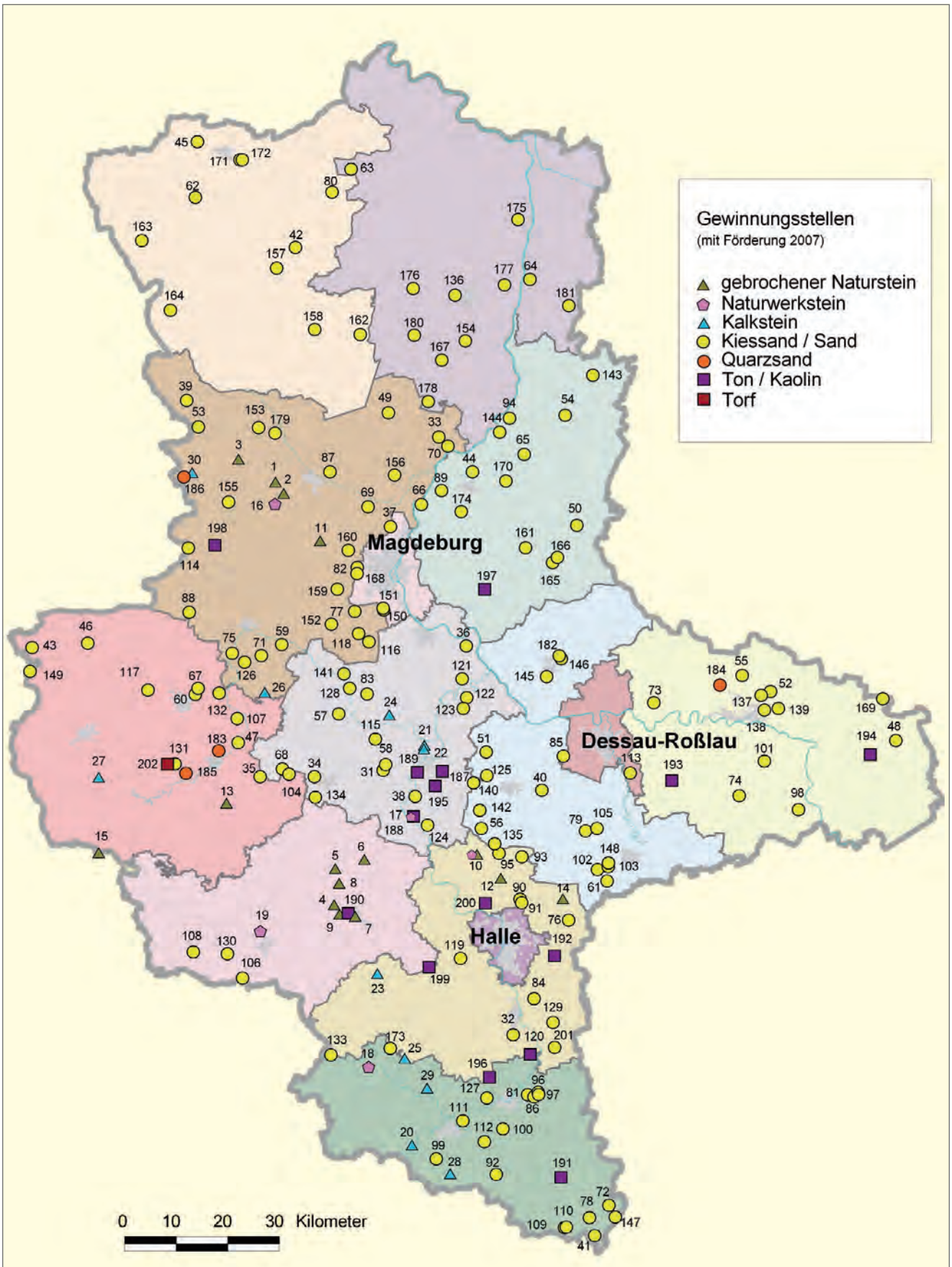
Anhang I:

Rohstoffwirtschaft in Sachsen-Anhalt
- Verzeichnis der in Gewinnung stehenden Abbaustellen und Betriebe
(Steine und Erden, Industrieminerale, Stand: 31.08.2008)

Das Verzeichnis der in Gewinnung stehenden Abbaustellen und Betriebe oberflächennaher Steine- und Erden-Rohstoffe sowie der Industrieminerale erläutert die Ziffern neben den Symbolen der Abbildung 2 im Kapitel 2. Es spiegelt damit den Kenntnisstand vom 31. August 2008 wieder.

Die nachstehende Liste ermöglicht einen schnellen Überblick der Gewinnungsstellen nach Rohstoffarten und dem verantwortlichen Betreiber. Gleichzeitig möchten wir allen an diesem wichtigen Industiezweig Interessierten die Möglichkeit geben, sich über die Produktionsbasis der Steine- und Erden in unserem Land zu informieren.

Für jeden Hinweis, der zur Verbesserung (Aktualisierung) der nachfolgenden Liste führt, möchten wir uns im Voraus bedanken.



Übersichtskarte der in Gewinnung stehenden Abbaustellen (Steine und Erden, Industrieminerale und Torf) in Sachsen-Anhalt. Die Ziffern neben den Symbolen entsprechen dem verantwortlichen Betreiber in nachfolgender Liste.

Nr.	Gewinnungsstelle	Firma	Adresse / Telefon
	Rohstoff: gebrochener Naturstein		
1	Bodendorf	Norddeutsche Naturstein GmbH	Altenhäuser Str. 41 · 39345 Flechtingen 039054 / 900
2	Dönstedt / Eiche	Norddeutsche Naturstein GmbH	Altenhäuser Str. 41 · 39345 Flechtingen 039054 / 900
3	Flechtingen	Norddeutsche Naturstein GmbH	Altenhäuser Str. 41 · 39345 Flechtingen 039054 / 900
4	Halde August-Bebel-Hütte Helbra (Schlacke)	Norddeutsche Naturstein GmbH	Altenhäuser Str. 41 · 39345 Flechtingen 039054 / 900
5	Halde Freiesleben-Schacht	Martin Wurzel Baugesell-schaft mbH · NL Mansfeld	Vatteröder Str. 13 · 06343 Mansfeld 034782 / 8720
6	Halde Glückhilf-Schacht Welfesholz	BAU-REC Baustoffrecycling Eisleben GmbH	Seidelschacht (An der L 160) 06295 Lutherstadt Eisleben 034772 / 32132
7	Halde Krughütte Eisleben (Schlacken)	TCR GmbH	Thomas-Müntzer-Str. 130 06313 Hergisdorf
8	Halde Lichtloch 81 Klo-stermansfeld	Norddeutsche Naturstein GmbH	Altenhäuser Str. 41 · 39345 Flechtingen 039054 / 900
9	Halde Martinschacht	BAU-REC Baustoffrecycling Eisleben GmbH	Seidelschacht (An der L 160) 06295 Lutherstadt Eisleben 034772 / 32132
10	Löbejün	SH Natursteine GmbH + Co. KG	Bahnhof Str. 7 · 06193 Löbejün 034603 / 750
11	Mammendorf	Cronenberger Steinindustrie Franz Triches GmbH & Co. KG Hartsteinwerk Mammendorf	Thomas-Müntzer-Str. 39167 Eichenbarleben 039206 / 6850
12	Petersberg	Mitteldeutsche Baustoffe GmbH	Köthener Str. 13 · 06193 Götschetal / OT Sennewitz · 034606 / 2570
13	Rieder	Mitteldeutsche Baustoffe GmbH	Köthener Str. 13 · 06193 Götschetal / OT Sennewitz · 034606 / 2570
14	Schwerz	Mitteldeutsche Baustoffe GmbH	Köthener Str. 13 · 06193 Götschetal / OT Sennewitz · 034606 / 2570
15	Unterberg	Hartsteinwerk Unterberg NL der KEMNA BAU Andreae GmbH. & Co. KG	Am Güterbahnhof 5 38667 Bad Harzburg 05322 / 78060
	Rohstoff: Naturwerkstein		
16	Bebertal	Baustoffe Flechtingen GmbH & Co. KG	Behnsdorfer Str. 28 · 39345 Flechtingen 039054 / 960-0
17	Beesenlaublingen	Schwenk Zement KG	Altenburger Chaussee 3 · 06406 Bernburg 03471 / 3580
18	Im Kriebsholz	TRACO Deutsche Travertinwerke GmbH	Post Str. 17 · 99947 Bad Langensalza 03603 / 852120
19	Lengefeld	GraniTrade GmbH	Schacht Str. 52 · 06526 Sangerhausen 034656 / 5610
	Rohstoff: Kalkstein		
20	Bad Kösen	Kalkwerke Bad Kösen GmbH	Thüringer Str. 1 · 06628 Bad Kösen 034463 / 3430
21	Bernburg-Nord	Schwenk Zement KG	Altenburger Chaussee 3 · 06406 Bernburg 03471 / 3580
22	Bernburg-Süd	SOLVAY Chemicals GmbH	Köthensche Str. 3 · 06406 Bernburg 03471 / 3230
23	Farnstädt-Süd	D-B-F Baustoff GmbH	Hettstedter Str. 38 · 06308 Siersleben 03476 / 869360

Nr.	Gewinnungsstelle	Firma	Adresse / Telefon
24	Förderstedt	Sodawerk Staßfurt GmbH & Co. KG	An der Löderburger Bahn 4a 39418 Staßfurt · 03925 / 2630
25	Kalksteintagebau 2 Karsdorf	LAFARGE Zement Karsdorf GmbH	Str. der Einheit 25 · 06638 Karsdorf 03446 / 173
26	Kroppenstedt-Süd	ENDERT-GESELLSCHAFT für Sand- und Kiesgewinnung mbH	Dorf Str. 43a · 39291 Rietzel 39223 / 92165
27	KW Rübeland KW Hornberg KW Kaltes Tal	FELS-WERKE GmbH	Geheimrat-Ebert-Str. 12 38640 Goslar 05321 / 703-0 · 039454 / 58-0 (Elbingerode)
28	Meyhen	KKW Kalkstein und Kieswerke GmbH	Orts Str. Nr. 8 · 06618 Görschen 034445 / 20850
29	Müncheroda-Reußen	MKW Mitteldeutsche Hartstein-, Kies- und Mischwerke GmbH	Weimarer Str. 29 · 06618 Naumburg 03445 / 7066800
30	Walbeck	Hermann Wegener Kalkstein GmbH & Co. KG	Schiffgraben 25 / 27 · 30159 Hannover 0511 / 364970
	Rohstoff: Kiessand / Sand		
31	Amesdorf-Sandbergsfeld	Kies- und Sandwerke GmbH	Bahnhof Str. 24 · 39439 Güsten 039262 / 62730
32	An der B 91 - Merseburg (Südfeld)	Hanson Germany GmbH & Co. KG Gospiteroda	Am Gänserasen · 99894 Leinatal 03622 / 40240
33	Angern-Ost	Kurt Rudnick Baubetrieb Tief-, Straßen- und Hochbau	Bruch Str. 47 · 39326 Angern 039363 / 4330
34	Aschersleben-Froser Str.	Beton- und Kieswerk GmbH	Fallerslebener Weg 9 · 06449 Aschersleben 03473 / 816463
35	Badeborn	Engel Badeborn e. K.	Große Gasse 366 a · 06493 Badeborn 039483 / 97790
36	Barby	Kies- und Baustoffwerke Barleben GmbH & Co. KG	Wiedersdorfer Str. 3 · 39126 Magdeburg 0391 / 300250
37	Barleben	Kies- und Baustoffwerke Barleben GmbH & Co. KG	Wiedersdorfer Str. 3 · 39126 Magdeburg 0391 / 300250
38	Beesenlaublingen / Beesedau	HTB Hoch- und Tiefbaustoffe GmbH & Co. KG	An der Georgsburg · 06420 Könnern 034691 / 3300
39	Bösdorf	Container-Dienst Lutz Müller GmbH	Heinrich-Jasper-Str. 25 · 38448 Wolfsburg 05363 / 71009
40	Breesen	BWK Sand- und Kieswerk GmbH Reupzig	Dorf Str. 59 · 06369 Reupzig 034977 / 21049
41	Bröckau	Firma Bernd Gentzsch GmbH	Haupt Str. 28 · 06724 Bröckau 034423 / 21171
42	Bühne	VDR Sand- und Kiesgewinnungsgesellschaft mbH	Kalbenser Str. 9 39624 Kalbe / Bühne 039080 / 72240
43	Bühne Schwalbenberg	Kiesgewinnung Bühne GmbH	Rimbecker Str. 44 · 38835 Bühne 05351 / 55340
44	Burg-Sachsenkamm	GILDE - BETON GmbH & Co. KG	Parchauer Chaussee · 39288 Burg 03921 / 914300
45	Cheine	FRIEDRICH SCHLADEMANN Kies-, Mörtel- und Baggerbetrieb, Abbruchunternehmen	Alt - Prielip 16 29571 Rosche 05803 / 381
46	Deersheim-Nord	LANDBODEN OSTERWIECK AGRODIENSTE GmbH & Co. Gewerbe KG	Osterwiecker Str. 178 38835 Berßel 039421 / 2626
47	Ditfurt I	Mitteldeutsche Baustoffe GmbH	Köthener Str. 13 · 06193 Götschetal / OT Sennewitz · 034606 / 2570
48	Dixförda II	Heidelberger Sand- und Kies GmbH	Dixfördaer Weg 1 · 06928 Lindwerder 035384 / 3010

Nr.	Gewinnungsstelle	Firma	Adresse / Telefon
49	Dolle-Süd	KOLODZIG Hoch- und Tiefbau GmbH	Tangermünder Str. 1 39517 Groß Schwarzlosen 039361 / 9660
50	Drewitz-Süd	Terra Sand- u. Kiesgewinnung GmbH	Linden Str. 5 · 39279 Isterbies 039245 / 9420
51	Drosa	KWD Kieswerk Drosa GmbH	Am Brandweinsweg 92 · 06369 Drosa 034979 / 22217
52	Euper	Fuhrunternehmer Eckhard Schulze	Am Lutherbrunnen 38 06886 Lutherstadt Wittenberg 03491 / 403020
53	Everingen	Baustoffe Flechtingen GmbH & Co. KG	Behnsdorfer Str. 28 · 39345 Flechtingen 039054 / 960-0
54	Genthin-West	BEBO Kieswerk Genthin GmbH	An der B1 / Magdeburger Str. 90 39307 Genthin 03933 / 82293
55	Grabo	Firma G. Korges	Dorf Str. 24 · 06896 Lutherstadt Wittenberg 03491 / 662280
56	Gröbzig-Werdershausen	KLEBL GmbH	Köthener Str. 40 · 06388 Gröbzig 034976 / 290
57	Groß-Börnecke	Börkies Groß Börnecke GmbH Sand-Kies-Abraum-Umweltschutz	Brunnenweg 15 · 39444 Hecklingen 03925 / 280876
58	Güsten-Ost	Andreas Backhaus Containerdienst	Haupt Str. 26 / 27 · 06425 Plötzkau 034692 / 31142
59	Hadmersleben-Ost	KWB Kieswerk Bodetal GmbH & Co. KG	Wedderstedter Weg 10 · 38828 Wegeleben 039423 / 6810
60	Halberstadt - B81	BEFER Betonfertigteilbau und Betonwaren GmbH	In den langen Stücken 10 · 38820 Halberstadt 03941 / 6743
61	Halde Freiheit III Bitterfeld	Günter Papenburg AG - Betriebsteil Halle	Berliner Str. 239 · 06112 Halle / Saale 0345 / 51130
62	Heidberg	Kieswerk Heidberg GmbH & Co. KG	Dorf Str. · 29416 Siedlangenbeck 039035 / 330
63	Heiligenfelde-Ost	Martin Ahle GmbH & Co. KG	Quellenstr. 27 · 32791 Lage 05232 / 98980
64	Hohengöhren	GILDE - BETON GmbH & CO. KG	Parchauer Chaussee · 39288 Burg 03921 / 914300
65	Hohenseeden	HORBA - GmbH Hohenseedener Recycling- und Baustoffgesellschaft	Schulplatz 9 39307 Hohenseeden 039344 / 50923
66	Hohenwarthe	STRABAG Straßen- und Tiefbau GmbH HNL Magdeburg	See Str. 12 · 39114 Magdeburg 0391 / 85040
67	Holtemmenaue II	BEFER Betonfertigteilbau und Betonwaren GmbH	In den langen Stücken 10 · 38820 Halberstadt · 03941 / 6743
68	Hoym-Flur 11	NEUMANN TRANSPORTE & SANDGRUBEN GmbH & Co. KG	Erkenthierfeld 1 · 39288 Burg 03921 / 912 311
69	Jersleben	Baustoffe Flechtingen GmbH & Co. KG	Behnsdorfer Str. 28 · 39345 Flechtingen 039054 / 960-0
70	Kehnert / Treuel / Auwiesen	CEMEX Kies Rogätz GmbH	Sandkrug · 39326 Rogätz 039363 / 9300
71	Kleinalsleben / Alikendorf	Kies- und Sandabbau Gerhard Specht	Dorf Str. 75 · 39398 Kleinalsleben 039408 / 559
72	Kliebe-Spora	Spora - Kies GmbH	Langer Weg 8 · 06724 Spora 03448 / 3652
73	Klieken-Nord	Dessauer Abbruch und Recycling GmbH	Kreuzberg Str. 37 · 06841 Dessau 0340 / 218180
74	Köplitz	Mitteldeutsche Baustoffe GmbH	Köthener Str. 13 · 06193 Götschetal / OT Sennewitz · 034606 / 2570

Nr.	Gewinnungsstelle	Firma	Adresse / Telefon
75	Krottorf	AGRO-SERVICE GmbH Halberstadt	Woolnough Str. 13 · 38820 Halberstadt 03941 / 564212
76	Landsberg	Mitteldeutsche Baustoffe GmbH	Köthener Str. 13 · 06193 Götschetal / OT Sennewitz · 034606 / 2570
77	Langenweddingen - Seerennengraben	BEYMANN GmbH Sand- und Kieswerk	Neinstedter Str. 23 · 39118 Magdeburg 0391 / 6200983
78	Lindenberg	Kiesaufbereitung Lindenberg GmbH	Kiesgrube · 06724 Kayna 0344262 / 1318
79	Löberitz	Mitteldeutsche Baustoffe GmbH	Köthener Str. 13 · 06193 Götschetal / OT Sennewitz · 034606 / 2570
80	Lohne	Fuhrbetrieb Eckhardt Beindorf	An der Flora 9 · 29410 Salzwedel 03901 / 83510
81	Lösau	KLAUS Hoch- und Tiefbau GmbH NL Weißenfels	Am Heerweg 1 · 6686 Lösau 03443 / 2923-0
82	Magdeburg-Diesdorf	BRC - BAUSTOFFE, Recycling und Containerdienst GmbH	Niederndodelebener Str. 60 · 39110 Magdeburg · 0391 / 7313300
83	Marbeschacht	MARBE KIES- UND BAUSTOFF GmbH & Co. KG	Am Marbeschacht · 39443 Atzendorf 039295 / 52996
84	Merseburg-Ost / Baufeld 1a	Günter Papenburg AG - Betriebsteil Halle	Berliner Str. 239 · 06112 Halle / Saale 0345 / 51130
85	Mosigkau-Rößling	Horst Rumpf GmbH & Co. KG	Hinter dem Rößling 5 · 06847 Dessau 0340 / 5407590
86	Nellschütz	Hohenwarter TKS GmbH	Lösauer Weg · 06679 Zorbau / OT Nellschütz · 034441 / 9933
87	Neuenhofe-Süd	Georg Eckervogt oHG	Berliner Wall 20 · 33378 Rheda-Wiedenbrück · 0391 / 5077512
88	Neuwegersleben	Kieswerk Neuwegersleben AG	Str. der Freundschaft · 39387 Neuwegersleben · 039401 / 208
89	Niegripp	Sand + Kies Union GmbH Berlin-Brandenburg	Werk Niegripp · 39291 Niegripp 03921 / 994319
90	Oppin	Sand und Kies Oppin GmbH	Köthener Str. 38 · 06118 Halle / Saale 0345 / 5257814
91	Oppin-Sandberg	Tief- und Straßenbau GmbH Halle	Reideburger Str. 29 · 06112 Halle / Saale 0345 / 5600655
92	Osterfeld	Kaspar Röckelein KG	Bahnhof Str. 6 · 96193 Wachenroth 09548 / 890
93	Ostrau-Mösthinsdorf	Günter Papenburg AG - Betriebsteil Halle	Berliner Str. 239 · 06112 Halle / Saale 0345 / 51130
94	Parey	CEMEX Kies Rogätz GmbH	Sandkrug · 39326 Rogätz 039363 / 9300
95	Plötz	Betonwerk Plötz GmbH & Co. KG	Kreis Str. 47 · 06193 Plötz 034603 / 740-0
96	Pörsten 1	Fa. Lindner Erd- und Tiefbau	Brunnenstr. 12 · 06688 Kriechau 034446 / 20 903
97	Pörsten 2	Histro Bau GmbH	Pegauer Str. 50 · 06682 Nessa 034443 / 6000
98	Pretzsch-Splau	Betonwerk E. Winkler GmbH Pretzsch	Schmiedeberger Str. 27 · 06989 Pretzsch 034926 / 58473
99	Prießnitz	MKW Mitteldeutsche Hartstein-, Kies- und Mischwerke GmbH	Weimarer Str. 29 · 06618 Naumburg 03445 / 7066800
100	Prittitz	Naumburger Bauunion GmbH & Co. Bauunternehmung KG	Gewerbegebiet Süd · 06618 Görschen 034445 / 700
101	Rackith	Fenger Kies GmbH & Co. KG	Neue Str. 12a · 06901 Kemberg 034921 / 61000
102	Ramsin	Erd- und Tiefbau Bitterfeld GmbH	Holzweißiger Str. · 06749 Bitterfeld 03493 / 6070

Nr.	Gewinnungsstelle	Firma	Adresse / Telefon
103	Ramsin-Ost	oeko-baustoffe GmbH Sandersdorf	Kieswerk Str. 1 · 06792 Sandersdorf 03493 / 80850
104	Reinstedt	RKW Reinstedter Kieswerk GmbH	Froser Str. 7 · 06463 Falkenstein / OT Reinstedt · 034741 / 71505
105	Reuden-West	oeko-baustoffe GmbH Sandersdorf	Kieswerk Str. 1 · 06792 Sandersdorf 03493 / 80850
106	Riethnordhausen	HSK Kies- u. Tiefbaugesellschaft mbH Sangerhausen	Am Brühl 5 · 06526 Sangerhausen 03464 / 570945
107	Rodersdorf	KWB Kieswerk Bodetal GmbH & Co. KG	Wedderstedter Weg 10 · 38828 Wegeleben 039423 / 6810
108	Roßla	Kieswerk Müller GmbH & Co. KG	Tannengarten · 06547 Stolberg 034654 / 10227
109	Schellbach	Wesser Kies und Sand GmbH	Haupt Str. 106 · 07554 Pölzig 036695 / 800
110	Schellbach-Gutenborn	LZR-BAUR Beton-GmbH & Co. KG	Mühlen Str. 50 · 06712 Schellbach 034423 / 2610
111	Schellsitz-Eulau	MKW Mitteldeutsche Hartstein-, Kies- und Mischwerke GmbH	Weimarer Str. 29 · 06618 Naumburg 03445 / 7066800
112	Schmerdorf	Naumburger Bauunion GmbH & Co. Bauunternehmung KG	Gewerbegebiet Süd · 06618 Görschen 034445 / 700
113	Sollnitz BF II	Mitteldeutsche Baustoffe GmbH	Köthener Str. 13 · 06193 Götschetal / OT Sennewitz · 034606 / 2570
114	Sommersdorf-Süd	Fuhrbetrieb und Baustoffhandel Henning Springmann	Meisterreihe 6 · 39393 Badeleben 039402 / 372
115	Staßfurt-Knüppelsberg	TYLICKI Fuhrunternehmen	Acker Str. 25 · 39418 Staßfurt 03925 / 625261
116	Stemmern	Bahrendorfer Kiesgesellschaft mbH	Puppendorf 1A · 39171 Sülzetal OT Sülldorf 0391 / 5069783
117	Ströbeck - Kreuzberg	STRATIE Straßenn- und Tiefbaugesellschaft mbH	Neue Halberstädter Str. 58 · 38889 Blankenburg · 03944 / 9270
118	Sülldorf	Bahrendorfer Kiesgesellschaft mbH	Puppendorf 1A · 39171 Sülzetal OT Sülldorf 0391 / 5069783
119	Teutschenthal-Eisdorf	GfB Gesellschaft für Baustoffe und Recycling mbH	Köthener Str. 38 06036 Halle / Saale 0345 / 5223122
120	Tollwitz	Tollwitzer Kieswerke & Baustoff GmbH	Teuditzer Str. 1 · 06231 Tollwitz 03462 / 99850
121	Tornitz	Kies- und Baustoffwerke Barleben GmbH & Co. KG	Wiedersdorfer Str. 3 · 39126 Magdeburg 0391 / 300250
122	Trabitz, Groß Rosenburg	Kies- und Steinwerk Boerner GmbH & Co. KG	Am Saale-Dreieck 3 · 39240 Calbe OT Schwarz · 39295 / 2570
123	Trabitz / Sachsendorf / Schwarz	Kies- und Steinwerk Boerner GmbH & Co. KG	Am Saale-Dreieck 3 · 39240 Calbe OT Schwarz · 39295 / 2570
124	Trebnitz	Mitteldeutsche Baustoffe GmbH	Köthener Str. 13 · 06193 Götschetal / OT Sennewitz · 034606 / 2570
125	Trinum	Kies- und Sandwerke GmbH	Bahnhof Str. 24 · 39439 Güsten 039262 / 62730
126	Trockenabbau Gröningen	Norddeutsche Naturstein GmbH	Altenhäuser Str. 41 · 39345 Flechtingen 039054 / 900
127	Uichteritz	Antons H. & Sohn Gesellschaft f. Kiesgewinnung mbH	Mühlberg 28 · 06667 Uichteritz 03443 / 202862
128	Unseburg	WICHMANN BODE-KIES UNSEBURG GbR	Walter-Husemann-Str. 39435 Unseburg
129	Wallendorf	Mitteldeutsche Baustoffe GmbH	Köthener Str. 13 · 06193 Götschetal / OT Sennewitz · 034606 / 2570

Nr.	Gewinnungsstelle	Firma	Adresse / Telefon
130	Wallhausen	SKW Sangerhäuser Kieswerke GmbH	Wiesenweg 15 · 06528 Oberröblingen 03464 / 517685
131	Warnstedt-Timmenrode	Engel Badeborn e. K.	Große Gasse 366 a · 06493 Badeborn 039483 / 97790
132	Wegeleben	KWB Kieswerk Bodetal GmbH & Co. KG	Wedderstedter Weg 10 · 38828 Wegeleben 039423 / 6810
133	Wendelstein	Kieswerke Etzrodt GmbH & Co Betriebs KG	Am Mühlberg · 06556 Borxleben 03466 / 3259-0
134	Westdorf	Kiestagebau Westdorf GmbH	Am Quellgrund 14 · 06449 Aschersleben 03473 / 808230
135	Wieskau	Rebo Umwelttechnik GmbH Außenstelle Wieskau	Cattauer Str. 20 · 06388 Wieskau 034976 / 26100
136	Wischer	Kieswerk Wischer GmbH	Waldweg · 39596 Staffelde bei Stendal 03931 / 794923
137	Wittenberg / Flur 15	Fuhrunternehmen W. Lehmann	Kolonienweg 77 · 06888 Mochau 03491 / 808025
138	Wittenberg-Friedrichstadt / Fl. 21	Fuhrunternehmen W. Lehmann	Kolonienweg 77 · 06888 Mochau 03491 / 808025
139	Wittenberg-Heideplan	Fuhrunternehmer Eckhard Schulze	Am Lutherbrunnen 38 · 06886 Lutherstadt Wittenberg · 03491 / 403020
140	Wohlsdorf	OTW - Troschke Kieshandel	Dorf Str. 28 · 06408 Wohlsdorf 034722 / 21532
141	Wolmirsleben	SCHMIDT & BORMANN Sand- und Kiesförderung, Transport und Bauschuttrecycling	Schul Str. 5 39164 Blumenberg 039209 / 2350
142	Wörbzig	Mitteldeutsche Baustoffe GmbH	Köthener Str. 13 · 06193 Götschetal / OT Sennewitz · 034606 / 2570
143	Zabakuck	Georg Eckervogt oHG	Berliner Wall 20 · 33378 Rheda-Wiedenbrück · 0391 / 5077512
144	Zerben	DW Schwellen GmbH	Pareyer Str. 4a · 39317 Güsen 039344 / 92120
145	Zerbst - Waldfrieden	Terra Sand- u. Kiesgewinnung GmbH	Linden Str. 5 · 39279 Isterbies 039245 / 9420
146	Zerbst-Ost	KIESA GmbH Werk Zerbst	Pulspfordaer Str. · 39361 Zerbst / Anhalt 03923 / 760591
147	Zettweil	Wesser Kies und Sand GmbH	Haupt Str. 106 · 07554 Pölzig 036695 / 800
148	Zscherndorf-Ramsin	oeko-baustoffe GmbH Sandersdorf	Kieswerk Str. 1 · 06792 Sandersdorf 03493 / 80850
149	Abbenrode V	H.P.M. Straßen- und Tiefbau GmbH	Halberstädter Str. 6 · 38644 Goslar 05321 / 3373-0
150	Beyendorf Jägerheim	Sandgrube und Einlagerungsstätte Beyendorf GmbH	Am Deichwall 28 · 39126 Magdeburg 0391 / 3004080
151	Beyendorf-West II	BSG Bodenaufbereitung Einlagerung und Sandgrube Geistlinger	Aschersleber Str. 5 39112 Magdeburg 0391 / 4010535
152	Blumenberg	SCHMIDT & BORMANN Sand- und Kiesförderung, Transport und Bauschuttrecycling	Schul Str. 5 39164 Blumenberg 039209 / 2350
153	Calvörde - Bergkabeln	HORST HERRMANN GmbH	Das neue Land 26 · 39359 Calvörde 039054 / 2938
154	Demker	KOLODZIG Hoch- und Tiefbau GmbH	Tangermünder Str. 1 39517 Groß Schwarzlosen 039361 / 9660
155	Erxleben Riesengrund	Haldenslebener Recycling und Umweltdienst GmbH	Oesterbornbreite 6 · 39343 Erxleben 039052 / 9620

Nr.	Gewinnungsstelle	Firma	Adresse / Telefon
156	Farsleben-Nordwest	Günter Papenburg AG Büro Stendal	Hoock 2a · 39576 Stendal 03931 / 6414-0
157	Faulenhorst	RL - Transporte GbR Kakerbeck	Wustrewer Str. 4 · 39624 Kakerbeck 039081 / 90054
158	Großer Gotteskasten	BUNTE BAU GmbH	Berliner Chaussee 50 · 39307 Genthin 03933 / 9322-0
159	Hohendodeleben-Fuchsberg	Günter Papenburg AG Büro Stendal	Hoock 2a · 39576 Stendal 03931 / 6414-0
160	Hohenwarsleben-Süd	Baustoffe Flechtingen GmbH & Co. KG	Behnsdorfer Str. 28 · 39345 Flechtingen 039054 / 960-0
161	Hohenziatz	NEUMANN TRANSPORTE & SANDGRUBEN GmbH & Co. KG	Erkenthierfeld 1 · 39288 Burg 03921 / 912 311
162	Hottendorf-N	Altmarkbau GmbH & Co. KG	An der Weidenecke 2 · 39606 Hohenwulsch 039089 / 9838-0
163	Jübar	HEINRICH WIESENSEE KG Hoch-, Tief- und Stahlbetonbau	Dorf Str. 5 · 29378 Wittingen 05836 / 9770
164	Kunrau	Hermann Witzke	Benz Str. 7 · 38446 Wolfsburg 05361 / 82720
165	Loburg-Weinberge	ARMIN SCHNEEBERGER Loburg	Damm Str. 55 · 39279 Loburg 039245 / 2341
166	Lübars	SCHILLING SANDGRUBEN GmbH	Str. der Freundschaft 19 · 39291 Lübars 03225 / 510
167	Lüderitz-Stegelitz	TRANSPORT- UND BAUSTOFF-HANDELSGESELLSCHAFT mbH LÜDERITZ	Kellerweg 1 · 39517 Lüderitz 039361 / 90024
168	Magdeburg - Kreuzgrund	Börde-Sand GmbH & Co. KG	Bahnhof Str. 1 · 39167 Niederndodeleben 039204 / 8590
169	Mügeln	Proßmann Rohstoff-Recycling GmbH & Co. KG	Str. der Jugend 5 · 04916 Schadewalde 035362 / 6040
170	Reesen Scheuselberge / Sandmathen	NEUMANN TRANSPORTE & SANDGRUBEN GmbH & Co.KG	Erkenthierfeld 1 · 39288 Burg 03921 / 912 311
171	Salzwedel Käthe-Kollwitz-Str.	Containerdienst Werner GmbH Co. KG	Salzwiesen 2 · 29410 Salzwedel 0390127555
172	Salzwedel-Krangener Berg	Containerdienst Werner GmbH Co. KG	Salzwiesen 2 · 29410 Salzwedel 0390127555
173	Sandtagebau 2 Karsdorf	LAFARGE Zement Karsdorf GmbH	Str. der Einheit 25 · 06638 Karsdorf 03446 / 173
174	Schermen-Ost	GILDE - BETON GmbH & Co. KG	Parchauer Chaussee · 39288 Burg 03921 / 914300
175	Schwarzholz-Polkritz II	NEUMANN TRANSPORTE & SANDGRUBEN GmbH & Co.KG	Erkenthierfeld 1 · 39288 Burg 03921 / 912 311
176	Steinfeld / Querstedt	STEINFELDER KIES UND SAND GmbH	Zur Sandgrube 1 · 39599 Steinfeld 039324 / 450
177	Stendal Möringer Weg	Günter Papenburg AG Büro Stendal	Hoock 2a · 39576 Stendal 03931 / 6414-0
178	Uchtdorf-Steinberg	Cont-Trans Entsorgungs GmbH	Tangermünder Str. 3 · 39517 Tangerhütte 03935 / 93450
179	Wieglitz - Neukrug	HORST HERRMANN GmbH	Das neue Land 26 · 39359 Calvörde 039054 / 2938
180	Wittenmoor	KOLODZIG Hoch- und Tiefbau GmbH	Tangermünder Str. 1 39517 Groß Schwarzlosen 039361 / 9660
181	Wuster Damm	BRW - Wuster Damm GmbH	Zollchower Str. 7 · 14715 Milower Land / OT Vieritz · 033870 / 94217
182	Zerbst-Pulspforder Str.	Terra Sand- u. Kiesgewinnung GmbH	Linden Str. 5 · 39279 Isterbies 039245 / 9420

Nr.	Gewinnungsstelle	Firma	Adresse / Telefon
	Rohstoff: Quarzsand		
183	Lehof	Wolff & Müller Baustoffe GmbH	Am Kieswerk 2 · 04910 Röderland OT Haida 03533 / 6040
184	Möllensdorf	Quarzsand GmbH Nudersdorf	Kirch Str. 8 · 06889 Wittenberg 034329 / 20242
185	Warnstedt-Eckberg	Ferdinand Wesling GmbH & Co. KG	Hannoversche Str. 23 · 31547 Rehburg-Loccum · 05037 / 3040
186	Weferlingen	Quarzwerke GmbH Quarzsand- und Mahlwerk Weferlingen	Schwarzer Weg · 39356 Weferlingen 05357 / 9720
	Rohstoff: Ton / Kaolin		
187	Baalberge	Wienerberger Ziegelindustrie GmbH Werk Baalberge	Bernburger Str. 43 · 06408 Baalberge 03471 / 326-0
188	Beesenlaublingen	Schwenk Zement KG	Altenburger Chaussee 3 · 06406 Bernburg 03471 / 3580
189	Bernburg / Neuborna	D.A.P. Klinkerwerke GmbH	Lottbekheide 14 · 22395 Hamburg 040 / 5245956
190	Eisleben - Schwarze Minna	RENA Erdaufbereitungs GmbH „Krughütte“	Kasseler Strasse 46 · 06295 Lutherstadt Eisleben · 03475 / 611-100
191	Grana	Kaolin- und Tonwerke Seilitz-Löthain GmbH	Mehren Nr. 11 · 01665 Käbschütztal, OT Mehren · 03521 / 416370
192	Gröbers	Deponie für Erdaushub Gröbers GmbH	Schulweg 5 · 6184 Kabelsketal 034605 / 21090
193	Halde Golpa-Nord	Günter Papenburg AG - Betriebsteil Halle	Berliner Str. 239 · 06112 Halle / Saale 0345 / 51130
194	Jessen-West (Gorrenberg)	JeGER GmbH Jessen Jessener Entsorgungs-, Gewinnung- u. Receycling GmbH	Am Gorrenberg 9 06917 Jessen 03537 / 204555
195	Peißen-Süd	Peißener Tonprodukte GmbH & Co.KG	Hallesche Str. 78 · 06408 Peißen 03471 / 7312203
196	Roßbach	Kaolin- und Tonwerke Salzmünde GmbH	Ziegelei 13 · 06198 Salzmünde 034609 / 20267
197	Vehlitz	Sporkenbach Ziegelei GmbH Möckern	Dorf Str. 55 · 39291 Rietzel 039223 / 92165
198	Wefensleben	Wienerberger Ziegelindustrie GmbH	Oldenburger Allee 26 · 30659 Hannover 0511 / 610700
199	Etzdorfer Feld	Kaolin- und Tonwerke Salzmünde GmbH	Ziegelei 13 · 06198 Salzmünde 034609 / 20267
200	Fuchsberg-Süd	Kaolin- und Tonwerke Salzmünde GmbH	Ziegelei 13 · 06198 Salzmünde 034609 / 20267
201	Spergau-Nordfeld	Kaolin- und Tonwerke Salzmünde GmbH	Ziegelei 13 · 06198 Salzmünde 034609 / 20267
	Rohstoff: Torf		
202	Helsunger Bruch	Teufelsbad Fachklinik Blankenburg GmbH	Michaelstein 18 · 38889 Blankenburg 03944 / 9440

Anhang II:

Fachberatungs- und Zulassungsstellen für den Steine- und Erden-Bergbau in Sachsen-Anhalt

(I) Landesamt für Geologie und Bergwesen (LAGB)

Dezernat 31 Lagerstättengeologie und Rohstoffe (Dezernatsleiter: Dr. Klaus Stedingk)

Das Dezernat Lagerstättengeologie und Rohstoffe ist Dienstleister für die wirtschaftsgeologische Erfassung und Nutzung der Bodenschätze des gesamten Landes gemäß Lagerstättengesetz und Bundesberggesetz (BBergG) und berät öffentliche Verwaltungen, Rohstoff-Wirtschaft, Industrie- und Unternehmerverbände, sowie Privatpersonen bei lagerstättengeologischen Fragen.

Aufgaben des Dezernats:
- rohstoffgeologische Landesaufnahme (landesweite Erfassung des wirtschl. gewinnbaren Ressourcenpotenzials),
- Einrichtung und Laufendhaltung des Fachinformationssystems (IBeRo),
- Erstellung von rohstoffgeologischen Kartenwerken,
- Mitarbeit bei der Nutzbarmachung der mineralischen Bodenschätze in Sachsen-Anhalt,
- Fachberatung für Behörden aller Ebenen einschl. fachbehördliche Begleitung landesbedeutsamer Vorhaben von erheblicher und/oder nachhaltiger Auswirkung auf die Geosphäre,
- Beratung von Industrie- und Unternehmerverbänden, der Wirtschaft und Privatpersonen zu Fragen der Rohstoffgeologie und Lagerstättennutzung,
- Untersuchung und Bewertung von Qualitätsmerkmalen von Bodenschätzen (insbesondere Kiessand, Sand, gebrochener Naturstein und Tonrohstoffe),
- Mitwirkung bei landesplanerischen Entscheidungen (z.B. LEP, REP, ROK) unter den Aspekten der Rohstoffsicherung und des Lagerstättenschutzes,
- Stellungnahmen als Träger öffentlicher Belange in Zusammenarbeit mit dem Dezernat 33,
- Publikationen z.B. Rohstoffbericht Sachsen-Anhalt mit Förderstatistik und Lagerstättenmonographien.

Dezernat 41 Steine- und Erden-Bergbau (Dezernatsleiter: Dr. Michael Brandt)

Das Dezernat 41 übt die Aufsicht gemäß § 69 BBergG über den Steine- und Erden-Bergbau im Land Sachsen-Anhalt für Bodenschätze gemäß § 3 BBergG aus.

Aufgaben des Dezernats:
- Entscheidung über:
  - die Zulassung von Haupt-, Sonder-, Abschluß- und fakultativen Rahmenbetriebsplänen,
  - Anordnungen nach BBergG,
  - die Erteilung naturschutzrechtlicher Eingriffsgenehmigungen
  - die Erteilung wasserrechtlicher Erlaubnisse für Gewässerbenutzungen und Registrierung und Beantwortung von Anzeigen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen in Betrieben, die dem BBergG unterliegen,
  - die Genehmigung nach weiteren in die Zuständigkeit des LAGB fallenden Rechtsvorschriften, wie technischer und sozialer Arbeitsschutz, Sprengstoffrecht, Gefahrstoffrecht, Chemiekalienrecht, usw.,
- Wahrnehmung der Bergaufsicht vor Ort in den Betrieben, die dem BBergG unterliegen,
- Umsetzung der einschlägigen Bergverordnungen
- Überwachung der Einhaltung der sonstigen in die Zuständigkeit des LAGB fallenden gesetzlichen Bestimmungen in den Betrieben des Aufsichtsbereiches,
- Untersuchung von Unfällen und Betriebsereignissen.

Dezernat 43 Besondere Verfahrensarten (Dezernatsleiter: Dipl.-Ing. Ulf Desselberger)

Aufgaben des Dezernats:
- Durchführung von bergrechtlichen Planfeststellungsverfahren einschließlich Umweltverträglichkeitsprüfung und Öffentlichkeitsbeteiligung,
- Durchführung von förmlichen Verwaltungsverfahren nach Umweltrecht einschließlich Umweltverträglichkeitsprüfung und Öffentlichkeitsbeteiligung,

- Führung von Grundabtretungsverfahren,
- Beratung von Industrieverbänden, der Wirtschaft und Privatpersonen zu Fragen des Bergrechts,
- Bearbeitung Förderabgabenverordnung LSA sowie
- bergbauliche Statistik nach Unterlagen Berg-Verordnung,
- Teilnahme an fachspezifischen Arbeitskreisen.

Dezernat 53 Markscheide- und Berechtsamswesen, Altbergbau (Dezernatsleiter: Dipl.-Ing. Gerhard Jost)

Das Dezernat Markscheide- und Berechtsamswesen, Altbergbau ist Dienstleister im Hinblick auf raumbezogene Fragen bergbaulicher Art und zuständig für die Genehmigungsverfahren im Zusammenhang mit den Bergbauberechtigungen nach den §§ 6 ff des BBergG. Weitere gesetzliche Aufgabenschwerpunkte sind die Überwachung der markscheiderischen Tätigkeiten im Rahmen der Bergaufsicht nach § 69 Abs. 3 BBergG und die Aufsicht über die ordnungsgemäße Durchführung von Messungen zur Beobachtung der Tagesoberfläche i.S.d. § 125 BBergG. Das Dezernat 53 veranlaßt unter Wahrung des Grundsatzes der Subsidiarität Maßnahmen zur Gewährleistung der öffentlichen Sicherheit in stillgelegten Anlagen von bergbaulichen Gewinnungsbetrieben, für die ein Rechtsnachfolger nicht vorhanden oder nicht feststellbar ist und berät Behörden, Planungsingenieure und Bürger bei geotechnisch-bergbaulichen Fragestellungen.

Aufgaben des Dezernats:

- Anerkennung und Aufsicht über die Markscheider und andere anerkannte Personen,
- Entgegennahme, Auswertung und Verwaltung von Risswerken und Datenträgern zur risswerksgestützten Betriebs- und Bergaufsicht,
- Veranlassung, Überwachung und Erfassung von Messungen zu Oberflächenbewegungen, Bergschadensfragen und Hohlraumkonvergenzen,
- Durchführung von Verwaltungsverfahren in Zusammenhang mit Bergbauberechtigungen
- Feststellung über die Zuordnung von Bodenschätzen zum Bundesberggesetz,
- Aufbau sowie Pflege und Wartung des bergbehördlichen Informationssystems, Auskunftserteilung,
- Kontrollen, Gefahrenanalyse und Gefahrenabwehr bei Altbergbauobjekten,
- Stellungnahmen als Träger öffentlicher Belange in Zusammenarbeit mit dem Dezernat 33,
- Betrieb einer ortungsseismischen Überwachungsanlage für das Bergschadengebiet der Stadt Staßfurt.

Die Leistungen des LAGB stehen allen öffentlichen Verwaltungen, Industrie- und Unternehmerverbänden, der Wirtschaft sowie Privatpersonen zur Verfügung.

(II) Rohstoffgewinnung außerhalb des BBergG (Grundeigentümer-Bodenschätze) und Anschriften der zuständigen Stadt- und Kreisverwaltungen in Sachsen-Anhalt

(für die Richtigkeit der Daten keine Gewähr, Stand Oktober 2008)

Abbaugenehmigungen für grundeigene Bodenschätze, die nicht unter § 3 Abs. 4 BBergG fallen, werden durch die räumlich zuständigen Kreisverwaltungen nach Naturschutz-, Wasser-. Bau oder Immissionsrecht erteilt. Die Verfahrensführung liegt in den meisten Landkreisen bei den Umweltämtern.
Für größere Vorhaben liegt die Zuständigkeit beim Landesverwaltungsamt.

Landesverwaltungsamt (LVwA)
Abt. 4 Landwirtschaft und Umwelt · Dienstgebäude Halle · Dessauer Straße 70 · 06118 Halle (Saale)
Tel.: (0345) 514-0 · Fax: (0345) 514-1466
Postanschrift: Postfach 200256 · 06003 Halle (Saale)

Landeshauptstadt Magdeburg
Umweltamt · Julius-Bremer-Straße 10 · 39104 Magdeburg
Tel.: (0391) 540 2415 · Fax: · (0391) 540 2698 · E-Mail: umweltamt@magdeburg.de

Stadt Dessau-Roßlau
Amt für Umwelt und Naturschutz · Zerbster Straße 4 · 06844 Dessau
Tel.: (0340) 204 2083 · Fax: (0340) 204 2983 · E-Mail: umweltamt@dessau.de

Stadt Halle (Saale)
FB Umwelt · Hansering 15, 1.Etage · 06108 Halle (Saale)
Tel.: (0345) 221-4660

Altmarkkreis Salzwedel
Amt für Wasserwirtschaft und Naturschutz · Karl-Marx-Straße 32 · 29410 Salzwedel
Tel.: (03901) 840-470 · Fax: (03901) 25079 · E-Mail: info@altmarkkreis-salzwedel.de

Landkreis Anhalt-Bitterfeld
Am Flugplatz 1 · 06366 Köthen · Naturschutzamt
Tel.: (03923) 70-2201 · Fax: (03923) 70-2132
Umweltamt: Tel.: (03493) 341-701 · Fax: (03493) 341-242

Landkreis Börde
Amt für Umweltschutz · Farsleber Straße 19 · 39326 Wolmirstedt
Tel.: (03904) 7240-4341 · Fax: (03904) 7240-4102 · E-Mail: umweltamt@boerdekreis.de

Landkreis Burgenland
Schönburger Straße 41 · 06618 Naumburg
Tel.: (03445) 73-0 · Fax: (03445) 73-1199
Amt für Natur- und Gewässerschutz
Tel.: (034441) 43 – 501 · E-Mail: naturschutzamt@blk.de

Landkreis Harz
Umweltamt · Friedrich-Ebert-Straße 42 · 38820 Halberstadt
Tel.: (03941) 5970-0 · Fax: (03941) 5970-43 33 · E-Mail: info@kreis-hz.de

Landkreis Jerichower Land
Außenstelle Genthin · FB 7 - Umwelt und Landwirtschaft · Brandenburger Straße 100 · 39307 Genthin
Tel.: (03921) 949-7000 · Fax: (03921) 949-7099
Postanschrift: Außenstelle Genthin · Postfach 1131 · 39281 Burg

Landkreis Mansfeld - Südharz
Rudolf-BreitscheidStraße 20/22 · 06526 Sangerhausen
Tel.: (03464) 535-0
Umweltamt · Karl-Fischer-Straße 13 · 06295 Lutherstadt Eisleben
Tel.: (03464) 535 4501 · Fax: (03464) 535 4590 · E-Mail: umweltamt@mansfeldsuedharz.de

Landkreis Saalekreis
Umweltamt · Domplatz 9 · 06217 Merseburg
Tel.: (03461) 401411 · Fax: (03461) 401902 · E-Mail: umweltamt@saalekreis.de

Postanschrift · Postfach 1454 · 06204 Merseburg

Landkreis Salzlandkreis
Karlsplatz 37 · 06406 Bernburg (Saale)
Tel.: (03471) 324-0 · E-Mail: poststelle@kreis-slk.de
Postanschrift: 06400 Bernburg (Saale) · Umweltamt · Ermslebener Straße 77 · 06449 Aschersleben

Landkreis Stendal
HospitalStraße 1-2 · 39576 Stendal
Tel.: (03931) 60-6 · Fax: (03931) 21 30 60
Postanschrift: Postfach 10 14 55 · 39554 Stendal
Umweltamt · Tel.: (03931) 607258 · E-Mail: umweltamt@landkreis-stendal.de

Landkreis Wittenberg
Breitscheidstraße 4 · 06886 Lutherstadt Wittenberg,
Tel.: (03491) 479-0
Postanschrift: Postfach 251 · 06872 Lutherstadt Wittenberg
Umweltamt · Tel.: (03491) 479 866 · Fax: (03491) 479 869

Anhang III: Durchführungsvorschrift BTU-SP-Schnelltest

Untersuchungen von Gesteinskörnungen der Korngrößen 2-32 mm zur objektiven Qualifizierung ihres Reaktionspotenzials hinsichtlich einer schädigenden Alkali-Kieselsäurereaktion (in Ergänzung zur Alkali-Richtlinie des DAfStb in der Fassung vom Juni 2007)

Inhalt

1. Allgemeines
2. BTU-SP-Schnelltest
2.1 Chemisches Löseverfahren (solution-test-method)
2.2 Porenraumbestimmung (porosity-test-method)
3. Auswertung und Berechnung der Ergebnise
3.1 Berechnung des Löse- und Porositätskennwertes (SP_{AKR})
3.2 Beurteilung der Reaktivität der Gesteinskörnung
3.3 Grafische Einstufung der Gesteinskörnung
3.4 Fehlerbereiche des Prüfverfahrens
Literaturhinweise und Normen
Anhang A
Anhang B
Anhang C

1. Allgemeines

Anwendungsbereich
Der BTU-SP-Schnelltest ist ein Schnellprüfverfahren, welches direkt an den Gesteinskörnungen durchgeführt werden kann. Es besteht aus einem chemischen Teil *(solution-test-method)* und einem physikalischen Teil *(porosity-test-method)*. Grundlagen des Tests sind Kenntnisse zu den Reaktionsmechanismen unterschiedlicher Gesteinsarten bei deren Verwendung als Gesteinskörnung im Beton. Das BTU-SP-Prüfverfahren ist gültig für Gesteinskörnungen der Lieferkörnung 2–32 mm, welche nicht zum Teil 2 der Alkali-Richtlinie zu zählen sind. Für Sande der Lieferkörnung 0–2 mm gilt die Beurteilung ausschließlich nach dem chemischen Löseverfahren *(solution-test-method)*.

Zweck des Prüfverfahrens
Mit dem vorliegenden Prüfverfahren kann das Reaktionspotenzial von Gesteinskörnungen für eine schädigende Alkali-Kieselsäurereaktion beurteilt werden. Die Durchführungsvorschrift des BTU-SP-Schnelltests enthält einen Anforderungswert, der eine zuverlässige Einstufung des Gesteins in die Empfindlichkeitsklassen E I-S und E III-S sowie E II-S gewährleistet. Für Sande (0/2 mm) ist die Einstufung ausschließlich in E I-S und E III-S möglich.

Begriffe
Der maximale Kieselsäureüberschuss *($SiO_{2üb}$)* stellt einen chemischen Kennwert dar, welcher an den präkambrischen Grauwacken von Hill & Hünger (2005) entwickelt und nun auch auf andere Gesteine übertragen wurde. Er ist im wesentlichen von den in Lösung gehenden Kieselsäure- und Aluminiummengen der Gesteinskörnung abhängig. Die Zusammenhänge von Kieselsäure und Aluminium für eine schädigende Alkali-Kieselsäurereaktion wurden in verschiedenen Arbeiten hinreichend nachgewiesen. Eine Begrenzung der maximalen Lagerungsdauer von 14 Tagen ist dabei ausreichend. Die Bestimmung der Konzentrationen im Eluat erfolgt hierzu photometrisch (SiO_2) und komplexometrisch (Al_2O_3) nach der im Weiteren beschriebenen *solution-test-method*.

Die *offene Porosität (P_{offen})* stellt einen zusätzlichen physikalischen Kennwert im BTU-SP-Schnelltest Prüfverfahren dar und wird nach der *porosity-test-method* ermittelt. Er ist ein charakteristischer Wert für die vorhandenen, frei zugänglichen, Reaktions- aber auch Ablagerungsräume im Gesteinskorn, die bei der Alkali-Gel-Bildung als Pufferraum dienen können und somit maßgeblichen Einfluss auf die Reaktivität des Gesteins haben. Die Kennwertermittlung dazu regelt die DIN EN 1097-6 und in Anlehnung an DIN EN 1936 erfolgt anschließend die Berechnung (Bachmann et al.2007).

Mit dem Löse- und Porositätskennwert (SP_{AKR}) kann eine Beurteilung der untersuchten Gesteinskörnung anhand ihres chemischen ($SiO_{2üb}$) und physikalischen (P_{offen}) Parameters erreicht werden. Der Zusammenhang zwischen maximalem Kieselsäureüberschuss und offener Porosität wird hierzu grafisch dargestellt (s. Tab. B-1), die Einstufung der Gesteinskörnung kann aber auch mittels Grenzwerttabelle (Tab. B-2) erfolgen.

Kurzbeschreibung des Prüfverfahrens
Um die Reaktivität einer Gesteinskörnung einstufen zu können, sind verschiedene Messgrößen zu ermitteln. Zunächst erfolgt die Bestimmung des maximalen Kieselsäureüberschusses ($SiO_{2\,üb}$) über 14 Tage und die Beurteilung anhand der Grenzwerte <100 mg/l (Einstufung E I-S) bzw. >400 mg/l (Einstufung E III-S). Für Werte zwischen 100-400 mg/l ist die Ermittlung der offenen Porosität zusätzlich notwendig. Anschließend erfolgt die Berechnung von SP_{AKR}. Danach kann die abschließende Einstufung in E I-S (SP_{AKR} < 70 mg/l), E III-S (SP_{AKR} > 130 mg/l) und E II-S (SP_{AKR} = 70-130 mg/l) vorgenommen werden. Das Prüfschema zeigt die Abb. 1.

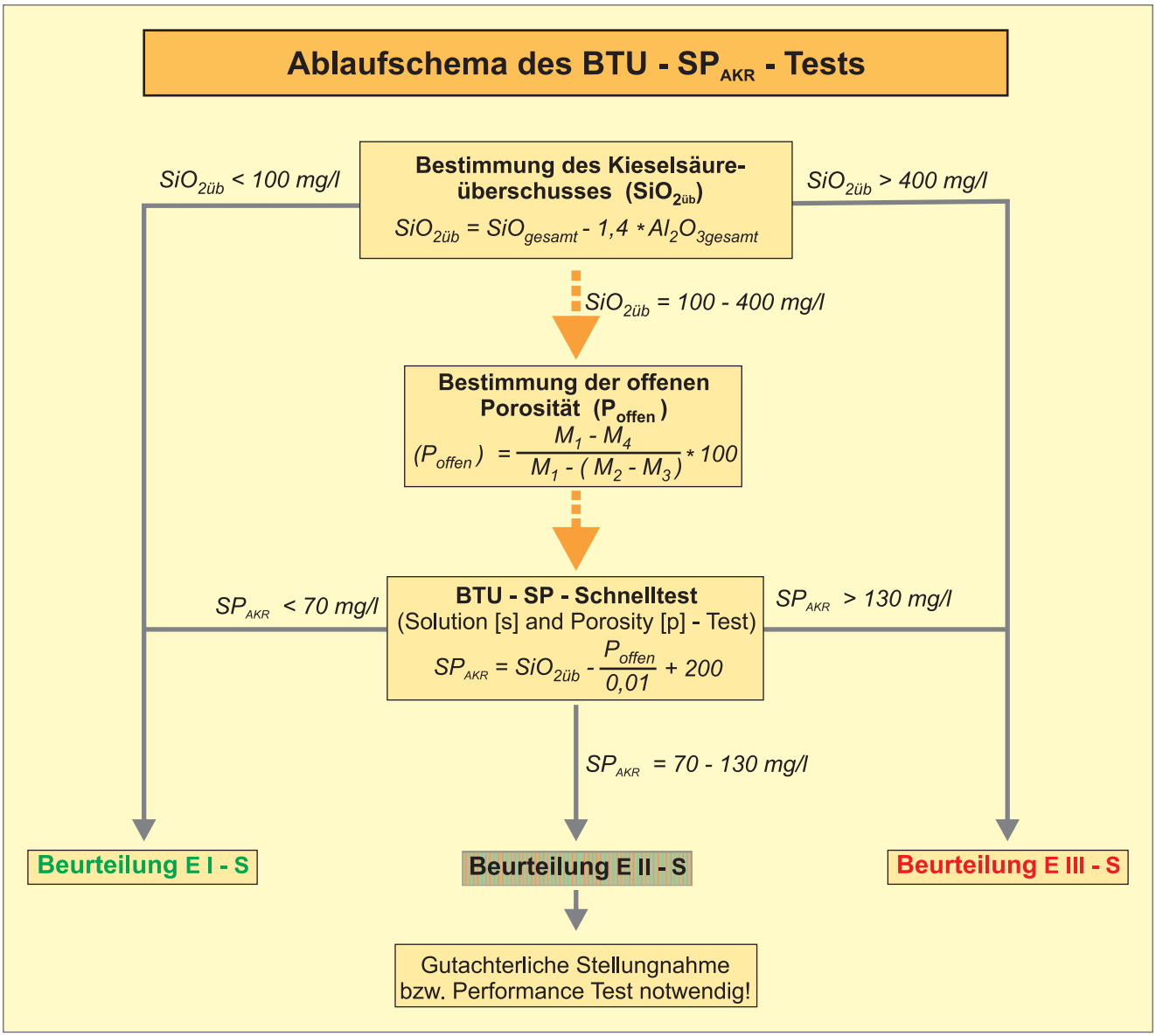


Abb. 1 Ablaufschema des BTU-SP-Schnelltests.

2. BTU-SP-Schnelltest

Anmerkung: Da die chemische Analyse des BTU-SP-Schnelltests mit max. 14 Tagen Lagerung die Gesamtdauer des Testverfahrens bestimmt, ist eine parallele Bestimmung der offenen Porosität (Sande <2 mm ausgenommen)

zu empfehlen. Insbesondere, wenn es sich um eine Folgeuntersuchung handelt, kann so die Prüfzeit verringert werden, falls die Erstbestimmung eindeutig einen Wertebereich für den Kieselsäureüberschuss von 100-400 mg/l (Porositätsbestimmung notwendig) anzeigt. Die Abfolge der einzelnen Prüfmethodiken ist dem jeweiligen Prüflabor jedoch frei überlassen.

Vorbereitung der Messproben
Die Probenahme muss nach EN 932-1 und die Probeneinengung nach EN 932-2 erfolgen. Die Probenentnahmemengen sollte die in Tab. 1 angegebenen Massen nicht unterschreiten und nach der Probeneinengung die Mengen nach Tab. 2 mindestens enthalten, um eine ausreichende Menge der gleichen Charge für die Untersuchungen zu gewährleisten.

Tab. 1 Mindestmasse der Probenentnahme

Maximale Korngröße [mm]	Mindestmasse der Probenahme [kg]
< 2	2
2-8	10
8-16	10
16-32	15

Tab. 2 Mindestmasse nach der Probeneinengung

Maximale Korngröße [mm]	Mindestmasse der Probe [kg]
< 2	1
2-8	5
8-16	5
16-32	7

Die einzelnen Mindestmengen der Messproben werden in den jeweiligen Verfahren gesondert aufgeführt.

2.1 Chemisches Löseverfahren (solution-test-method)

Geräte und Prüfmittel
Die Bestimmung der SiO_2- und Al_2O_3- Gehalte der Eluate können photometrisch (SiO_2), komplexometrisch (Al_2O_3), oder auch mittels ICP oder gleichwertigen Analyseverfahren durchgeführt werden. Für die Lagerung und Analyse sind folgende Prüfmittel notwendig:

- Klimaschrank (80 °C)
- Analysenwaage (0,01g)
- 125 ml HDPE Flaschen (fest verschließbar)
- 0,1 n KOH
- Filterpapier bzw. Membranfilter (für ICP)
- Filteranlage mit Trichter

Herstellung der Prüfmengen
Die aus der Probenteilung vorliegenden Gesteinsfraktionen sind mittels Backenbrecher schonend zu brechen, die Prüfkornklassen trocken abzusieben und zu waschen und anschließend bei 105 °C bis zur Massekonstanz zu trocknen. Die jeweils benötigten Mengen sind Tab. 3 zu entnehmen.

Tab. 3 Mindestprüfmassen

Mindestmasse der Gesteinsfraktion nach Probenteilung	Prüfkornklassen für die Analyse [mm]	Mindestmasse nach Trockensiebung [g]	Mindestmasse nach Trocknung [g]
1 kg für 0-2 mm 2 kg für 2-32 mm	0,25 / 0,5	100	70
	1 / 2	100	70
	4 / 8	100	70

Herstellung der alkalischen Eluation
Für die Analyse sind 7 mal (10 ± 0,01 g) der jeweiligen Prüfkornklasse in 125 ml HDPE Flaschen einzuwägen und mit 100 g 0,1 n KOH zu versetzen. Anschließend sind diese fest zu verschließen und bei 80 °C im Klimaschrank zu lagern (nicht schütteln). Alle zwei Tage bis zu 14 Tagen ist eine Probe jeder Prüfkornklasse zur Analyse zu entnehmen. Das Eluat wird durch einen weichen Papierfilter bzw. Membranfilter (für ICP) abfiltriert. Die Prüfkörnung ist nicht nach zu waschen und das Eluat nicht aufzufüllen!

Analyse des Eluates
Die Analysen sind als Doppelbestimmung auszuführen. Es stehen ca. 90 ml Eluat zur Verfügung, davon 2 mal 5 ml zur SiO_2-Analyse und 2 mal 25 ml zur Al_2O_3-Analyse. Das Prüfprotokoll enthält die Probe- und Korngrößenbezeichnungen, die Zeit, die analytischen Einzelergebnisse für die SiO_2- und Al_2O_3- Konzentration und die entsprechenden Mittelwerte. Sollten auffällige Abweichungen in den Ergebnissen auftreten, ist die Untersuchung zu wiederholen und dies im Protokoll zu vermerken.

Auswertung der Prüfung-Berechnung des max. Kieselsäureüberschusses
Die im Eluat bestimmten SiO_2-und Al_2O_3-Konzentrationen (in mg/l) werden über die drei untersuchten Prüfkornklassen arithmetisch gemittelt. Daraus wird nach Gleichung 2-1 der Kieselsäureüberschuss ($SiO_{2\ üb}$) in mg/l für die betreffende Gesteinsfraktion berechnet.

$$SiO_{2\ üb} = SiO_2\text{-}1{,}4\cdot Al_2O_3 \quad [mg/l] \quad \text{(Gleichung 2-1)}$$

Maßgebend für die Bewertung der Gesteinsfraktion ist der höchste $SiO_{2üb}$ -Wert innerhalb von 14 Tagen Lagerungsdauer. Dies muss nicht immer der 14-Tage-Wert sein.

2.2 Porenraumbestimmung (porosity-test-method)

Anmerkung: Die für die offene Porosität zugrunde liegende Prüfmethodik ist der DIN EN 1097-6:2000, Abschnitt 8 entnommen und gilt für Gesteinkörnungen ab 4 mm, kann jedoch auch für Korngrößen ab 2 mm angewendet werden. Die Berechnung des Kennwertes erfolgt in Anlehnung an DIN EN 1936 und den darin enthaltenen Definitionen zur Bestimmung der offenen Porosität.

Geräte und Prüfmittel
Destilliertes Wasser, vor dem Gebrauch gekocht und abgekühlt.

Anmerkung: Frisches Leitungswasser und entmineralisiertes Wasser sind geeignet. Das Wasser sollte vollkommen frei von Verunreinigungen sein (z.B. gelöste Luft), die seine Dichte wesentlich beeinflussen können. Gelöste Luft kann auch durch Anschließen an ein Vakuum entfernt werden.

Die zur Durchführung der Prüfung notwendigen Prüfmittel und Geräte können folgender Auflistung entnommen werden:

- Wärmekammer mit Luftumwälzung, mit einer Temperatur von (110 ± 5) °C
- Waage, mit der die Messprobe auf 0,1 % ihrer Masse gewogen werden kann
- Wasserbad, temperaturgeregelt, mit konstanter Temperatur von (22 ±3) °C
- Thermometer, auf 0,1 °C genau
- Pyknometer, als Weithals-Standflasche mit einem Volumen von 1000 ml (für Korngrößen 2-16 mm) und 2000 ml (für Korngrößen 16-32 mm) mit Messabweichungen von 0,5 ml
- Analysesiebe, Maschenweiten je nach Gesteinskörnungsgröße, Öffnungen nach EN 933-2
- Bleche oder Schalen, deren Masse sich bei Erwärmung in der Wärmekammer nicht verändert
- Trockene weiche saugfähige Tücher
- Waschvorrichtung, Zeitgeber, Rührstab, Handschaufel

Vorbereitung der Messproben
Die aus der Probenteilung vorliegenden Gesteinsfraktionen sind auf einem 31,5 mm-Sieb und 2 mm-Sieb zu waschen, um feinere Teilchen zu entfernen. Anteile der Gesteinskörnung, die vom 31,5-mm-Sieb zurückgehalten werden, sind auszusondern. Das Wasser ist von der Probe ablaufen zu lassen. Die Masse der Messprobe darf die in Tab. 4 angegebene Masse nicht unterschreiten.

Tab. 4 Mindestmasse der Messproben

Maximale Korngröße [mm]	Mindestmasse der Messprobe [kg]
2-8	3
8-16	3
16-32	5

Anmerkung: Für andere Korngrößen kann die Mindestmasse der Messprobe aus den angegebenen Massen interpoliert werden.

Durchführung der Püfung
Die Messprobe ist aufgeteilt auf 2 Pyknometer in abgekochtes destilliertes Wasser (22 ± 3) °C einzutauchen und durch Rollen und vorsichtiges Schütteln in gekippter Lage oder Umrühren mittels Spatel die eingeschlossene Luft zu entfernen. Anschließend ist das Pyknometer in ein Wasserbad für (24 ± 0,5) h bei einer Temperatur von (22 ± 3) °C zu stellen. Nach der Tauchzeit ist das Pyknometer aus dem Wasserbad zu nehmen und verbliebene eingeschlossene Luft durch Anschluss an ein Vakuum oder falls nicht gegeben durch vorsichtiges Rollen und Schütteln zu entfernen.
Durch Zugabe von Wasser ist das Pyknometer zum Überlaufen zu bringen und auf der Außenseite abzutrocknen. Anschließend ist das Pyknometer zu wiegen *(M_2 in g)* und die Wassertemperatur *(ϑ_2)* aufzuzeichnen.
Die Gesteinskörnungen sind aus dem Wasser zu nehmen und über einem Sieb ablaufen zu lassen (Abtropfen ca. 5-10 min).

Anmerkung: Größere Korngrößen brauchen nur eine kurze Abtropfzeit, da sie sonst anfangen zu trocknen.
Das Pyknometer ist erneut mit destilliertem abgekochten Wasser bis zum Überlaufen zu füllen, die Außenseite abzutrocknen und das Pyknometer zu wiegen *(M_3 in g)* und die Temperatur *(ϑ_3)* aufzuzeichnen.

Anmerkung: der Temperaturunterschied des Wassers im Pyknometer darf bei den Wägungen von M_2 und M_3 einen Wert von 2 °C nicht überschreiten.

Nach Abtropfen des Wassers ist die Messprobe auf einem trockenen Tuch auszubreiten und vorsichtig abzutupfen, anschließend auf ein zweites Tuch umzulagern und an der Umgebungsluft ohne direktes Sonnenlicht oder sonstige Wärmequellen trocknen zu lassen, bis kein Wasserfilm mehr sichtbar ist, die Gesteinskörnung jedoch noch kein trockenes Aussehen hat *(je nach Gesteinskörnung und Fraktion ca. 5-15 min)*.
Die wassergesättigte und oberflächentrockene Messprobe ist auf ein Blech zu geben und zu wiegen *(M_1 in g)*.

Danach erfolgt die Trocknung der Proben bis zur Massenkonstanz in einer Wärmekammer mit Luftumwälzung bei (110 ± 5) °C. Abschließend ist die ofengetrocknete Messprobe zu wiegen *(M_4 in g)*

Hinweis: Wenn das Pyknometervolumen vorher kalibriert worden ist, muss es nicht bei jeder Messung erneut bestimmt werden. Eine regelmäßige Überprüfung der Kalibrierung zum Abgleich der Abnutzung ist ausreichend. Wichtig ist dabei die Notierung von Pyknometernummer und kalibriertem Gewicht.

Sämtliche Massen sind mit einer Messabweichung von 0,1 % oder besser, bezogen auf die Masse der Messprobe *(M_4)*, aufzuzeichnen.

Auswertung der Prüfung-Berechnung der offenen Porosität
Mit den zuvor aus dem Pyknometer-Verfahren ermittelten Messwerten lässt sich die offene Porosität *(P_{offen})* nach Gleichung 2-2 berechnen.

$$P_{offen} = \frac{M_1 - M_4}{M_1 - (M_2 - M_3)} * 100 \quad [\%] \qquad \text{(Gleichung 2-2)}$$

Maßgebend für die Bewertung der Gesteinsfraktion ist der Mittelwert aus den beiden Pyknometer-Proben je Gesteinsfraktion. Die Werte sind auf 0,1 % anzugeben.

3. Auswertung und Berechnung der Ergebnisse
3.1 Berechnung des Löse- und Porositätskennwertes (SP_{AKR})

Zur Beurteilung des Reaktionspotenzials von Gesteinskörnungen für eine schädigende Alkali-Kieselsäurereaktion ist die abschließende Berechnung des Löse- und Porositätskennwertes *(SP_{AKR})* aus den Kennwerten der solution- und porosity-test-method nach Gleichung 3-1 erforderlich.

$$SP_{AKR} = SiO_{2üb} - \frac{P_{offen}}{0{,}01} + 200 \quad [mg/l] \qquad \text{(Gleichung 3-1)}$$

Die Einstufung der Reaktivität erfolgt anschließend grafisch oder tabellarisch.

3.2 Beurteilung der Reaktivität der Gesteinskörnung

Für die Einstufung der Gesteinskörnung in die entsprechenden Empfindlichkeitsklassen, ist die Abfolge nach dem Ablaufschema aus Abb. 1 notwendig.
Zunächst wird nur der maximale Kieselsäureüberschuss *($SiO_{2üb}$)* betrachtet. Ist dieser unter dem Grenzwert von 100 mg/l ergibt sich eine Beurteilung E I-S (nicht empfindlich) und bei einem Wert über 400 mg/l ergibt sich die Bewertung E III-S (empfindlich). Für Sande (0/2 mm) ist die Beurteilung ausschließlich über diesen Kennwert und somit nur E I-S oder E III-S möglich.
Wenn die Werte für $SiO_{2üb}$ zwischen 100 bis 400 mg/l max. Kieselsäureüberschuss liegen, ist der Löse- und Porositätskennwert *(SP_{AKR})* maßgebend.
Bei einem Wert von SP_{AKR} < 70 mg/l ist die Gesteinskörnung in E I-S (nicht empfindlich) einzuordnen. Ist der Wert SP_{AKR} > 130 mg/l, ist die Beurteilung E III-S (empfindlich) vorzunehmen.
Für Werte von SP_{AKR} = 70-130 mg/l, der sogenannten „gap-line“, ist die Beurteilung E II-S (bedingt alkali empfindlich) möglich. Für diesen Fall wird eine gutachterliche Stellungnahme oder ein Performance Test vorgeschlagen.

Eine Übersicht der vorgenannten Kriterien zeigt Tab. 5.

Tab. 5 Einstufung der Gesteinskörnung.

Beurteilung jeder KornklasseS-P			
S-P Wert	**Beurteilung E I-S** (nicht empfindlich)	**Beurteilung E II-S** (bedingt empfindlich, gutachterliche Stellungnahme bzw. Performance Test)	**Beurteilung E III-S** (empfindlich)
$SiO_{2üb}$	< 100 mg/l	k. E.	> 400 mg/l
SP_{AKR}	< 70 mg/l	70 – 130 mg/l	> 130 mg/l

3.3 Grafische Beurteilung der Gesteinskörnung

Die nach dem BTU-SP-Schnelltest ermittelten Kennwerte können zur Verdeutlichung auch in einer grafischen Darstellung (Abb. 2) eingetragen werden.

Der erste Bereich *(Bereich A)* enthält alle Gesteinsproben, die Kieselsäureüberschüsse ($SiO_{2üb}$) von weniger als 100 mg/l haben. Für diese Gesteine erfolgt die Einstufung in E I-S (nicht empfindlich).

Für Proben im *Bereich C* mit einem Kieselsäureüberschuss ($SiO_{2üb}$) von mehr als 400 mg/l erfolgt die Einstufung in E III-S (empfindlich).

Im *Bereich B* ($SiO_{2üb}$ = 100-400 mg/l) hängt die Beurteilung von der offenen Porosität ab. Werte, die oberhalb der Grenzwertlinie (Bereich B I) liegen, haben eine ausreichende offene Porosität und die Beurteilung der Gesteinskörnung erfolgt in E I-S (nicht empfindlich). Für Werte unterhalb der Grenzwertlinie (Bereich B II) ist die offene Porosität nicht ausreichend und somit die Gesteinskörnung in E III-S (empfindlich) zu bewerten.
Für Gesteinskörnungen, deren Punkte nahe an den Grenzlinien liegen zwischen den Bereichen B I und B II als auch zwischen A und B II, kann zusätzlich die Aussage getroffen werden, dass es sich sehr wahrscheinlich um sogenannte “slow/late –Gesteine“ handelt. Für diese Gesteine ist eine Beurteilung in E II-S (bedingt empfindlich) möglich.

3.4 Fehlerbereiche des Prüfverfahrens

Für die offene Porosität ergeben sich aus den empirisch ermittelten Werten statistische Abweichungen von ± 0,3 Vol%. Diese werden im Toleranzbereich („gap-line“) der Grenzwertlinie im Bereich B des BTU-SP-Test vertikal berücksichtigt. Die sich daraus auch ergebenden Toleranzen für den horizontalen Bereich ($SiO_{2üb}$) sind nach ebenfalls empirisch ermittelten Fehlerwerten ausreichend abgedeckt.
Um eventuelle Schwankungen der Messwerte möglichst einzuschränken, werden in beiden Methoden (chemisch und physikalisch) jeweils Doppelbestimmungen vorgeschrieben.

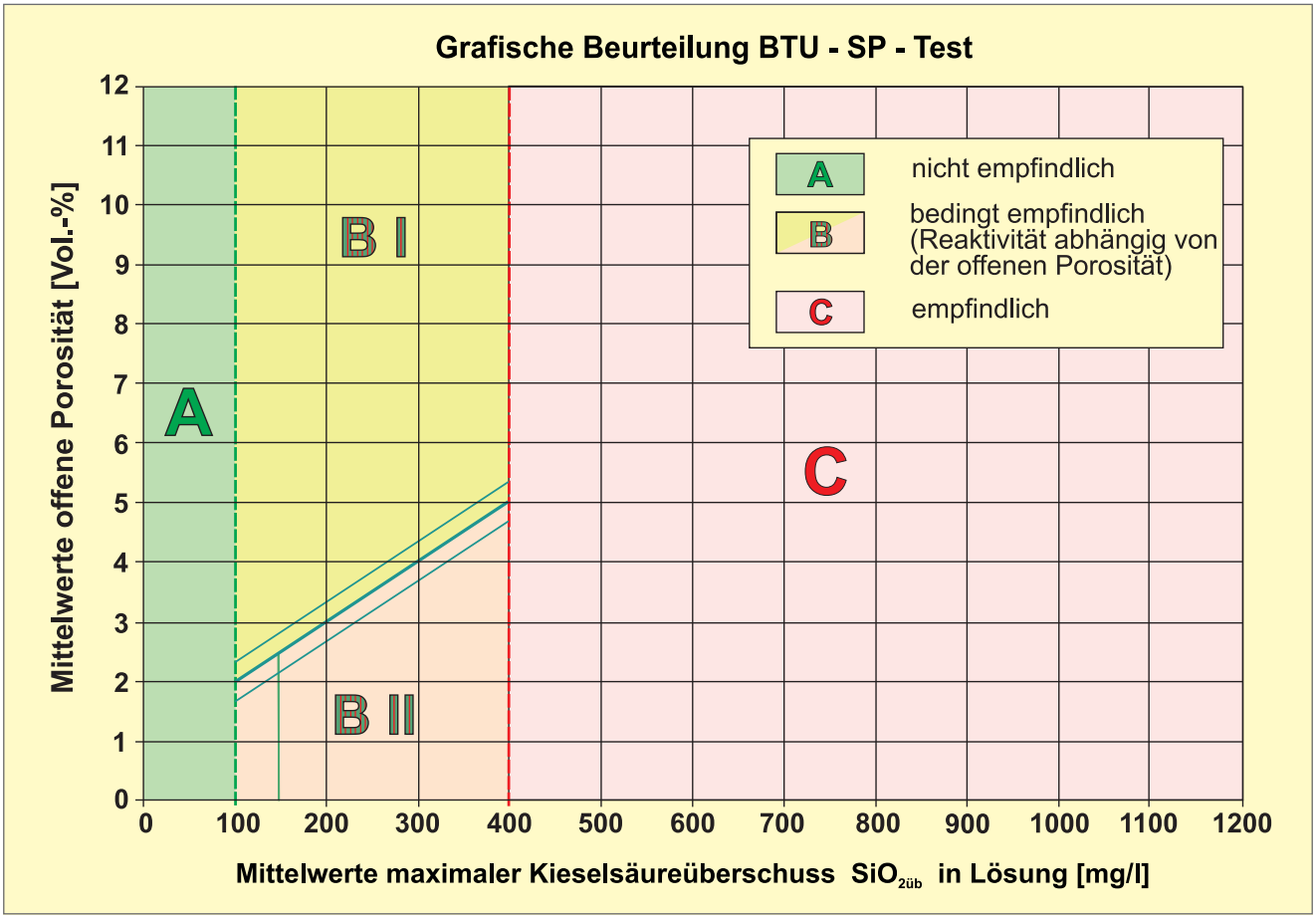


Abb. 2 Grafische Einordnung BTU-SP-Test. Grafische Bewertung anhand der Wertepaare Kieselsäureüberschuss/offene Porosität.

Literaturhinweise und Normen

Bachmann, R., Hünger, K.-J., Scholz, Y. (2007): Entwicklung eines direkten Prüfverfahrens zur Alkaliempfindlichkeitsbeurteilung von Gesteinskörnungen – der BTU-SP-Schnelltest.- in: Forum der Forschung, 20, 73-78, Cottbus.

Hill, S. (2004): Zur direkten Beurteilung der Alkaliempfindlichkeit präkambrischer Grauwacken aus der Lausitz anhand deren Kieselsäure- und Aluminiumlöseverhalten.- Dissertation, Brandenburgische Technische Universität Cottbus, 154 S.

Hill, S.& Hünger, K.-J. (2005): Direct assessment of the alkali sensitivity of Precambrian greywacke from Lausitz. Cement International, 1, 104-119.

Hünger, K.-J., Hill, S. & Weidmüller, H. (2005): The Self-inhibition mechanism of certain greywackes.- Proceedings of the 12th International Conference on Alkali-Aggregate Reaction in Concrete, Beijing, 2004, 1, 125-134.

Hünger, K.-J. (2005): Zum Reaktionsmechanismus präkambrischer Grauwacken aus der Lausitz bei ihrer Verwendung als Gesteinskörnung im Beton.- Habilitationsschrift, BTU Cottbus 268 S., ISBN 3-8322-4670-3 (Shaker-Verlag).

Hünger, K.-J. (2007): The Contribution of Quartz and the Role of Aluminum for Understanding the AKR with Greywackes.- Cement & Concrete Research 37, 1193-1205.

DIN EN 1097-6:2000: Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen. Teil 6: Bestimmung der Rohdichte und der Wasseraufnahme. Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN EN 1936:2006: Prüfverfahren für Naturstein-Bestimmung der Reindichte, der Rohdichte, der offenen Porosität und der Gesamtporosität. Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

Anhang A

Ablaufschema für die Prüfung nach BTU-SP-Test

Probenahme

Mindestentnahmemenge:
- 2 kg bei Korngruppe < 2 mm
- 10 kg bei Korngruppe 2- 8 mm
- 10 kg bei Korngruppe 8 -16 mm
- 15 kg bei Korngruppe 16 -32 mm

Probenteilung

Mindestmenge nach Teilung:
- 1 kg bei Korngruppe < 2 mm
- 5 kg bei Korngruppe 2-8 mm
- 5 kg bei Korngruppe 8-16 mm
- 7 kg bei Korngruppe 16-32 mm

Herstellen/Bereitstellen der Prüfkornklassen und Mindestmengen für die chemische Testmethode

Brechen - Sieben - Waschen - Trocknen aus jeder Korngruppe gesondert!
Prüfkornklassen in mm:
0,25/0,5 1/2 4/8
Mindestmenge in g: jeweils 100

Bereitstellen der Mindestmengen für die Porositätstestmethode

Prüfkornklassen in mm:	**2/8**	**8/16**	**16/32**
Mindestmenge in g:	**3000**	**3000**	**5000**

chemische Testmethode

Je 10g jeder Probe lagern bei 80°C in 0,1m KOH Lösung (pH = 13) mit einer Gesamtlagerungsdauer von 14 Tagen je Fraktion (ca. 70g / Korngröße).
Berechnung des „wirksamen Kieselsäureüberschuss“ nach folgender Formel:

$$SiO_{2üb} = SiO_{2gesamt} - 1{,}4 * Al_2O_{3gesamt}$$

$SiO_{2\,üb}$= / 100-400

Porositätstestmethode

Lagerung der Prüfkornklassen für 24h in Wasser mittels Pyknometer-Verfahren nach DIN 1097-6:2000, Punkt 8. Berechnung der offenen Porosität in Anlehnung an DIN 1936: 2006 nach folgender Formel:

$$P_{offen} = \frac{M_1 - M_4}{M_1 - (M_2 - M_3)} * 100$$

BTU-SP-Test

$$SP_{AKR} = SiO_{2üb} - \frac{P_{offen}}{0{,}01} + 200$$

Beurteilung jeder Kornklasse

SP Wert	Bewertung E I-S (unbedenklich)	Bewertung E II S (Gutachterliche Stellungnahme bzw. Performance Test)	Bewertung E III S (bedenklich)
$SiO_{2\,üb}$	< 100 mg/l	k.E.	> 400 mg/l
SP_{AKR}	< 70 mg/l	70-130 mg/l	> 130 mg/l

Abb. A-1 Ablaufschema für die Prüfung nach BTU-SP-Test

Anhang B

Tab. B-1 BTU-SP-Schnelltest (Grenzwert: SP_{AKR} = 100)

SP_{AKR} / $SiO_{2üb}$	P_{offen} [%] 1,0	1,5	2,0	2,3	2,5	2,8	3,0	3,3	3,5	3,8	4,0	4,3
0	100	50	0	25	50	75	100	125	150	175	200	225
50	150	100	50	25	0	25	50	75	100	125	150	175
100	200	150	100	75	50	25	0	25	50	75	100	125
125	225	175	125	100	75	50	25	0	25	50	75	100
150	250	200	150	125	100	75	50	25	0	25	50	75
175	275	225	175	150	125	100	75	50	25	0	25	50
200	300	250	200	175	150	125	100	75	50	25	0	25
225	325	275	225	200	175	150	125	100	75	50	25	0
250	350	300	250	225	200	175	150	125	100	75	50	25
275	375	325	275	250	225	200	175	150	125	100	75	50
300	400	350	300	275	250	225	200	175	150	125	100	75
325	425	375	325	300	275	250	225	200	175	150	125	100
350	450	400	350	325	300	275	250	225	200	175	150	125
375	475	425	375	350	325	300	275	250	225	200	175	150
400	500	450	400	375	350	325	300	275	250	225	200	175

Beispiel 1: Auswertung nach Tabelle (gerundete Werte)

$SiO_{2üb}$ = 200mg/l → eine Porositätskennwertbestimmung ist notwendig (P_{offen})

P_{offen} = 2,5 Vol% → SP_{AKR} = 150 mg/l

→ Gesteinskörnung ist alkaliempfindlich **(E III-S)**!

Auswertung nach Formel (exakte Werte)

$SiO_{2üb}$ = 210mg/l → eine Porositätskennwertbestimmung ist notwendig (P_{offen})

P_{offen} = 2,45 Vol% → $SP_{AKR} = SiO_{2üb} - \frac{P_{offen}}{0{,}01} + 200$ [mg/l]

→ SP_{AKR} = 210 - (2,45/0,01) + 200 = 165 mg/l

→ Gesteinskörnung ist alkaliempfindlich **(E III-S)**!

Beispiel 2: Auswertung nach Formel (exakte Werte)

$SiO_{2üb}$ = 120mg/l → eine Porositätskennwertbestimmung ist notwendig (P_{offen})

P_{offen} = 2,35 Vol% → $SP_{AKR} = SiO_{2üb} - \frac{P_{offen}}{0{,}01} + 200$ [mg/l]

→ SP_{AKR} = 120 - (2,35/0,01) + 200 = 85 mg/l

→ Gesteinskörnung ist alkaliempfindlich **(Vorschlag E II-S)**!

Anhang C

Kurzfassung-Analysenvorschrift solution-test-method

1. Aufarbeitung der Gesteinskörnung (GK)

- Gesteinskörnung brechen und die Fraktionen
  - 0,25-0,5 mm
  - 1-2 mm
  - 4-8 mm

  durch Trockensiebung abtrennen (je Fraktion etwa 100 g)
- Kornfraktionen waschen und bei 105°C trocknen

2. Alkalische Elution

- 7 mal (10 ± 0,01 g) der jeweiligen Korngruppe in 125 ml-HDPE-Flaschen einwägen und mit 100 g 0,1 n KOH versetzen
- Fest verschlossene Flaschen bei 80°C im Klimaschrank lagern (nicht schütteln!)
- Alle 2 Tage bis zu 14 Tagen eine Probe zur Analyse entnehmen
- Eluat durch weichen Filter bzw. Membranfilter (für ICP) abfiltrieren, GK nicht waschen und Eluat nicht auffüllen!

3. Analyse des Eluates

- Es stehen ca. 90 ml Eluat zur Verfügung, davon
  2 mal 5 ml zur SiO_2-Analyse
  2 mal 25 ml zur Al_2O_3-Analyse.
- Die Analysen sind als Doppelbestimmung auszuführen.
- Das Protokoll enthält die Probe- und Korngrößenbezeichnungen, die Zeit, die analytischen Einzelergebnisse für die SiO_2- und Al_2O_3- Konzentration und die entsprechenden Mittelwerte.

4. Berechnung des Kieselsäureüberschusses

- Die im Eluat bestimmten SiO_2- und Al_2O_3- Konzentrationen (in mg/l) werden über die drei untersuchten Korngruppen gemittelt
- Daraus wird nach der Gleichung
  $SiO_{2\,üb} = SiO_2\text{-}1{,}4 \cdot Al_2O_3$
  der Kieselsäureüberschuss in mg/l für die betreffende GK berechnet.

Ermittlung der Rohdichte nach DIN EN 1097-6:2000 + A1:2005 (D)
Punkt 8: Pyknometer Verfahren für Gesteinskörnungen zwischen 4 mm und 31,5 mm

Datum:	**2 / 8**		**8 / 16**		**16 / 32**	
GK:	Probe 1	Probe 2	Probe 1	Probe 2	Probe 1	Probe 2
Pyknometernummer						
M_1 [g]						
M_2 [g]						
ϑ_2 [°C]						
$\tilde{n}_{W2}$ [g/cm³]						
M_3 [g]						
ϑ_3 [°C]						
$\tilde{n}_{W3}$ [g/cm³]						
M_4 [g]						

M_1 = Masse der wassergesättigten und oberflächentrockenen Gesteinskörnung in Luft, in Gramm
M_2 = Masse des Pyknometers mit der Probe der gesättigten Gesteinskörnung, in Gramm
M_3 = Masse des nur mit Wasser gefüllten Pyknometers, in Gramm
M_4 = Masse der ofengetrockneten Messprobe in Luft, in Gramm
ϑ_i = Prüftemperatur des Wassers

Hinweise:

- Abtropfen ca. 10 min (2 Proben = 2 Siebe) (kleinere Maschenweite wählen!)
- 1.Tuch ausbreiten, überdecken -> Umlagerung auf 2.Tuch, ca. 5-15 min trocknen
- Ofentrocknung ebenfalls jeweils 2 Proben! -> Kennzeichnen der Proben - Verwechslungsgefahr!

Verfahrensweise: - es sind jeweils ***2 Messproben je Kornfraktion*** zu untersuchen!

1. Messproben waschen; Anteile > 31,5 mm aussondern; Wasser ablaufen lassen
2. Messprobe in dem Pyknometer in abgekochtes! destilliertes Wasser (22 ± 3)°C eintauchen
3. Mit Hilfe eines Spatels durch Umrühren eingeschlossene Luft entfernen
3. Pyknometer in Wasserbad für (24 ± 0,5) h stellen bei Temperatur von (22 ± 3)°C

4. Nach 24 h Pyknometer aus dem Wasserbad entnehmen und ggf. durch Vakuum zus. entlüften
5. durch Zugeben von Wasser Pyknometer zum Überlaufen bringen
6. Pyknometer Außenseite abtrocknen, wiegen (M_2) und Temperatur (ϑ_2) aufzeichnen
7. Gesteinskörnung aus dem Wasser nehmen und über Sieb ablaufen lassen -> Abtropfen (ca. 10 min)

Das Pyknometer ist erneut mit abgekochtem destilliertem Wasser bis zum Überlaufen zu füllen
Pyknometer Außenseite abtrocknen, wiegen (M_3) und Temperatur (ϑ_3) aufzeichnen
Der Temperaturunterschied des Wassers darf dabei den Wert von ***>2°C*** *nicht überschreiten!*
Anm.: Wenn die Pyknometer schon einmal kalibriert (gewogen) worden sind, braucht dieser Vorgang nicht jedes Mal wiederholt zu werden, es reicht die Notiz der Pyknometer Daten (Wichtig!)
Wichtig! Notieren von Pyknometernummer [Nr.], kalibriertem Gewicht [M_3] und Prüftemperatur [ϑ_3]!

8. nach Abtropfen des Wassers ist die Messprobe auf einem Tuch auszubreiten und abzutupfen
9. anschließend wird sie auf einem 2. Tuch ausgebreitet und an der Umgebungsluft getrocknet bis kein Wasserfilm mehr sichtbar ist, die Gesteinskörnung jedoch noch ein feuchtes Aussehen hat
10. die wassergesättigte und oberflächentrockene Messprobe wird auf einem Blech gewogen (M_1)
11. Die Proben sind in einer Wärmekammer bei (110 ±5)°C bis zur Massekonstanz zu trocknen
12. Danach erfolgt die abschließende Messung der ofengetrockneten Messprobe (M_4)

Abb. C-1 Datenblatt Porositätsbestimmung

Die Autoren

Dipl.-Ing. Robert Bachmann

Geboren 1977, Studium des Bauingenieurwesens an der BTU Cottbus mit Kernfach Baustoffe/Bauchemie, seit Juli 2006 an der BTU Cottbus als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl Baustoffe/Bauchemie, Mitarbeiter des Drittmittelprojektes „Direktes Prüfverfahren zur Alkaliempfindlichkeitsbeurteilung von Gesteinskörnungen“, zur Zeit Lehigh Cement Company / HTC Company, Doraville (U.S.A).

Dienstanschrift: Brandenburgische Technische Universität Cottbus
Lehrstuhl Baustoffe und Bauchemie
Konrad-Wachsmann-Allee 2 · 03046 Cottbus
Durchwahl: (0355) 692275 · E-Mail: rbachmann@htcnam.com

Dipl.-Geoln. Grit Balzer

Geboren 1966 in Freiberg/Sachsen. Erste geologische Tätigkeit als Kollektorin im Braunkohlentagebau Nachterstedt. Von 1985 - 1991 Studium der Geowissenschaften an der Ernst - Moritz - Arndt - Universität Greifswald. Diplom auf dem Gebiet der Petrographie zum Thema „Kompaktionsmodellierung von Anhydriten“. Seit 1991 wissenschaftliche Angestellte im Geologischen Landesamt Sachsen-Anhalt, Außenstelle Magdeburg, Referat Umweltgeologie. Arbeitsschwerpunkt ist u.a. die Erstellung von Datenbanken für angewandte geologische Sachverhalte, ab 1996 Aufbau des Fachinformationssystems Rohstoffe. Seit 2002 im Dezernat Lagerstätten- und Rohstoffgeologie verantwortlich für den Nordteil Sachsen-Anhalts.

Dienstanschrift: Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt
Köthener Str. 38 · 06118 Halle (Saale)
Durchwahl: (0391) 53579-506 · E-Mail: balzer@lagb.mw.sachsen-anhalt.de

Dr. Thomas Brockmeier

Geboren 1965 in Wesel. Von 1985 bis 1991 Studium und Diplom der Volkswirtschaftlehre an den Universitäten Marburg und Urbana-Champaign (Illinois, USA). Von 1992 bis 1995 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachbereich Wirtschaftswissenschaften sowie 1995-1999 Geschäftsführer des Instituts für Genossenschaftswesen an der Philipps-Universität Marburg; bis Sommer 2003 Mitglied der Geschäftsführung eines internationalen Medienforschungsinstituts; seit Herbst 2003 Geschäftsführer der IHK Halle-Dessau; ferner: Vorstandsvorsitzender des Instituts für Genossenschaftswesen an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg (ehrenamtlich) sowie Lehrbeauftragter des dortigen Fachbereichs Wirtschaftswissenschaften (Allokation und Wettbewerb).

Dienstanschrift: IHK Halle-Dessau · Geschäftsführer Standortpolitik
Franckestraße 5 · 06110 Halle
Tel. 0345/2126 362 · E-Mail: bmeyer@halle.ihk.de

Dipl.-Geoln. Kirsten Piper Erickson

Geboren 1977 in Santa Monica (Kalifornien). Studium der Geologie/Paläontologie (Diplomstudiengang) an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg mit dem Abschluss (2007): Dipl.-Geologin. Diplomkartierung: „Geologische-Naturräumliche Kartierung im Maßstab 1 : 10 000 auf dem Blatt 4837 Weißenfels-Süd und dem Blatt 4737 Weißenfels-Nord im Raum Goseck“. Diplomarbeit: „Lagerstättengeologische Bewertung von Kiessandablagerungen in Sachsen-Anhalt auf der Grundlage geröllanalytischer Untersuchungen“. Seit Juli 2008 tätig am Bayrischen Landesamt für Umwelt (Dienststelle Hof).

Dienstanschrift: Bayrisches Landesamt für Umwelt
Hans-Högn-Straße 12 · 95030 Hof/Saale
Durchwahl: (09281) 1800-4758 · E-Mail: kirsten.erickson@lfu.bayern.de

Dr. Dipl.-Geol. Carl-Heinz Friedel

Geboren 1952 in Leipzig. Von 1973 bis 1977 Hochschulstudium der Geologie an der Bergakademie Freiberg. Zwischen 1979 und 1986 Erkundungsgeologe im Flussspatbergbau des Harzes und Thüringens. Von 1989 bis 1993 wissenschaftlicher Mitarbeiter und Promotion zur Geologie des Mittelharzes am Fachbereich Geowissenschaften der Technischen Universität Berlin. Von 1995 bis 1996 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am GFZ Potsdam tätig (Petrologie und Tektonik Osterzgebirge). Seit Herbst 2000 Leiter der Dezernatsgruppe Geologie am LAGB.

Dienstanschrift: Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt
Köthener Str. 38 · 06118 Halle (Saale)
Durchwahl: (0345) 5212-139 · E-Mail: friedel@lagb.mw.sachsen-anhalt.de

Dipl.-Geol. (FH) Jürgen Heckner

Geboren 1954 in Helbigsdorf (Erzgebirge). 1973 bis 1976 Studium an der Ingenieurschule für Geologie und Tiefbohrtechnik Johanngeorgenstadt / Neuoberhaus. Ab 1976 Mitarbeiter in der Abteilung Geologie des Rates des Bezirkes Halle im Bereich der Lagerstättenwirtschaft bzw. Ingenieurgeologie. Seit 1991 Mitarbeiter im Geologischen Landesamt Sachsen-Anhalt im Dezernat Ingenieurgeologie mit besonderem Bezug zu karstgeologischen Problemstellungen. Ab 2003 Leiter des Geologischen Archivs des Landesamts für Geologie und Bergwesen.

Dienstanschrift: Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt
Köthener Str. 38 · 06118 Halle (Saale)
Durchwahl: (0345) 5212-139 · E-Mail: heckner@lagb.mw.sachsen-anhalt.de

Priv.-Doz. Dr. rer. nat., Dr.-Ing. habil. Klaus-Jürgen Hünger

Geboren 1957, Diplom-Mineraloge mit Kernfach Kristallographie, Studium an der Universität Leipzig, 1989 Promotion zum Dr. rer. nat. an der Bauhaus-Universität Weimar mit einer Arbeit über Fasergipsbildung, seit 1990 an der BTU Cottbus als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl Baustoffe/Bauchemie, 2005 Habilitation zum Dr.-Ing. habil. mit einer Arbeit zum Reaktionsmechanismus präkambrischer Grauwacken im Beton, seit 2007 Direktor der Forschungs- und Materialprüfanstalt und komm. Leiter des Lehrstuhls Baustoffe und Bauchemie, Arbeitsschwerpunkte: u. a. Forschungen zur Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR), Aschehydratation, Lehmbaustoffen, Calciumsulfatbindemitteln sowie zu allgemeinen baustofflichen Schadensreaktionen.

Dienstanschrift: Brandenburgische Technische Universität Cottbus
Lehrstuhl Baustoffe und Bauchemie
Konrad-Wachsmann-Allee 11 · 03046 Cottbus
Durchwahl: (0355) 692 758 · E-Mail: huenger@tu-cottbus.de

Dipl.-Ing. (FH) Peter Karpe

Geboren 1943 in Lagow, Krs. Oststernberg/Neumark. 1961 bis 1964 Studium an der Bergingenieurschule „Georgius Agricola“ Zwickau, Fachrichtung Geologie. Ab 1964 Mitarbeiter und Sektorenleiter in der damaligen Bezirksstelle für Geologie bzw. Abteilung Geologie des Rates des Bezirks Halle. Verantwortlich für Erkundung lagerstättenwirtschaftliche Bewertung zahlreicher Steine- und Erdenlagerstätten im Bezirk Halle. 1977-79 Postgradualstudium an der Bergakademie Freiberg zum Fachgeologen für mineralische Rohstoffbewertung. Seit 1991 Mitarbeiter im Referat Lagerstätten- und Rohstoffgeologie, hier u.a. zuständig für die Bewertung von Lagerstätten der Steine und Erden im Rahmen der Genehmigungsverfahren. Autor zahlreicher lagerstättengeologisch / lagerstättenwirtschaftlicher Berichte und Publikationen. Seit 2006 im Ruhestand, beratend tätig u.a. an der Martin Luther Universität in Fragen oberflächennaher Baurohstoffe und Industrieminerale.

Anschrift: Mannheimer Str. 16 · 06128 Halle
Tel.: (0345) 4724213 · E-Mail: peter.karpe@web.de

Dipl.-Ing. (FH) Thomas Koch

Geboren 1957 in Halle. Abitur an der EOS Thomas Müntzer ebenfalls in Halle. Anschließend Studium an der Ingenieurschule der Bergakademie Freiberg, Richtung Erkundungsgeologie. Von 1982-1988 Objektgeologe im VEB Hydrogeologie Nordhausen, Arbeitsstelle Halle. Danach Gruppenleiter Datenerfassung im VEB Kombinat Geologische Forschung und Erkundung bis 1991. Dazwischen von 1989-1990 Hydrogeologe in der gemeinsamen Geologenexpedition Mongolische VR-DDR. Seit 1991 Mitarbeiter im Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt, zunächst im Dezernat Umwelt- und Hydrogeologie, jetzt im Dezernat Grundlagen und Fachinformationssystem Geologie, Archive u.a. als Verantwortlicher für die geologische Betreuung der Landesbohrdatenbank.

Dienstanschrift: Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt
Köthener Str. 38 · 06118 Halle (Saale)
Durchwahl: (0345) 5212-139 · E-Mail: thomas.koch@lagb.mw.sachsen-anhalt.de

Dipl.-Ing. Dittmar Marquordt

Geboren 1958, Studium Baustoffverfahrenstechnik von 1979 bis 1984 an der damaligen Hochschule für Architektur und Bauwesen (heute Bauhaus-Universität) in Weimar, Abschluss als Dipl.-Ing., von 1984 bis 1991 in der Baustoffindustrie tätig, seit Herbst 1991 Mitarbeiter der Straßenbauverwaltung Sachsen-Anhalt, hier zunächst als Sachgebietsleiter und seit 2001 als Dezernats- bzw. Fachgruppenleiter für den Bereich Straßenbautechnik mit angeschlossener Prüf- und Kalibrierstelle im Landesbetrieb Bau Sachsen-Anhalt verantwortlich, aktive Mitarbeit in verschiedenen Arbeitsausschüssen bzw. Arbeitskreisen, z.B. der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Mitglied im DAfStB-Unterausschuss „Alkalireaktion im Beton“.

Dienstanschrift: Landesbetrieb Bau
Fachgruppe Straßenbautechnik, Baustoff- und Bodenprüfstelle
Harmoniestraße 1 · 38820 Halberstadt
Durchwahl: 03941-6612-203 · E-Mail: dittmar.marquordt@lbbau.lsa-net.de

Dipl.-Geol Erhard Model

Geboren 1937 in Berlin / Charlottenburg. Abitur an der Geschwister-Scholl-Oberschule in Sangerhausen. Einjährige praktische Tätigkeit als Kollektor bei der Staatlichen Geologischen Kommission, Außenstelle Halle. Danach Geologiestudium an der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald mit Schwerpunkt Angewandte Geologie. Von 1961 bis 1966 Objektgeologe im Bereich der Tiefenkartierung (Calvörder Scholle) und in der Braunkohlenerkundung sowie wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Staatlichen Konditionskommission Berlin. Anschließend verantwortlich für die Rohstoff- und Lagerstättenwirtschaft in der Bezirksstelle für Geologie (ab 1975 Abteilung Geologie) beim Rat des Bezirks Magdeburg. Von 1991 bis zum Eintritt in den Ruhestand 2002 Mitarbeiter am Geologischen Landesamt Sachsen-Anhalt (Außenstelle Magdeburg), hier referatsverantwortlicher Lagerstätten- und Rohstoffgeologe für den Nordteil Sachsen-Anhalts. Seitdem in der Rohstoffwirtschaft des Landes beratend tätig.

Anschrift: Kies- und Baustoffwerke Barleben GmbH & Co.KG
Wiedersdorferstr. 3 · 39126 Magdeburg
Tel.: 0391-3002518 · E-Mail: erhard.model@t-online.de

Dipl.-Geoln. Regine Präger

Geboren 1962 in Grevesmühlen (Mecklenburg). 1980 bis 1985 Studium der Geowissenschaften an der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald. Diplom auf dem Gebiet der Sekundärrohstoffwirtschaft. Anschließend wissenschaftliche Mitarbeiterin im Bereich der Geologischen Forschung und Erkundung (GFE). Praktische Tätigkeit bei der Erkundung und Bewertung von Steine- und Erden-Lagerstätten, vorrangig Begleitrohstoffen von Braunkohlenlagerstätten. Ab 1992 Leiterin des Fachbereiches Rohstoffgeologie/ abbaubegleitende Planung in der GFE GmbH. Neben Leitungs- und Akquisitionsaufgaben Erarbeitung von Unterlagen zu Genehmigungsplanungen von Tagebaubetrieben (Betriebspläne nach BBergG, Umweltverträglichkeitsstudien, Landschaftspflegerische Begleitpläne, Unterlagen gemäß Bundesimmissionsschutz-, Naturschutz-, Wasser- und Baugesetz u.a.) . Seit Januar 2003 Dezernentin im Dezernat Lagerstättengeologie und Rohstoffe im LAGB.

Dienstanschrift: Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt
Köthener Str. 38 · 06118 Halle (Saale)
Durchwahl: (0345) 5212-185 · E-Mail: praeger@lagb.mw.sachsen-anhalt.de

Dr. Ivo Rappsilber

Geboren 1966 in Halle (Saale). Von 1986 bis 1991 Studium der Geophysik an der Bergakademie Freiberg. Seit 1991 Geophysiker im Geologischen Landesamt/Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt. 2002 Promotion zu „Struktur und Entwicklung des nördlichen Saale-Beckens“ an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.

Dienstanschrift: Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt
Köthener Str. 38 · 06118 Halle (Saale)
Durchwahl: (0345) 5212-139 · E-Mail: rappsilber@lagb.mw.sachsen-anhalt.de

Dipl.-Geograph Karl-Heinz Rothe

Geboren 1949 in Ebersbach, Krs Großenhain.1969-73 Direktstudium Geographie an der Martin-Luther-Universität Halle/Wittenberg. Seit 01.09.1973 in der WWD Mittlere Elbe-Sude-Elde (ab 1975 WWD Untere Elbe) Magdeburg im Bereich Wasserbewirtschaftung/ Hydrogeologie tätig. Ab 1990 im StAU Magdeburg (seit 2002 Regierungspräsidium Magdeburg, Dezernat Wasser) Bewertung der Umweltrelevanz Schutzgut Wasser für Bergbauvorhaben (ROV, PFV, Betriebspläne) und der Beweissicherung für den RB Magdeburg. Seit 2003 im LHW Sachsen-Anhalt Gewässerkundlicher Landesdienst im Bereich Gewässerkunde.

Dienstanschrift: Landesbetrieb Wasserwirtschaft und Hochwasserschutz
Otto-von Guericke-Str. 5 · 39104 Magdeburg
Tel.: 0391-581-1427 · E-Mail: Karl-Heinz.Rothe@lhw.mlu.sachsen-anhalt.de

Dipl.-Geograph André Rummel

Geboren 1966 in Rodewisch, studierte von 1989 bis 1994 Dipl.-Geographie an der Martin-Luther-Universität in Halle, Schwerpunkt Wirtschaftsgeographie, Nebenfächer Geologie und Soziologie.1994 begann er seinen beruflichen Werdegang bei der Aengevelt Immobilen KG in Leipzig. Bei diesem Unternehmen war er in der Projektentwicklung tätig. Seit dem 01.08.1995 leitet er bei der Industrie- und Handelskammer (IHK) Magdeburg das Referat Raumordnung und Tourismus, seit 2003 das Referat Infrastruktur und Tourismus; zudem ist er im Geschäftsbereich Raumordnung, Verkehr und Tourismus Stellv. des Geschäftsführers. Die IHK Magdeburg vertritt u.a. die Interessen der Rohstoffwirtschaft auf den Ebenen der Landes-, Regional- und Bauleitplanung als auch bei der Ausweisung/Änderung von Landschafts- und Naturschutzgebieten.

Dienstanschrift: Industrie- und Handelskammer Magdeburg · Geschäftsbereich Raumordnung,
Verkehr und Tourismus · Referat Infrastruktur und Tourismus
Alter Markt 8 · 39104 Magdeburg
Durchwahl: 0391/5693-140 · E-Mail: rummel@magdeburg.ihk.de

Dipl.-Ing. Yvonne Scholz

Geboren 1976, Studium des Bauingenieurwesens an der BTU Cottbus mit Kernfach Baustoffe/Bauchemie, seit Mai 2005 an der BTU Cottbus als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl Baustoffe/Bauchemie, Mitarbeiterin des DFG-Drittmittelprojektes „Lösekinetik von slow/late Zuschlägen“ und des AiF-Drittmittelprojektes „Vermeidung einer AKR unter Zugabe spezieller Zusatzstoffe zum Beton“.

Dienstanschrift: Brandenburgische Technische Universität Cottbus
Lehrstuhl Baustoffe und Bauchemie
Konrad-Wachsmann-Allee 2 · 03046 Cottbus
Durchwahl: (0355) 69 3307 · E-Mail: scholzy@tu-cottbus.de

Dr. Dipl.-Geol. Klaus Stedingk

Geboren 1951 in Schulenburg / Leine, Geologiestudium an der Technischen Universität Clausthal (Harz) mit Schwerpunkten Angewandte Geologie, Mineralogie und Lagerstättenkunde. Während des Studiums praktische Tätigkeiten im Erz- und Steinkohlenbergbau sowie Mitarbeit an einer hydrogeologischen Standorterkundung, 1977 Teilnahme an einer Erzexploration in der Unterkreide NW-Deutschlands, 1982 Promotion über die Buntmetall-Vererzungen des Unterdevons im Nordwestharz, anschließend Leiter der Geologischen Abteilung am Erzbergwerk Grund, hier verantwortlich für die Lagerstättenerkundung, -dokumentation und Abbauplanung in der größten Zink-, Blei-, Silber-Gangerzlagerstätte des Harzes. Danach mehrjährige wissenschaftliche Tätigkeit an der Technischen Universität Berlin. Autor zahlreicher einschlägiger Publikationen. Seit 1995 am Geologischen Landesamt Sachsen-Anhalt in Halle (Saale) tätig, Dezernatsleiter Lagerstättengeologie und Rohstoffe.

Dienstanschrift: Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt
Köthener Str. 38 · 06118 Halle (Saale)
Durchwahl: (0345) 5212-128 · E-Mail: stedingk@lagb.mw.sachsen-anhalt.de

Kerstin Winkler

Geboren 1959, 1979 Studium der chemischen Verfahrenstechnik an der damaligen Ingenieurhochschule in Köthen. Seit 1993 tätig am Bergamt Halle, Mitarbeiterin im Dezernat Steine- und Erdenbergbau.

Dienstanschrift: Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt
Köthener Str. 38 · 06118 Halle (Saale)
Durchwahl: (0345) 5212-238 · E-Mail: winkler@lagb.mw.sachsen-anhalt.de

Abbildungsnachweis

Balzer, G.: 2.-6; 2.-17; 2.-18; 2.-19; 2.-20; 2.-21; 2.-22; S. 28-39; 3.2-4
Balzer, G., Präger, R. & Stedingk, K.: 2.-1; 2-2; 2.-3; 2.-4; 2.-5; .-8; 2.-14; 2.-15; 3.2-1; S. 134
Busch, M. & Stedingk, K.:1.-5
Erickson K.-P.: :3.1-10; 3.1-11
Hartmann, K.-J.: 2.-9
Heckner, J. & Rappsilber, I.: 3.6-2; 3.6-3
Herold, U.: 3.6-1
Hünger et al. & Stedingk, K.: 3.3-2; 3.3-4; 3.3-5; 3.3-6; 3.3-8; 3.3-11; 3.3-12; 3.3-13; 3.3-14; 3.3-15; 3.3-16; 3.3-17; 3.3-18; 3.3-19; S. 147; S. 152; S. 153; S. 154
IHU: 1.-6
Koch, T.: 3.5-3; 3.5-3; 3.5-5
LAGB: 3.5-1; 3.5-2; S. 132
LBB: 1.-7 (Rother); 3.3-1
Litt, T. & Wansa, S.: 3.1-2
Maasvlakte Ontwikkeling: 3.4-2
Meyer, B. & Stedingk, K.: 1.-3
Ministerium für Wirtschaft und Arbeit Sachsen-Anhalt: S. 7
Müller, T.: 3.4-3
Präger, R.: 2.-7; 3.1-3
Präger, R. & Erickson K.-P.: 3.1-4; 3.1-5; 3.1-8; 3.1-9; 3.1-12; 3.1-13
Rappsilber, I.: 3.6-4
Stedingk, K.: 1.-1; 1.-4, 1.-8; 2.-10; 2.-11; 2.-12; 2-16; 2.-23; 2.-24; 2.-25; 2.-26; 3.1-6; 3.1-7; S. 72; 3.2-2; 3.2-3; 3.2-5; S. 96; 3.3-3; 3.3-7; 3.3-9; 3.3-10; 3.4-1; 3.4-4; 3.4-5; 3.4-6; 3.4-7; 3.5-4
Stiefel, T. & Stedingk, K.: 3.1-1
WETO: 1.-2

Erläuterung: 3.6-1 entspricht Abb. 1 in Kapitel 3.6