LGRB – Fachbericht 2019/1

LANDESROHSTOFFGEOLOGIE

Zur Erstellung von Rohstoffkarten als Grundlage der Rohstoffsicherung in Baden-Württemberg

– Methoden der Rohstoffkartierung und -erkundung, Inhalt und Bedeutung der amtlichen Rohstoffkarten –

Wolfgang Werner, Markus Kleinschnitz, Jens Wittenbrink, Helmut Bock, Simon Wehrheim, Melissa Gerlitzki, Manfred Martin & Birgit Kimmig

Baden-Württemberg
REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau

Impressum

Herausgeber:	Regierungspräsidium Freiburg Abt. 9: Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB) Albertstraße 5, D-79104 Freiburg i. Br. Telefon: (0761) 208-3000 (Zentrale), -3022 (Vertrieb) bzw. -3242 (Dr. Werner) Fax Poststelle: (0761) 208-3029 E-Mail: abteilung9@rpf.bwl.de bzw. vertrieb-lgrb@rpf.bwl.de http://www.lgrb-bw.de bzw. http://rp.baden-wuerttemberg.de/rpf/Abt9
Bearbeitung:	Dr. Wolfgang Werner, Dr. Markus Kleinschnitz, Dr. Jens Wittenbrink, Dr. Helmut Bock, Simon Wehrheim, Melissa Gerlitzki, Dr. Manfred Martin & Birgit Kimmig
Mitarbeit:	Lina Dreher, Jürgen Crocoll, Gabriele Fischer & Armin Ziller
Fachredaktion:	Dr. Wolfgang Werner & Mathias Köster
Satz:	Bettina Schmücking
Bearbeitungsstand:	März 2019
Download:	https://produkte.lgrb-bw.de/schriftensuche/sonstige-produkte/?aid=9

© Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Bildnachweis (Fotos):	Soweit bei den Abbildungen nicht anders angegeben, liegen die Bildrechte beim LGRB (Bildautoren: o. g. Autoren).
Titelbild:	Ausschnitt aus der KMR 50 L 7724/L 7726 Ulm/Neu-Ulm – siehe auch Abb. 5. Fotos: Kalksteinbruch am südlichen Oberrhein / Kernbohrung zur Erkundung von Kalksteinvorkommen auf der Ostalb / Rheinkies bei Hartheim.

Zur Erstellung von Rohstoffkarten als Grundlage der Rohstoffsicherung in Baden-Württemberg

– Methoden der Rohstoffkartierung und -erkundung, Inhalt und Bedeutung der amtlichen Rohstoffkarten –

Bearbeitung:

WOLFGANG WERNER, MARKUS KLEINSCHNITZ, JENS WITTENBRINK,
HELMUT BOCK, SIMON WEHRHEIM, MELISSA GERLITZKI,
MANFRED MARTIN & BIRGIT KIMMIG

Regierungspräsidium Freiburg – Abteilung 9:
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (RPF-LGRB)

LGRB-Fachbericht	**2019/1**	262 S.	180 Abb.	12 Tab.	Freiburg i. Br., März 2019

Inhalt

		Seite
	Vorwort	**5**
1	**Einführung: Die Karte der mineralischen Rohstoffe von Baden-Württemberg 1 : 50 000 – Zielsetzung, Inhalt, Bedeutung für die Rohstoffsicherung**	**7**
1.1	Zielsetzung	7
1.2	Inhalt des Kartenwerks, Maßstab und Genauigkeit, Blattschnitte, Generallegende	8
1.3	Darstellungs- bzw. Kartenbeispiele	13
1.4	Bedeutung der KMR 50 für die Rohstoffsicherung	19
2	**Drei Jahrzehnte amtliche Rohstoffkartierung und Erkundung in Baden-Württemberg – wichtige Entwicklungsschritte**	**20**
2.1	Übersicht	20
2.2	Rohstoffsicherung und Rohstoffkartierung: Vorgeschichte und Hintergründe	21
2.3	Entwicklung der Rohstoffkarten des LGRB	24
2.4	Die Prognostische Rohstoffkarte (PRK) (1990–1999)	25
2.5	Die Lagerstättenpotenzialkarte (LPK) (1990–2000) – methodische Grundlage für die KMR 50	26
3	**Erstellung der KMR 50: Komponenten und Bewertungsmaßstäbe**	**59**
3.1	Erläuterungshefte und gedruckte Karten	59
3.2	Digitale Rohstoffdaten, GIS und LGRB-Datenangebot	60
3.3	Bewertungsmaßstäbe: Genauigkeit der Aussagen, wirtschaftsgeologische Daten, Ressourcen und Lagerstättenpotenziale	65
4	**Rohstoffgeologische Kartierung und Erkundung**	**70**
4.1	Rohstoffkartierung zur KMR 50: Zielsetzung der Geländearbeiten	70
4.2	Vorbereitung der Rohstoffkartierung	71
4.3	Durchführung der Geländeaufnahmen	71
4.4	Aufnahme von Gewinnungsstellen und Erhebung von wirtschaftsgeologischen Daten („Betriebserhebungen“)	74
4.5	Rohstofferkundung: Bohrungen, Schürfe, Probenahme, geophysikalische Geländemethoden	81
	Schriftenverzeichnis für Kap. 1–4 (zitierte u. weiterführende Literatur)	103

5 Mineralogisch-petrographische Analytik – Anleitungen für Probenahme, Laborauftrag und Bewertung der Ergebnisse 105

5.1 Beprobung von Rohstoffvorkommen 105
5.2 Methoden der mineralogisch-petrographischen-Analytik 106
5.3 Bewertung von magmatischen und metamorphen Gesteinsvorkommen 109
5.4 Bewertung von Lockergesteinsvorkommen 110
5.5 Bewertung von Sedimentgesteinen 113

DIN-Vorschriften und Literatur zu Kap. 5: Mineralogisch-petrographische Analytik 118

6 Fallbeispiele aus der Kartierung und Bewertung von oberflächennahen Rohstoffvorkommen 119

(Literatur zu den einzelnen Unterkapiteln jeweils an deren Ende)

6.1 Kiesvorkommen im nördlichen und mittleren Oberrheingraben – Fallbeispiel Kronau im mittleren Oberrheingraben 119
6.2 Ziegeleirohstoff-Vorkommen im Kraichgau – Fallbeispiel Nußloch, Tertiär 128
6.3 Ziegeleirohstoff-Vorkommen in Oberschwaben – Fallbeispiel Frickenweiler (Untere Süßwassermolasse) 136
6.4 Muschelkalk-Kalksteinvorkommen auf der Baar im Raum Villingen-Schwenningen – Rottweil 141
6.5 Mitteljura-Kalksteinvorkommen am südlichen Oberrhein – Fallbeispiel Hauptrogenstein bei Müllheim 162
6.6 Oberjura-Kalksteinvorkommen der westlichen Alb – Fallbeispiel Neuhausen ob Eck 173
6.7 Gipsstein-Vorkommen im Gebiet Schwäbisch Hall–Crailsheim 183
6.8 Granit-Vorkommen im Schwarzwald, Beispiel Triberg-Granit 207
6.9 Quarzporphyre im Odenwald – Fallbeispiel Quarzporphyrdecke bei Dossenheim 221
6.10 Trasszementrohstoff – Fallbeispiel Suevitvorkommen im südwestlichen Ries 230
6.11 Naturwerkstein – Erkundungsbeispiel Angulatensandstein 244

7 Zusammenfassung und Ausblick 258

Anhang 260

Hinweis:

In diesem Fachbericht wurde bei der Beschreibung der Beispiele aus den Kartenwerken Prognostische Rohstoffkarte (PRK), Lagerstättenpotenzialkarte (LPK) und Karte der mineralischen Rohstoffe im Maßstab 1 : 50 000 (KMR 50) auf eine Anpassung veralteter stratigraphischer Begriffe an den gültigen Symbolschlüssel Geologie Baden-Württemberg verzichtet.

Vorwort

Nach dem Lexikon der Geowissenschaften[1] ist eine Karte eine „graphische Repräsentation georäumlichen Wissens auf der Basis kartographischer Abbildungsbedingungen". Wikipedia[2] erläutert einfacher: „Sie ist ein eingeebnetes, verkleinertes und generalisiertes, mit Beschreibungen und Zeichen versehenes Abbild der Erdoberfläche". Eine Karte ist also keine Luftbildfotografie der Erdoberfläche, sondern stets eine geografische Darstellung ausgewählter Themen, die schon allein aus Gründen der Lesbarkeit eine bestimmte Gewichtung erfahren müssen. Eine solche thematische Karte ist die Rohstoffkarte.

Hauptthema von Rohstoffkarten ist die Darstellung der Lage von Gesteins- bzw. Mineralvorkommen an oder nahe der Erdoberfläche, die aufgrund ihrer Eigenschaften wirtschaftlich genutzt werden oder wahrscheinlich genutzt werden können. Entscheidend für die Güte einer Rohstoffkarte sind die zugrunde liegende Daten- und Wissensbasis, der Kartenmaßstab und die Darstellungsqualität sowie die wirtschaftsgeologischen Informationen zum Zeitpunkt ihrer Erstellung.

Der letztgenannte Punkt wird zumeist unbewusst vorausgesetzt. Aktuelle wirtschaftsgeologische Anforderungen müssen berücksichtigt werden, obwohl damit eine wichtige Rahmenbedingung für anwendungsorientierte Karten, wie Rohstoffkarten, angesprochen ist. Im Mittelalter oder 18 Jh. hätte eine Rohstoffkarte aufgrund der Anforderungen deutlich anders ausgesehen – vermutlich hätte man (je nach Region) den Schwerpunkt auf Erzvorkommen und wichtige Naturwerksteinlagerstätten gelegt, Massenrohstoffe für den Straßenbau oder für Portlandzement-Herstellung waren damals nicht gefragt.

Die Aufgabenstellung ist somit entscheidend: **Rohstoffkarten vom Typus der Karte der mineralischen Rohstoffe von Baden-Württemberg 1 : 50.000, kurz KMR 50, dienen dem Zweck, raumbedeutsame und derzeit wirtschaftlich interessante Vorkommen von mineralischen Rohstoffen, vor allem Massenrohstoffen aus der Gruppe der Steine und Erden, zu Zwecken der Planung von staatlicher, kommunaler oder industrieller Seite darzustellen und zu erläutern.** Wichtige Vorkommen von Industriemineralen oder Metallerzen werden ebenfalls erfasst, dargestellt und im zugehörigen Erläuterungsheft beschrieben. Eine übersichtliche Vorstellung der KMR 50 erfolgt in Kap. 1.

Jedes der seit dem Jahr 1999 erschienen Blätter der KMR 50 ist Teil eines Kartenwerks. Kartenwerke zeichnen sich grundsätzlich dadurch aus, dass sie für einen größeren Raum – in diesem Fall für das Landesgebiet Baden-Württembergs – nach einheitlichen Richtlinien hinsichtlich Inhalt und Gestaltung erstellt werden; jede Karte ist definierter Teil eines Kartennetzentwurfs. Während die analoge Darstellung auf den gedruckten Blättern an den jeweiligen Blattschnittgrenzen endet, erfolgt die digitale Darstellung derselben Inhalte bis zur Landesgrenze blattschnittfrei.

Zur Herausgabe der KMR 50 mussten einheitliche Techniken der Bearbeitung, Auswertung, Datenarchivierung, Beschreibung und Darstellungen erarbeitet werden. Dieser Fachbericht soll ein Leitfaden zur systemkonformen Erstellung weiterer Blätter des Kartenwerks sein. Besonderes Gewicht wird jedoch nicht auf einfache „redaktionelle Richtlinien" gelegt, weil die bislang erschienen 27 Einzelblätter

[1] *Lexikon der Geowissenschaften, Bd. 3 (2001): 59 ff; Heidelberg, Berlin (Spektrum Akademischer Verlag).*
[2] *https://de.wikipedia.org/wiki/Karte (12.03.2019).*

und zugehörigen Erläuterungen bereits ausreichende Vorlagen hinsichtlich textlicher und grafischer Form liefern. Der Schwerpunkt liegt in der Erläuterung, wie die Geländeaufnahme und kartenmäßige Darstellung, die Erkundung und Bewertung der so unterschiedlichen Rohstoffvorkommen des Landes erfolgen soll, damit ein in Inhalt und Aussagekraft vergleichbares, qualitativ hochwertiges Kartenwerk weiter vervollständigt und zu gegebener Zeit in Form von Neuauflagen aktualisiert werden kann.

Die KMR 50 baut auf Vorgängerkartenwerken der rohstoffgeologischen Landesaufnahme auf. Die Erfahrungen aus der Erarbeitung der Prognostischen Rohstoffkarte und der Lagerstättenpotenzialkarte, beide mit Zielmaßstab 1 : 50 000, waren Grundlage für die praktikable Systematik der KMR 50; zugleich liefern diese Vorgängerkarten viele wichtige Daten und Bewertungsschritte, die bei jedem weiteren Blatt der KMR 50 in diese neue Rohstoffkarte einfließen. Daher erschien es uns wichtig, auf diese Werke mit ausgewählten Beispielen einzugehen (Kap. 2); auch die politischen und regionalplanerischen Hintergründe, die zur amtlichen Rohstoffkartierung geführt haben, sind dargelegt.

Das Kapitel 3 liefert das theoretische Grundgerüst hinsichtlich der anzulegenden Bewertungsmaßstäbe und Kriterien für die KMR 50, Kapitel 4 erläutert die praktische Vorgehensweise im Gelände, Kapitel 5 die ergänzenden Laborarbeiten. Die Fallbeispiele aus der Kartierung und Erkundung verschiedener wichtiger Rohstoffgruppen (Kap. 6) zeigen schließlich, wie die zuvor erläuterten Verfahren angewendet und die Ergebnisse in der KMR 50 dargestellt werden können.

Die seit dem Jahr 1999 erschienen, von vielen Planern und Firmen genutzten Blätter und Erläuterungshefte zeigen, dass sich die KMR 50 in Form und Inhalt bewährt hat und weiterhin Grundlage für Planungen sein kann. Dieser LGRB-Fachbericht ist somit ein Leitfaden für die laufende und künftige amtliche Rohstoffkartierung als bewährte fachliche Grundlage für die Rohstoffsicherung in Baden-Württemberg.

Dr. Wolfgang Werner

Leiter des Referats Landesrohstoffgeologie i. R.

1 Einführung: Die Karte der mineralischen Rohstoffe von Baden-Württemberg 1 : 50 000 – Zielsetzung, Inhalt, Bedeutung für die Rohstoffsicherung

[WOLFGANG WERNER]

Dieses Kapitel informiert über Ziel und Inhalt des Kartenwerks “Karte der mineralischen Rohstoffe von Baden-Württemberg 1 : 50 000“ (KMR 50), vergleicht es mit Rohstoffkarten anderer Bundesländer und geht auf die Aussagegenauigkeit der Darstellungen ein. Eine Reihe von ausgewählten Kartenausschnitten dient der Erläuterung der kartografischen Inhalte der gedruckten Rohstoffkarten. Mit Rückblick auf die vergangenen drei Jahrzehnte, in denen diese Karten mit ihren oft umfangreichen textlichen Erläuterungen in der Praxis eingesetzt wurden, lassen sich Aussagen zur Bedeutung des Kartenwerks für die staatliche und betriebliche Rohstoffsicherung machen.

1.1 Zielsetzung

Amtliche Rohstoffkarten in Maßstäben 1 : 25 000 oder 1 : 50 000 dienen grundsätzlich dem Zweck, über Art, Lage und Ausdehnung von wirtschaftlich bedeutsamen Vorkommen mineralischer Rohstoffe im jeweiligen Landesgebiet in kartografischer und textlicher Form zu informieren. Die wesentlichsten Unterschiede zu geologischen Karten sind, dass nur solche Vorkommen mineralischer Rohstoffe dargestellt werden, die sich aufgrund von Zusammensetzung und Menge für die rohstoffwirtschaftliche Nutzung grundsätzlich eignen bzw. wahrscheinlich eigenen können. Es werden also die physikalischen, chemischen und mineralogisch-petrographischen Eigenschaften sowie die räumliche Ausdehnung in drei Dimensionen, somit die geologischen bzw. wahrscheinlichen bergbaulichen Vorräte (Gesteinsmenge in m^3 bzw. t) betrachtet; außerdem spielen rohstofftechnische und -wirtschaftliche Aspekte eine Rolle. Erdgeschichtliche oder genetische Einstufungen eines Gesteinskörpers werden zwar berücksichtigt, sie sind für die Bewertung der Rohstoffvorkommen hilfreich, aber nicht entscheidend.

Wenn ausschließlich oberflächennahe Rohstoffvorkommen Inhalt der Darstellung sind, so werden diese Karten oft als „Karte der oberflächennahen (mineralischen) Rohstoffe“, kurz KOR, bezeichnet. Die vom LGRB herausgegebene Karte der mineralischen Rohstoffe 1 : 50.000 (KMR 50) hat zwar auch vor allem die oberflächennahen Rohstoffe zum Thema, beschränkt sich aber nicht auf diese. Verschiedene Staatliche Geologische Dienste Deutschlands (SGD) geben Karten der oberflächennahen Rohstoffe in verschiedenen Maßstäben (z. B. KOR 50 oder KOR 200) und auch separate Karten tiefliegender Rohstoffe heraus. Letztgenannte beschränken sich i. d. R. auf große Lagerstättenreviere z. B. des Gangbergbaus, des Eisenerz- oder des Salz- und Kohlebergbaus. Je nach natürlichem Angebot werden auf den KOR-Karten auch organische Rohstoffe wie Braunkohlen und Torfe dargestellt, so z. B. in Niedersachen, Sachsen-Anhalt und Sachsen. Weil in Baden-Württemberg die wenigen Vorkommen von Braun- und Steinkohlen sowie von Torfen heute keine oder nur noch eine sehr geringe wirtschaftliche Bedeutung besitzen, konzentriert sich das Kartenwerk auf die **mineralischen Rohstoffe**. Erdöl- und Erdgasvorkommen werden ausschließlich von Seiten der Industrie erkundet und bewertet; veröffentlichte Lagerstättenumrisse werden aber zum besseren Verständnis der lagerstättengeologischen Verhältnisse abgebildet.

Die KMR 50 stellt auch wichtige und großräumig auftretende **tiefliegende Rohstoffkörper** im jeweiligen Kartengebiet dar. Sofern diese tiefliegenden Rohstoffkörper bis zur Oberfläche reichen („ausbeißen“), wie dies bei Erz- und Mineralgängen häufig der Fall ist, werden deren Schnittlinien mit der Erdoberfläche dargestellt. Wo dies nicht der Fall ist, werden die tiefliegenden Rohstoffkörper als Projektion auf die Geländeoberfläche dargestellt und im zugehörigen Erläuterungsheft mittels Sonderkarten und geologischen Schnitten erläutert.

Man kann also zusammenfassen: Rohstoffkartenwerke wie die KMR 50 sollen das beim Geologischen Dienst vorhandene Wissen über wirtschaftlich interessante Vorkommen mineralischer Rohstoffe in einem für die staatliche, d. h. landesweite oder regionale, oder betriebliche Planung ausreichend genauen Maßstab darstellen und die Erkenntnisse über die dargestellten Vorkommen bzw. Lagerstätten möglichst allgemein verständlich vermitteln.

Im Unterschied zu Rohstoffkarten aus wissenschaftlichen Publikationen, aus Gutachten von Geobüros oder von Forschungseinrichtungen wird die fachliche Datenbasis in behördlichen Archiven und Datenbanken hinterlegt und dauerhaft gepflegt. Sammeln, Bewerten und zentrales Ablegen von Geodaten sind somit wesentliche Aufgaben und Voraussetzung für die Erstellung und Herausgabe von amtlichen Rohstoffkarten. Die fortlaufende Erweiterung der Datenbankinhalte ermöglicht zu gegebener Zeit eine Aktualisierung und Verbesserung der Karten. Es ist daher wichtig, dass die zur Bewertung verwendeten Grundlagendaten in den Erläuterungen zu den einzelnen Vorkommen genannt werden (Datenbasis) und die zum Zeitpunkt der Kartenerstellung verwendeten Kriterien zu Abgrenzung erläutert werden.

1.2 Inhalt des Kartenwerks, Maßstab und Genauigkeit, Blattschnitte, Generallegende

Das Kartenwerk der KMR 50 besteht aus:

- (1) gedruckten Karten im Maßstab 1 : 50.000, welche sich überwiegend an den Blattschnitten der amtlichen Topographischen Karte 1 : 50.000 orientieren
- (2) dem Erläuterungsheft, dem die gefalteten Karten in einer Kartentasche beigelegt sind
- (3) einem Datenträger (CD mit Shapefiles und pdf der Texte und Abbildungen)
- (4) dem im LGRB-Server abgelegten digitalen Daten für den WMS-Dienst
- (5) den ausgekoppelten Beiträgen für die Homepage-Komponente „LGRBwissen“, z. B. den Rohstoffsteckbriefen.

Komponenten der gedruckten Karte: Die kartografischen Komponenten werden anhand zahlreicher Kartenausschnitte im Kap. 1.3 vorgestellt. Die Symbole sind Teil einer landesweiten Generallegende (Abb. 1) und somit in gleicher Weise auf allen Karten vertreten; blattschnittfreie Darstellungen sind somit auch in dieser Hinsicht (und nicht nur aus Sicht der Datenhaltung) möglich.

Aufgrund des Kartenmaßstabs von 1 : 50 000 sind die grafischen Abgrenzungen von Rohstoffvorkommen nicht metergenau bzw. nicht „parzellenscharf“, so, wie auch die Kartendarstellungen in den Regionalplänen im gleichen Maßstab keine Detailplanung erlauben. Die Kartierung erfolgt in den Maßstäben 1 : 10 000 bis 1 : 25 000. Die Karten können daher eine gute Orientierung für Planungsverfahren der regionalen Rohstoffsicherung bieten, vorausgesetzt, dass ausreichend belastbare Daten zur Verfügung standen. Sie sind durchaus auch für die Planung von Prospektionsmaßnahmen der Rohstoffindustrie geeignet, jedoch sind für die betrieblichen Planungen zu Neuanlagen oder Erweiterungen von Gewinnungsstellen in der Regel detailliertere Erkundungsarbeiten erforderlich. Die rohstoffgeologischen Kartier- und Erkundungsarbeiten des LGRB, z. B. mit bohrtechnischen oder geophysikalischen Methoden, erfolgen daher auch „im Vorfeld der Industrie“, also nicht in Interessensgebieten bzw. Konzessionsgebieten der Rohstoffindustrie.

Die im folgenden Kapitel erläuterten Rohstoffkarten sind zu einer landesweiten Rohstoffkarte zusammengesetzt digital über den sog. Kartenviewer des LGRB (http://maps.lgrb-bw.de/) verfügbar. Die in der gedruckten Form an den amtlichen Blattschnitt angelehnten Karten liegen also in digitaler Form blattschnittfrei vor.

Generallegende

Wie ausgeführt, handelt es sich bei der KMR 50 um ein für die gesamte Landesfläche einheitliches Kartenwerk, welches sich zwar beim analogen Kartendruck am amtlichen Blattschnitt der Topographischen Kartenwerke (früher Landesvermessungsamt, heute Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung – LGL) orientiert, das aber grundsätzlich in seiner digitalen Basis blattschnittfrei angelegt ist. Zu den Grundlagen der landesweit einheitlichen Kartendarstellung gehört ein einheitlicher Farb- und Zeichenschlüssel, die sog. Generallegende.

Voraussetzung für eine derartige Generallegende ist, dass zum Zeitpunkt ihres Entwurfs bereits bekannt ist, welche Hauptelemente erforderlich sind und welchen Hierarchien diese folgen; eine wichtige Wissensbasis hierfür lieferten die beiden Vorgängerkartenwerke, PRK und LPK (s. Kap. 2.4. und 2.5). Der Farb- und Signaturschlüssel muss zudem so aufgebaut sein, dass er ohne Systembruch erweiterungsfähig ist.

Eine selbstverständliche Vorgabe war außerdem, dass die Informationen im Kartenmaßstab 1 : 50 000 auf der topografischen Grundlage gut erkennbar sind. Zu berücksichtigen war ferner, dass es neben der Hauptkarte auch Anlagekarten geben kann, wie dies z. B. bei sehr großen Rohstoffkörpern sinnvoll ist (z. B. Kiesmächtigkeitskarten im Gebiet des Oberrheingrabens).

Die Hauptelemente der Generallegende sind (Abb. 1):

- **Rohstoffgruppen**, unterteilt nach
  - in Flächenfarbe gehaltene oberflächennahe Vorkommen
  - Rohstoffvorkommen mit kombinierten Nutzungsmöglichkeiten
  - Rohstoffvorkommen unter Tage
  - Nutzbare Kies- und Sandmächtigkeiten

- **Angaben zur Rohstoffgewinnung**, unterteilt in
  - Gewinnung mineralischer Rohstoffe im Tagebau
  - Ehemalige Gewinnung mineralischer Rohstoffe im Tagebau
  - Gewinnung mineralischer Rohstoffe unter Tage

- **Bergbauberechtigungen**
- **Rohstoffgeologisch bedeutsame Aufschlüsse und Profile**
- **Vorkommen mit ungünstigen Materialeigenschaften („Ausschlussgebiete"), dargestellt zur Erläuterung der für die Rohstoffgewinnung nicht geeigneten Gebieten**
- **Wichtige geologische Grenzen**
- **Sonstige Grenzen und wichtige Linien.**

Nachfolgende drei Seiten: *Abb. 1: Generallegende zur KMR 50, Stand April 2018.* →

Generallegende zur Karte der mineralischen Rohstoffe von Baden-Württemberg 1 : 50 000 (KMR 50)

1/3

Ref. 96, Stand Juni 2007

Rohstoffgruppen (OLXXXXAN; item KE; Olan.shd)

Kiese und Sande für den Verkehrswegebau, für Baustoffe und als Betonzuschlag

- Kiese, sandig (qWKm, qRK, qRW, qDK, usw. ... inkl. Gruse aus Plutoniten und Metamorphiten) — 1; 0 0 50 0
- Sande, z. T. kiesig (OMM, Grimmelfinger Schichten ...) — 2; 0 15 80 0
- Sande aus verwitterten Sandsteinen (Mürbsandsteine) — 15; 0 20 60 0

Natursteine für den Verkehrswegebau, für Baustoffe und als Betonzuschlag

- Kalksteine — 3; 70 50 20 0
- Vulkanite — 4; 30 40 10 0
- Plutonite inkl. Ganggesteine — 5; 0 30 5 0
- Metamorphite inkl. Metagrauwacken und Metapelite — 6; 20 60 50 0
- Sandstein — 7; 00 00 00 00

Naturwerksteine

7; 50 80 100 0

Zementrohstoffe (aus Sedimentgesteinen)

8; 45 35 75 0

Trasszementrohstoff Typ Suevit

(Farbe wie Zementrohstoff aus Sedimentgesteinen, jedoch mit roter Flächenumrandung wegen geringer Größe der Vorkommen)

(olaLIin; lineasymbol 2)

9; 45 35 75 0

Hochreine Kalksteine für Weiß- und Branntkalke

(Kalksteine größtenteils mit > 98 % $CaCO_3$)

10; 70 20 0 0

Ziegeleirohstoffe

11; 0 65 70 0

Energierohstoff - Ölschiefer

12; 0 0 0 45

Torf

16; 20 40 100 0

Sulfatgesteine (Gips, Anhydrit)

- G - Gipsstein
- A - Anhydritstein

13; 20 0 50 0

Salzgesteine

- NaCl - Steinsalz
- KCl - Kalisalz

14; 70 0 30 0

Kombinierte Nutzungsmöglichkeiten (Beispiele)

(item KE; LUT olxxxxan lut; Shadeset olall.shd)

- Zementrohstoffe/Natursteine für den Verkehrswegebau, für Baustoffe und als Betonzuschlag — (KE<103108)
- Vorkommen mit kombinierter Nutzungsmöglichkeit prognostiziert (Beispiel: Zementrohstoff und Naturstein für Verkehrswegebau usw.) — (KE= 203208)
- Vermutetes Rohstoffvorkommen (Beispiel Ziegeleirohstoffe) über nachgewiesenen Vorkommen (Beispiel Kiese) — (KE= 101311)
- Vermutetes Rohstoffvorkommen (Beispiel Ziegeleirohstoffe) unter nachgewiesenen Vorkommen (Beispiel Kiese) — (KE= 101411)
- Verbreitungsgebiet zahlreicher kleiner Vorkommen (Beispiel Kiese und Sande) — (KE= 501)

Aussagesicherheit

- Vorkommen nachgewiesen - Bauwürdigkeit wahrscheinlich (für Aussagen hinsichtlich des Lagerstättenpotenzials s. Erläuterungsheft) — (asghn=1)
- Vorkommen prognostiziert - Bauwürdigkeit vermutet — (asghn=2)
- Vorkommen vermutet — (asghn=3)
- Vorkommen vermutet — (asghn=3;asghn=4)

Kennziffer des Vorkommens (Coverage OLXXXXAN; item BEZ)

63 (vollständige Kennziffer: z. B. L 7920-63)

textfont: Universe Extrabold (5); size 4 mm

Stratigraphische Einstufung (Coverage OLXXXXAN; item LEGEND)

tOS Obere Süsswassermolasse

textfont: Triumvirate (6); size 3 mm

Beispiele für Schreibweisen und ihre Bedeutung:

lol/qHM	lol über qHM (zwei Rohstoffgruppen - kombinierte Nutzungsmöglichkeit)
ki2 - ki3	ki2 bis ki3 (stratigraphischer Umfang, ohne stratigraphischen Hiatus, eine Rohstoffgruppe oder kombinierte Nutzungsmöglichkeit)
ki2 - ki3 + joM	ki2 bis ki3 und verzahnend/wechsellagernd joM (eine Rohstoffgruppe)
qRK + qHM	qRK und qHM, verzahnend (eine Rohstoffgruppe, aber mit stratigraphischem Hiatus)
ki5, tUS	ki5 und tUS (zwei verschiedene Einheiten mit stratigraphischem Hiatus, eine Rohstoffgruppe)

Rohstoffe unter Tage - flächenhafte Verbreitung

(OLXXXXON; olof.shd)

- Erdöl — 1; 100 0 100 30
- Erdgas — 2; 30 70 0 0
- Anhydrit — 3; 20 0 50 0
- Salzgesteine — 4; 70 0 30 0

Fluss- u. Schwerspatgänge

(OLXXXXOL; item KE; olol.lin)

- Hauptstrukturen nachgewiesen (26) — 601
- untergeordnete Strukturen (28) — 602
- Ba13 — Kurzbezeichnung einer Gangzone (29)

2/3

Nutzbare Kies- und Sand-Mächtigkeiten im OKL

(olcocxqn; item KE; olqf.shd; LUT KMR50qn.lut)

< 10 m
1000; 10,0,30,0

> 10 m
1010; 20,0,40,0

> 20 m
1020; 30,0,50,0

> 30 m
1030; 40,0,60,0

> 40 m
1040; 50,0,70,0

> 50 m
1050; 60,0,80,0

Nutzbare Kies- und Sand-Mächtigkeiten im OKL bis MKL

< 10 m
2000; 0,0,10,0

> 10 m
2010; 0,0,20,0

> 20 m
2020; 0,0,30,0

> 30 m
2030; 0,0,40,0

> 40 m
2040; 0,0,50,0

> 50 m
2050; 0,10,40,0

> 60 m
2060; 10,0,30,0

> 70 m
2070; 20,0,40,0

> 80 m
2080; 30,0,50,0

> 90 m
2090; 40,0,60,0

> 100 m
2100; 50,0,70,0

(olcocoql; item nummer; olql.lin)

100 — Isolinie Mächtigkeit

910 — Zwischenhorizont im Niveau des ZH1 > 3 m feinkörnig

920 — OZH > 3 m feinkörnig

930 — Rasche Sprünge in den nutzbaren Kiesmächtigkeiten (hauptsächlich auf Grund tekt. Verhältnisse)

940 — Gesamtmächtigkeit in Bereichen mit OZH > 3 m

Eigenschaften von Kies- und Sand-Vorkommen

(olcocxf; item nummer; olf.shd)

1 — Verbreitung und Mächtigkeit des OZH unklar

2 — Mittleres Kieslager v. a. stark sandig (> 50% Sand)

Rohstoffgewinnung

Gewinnung mineralischer Rohstoffe im Tagebau (Konzessionsfläche)

(OLXXXXBF;item KE)

Abbaugebiet (abgebaute oder in Abbau befindliche Fläche)

1; 0 100 100 0; ysize 0.5 mm; ysep 0.5 mm; angle 135

Erweiterungsgebiet (genehmigtes, unverritztes Abbaugebiet)

2; 0 100 100 0; ysize 0.5 mm; ysep 1.5 mm; angle 135

7618-4 Betriebs-ID des LGRB (OLXXXXBF;item BETRIEB_ID)

textfont Universe Extrabold; size 4 mm

Ehemalige Gewinnung mineralischer Rohstoffe im Tagebau (nicht mehr konzessioniert)

(OLXXXXDF;item KE)

abgebaute oder durch Verfüllung, Überbauung u. ä. unzugängliche Rohstoffvorkommen (großflächig)

3; 0 100 100 0; ysize 0.25 mm; ysep 0.75 mm; Layer 1: angle 135; Layer 2: angle 45

a) ehemaliges Abbaugebiet, Rohstoffvorkommen nicht vollständig abgebaut, bauwürdig
b) ehemaliges Abbaugebiet, Rohstoffvorkommen nicht vollständig abgebaut, derzeit nicht bauwürdig

7618-2 Betriebs-ID, stillgelegte Gewinnungsstellen (OLXXXXDF;item BETRIEB_ID)

textfont Helvetica; size 4 mm

8216-157
101 — Ehemaliger Abbau mit erkennbarem Potenzial für eine künftige, kleindimensionierte Rohstoffgewinnung (Bsp: Kiese und Sande)
(mit LGRB-Archivnummer aus der Gewinnungsstellendatenbank)
(OLXXXXDF; markerset olhp.mrk)
115 = Sande; 116 = Metamorphite; 117 = Naturwerksteine

8125-111
3 — Aufschlussprofil in ehemaligem übertägigem Abbau
(mit LGRB-Archivnummer aus der Gewinnungsstellendatenbank)
(OLXXXXDF; markerset olhp.mrk)

4 — Aufschlussprofil in ehemaligem untertägigem Abbau

10 / 13 — ehemalige verarbeitende Betriebe (z.B. Ziegelei)
(OLXXXXDF; markerset olhp.mrk)

Gewinnung mineralischer Rohstoffe unter Tage

(Darstellung des Grubengebäudes mit Name der Grube)
(OLXXXXGL)

map_composition

(OLXXXXGP; item nummer; markerset olgp.mrk)

1 — **Bergbau (unter Tage)** (z.B.: Flußspat)

2 — **Bergbau (unter Tage), geplant**

3 — **Bergbau (unter Tage), aufgelassen**

Bergbauberechtigungen

(OLXXXXFN; OLFL.LIN)

Bergbauberechtigungen nach dem Bundesberggesetz (BBergG) vom 13.08.1980

Ölschiefer
1; Layer 1: 0 40 60 0; size 0.3 mm; Layer 2: 30 40 0 0; size 1 mm; offs -0.6 mm

Erdöl, Erdgas
2; Layer 1: 20 60 80 0; size 0.3 mm; Layer 2: 20 60 80 20; size 1 mm; offs -0.6 mm

CO_2
3; Layer 1: 0 0 0 0; size 0.3 mm; Layer 2: 40 0 50 0; size 1 mm; offs -0.6 mm

Salze, Sole
4; Layer 1: 70 0 30 0; size 0.3 mm; Layer 2: 0 40 60 0; size 1 mm; offs -0.6 mm

Gips, Anhydrit
5; Layer 1: 20 0 50 0; size 0.3 mm; Layer 2: 20 0 50 0; size 1 mm; offs -0.6 mm

Flußspat, Schwerspat
6; Layer 1: 60 20 0 0; size 0.3 mm; Layer 2: 60 20 0 0; size 1 mm; offs -0.6 mm

Metallerze
7; Layer 1: 0 0 0 20; size 0.3 mm; Layer 2: 0 0 0 20; size 1 mm; offs -0.6 mm

Kombination (Bsp.: Flußspat, Schwerspat und Metallerze)
67; Layer 1: 0 0 0 0; size 0.3 mm; Layer 2: 0 0 0 20; size 1 mm; offs -0.5 mm; Layer 3: 60 20 0 0; size 1 mm; offs -0.5 mm

erloschene Bergbauberechtigung (Bsp: Salze, Sole)
104; Layer 1: 70 0 30 0; size 0.3 mm; Layer 2: 0 40 60 0; size 1 mm; offs -0.5 mm

3042 — Feldnummer (item nummer)

textfont Triumvirate; size 2 mm

Bereiche mit intensiver Störungs- und Klufttektonik

(OLXXXXPF; OLEF.SHD)

9

3/3

Rohstoffgeologisch bedeutsame Aufschlüsse und Profile

Ro8316/B6

LGRB-Erkundungsbohrung mit Nachweis eines tiefliegenden Rohstoffvorkommens

625

Förder- oder Explorationsbohrung für Erdöl, Erdgas oder CO_2 (mit LGRB-Archivnummer)

BO7325/41

Sonstiger rohstoffgeologisch oder lagerstättenkundlich wichtiger Aufschlusspunkt (mit LGRB-Archivnummer)

A — A'

Geologischer Schnitt (auf Karte oder in Erläuterungsheft)

Vorkommen von Gesteinen mit ungünstigen Materialeigenschaften

Dedolomitstein/Zuckerkornlochfels, z. T. dolomitisch

Intensive Verkarstung
(Dolinen, Senken, Karstlehme, Subrosion im Gipskarst); mit Bohnerzen

Grundgebirgssteine mit tiefgründiger Verwitterung

Schottervorkommen mit tiefgründiger Verwitterung

Schottervorkommen mit a) häufiger Zementation zu Nagelfluh (innerhalb von Rohstoff-Vorkommen)
b) weitgehender Zementation zu Nagelfluh (> 50%) (außerhalb von Rohstoff-Vorkommen)

Kleinräumige Schottervorkommen in Vergesellschaftung mit Diamikten ("Geschiebemergel"), Schottermoränen, Ton-, Schluff- und Sandlinsen

Kalksteinvorkommen mit hohem Anteil an Kieselknollen

Einzelvorkommen von Dedolomitstein, große Einzeldolinen

Wichtige geologische Grenzen (generalisiert), zur Verdeutlichung rohstoffgeologischer Verhältnisse

Begrenzung großräumiger Fazieseinheiten in Silizitklastika

Begrenzung großräumiger Fazieseinheiten in Karbonaten

ehem. industriell genutzte Torfvorkommen

Grenze Locker-/Festgestein

Grenze der Oberjuragesteine

Störung (Erdöl/Erdgas-Fallenstruktur)

Öl-/Wasserkontakt, bzw. Gas-/Wasserkontakt

Grenze der Salzverbreitung

Verbreitungsgebiet von Schwerspatgängen

Grenze Bereich ohne OZH/Verbreitung hydraulisch wirksamer feinklastischer Einheiten im Niveau des OZH (nach HGK KA-Speyer 2006)

Störung (gestrichelt)

Verbreitungsgebiet von Schwerspatgängen (vermutet)

Grenze Deckgebirge/Kristallin (gesichert bzw. vermutet)

Sonstige Grenzen und wichtige Linien

wichtige Rohrleitungssysteme

Regionsgrenze

Landesgrenze

Staatsgrenze

Kartenerläuterungsfeld

1.3 Darstellungs- bzw. Kartenbeispiele

Nachfolgende Kartenausschnitte veranschaulichen an Beispielen grundlegende Karteninhalte der KMR 50. In Kap. 3.1 werden die Komponenten des Kartenwerks dargestellt. Die Rohstoffvorkommen sind auf der Karte mit laufenden Nummern und einem Kürzel versehen, das die erdgeschichtliche Zuordnung ermöglicht. So kann rasch identifiziert werden, dass z. B. in Kartenbeispiel 1 (Abb. 2) das Vorkommen L 7920-37.1 aus Würmkiesen (qWK) besteht. Die von der Datenlage und der Lagerstättenkomplexität abhängige Aussagesicherheit wird durch die Intensität der Farbdarstellungen innerhalb der schwarz umrandeten Vorkommen dargestellt; gelbe Flächenfarbe bedeutet „Kiesvorkommen nachgewiesen“ (z. B. bei Fläche 37.1 in Abb. 2), Horizontalschraffur bedeutet „Kiesvorkommen prognostiziert“ (z. B. Fläche 45.2). Weitere Merkmale werden bei den Abbildungsunterschriften erläutert (Abb. 2–10).

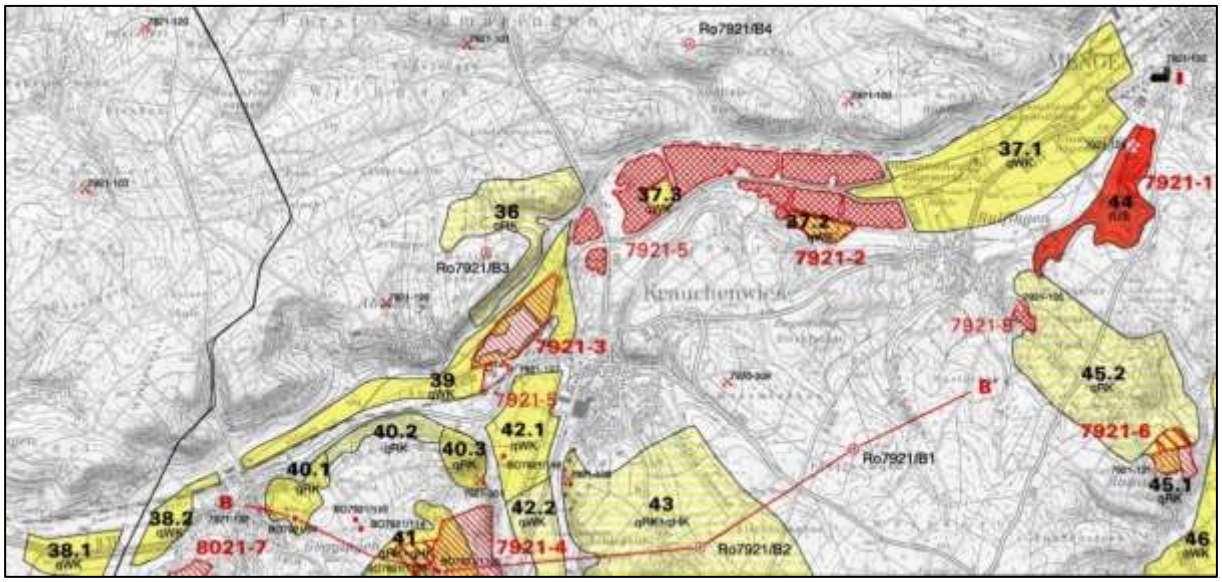


*Abb. 2: **Kartenbeispiel 1**: Ausschnitt aus der KMR 50 Blatt L 7920 Sigmaringen mit den Darstellungselementen Rohstoffvorkommen „Kiese und Sande“ (gelbe Flächenfarbe), „Ziegeleirohstoffe“ (rote Flächenfarbe), Flächen der Rohstoffgewinnung (rote Schraffuren) mit Gewinnungsstellen-Nummer (rote Zahlen: TK25-Blattnummer und lfd. Nummer, z. B. 7921-2), Rohstofferkundungsbohrungen des LGRB (z. B. Ro7921/B1) und Verlauf des geologischen Schnitts (rote Linie B–B´). Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist die Nummerierung der Vorkommen in Kurzform abgedruckt, da das gedruckte Kartenblatt bereits die Kartennummer und den Kartennamen im Titel enthält. So handelt es sich bei der im Ausschnitt dargestellten Fläche Nr. 37.1 um das Vorkommen L 7920-37.1 Die Nummerierung der Gewinnungsbetriebe erfolgt auf Basis der Blattschnitte der TK 25.*

Nachfolgende Seite:

*Abb. 3: **Kartenbeispiel 2**: Ausschnitt aus dem KMR 50-Blatt L 6716/L 6916 Speyer/Karlsruhe-Nord mit Darstellung von Vorkommen von „Kiesen, sandig“ (hellgelb) und „Sanden, kiesig“ (dunkelgelb); außerdem sind die zahlreichen Kiesgruben gekennzeichnet: rote Schrägschraffur = Abbaugebiet, rote Kreuzschraffur = ausgekiestes Areal (abgebaut), rote Umrandung mit Zähnchen-Signatur = ehemaliger Abbau mit Restvorräten; rote Nummern: Gewinnungsstellen-Nummer; schwarzes Fabriksymbol = ehemalige Ziegelei. In der Kartendarstellung wird deutlich, dass der flächenhaft verbreitete Kies- und Sandkörper von Oberem und Mittlerem Kieslager (OKL, MKL) durch den Rhein, geschlossene Bebauung und Hauptverkehrswege in Einzelvorkommen (mit schwarzen Kennziffern) unterteilt wurde. Diese Darstellungsform erleichtert die Beschreibung der jeweiligen Vorkommen.*

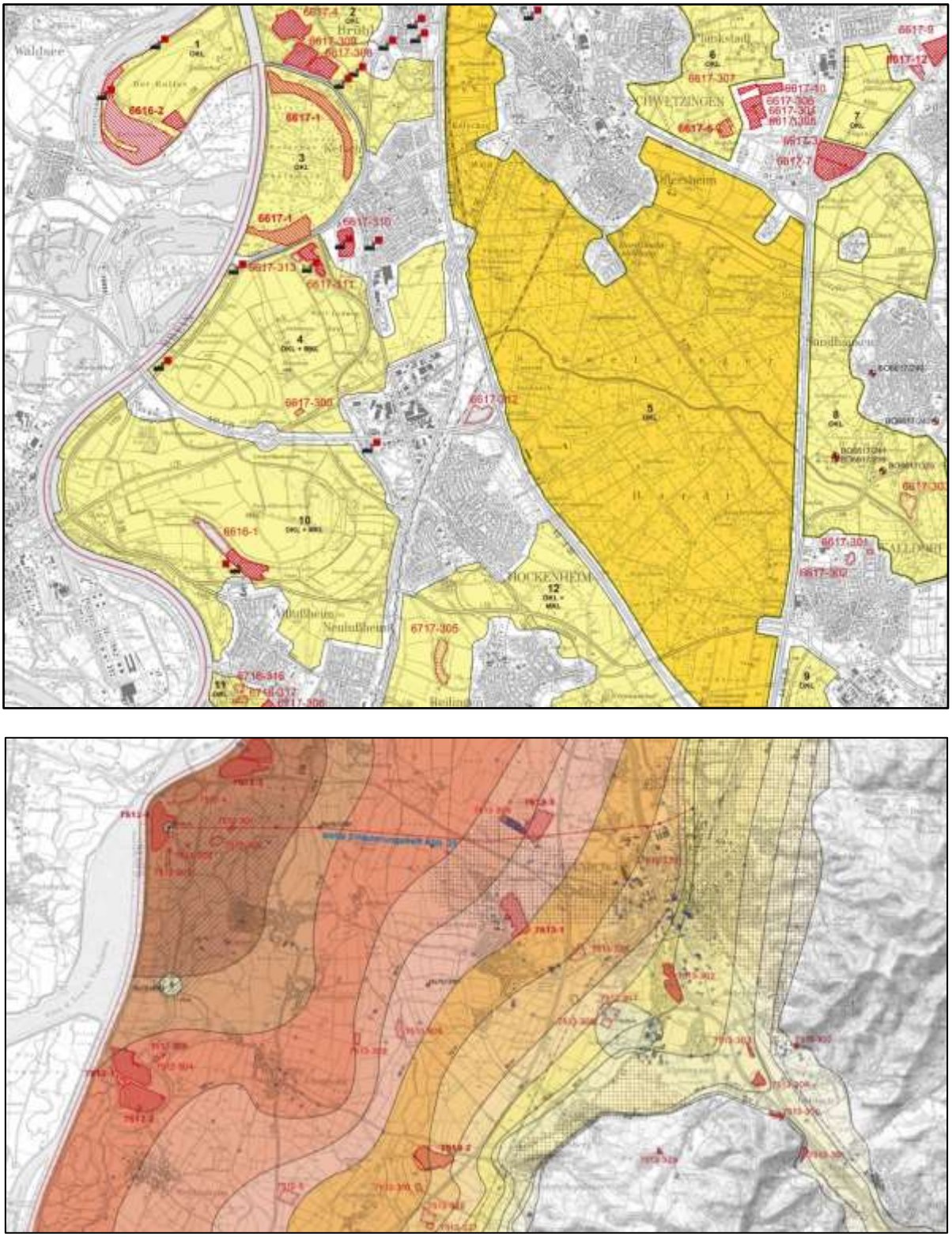


*Abb. 4: **Kartenbeispiel 3**: Ausschnitt aus der Karte der nutzbaren Kies- und Sandmächtigkeiten im Oberrheingraben bei Offenburg. Es handelt sich um eine Beilagenkarte zu den KMR 50-Blättern L 7512 Offenburg und L 7712 Lahr im Schwarzwald. Solche Karten im Maßstab 1 : 50 000 sind das Ergebnis umfangreicher bohrtechnischer Erkundung und können für große, relativ einheitliche Rohstoffkörper auch im M = 1 : 50 000 erstellt werden. Sie sind eine wichtige Grundlage für die Rohstoffsicherung: Der Kiesabbau in Rheinnähe könnte im gezeigten Beispiel bis 120 m mächtige nutzbare sandige Kiese (braune Farbe) erschließen, am östlichen Rand des Grabens nur 10–40 m mächtige Vorkommen (hellgelbe Farben). Die bevorzugte Nutzung sehr mächtiger Vorkommen führt zu einer Verringerung der Flächeninanspruchnahme.*

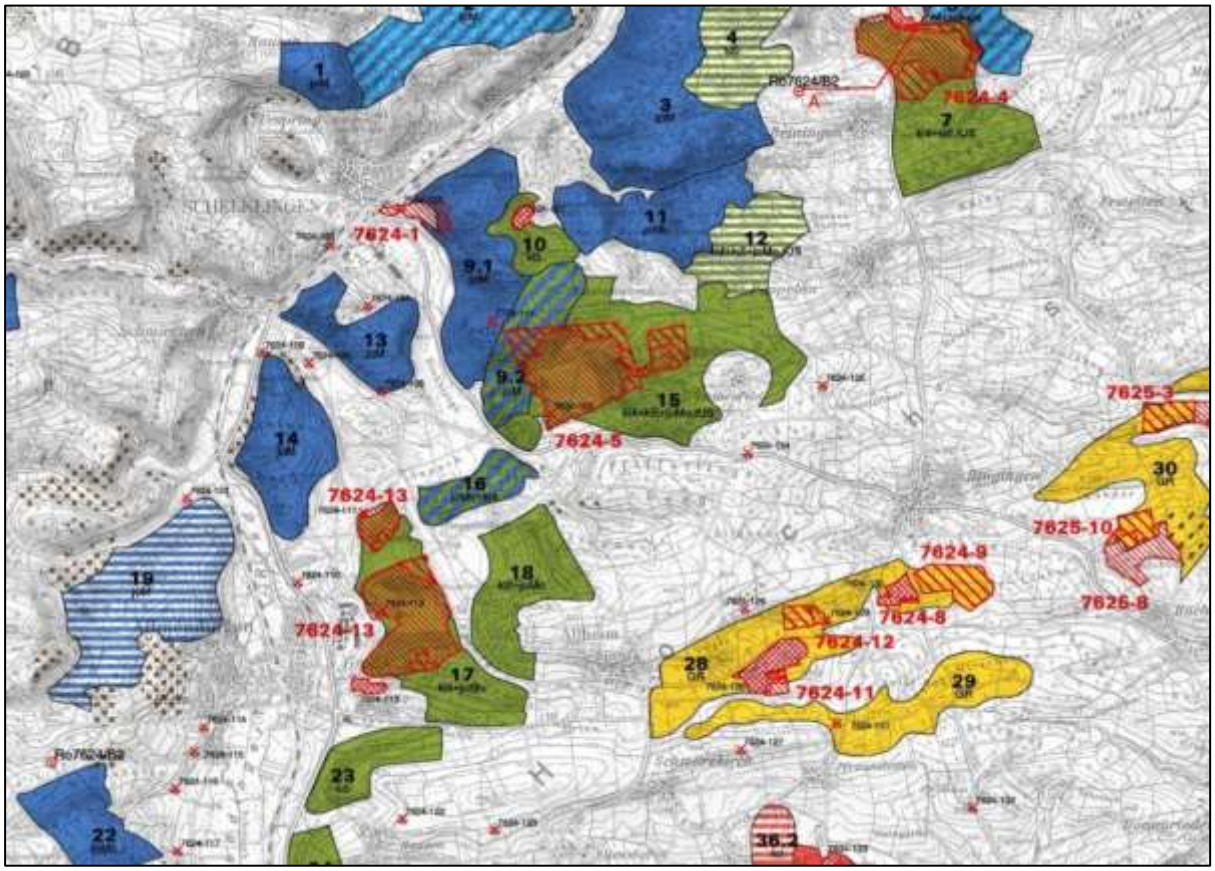
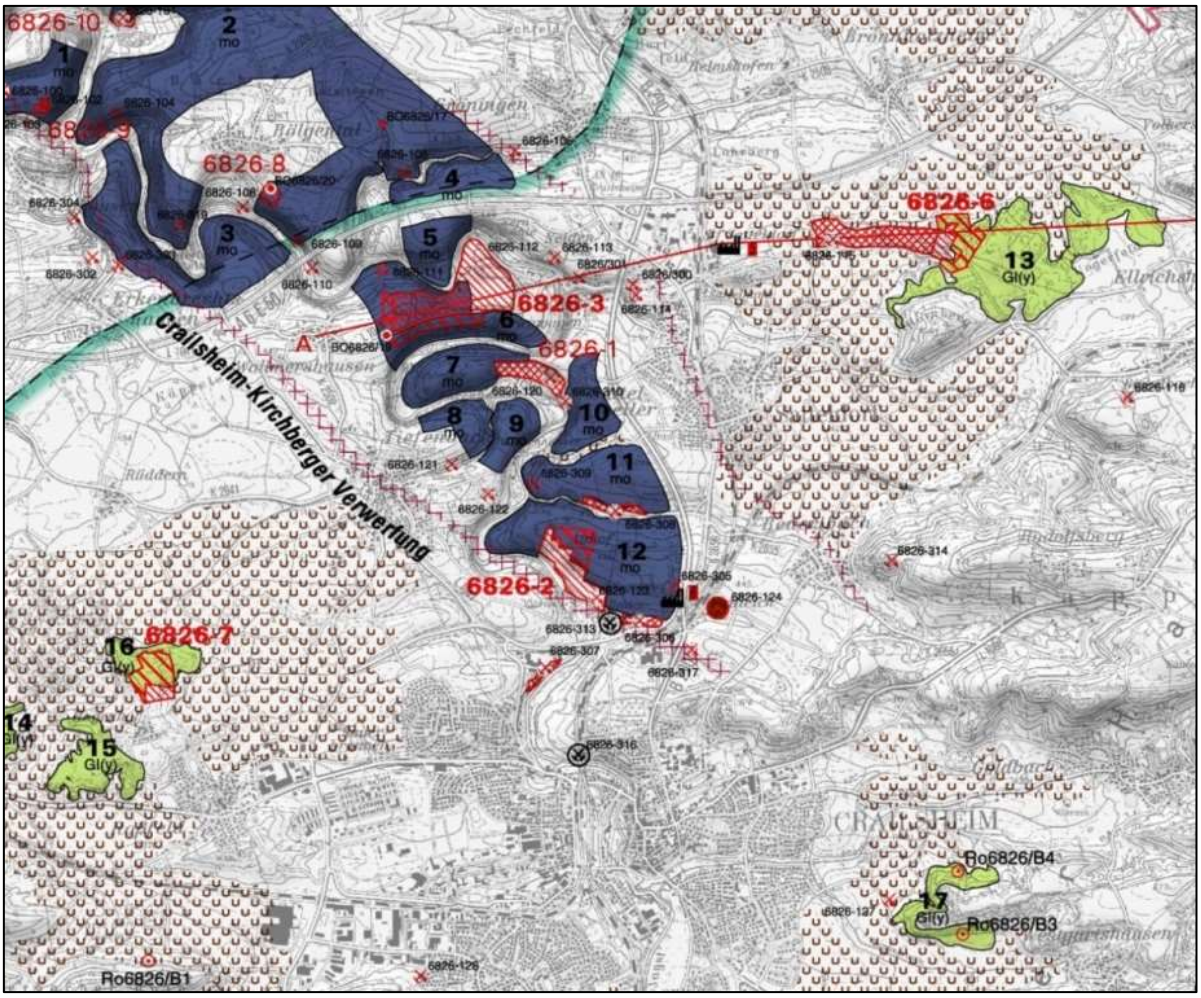


*Abb. 5: **Kartenbeispiel 4**: Ausschnitt aus dem KMR 50-Blatt L 7724/L 7726 Ulm/Neu-Ulm mit Darstellung von unterschiedlichen Fest- und Lockergesteinsvorkommen. Natursteine / Kalksteine (dunkelblaue Flächenfarbe), kombinierte Nutzungsmöglichkeit Naturstein und Hochreine Kalksteine für Weiß- und Branntkalk (hell- und dunkelblau schraffiert), Zementrohstoffe (olivgrün) und kiesige Quarzsande (dunkelgelb, GR = Graupensande). Auffallend auf diesem Blatt sind die ausgedehnten Steinbrüche zur Gewinnung von Zementrohstoffen.*

Nachfolgende Seite:

*Abb. 6: **Kartenbeispiel 5:** Ausschnitt aus dem KMR 50-Blatt L 6926 Crailsheim mit Darstellung von Kalkstein-Vorkommen im Oberen Muschelkalk (mo) und von Gipssteinvorkommen (y) in den Grundgipsschichten (Gl) des Gipskeupers. Zu den wichtigen Darstellungselementen gehören auch Verbreitungsgebiete von „Gesteinen mit ungünstigen Materialeigenschaften“, im Bespielfalle von „intensiver Verkarstung“ (braune U-Signatur) und von Bereichen mit „intensiver Störungs- und Klufttektonik“ (violettrote Kreuzsignatur). Die blaugrüne, NE–SW verlaufende Linie markiert den Nordostrand der südlich anschließenden Steinsalzverbreitung im Untergrund.*



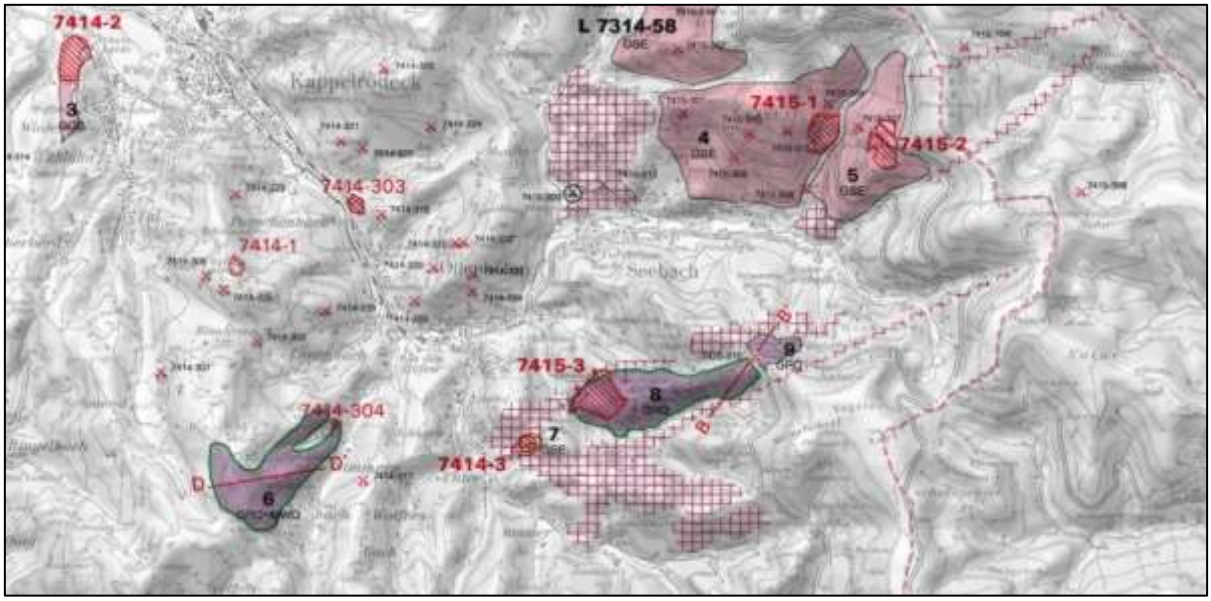


Abb. 7: ***Kartenbeispiel 6:*** *Ausschnitt aus der KMR 50 Blatt L 7512/L 7514 Offenburg / Oberkirch mit Darstellung von wirtschaftlich interessanten Gesteinsvorkommen im Grundgebirge des Nordschwarzwalds. Hellrosa Flächenfarbe mit Einschreibung GSE = Seebach-Granit, hellviolette Flächenfarbe mit Einschreibung GRQ (+MWQ) = Quarzporphyrvorkommen der Grünberg- u. Mooswald-Subformationen, mit grüner Umrandung = stockförmige Vorkommen, ohne Umrandung = deckenförmige Vorkommen. Diese Darstellung in der Karte wurde gewählt, weil die Geometrie der Körper Hinweise auf ihre*

Entstehung gibt, welche wiederum Auswirkungen auf die Gesteinseigenschaften hat. Die auf dem Kopf stehenden Symbole „Schaufel und Hacke“ kennzeichnen auflässige Steinbrüche < 0,5 ha, die mit Umringpolygon solche mit einer Größe von > 0,5 ha.

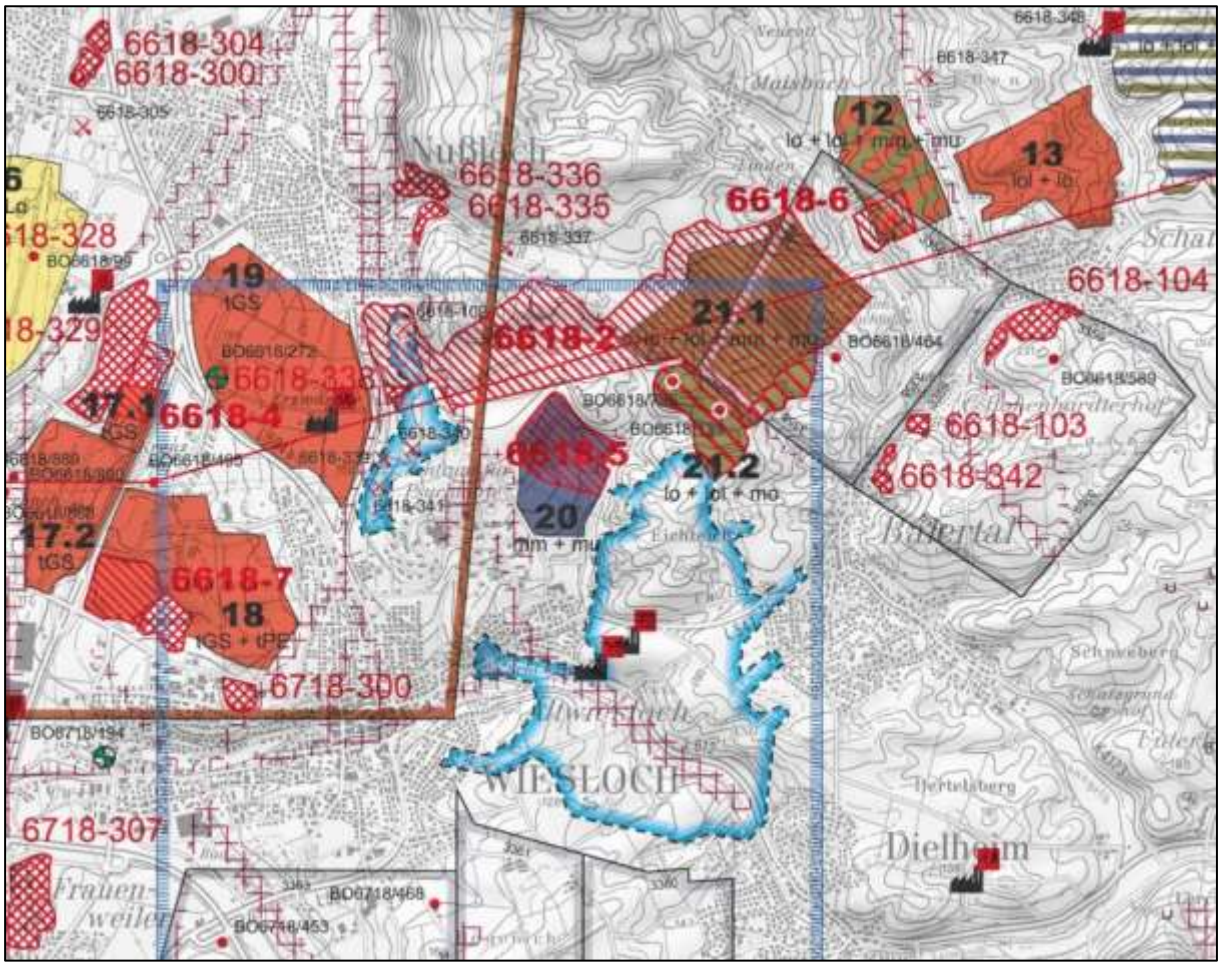


*Abb. 8: **Kartenbeispiel 7:** Ausschnitt aus dem KMR 50-Blatt L 6718 Heidelberg-Süd. Neben den Rohstoffvorkommen (Gelb: „Kiese, sandig“. Rot: „Ziegeleirohstoffe“. Blau: „Natursteine – Kalksteine“. Braun: Zementrohstoffe) sind auch, hellblau umrandet, Gebiete mit Altbergbau dargestellt. In diesen Arealen fand seit römischer Zeit intensiver Erzbergbau (Blei, Silber, Zink) über und unter Tage statt. Nördlich dieser Altbergbauareale ist ein mehrere Quadratkilometer großes Abbaugebiet von Zementrohstoffen (Gewinnungsstellen-Nr. RG 6618-2) in seinen im Jahr 2009 aktuellen Umrissen aufgetragen. Es wird durch die Farbgebung deutlich, dass nur noch im Ostteil ein bauwürdiges Vorkommen vorhanden ist. Die Karte zeigt auch die Lage von Bergbauberechtigungen auf Metallerze (grau) und auf Kohlenwasserstoffe (braun). Der blau-gezahnte Kasten zeigt an, dass für diesen Ausschnitt wegen der Komplexität der Verhältnisse eine detaillierter Textabbildung im Erläuterungsheft zu finden ist (s. Abb. 9).*

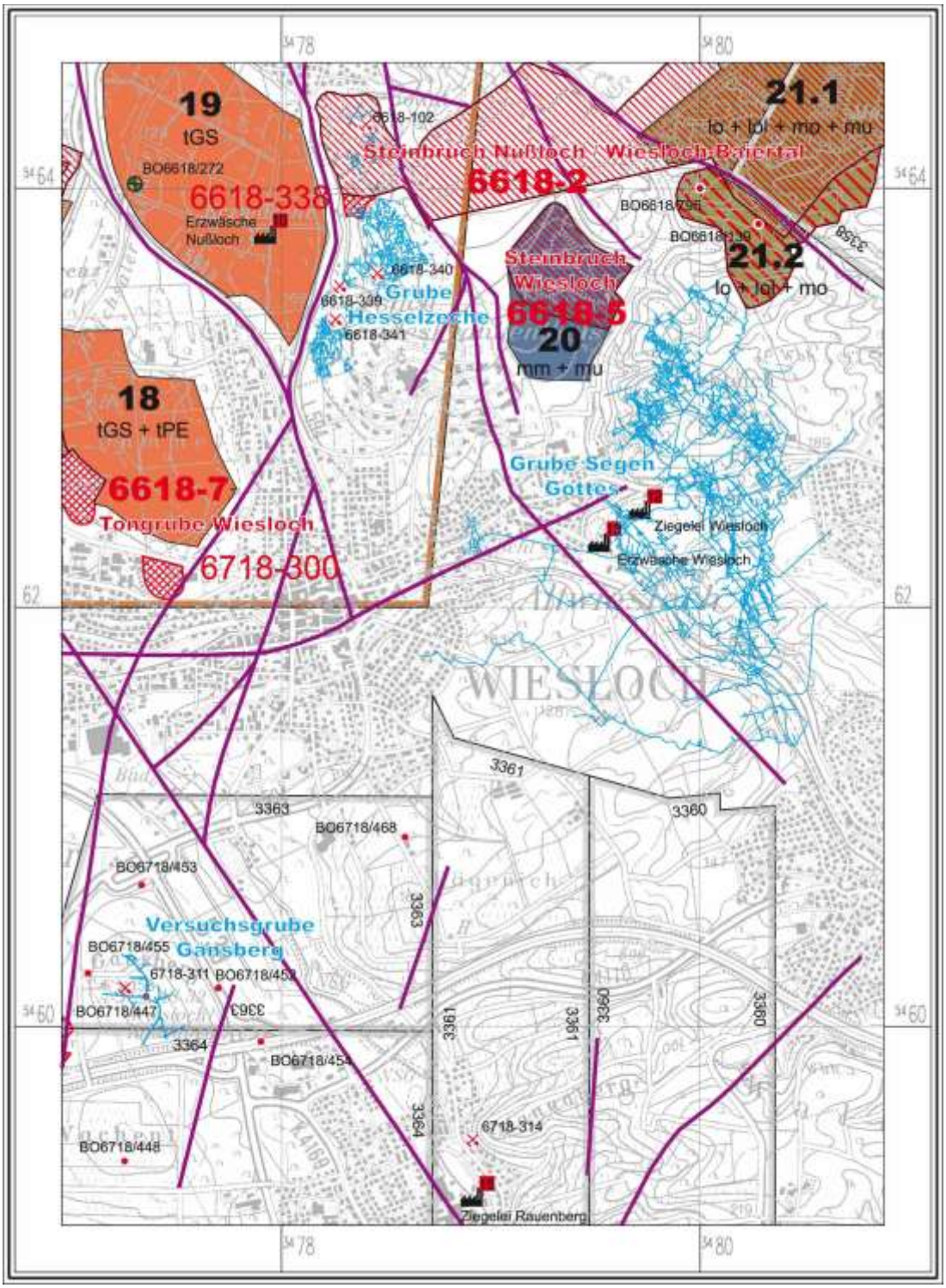


Abb. 9: ***Kartenbeispiel 8 – Beispiel für Detailkarten im Erläuterungsheft:*** *Für Gebiete, in denen komplexe Verhältnisse eine detailliertere Darstellung erfordern, als dies im M = 1 : 50.000 möglich ist, werden Sonderkarten im Erläuterungsheft oder neben der Hauptkarte abgedruckt. Das Beispiel aus der KMR 50 Blatt L 6718 Heidelberg-Süd zeigt den in Abb. 8 markierten Ausschnitt für das ausgedehnte Altbergbaugebiet bei Wiesloch. In den mit blauen Linien dargestellten Grubenbauen von Hesselzeche, Segen Gottes und Gänsberg wurden seit römischer Zeit silberhaltige Blei-Zinkerze gewonnen, die nesterförmig, auf Klüften und in Karsttaschen des Unteren Hauptmuschelkalks auftreten. Die Nutzung der Geländeoberfläche (z. B. für Bebauung, Rohstoff- oder Wassergewinnung) ist dadurch stark eingeschränkt. Die violetten Linien markieren die bislang bekannten tektonischen Störungen.*

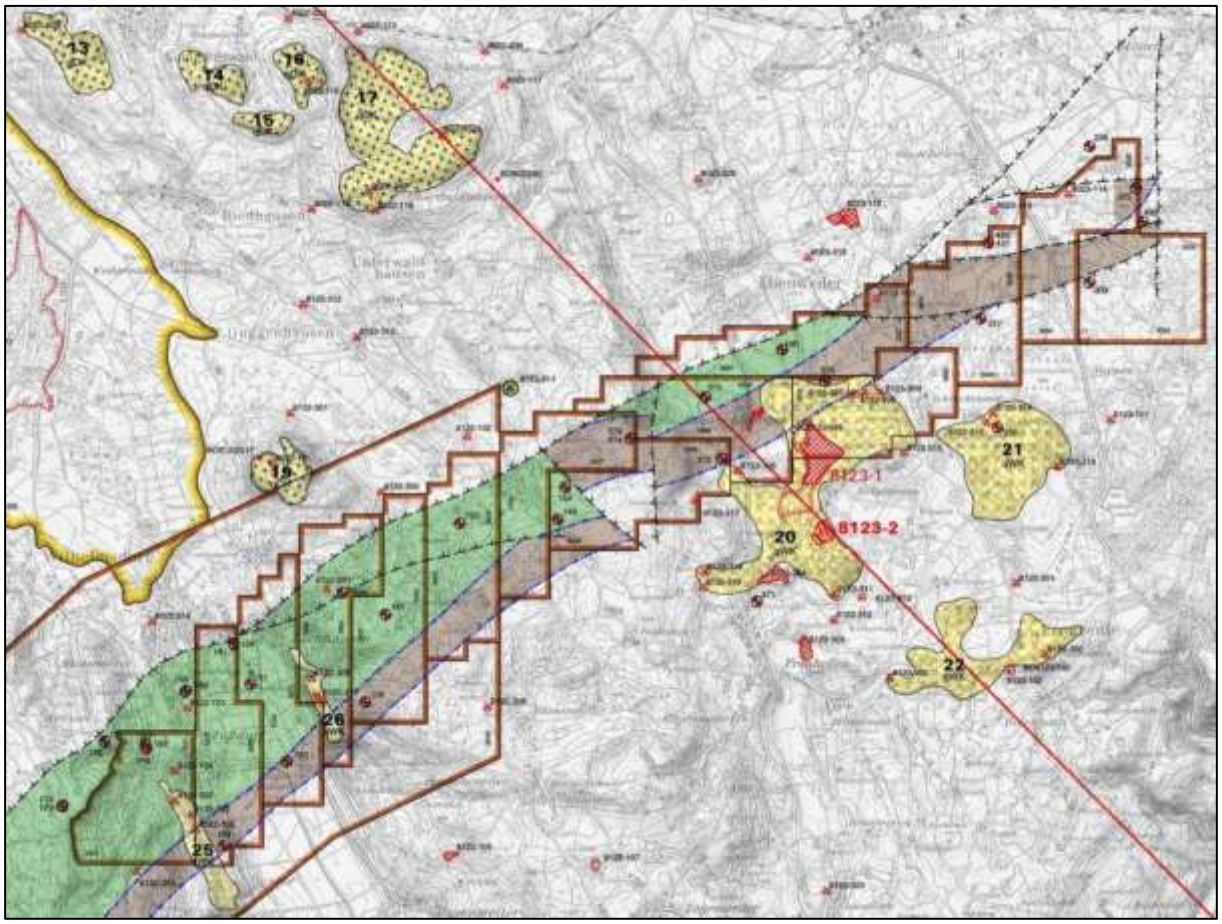


Abb. 10: ***Kartenbeispiel 9:*** *Ausschnitt aus dem KMR 50-Blatt L 8122 Weingarten. Das Beispiel zeigt, wie auf der KMR 50 tiefliegende Rohstoffvorkommen dargestellt werden: Grünes Raster: Erdölfeld. Braungraues Raster: Erdgasfeld. Mit braunen Feldesgrenzen sind „Bergbauberechtigungen nach Bundesberggesetz" mit Feldesnummer eingetragen. Dieses Blatt enthält auch besondere Kennzeichnungen für die oberflächennahen Vorkommen von Kiesen und Sanden: Mit den Flächen 20 bis 22 sind „Verbreitungsgebiete zahlreicher kleiner Vorkommen" markiert, in den Flächen 13 bis 17 sind „Schottervorkommen mit häufiger Zementation zu Nagelfluh" (= betonartige Verfestigung durch Kalkausfällung) durch braune Kreuzsignatur gekennzeichnet. Die ehemals industriell genutzten Torfvorkommen des Pfrungener Rieds sind durch ein gelblichbraunes Band eingegrenzt.*

1.4 Bedeutung der KMR 50 für die Rohstoffsicherung

Die im nachfolgenden Kapitel erläuterten Vorgängerkartenwerke Prognostische Rohstoffkarte (PRK) und die Lagerstättenpotenzialkarte (LPK) waren erforderliche Meilensteine auf dem Weg zur seit dem Jahr 1999 zum Kartier- und Ausgabe-Standard gewordenen KMR 50. Einerseits wurden mit diesen Karten wichtige Datengrundlagen geschaffen und Erkundungs- sowie Darstellungsmethoden getestet, andererseits wurden diese Darstellungen mit den zugehörigen Erläuterungen bei den mit der Planung befassten Instanzen in der Planungspraxis erprobt.

Bei der Prognostischen Rohstoffkarte war die Aussagegenauigkeit der Abgrenzungen zu unsicher und es fehlten Beschreibungen und Bewertungen der Einzelvorkommen. Die LPK hingegen war aufgrund ihrer Datenfülle und Komplexität der Vorkommensbeschreibungen für Nutzer ohne geowissenschaftliche Ausbildung nur schwer verständlich. Mit der KMR 50 wurde nun hinsichtlich der Beschreibungsgenauigkeit ein Zwischenweg beschritten, der sich auch für landesweit standardisierte Beschreibungen eignet. Da zudem der für die LPK erforderliche Aufwand in Bezug auf Erkundung, Analytik und Ergebnisdarstellung reduziert werden konnte, waren auch eine zeitlich effizientere Bearbeitung und Veröffentlichung möglich.

Der Wert der KMR 50 für die Rohstoffsicherung liegt besonders in folgenden Eigenschaften begründet:

(1) Die Beschreibungen und Bewertungen erfolgen nach einem landesweit einheitlichen Schema.
(2) Die Karten 1 : 50 000 fußen auf einer Generallegende und erlauben blattschnittfreie Darstellungen analoger und digitaler Art.
(3) Der flächendeckende Ansatz ermöglicht eine von Jahr zu Jahr besser werdende Gesamtübersicht über das Rohstoffangebot im Land Baden-Württemberg.
(4) Die Beschreibungen der Vorkommen sind praxisorientiert und können daher auch z. B. von Planern, Technikern und Kommunalpolitikern genutzt werden.
(5) Die Dauer für die Erstellung einer neuen KMR 50 in einem für die Regionalplanung besonders wichtigen Gebiet ist mit im Mittel zwei Jahren pro Blatt 1 : 50.000 mit den Zeithorizonten der regionalen Raumplanung vereinbar.

2 Drei Jahrzehnte amtliche Rohstoffkartierung und Erkundung in Baden-Württemberg – wichtige Entwicklungsschritte

[WOLFGANG WERNER & HELMUT BOCK]

2.1 Übersicht

Mit dem Beginn der Arbeiten zur Lagerstättenpotenzialkarte „Kies und Sand“ für die Region Mittlerer Oberrhein im Sommer 1989 und dem zugehörigen umfangreichen Erkundungsbohrprogramm ab dem folgenden Jahr begannen die **systematischen Arbeiten** zur Erstellung von Rohstoffkarten durch den Geologischen Landesdienst von Baden-Württemberg.

Aufbauend auf den Prognostischen Rohstoffkarten (PRK) und Lagerstättenpotenzialkarten (LPK) wurde im Jahr 1999 mit der Karte der mineralischen Rohstoffe 1 : 50 000 von Baden-Württemberg (KMR 50) begonnen. Während PRK und LPK nur an die Planungsträger, also vor allem an die Regionalverbände adressiert waren, wurde die KMR 50 von Beginn an als analoge und digitale Karte mit ausführlichen textlichen Erläuterungen veröffentlicht (Kap. 3).

Im Sommer 2017, somit nach 18 Jahren seit Herausgabe des „Pilotblattes“ L 7718 Balingen, waren für mehr als die Hälfte der Landesfläche Rohstoffkarten im Detaillierungsgrad der KMR 50 erstellt und publiziert worden (Kap. 2.5.6). Die erste LPK des früheren Geologischen Landesamts Baden-Württemberg (GLA), dem heutigen Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB), diente der Beratung des Regionalverbands Mittlerer Oberrhein bei der Aufstellung seines Plankapitels Rohstoffe im Regionalplan. Vorausgegangen war in dieser Region im Jahr 1984 die Erstellung eines Entwurfs der Prognostischen Rohstoffkarte auf der Basis von Archivdaten des GLA (s. u.). Grundlage für diese Arbeit war das Rohstoffsicherungskonzept der Landesregierung vom 24. Nov. 1982, das vom Ministerrat 1986 aufgrund des abschließenden Berichts der interministeriellen Arbeitsgruppe Rohstoffabbau im Jahr 1986 genehmigt wurde (IM 1986); nachfolgend werden genauere Ausführungen dazu gemacht (Kap. 2.2).

Zur Vorbereitung der Beratungsarbeiten für die raumplanerische Rohstoffsicherung und des dafür erforderlichen Erkundungs- und Kartierprogramms wurde im Jahr 1986 mit einer ersten landesweiten Bestandsaufnahme der rohstoffwirtschaftlichen Situation, den sog. **Betriebserhebungen**, begonnen (s. Kap. 3.4.3 sowie LEIBER et al. 1993, GLA 1995 a, WERNER et al. 2002, 2006, 2013). Im ersten Schritt waren die Gruben und Steinbrüche zu erfassen, in denen oberflächennahe Rohstoffgewinnung erfolgte[3]. Bis dorthin gab es keine Institution in Baden-Württemberg, die sich mit der landesweiten

[3] *Der historische Begriff „Grube“ (von: graben) schließt oberflächennahe Abbaustellen von Lockersedimenten (Sand, Kies, Ton, Lehm, Mergel usw.) und Bergwerke mit ein. Letztgenannte haben sich im Mittelalter aus Gruben durch zunehmenden Tiefbau entwickelt. Die Bezeichnung „Bruch“ wird verwendet, wenn der Rohstoff aufgrund seiner Verbandsfestigkeit nur durch Herausbrechen gewonnen wer-*

Bestandsaufnahme der Rohstoffgewinnungsstellen sowie der dort genutzten Lagerstätten befasste; diese erste Bestandsaufnahme zur Rohstoffgewinnung im Land konnte für alle Landesteile im Jahr 1992 abgeschlossen werden.

Seither werden die im Zusammenhang mit der Rohstoffgewinnung wichtigen wirtschaftlichen, technischen und lagerstättengeologischen Daten vom LGRB regelmäßig aktualisiert. Dies geschieht meist im Zusammenhang mit der Beratung der Regionalverbände, zur Erstellung der KMR 50 oder in Vorbereitung für den im 5–6 jährlichen Turnus erscheinenden Landesrohstoffbericht.

2.2 Rohstoffsicherung und Rohstoffkartierung: Vorgeschichte und Hintergründe

Bis zum Jahr 1989 erfolgten die lagerstätten- bzw. rohstoffgeologischen Arbeiten des geologischen Dienstes überwiegend im Zusammenhang mit der Aufnahme geologischer Karten 1 : 25.000 und der Erstellung der zugehörigen Erläuterungshefte. Daneben wurden wissenschaftliche Untersuchungen, z. T. mit Forschungsbohrungen, sowie Einzelfallgutachten überwiegend zu tiefliegenden Erz- und Spatlagerstätten erstellt. Im Rahmen von zwei Doktorarbeiten wurden Anfang der 1980er Jahre erstmals die Erz- und Minerallagerstätten des Mittleren Schwarzwalds systematisch bearbeitet (BLIEDTNER & MARTIN 1986). In den Jahrzehnten davor sind oft umfangreiche Arbeiten zu verschiedenen tiefliegenden Lagerstätten, meist in historischen Bergbaurevieren, erschienen (Zusammenstellungen und Literaturverzeichnisse in WERNER & DENNERT 2004, WERNER 2006, 2012 und 2015). Die Beurteilung von Steine- und Erden-Lagerstätten beschränkte sich bis 1989 meist im Zusammenhang mit behördlichen Stellungnahmen zu Erweiterungen oder Neuaufschlüssen auf mineralogisch-geochemische Analysen an Einzelproben aus Kiesgruben oder Steinbrüchen.

In den Jahren 1982–1986 wurde in interministeriellen Arbeitsgruppen unter Beteiligung der 1972 gegründeten Regionalverbände und des Geologischen Landesamts die Vorgehensweise der fachlichen und regionalplanerischen Rohstoffsicherung nach dem Rohstoffsicherungskonzept vereinbart; diesem Konzept hatte die Landesregierung am 24. November 1982 bereits grundsätzlich zugestimmt. Ein Ablaufschema mit den Stufen A und B1 bis B5 legte das Geologische Landesamt im Januar 1984 dem Wirtschaftsministerium vor. Dieses Ablaufschema wurde erstmals im Bodenschutzprogramm 1986 des Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten Baden-Württemberg veröffentlicht (s. Abb. 11), heute zu finden unter: http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de.

Landespolitische und rechtliche Hintergründe
Diesem Abschnitt kann man folgende nüchterne Feststellung des Regionalverbands Rhein-Neckar (früher: „Unterer Neckar“) voranstellen, der sich Anfang der 80er Jahre erstmals mit der Aufstellung eines Plankapitels Rohstoffsicherung befasste: „Das Bewusstsein der Öffentlichkeit für die Bedeutung der Lagerstätten von Steinen und Erden steht in krassem Gegensatz zu der wirtschaftlichen Rangfolge dieser Rohstoffe.“ (RV Unterer Neckar 1984: 1)

Im Landesplanungsgesetz (LplG) vom 10. Oktober 1983, veröffentlicht im Gesetzblatt Nr. 19 vom 28. Oktober 1983, in dem auch Aufgaben und Struktur der 12 Regionalverbände festgelegt sind, wird im § 8 zum Inhalt der Regionalpläne festgestellt, dass dort auch Bereiche zur Sicherung von „Wasservorkommen oder von Rohstoffvorkommen“ auszuweisen sind.

Ausführungen zu den Arbeiten der Regionalverbände und des Geologischen Landesdienstes auf dem Gebiet der Rohstoffsicherung sind im Landesentwicklungsplan 1983 (IM 1984) zu finden. So heißt es auf S. 19 im Absatz 2.3.6 zu Rohstoffsicherung: „*Die Bodenschätze des Landes sind zu erfassen und für spätere Gewinnung zu sichern, soweit sie zur Rohstoffversorgung beitragen oder beitragen können.*“ Hierbei wird festgehalten: „*Hierzu sollen insbesondere das Aufsuchen und die Erschließung neuer Lagerstätten ermöglicht und – soweit erforderlich – gefördert werden.*“

---

den kann, also ein Steinbruch, ein Gipsbruch usw. entsteht. Zur Unterscheidung werden üblicherweise Präzisierungen wie Kalkstein- oder Sandsteinbruch vorgenommen. Um alle verschiedenen Formen der Rohstoffgewinnung über und unter Tage zu beschrieben, wird in den Rohstoffkarten und zugehörigen Erläuterungen und Datenbanken der ***Begriff „Gewinnungsstelle“*** *oder ganz präzise „****Rohstoffgewinnungsstelle****“ verwendet.*

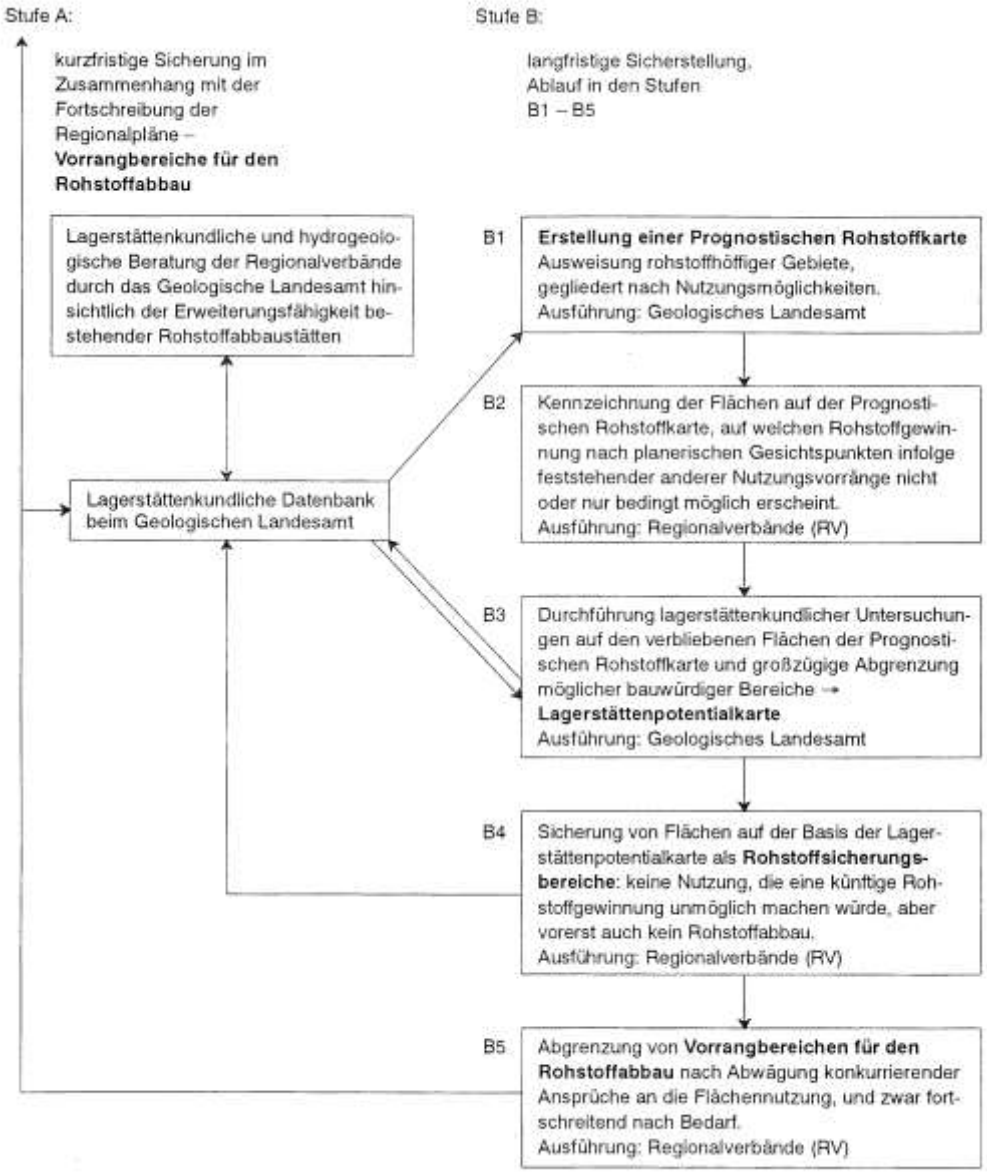


Abb. 11: ***Ablaufdiagramm zur Darstellung der Verfahrensschritte nach dem Rohstoffsicherungskonzept*** *(Diagramm aus Bodenschutzprogramm, Anl. 27; MLR 1986). Nach dem ursprünglich optimistischen Ansatz, wonach nach dem B2-Schritt noch ausreichend Flächen zur weiteren näheren Erkundung und zur Erstellung der Lagerstättenpotenzialkarte übrig wären, sollten die lagerstättenhöffigen Bereiche „großzügig" abgegrenzt und Teilbereiche daraus unmittelbar der regionalplanerischen Sicherung zugeführt werden (Schritt B4). Interessant und vorausschauend war der Ansatz, wonach diese Ergebnisse inklusive der regionalplanerischen Rohstoffsicherungsbereiche in einer „Lagerstättenkundlichen Datenbank beim Geologischen Landesamt" erfasst werden sollten.*

Im Begründungsteil des Landesentwicklungsplans wird unter Pkt. 2.3.6 Rohstoffsicherung und dem Stichwort „Rohstofferfassung" ausgeführt: „*Wesentliche Voraussetzung für die Rohstoffsicherung sind* ***die landesweite Rohstofferfassung und Lagerstättenkartierungen****. Die Erfasung beginnt bei den bestehenden Abbaustätten einschließlich der Erhebung der Reserven in vorhandenen Zulassungen und der dort in zulässigem Umfang durch Erweiterung und Vertiefung aktivierbaren Reserven; zu erfassen sind daneben vor allem die noch nicht in Abbau befindlichen Vorkommen, um eine flächendeckende langfristig angelegte Rohstoffsicherungsplanung überhaupt zu ermöglichen." Und weiter: „Schon bei der Rohstofferfassung ist in Rechnung zu stellen, dass für die Rohstoffsicherung nur regional bedeutsame Vorkommen in Betracht zu ziehen sind."*

Diesen Forderungen und Zielen im Landesentwicklungsplan 1983 Baden-Württemberg wird mit der Karte der mineralischen Rohstoffe von Baden-Württemberg 1 : 50 000 (KMR 50) des LGRB Rechnung getragen:

- Die KMR 50 erfasst die Bodenschätze des Landes und die bestehenden Abbaustätten einschließlich der genehmigten Reserven.
- Das LGRB führt dazu eigene Aufsuchungsarbeiten durch und berücksichtigt dabei alle bereits bestehenden Erkenntnisse auch von industrieller oder sonstiger Seite.
- In der KMR 50 werden nur regional bedeutsame Vorkommen dargestellt und bewertet.
- Die (angestrebte) Flächendeckung dieses Kartenwerks ist Grundlage für eine landesweite und langfristig angelegte Rohstoffsicherungsplanung.

Bei der rohstofffachlichen Beratung zu in Aufstellung befindlichen Regionalplänen wird die gewünschte regionale Flächendeckung der rohstoffgeologischen Bewertungsgrundlagen dort, wo KMR 50-Blätter noch nicht vorliegen, dadurch „überbrückt", dass gesonderte Gutachten für rohstoffwirtschaftlich besonders wichtige Gebiete erstellt werden.

Gültige Rechtsgrundlagen[4] für die Regionalplanung in Baden-Württemberg (und darin die Rohstoffsicherung) sind heute:

- Das **Bundesraumordnungsgesetz** vom 22. Dezember 2008 (BGBl. I S. 2986), das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 15 des Gesetzes vom **20. Juli 2017** (BGBl. I S. 2808) geändert worden ist (**ROG 2017**); dort § 13, der in Absatz 5 vorgibt, dass die Raumordnungspläne (der Länder und für Teilräume der Länder) Festlegungen zur Raumstruktur enthalten sollen. Nach Absatz 2 b gehören auch dazu: Nutzungen im Freiraum wie Standorte für die vorsorgende Sicherung sowie die geordnete Aufsuchung und Gewinnung von standortgebundenen Rohstoffen.

- Das **Landesplanungsgesetz (LplG)** in der Fassung vom 10. Juli **2003**, zuletzt geändert im § 43 durch Artikel 2 des Gesetzes vom **19. Dezember 2017** (GBl. S. 645, 646); dort § 11 Abs. 3 Nr. 10: Danach sind im Regionalplan festzulegen u. a. Gebiete für den *Abbau oberflächennaher Rohstoffe* und *Gebiete zur Sicherung von Rohstoffen*.

- Der **Landesentwicklungsplan Baden-Württemberg 2002** als fachliche Vorgabe für die Regionalplanung, dort Kapitel 5.2 und insbesondere die Ziele im Plansatz 5.2.3 (→ "in den Regionalplänen sind Abbaubereiche und Sicherungsbereiche festzulegen").

- Die Verwaltungsvorschrift des Ministeriums für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau über die Aufstellung von Regionalplänen und die Verwendung von Planzeichen (**VwV Regionalpläne**) **vom 01.06.2017**; dort die (neue) Regelung im Kapitel 3 zum Planungszeitraum, wonach Festlegungen zur Rohstoffsicherung nach dem Raumordnungsgesetz und dem LplG für Abbaugebiete auf einen Zeitraum von rund 20 Jahren und für Sicherungsgebiete auf einen Zeitraum von rund 25 Jahren ausgelegt werden können. Außerdem wichtig ist Kapitel 4.1, wonach (Abs. 1) als Gebietstypen Vorranggebiete, Vorbehaltsgebiete und Ausschlussgebiete in Betracht kommen, und nach Abs. 2 **in der Regel Vorranggebiete** festzulegen sind.

[4] *Zusammenstellung nach Mitteilung des RV NSW, Pforzheim, vom 18. Jan. 2018 (E-Mail stellv. VD Th. BAHNERT).*

2.3 Entwicklung der Rohstoffkarten des LGRB

Wie zuvor erwähnt, wurde wegen des im Zeitraum 1982–1986 in Diskussion befindlichen RSK und aufgrund des Auftrags vom Regionalverband Mittlerer Oberrhein („Kieskonzeption 2000“) vom GLA im Jahr 1984 eine erste Prognostische Rohstoffkarte für die Region Mittlerer Oberrhein im Maßstab 1 : 50.000 entworfen. Diese im Auftrag des Regionalverbands Mittlerer Oberrhein erstellte Karte war der erste Versuch in Baden-Württemberg, rohstoffgeologische Kenntnisse für regionalplanerische Zwecke übersichtlich nutzbar zu machen. Auf dieser Karte wurden die Vorkommen von Massenrohstoffen der Region dargestellt, für die eine weitere rohstoffwirtschaftliche Bedeutung prognostiziert werden konnte (Abb. 12).

Als Datengrundlage dienten vor allem die geologischen Karten 1 : 25.000 (GK 25) und das Schriftgutarchiv des GLA; die Einschätzungen zur möglichen industriellen Eignung der auf den GK 25 dargestellten Gesteinskörper basierten vor allem auf Steinbruchaufnahmen und auf Gesprächen mit der Rohstoffindustrie. Mangels ausreichender Bohrinformationen waren zu dieser Zeit insbesondere die Mächtigkeitsverhältnisse im flächenhaft dargestellten Kieskörper des Oberrheingrabens äußerst ungenau; Daten zum Schichtaufbau und zur Gesteinszusammensetzung der Kieskörper lagen damals nur punktuell vor.

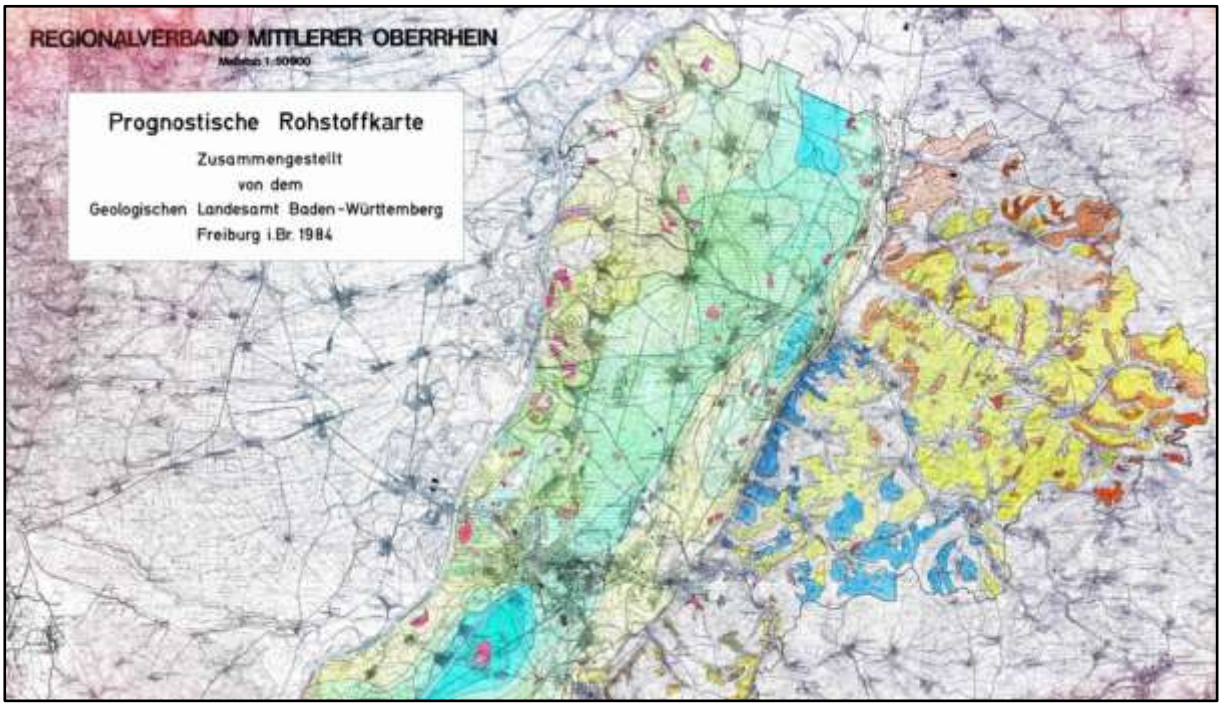


Abb. 12: Handgezeichneter und -kolorierter Entwurf der ersten Prognostischen Rohstoffkarte im Maßstab 1 : 50 000, 1984 erstellt für die Region Mittlerer Oberrhein. Farblegende für den Ostteil: Blau: Kalksteine. Gelbliche, rötliche und bräunliche Töne: Ziegeleirohstoffe. Im Bereich des Oberrheingrabens (westliche Blatthälfte) sind die Kiesvorkommen nach Mächtigkeiten unterschieden (Gelb: Geringe Mächtigkeiten, Hellblau: Hohe Mächtigkeiten). In Rot sind die damals bereits vorhandenen Kiesgruben dargestellt. Konkreter Auslöser für diese Auftragsarbeit war die „Kieskonzeption 2000“ des Regionalverbands. Die Zuständigkeit für eine derartige Beratungsarbeit hatte das damalige GLA durch die innerministeriellen Beratungen zum Rohstoffsicherungskonzept der Landesregierung erhalten, welches auf den Beschluss des Ministerrats vom 24.11.1982 zurückgeht.

Die Abb. 12 zeigt das nördliche Teilblatt dieser PRK; im Original handelt es sich um zwei, auf Leinen aufgezogene Unikate von je 84 x 140 cm Größe. Im nächsten Schritt sollte diese Karte mit Transparentfolien des Regionalverbands, auf denen die verschiedenen Nutzungsarten der Regionsfläche wie Bebauung, Verkehrswege, Fließgewässer und Hochwasserdämme, Landwirtschaft, Wald, Wasserschutz- und Naturschutzgebiete usw. eingezeichnet waren, überlagert werden. Nach Stapelung der Folien beim Regionalverband in Karlsruhe wurde deutlich, dass es im Regionsgebiet keine Flächen

ohne Nutzungskonkurrenzen gab. Dieser Versuch zeigte aber auch, dass es ohne georeferenzierte, digitale Techniken der Kartografie nicht möglich sein würde, Bereiche zu identifizieren, die einerseits wertvolle Lagerstätten und andererseits relativ niedrigrangige Nutzungsansprüche aufwiesen, um dort Vorranggebiete für den künftigen Rohstoffabbau zu planen.

Mangels Aufschlussdaten konnten zudem nur sehr ungenaue Aussagen über die besten Lagerstättenteile dieses bedeutendsten Rohstoffkörpers am mittleren Oberrhein gemacht werden. Daher wurde die Durchführung eines umfangreichen, vom Land im Rahmen des RSK finanzierten Bohrprogramms zur Erkundung der mächtigen Kieskörper als prioritär betrachtet. In den Folgejahren wurden auch die Kieslagerstätten in der Region Südlicher Oberrhein mit Bohrungen bis auf die Kiesbasis erkundet (Abb. 13–15); aufgrund der geologischen Entwicklungsgeschichte handelt es sich um sehr hochwertige, Edelsplitt-taugliche Kiese für den Verkehrswegebau, für Baustoffe und als Betonzuschlag, welche zudem auf mächtigen Lagerstätten auftreten.

Der Bedarf für eine „Kiesmächtigkeitskarte“ als Teil der späteren Lagerstättenpotenzialkarte Mittlerer Oberrhein bestand seitens der Regionalplanung vor allem aufgrund der sehr zahlreichen Flächennutzungskonkurrenzen in einem dicht besiedelten und von bedeutenden Verkehrswegen durchzogenen Gebiet, in dem sich – mit einer Fortsetzung am südlichen Oberrhein – die größte europäische Kieslagerstätte befindet. Auf gleicher Lagerstätte treten (nämlich in den Porenräumen der Kies- und Sandablagerungen) aber auch hochwertige und sehr große Grundwasservorräte auf.

Aufgrund der wachsenden Nachfrage nach dem besonders hochwertigen Baurohstoff aus dem Oberrheingraben wurden auch zunehmend Anträge auf Erweiterung von Kiesgruben gestellt und das GLA um rohstoffgeologische Beratung gebeten. Im Brief vom 14.07.1987 an das Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg führt der damalige Präsident Prof. BERNHARD DAMM mit Bezug auf diese Anfragen der Rohstoffindustrie und des Regionalverbands aus: „*Das Fehlen einer grundsätzlichen Untersuchung (Stufe B3) setzt solchen Aussagen allerdings enge Grenzen. Auch dadurch wird deutlich, dass die planmäßige Rohstofferfassung eine volkswirtschaftlich vordringliche und gesellschaftspolitisch unverzichtbare Aufgabe darstellt, die nicht hinter anderen gesellschaftlichen Zielen zurückstehen sollte.*“ Damit wurde zum Ausdruck gebracht, dass ohne ausreichende rohstoffgeologische Erkundungsarbeiten durch den Geologischen Dienst keine den Anforderungen entsprechende Beratung erfolgen könne.

2.4 Die Prognostische Rohstoffkarte (PRK) (1990–1999)

Nach dem RSK ist als erster Schritt in der „Stufe B, langfristige Sicherstellung“ die Erstellung von Prognostischen Rohstoffkarte vorzusehen (Abb. 11). Beginnend mit dem Jahr 1990 konnte das neu geschaffene Referat *Rohstoffgeologische Landesaufnahme* nach personeller Aufstockung und entsprechender finanzieller Ausstattung des GLA die Arbeiten an Prognostischen Rohstoffkarten 1 : 50.000 auch in anderen Regionen aufnehmen. Neben Stammpersonal wurden zunächst auch Geobüros und Werksvertragsnehmer beauftragt. Die PRK diente unter Verwertung der Daten aus Archiven, Betriebserhebungen und übersichtsmäßigen Geländebegehungen dazu, eine Grundlage für die weiteren, detaillierteren Karten zu schaffen und die bereits laufenden Regionalplanverfahren im Sinne des RSK zu unterstützen (GLA 1993).

Die Prognostische Rohstoffkarte für die Region Neckar-Alb wurde 1991 fertiggestellt, für Schwarzwald-Baar-Heuberg 1992, für Hochrhein-Bodensee 1993, für Bodensee-Oberschwaben und Donau-Iller 1994, für die Region Ostwürttemberg 1995 (Erläuterungen dazu 1999), Region Heilbronn-Franken 1998, Region Südlicher Oberrhein für den Kiesanteil und Region Stuttgart 1999; die PRK für Region Nordschwarzwald war im Jahr 1997 abgeschlossen, der Festgesteinsanteil der Region Südlicher Oberrhein schließlich 1999.

Eine Prognostische Rohstoffkarte für die Region Unterer Neckar (heute Region Rhein-Neckar als Teil einer grenzübergreifenden Metropolregion) wurde vom Verband Unterer Neckar nicht angefordert, weil der Verband aus terminlichen Gründen parallel zu den Arbeiten des GLA in der angrenzenden Region Mittlerer Oberrhein „Rohstoffsicherungskarten“ aus eigenen Mitteln erstellen ließ. Dies erfolgte mit fachlicher Unterstützung beratender Geologen, die mit den geologischen Verhältnissen im Raum Mannheim – Heidelberg vertraut waren.

Die Karten konnten ab 1994, beginnend mit der PRK für die Region Bodensee-Oberschwaben, mit digitalen Medien erstellt und daher auch in größerer Stückzahl ausgedruckt werden; Kartenausdrucke, digitale Kartografiedaten (ab 1994) und maschinengeschriebene Erläuterungen lagen aber stets nur dem jeweiligen Regionalverband und dem Geologischen Dienst vor. Die vor 1994 analog erstellten Karten der PRK konnten später schrittweise in Geografische Informationssysteme überführt werden und dienen heute zusammen mit der Gewinnungsstellen-Datenbank bei den Vorbereitungen zur KMR 50 als erste Orientierung für die Bearbeiter. Die PRK für den Festgesteinsanteil der Region Südlicher Oberrhein (1999) und für die Region Nordschwarzwald (1997) konnte bereits vollständig mit digitalen Kartografieverfahren (GIS) bearbeitet und übermittelt werden (Abb. 15).

Mit den Prognostischen Rohstoffkarten wurde für die Regionalplanung erstmals aufgezeigt, wo die bedeutsamen oberflächennahen Rohstoffvorkommen in der jeweiligen Region voraussichtlich liegen. Nachteilig wirkte sich bei dieser ersten Generation der Rohstoffkarten aus, dass sie aufgrund des Prognoseverfahrens (nur auf Basis der Auswertung geologischer Karten) Planern und Mitgliedern der Verbandsversammlungen in den meisten Gebieten die Existenz von Rohstoffvorräten suggerierte, welche bei genauerer Betrachtung (d. h. nach ausreichenden Kartier- und Erkundungsarbeiten) nicht oder nur zum Teil bestätigt werden konnten. Aufgrund des durch die Regionalplanung vorgegebenen Zeitrahmens waren aber zunächst keine flächenhaften Kartierarbeiten mit rohstoffgeologischer Beurteilung der Gesteinsvorkommen oder gar mit technischen Erkundungsmaßnahmen möglich.

Nach dem vorgesehenen Ablauf im RSK (Diagramm der Abb. 11) sollte im nächsten Schritt eine „*Ausscheidung der Flächen auf der prognostischen Rohstoffkarte" erfolgen, „auf welchen Rohstoffgewinnung nach planerischen Gesichtspunkten infolge feststehender anderer Nutzungsvorränge nicht möglich erscheint*"; dieser Schritt sollte von den Regionalverbänden vorgenommen werden.

Wie eingangs erwähnt, fertigte der Regionalverband Mittlerer Oberrhein auf Basis der ersten Prognostischen Rohstoffkarte von 1984 in einem Pilotprojekt für alle ihm bekannten Nutzungskonkurrenzen Karten im Maßstab 1 : 50 000 an. Mangels anderer technischer Möglichkeiten erfolgte dies auf großformatigen Transparentfolien. Die Stapelung dieser zahlreichen Folienkarten erbrachte – anders als bei der Aufstellung des Konzepts erwartet – die Feststellung, dass außer wenigen schmalen Geländekorridoren von wenigen Zehnermetern Breite keine konfliktfreien Gebiete vorhanden waren.

Bei diesem im Jahr 1989 erreichten Kenntnisstand wurde gemeinsam von Regionalverband Mittlerer Oberrhein und GLA beschlossen, im durch besonders mächtige und hochwertige Kieslagerstätten gekennzeichneten Oberrheingraben eine tiefergehende Abwägung der Konflikte vorzunehmen. Dazu musste aber auch von rohstoffgeologischer Seite eine präzisere Aussage über die genaue Lage derartiger Lagerstättenteile möglich sein (vgl. Zitat B. DAMM am Ende von Kap. 2.3). Der im Konzept vorgesehene Ablauf (Abb. 11) musste also dahingehend abgeändert werden, dass vor der Neuausweisung von Vorranggebieten genauere rohstoffgeologische Karten vorliegen mussten. Bis zu deren Verfügbarkeit sollte weiter nach dem raumplanerischen Grundsatz verfahren, wonach „Erweiterungen vor Neuaufschluss" vorzusehen seien. Dies hat in vielen Region schrittweise dazu geführt, dass der Abbau in schlechten bzw. nur noch eingeschränkt verwertbaren Lagerstättenteilen umgeht und somit – um die Menge der geforderten hochwertigen Baustoffe aber weiterhin bereitstellen zu können – zu erhöhter Flächeninanspruchnahme.

Seit wenigen Jahren wird – einer bei vielen Erweiterungsplanungen wiederholten Anregung des LGRB folgend – auf regionalplanerischer Ebene erwogen, diesen Grundsatz durch den Zusatz „hochwertig (gutes Material, große Mächtigkeit) vor geringwertig (schlechteres Material, geringe Mächtigkeit)" zu ergänzen (vgl. dazu Rohstoffstrategie, Diskussionstand 2018).

2.5 Die Lagerstättenpotenzialkarte (LPK) (1990–2000) – methodische Grundlage für die KMR 50

2.5.1 Einleitung, Übersicht

Der erste Schritt zur Schaffung einer ausreichenden rohstoffgeologischen Wissensbasis war, dass für bedeutsame, ausgedehnte Rohstoffkörper eigene Erkundungsarbeiten mit Bohrungen und umfangreichen Probenahmen durchgeführt wurden (Abb. 13 und 14). Die Reihenfolge richtete sich (wie bei den

nachfolgenden KMR 50-Karten) v. a. nach den terminlichen Anforderungen der Regionalverbände. Das Mineralogisch-Petrographische Labor am GLA wurde technisch und personell den Anforderungen hinsichtlich Probenmengen und Fachmethoden entsprechend ausgestattet. Geophysikalische Messverfahren wurden in Bohrlöchern und im Gelände (Geoelektrik, Georadar) eingesetzt. Weil Geologie, Erkundungsverfahren und Ergebnisse, einschließlich der Laborbefunde, für die verschiedenartigen Rohstoffkörper – Kies im Oberrheingraben, kleinräumige, komplexe Kieskörper in Oberschwaben, Kalkstein der Schwäbischen Alb, Gipsstein im Gipskeuper der Baar – möglichst allgemein verständlich und nachvollziehbar dargestellt werden sollten, waren alle Ausarbeitungen zur LPK umfangreich hinsichtlich Text und illustrierenden Karten und Profilschnitten (s. Beispiele der Abb. 19–26).

Lagerstättenpotenzialkarten wurden in den Jahren 1990–2000 erstellt für die Kieskörper in den Regionen Mittlerer Oberrhein (1992) und Südlicher Oberrhein (Teil I: Süd- und Mittelteil 1995; Teil II: Nordgebiet 1996), die Oberjura-Kalksteine der mittleren Alb in der Region Neckar-Alb (1995), für die Gipssteinvorkommen in der Region Schwarzwald-Baar-Heuberg (1999) und die kompliziert aufgebauten Kies- und Sandvorkommen in Bodensee-Oberschwaben; die LPK Bodensee-Oberschwaben wurde in drei umfangreiche Gutachten aufgeteilt: Teil A für die älteren Schotter (1998), Teil B für die Kalksteinvorkommen der südlichen Schwäbischen Alb (Mai 2000) und Teil C für die rohstoffgeologische Bewertung der jungen Kiesvorkommen (August 2000).

2.5.2 Beispiel für großräumige Lockergesteinslagerstätten: Lagerstättenpotenzialkarte für die Region Südlicher Oberrhein

Für die beiden Lagerstättenpotenzialkarten Mittlerer und Südlicher Oberrhein wurden die Kieskörper erstmals mit geeignetem Bohrverfahren bis auf ihre geologische Basis untersucht; besonderes Augenmerk wurde auf die Probenahme gelegt, wozu ein großer Bohrdurchmesser erforderlich war (Abb. 13 und 14). Unter Nutzung der vorhandenen Bohrinformation aus dem GLA-Archiv wurden anhand der Bohrergebnisse Karten der nutzbaren Kies- und Sandmächtigkeiten erzeugt (Abb. 16). Sie liefern bis heute zuverlässige Informationen über die Lage und den Lagerstätteninhalt besonders mächtiger Kieskörper. Die Ergebnisse wurden in umfangreichen Gutachten mit zahlreichen thematischen Karten und geologischen Schnitten festgehalten.

Abb. 13: Mit großkalibrigen Bohrungen mittels einer sog. Kiespumpe wurden die bis 140 m mächtigen Kieskörper am südlichen Oberrhein bis unterhalb der Kiesbasis erkundet und anhand großer Mischproben die Kiese auf ihre Gesteinsqualität hin untersucht. Bohrung Ro8011/B1 westlich von Breisach a. R.-Grezhausen, Region Südlicher Oberrhein, im Oktober 1993.

Abb. 14: Die in 1 m langen Kernkisten ausgelegten Lockersedimentproben aus den Kiesbüchsenbohrungen wurden zuerst petrographisch aufgenommen, danach wurden Probenintervalle für die Laboruntersuchungen festgelegt. Die Metalltäfelchen geben die jeweilige Untergrenze einer Mischprobe an. Im oberen Bild ist eine Einschaltung von grauem Fein- und Mittelsand im Kieskörper erkennbar, im unteren bei der Intervalltafel 50 die Grenze des kiesig-sandigen Quartärs zum kalkfreien, grauen Feinsand des Jungtertiärs (Pliozän, Iffezheim-Formation); die Grenze wird durch eine auch im Gamma-Log gut erkennbare Tonlage markiert. Die Kiesbasis wurde also erreicht. Fotos von den LGRB-Bohrungen Ro7313/B3 bei Achern-Wagshurst und Ro7512/B2 bei Neuried-Ichenheim (beide im Ortenaukreis) aus dem Jahr 1995.

LABORDATENBANK - MINERALOGIE UND PETROGRAPHIE
- 3. KORNGRÖSSENVERTEILUNG (VERSION 2.1994) -

TK25: 7413
Probenbezeichnung Rohstoffe: RO 7413 / B 3 / 2.6 - 59.75
Sonstige Probenbezeichnung:

Fundort: Willstätt
R: 3416720 H: 5377950 Höhe: 141.9 m ü.NN
Probenmaterial: 2 (1=Kies, 2=Kiessand, 3=Sand, 4=Ton)

Eingereicht durch: WERNER am: 22.5.1995 Auftraggeber: 2
(1=Landesaufnahme 2=Rohstoffe 3=Abt.3 4=Abt.4 5=Abt.5 6=Sonstige)
Methode: 1 (1=Siebanalyse 2=Schlämm-A. 3=komb. Sieb-/Schlämm-A.)

KIESSAND

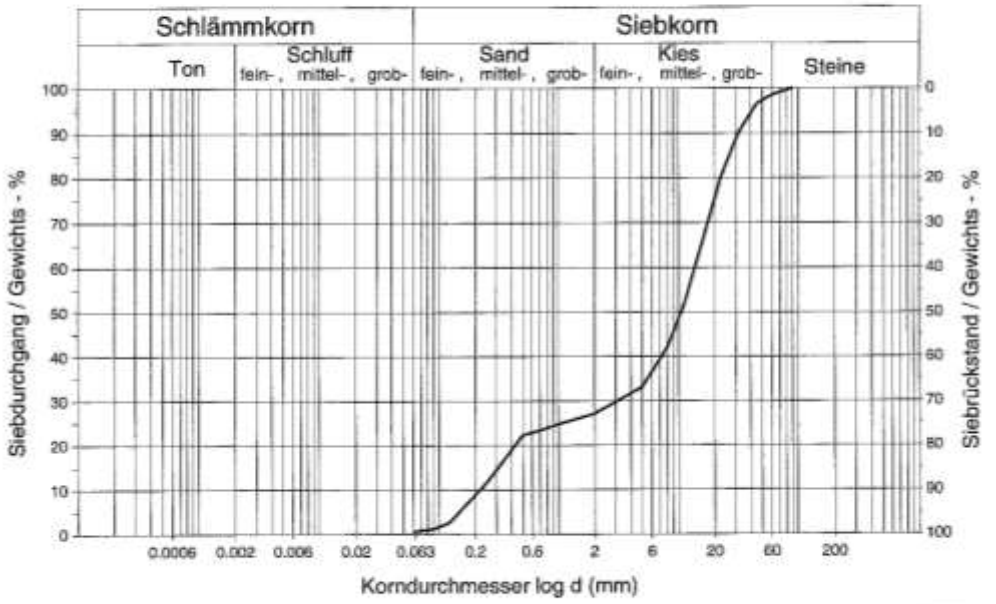
Klasse (mm)	<0,063	0,063-0,09	0,09-0,125	0,125-0,25	0,25-0,5	0,5-0,71
Anteil (%)	0.56	0.64	1.35	9.10	10.62	1.17
Summen (%)	0.56	1.21	2.56	11.66	22.27	23.44

Klasse (mm)	0,71-1,0	1,0-2,0	2,0-5,0	5,0-8,0	8,0-11,2	11,2-16,0
Anteil (%)	1.34	2.35	6.00	8.84	9.96	14.40
Summen (%)	24.78	27.13	33.14	41.98	51.95	66.34

Klasse (mm)	16,0-22,4	22,4-31,5	31,5-45,0	45,0-56,0	56,0-63,0	>63,0
Anteil (%)	13.78	9.87	6.50	1.56	0.59	
Summen (%)	80.12	90.00	96.50	98.06	98.65	

Klasse (mm)	63,0-90,0	>90,0
Anteil (%)	1.35	
Summen (%)	100.00	

Kornklasse :	2-16mm	16-32mm	>32mm	Ton-Sand(<2mm)	Kies(>2mm)
Gesamtanteil :	39.21 %	23.65 %	10.00 %	27.13 %	72.86 %



Kieslager (OKL+MKL)
RO 7413/ B 3 / 2.6 - 59.75

GEOLOGISCHES LANDESAMT
BADEN-WÜRTTEMBERG
Freiburg, den 28.9.95 , Az.: 3296.01/94-4764

*Abb. 15: Am umfangreichen Probenmaterial der Kieserkundungsbohrungen wurden im GLA-Labor neben petrographischer Bestimmung der Kiesgerölle (Gesteinsart und -festigkeit) sowie des Kalkgehalts im Sand auch **Korngrößen-Analysen** für Probenintervalle von 2–6 m Länge durchgeführt. Für dieses Beispiel aus der Bohrung Ro7413/B3 bei Willstätt (Ortenaukreis) von 1995 wurde aus den einzelnen Probendaten die durchschnittliche Korngrößenverteilung (Kornsummenlinie) für das von 2,6 bis 59,75 m reichende Obere und Mittlere Kieslager rechnerisch ermittelt.*

Das Diagramm (Abb. 15) zeigt, dass dieser Lagerstättenabschnitt aus fast 73 % Mittel- mit Grobkiesen mit 27 % Mittel- und Grobsand besteht; der Steinanteil beträgt nur 2 %, der Schluff- und Tonanteil nur 1 %. Gemeinsam mit dem Ergebnis, wonach es sich um sehr harte Kiesgerölle und um Quarzsande mit geringem Kalkanteil handelt, kommt damit zum Ausdruck, dass es sich um eine sehr hochwertige und mächtige Lagerstätte handelt. Aus diesen eiszeitlichen Schotterablagerungen lassen sich vom Brechsand bis Edelsplitt alle Produkte für den Verkehrswege- und Betonbau herstellen.

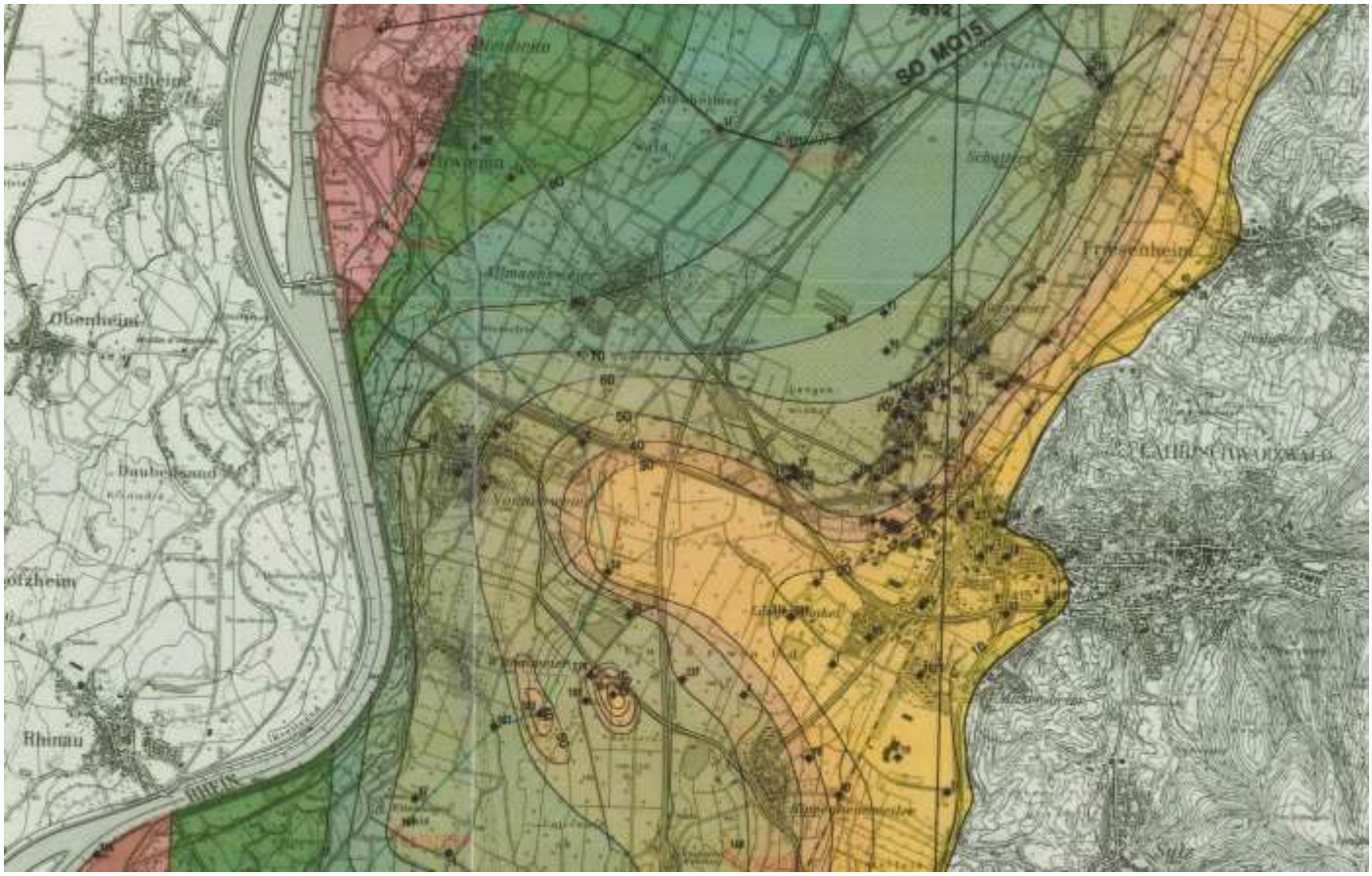


Abb. 16: Anhand von zahlreichen Erkundungsbohrungen (schwarze Punkte) erstellte Lagerstättenpotenzialkarte mit Darstellung der nutzbaren Kiesmächtigkeiten, Beispiel aus dem Gebiet westlich von Lahr.

Die für große Rohstoffkörper erstellte, auf umfangreichen Kartier-, Bohr- und Analytikprogrammen aufbauende Lagerstättenpotenzialkarte (LPK) wurde 2004 eingestellt, weil sich die publizierte KMR 50 als das bessere Format herausgestellt hatte. Sie ist geeignet, alle für die Planung wesentlichen Ergebnisse in einheitlicher Form darzustellen. Ein weiteres Anliegen dabei war und ist, dass die wertvollen Ergebnisse der rohstoffgeologischen Erkundung des GLA einem möglichst breiten Kreis von Interessenten, somit nicht nur den 12 Regionalverbänden, zur Verfügung gestellt werden sollte.

2.5.3 Beispiel für kleinräumige Lockergesteinslagerstätten: Lagerstättenpotenzialkarte für die Region Bodensee-Oberschwaben, Teil A („Ältere Schotter“)

Im Satzungsbeschluss zur Erstellung des Regionalplans der Region Bodensee-Oberschwaben vom September 1994 wird in Bezug auf die Erstellung des Teilregionalplans Rohstoffsicherung ausgeführt: „*Hierzu werden nach der Auswertung der Lagerstättenpotentialkarten im Teilregionalplan Rohstoffsicherung Schutzbedürftige Bereiche und Sicherungsbereiche für den Abbau in Zusammenarbeit mit dem Geologischen Landesamt konkretisiert*“. Zur Aufstellung des beschlossenen Teilregionalplans wurde ein Arbeitskreis „Rohstoffsicherung“ gegründet, der im November 1995 seine Arbeit aufnahm.

Die Lagerstättenpotenzialkarte für die Region Bodensee-Oberschwaben besteht aufgrund konkreter Aufträge des Regionalverband Bodensee-Oberschwaben aus drei Teilen, die sich jeweils anderen für die Region besonders wichtigen Rohstoffkörpern widmen:

- Teil A: „Ältere Schotter“ – Kiesvorkommen der Riß-, Mindel- und Günzvereisungen (abgeschlossen: Juni 1988)
- Teil B: Kalksteinvorkommen der südlichen Schwäbischen Alb (abgeschlossen: Mai 2000)
- Teil C: Rohstoffgeologische Bewertung junger Kiesvorkommen (= würmzeitliche Vereisungen) (abgeschlossen: August 2000).

Für die Teile A und B waren recht umfangreiche Erkundungsarbeiten mit Kernbohrungen erforderlich, die zahlreichen jüngeren, meist grundwassererfüllten Kiesvorkommen (Teil C) wurden anhand der bestehenden Daten beurteilt. Die zusammenfassenden Bewertungen der einzelnen Rohstoffvorkommen wurden in den Teilen B und C bereits weitgehend im Stil der KMR 50 präsentiert (Kap. 3).

(A) Erkundungskonzept für die Vorkommen älterer Schotter

Abweichend von der vorangegangen Kieserkundung im Oberrheingraben mit seinen ausgedehnten und zusammenhängenden Kiesablagerungen (Abb. 16) musste in der Region Bodensee-Oberschwaben die Erkundung auf aussichtsreiche Einzelgebiete gelenkt werden. Durch die vorausgegangene quartärgeologische, hydrogeologische und rohstoffgeologische Landesaufnahme war bekannt, dass jedes Kies- und Sandvorkommen im Alpenvorland anders aufgebaut sein kann. Kleinräumige Wechsel der Sedimentfazies (Schotter, Sande, Diamikte, Mergel und Tone) sind die Regel (Abb. 17–19).

Daher wurden nur jene auf der Prognostischen Rohstoffkarte eingegrenzten Gebiete untersucht, die nach Maßgabe des Regionalverbands Bodensee-Oberschwaben aus raumplanerischer Sicht günstige Rahmenbedingungen für einen möglichen künftigen Kiesabbau vermuten ließen. Allerdings wurde seitens des Verbands damals lediglich auf langfristig gültige und schwer überbrückbare Konflikte wie Natur- und Wasserschutz sowie Siedlung geachtet.

Abb. 17: Links: Blockig-steinig-mergelige Einschaltungen („Moränenmaterial“) in würmzeitlichen Schottern der Kiesgrube Amtzell-Grenis (RG 8224-3). Rechts: Einschaltungen von schluffigen Diamikten in würmzeitlichen Schottern (Hasenweiler-Fm.) am Fuß der Abbauwand, Kiesgrube Ilmensee-Neubrunn (RG 8122-1).

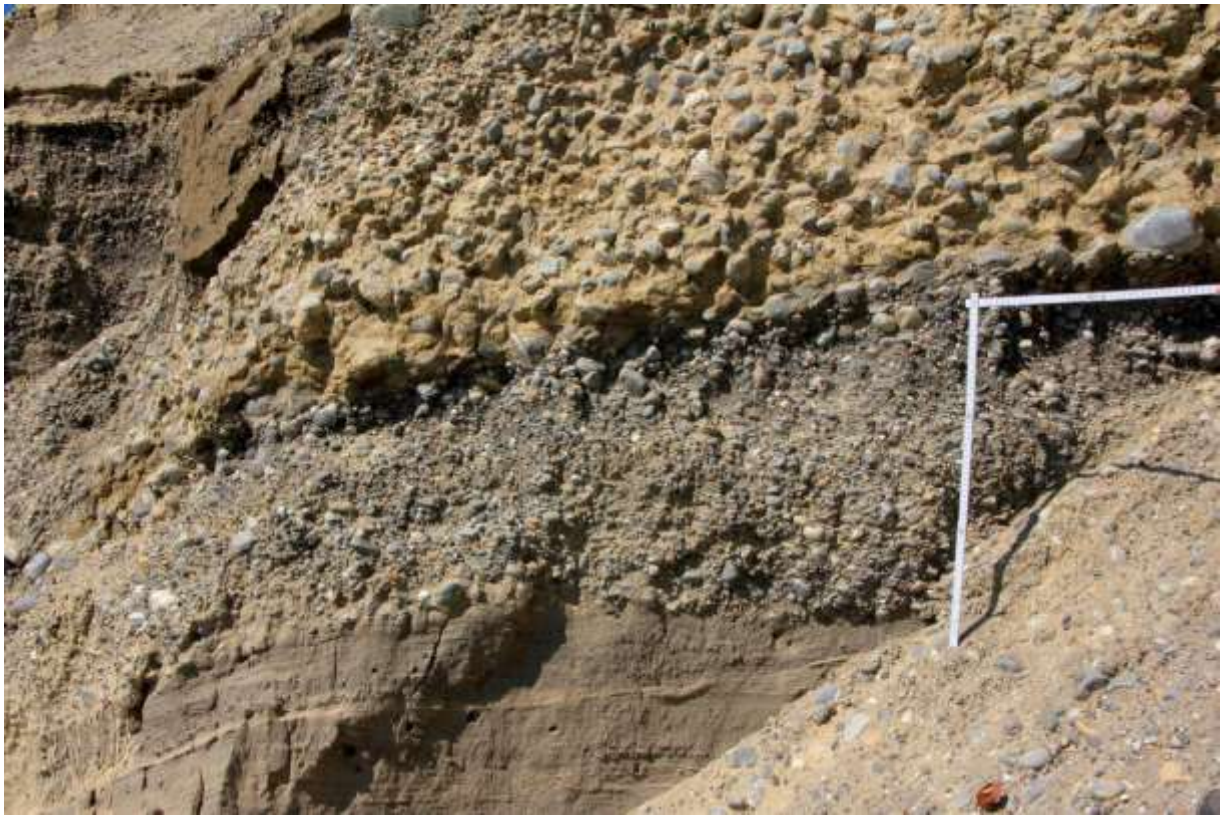


Abb. 18: Rasche lithologische Wechsel sind typisch für die Kiesvorkommen in Bodensee-Oberschwaben. Im gezeigten Beispiel (Kiesgrube RG 8323-4 im Tettnanger Wald) werden Fein- und Mittelsande von sandigen Kiesen und diese von verfestigten Grobschottern überlagert. Das Erkundungsverfahren zur Auswahl von Eignungsgebieten für die Regionalplanung muss daher ausreichend detailliert sein, um rohstoffwirtschaftlich relevante Unterschiede zu erfassen; ablagerungsgenetische Modelle sind sowohl bei der Auswahl der Erkundungsverfahren als auch bei der Interpretation der Daten von ausschlaggebender Bedeutung.

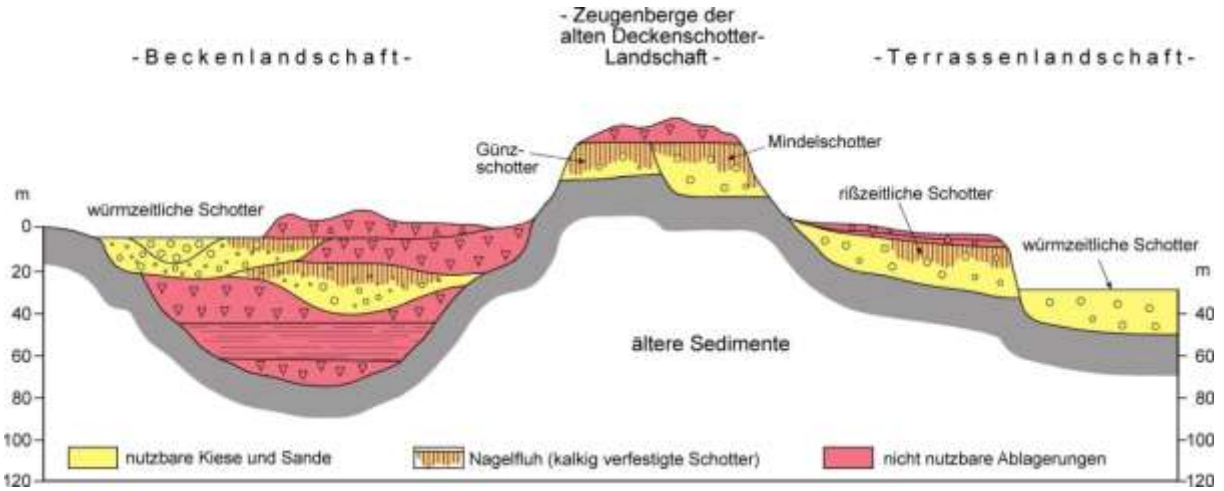


Abb. 19: Kies- und Sandvorkommen im oberschwäbischen Alpenvorland: Schematischer Schnitt durch Ablagerungen der Becken-, Deckenschotter- und Terrassenlandschaften. Alle Vorkommen zeichnen sich aufgrund des zeitlich und räumlich häufigen Wechsels von Sedimentations- und Erosionsereignissen im Quartär durch rasche Wechsel in der Lithologie und Verfestigung aus. Die zur rohstoffgeologischen Bewertung gewählten Kartier-, Erkundungs- und Analyseverfahren müssen dieser Wechselhaftigkeit Rechnung tragen (aus: WERNER 2000, nach einem Entwurf von D. ELLWANGER).

Nach dieser Prüfung der Nutzungskonflikte durch den Regionalverband stellten sich die Vorkommen der Älteren Schotter als relativ konfliktarm heraus, insbesondere weil dort kaum oder nur geringmächtige Grundwasservorkommen existieren. Diese treten in den Gebieten **Krauchenwies, Saulgau-Ost und -West, Denkingen, Bad Waldsee-Reute, Oberschwarzach** und **Dietmanns** auf.

Ziel des Erkundungsprogramms in diesen Gebieten war es, Informationen über laterale Ausdehnung, Mächtigkeit und Qualität der Kiese und Sande des Riss und des Deckenschotter-Komplexes (Günz-, Haslach- und Mindel-Vereisungen) zu erhalten. Qualitativ hochwertige und mächtige Kiesvorkommen sollten von solchen mit geringerer Qualität (tonig-mergelig, stark verfestigt) und Mächtigkeit abgegrenzt werden, um Aussagen über die Schutzwürdigkeit für die Regionalplanung bzw. das Lagerstättenpotenzial machen zu können.

Zur rohstoffgeologischen Bewertung dieser sieben Gebiete wurde eine vierstufige Vorgehensweise gewählt:

1. Stufe: Kompilation und Bewertung vorhandener allgemein geologischer und rohstoffgeologischer Daten sowie Aktualisierung der Betriebserhebung in den Gewinnungsstellen von Kiesen und Sanden der Region.
2. Stufe: Geländebegehungen, Untersuchung wichtiger Aufschlüsse im Hinblick auf die Ablagerungsdynamik (Sedimentologie, Genese); Festlegung von Bohrpunkten und technische Vorbereitungen für das Bohrprogramm.
3. Stufe: Abteufen der Kernbohrungen und Aufnahme der Bohrkerne vor Ort. Im Fall des Nachweises von Kiesablagerungen in nutzbarer Qualität und Mächtigkeit: umgehende Durchführung von Verdichtungsbohrungen; zeitlich parallel dazu Laboruntersuchungen zur Sedimentzusammensetzung.
4. Stufe: Nach Bewertung aller Ergebnisse und Entwurf von geologischen Modellen (dargestellt in geologischen Schnitten): Planung des geophysikalischen Messprogramms für vier höffige Gebiete (Saulgau-West, Denkingen, Waldsee-Reute, Dietmanns), Durchführung der Messungen.

Folgende **rohstoff- und quartärgeologischen Kriterien** wurden für die Bewertung der Kies- und Sandablagerungen herangezogen:

(A) Gesamtmächtigkeit und laterale Ausdehnung der nutzbaren Kies- und Sandablagerungen.
(B) Mächtigkeit der Deckschichten (Kiesverwitterungslehme, Löss) einschließlich nicht nutzbarer überlagernder Moränensedimente.
(C) Anzahl und Mächtigkeit von feinkörnigen Einschaltungen in den Schottern wie z. B. Moränenablagerungen und Seesedimente.
(D) Beimengungen in den Kieskörpern, die einen Abbau negativ beeinflussen können wie Schluffe und Tone sowie karbonatische Verkittungen der Schotter zu "Nagelfluh".
(E) Korngrößenverteilung in den Kieskörpern, insbesondere der Anteil von Ton, Schluff und Sand.
(F) Petrographische Zusammensetzung der Kiesgerölle (s. u.), insbesondere der Anteil an wenig widerstandsfähigen Komponenten, sowie der Karbonatgehalt des Sandes.
(G) Auftreten von Verwitterungsbildungen in den Schottern.
(H) Wasserführung der Schotterkörper, sofern dadurch ein möglicher Abbau tangiert werden könnte.
(I) Genese und Lithostratigraphie: Aufgrund der komplexen Entwicklungsgeschichte der pleistozänen Ablagerungen waren die Erkundungsergebnisse auch genetisch und lithostratigraphisch zu interpretieren. Ziel war, Prognosen über die Ausdehnung der Ablagerungen zu erhalten. Beispiele: Sanderflächen lassen vergleichsweise große und einheitliche Kiesablagerungen erwarten, wohingegen unmittelbar am Eisrand und vor den Endmoränenwällen abgelagerte grobe Kiese durch lokal große Mächtigkeiten, aber auch geringe laterale Ausdehnung gekennzeichnet sind (Abb. 20).

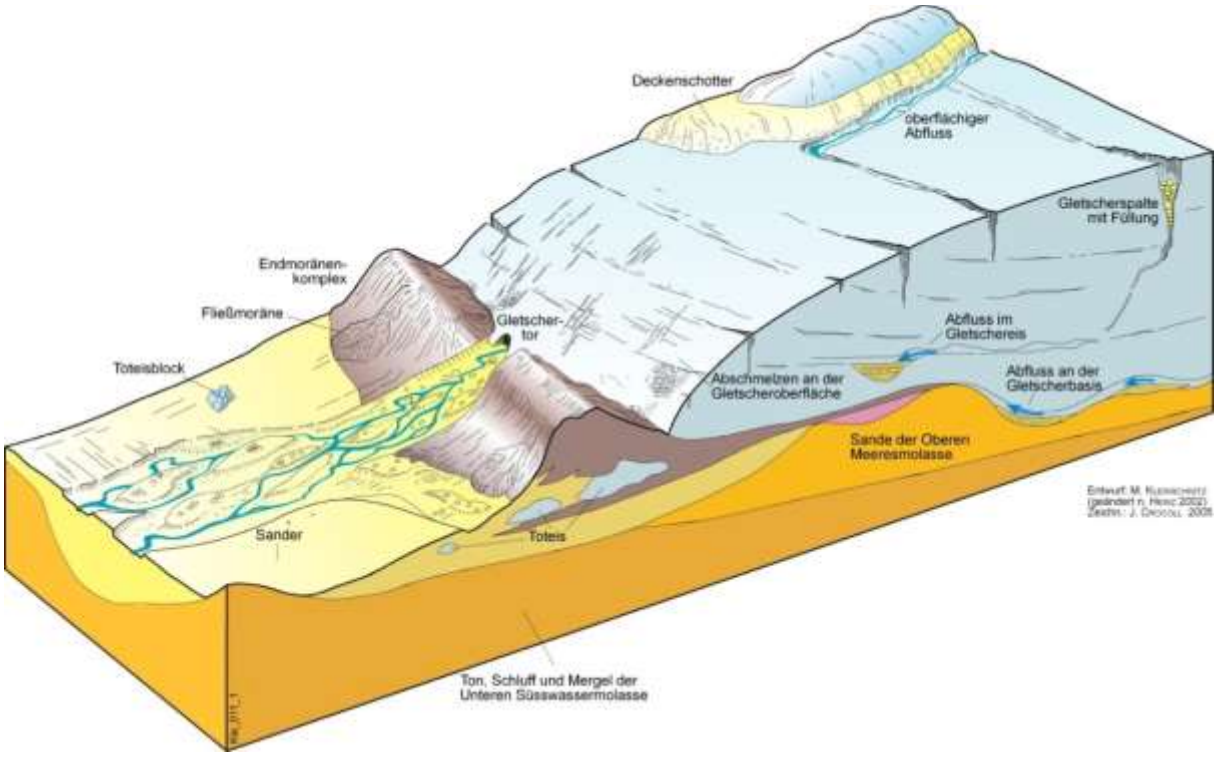


Abb. 20: Blockbild zur Darstellung der Verhältnisse während des Maximalstands des würmzeitlichen Rheingletschers (nach: LGRB 2002 a). An der Gletscherstirn entstanden Moränenwälle, die örtlich von Schmelzwasserflüssen durchbrochen wurden; im Vorfeld kamen kiesig-sandige Talfüllungen und Sander zur Ablagerung.

Als Beispiel für die **Analyse von rohstoffgeologisch relevanten Parametern** der oberschwäbischen Schottervorkommen kann die petrographische Geröllanalyse angeführt werden. An 217 großen Proben von 41 Kernbohrungen wurde die Fraktion 11–22 mm hinsichtlich ihrer Gesteinszusammensetzung bestimmt. Ziel dieser Untersuchung war, die Anteile der verschiedenen Gesteinsarten und deren Verwitterungsgrad zu bestimmen, was einerseits für die grundsätzliche Verwertbarkeit als Rohstoff, andererseits u. U. auch bezüglich der Rekonstruktion des Liefergebiets und des Alters der Ablagerung von Bedeutung ist.

Zur Beschreibung der Geröllzusammensetzung wurde das von SCHREINER (1992) für das Gebiet des pleistozänen Rheingletschers aufgestellte Klassifikationsschema als Grundlage verwendet. Basierend auf den dort verwendeten 11 Gesteinsklassen wurde jedoch zusätzlich nach Gesteinsfestigkeit und Verwitterungsanzeichen differenziert. Dies führte zu den 23 nachfolgend aufgelisteten **Gesteinsklassen**; die in kursiv gehaltenen Gesteine zeichnen sich durch *besondere Festigkeit* aus.

A Gruppe der kieseligen Gesteine
1. *Quarze, Milchquarze, Quarzbrekzien*
2. *Quarzite, dichte und körnige Quarzite*
3. *Hornsteine, ohne sichtbares Korn, meist schwarz, rot oder grün*
4. Kalkfreie Sandsteine
5. Angewitterte kalkfreie Sandsteine

B Gruppe der "Kristallin"-Gesteine
6. Gneise, Schiefer und Granite
7. Angewitterte Gneise, Schiefer und Granite
8. *Amphibolite*
9. Angewitterte Amphibolite
10. *Ophiolithe, Grünsteine* (basische bis ultrabasische Gesteine)
11. *Porphyre*
12. Angewitterte Porphyre

C Gruppe der karbonatischen Gesteine

13. Dunkelgraue bis schwarze Kalksteine
14. Angewitterte dunkelgraue bis schwarze Kalksteine
15. Helle Kalksteine, hellgrau bis weiß
16. Angewitterte helle Kalksteine
17. Gelbe und rote Kalksteine
18. Angewitterte gelbe und rote Kalksteine
19. Kalkige Sandsteine
20. Angewitterte kalkige Sandsteine
21. Dolomitsteine
22. Angewitterte Dolomitsteine
23. Nagelfluh

Bei den Kiesvorkommen des Riss und der sog. älteren Schotter oder Deckenschotter (Günz, Mindel und älter) handelt es sich fast ausnahmslos hinsichtlich Gesteinswechsel und Geometrie um komplex aufgebaute Sedimentkörper. Die Sedimentation der durch Schmelzwässer antransportierten Geröllfrachten aus den Alpen und die Erosion dieser durch wieder vorrückende Eismassen oder danach erneut auftretende, kurzzeitig sehr energiereiche Schmelzwässer wechselten sich zeitlich und räumlich mehrfach ab. Während im tektonischen Graben des Oberrheingebiets eine sich kontinuierlich einsenkende Sedimentfalle vorliegt, und die Ablagerungen daher übereinander zu liegen kommen und zugleich großräumig und relativ einheitlich sind, führte die Dynamik im Alpenvorland zu einem lebhaften lateralen und vertikalen Wechsel von Schotterfluren, Eiszerfallslandschaften mit Toteislöchern, glazialen Becken sowie sehr unterschiedlich ausgedehnten und mächtigen Moränendecken und -wällen.

Für die Kiesindustrie nicht verwertbare karbonatische Verkittungen der Schotter (sog. Nagelfluh, eine Art Naturbeton) können zudem sehr ausgedehnt und mächtig sein. Die rohstoffgeologische Erkundung muss diese kleinräumigen Wechsel erfassen und die entsprechend engmaschige Erkundung mit Hilfe von genetischen Modellen interpretieren.

Nachfolgend wird die Vorgehensweise zu Erkundung, Kartierung und Ergebnisdarstellung vor allem anhand grafischer Beispiele aus den Gebieten Dietmanns bei Bad Wurzach (Krs. Ravensburg) und Denkingen bei Pfullendorf (Krs. Sigmaringen) erläutert; die Arbeiten und ihre Ergebnisse für alle zuvor genannten sieben Erkundungsgebiete in der Region Bodensee-Oberschwaben sind in GLA (1998) und den dieses Gebiet überdeckenden KMR 50-Blättern ausführlich dargestellt.

(B) Einheitliche Bewertung der Kies- und Sandvorkommen in Alpenvorland nach Lagerstättenpotenzialen

Um die komplexen geologischen Verhältnisse und die Fülle der einzelnen Erkundungsergebnisse möglichst allgemein verständlich und nah an der Planungspraxis „auf den Punkt zu bringen", wurden im Zuge der Fertigstellung der LPK Neckar-Alb (s. u.) und der LPK Bodensee-Oberschwaben, Teile A und B, die Bewertungen nach Lagerstättenpotenzialen eingeführt. Hierbei wird ausgesagt, wie groß nach Auswertung aller Daten das Potenzial eingeschätzt wird, dass das beurteilte Gebiet eine Lagerstätte, also ein wirtschaftlich verwertbares Rohstoffvorkommen, enthält.

Die sehr zahlreichen Vorkommen von Kiesen und Sanden im Alpenvorland wurden in fünf Lagerstättenpotenzial-Kategorien untergliedert. Diese lassen sich unter Berücksichtigung der quartärgeologischen Situation in den Regionen Bodensee-Oberschwaben, Hochrhein-Bodensee und Donau-Iller folgendermaßen umreißen:

Sehr geringes Lagerstättenpotenzial (LP): Kleinräumige Vorkommen (< 50 ha), für die aufgrund eines guten Kenntnisstandes (z. B. weil bereits Kiesabbau erfolgt bzw. erfolgte) bekannt ist, dass ein Rohstoffvolumen von 2–3 Mio. m^3 vorhanden ist und dass das Vorkommen in Kombination mit anderen Vorkommen genutzt werden kann. Abraum-/Nutzschichtverhältnis: 1 : 4 bis 1 : 3. Vorkommen, die diese Voraussetzungen nicht erfüllen, sind auf den Karten i. d. R. nicht dargestellt.

Geringes LP: a) Kleinräumige Vorkommen (< 50 ha), die jedoch wegen hoher nutzbarer Mächtigkeiten ein Rohstoffvolumen von voraussichtlich > 3 Mio. m^3 aufweisen; b) Mittelgroße Vorkommen (50–300 ha), 5–15 m mächtig, meist gut verwertbare Kiese und Sande bzw. 15–20 m mächtig, aber mit bis zu 30 % störenden Beimengungen (Feinsedimente, Nagelfluh); Abraum-/Nutzschicht-verhältnis: 1 : 4 bis 1 : 3.

Mittleres LP: Mittelgroße (50–300 ha) bis großflächige (> 300 ha) Vorkommen mit 10–20 m mächtigen, gut verwertbaren Kiesen und Sanden oder mit mehr als 20 m Mächtigkeit, z. T. aber mit störenden Beimengungen, oder mit bis zu 50 m Mächtigkeit und mit bis zu 30 % störenden Bestandteilen; Abraum-/Nutzschichtverhältnis: maximal 1 : 4.

Hohes LP: Großflächige Vorkommen (> 300 ha) mit durchschnittlich 20–30 m mächtigen, gut verwertbaren Kiesen und Sanden, seltenen Einlagerungen von Feinsedimenten und Nagelfluh; Abraum-/Nutzschichtverhältnis: überall < 1 : 5.

Sehr hohes LP: Großflächige Vorkommen (> 300 ha) mit leicht zu gewinnenden Kiesen und Sanden und lithologisch einheitlich aufgebauten Kieskörpern mit Mächtigkeiten von durchschnittlich 30 m oder darüber; Abraum-/Nutzschichtverhältnis: deutlich kleiner als 1 : 6.

(C) Erkundungsbeispiele aus den Gebieten Denkingen bei Pfullendorf und Dietmanns bei Bad Wurzach

Im Gebiet Denkingen bei Pfullendorf (Abb. 21) wurden die durch die Eintalungen in einem schmalen Streifen angeschnittenen günzzeitlichen Deckenschotter erkundet. Auf der geologischen Karte (Abb. 21) sind die mit Gg gekennzeichneten Schotter großflächig von risszeitlichen Moränen (Rm) überdeckt. Es war zu prüfen, ob darunter Kiese in geeigneter Qualität und Mächtigkeit verborgen liegen. Die Abb. 22 zeigt die Ergebnisse der Mächtigkeitsmodellierung, der Schnitt von Abb. 23 verdeutlicht die Verbandsverhältnisse.

Bewertung für das Gebiet Pfullendorf-Denkingen: Es handelt sich um einen schichtigen, relativ einheitlich aufgebauten Kieskörper (hellgrüne Fläche in Abb. 23) mit einem geschätzten Volumen von rd. 25 Mio. m^3. Die durchschnittliche nutzbare Mächtigkeit liegt bei ca. 20 m. Drei kleine Erosionsreste von Moränenmaterial mit mehr als 5 m Mächtigkeit würden einen Abbau nicht behindern. Aufgrund des Nagelfluhanteils von ca. 20–30 % und den Abraummächtigkeiten von durchschnittlich ca. 3–5 m wäre ein etwas erhöhter Abbau- und Aufbereitungsaufwand erforderlich. Angesichts des tiefen Grundwasserstands (1,4 m über der Molasse) kann der Kieskörper nahezu vollständig trocken abgebaut werden. Der Ostteil des Untersuchungsgebiets hingegen, in dem 10–30 m mächtige Kiese auftreten, liegt geschlossen unter einer 5–10 m mächtigen Moränendecke (vgl. geol. Schnitt der Abb. 23), so dass dieses Areal nicht für einen künftigen Kiesabbau und somit auch nicht als regionalplanerisches Vorranggebiet in Frage kommt.

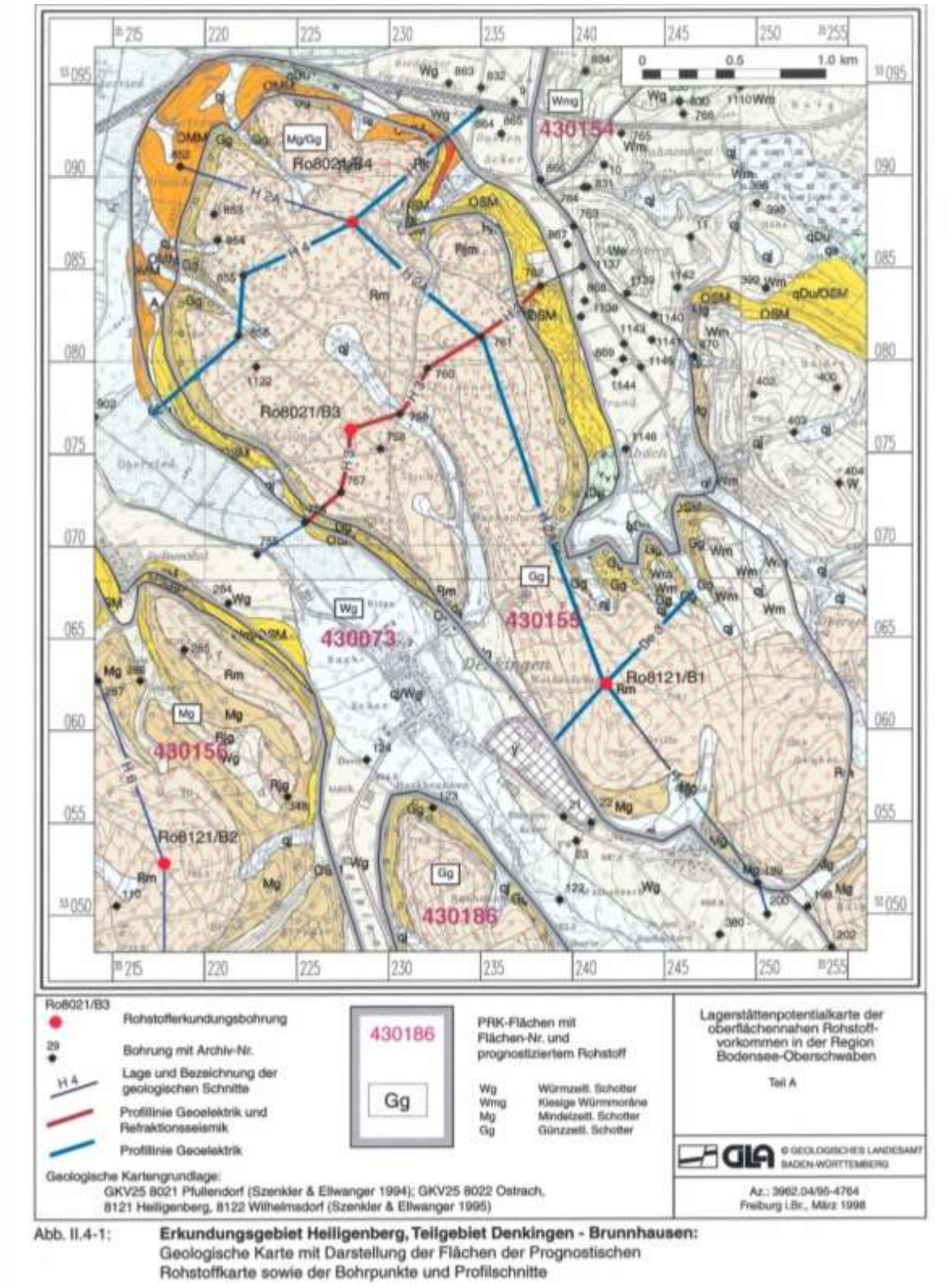


Abb. II.4-1: **Erkundungsgebiet Heiligenberg, Teilgebiet Denkingen - Brunnhausen:** Geologische Karte mit Darstellung der Flächen der Prognostischen Rohstoffkarte sowie der Bohrpunkte und Profilschnitte

Abb. 21: Beispiel zur Erkundung der Deckenschottervorkommen mittels Rammkernbohrungen und geoelektrischen Sondierungen bei Denkingen. Dargestellt sind auf der geologischen Karte 1 : 25.000 die vor der Erkundung vorhandenen Bohrungen (schwarze Punkte) und die zur Kieserkundung des GLA abgeteuften Rammkernbohrungen (rote Punkte). Entlang der eingetragenen Profillinien wurden geoelektrische Sondierungen durchgeführt. Hierbei wurden die stark unterschiedlichen Leitfähigkeiten von trockenen Schottern und tonigen Moränensedimenten genutzt.

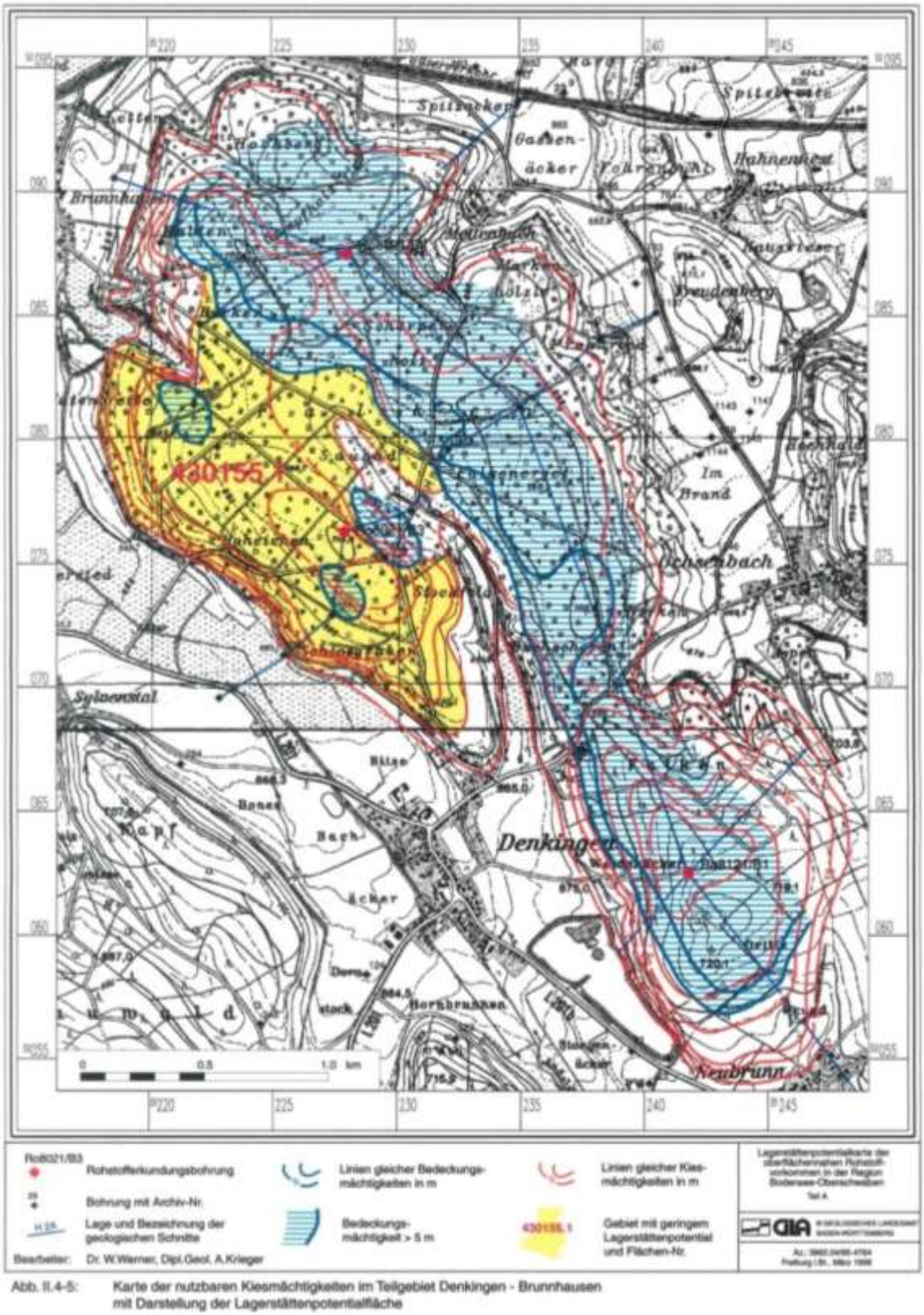


Abb. II.4-5: Karte der nutzbaren Kiesmächtigkeiten im Teilgebiet Denkingen - Brunnhausen mit Darstellung der Lagerstättenpotentialfläche

Abb. 22: Darstellung der ermittelten Kies- und Überdeckungsmächtigkeiten im Gebiet Denkingen bei Pfullendorf (aus: GLA 1998). Mit gelber Flächenfarbe ist das für den Kiesabbau geeignete Gebiet herausgehoben. Dieses entspricht dem in der späteren KMR 50 dargestellten und beschriebenen Vorkommen.

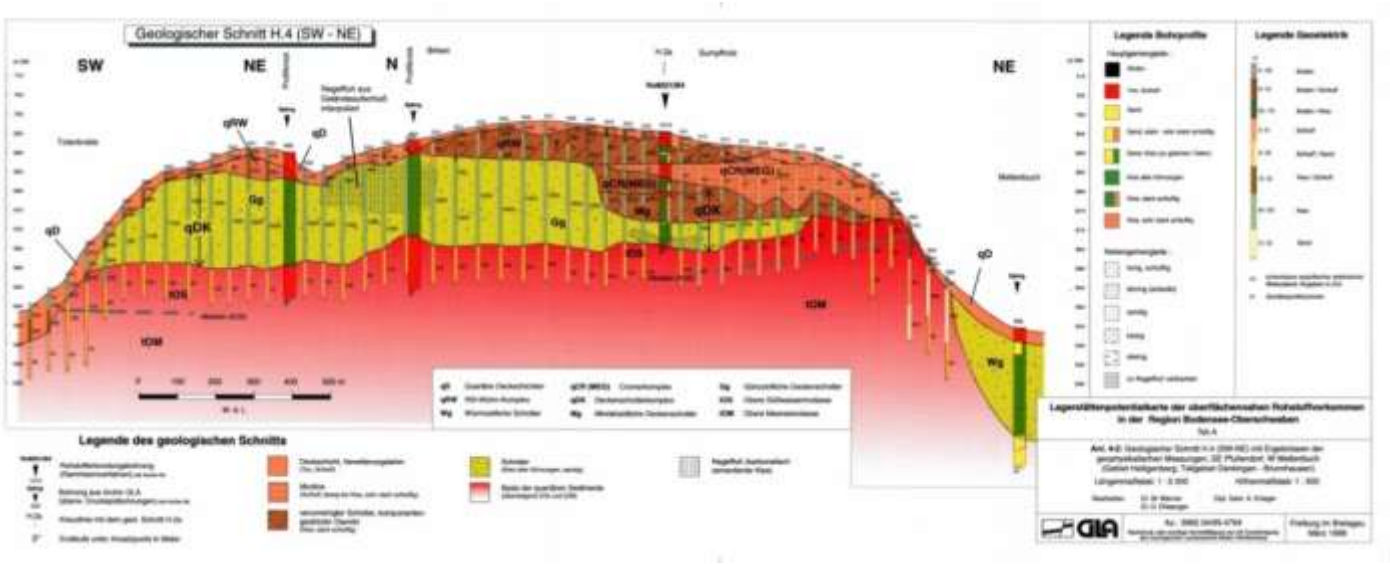


Abb. 23: Beispiel für die Darstellung der Erkundungsergebnisse aus dem Gebiet Denkingen bei Pfullendorf. Die günzzeitlichen Deckenschotter wurden mittels Rammkernbohrungen (breite Balken) und geoelektrischen Sondierungen (schmale Balken) untersucht. In roten Farben sind die liegenden (nicht nutzbaren) Feinsedimente der Molasse, in Braun die (ebenso nicht nutzbaren) Moränensedimente dargestellt. Helle Grüntöne markieren die Kiesablagerungen, die bei einer Überlagerungsmächtigkeit von unter 5 m als nutzbar eingestuft werden können (aus: GLA 1998).

Gebiet Dietmanns bei Bad Wurzach

Die rohstoffgeologische Erkundung dieses Gebiets liefert ein gutes Beispiel für die – damals eingeführte – Untergliederung von erkundeten Kiesvorkommen nach Lagerstättenpotenzialen; zugleich ist es eine Fallstudie für den effizienten Einsatz von Methoden der Kartierung, Lithostratigraphie, Bohrtechnik und Geophysik (Abb. 24–26).

Die risseiszeitlichen Schotter bei Dietmanns werden vom Inneren und Äußeren Endmoränenwall des Doppelwallriss umsäumt (Karte der Abb. 24). Zur Ablagerung kamen diese Schotter während des Gletschervorstoßes zum Äußeren Endmoränenwall (SCHREINER 1996: 38). Diese Schotter wurden bis 1970 in der Kiesgrube bei Dietmanns abgebaut, wo sie gleichmäßig horizontal geschichtet 15 m mächtig anstanden. Teilweise wurden diese Kiesablagerungen vom Eis gestaucht, gefaltet und in den Endmoränenwall eingearbeitet. Die Schotter des Endmoränenwalls ("Rde" in Abb. 24) sind in zahlreichen kleinen, heute aufgelassenen Gruben für den örtlichen Bedarf (Wegebau und Betonherstellung) abgebaut worden. Überlagert werden sie von Moränensedimenten des Doppelwallriss, was auf die Überfahrung der Schotter durch den Gletscher zurückgeführt wird.

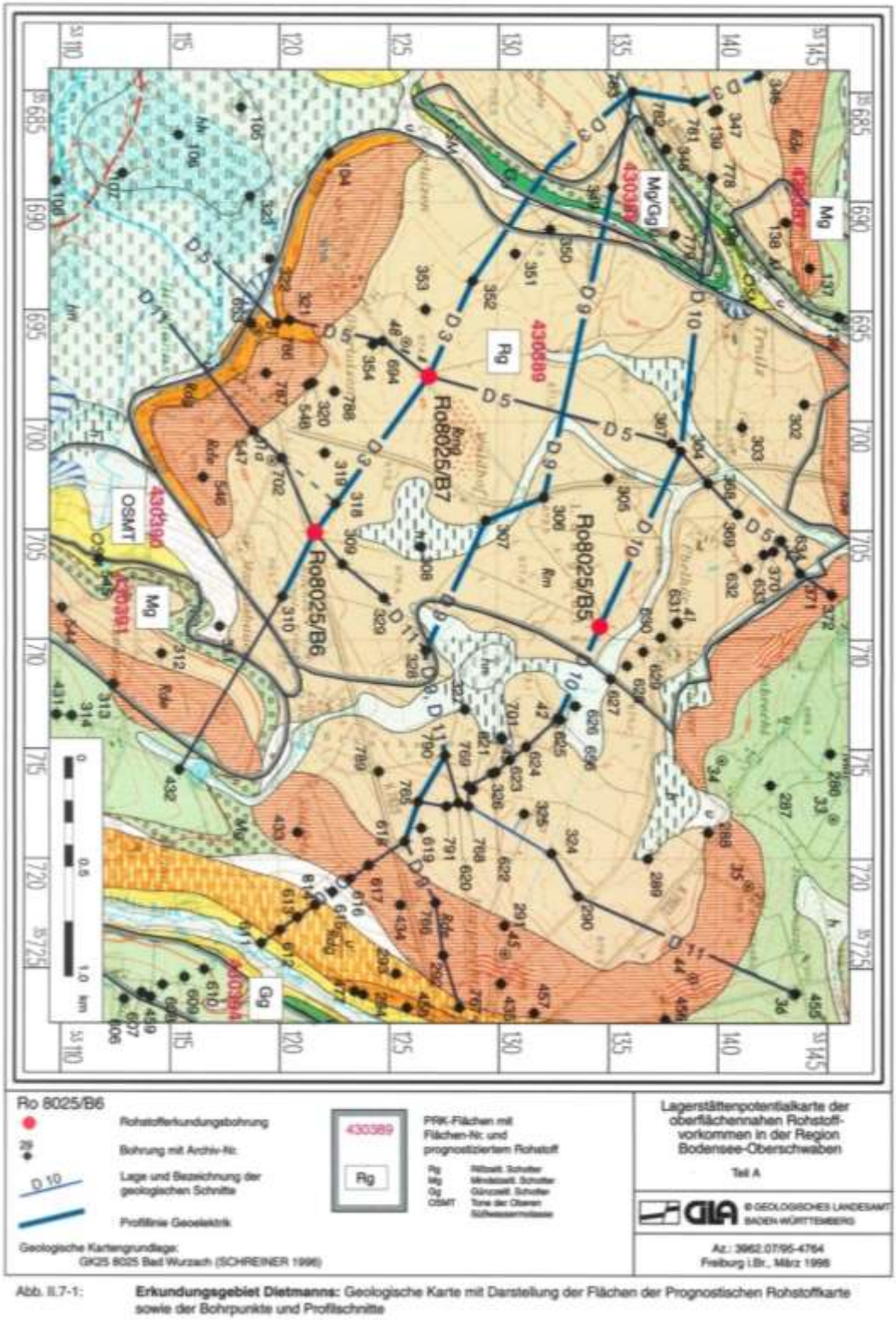


Abb. II.7-1: **Erkundungsgebiet Dietmanns:** Geologische Karte mit Darstellung der Flächen der Prognostischen Rohstoffkarte sowie der Bohrpunkte und Profilschnitte

*Abb. 24: Beispiel für Art und Dichte der Untersuchungspunkte in einem nur wenige Quadratkilometer großen Erkundungsgebiet in Schottern des Doppelwall-Riss im **Gebiet Dietmanns**, nördlich von Bad Wurzach, Lkr. Ravensburg. Dort wurden Schotterablagerungen erkundet, die unter Moränenüberlagerung („Rm“) verborgen liegen. Zahlreiche Druckspülbohrungen (schwarze Punkte) aus der Zeit der Erdölseismik lieferten erste grobe Vorstellungen von Sedimentmächtigkeiten. Rohstoffbohrungen (rote Punkte) und geoelektrische Sondierungen (blaue Linien) lieferten belastbare Daten zur Zusammensetzung und Mächtigkeitsverteilung des Kieslagers und der Deckschichten (weitere Erläuterung: GLA 1998).*

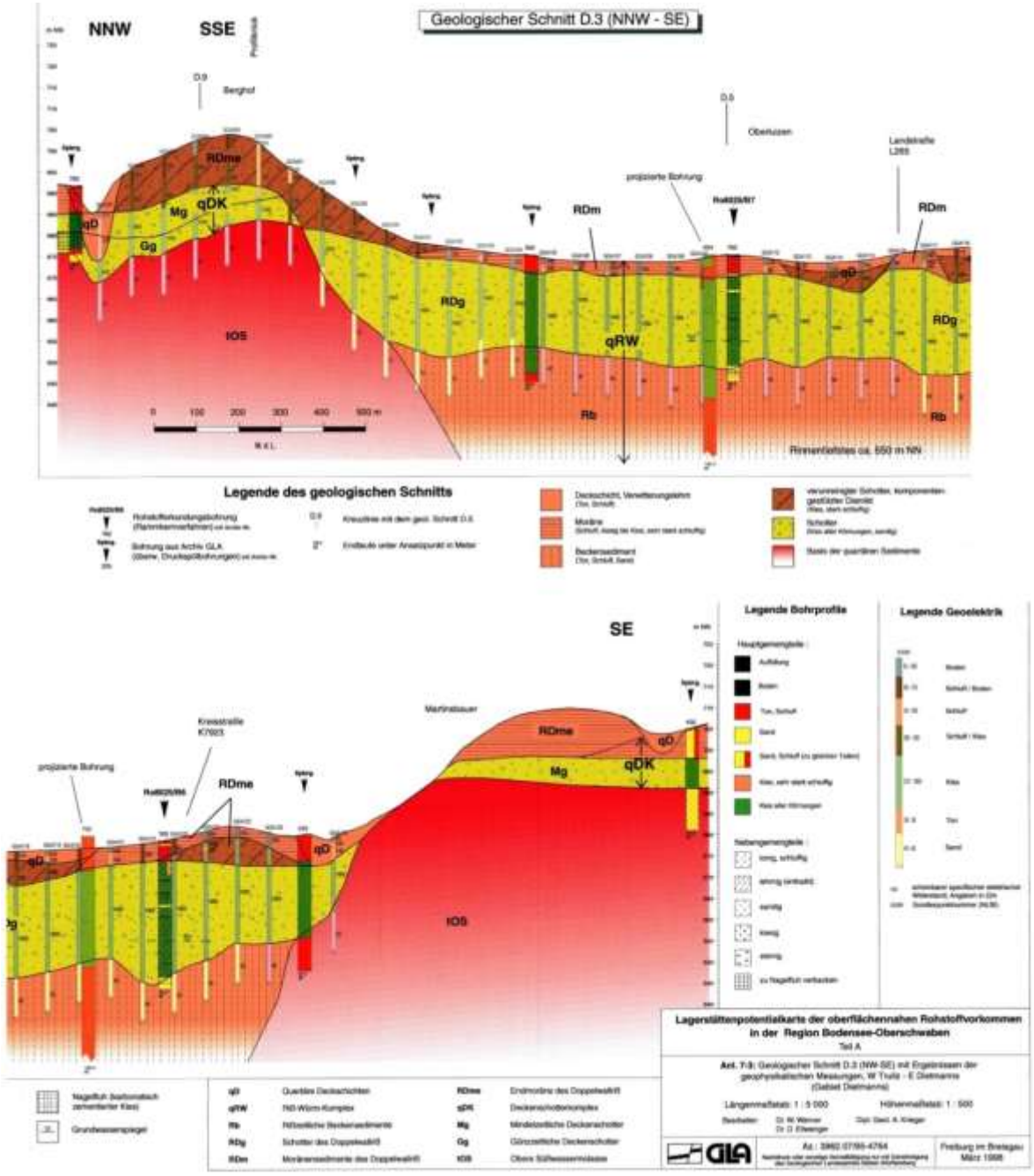


Abb. 25: Kieserkundung in Oberschwaben: Beispiel für die Erläuterung der Erkundungsergebnisse unter Nutzung von farbigen geologischen Schnitten mit Darstellung der Kernbohrungen und geoelektrischen Sondierungen im Gebiet bei Dietmanns.

Erkundungsergebnis: Die Risskiese im Gebiet nordöstlich von Dietmanns bilden eine schichtartige Ablagerung in einer 2–3 km breiten flachen Rinne am Rand des Wurzacher Rieds, welche sich in NE-Richtung in zwei flachgründige Rinnen verzweigt. Die Kiesmächtigkeiten schwanken kleinräumig aufgrund der unregelmäßigen Morphologie der Kiesbasis (Molasse und risszeitliche Beckensedimente) sowie der oft ebenfalls rinnenartig eingeschnittenen lehmigen Deckschichten zwischen 15 und 30 m. Wie die Bohrproben und die geoelektrischen Sondierungen zeigen, handelt es sich bei den Riss-Schottern des Untersuchungsgebiets um schwach schluffige Kiese, die zumeist dicht gelagert, aber nur in geringem Umfang zu Nagelfluh verfestigt sind. Die untersten 7–8 m der Kiesschicht sind grundwassererfüllt. Anhand aller Bohr- und Sondierbefunde ließen sich plausible Karten der Deckschichten-Mächtigkeit, der Kiesbasis (Molasse-Top) und der Kies-Mächtigkeiten (Abb. 25 und 26) konstruieren.

Nach den Daten zur Kiesmächtigkeit ließen sich zwei Gebiete mit unterschiedlichem Lagerstättenpotenzial (LP) abgrenzen, wie dies in der Karte der Abb. 26 dargestellt ist. Die Empfehlung für ein regionalplanerisches Vorranggebiet kann besonders für das Gebiet mit mittlerem LP (grün in Abb. 26) ausgesprochen werden. Nicht farbig herausgehobene weiße Flächen kommen aus rohstoffgeologischer Sicht für einen Kiesabbau nicht in Frage.

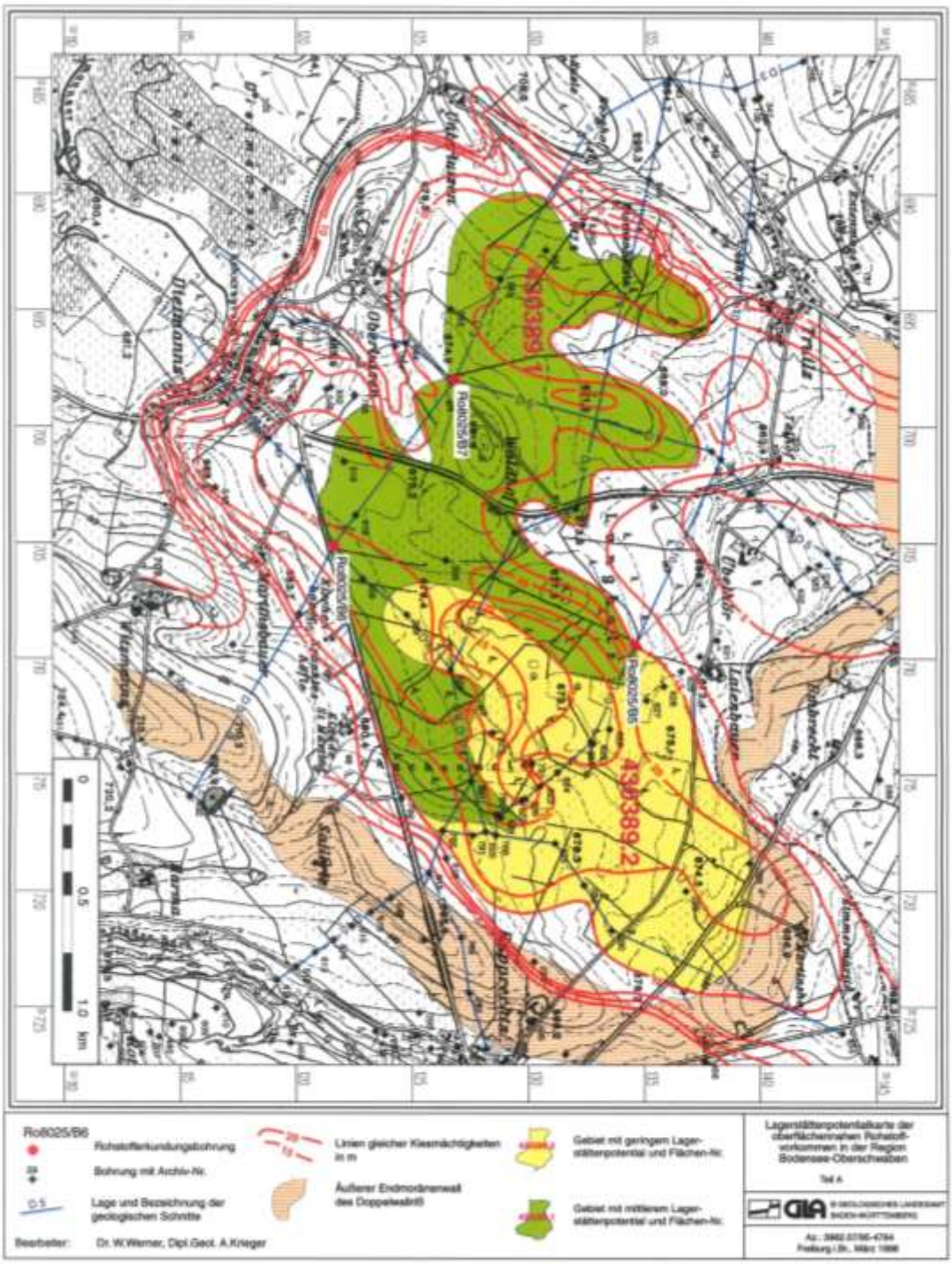


Abb. II.7-8: Karte der nutzbaren Kiesmächtigkeiten im Gebiet Dietmanns mit Darstellung der Lagerstättenpotentialflächen

Abb. 26: Karte der nutzbaren Kiesmächtigkeiten im Erkundungsgebiet Dietmanns mit Darstellung der Kiesvorkommen mit geringem und mittlerem Lagerstättenpotenzial. Beide Teilgebiete werden einzeln beschrieben und dem Regionalverband zur Berücksichtigung im Regionalplan empfohlen.

2.5.4 Beispiel für Festgesteinslagerstätten: Lagerstättenpotenzialkarte für die Region Neckar-Alb (Kalkstein)

Wie können ausgedehnte Festgesteinsvorkommen unter Nutzung aller im Geologischen Dienst vorhandener Daten und mit zeitlich vertretbarem Aufwand für die Geländearbeiten so erkundet und bewertet werden, dass die Ergebnisse für Regionalplaner und Genehmigungsbehörden verständlich und leicht verwendbar sind? Der erste Testfall für die Erkundung großflächig verbreiteter Festgesteinsvorkommen war das Gebiet der Schwäbischen Alb in der Region Neckar-Alb mit ihren mächtigen Kalksteinvorkommen des Oberjuras. Der grundsätzliche methodische Ablauf ist in Abb. 27 dargestellt. Zugleich mussten geeignete Formen der schriftlichen und grafischen Präsentation der Ergebnisse gefunden werden, welche die komplexen Zusammenhänge korrekt, ausreichend detailliert (vor allem für spätere Bearbeiter aus dem Bereich der Geowissenschaften), aber auch ansprechend und gut verständlich darstellen.

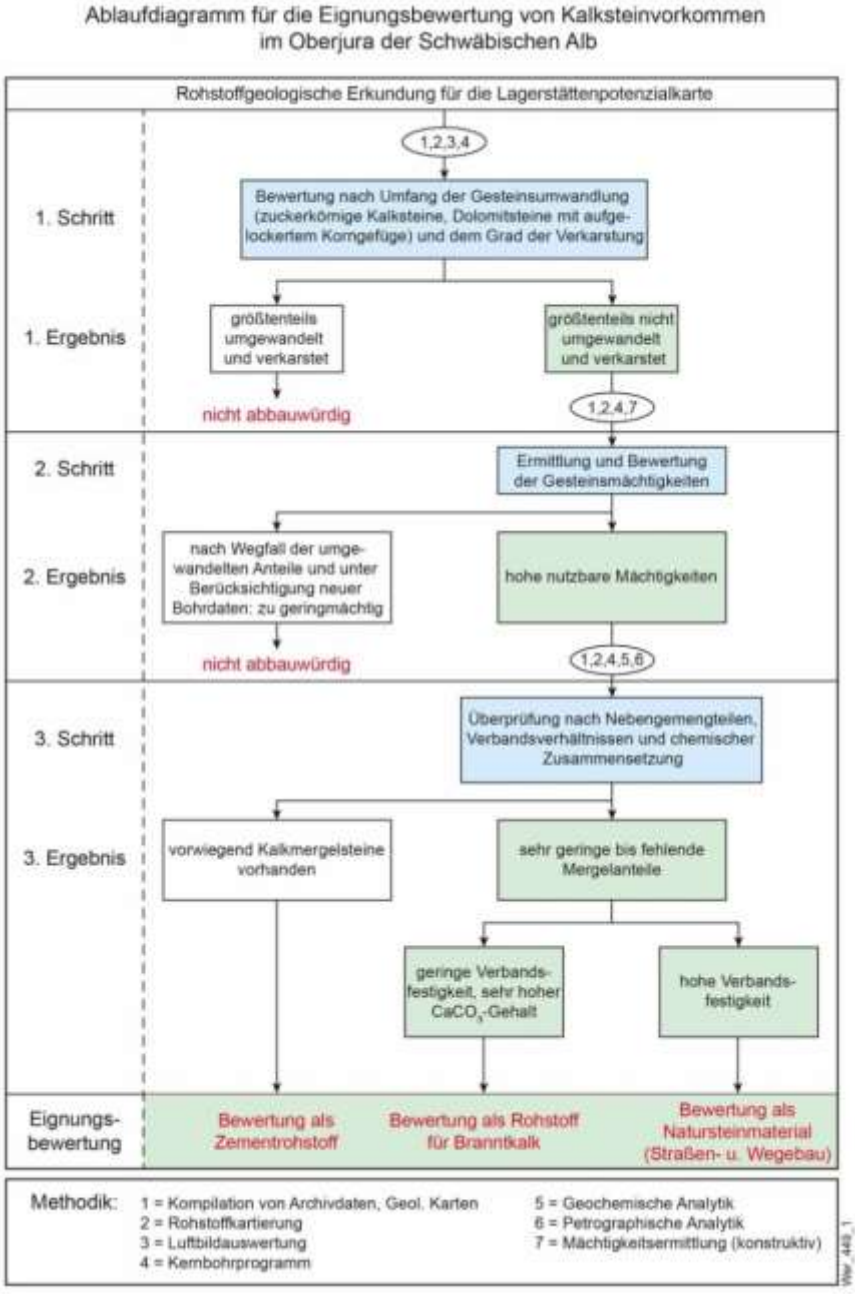


Abb. 27: Schematischer Ablauf der rohstoffgeologischen Erkundung und Bewertung von Kalksteinvorkommen der mittleren Schwäbischen Alb (Region Neckar-Alb) im Zuge der Bearbeitung der Lagerstättenpotenzialkarte.

Die im Zeitraum 1992–1995 durchgeführten rohstoffgeologischen Arbeiten auf der mittleren Schwäbischen Alb dienten dem Ziel, möglichst große, somit langfristig nutzbare Vorräte an hochwertigem Kalkstein soweit einzugrenzen, zu bewerten und kartografisch darzustellen, dass die Ergebnisse für die regionalplanerische Ausweisung von Vorranggebieten und die vorgeschalteten Erörterungsprozesse verwendet werden können.

Wichtigste Geländearbeiten waren die flächenhafte Erfassung von verkarsteten und zuckerkörnig umgewandelten Karbonatgesteinen (Abb. 28 und 29), die Aufnahme aller Aufschlüsse (betriebene und auflässige Steinbrüche, Straßenanschnitte und Bohrungen), die Durchführung eigener Kernbohrungen (Abb. 31 und 32) zur Ermittlung der Gesteinszusammensetzung und -eigenschaften (Abb. 30) sowie der Schichtmächtigkeiten in wichtigen und aussichtreichen Gebieten (Abb. 33), die Ermittlung der Mächtigkeiten von nutzbaren Gesteinskörpern und von nicht nutzbaren Abraumschichten sowie die Erhebung von rohstoffwirtschaftlichen und -technischen Daten; nur unter Berücksichtigung der wichtigen industriellen Einsatzbereiche und der dazu erforderlichen Gesteinseigenschaften können die Vorkommen zu Zwecken der staatlichen oder betrieblichen Rohstoffsicherung zielgerichtet bewertet werden.

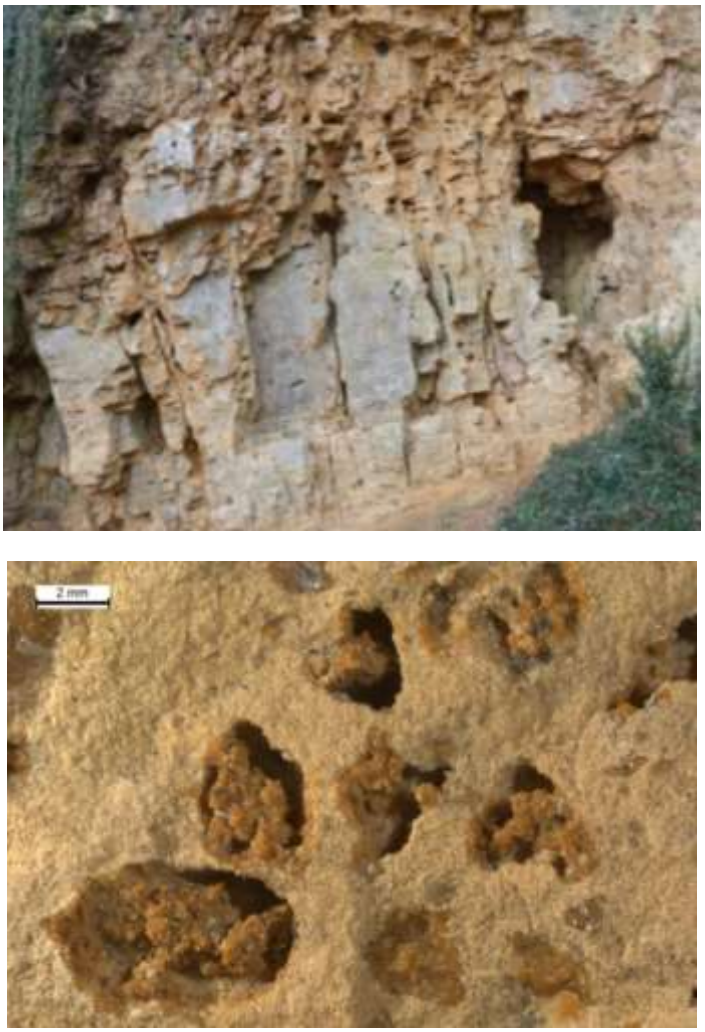


*Abb. 28: Aus rohstoffgeologischer Sicht nicht verwertbare Gesteine sind in Karbonatgesteinsgebieten solche **mit starker Verkarstung** (Bild oben: Markgräflerland) und mit durchgreifender **Dedolomitisierung** (Bild unten: Mittlere Alb, Stbr. Plettenberg); die Dedolomitisierung führte zur Bildung von kavernösen Gesteinen mit geringer Festigkeit („Zuckerkornlochfels"). Während die Verkarstung oberflächennah bevorzugt entlang von Störungszonen auftritt, können Dedolomite in großer Mächtigkeit ausgedehnte Gebiete einnehmen. Im Rahmen der Rohstoffkartierung wurden und werden solche Gesteine mit „ungünstigen Materialeigenschaften" flächenhaft ausgehalten. Wo dies möglich ist, wird auch die Mächtigkeit dieser Gesteinskörper bestimmt.*

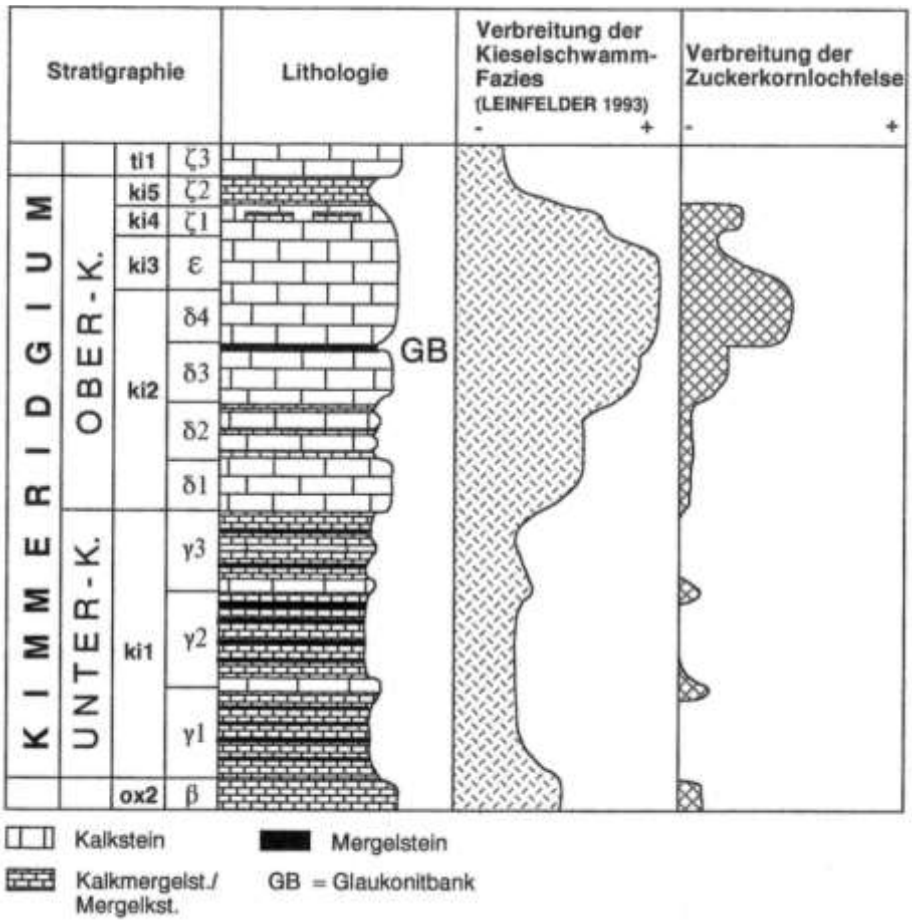


Abb. 29: Die Verbreitung von Dedolomiten („Zuckerkornlochfels") in den Karbonatgesteinen der Schwäbischen Alb. Es wird deutlich, dass eine Korrelation mit Kieselschwamm-führenden Kalksteinen besteht. Durch die Migration von Kieselsäure sind die Kalksteine poröser und daher auch für meteorische Wässer leichter durchdringbar; wahrscheinlich führten diese während der jüngeren Erdgeschichte zur Umwandlung von Dolomit und Hoch-Magnesium-Calcit zur Zuckerkornlochfels (s. Foto der Abb. 28).

Die parzellenscharfe Abgrenzung von Lagerstätten innerhalb dieser Vorkommen ist Aufgabe der an einer Gewinnung interessierten Firmen der Rohstoffindustrie, zumal diese konkrete Verwendungsbereiche bzw. Produkte im Auge haben. Da sich die Nachfrage seitens des Marktes und die technischen Möglichkeiten der Gewinnung und Verarbeitung über die Jahrzehnte hinweg verändern, verändern sich auch die Anforderungen an eine Lagerstätte mineralischer Rohstoffe mit der Zeit; eine Abgrenzung von vermeintlichen Lagerstättenkörpern a priori durch den Geologischen Dienst wäre daher nicht sinnvoll.

Bei der Erstellung von amtlichen Karten zur langfristigen Rohstoffsicherung gilt es also zu berücksichtigen, dass

(1) große, in weiten Teilen bislang nicht rohstoffgeologisch bearbeitete Gebiete in akzeptabler Zeit und in sparsamem Umgang mit Mitteln zu bewerten sind,
(2) industrielle Anforderungen in ausreichender Genauigkeit zu berücksichtigen sind und
(3) die oft komplexen Ergebnisse hinreichend genau und möglichst allgemein verständlich kommuniziert werden müssen.

Die neben den Kiesen und Sanden wichtigsten Baurohstoffe sind Kalksteine, weil die Hauptkomponente Kalk ($CaCO_3$) bei allen Baumassenrohstoffen aufgrund der chemisch-physikalischen Eigenschaften unersetzbar ist. Harte Kalksteine können als Schotter und Splitte für den Verkehrswegebau, für Baustoffe und als Betonzuschlag verwendet werden, hochreine Kalke sind besonders wichtige Grundstoffe für Putze und Mörtel, die chemische Industrie, für Papier, Keramik usw. (s. Abb. 30 und Erläuterungen in den Landesrohstoffberichten), tonige Kalksteine sind Hauptrohstoff für die Herstellung von Portlandzement und Beton usw.

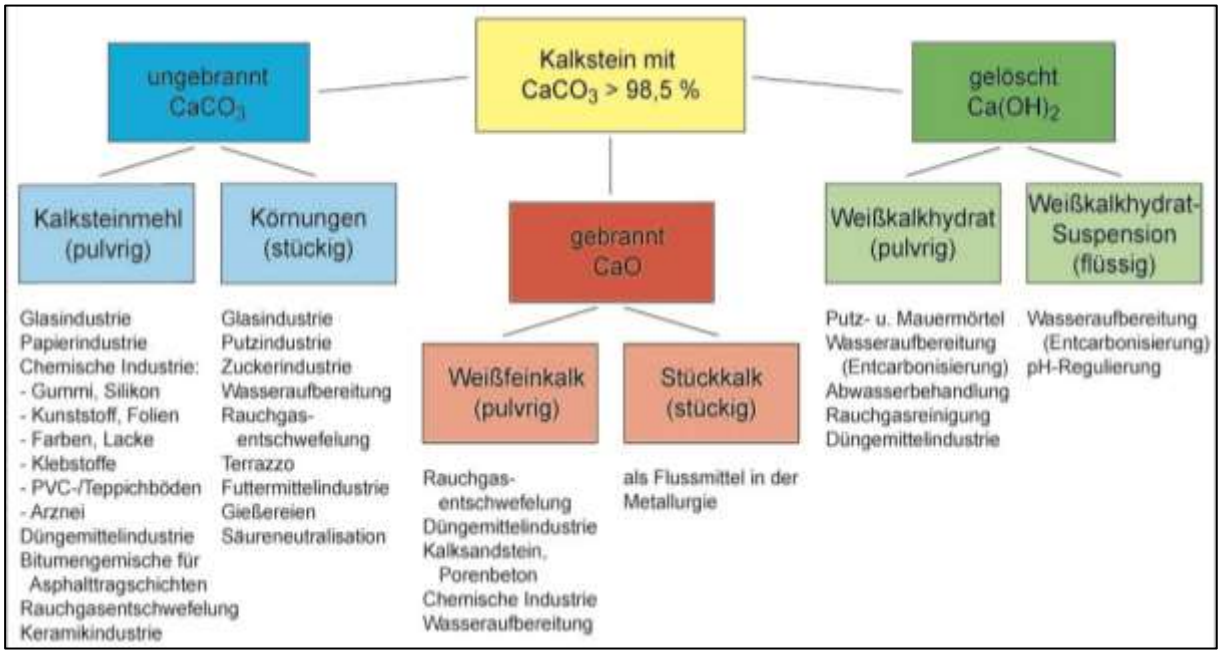


Abb. 30: Darstellung der Einsatzbereiche von hochreinen Kalksteinen zur Verdeutlichung der industriellen Bedeutung von Kalksteinlagerstätten (aus: KIMMIG et al. 2001). Nicht dargestellt sind die vielen Verwendungsbereiche im Verkehrswegebau und in der Zement- bzw. Betonindustrie.

Die rohstoffgeologische Untersuchung der Oberjura-Kalksteine der Schwäbischen Alb zielte auf die Ausweisung von Vorkommen mit **hohem und mittlerem Lagerstättenpotenzial** (Abb. 27 und 33) hinsichtlich einer möglichen späteren Gewinnung dieser Massenrohstoffe, sie diente also als Grundlage für die langfristige Rohstoffsicherung. Die flächenhafte Ausweisung solcher Vorkommen erlaubt die Abwägung mit anderen Nutzungsinteressen. Ein künftiger Abbau in einem Gebiet mit hohem Rohstoffpotenzial sollte Gesteine guter Qualität und in großer nutzbarer Mächtigkeit antreffen. Die Flächeninanspruchnahme könnte so auf das unbedingt notwendige Maß reduziert werden. Für Vorkommen mit mittlerem Potenzial ist zu erwarten, dass hinsichtlich der Materialqualität Abstriche gemacht werden müssen und Erschließung und Abbau etwas höhere Investitionen voraussetzen. Doch auch hier liegen i. d. R. große nutzbare Mächtigkeiten und ausreichend große Flächen für einen langfristigen Abbau vor.

Drei in der Abb. 32 dargestellten Bohrkerne zeigen helle massige bis undeutlich geschichtete Kalksteine (Unterer Massenkalk) mit unterschiedlichem Anteil an Mergelsteinflasern, dunkelgrau sind die Bohrkerne der Lacunosa-Mergel (5. und 6. Bohrkern in Abb. 32) aus dem Abschnitt 108–110 m der Bohrung Ro7621/B5 auf Blatt Trochtelfingen. Von den Bohrkernen abgesägte Kalotten wurden auf ihre chemische Zusammensetzung untersucht (40 Elemente). Der Kalkgehalt – ein indirektes Maß für die Qualität der Gesteine – verhält sich in den gezeigten Bohrkern-Beispielen von Abb. 32 wie folgt (von links nach rechts): 92,8 % $CaCO_3$ / 85 % / 75 % (bei rd. 20 % Tonanteil) / 96,5 %. Daraus lässt sich ableiten, dass die beiden ersten Abschnitte nur mäßige Qualitäten (z. B. als Körnung f. d. Verkehrswegebau) aufweisen, die Lacunosa-Mergel könnten als Zementrohstoff in Frage kommen, der Untere Massenkalk der Bohrung Ro7622/B1A (bei Bernloch, Blatt Hohenstein) eignet sich gut als Naturstein f. d. Verkehrswegebau und auch für Branntkalk.

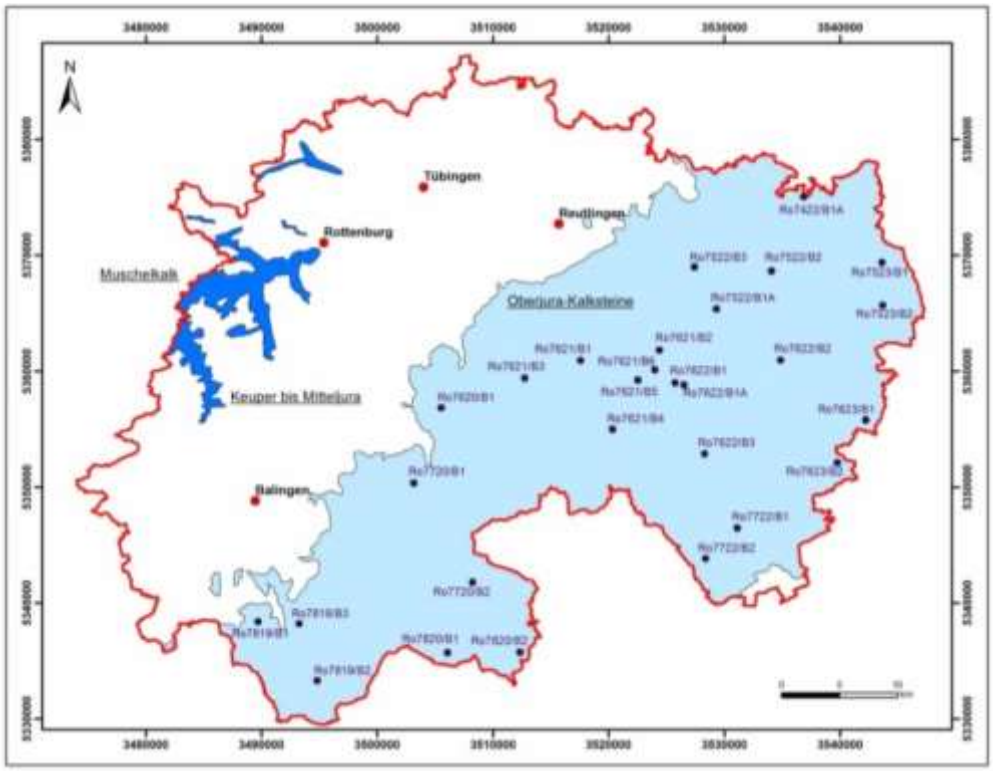


Abb. 31: Bohrpunkte des Erkundungsprogramms 1992 auf der mittleren Schwäbischen Alb zur rohstoffgeologischen Erkundung der ausgedehnten und mächtigen Kalksteinvorkommen des Oberjuras (Weißjura) im Rahmen der Erstellung der Lagerstättenpotenzialkarte für die Region Neckar-Alb. Insgesamt wurden 27 Kernbohrungen durchgeführt (Endteufen zwischen 25 und 130 m), durch welche eine Bohrkernstrecke von zusammen 2364 m gewonnen werden konnte (s. Abb. 32).

Abb. 32: Beispiele von Bohrkernabschnitten von im Jahr 1992 auf der mittleren Schwäbischen Alb durchgeführten Rohstofferkundungsbohrungen (s. Karte Abb. 31), welche der Ermittlung von Gesteinsmächtigkeiten und -zusammensetzung in wahrscheinlich wirtschaftlich interessanten Kalksteinvorkommen dienten.

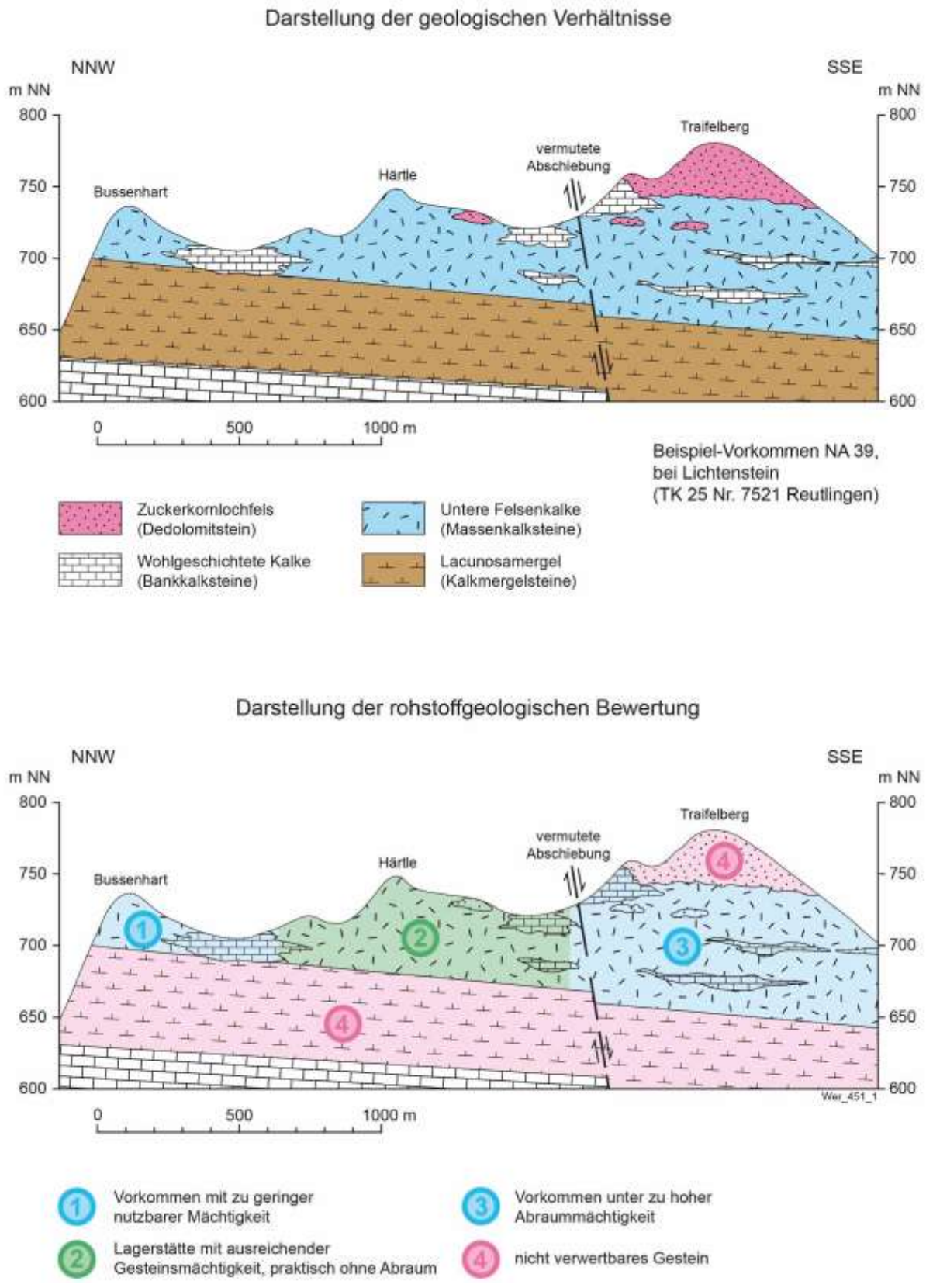


Abb. 33: Geologische Schnitte aus der LPK Neckar-Alb zur Verdeutlichung der Lagerungsverhältnisse und Schichtmächtigkeiten (oben) sowie der Vorgehensweise bei der Festlegung von rohstoffwirtschaftlich interessanten Bereichen (unten: grün).

Definition von Lagerstättenpotenzialen:
Zur vereinfachten Darstellung der insgesamt recht komplexen lagerstättengeologischen Ergebnisse wurde erstmals mit Erarbeitung der LPK Neckar-Alb das Bewertungsprinzip für Festgesteinsvorkommen nach Lagerstättenpotenzialen (LP) eingeführt. Die Bewertung der Vorkommen erfolgte verbal und in übersichtlichen Kartendarstellungen (Abb. 34). Zur großräumigen Bewertung der Kalksteinvorkommen der Schwäbischen Alb im Sinne der Vorerkundung, d. h. zur Identifizierung von rohstoffwirtschaftlich wahrscheinlich interessanten Gebieten (innerhalb derer eine oder mehrere Lagerstätten liegen), wurden folgende Kriterien angelegt: (1) Materialqualität, (2) Verbandsfestigkeit, (3) Lagerungsverhältnisse, (4) geologischer Vorrat (nutzbare Gesteinsmächtigkeit x Fläche), (5) grundsätzliche abbautechnische Verhältnisse und (6) mögliche Konflikte mit der Wohnbebauung. Nach Ermittlung der minimalen, maximalen und durchschnittlichen Verhältnisse, die durch die geologisch-naturräumliche Situation vorgegeben sind, werden die unterdurchschnittlichen Vorkommen aus der Empfehlung herausgenommen. Es werden also stets Relativbewertungen für eine Region[5] (in betrachteten Kontext: einer Planungsregion) vorgenommen.

Die Ergebnisse führten also zur Einstufung nach Lagerstättenpotenzialen (LP), bezogen auf eine Rohstoffgruppe und (zunächst) eine Region. Mit der Ausdehnung der Untersuchungen auf weitere große Rohstoffkörper auch in anderen Landesteilen konnten Schritt für Schritt landesweit gültige Einstufungen erarbeitet werden.

Nachfolgend sind beispielhaft zwei Erläuterungen zu Lagerstättenpotenzialen aufgeführt, einmal für ein geringes und einmal für ein hohes LP. Vorkommen, welche die Kriterien für ein geringes LP nicht erreichen, werden nicht dargestellt und somit auch nicht für eine regionalplanerische Abwägung empfohlen.

Geringes Lagerstättenpotenzial:
(1) Ausreichende Materialreinheit und Verbandsfestigkeit, keine oder geringe Mergelanteile, die tektonische Zerklüftung kann aber deutlich erhöht sein.
(2) Zuckerkörnige Umwandlung und Verkarstung (Beispiele s. Abb. 27 und 33) sind örtlich deutlich ausgeprägt oder müssen aufgrund der geologischen Verhältnisse aus der Nachbarschaft als möglicherweise lokal intensiv prognostiziert werden.
(3) Die nutzbare Rohstoffmächtigkeit beträgt im Mittel 50–60 m, teilweise deutlich darüber und darunter.
(4) Geringe bis mittlere flächenhafte Erstreckung von 20–50 ha, bei geringerer Mächtigkeit auch deutlich darüber, bei großer Mächtigkeit auch darunter.
(5) Keine großen tektonischen Störungen nachgewiesen oder vermutet, aber randlich zum Vorkommen möglich; Hinweise auf Zonen mit intensiver Zerklüftung sind vorhanden.
(6) Das Vorkommen ist verkehrs- und abbautechnisch gut erreichbar und überwiegend im Hangabbau gewinnbar, jedoch ist z. T. auch ein kombinierter Hang-/Kesselabbau notwendig, um die wirtschaftlich notwendige Abbaumächtigkeit zu erreichen.
(7) Unmittelbare Konflikte mit Siedlungsflächen sind nicht zu erwarten.

Hohes Lagerstättenpotenzial:
(1) Hohe Materialreinheit und Verbandsfestigkeit, keine oder sehr geringe Mergelanteile und geringe tektonische Zerklüftung.
(2) Keine oder nur sehr geringfügige Umwandlung in Dedolomit/Zuckerkornlochfels oder Dolomitstein und geringe Verkarstung.
(3) Hohe nutzbare Mächtigkeiten, im Mittel über 80 m.
(4) Große flächenhafte Erstreckung von 100 ha und mehr.
(5) Keine tektonischen Störungen nachgewiesen oder vermutet.
(6) Das Vorkommen ist verkehrs- und abbautechnisch gut erreichbar und überwiegend im Hangabbau gewinnbar.
(7) Unmittelbare Konflikte mit Siedlungsflächen oder Hauptverkehrswegen sind nicht zu erwarten, die flächenhafte Ausdehnung des Vorkommens ist ausreichend groß, um den erforderlichen Abstand zu Wohngebieten ohne Einschränkung der Rohstoffgewinnung einhalten zu können.

[5] *Ein Kalksteinvorkommen mit niedrigem Lagerstättenpotenzial auf der Schwäbischen Alb oder in dem Muschelkalkgebiet auf der Baar z. B. könnte in einer Region ohne oder mit wenigen und kleinen Kalksteinvorkommen von Bedeutung sein; hier spielen Transportentfernungen für Massenrohstoffe eine wichtige Rolle für die Betrachtung und Bewertung.*

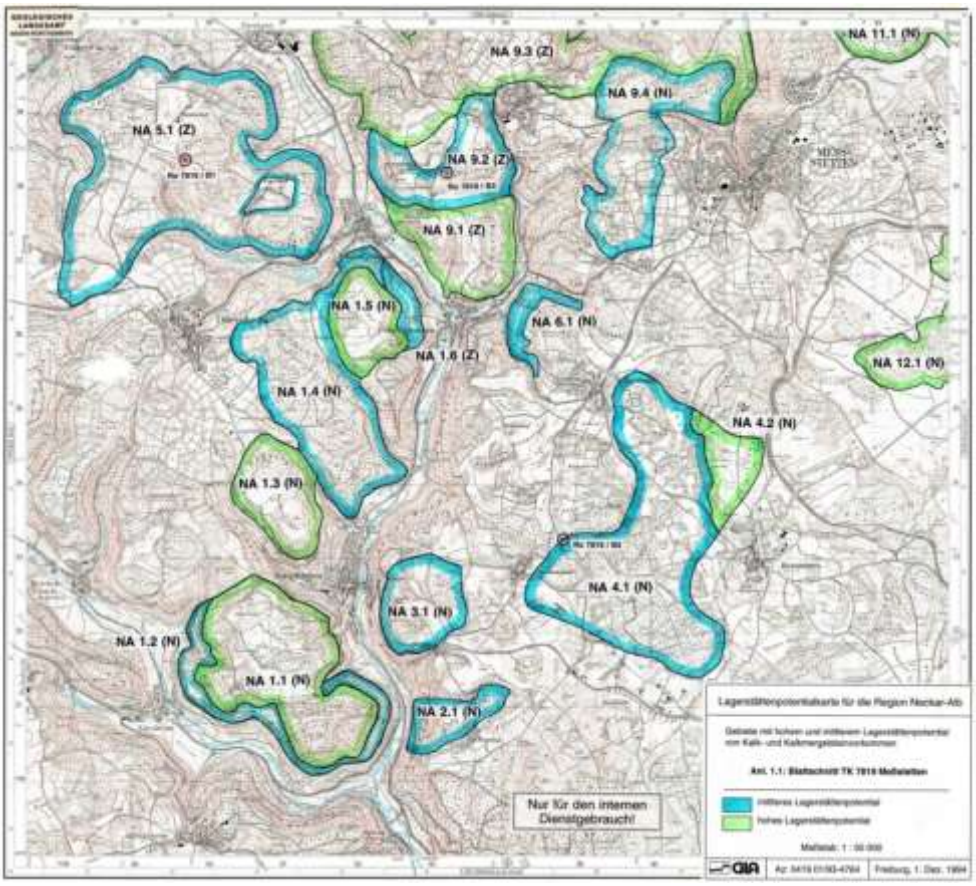


Abb. 34: Lagerstättenpotenzialkarte für die Region Neckar-Alb von 1994: Beispiel einer LPK-Teilkarte (nach Blattschnitt der TK 50) für die Region Neckar-Alb bei Meßstetten mit Darstellung der nach Kartierung und Bohrprogramm abgegrenzten Kalksteinvorkommen im Oberjura mit mittleren und hohem Lagerstättenpotenzial. Blau = Kalksteinvorkommen mit mittlerem Lagerstättenpotenzial. Grün = Kalksteinvorkommen mit hohem Lagerstättenpotenzial. Die nicht farbig umrandeten Gebiete enthalten Kalksteinvorkommen ohne oder mit (sehr) geringem Lagerstättenpotenzial.

Hinweise zur Bewertung der auf der Lagerstättenpotenzialkarte dargestellten rohstoffhöffigen Gebiete:
Zur Erläuterung der auf den Karten dargestellten Rohstoffvorkommen (wie in Abb. 34 für das Gebiet Meßstetten) wurden gegenüber dem Regionalverband folgende Erläuterungen gegeben, damit die dargestellten Ergebnisse bei der Raumplanung richtig berücksichtigt werden konnten:

- Die Aussagen beziehen sich **ausschließlich auf die Flächen der Prognostischen Rohstoffkarte**; die außerhalb dieser Flächen gelegenen Kalksteinvorkommen können lokal auch wirtschaftliche Bedeutung besitzen, wurden aber im Rahmen dieses Programmes nicht untersucht. Die gezeigten Flächen stellen also nicht die gesamten möglichen Vorratsgebiete dar, wohl aber jene, für die nach den bis 1991 vorliegenden Geologischen Karten und sonstigen Unterlagen im GLA das größte Potenzial zu prognostizieren war (Prognostische Rohstoffkarte).
- Die Untersuchungen und die daraus resultierenden Bewertungen gelten dem Rohstoffpotenzial von Kalk- und Kalkmergelsteinvorkommen in den Flächen der PRK von 1991 **hinsichtlich ihrer Eignung für die Gewinnung von Massenrohstoffen**, also hinsichtlich Rohstoffen für den Verkehrswegebau, die Zementherstellung und die Erzeugung von Branntkalken. Sondernutzungen mit geringem Förderumfang (z. B. Naturwerksteine, Kalke für die Erzeugung von Mauerputzen, Dolomitsande z. B. für die Hütten- und Chemische Industrie) erfordern **kleinräumige** Untersuchungen, die je nach technischer Anforderung auszulegen sind.
- **Die rohstoffgeologische Begutachtung aller Gebiete erfolgte nach Art und Umfang einer übersichtsmäßigen Erkundung** (Prospektion). Die Bewertungen der Flächen gehen auf eine übersichtsmäßige Rohstoffkartierung (Aufnahme der natürlichen und künstlichen Aufschlüsse, Lesesteinkartierung in Arealen ohne Aufschlüsse) zurück. Zur Untersuchung größerer Areale

wurden auch Kernbohrungen niedergebracht. Es ist davon auszugehen, dass aufgrund des schichtigen Aufbaus des Gebirges (Abb. 33) die Erkenntnisse, die anhand der Kernbohrungen gewonnen werden konnten, über größere Distanzen Gültigkeit besitzen.
- Für die Ausweisung und genaue Abgrenzung **künftiger neuer Abbaugebiete** ist die Erstellung gesonderter Gutachten notwendig, die den jeweils aktuellen Stand der Kenntnisse berücksichtigen können.

Die Aussagen in der LPK (GLA 1995 b) gelten in analoger Weise für die Bewertung von Kalksteinvorkommen in der KMR 50.

2.5.5 Ergebnisvergleich: Prognostische Rohstoffkarte und Karte der mineralischen Rohstoffe

Beide Kartenwerke befassen sich im Schwerpunkt mit der Darstellung wirtschaftlich bedeutsamer oberflächennaher Rohstoffvorkommen im gesamten Land Baden-Württemberg, Zielsetzung ist also die Überdeckung der gesamten Landesfläche. Für die ohne Erkundungs- und Kartierarbeiten erstellte PRK wurde, wie berichtet, diese Flächendeckung im Jahr 1999, somit 10 Jahre nach Beginn der Arbeiten zur Umsetzung des Rohstoffsicherungskonzepts, erreicht. Die wichtigsten Unterschiede zwischen beiden Kartenwerken sind nachfolgend kurz erläutert.

Die im Jahr 1999 begonnene KMR 50 unterscheidet sich von der PRK vor allem aufgrund folgender Faktoren:
- Eine sehr viel umfangreiche Datenbasis, gewonnen durch eigene Kartier- und Erkundungsarbeiten sowie Gesteinsanalysen (LGRB-Bohrprogramme und -Laborarbeiten)
- Dadurch ein deutlich höherer Grad der Aussagegenauigkeit
- Eine regions- und blattschnittsfreie Bearbeitung und Darstellung (nur der analoge Kartendruck orientiert sich aus darstellungstechnischen Gründen am amtlichen Blattschnitt)
- Eine landesweit einheitliche Kartenlegende
- Eine textliche Erläuterung und Bewertung jedes einzelnen dargestellten Vorkommens (in der PRK wurde alle Gesteinseinheiten in einem kurzen Erläuterungstext zusammengefasst)
- Eine einheitliche Form der textlichen Beschreibung und Bewertung in Tabellenform
- Eine landesweit einheitliche Einstufung/Bewertung der oberflächennahen Vorkommen von Massenrohstoffen nach Lagerstättenpotenzialen, gegliedert nach Rohstoffgruppen
- Die Darstellung und Erläuterung auch der wichtigen tiefliegenden Vorkommen mineralischer Rohstoffe und die nachrichtliche Darstellung von Informationen zu Kohlenwasserstoff-Lagerstätten
- Eine Beschreibung der früher genutzten Rohstofflagerstätten und des Umfangs der heutigen und früheren Rohstoffgewinnung
- Eine textliche und grafische Darstellung der verwendeten Erkundungsdaten besonders von Bohrungen und geochemischen-mineralogischen Analysen
- Eine kartografische Darstellung der Aussagesicherheit für jedes Vorkommen
- Die Publikation von Karten und Erläuterungstexten in analoger und digitaler Form
- Die Ablage und Pflege aller Rohdaten und Auswertungsergebnisse in zentralen Datenbanken und Archiven des LGRB.

Auf den folgenden Kartenausschnitten für ein Gebiet bei Mühlacker (Enzkreis) (Abb. 35 und 36) sind hinsichtlich der Ausweisung von Rohstoffvorkommen auf beiden Karten deutliche Unterschiede festzustellen. Hervorzuheben sind:
- Die Bearbeitung und Darstellung erfolgte regionsübergreifend.
- Die Ziegeleirohstoff-Vorkommen (rote Flächenfarbe) sind unter Berücksichtigung der wirtschaftlich erforderlichen Mindestmächtigkeiten im Umfang der Ausweisung erheblich reduziert.
- Es sind lediglich Vorkommen von Kalksteinen des Oberen Muschelkalks ausgewiesen, die keine Anzeichen ausgeprägter Verkarstung aufweisen, bei denen für das Gesamtvorkommen mit durchschnittlichen nutzbaren Kalksteinmächtigkeiten von deutlich über 30 m gerechnet werden kann und die ein Abraum-/Nutzschicht-Verhältnis von günstiger als 1 : 3 aufweisen.
- Allen ausgewiesenen Vorkommen ist eine Aussagesicherheit zugewiesen, die durch Vollfarbe (= Vorkommen nachgewiesen – Bauwürdigkeit wahrscheinlich) bzw. Horizontalschraffur (= Vorkommen prognostiziert – bauwürdige Bereiche vermutet) deutlich gemacht wird.
- Dargestellt sind auch Gebiete mit flächenhafter, umfangreicher Verkarstung (braune U-Signatur) und mit bedeutenden tektonischen Bruchzonen.
- Gekennzeichnet sind alle Gewinnungsstellen, unterschieden nach in Abbau befindlich (flächenhafte Darstellung) und aufgelassen (Symbol).

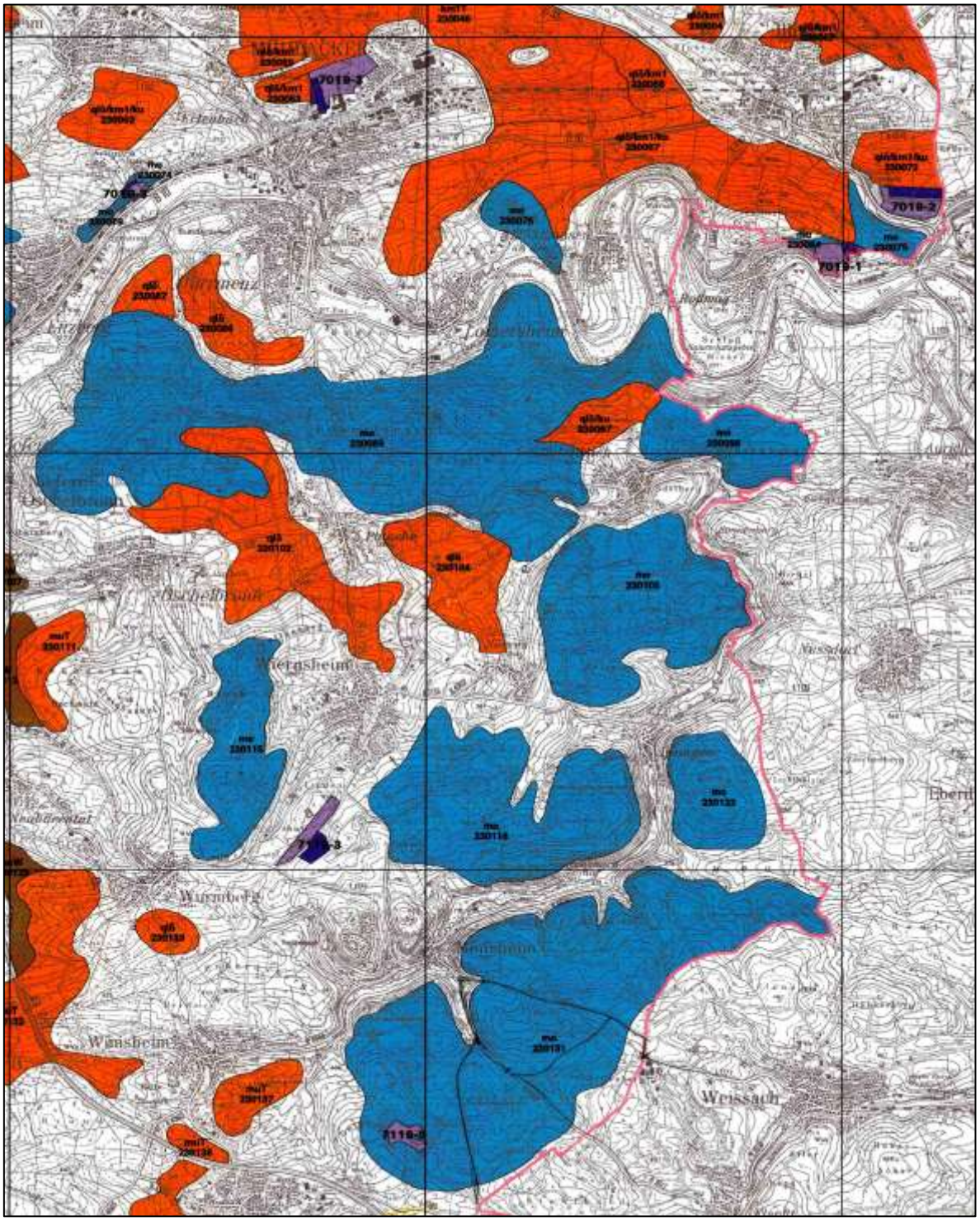


Abb. 35: ***Prognostische Rohstoffkarte für den Bereich des TK 50 Blattes L 7118 Pforzheim*** *vom April 1997. Blau: Kalksteine des Oberen Muschelkalks. Rot: Ziegeleirohstoffe (hier: sieben verschiedene Formationen von Lößlehm bis Ton- und Mergelsteine der Trias). Dunkelbraun: Naturwerkstein (Plattensandstein des Buntsandsteins). Violett: Abbaugebiet. Dunkelviolett: Erweiterungsgebiet. Da es sich um eine Zuarbeit für den Regionalverband Nordschwarzwald handelte, endet die Darstellung an der Regionsgrenze.*

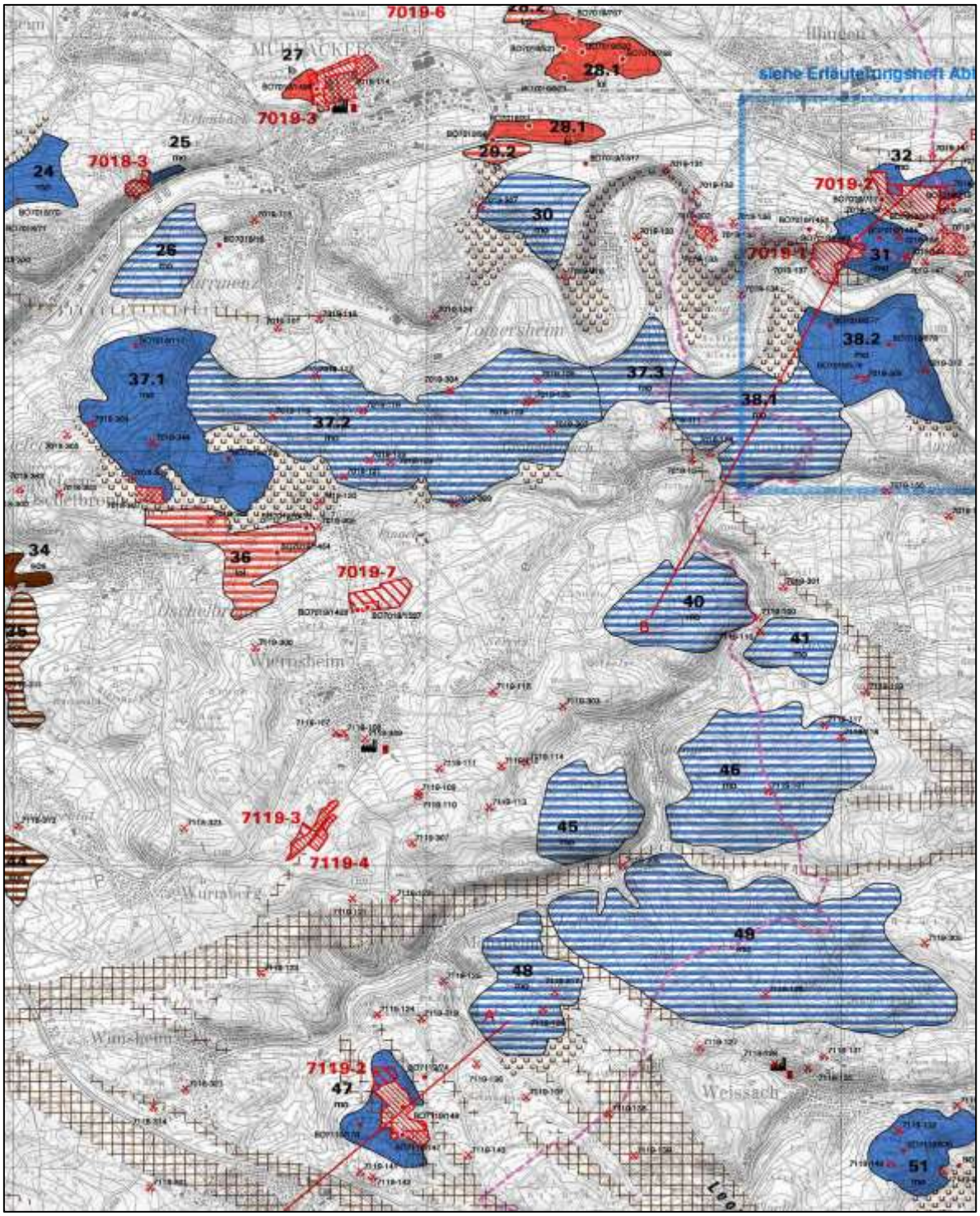


Abb. 36: Karte der mineralischen Rohstoffe 1 : 50.000 L 7118 Pforzheim von März 2004 für denselben Ausschnitt wie in Abb. 35, in der die Prognostische Rohstoffkarte von 1997 dargestellt ist. Blau: Muschelkalk. Hellrot: Ziegeleirohstoffe. Braun: Naturwerksteine. Dunkelrote Schraffuren: Abbaugebiete. Die Darstellung erfolgte blattschnittfrei über die Regionsgrenzen hinweg. Der Vergleich macht deutlich, dass auf der KMR 50 weit weniger Vorkommen als Grundlage für Planungen zur regionalen oder betrieblichen Rohstoffsicherung dargestellt wurden. Die detailliertere Aufnahme, insbesondere die mehrjährige Kartierarbeit, hat erbracht, dass große Teile der „prognostizierten Vorkommen" keine wirtschaftliche Bedeutung erlangen können. Aussagewahrscheinlichkeiten: Blaue oder rote Vollflächenfarben: Vorkommen nachgewiesen – Bauwürdigkeit wahrscheinlich. Horizontalschraffuren: Vorkommen prognostiziert – Bauwürdigkeit vermutet (weitere Erläuterungen s. Legende).

Für Firmen und Raumplaner wird anhand des gezeigten Kartenausschnitts klar, dass nach den Ergebnissen der Aufnahmen zur KMR 50 Pforzheim lediglich sieben Kalksteinvorkommen und drei Vorkommen von Ziegeleirohstoffen sowie eines Vorkommen von Naturwerksteinen für Planungen in die engere Wahl kommen sollten (Vollflächen-Farben). Zugleich zeigt die KMR 50, wo noch interessante Vorkommen existieren, die aber noch durch geeignete Erkundungstechniken weiter untersucht und bewertet werden müssten.

2.5.6 Arbeitsfortschritte bei der Erarbeitung der KMR 50 (1999–2018)

In den vorhergehenden Kapiteln wurde erläutert, welche methodischen und praktischen Arbeiten erfolgten, um schließlich die KMR 50 als Standardwerk für Baden-Württemberg gut begründet festlegen zu können. Seit dem Jahr 1999 werden diese Karten in mehreren parallel arbeitenden Arbeitsgruppen jeweils dort erstellt, wo aktueller Planungsbedarf seitens der Regionalverbände besteht und wo zugleich eine möglichst hohe Dichte an Gewinnungsstellen existiert.

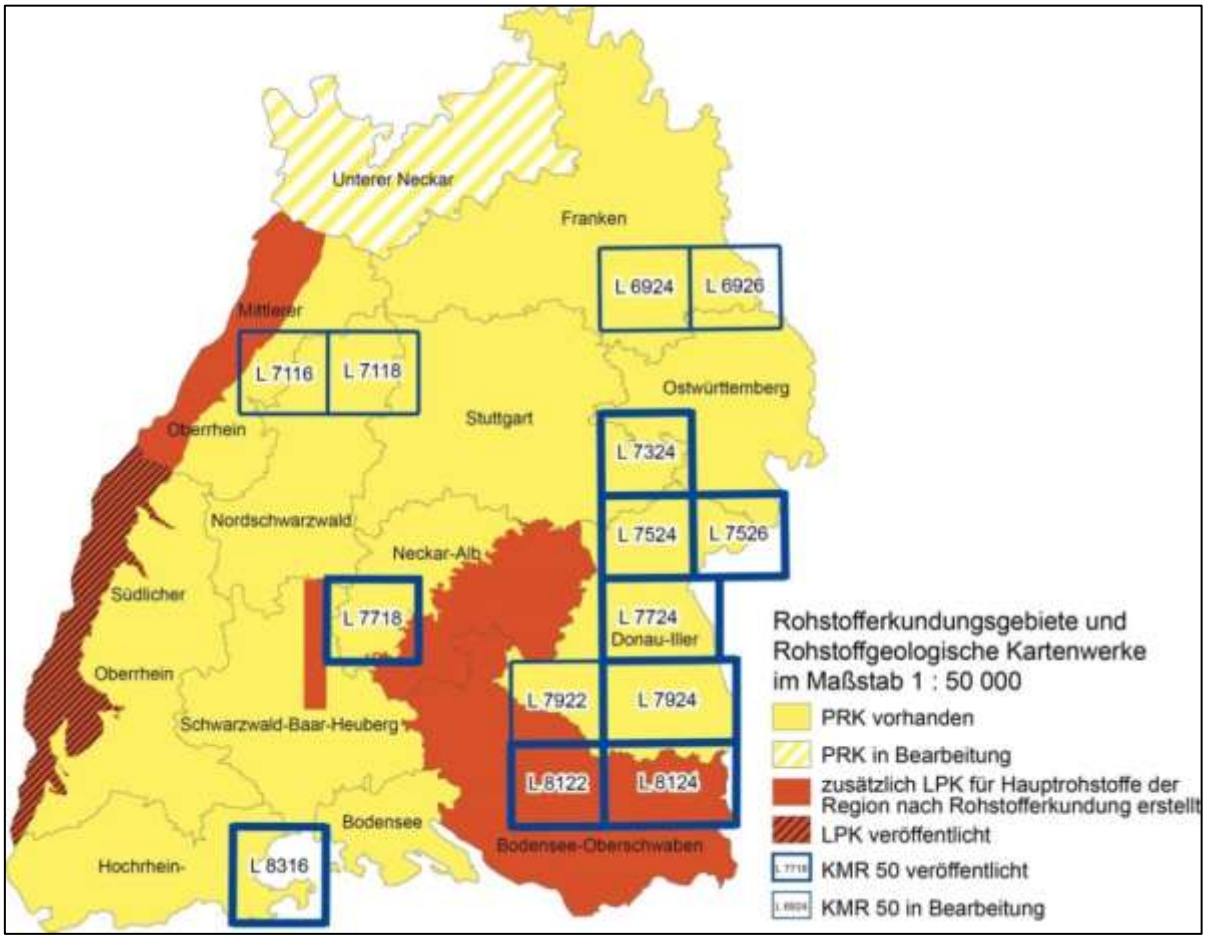


*Abb. 37: **Stand der KMR 50-Verfügbarkeit im Jahr 2003** sowie der Vorgängerkartenwerke Prognostische Rohstoffkarte (PRK) und Lagerstättenpotenzialkarte (LPK). Aufgrund des hohen Aufwands zur Erstellung einer LPK wurde dieses Kartenwerk dort in Angriff genommen, wo große Lagerstätten (Kies im Oberrheingraben, Kalkstein der Schwäbischen Alb) oder besonders wichtige Vorkommen (Gipsstein in der Region Schwarzwald-Baar-Heuberg, Kies und Sand in Bodensee-Oberschwaben) auftreten und ein Auftrag zur Erkundung vom Regionalverband erteilt wurde. In Gebieten ohne LPK werden die erforderlichen Erkundungsarbeiten (detaillierte Kartierung, Bohrprogramm, Geophysik, Geochemie usw.) im Rahmen der KMR 50-Bearbeitung durchgeführt.*

Zur Aufnahme im Gelände, der Auswertung und textlichen wie grafischen Ausarbeitung im LGRB wurden seither eine große Zahl von Geologinnen und Geologen eingesetzt, wobei in den meisten Fällen nur befristete Verträge vergeben werden konnten. Daher war und ist es weiterhin von grundlegender Bedeutung, dass diese von erfahrenen Rohstoffgeologen eingearbeitet und fortgesetzt betreut werden, vor allem um die Datenaufnahme, -dokumentation und -bewertung nach standardisierten Verfahren durchführen zu können. Anders ausgedrückt: Es muss gewährleistet sein, dass unterschiedliche Bearbeiter gleichartige Rohstoffvorkommen nach demselben Verfahren und daher nicht unterschiedlich bewerten.

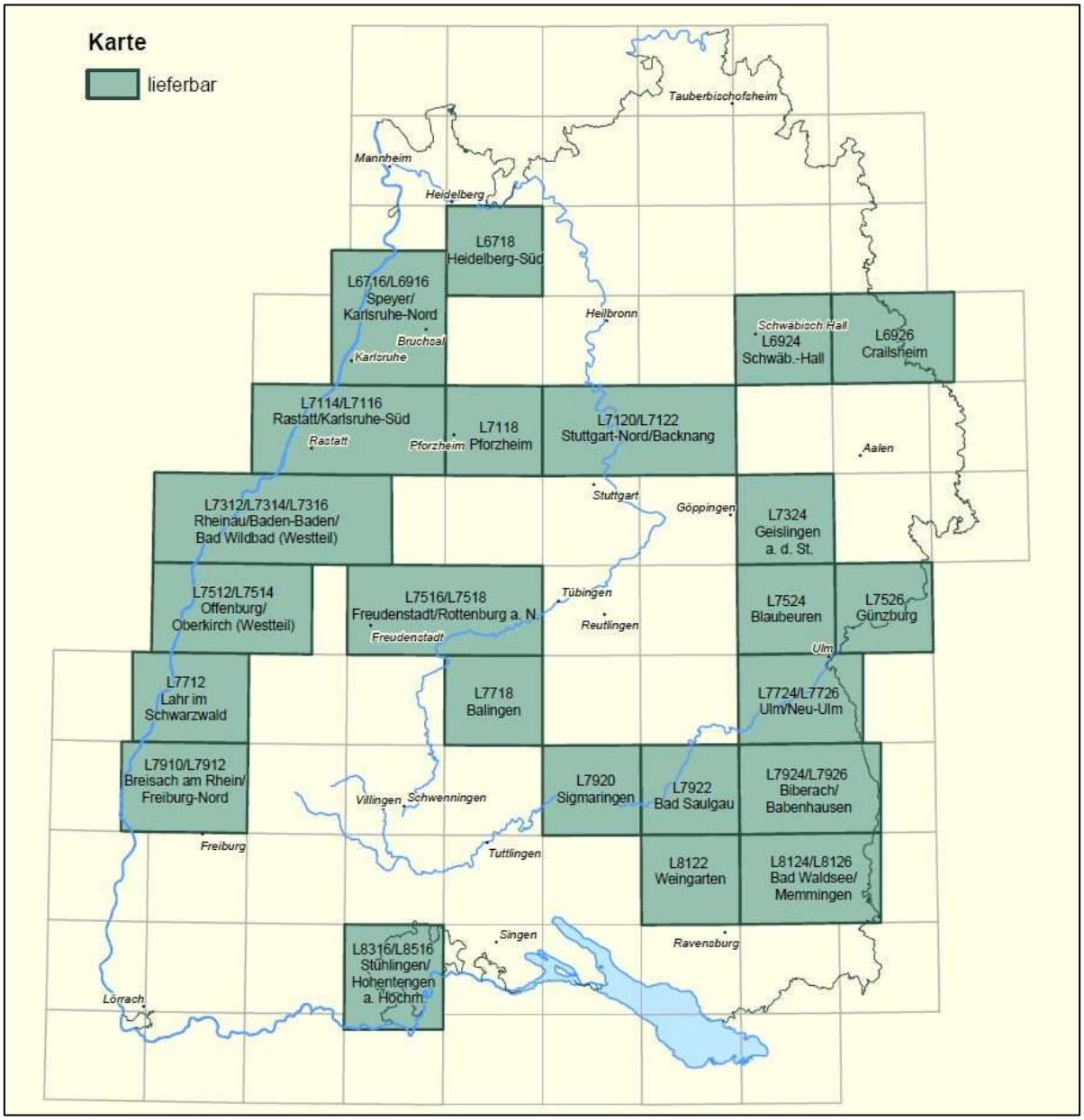


Abb. 38: ***Stand der KMR 50-Verfügbarkeit im Jahr 2011****. Es ist zu diesem Stadium noch gut zu erkennen, dass im ersten Jahrzehnt der KMR 50-Bearbeitung das oberschwäbische Alpenvorland und die mittlere bis östliche Alb sowie der Oberrheingraben von großer Bedeutung waren. Auch die Blätter Stühlingen / Hohentengen am Hochrhein sowie Schwäbisch Hall und Crailsheim wurden im Zuge der Regionalplanberatung erarbeitet, parallel dazu wurden für die übrige Region jeweils ergänzende Gutachten für die geplanten Vorranggebiete erstellt.*

Der Arbeitsbeginn für ein Blatt der KMR 50 richtet sich seit dem Jahr 2000 maßgeblich nach dem Planungshorizont für einen in Vorbereitung befindlichen Regionalplan. Wie der Abb. 37 zu entnehmen ist, waren in den Jahren 2000–2003 vor allem die Regionen Donau-Iller, Bodensee-Oberschwaben und Nordschwarzwald mit diesen Arbeiten befasst. Über den Fortschritt bei der Erstellung und Veröffentlichung der KMR 50 geben die nachfolgenden Landesübersichtskarten aus verschiedenen Jahren Auskunft. Als Zeitschnitte wurden die Jahre 2003 (Abb. 38), 2011 (Abb. 38) und 2018 (Abb. 39) gewählt.

Bis Herbst 2014 konnten für eine Landesfläche von über 15.800 km² Rohstoffkarten fertig gestellt und publiziert werden, in den Jahren 2014–2016 befand sich ein Areal von 3.400 km² in Bearbeitung.

Zusammen mit den Vorgängerkarten PRK und LPK konnten bislang auf der gesamten Landesfläche (Größe der Landesfläche 35.752 km²) wirtschaftlich bedeutsame Rohstoffvorkommen von einer Gesamtgröße von 6.730 km^2 prognostiziert oder nachgewiesen werden; dies entspricht einem Anteil von fast 19 % der Landesfläche. Nimmt man die bisherigen Kartierergebnisse als Basis für eine überschlagsmäßige Abschätzung, so scheint rund ein Fünftel der Landesfläche „höffig“ für den Nachweis von Lagerstätten[6] zu sein. Mit der zuletzt im Juli 2017 erschienenen KMR 50 Freiburg-Süd–Schopfheim wurde ein wichtiges Etappenziel erreicht.

Bearbeitungstand der KMR 50 – Zwischenbilanz zur Jahresmitte 2018:

- Seit 1999 (Pilotblatt Balingen) wurden **27 Rohstoffkarten** mit Erläuterungsheften veröffentlicht.
- Diese überdecken zusammen eine Landesfläche von **18.932 km^2**, was einem Anteil an der Landesfläche von **53 %** entspricht.
- Der Kartierfortschritt liegt durchschnittlich bei rd. **1000 km^2 pro Jahr**.
- Da bevorzugt die rohstoffwirtschaftlich wichtigen Gebiete zuerst in Angriff genommen wurden, liegen im kartierten Gebiet bereits ca. **70 %** der in Betrieb befindlichen Rohstoffgewinnungsstellen; dort befinden sich auch die meisten regionalplanerischen Abbau- und Sicherungsflächen (Vorrangflächen).
- Derzeit (Ende 2018) befinden sich **vier weitere Karten in Vorbereitung** (zur Lage Abb. 39): KMR 50 L 7916 Villingen-Schwenningen, L 7918 Spaichingen, L 7716 Schramberg, und L 7718 Balingen (Neuauflage). Das Blatt Balingen wurde, wie zuvor ausgeführt, als Pilotblatt 1999 als erste KMR 50 veröffentlicht. Diese „Testversion“ der KMR 50 Balingen entsprach vielfach nicht den Anforderungen der planerischen Rohstoffsicherung und lieferte auch wenig konkrete Anhaltspunkte für weitere Erkundungsmaßnahmen der Rohstoffindustrie. In den vergangenen 18 Jahren sind zudem viele weitere Aufschlussdaten dazu gekommen, sodass eine Neuauflage für das Gebiet um Balingen dringend geboten erschien.

[6] *Eine Lagerstätte ist ein abbauwürdiges Vorkommen mineralischer Rohstoffe, d. h. ein Vorkommen, das nach Art und Inhalt für eine wirtschaftliche Nutzung in Betracht kommt. Die wirtschaftliche Gewinnbarkeit des Rohstoffs ist aber abhängig von Nachfrage und Angebot; was als Lagerstätte angesehen wird, ist also abhängig von den wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und damit zeitlich veränderlich. Der Lagerstättennachweis ist stets Aufgabe der Industrie.*

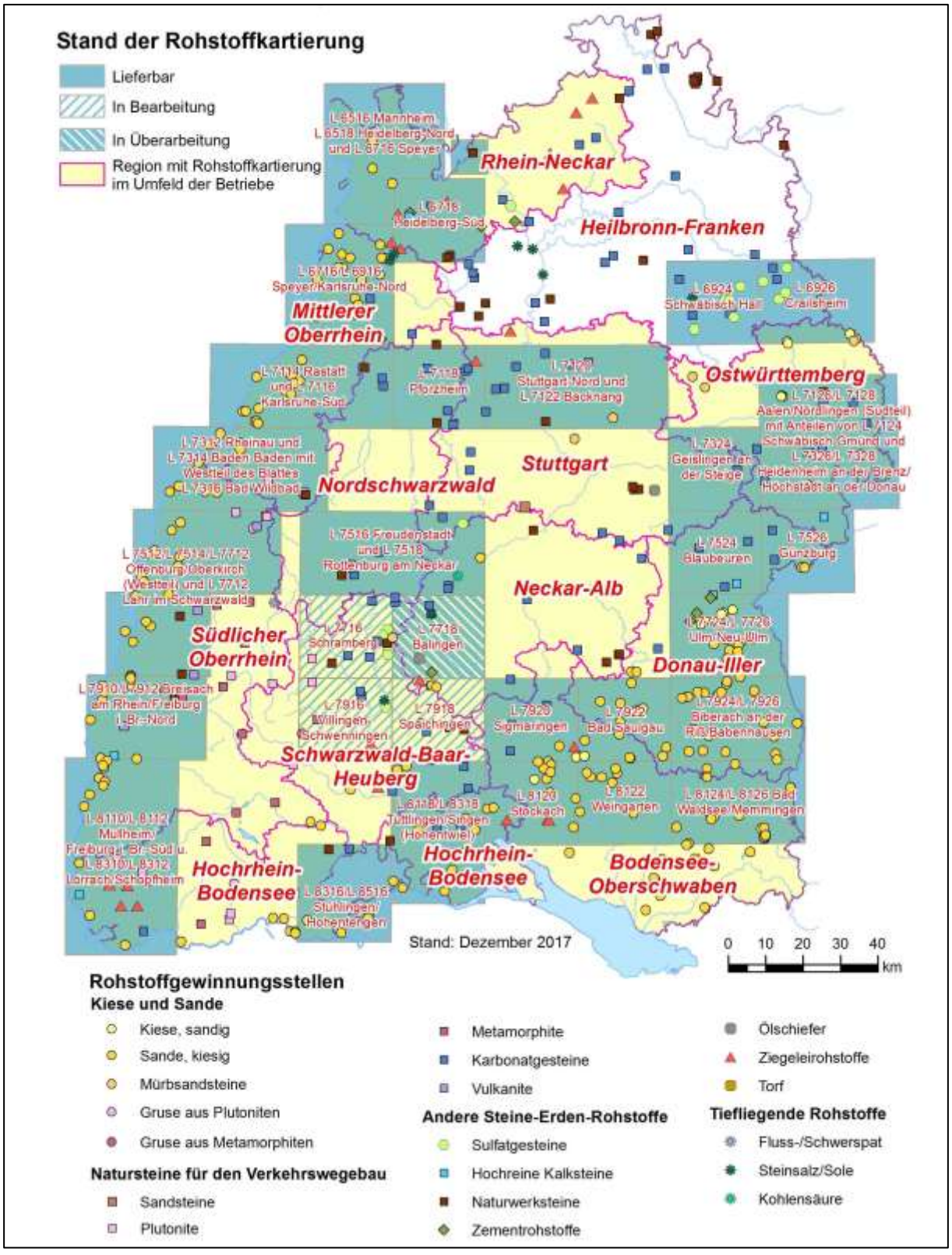


Abb. 39: ***Stand der KMR 50-Verfügbarkeit im Sommer 2018****: Die gedruckte, kartografisch am LGRB bearbeitete Ausgabe der KMR 50 orientiert sich am amtlichen Blattschnitt der TK 50; die digitalen GIS-Daten werden jedoch blattschnittfrei erstellt und gehalten. Neben den Blattschnitten sind die Regionen dargestellt (gelbe Flächenfarbe), in welchen im Zusammenhang mit der rohstoffgeologischen Beratung der Regionalplanung im Umfeld der Gewinnungsstellen oder Interessengebiete für Neuaufschlüsse Kartierungen durchgeführt wurden; diese zunächst unveröffentlichten Daten gehen später in die KMR 50 ein.*

Bislang sind folgende Kartenblätter erschienen (gelistet nach Erscheinungsjahr):

- 1999: Blatt **L 7718 Balingen** („Pilotblatt“)
- 2000: Blatt **L 7924/L 7926 Biberach a. d. Riß/Babenhausen**, Anteil Baden-Württemberg
- 2000: Blatt **L 7524 Blaubeuren**
- 2001: Blatt **L 7724/L 7726 Ulm / Neu-Ulm**, Anteil Baden-Württemberg
- 2001: Blatt **L 7526 Günzburg**, Anteil Baden-Württemberg
- 2001: Blatt **L 7324 Geislingen a. d. Steige**
- 2002: Blatt **L 8316/L 8516 Stühlingen / Hohentengen am Hochrhein**, Anteil Baden-Württemberg
- 2002: Blatt **L 8124/L 8126 Waldsee / Memmingen**, Anteil Baden-Württemberg
  Außerdem in 2002: 1. Landesrohstoffbericht
- 2003: Blatt **L 6924 Schwäbisch Hall**
- 2003: Blatt **L 8122 Weingarten**
- 2004: Blatt **L 7922 Bad Saulgau**
- 2004: Blatt **L 7118 Pforzheim**
- 2005: Blatt **L 6926 Crailsheim**
- 2005: Blatt **L 7920 Sigmaringen**
- 2006: Blätter **L 7516** und **L 7518 Freudenstadt / Rottenburg am Neckar**
  Außerdem in 2006: 2. Landesrohstoffbericht
- 2007: Blätter **L 6716/L 6916 Speyer / Karlsruhe-Nord**, Anteil Baden-Württemberg
- 2008: Blätter **L 7120/L 7122 Stuttgart-Nord / Backnang**
- 2009: Blatt **L 6718 Heidelberg-Süd**
- 2010: Blätter **L 7910/L 7912 Breisach am Rhein / Freiburg i. Br.-Nord**
- 2010: Blätter **L 7114 und L 7116 Rastatt / Karlsruhe-Süd**
- 2011: Blätter **L 7312 und L 7314 Rheinau / Baden-Baden**, mit Westteil des Blattes L 7316 Bad Wildbad
- 2011: Blätter **L 7512/L 7514 Offenburg / Oberkirch** (Westteil) und Blatt **L 7712 Lahr i. Schwarzwald**
- 2012: Blatt **L 6516 Mannheim, L 6518 Heidelberg-Nord** und **L 6716 Speyer** mit Anteilen von **L 6316 Worms** und **L 6318 Erbach**
- 2013: Blatt **L 8120 Stockach**
  Außerdem in 2013: 3. Landesrohstoffbericht und
  das Nachschlagewerk „Naturwerksteine aus Baden-Württemberg“ (WERNER et al. 2013)
- 2015: Blatt **L 7126 / L 7128 Aalen/Nördlingen (Südteil)** und **L 7326 / L 7328 Heidenheim a. d. Brenz / Höchstädt a. d. Donau**
- 2016: Blatt **L 8118/L 8318 Tuttlingen/Singen (Hohentwiel)**
- 2017: Blätter **L 8110/L 8112 Müllheim/Freiburg im Breisgau Süd** und **L 8310/L 8312 Lörrach/Schopfheim** mit Anteilen von **L 8510 Weil am Rhein** und **L 8512 Bad Säckingen**

Derzeit (Ende 2018) befinden sich drei weitere Blätter im Maßstab 1 : 50.000 in Erstbearbeitung:
- **Villingen-Schwenningen** → rohstoffgeologische Schwerpunkte: Oberer und Mittlerer Muschelkalk (Kalkstein, Sulfatgestein), Gipskeuper (Sulfatgestein)
- **Schramberg** → Schwerpunkt: Granite
- **Spaichingen** → Schwerpunkte: Kalksteine des Oberjuras, keramische Rohstoffe

Das im Jahr 1999 herausgegebene “Pilotblatt“ Balingen wird als erstes KMR50-Blatt aktualisiert und neu aufgelegt (Schwerpunkte: Mitteljura mit dem Posidonienschiefer, Oberjura und Keuper). Hintergrund ist auch hier die Regionalplanung. Eine Neubearbeitung ist angezeigt, weil in diesem rohstoffwirtschaftlich wichtigen Gebiet in den vergangenen fast 20 Jahren viele neue Daten und Entwicklungen hinzugekommen sind.

3 Erstellung der KMR 50: Komponenten und Bewertungsmaßstäbe

[WOLFGANG WERNER, JENS WITTENBRINK & BIRGIT KIMMIG]

3.1 Erläuterungshefte und gedruckte Karten

Wie eingangs ausgeführt (Kap. 1), sind gedruckte Karten im Maßstab 1 : 50.000 und Erläuterungsheft wichtige Komponenten des Kartenwerks. Die gefalteten Karten sind dem Erläuterungsheft in einer Kartentasche beigelegt.

Komponenten der gedruckten Karte: Die kartografischen Komponenten sind anhand zahlreicher Kartenausschnitte im Kap. 1 vorgestellt worden. Die Symbole sind Teil einer landesweit einheitlichen Generallegende (Abb. 1) und somit in gleicher Weise auf allen Karten vertreten; blattschnittfreie Darstellungen sind somit auch in dieser Hinsicht (und nicht nur aus Sicht der Datenhaltung) möglich.
Inhalt des Erläuterungsheftes: Das gedruckte und als pdf-Dokument vorliegende Erläuterungsheft, dessen Seitenumfang sich nach den rohstoffgeologischen und rohstoffwirtschaftlichen Verhältnissen und Größe des bearbeiteten Gebiets richtet, enthält folgende Abschnitte:

1 **Einleitung**
- 1.1 Grundsätzliches zum Inhalt der KMR 50 und zur Bewertung der Rohstoffvorkommen
- 1.2 Kriterien zur Ausweisung von Vorkommen oberflächennaher mineralischer Rohstoffe
  - 1.2.1 Allgemeine Kriterien
  - 1.2.2 Für das Arbeitsgebiet angelegte spezielle Kriterien zur Ausweisung von Rohstoffvorkommen
- 1.3 Datengrundlage, Erkundungsprogramm

2 Geologischer und rohstoffgeologischer Überblick
- 2.1 Geologischer Bau und geologisch-tektonische Großeinheiten
- 2.2 Rohstoffgruppen und Lagerstättentypen im Kartenbereich

3 Die mineralischen Rohstoffe des Blattgebietes und ihre industrielle Nutzung
- 3.1 Heutige Rohstoffgewinnung
- 3.2 Frühere Rohstoffgewinnung, geschichtliche Übersicht
- 3.3 Geologie der früher genutzten mineralischen Rohstoffe
- 3.4 Rohstoffsteckbriefe (nur für Rohstoffe, die auf der KMR 50 dargestellt werden

4 Aussagen zu Lagerstättenpotenzialen

5 Beschreibung der Rohstoffvorkommen
- 5.1 Erläuterungen zu den Tabellen
- 5.2 Tabellarische Beschreibung der Rohstoffvorkommen

6 Zusammenfassung

Schriftenverzeichnis: Zitierte Schriften und weiterführende Literatur
Anhang: Schichtenverzeichnisse der LGRB-Rohstofferkundungsbohrungen, Rohstoffgewinnungsstellen im Blattgebiet (fakultativ, besonders bei wichtigen Rohstoffkörpern empfohlen)

Ausgestaltung und Umfang der Texte richten sich vor allem nach der Bedeutung der jeweiligen Rohstoffe aus heutiger Sicht. Im Kap. 3 sollten zwar alle heute und früher genutzten mineralische Rohstoffe gelistet und (kurz) vorgestellt werden; bei der Beschreibung der historischen Rohstoffgewinnung spielt eine Rolle, ob diese aufgrund des wahrscheinlichen Wertstoffinhalts künftig wieder von Bedeutung werden können oder nicht. So ist es sicher sinnvoll, eine Flussspatlagerstätte, die früher nur bis zum Grundwasserspiegel (GWS) abgebaut wurde und darunter noch große Reserven erwarten lässt, ausführlicher zu beschreiben, ein zwar geschichtlich interessantes Bohnerzvorkommen aber nur kurz zu erwähnen.

3.2 Digitale Rohstoffdaten, GIS und LGRB-Datenangebot

Die Bearbeitung und Darstellung der während der Kartierung gewonnenen Daten findet seit den 1990er Jahren nur noch digital statt. Die frühere aufwendig mit Tusche gezeichneten Pläne und Karten (z. B. Abb. 12) werden heute aus Datenbanken und mit Hilfe von Geoinformationssystemen (GIS) generiert. Die folgenden Ausführungen sollen einen Überblick über die digitalen Daten geben, welche für die Erstellung der Karte der mineralischen Rohstoffe am LGRB genutzt werden.

3.2.1 Digitale Basisdaten

Für die Erstellung der KMR liegen dem Bearbeiter heute unterschiedliche digitale Daten vor, die mittels eines Geoinformationssystems (am LGRB: ArcGIS) genutzt werden können. Hierbei handelt es sich um sog. Basisdaten, die bei der Bearbeitung einer KMR Verwendung finden. Ein Teil dieser Basisdaten werden vom LGRB bei externen Organisationen, wie z. B. dem Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung (LGL), kostenpflichtig erworben. Ein anderer Teil wird im Austausch mit anderen Landesbehörden kostenfrei zur Verfügung gestellt. Daneben werden weitere Basisdaten durch die Arbeiten des LGRB generiert. Im Folgenden sind einige für die Erstellung der KMR notwendigen internen und externen, digitalen Basisdaten beschrieben.

Nachfolgend erläuterte, vom LGRB erstellte Basisdaten sind:
- Inhalte der Rohstoffgewinnungsstellendatenbank (RGDB)
- Blattschnittfreie geologische Karte der integrierten Geologischen Landesaufnahme
- Aufschluss-Datenbank (ADB).

Rohstoffgewinnungsstellendatenbank (RGDB): In der RGDB werden die im Gelände oder bei Betriebserhebung aufgenommenen Daten von betriebenen und stillgelegten Gewinnungsstellen erfasst. Hierzu gehören die sog. Stammdaten wie Angaben zu Lage und Geometrie, Rohstoffgruppe, geologischer Einheit, Art der Gewinnung, zur Abbausituation und Adressen. Zur Vervollständigung der Datensätze werden nach Möglichkeit weitere Informationen in den Rubriken Vorgänge/Entscheidungen, Nutzungskonflikte, Hydrogeologie, Flächen (Konzessionsgebiet, Interessengebiet), Geologie, Gewinnungstechnik, Förder- und Produktionszahlen, Produkte, Liefergebiete und Dokumente in die Datenbank aufgenommen. Diese Daten werden neben der KMR-Bearbeitung auch für die Erstellung des Rohstoffberichtes sowie den Stellungnahmen im Bereich Träger öffentlicher Belange genutzt.

Für die Bearbeitung der KMR und anderen Fragestellungen kann aus der RGDB ein Punktdatensatz aller bisher erfassten Rohstoffgewinnungsstellen als sog. Shapefile generiert werden. Gewinnungsstellen mit einer Gesamtfläche > 0,5 ha werden in der KMR 50 als Polygone dargestellt, kleinere als Punktsymbole. Die Geometrien der Abbaustellen werden hierfür von georeferenzierten Abbauplänen oder dem digitalen Geländemodell (DGM) digitalisiert und in der ArcSDE (Spatial Dabase Engine) archiviert. Die Geometriedatensätze sind in der SDE historisiert, wodurch z. B. die Entwicklung einer Gewinnungsstelle darstellbar ist. Die Speicherung der Textinformationen zu den Flächen findet in der RGDB statt. Für die Ausgabe der Betriebsflächen werden die Daten aus der SDE und RGDB ausgelesen, zugeordnet und als Shapefile ausgegeben.

Die blattschnittfreie geologische Karte der integrierten Geologischen Landesaufnahme enthält folgende Themen (GeoLa): Geologische Grundflächen, geologische Überlagerungsflächen, tektonische Linien (z. B. Störungen), Schichtlagerung, Verbreitung und Mächtigkeit ausgewählter Schichten sowie Erz- und Mineralgänge, Karstobjekte zur Prüfung und Abgrenzung von Gebieten mit ungünstigen Materialeigenschaften, Bergbauberechtigungen (z. B. Kartenviewer des LGRB, http://maps.lgrb-bw.de/).

Aufschluss-Datenbank (ADB): In der Aufschlussdatenbank des LGRB werden u. a. Bohrungen, Schürfe, Rammsondierungen, Baugruben, natürliche übertägige Aufschlüsse, Tagebaue für Locker- und Fest-gesteine, Dolinen und Probenahmestellen mit den zugehörigen Stammdaten (Bezeichnung, Lage, Ansatzhöhe, Endteufe, Bohrverfahren usw.) erfasst. In die Datenbank werden zudem die Schichtenverzeichnisse, Ausbaupläne und Grundwasserstände der Bohrungen mittels der Software „GeODin“ aufgenommen und können dort auch visualisiert werden. Für die GIS-Bearbeitung werden die ADB-Daten i. d. R. über die direkte Datenbankverbindung visualisiert.

Basisdaten von externen Quellen:

- Topographische Karten als Rasterdaten oder als Web Map Service (WMS-Dienst) in unterschiedlichen Maßstäben von 1 : 10 000 bis 1 : 100 000 vom Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung (LGL).
- Digitales Geländemodel (DGM) in unterschiedlichen Auflösungen z. B. 1 Pixel = 1 m * 1 m des LGL (WMS-Dienst).
- Grenzen des amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystems (ALKIS, WMS-Dienst) z. B. Flurstückgrenzen.
- Luftbildkarte des LGL (WMS-Dienst).
- Daten des Informationssystems Wasser, Abfall, Altlasten, Boden (WAABIS) z. B. Wasser-, Naturschutz-, Landschafts- und Vogelschutzgebiete sowie Fauna-Flora-Habitate.
- Vorranggebiete für den Abbau und Sicherung von Rohstoffen (Regionalverbände).
- Internet-Karten wie Google Earth.

3.2.2. GIS-Bearbeitung und kartografische Bearbeitung

Nach den Kartierarbeiten bzw. alternierend mit Kartierabschnitten werden die gewonnenen Daten für die Datenbanken aufbereitet und eingegeben. Die digitale Bearbeitung der KMR 50 erfolgt mit Hilfe des Geoinformationssystems ArcGIS. In die Software ArcMap werden die benötigten Basisdaten als Vektor- (Shapefiles) oder Rasterdaten eingeladen.

Danach findet ein Abgleich der Ergebnisse der Geländekartierung mit den vorhandenen Informationen im ArcMap statt. Zum Beispiel werden Gebiete, in denen bei der Geländebegehung Verkarstung festgestellt wurde, mit dem digitalen Geländemodel und dem sog. Dolinenkataster (oberflächennahe Verkarstungsphänomene wie Dolinen und Senkungsfelder, Höhlen) des LGRB verglichen, überprüft und als Flächen mit ungünstigen Materialeigenschaften für die KMR digitalisiert. Durch die Zuweisung entsprechender Attribute werden diese Flächen als Bereiche mit „Intensiver Verkarstung“ klassifiziert und auf der Karte mit in der Generallegende festgelegten Symbolen dargestellt. Diese Gebiete mit „Gesteinen mit ungünstigen „Materialeigenschaften“ sind wichtig für die Abgrenzung von Rohstoffvorkommen (Abb. 40).

Zur räumlichen Abgrenzung von rohstoffwirtschaftlich interessanten Vorkommen werden alle verfügbaren Informationen in das GIS eingeladen. Dazu gehören Rasterdatensätze wie das digitale Geländemodell und die topographischen Karten. Als Vektordaten (Shapefiles) werden die Flächen der geologischen Karte, die Betriebsflächen der Gewinnungsstellen aus der SDE und RGDB, die Flächen der Gesteine mit ungünstigen Materialeigenschaften, Bereiche mit intensiver Störungs- und Klufttektonik sowie Polygone mit Abständen zu Siedlungen und Autobahnen genutzt. Die Isoliniendarstellungen der Schichtlagerungskarten sowie Störungsverläufe liegen als Liniendaten vor. Abbaustellen < 0,5 ha und die Lagedaten von Bohrungen und Schürfen werden als Punktdatensätze abgebildet (Abb. 40).

Die Visualisierung von Bohrpunkten im ArcMap ist hilfreich, um zu prüfen, ob Schichtdaten von Bohrungen und Schürfen im Bereich des potenziellen Vorkommens vorliegen. Mittels der Software GeODin können die Schichtenverzeichnisse dieser Aufschlüsse hinsichtlich der nutzbaren Mächtigkeit und der Abraummächtigkeit ausgewertet werden. Diese Informationen sind wiederum ein grundlegender Bestandteil zur Abgrenzung eines Rohstoffvorkommens und für die Vorkommensbeschreibungen (Abb. 40).

Bei der kartografischen Abgrenzung eines Rohstoffvorkommens handelt es sich also um einen Abwägungsprozess unter Verwendung der Ergebnisse der Geländekartierung und Steinbruchaufnahmen, aus Daten des Geoinformationssystems und Datenbanken sowie den Kriterien zur Abgrenzung von Rohstoffvorkommen (s. Kap. 3.3.2). Das Ergebnis ist ein digitales Polygon des Vorkommens, in dem bauwürdige Bereiche erwartet werden (Abb. 40).

Durch die zugehörige Attributierung des Rohstoffvorkommens wird dieses mit Informationen wie Flächengröße, Umfang, Legendeneinheit, Name, Jahr und KE-Nummer versehen (KE für Kartiereinheit). Die KE-Nummer erfüllt mehrere Aufgaben: Zum einen legt sie die Rohstoffgruppe des

Vorkommens fest (Farbgebung: s. Generallegende S. 10–12), zum anderen die Aussagesicherheit für das dargestellte Vorkommen (s. Kap. 1.3); diese wiederum ist von Bedeutung für die Darstellung auf der Karte (Vollflächenfarbe, Schraffuren).

Während die Abgrenzung der KMR-Themen *Rohstoffvorkommen, Gesteine mit ungünstigen Materialeigenschaften und Bereiche mit intensiver Störungs- und Klufttektonik* kontinuierlich mit der Geländearbeit voran schreitet, werden die flächenhafte Darstellung der Betriebsflächen > 0,5 ha und die Punktdatensätze der Gewinnungsstellen < 0,5 ha erst nach Abschluss aller Kartierarbeiten erstellt. Diese Datensätze werden aus den Datenbanken SDE und RGDB generiert. Dadurch wird gewährleistet, dass diese vor Publikation der Karte auf dem aktuellsten Stand sind. Zur Erstellung einer Kiesmächtigkeitskarte wird für eine Vielzahl von Bohrungen die nutzbare Mächtigkeit und Abraummächtigkeit ermittelt und aus den nutzbaren Mächtigkeiten eine Isoliniendarstellung erstellt (vgl. Abb. 4 in Kap. 1.2).

Je nach Lage des KMR 50-Blattes müssen folgende Themen bzw. Shapefiles im ArcMap erstellt werden:
- Rohstoffgruppen (Geometrie: Flächen)
- Aktuelle Rohstoffgewinnung (Konzessionsgebiete, Geometrie: Flächen)
- Frühere Rohstoffgewinnung (Geometrie: Punkte und Flächen)
- Gesteine mit ungünstigen Materialeigenschaften (Geometrie: Punkte und Flächen)
- Bergwerksfelder (Geometrie: Flächen)
- Grubenpläne (Geometrie: Flächen und Linien)
- Rohstoffgeologisch wichtige Aufschlüsse (Geometrie: Punkte)
- Schnittlinien (Geometrie: Linien)
- Isolinienpläne (Schichtgrenzen, Mächtigkeiten, Geometrie: Flächen und Linien)
- Wichtige geologische Grenzen (Geometrie: Linien)
- Rohstoffe unter Tage (Geometrie: Flächen)
- Bereiche intensiver Kluft- und Störungstektonik (Geometrie: Flächen)
- Kies-Sand-Mächtigkeiten im Oberrheingraben (Geometrie: Flächen und Linien)
- Eigenschaften von Kies-Sand-Mächtigkeiten (Geometrie: Flächen).

Von großer Bedeutung bei allen Themen einer KMR sind Attributtabellen, welche die Sachinformationen zu den dargestellten Geometrien enthalten. Diese Tabellen werden z. T. bei der Digitalisierung erstellt oder aus Datenbanken generiert. Eine Überprüfung der Attribute ist vor dem Abschluss der Arbeiten in jedem Fall notwendig.

Nach Erstellung der o. g. Themen werden die Shapefiles mit vollständiger Attributierung an die LGRB-Kartografie zur Endbearbeitung der gedruckten Karte geliefert. Dort wird vor allem die Kartentopografie, der Koordinatenrahmen und die Legende hinzugefügt und das Layout der Karte gestaltet. Ergänzend werden hinzugefügt:
- Beschriftungselemente in der Karte (Texte)
- Säulenprofile (Grafik)
- Schnitte (Grafik)

3.2.3 Datenablage

Nach Fertigstellung und Druck der KMR-Karte findet die Archivierung der Daten statt. Sie werden von der Kartografie des Referates 91 abgelegt, um jeder Zeit die Karten reproduzieren zu können. Weiterhin werden die in Kap. 3.2.2 genannten Geometriethemen sowie die zugehörigen Texte gespeichert und stehen somit allen Bearbeitern des LGRB zur Verfügung.

Die Datenbank ArcSDE (Spatial Database Engine) ist die zentrale, vom gesamten Geologischen Dienst genutzte Anwendung zur Bearbeitung und Sicherung von Themen für die integrierte geologische Landesaufnahme (GeoLa). Die für die KMR bearbeiteten rohstofffachlichen Daten sowie die bei Betriebserhebungen gewonnenen Geometriedaten werden in der ArcSDE-Datenbank abgelegt. Hierbei handelt es sich um landesweite Datensätze zu folgenden Themen:
- Rohstoffbohrungen
- Rohstoffgewinnungsbetriebe (letzter Erhebungsstand)
- Rohstoffgewinnungsbetriebe (gedruckte KMR 50)

- Rohstoffgewinnungsbetriebe (ältere Erhebungsstände)
- Interessengebiete (vertraulich)
- Rohstoffgewinnung unter Tage
- Rohstoffgewinnung unter Tage (gedruckte KMR 50)
- Gesteine mit ungünstigen Materialeigenschaften
- Rohstoffvorkommen oberflächennah (KMR 50)
- Rohstoffvorkommen oberflächennah (KMR 50) außerhalb Baden-Württembergs
- Rohstoffvorkommen oberflächennah (älter)
- Rohstoffvorkommen oberflächennah (in Bearbeitung)
- Rohstoffvorkommen oberflächennah (vorläufig für Übersichtskarte)
- Rohstoffgeologisch noch nicht bearbeitetes Gebiet
- Rohstoffvorkommen unter Tage (KMR 50)
- Bergwerks- und Erlaubnisfelder (gedruckte KMR 50)
- Kiesmächtigkeiten im Oberrheingraben
- Eigenschaften von Kies- und Sand-Vorkommen
- Grubenpläne/Risse (gedruckte KMR 50)
- Rohstoffgeologische Schnittlinien
- Wichtige geologische Grenzen (z. B. Fest-/Lockergesteinsgrenzen).

Neben der ArcSDE-Datenbank für die Geometriedaten werden alle weiteren Informationen für die Rohstoffvorkommen in der Flächen-Datenbank des LGRB abgelegt. Die Stammdaten setzen sich zusammen aus Vorkommens-Nummer, ID-Nummer, Lage, Flächengröße, Kartiereinheit (Stratigraphie), Jahr und rohstoffgeologische Aussagesicherheit. Weiterhin werden die Rohstoffgruppe, minimale, maximale und durchschnittliche nutzbare Mächtigkeit sowie das Lagerstättenpotenzial des Vorkommens erfasst. Eine Archivierung der zu den Rohstoffvorkommen erstellten Beschreibungen findet ebenfalls in der Flächen-Datenbank in Form von standardisierten Texttabellen aus der KMR 50 statt.

3.2.4 Publikation digitaler Daten

Die KMR 50 wird nicht nur als gedrucktes Werk sondern auch in digitaler Form angeboten. Auf Wunsch kann eine CD-ROM erworben werden. Der Datenträger beinhaltet eine Einführung in die KMR und CD-ROM, eine Dokumentation der Daten und die Erläuterungen im pdf-Format. Die Daten der KMR können in Form eines ArcMap-Projektes bzw. bei alten Blättern als ArcView-Projekt geöffnet werden. Alle Datensätze liegen aber auch als Shape- bzw. Layerfiles vor und können einzeln in ein Shapefile kompatibles Geoinformationssystem eingeladen werden (z. B. QGIS). Legenden zu den Datensätzen liegen als layer- (ArcGIS) und avl-files (ArcView) für ESRI-kompatible Systeme vor. Neben den Datensätzen, die auch auf der gedruckten KMR zu finden sind, liegen auf der CD-ROM noch Themenkarten zur Aussagesicherheit und zum Lagerstättenpotenzial vor.

Die digitalen Daten der Landesrohstoffgeologie stehen auf der Internetseite des LGRB in Form eines Kartenviewers und als WMS-Dienst (Web Map Service) für GIS-Anwendungen zur Verfügung (Abb. 41). Die kostenlosen Angebote sind über die Homepage des LGRB frei zugänglich: Kartenviewer: http://maps.lgrb-bw.de/. WMS-Dienste: https://produkte.lgrb-bw.de/catalog/list/?wm_group_id=20000

Der Kartenviewer sowie die WMS-Dienste gliedern sich in vier Hauptbereiche:
- Rohstoffgeologische Übersichten 1 : 350 000 (RÜK 350)
- Karte der mineralischen Rohstoffe 1 : 50 000 (KMR 50)
- Rohstoffabbau 1 : 25 000 (ROH)
- Rohstoffvorkommen (ROHV).

Im WMS-Dienst der KMR 50 sowie im Kartenviewer werden folgende Themen der KMR 50 dargestellt:
- Rohstoffvorkommen
- Kiesmächtigkeiten im Oberrheingraben
- Rohstoffgewinnung im Tagebau (Flächen)
- Ehemalige Rohstoffgewinnung im Tagebau (Flächen)
- Ehemalige Rohstoffgewinnung im Tagebau (Punkte)
- Rohstoffe unter Tage

- Bergbau unter Tage
- Bereiche mit ungünstigen Materialeigenschaften
- Bereiche mit intensiver Störungs- und Klufttektonik
- Rohstoffgeologisch bedeutsame Aufschlüsse und Profile
- Verfügbarkeit der KMR 50 (= bislang publizierte Blätter).

Über einen Informationsbutton im Geoinformationssystem Kartenviewer können durch Anklicken eines gezeigten Rohstoffvorkommens Daten zu der jeweiligen Fläche abgerufen werden (Vorkommensbeschreibung im pdf-Format). Im Kartenviewer wie auch im WMS-Dienst ist keine Bearbeitung der Daten möglich. Die Darstellungen der KMR im Internet entsprechen dem Stand der gedruckten KMR. Hierbei ist zu beachten, dass Änderungen in Lage, Form und Größe der Abbaugebiete nicht jährlich aktualisiert werden.

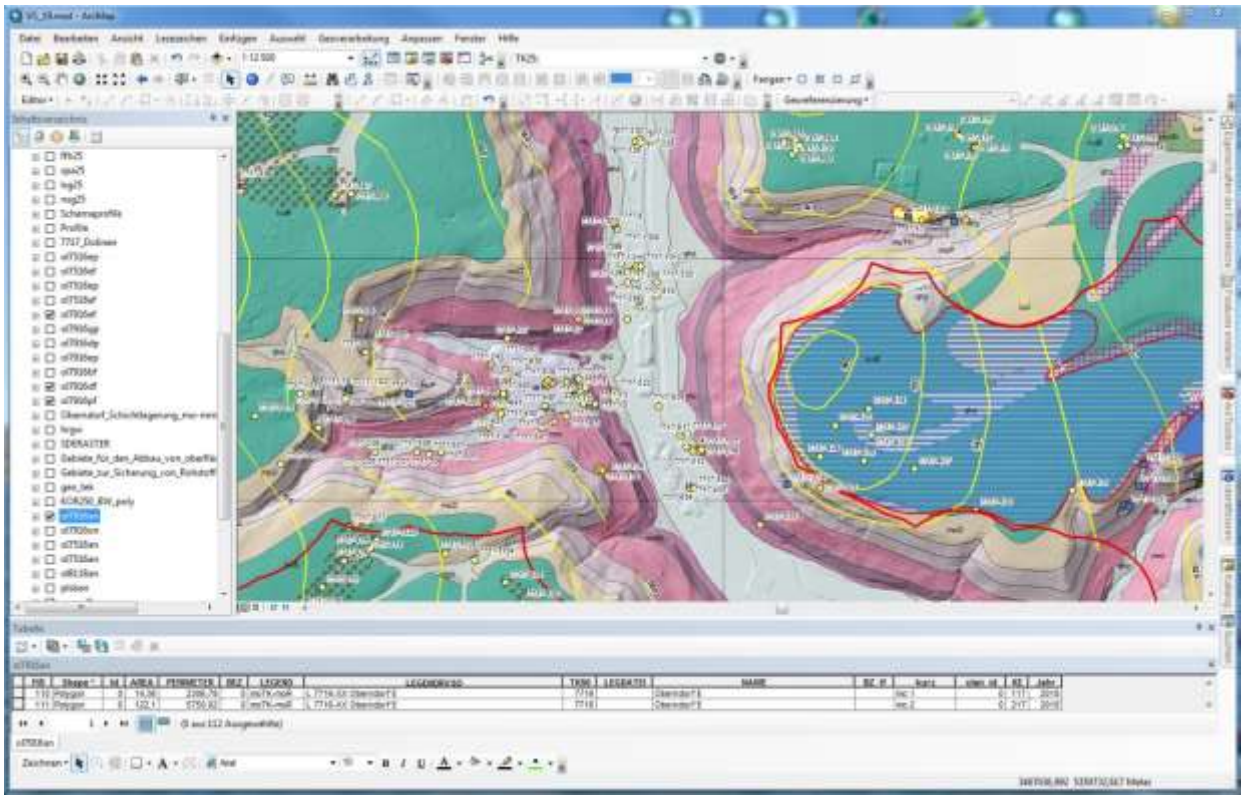
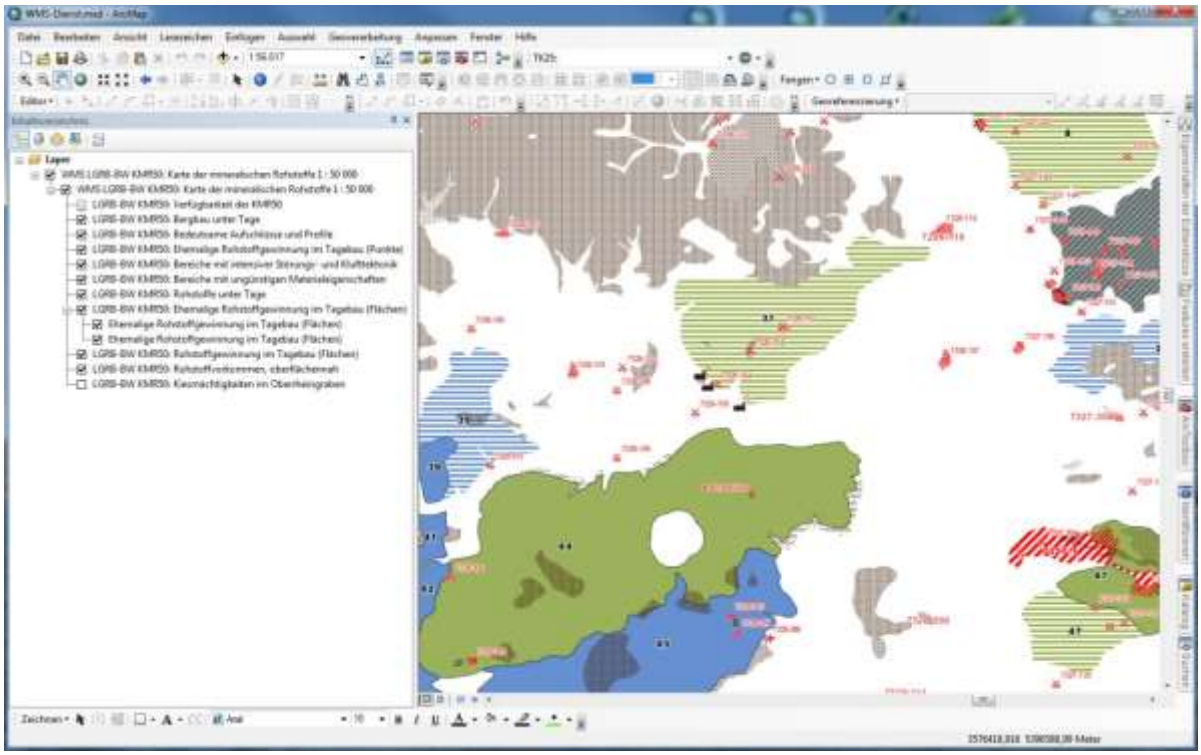


Abb. 40: Beispiel für digitale Informationen, die zur Abgrenzung eines Kalksteinvorkommens (blaue Schraffur- und Vollfarbenfläche) hilfreich sein können. Für die Abgrenzung eines Rohstoffvorkommens werden verschiedene Datengrundlagen in einem GIS verwendet. Dargestellt ist ein Ausschnitt der geologischen Karte Blatt 7717 Oberndorf a. N. (bunte Flächen) über dem digitalen Geländemodell (DGM, Relief). Darüber wurden die Flächen mit Bereichen intensiver Verkarstung (braune U) und Zonen mit Störungs- und Klufttektonik (magentafarbenes Gitter) gelegt. Daneben werden die Isolinien für die Schichtlagerungsmodells der Grenze des Mittleren zum Oberer Muschelkalks (gelbe Linien) und der 300 m Abstand zu Ortschaften angezeigt (rote Linien). Zur Vervollständigung der Daten sind die aufgenommenen Steinbrüche (blaue Quadrate) und die Daten der Aufschluss-Datenbank (gelbe bis orange Punkte) dargestellt.

Abb. 41 (→ Siehe nächste Seite): Beispiel für die Darstellung einer Karte der mineralischen Rohstoffe im WMS-Dienst des LGRB; Ausschnitt aus der Karte L 7326/L 73218 Heidenheim a. d. Brenz / Höchstädt a. d. Donau.



3.3 Bewertungsmaßstäbe: Genauigkeit der Aussagen, wirtschaftsgeologische Daten, Ressourcen und Lagerstättenpotenziale

3.3.1 Grundsätzliches zur Bewertung der Rohstoffvorkommen auf der KMR 50

Im ersten Kapitel der Erläuterungshefte zur KMR 50 wird Grundsätzliches zum Inhalt der Karte und zur Bewertung der dargestellten Vorkommen dargelegt.

Die auf der KMR 50 abgebildeten, nach Rohstoffgruppen farbig unterschiedlich dargestellten Flächen zeigen Lage, Art und Ausdehnung von Vorkommen mineralischer Rohstoffe, die im Zuge der landesweiten rohstoffgeologischen Bestandsaufnahme durch das LGRB abgegrenzt wurden. Für die auf der Karte dargestellten Rohstoffvorkommen wird davon ausgegangen, dass sie insgesamt oder in Teilbereichen Rohstofflagerstätten enthalten, welche aber noch durch ausreichend detaillierte Erkundung näher festzulegen sind. Außerhalb der auf den Karten farbig dargestellten Flächen (d. h. in den „weißen Gebieten“) werden hingegen keine oder nur kleine, d. h. nicht raumplanerisch relevante Rohstoffvorkommen erwartet.

Für Gebiete, in welchen keinerlei natürliche oder vom Menschen geschaffene Aufschlüsse wie Steinbrüche, Gruben, Straßenanschnitte und Bohrungen vorliegen, kann nur mit Analogieschlüssen auf Basis der geologischen Karte eine Prognose erstellt werden; dort können Bohrungen später durchaus noch Rohstoffvorkommen nachweisen. Allerdings hat die bisherige Erfahrung gezeigt, dass in solchen „weißen Flächen“ auf der KMR 50 tatsächlich durch Erkundungsmaßnahmen, die nach der Kartenpublikation erfolgten, bislang nur selten noch kleine oder von der Rohstoffqualität ungünstige Vorkommen aufgefunden wurden (Beispiel Oberglashütte bei Stetten a. k. M.).

In Gebieten mit sehr schlechten Aufschlussverhältnissen und kompliziert aufgebauten, wechselhaften Gesteinskörpern sind solche Nachweise am ehesten zu erwarten; so wurde z. B. bei Vogt-Grund (Blatt 8124 Wolfegg) eine bis 80 m mächtige Kieslagerstätte erkannt, die auf dem im Jahr 2002 erschienenen KMR 50-Blatt L 8124 Bad Waldsee nicht verzeichnet ist. Sie liegt unter einer 5–10 m mächtigen, geschlossenen Überdeckung von Moränensedimenten verborgen, wurde 2009 erstmals mit einer Bohrung angetroffen und bis 2018 schrittweise durch Kernbohrungen erkundet. Diese Ergebnisse, die im Rahmen der TÖB-Verfahren des LGRB erkannt, bewertet und archiviert werden, fließen in eine spätere Neuauflage der KMR 50 ein.

In den Erläuterungen ist herauszustellen, dass die rohstoffgeologischen Arbeiten des LGRB bei der Erstellung der KMR 50 nicht die Abgrenzung von *Lagerstätten* (s. u.) zum Ziel haben und auch nicht haben können. Beurteilung und genaue Abgrenzung einer Lagerstätte können nur nach einer ausreichend detaillierten Exploration unter Berücksichtigung jeweils aktueller technischer Anforderungen und wirtschaftlicher Rahmenbedingungen erfolgen; eine solche detaillierte Erkundung ist üblicherweise Aufgabe der Rohstoffindustrie oder sonstiger an der Rohstoffgewinnung unmittelbar wirtschaftlich interessierter Kreise. Eine Ausnahme sind von der KMR 50-Aufnahme unabhängige Erkundungsarbeiten des LGRB im Rahmen der Beratung der Baudenkmalpflege; hierbei werden geeignete Naturwerksteinlagerstätten so eingegrenzt, dass Gewinnungsarbeiten unmittelbar anschließend erfolgen können.

Wichtige Begriffserläuterungen in diesem Zusammenhang sind: Unter „**Lagerstätte**“ wird vom Rohstofffachmann ein nach derzeitigen wirtschaftlichen und technischen Bedingungen abbauwürdiges Rohstoffvorkommen verstanden. Die z. B. in einer Kieslagerstätte auftretenden Lockergesteine kommen nach Qualität und Inhalt (gewinnbare Menge) für Abbau und Aufbereitung zu Baustoffen in Betracht. Da die wirtschaftliche Gewinnbarkeit von Nachfrage und Angebot gesteuert wird, kann sich auch die Einschätzung bzgl. der Wirtschaftlichkeit eines geologischen Vorkommens ändern, vgl. dazu nachfolgende Ausführungen.

Unter „**Rohstoffvorkommen**“ wird ganz allgemein ein räumlich begrenzter Gesteinskörper verstanden, in dem mineralische Rohstoffe angereichert sind; dieser Begriff beinhaltet keine Aussage, ob die Minerale oder Gesteine dieses Vorkommens auch vollständig wirtschaftlich gewinnbar wären. Wird in einem allgemein geowissenschaftlichen Kontext das Wort „Vorkommen“ verwendet, so ist damit lediglich die Existenz eines geologischen Körpers gemeint, ohne dass eine Aussage über die mögliche wirtschaftliche Bedeutung dieses Körpers oder einzelner zugehöriger Abschnitte gemacht wird.

In den Erläuterungen zur KMR 50 werden daher stets ausreichend genaue Erläuterungen zur Datenbasis, zum generellen Verfahren bei der Abgrenzung und Darstellung von Rohstoffvorkommen, zum Erkundungsgrad sowie zur Notwendigkeit der Datenaktualisierung gegeben.

Aussagekraft der Kartendarstellung, Datenbasis

Die Abgrenzung der auf der KMR 50 dargestellten Rohstoffvorkommen wird mittels Untersuchungen im Sinne einer Übersichtserkundung durchgeführt. Die Ergebnisse und die bewertenden Aussagen sind nicht geeignet für die unmittelbare Planung von Abbauvorhaben, jedoch erleichtern sie die Auswahl von Erkundungsgebieten erheblich.

Die Rohstoffkarte KMR 50 ist eine kartografische und textliche Darstellung zur Verdeutlichung des derzeitigen Kenntnisstands über wirtschaftlich interessante geologische Körper bestimmter Gebiete innerhalb von Baden-Württemberg. Es handelt sich daher nicht um Plandarstellungen von Objekten, wie sie z. B. im Baubereich oder der Geotechnik üblich sind. Das bedeutet, dass die auf der Karte dargestellten Abgrenzungen nicht im Detail festgelegt sind; Veränderungen der Grenzziehungen in der Größenordnung einiger Hundert Meter sind möglich.

Rohstoffkarten bauen auf **geologischen Karten im Maßstab 1 : 25.000** oder genauer auf. Geologische Karten wurden nicht primär mit Hinblick auf rohstoffgeologische Bewertungen, sondern mit allgemeineren Zielsetzungen erstellt, wie z. B. zur Darstellung der generalisierten Gesteinsverbreitung in Oberflächennähe, der erdgeschichtlichen Gliederung oder des tektonischen Baus in einem bestimmten Gebiet. Materialeigenschaften, deren Kenntnis für eine rohstoffgeologische Aussage erforderlich ist, können nicht oder nur zum Teil aus diesen allgemeinen geologischen Karten abgeleitet werden.

Für eine **rohstoffgeologische Beurteilung** ist die wirtschaftliche Bedeutung eines Gesteinsvorkommens unter Berücksichtigung der aktuellen Rahmenbedingungen abzuschätzen. Wirtschaftsprozesse und industrielle Verfahren unterliegen einer ausgeprägten Dynamik. Dies gilt selbstverständlich auch für die Rohstoffindustrie. Waren früher z. B. viele kleine Kiesgruben – oftmals in minderwertigen, geringmächtigen Ablagerungen – zur Deckung der lokalen Versorgung ausreichend, so sind heute aufgrund der stark gestiegenen Anforderungen an das Material für die Erzeugung von güteüberwachten Produkten (z. B. für den Hoch- und Tiefbau) und der im Vergleich zu früher viel größeren Mengennachfrage meist nur langfristig nutzbare, qualitativ hochwertige und möglichst einheitliche Gesteinslagerstätten wirtschaftlich gewinnbar.

Darstellung der Vorkommen: Nach dem heutigen Stand der Erkenntnisse ist davon auszugehen, dass die in der Karte mit flächenhafter Farbgebung dargestellten Vorkommen für die ausgewiesene Art der Hauptnutzungsmöglichkeit („Rohstoffgruppe") *einen oder mehrere* Gesteinskörper enthalten, die unter derzeitigen Anforderungen an Materialqualität, Vorräte, Abraumverhältnisse und Gewinnbarkeit als bauwürdig zu bezeichnen sind. Im Regelfall werden sich jedoch nach Abschluss von Detailerkundungen letztlich nur Teile eines dargestellten Vorkommens als bauwürdig erweisen.

Es gilt daher grundsätzlich, dass eine Lagerstätte, die einer bestimmten industriellen Anforderung genügen soll, von dem an einem Rohstoffabbau interessierten Unternehmen selbst eingehend untersucht werden muss, bevor z. B. Regionalplan- oder Abbauantragsverfahren eingeleitet oder Investitionen (Grundstückserwerb usw.) getätigt werden. Die Karte liefert Hinweise, wo nach derzeitiger Datenlage geeignete *Erkundungsgebiete* liegen. Das LGRB hat im Auftrag des Landes eine Vorerkundung vorgenommen, um die regionale und betriebliche Rohstoffsicherung fachlich zu unterstützen.

Genauigkeit: Die vom LGRB durchgeführten Arbeiten zur Erstellung der KMR 50 stellen hinsichtlich Umfang und Genauigkeit eine lagerstättengeologische Vorerkundung dar; angestrebt werden Darstellungen und Bewertungen mit Übersichtscharakter, welche möglichst langfristig Bestand haben. Daher können industrielle Anforderungen an den Rohstoff, die für die Erzeugung spezieller Produkte eingehalten werden müssen, nicht oder nur randlich bei der Abgrenzung der Rohstoffvorkommen berücksichtigt werden.

Karten vom Typ der KMR 50 sind für die gesamte Landesfläche nach einem einheitlichen Prinzip anzufertigen. Die Darstellungen sind daher zu generalisieren, alle nach derzeitigem Kenntnisstand langfristig bedeutsamen Rohstoffkörper sind zu berücksichtigen. Wie ausgeführt, werden daher in der Regel keine Rohstoffvorkommen besonders detailliert erkundet; eine Lagerstättenabgrenzung im wirtschaftlichen Sinne findet nicht statt. Wie erwähnt, ist dies Aufgabe der Rohstoffindustrie.

Die auf den Karten dargestellten Areale sind innerhalb eines vorgegebenen Zeitraums zu bearbeiten, der den zur Verfügung stehenden Mitteln und den zeitlichen Anforderungen der Regionalplanung gerecht wird. Dies macht deutlich, dass Abgrenzungen, Beschreibungen und Bewertungen der Vorkommen keinen für alle Zeit endgültigen Charakter besitzen können; Aktualisierungen und Neuauflagen sind daher in angemessenen Zeiträumen erforderlich.

Rohstoffressourcen außerhalb der dargestellten Vorkommen: Grundsätzlich werden im Rahmen der rohstoffgeologischen Landesaufnahme keine geologischen Körper in die Untersuchung einbezogen, deren Gesteins- oder Mineralinhalt zum Zeitpunkt der Bearbeitung nur für eine kurzzeitige, kleindimensionierte Rohstoffgewinnung geeignet erscheinen. Die dargestellten lagerstättenhöffigen Vorkommen weisen in der Regel raumplanerisch relevante Größen und Mächtigkeiten auf. Ausnahmen sind hochwertige Naturwerksteinvorkommen, die auch bei geringer Ausdehnung wirtschaftliche Bedeutung erlangen können. Wie zuvor betont, können auch in völlig aufschlusslosen Gebieten noch Vorkommen mineralischer Rohstoffe existieren, welche durch Erkundungsmaßnahmen (Bohrungen, Geophysik usw.) nach Veröffentlichung der Karte(n) nachgewiesen werden können. Es ist also durchaus möglich, dass außerhalb der auf der Karte gekennzeichneten Areale noch Vorkommen existieren und zwar insbesondere solche, die nur geringe Rohstoffvorräte enthalten, welche aber möglicherweise für eine kurzzeitige Gewinnung von Interesse sein können.

3.3.2 Allgemeine fachliche Kriterien zur Ausweisung von Vorkommen oberflächennaher mineralischer Rohstoffe

Auf der KMR 50 werden Gebiete dargestellt, in denen nach vorliegenden Informationen solche oberflächennahen mineralischen Rohstoffe vorhanden sind, die für eine industrielle Nutzung wahrscheinlich oder vermutlich in Betracht kommen und eine für die regionalplanerische Betrachtung ausreichende Größe haben („planungsrelevant"). Diese Gebiete werden auf der Karte – gegliedert nach Rohstoffgruppen – jeweils durch eine einheitliche Farbgebung nach dem vorrangigen Verwendungszweck gekennzeichnet oder zweifarbig schraffiert bei zwei gleichwertigen Nutzungsmöglickeiten.

Die **Abgrenzung** der Vorkommen erfolgte vor allem, aber nicht ausschließlich, nach rohstoffgeologischen Kriterien. Bereichsweise ungünstige Gesteinseigenschaften können eine Nutzung ver-

hindern oder einschränken. Kalksteinvorkommen können z. B. von Dolomitisierung, Verkarstung und tektonischer Zerrüttung in so großem Umfang betroffen sein, dass sie für einen wirtschaftlichen Abbau nicht in Frage kommen. Die verwendeten Abgrenzungskriterien werden in den tabellarischen Beschreibungen so weit erläutert, wie es anhand der vorliegenden Daten möglich und zur rohstoffgeologischen Beurteilung erforderlich ist.

Um die **Flächeninanspruchnahme** durch künftigen Rohstoffabbau möglichst gering zu halten, werden nur Gesteinsvorkommen empfohlen, die eine bestimmte Mindestmächtigkeit nicht unterschreiten (Tab. 1). Ferner ist die Abraummächtigkeit von Bedeutung, also die Mächtigkeit der nicht nutzbaren Ablagerungen über und/oder innerhalb des Rohstoffvorkommens (Deckschichten und nicht verwertbare Zwischenlagen). Abgegrenzt wurden lediglich Vorkommen, bei denen ein Abraum-/Nutzschichtverhältnis von mindestens 1 : 3 zu erwarten ist, d. h., bei einer mittleren Abraummächtigkeit von z. B. 5 m sollten die durchschnittlich nutzbaren Mächtigkeiten bei mindestens 15 m liegen.

Tab. 1: Für jede Rohstoffgruppe werden wichtige Bewertungskriterien wie Rohstoff- und Abraummächtigkeiten sowie Mindestvorräte in den Erläuterungen zur Karte angegeben (Beispiel der KMR 50 Tuttlingen – Singen). Für die wichtigen Massenrohstoffe sind diese Kriterien landesweit einheitlich. Die Mindestabbauzeiträume lassen sich unter Nutzung der für die angegebene Rohstoffgruppe regionsweit mittleren Fördermengen abschätzen. Die Fördermengen werden bei der Bearbeitung der KMR 50 aktualisiert. Diese Tabelle erscheint in den KMR 50-Erläuterungen stets als Tabelle 1.

Rohstoffgruppe (landesweit)	Lithologie und Stratigraphie (im jeweilig. Blattgebiet)	Mindest-mächtig-keit	Maximale mittlere Abraum-mächtigkeit	Mindest-abbau-zeitraum	Mindest-vorräte
Kiese, sandig	„Würm"-Kiese und -Sande; „Riß"-Kiese und -Sande ; Tiefere Hochrhein-Deckenschotter	5 m	5 m (A/N max.: 1 : 3)	30 Jahre	6 Mio. t
Ziegeleirohstoffe	Tonmergel und Mergel der Hasenweiler-Beckensedimente	5 m	5 m (A/N max.: 1 : 3)	50 Jahre	2 Mio. t
Natursteine für den Verkehrswegebau, für Baustoffe und als Betonzuschlag	Kalksteine	30 m	20 m (A/N max. 1 : 3)	50 Jahre	10 Mio. t
Hochreine Kalksteine	Kalksteine	30 m	20 m (A/N max. 1 : 3)	50 Jahre	10 Mio. t
Naturwerksteine	Quaderkalke, Schalentrümmerkalke	5 m	10 m (A/N max. 2 : 1 bis 3 : 1)	50 Jahre	0,2 Mio. t
Zementrohstoffe	Kalksteine, Mergelkalksteine, Mergelsteine	30−40 m	10 m	100 Jahre	100 Mio. t

Die in Tab. 1 genannten **Mindestmächtigkeiten** beziehen sich auf den alleinigen Abbau des jeweils betrachteten Rohstoffs. Den betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten bei der Rohstoffnutzung wird durch die Zugrundelegung eines **Mindestvorrats** eines Vorkommens Rechnung getragen. Als Richtlinie gilt, dass der vermutete Vorrat bei der Neuanlage z. B. einer Gewinnungsstelle für sandige Kiese für den Verkehrswegebau usw. eine Abbaudauer von mindestens 30 Jahren mit einer durchschnittlichen jährlichen Fördermenge von 200 000 t/a ermöglichen sollte (vgl. Tab. 1).

Diese Richtlinien gelten in erster Linie für Vorkommen, die künftig für die Gewinnung von Massenrohstoffen vorgesehen werden sollen. Vorkommen hingegen, die bereits seit längerer Zeit von Abbaubetrieben genutzt werden, können auch bei geringeren Vorratsmengen wirtschaftlich gewinnbar sein, da in die erforderlichen Anlagen und Infrastrukturen bereits früher investiert wurde. Außerdem soll der regionalplanerische Grundsatz berücksichtigt werden, wonach die Erweiterung bestehender Abbaustätten Vorrang vor einer Neuanlage hat. Kleine Vorkommen können aber auch dann von

Interesse sein, wenn sie in der Nähe zu größeren oder bereits in Abbau befindlichen Vorkommen liegen und eine gleichzeitige Nutzung mit diesen möglich ist.

Bewertung von Nutzungskonkurrenzen: Nutzungskonkurrenzen wie z. B. Wasser- und Naturschutz oder Forst- und Landwirtschaft spielen bei der Abgrenzung von wirtschaftlich interessanten Rohstoffvorkommen auf der KMR 50 keine Rolle; die Würdigung der Nutzungskonkurrenzsituation ist Aufgabe der Raumplanung, der Genehmigungsbehörden und den an einem Abbau interessierten Firmen. Die KMR 50 stellt die rohstoffgeologischen Grundlagen unabhängig von den sich meist rasch verändernden Planungen und Nutzungsansprüchen der Landesfläche dar.

Areale mit geschlossener Wohnbebauung werden hingegen so gewürdigt, dass derart überbaute Rohstoffvorkommen auf der KMR 50 **nicht ausgewiesen** werden. Auch historische Baudenkmale außerhalb von Städten und Gemeinden wie Schlösser und Burgen sowie herausragende archäologische Bodendenkmale (römische Ruinen, Klosterruinen usw.) werden als Ausschlusskriterien betrachtet. Die in vielen Gebieten in großer Zahl vorhandenen vorgeschichtlichen Hügelgräber jedoch nicht, zumal in den meisten Fällen unklar ist, ob diese punktuellen Stein- und Erdanhäufungen wissenschaftliche bzw. kulturelle Bedeutung haben. Das Gleiche gilt für militärische Bunker- und Depotanlagen. Im Erläuterungstext wird auf solche möglicherweise wichtigen Anlagen hingewiesen; im Falle einer Planung zum Rohstoffabbau sind diese Phänomene auf ihre Bedeutung zu prüfen und ggf. auszusparen. Einzelbauwerke oder kleinere Gebäudekomplexe wie Aussiedlerhöfe und Ferienhaussiedlungen sowie Wege und einfache Straßen werden hingegen nicht berücksichtigt, weil im Falle einer oberflächennahen Rohstoffgewinnung Nutzungsänderungen, Abriss bzw. Verlegung möglich sind.

Zu berücksichtigen sind bei den Vorkommensdarstellungen allerdings besonders wichtige „lineare“ Bauwerke wie Bundesautobahnen und überregional bedeutsame Wasserzuleitungssysteme (wie die Bodenseewasserversorgung). Hier ist es i. d. R. sinnvoll, auf beiden Seiten des Bauwerks Sicherheitsabstände von 50–100 m einzuhalten.

Mindestabstand: Bei der Abgrenzung von oberflächennahen Rohstoffvorkommen auf der KMR 50 wird ein Mindestabstand zu Siedlungsflächen mit weitgehend geschlossener Bebauung eingehalten, da beim Gesteinsabbau i. d. R. Staubimmissionen und Sprengerschütterungen auftreten. Den langjährigen Gepflogenheiten der Genehmigungsbehörden und auch der Regionalplanung in Baden-Württemberg folgend beträgt dieser Abstand rd. 300 m (d. h. auch ein Vorranggebiet für den Rohstoffabbau reicht nur max. 300 m an die Bebauung heran, eine spätere Gewinnungsstelle ebenso, es sei denn, eine Einzelfallprüfung rechtfertigt Abweichungen davon). Der Abstand von 300 m geht auf den sog. Abstandserlass des Umweltministeriums Nordrhein-Westfalen[7] vom 6. Juni 2007 zurück.

Bei Vorkommen der Rohstoffgruppen Kiese und Sande sowie Ziegeleirohstoffe, bei denen ein Abbau ohne Sprengen möglich ist, empfiehlt das LGRB hingegen – abweichend vom „Abstandserlass“ – einen Mindestabstand von 100–200 m zu geschlossenen Siedlungsflächen. Im Einzelfall ist auch zu prüfen, ob nicht sogar Festgesteinsvorkommen in sedimentären Abfolgen (wie Bankkalksteine oder Mergelsteinfolgen für die Gewinnung von Zementrohstoffen) durch sprengstofflose Techniken, z. B. mit Reißbaggern, gelöst werden können.

Kartografische Grundlage zur Grenzabstandsbestimmung sind die Siedlungsflächen nach dem ATKIS-Datensatz (Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem) von 2010/2011.

[7] *„Abstände zwischen Industrie- bzw. Gewerbegebieten und Wohngebieten im Rahmen der Bauleitplanung und sonstige für den Immissionsschutz bedeutsame Abstände (Abstandserlass)“. (MBl. NW. 1998, S. 744), RdErl. des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft NRW v. 2.4.1998 – V-B-5 – 8804.25.1 (V-Nr. 1/98); dieser wurde am 6.6.2007 vom Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (NRW) unter V-3-8804.25.1 erneuert.*

4 Rohstoffgeologische Kartierung und Erkundung

[WOLFGANG WERNER]

4.1 Rohstoffkartierung zur KMR 50: Zielsetzung der Geländearbeiten

Unter „Rohstoffkartierung“ wird hier die Erarbeitung einer Rohstoffkarte mittels eigener Arbeiten wie Aufnahmen im Gelände („Kartierung“ im engeren Sinne), Probenahme aus Rohstoffkörpern und Erkundung verstanden. Die Rohstoffkartierung ist im Kern **eine Materialbewertung sowie Ermittlung von lateraler Ausdehnung und von Mächtigkeiten** der möglicherweise nutzbaren geologischen Körper und der Deckschichten, welche die Nutzung erschweren oder verhindern können.

Je nach Beschaffenheit und Geometrie des geologischen Körpers werden bei der Rohstoffkartierung bevorzugt mineralogisch-geochemische, petrographische, sedimentologische oder strukturgeologische Verfahren und Kombinationen dieser Verfahren genutzt. Von großer Bedeutung sind Kenntnisse über die Verwendungsmöglichkeiten der verschiedenen mineralischen Rohstoffe sowie die technischen und wirtschaftlichen Anforderungen an die Lagerstätte. Außerdem sind Kenntnisse hydrogeologischer, geotechnischer und bergbaulicher Art wichtig. Als **wichtigste Erkundungsverfahren** zur Erstellung einer Rohstoffkarte von der Qualität der KMR 50 sind Kernbohrungen und geophysikalische Kartiermethoden (s. u.) zu nennen, außerdem können Schürfe und die Aufnahme von Spülproben von Meißelbohrungen der Industrie von Bedeutung sein.

Falls ausreichend gute Aufschlussdaten, z. B. aus Kernbohrungen Dritter mit fachlich fundierten Beschreibungen und Dokumentationen, vorhanden sind, so ist eine amtliche Bohrmaßnahme i. d. R. nicht erforderlich. Zusätzliche Bohrungen können dennoch erforderlich werden, wenn frisches Probenmaterial z. B. für die Eignungsbewertung von Vorkommen von Industriemineralen (Kalkgehalt, Weißgrad, Quarzgehalt, Gipsgehalt usw.) benötigt wird.

Wann sind Kartier- und Erkundungsdaten „ausreichend“? Grundsätzlich können kaum genügend Daten über einen geologischen Körper vorhanden sein, jeder neue Aufschluss liefert weitere Erkenntnisse. Zur Beurteilung müssen daher zusätzliche Faktoren herangezogen werden: Fragestellung, Zeitkonto, finanzielle und personelle Möglichkeiten.

Fragestellung: *Die KMR 50 dient – wie eingangs ausgeführt – der Darstellung und Beschreibung von rohstoffwirtschaftlich voraussichtlich bedeutsamen Gesteins- bzw. Mineralvorkommen. Ein Lagerstättennachweis ist dabei nicht gefordert; dieser ist ohne genaue technische und wirtschaftliche Vorgaben auch nicht möglich! (d. h. eine genaue Kenntnis von Qualität und Umfang des zu erzeugenden Produkts ist Vorbedingung).*

Zwingend gefordert ist für die KMR 50:

- Nachweis der Existenz eines grundsätzlich industriell verwertbaren Gesteinskörpers, innerhalb dessen Lagerstätten liegen können
- Erkenntnisse zur Abgrenzung dieses Körpers gegen nicht oder schlecht verwertbare Gesteine (Zielmaßstab 1 : 50.000 beachten, Abgrenzung also nicht „parzellenscharf“)
- Angaben zum prinzipiellen geologischen Bau des Körpers und der Verteilung der darin befindlichen Wertstoffe (schichtig homogen oder heterogen, linsen- oder rinnenförmig, lateral oder vertikal rasch wechselnd usw.)
- Aussagen zum Haupteinsatzbereich (wenn möglich: Hinweise zu weiteren Verwendungsmöglichkeiten)
- Angaben zu prognostizierten oder erkennbaren nutzbaren Mächtigkeiten und Abraummächtigkeiten.

Zu den besonders wichtigen, im Regelfall nur vom Geologen zu bestimmenden Parametern gehören die stoffliche und geometrische Homogenität bzw. Heterogenität des betreffenden Gesteinskörpers; erforderlich ist ferner eine gute Kenntnis zu den möglichen Verwendungsbereichen der verschiedenartigen Rohstoffkörper. Nach beiden richtet sich, ob **Aufschluss- oder Messpunkte ausreichend für die Beurteilung für die KMR 50 sind oder nicht**.

Beispiele

(1) Großflächiger und mächtiger Kieskörper vom Typus südlicher Oberrheingraben, welcher für Baumassenrohstoffe Verwendung finden soll: Kernbohrungen bis auf die Kiesbasis und im Abstand von einigen Kilometern, Korrelation mit anderen Bohrungen (ähnlich: Oberer Muschelkalk in Heilbronn-Franken, Granitkörper im Südschwarzwald).

(2) Ein im Vorland des Alpengletschers durch episodische Schmelzwässer abgelagerter Kies- und Sandkörper zur Gewinnung von Baumassenrohstoffen: Bohrungen bis auf die Basis des Kies- und Sandkörpers im Abstand von max. 1 km und zusätzlich geoelelektrische Sondierungen (ähnlich: Mürbsandsteinkörper in den Stubensandstein-Schichten, Sulfatgesteinskörper im Gipskeuper).

(3) Sandstein- oder Travertinvorkommen zur Gewinnung von Werksteinmaterial:
Fall (A) für die Einstufung „Vorkommen prognostiziert“: Aufnahme zahlreicher Altabbaue, Nachweis des Werksteinmaterials auf der Fläche, einzelne Voll- oder Kernbohrungen
Fall (B) für die Einstufung „Vorkommen nachgewiesen“: zusätzlich Kernbohrungen im Abstand von max. hundert Metern bis unter die Basis des Werksteinlagers
Fall (C) für die Einstufung als Lagerstätte: zusätzlich gesteinsphysikalische Untersuchungen am Kernmaterial und Probeabbauarbeiten zur Klärung der Rohblockgrößen und des hochwertig verwertbaren Anteils.

4.2 Vorbereitung der Rohstoffkartierung

Ebenso wichtig wie die Geländearbeiten selbst sind sorgfältige Vorbereitungen im Büro, vor allem weil im SGD umfangreiche Geodaten über alle Landesteile vorliegen. Zur Vorbereitung der Geländearbeiten haben sich folgende Schritte bewährt, wobei es sinnvoll ist, dies iterativ für Teilgebiete (nicht größer als eine TK 25) durchzuführen:

- Durchsicht vorhandener Rohstoffkarten wie PRK, KMR 50 und KOR 200 sowie der digitalen Übersichtskarten (Karten-Viewer)
- Durchsicht der Betriebsakten zu den im Gebiet liegenden Gewinnungsstellen sowie des Altabbau-Katasters, Durchsicht der Rohstoffsammlung im LGRB
- Durchsicht von rohstoffgeologischen Gutachten, besonders solcher für die Regionalplanung
- Zusammenstellung/Sichtung von relevanten Publikationen und unveröffentlichten Berichten zu den Lagerstätten im Bearbeitungsgebiet
- Zusammenstellung der geologischen Karten und der zugehörigen Erläuterungen
- Zusammenstellung und Durchsicht topografischer Karten verschiedener Ausgabejahre
- Sichtung der hochauflösenden DGM-Daten, ggf. Erstellung weiterer Modelle (mit frei wählbaren „Beleuchtungsrichtungen“)
- Durchsicht des Bohrarchivs und Auswahl von relevanten Schichtbeschreibungen.

Es ist sinnvoll, anhand dieser Daten bereits mögliche Rohstoffvorkommen oder „hoffnungsvolle Areale“ in einem groben Entwurf abzugrenzen und die genannten Daten gebietsweise zusammenzustellen. Zur Geländevorbereitung sind folgende Karten empfehlenswert:

- Geologische Karte (alt) und aus GeoLa-Datensatz
- Topographische Karte mit allen Archivbohrungen (meist tiefer als 5 oder 10 m) und Gewinnungsstellen (alt und in Betrieb)
- Topographische Karte und DGM.

4.3 Durchführung der Geländeaufnahmen

Folgende allgemeine geologische Kriterien sind, auch mit einfachen Werkzeugen (Abb. 42), zur Beschreibung eines Rohstoffkörpers systematisch zu erheben und zu dokumentieren:

- Lage im Raum (Karte, Profilschnitte, 3-D-Techniken)
- Abgrenzung gegen andere geologische Körper
- Bezeichnung des Rohstoffs bzw. der Rohstoffe (nutzbare Gesteine und Minerale)
- Gesteinszusammensetzung (Petrographie, Mineralbestand, Korngrößen und -formen, Kornverteilung)
- Gesteins- und Mineralfarben
- Stratigraphische Zuordnung
- Angaben zur Lithofazies

- Allgemeine Angaben zur Genese des Rohstoffkörpers (sedimentär-marin, -lakustrin, -fluviatil, -glazigen, vulkanisch, subvulkanisch, magmatisch, hydrothermal usw.)
- Mächtigkeiten der nutzbaren Gesteinskörper (min./max., Durchschnitt)
- Mächtigkeiten der nicht nutzbaren Deckschichten und Einschaltungen
- Geometrie des Rohstoffkörpers (schichtig, linsig, gangförmig, stockförmig, unregelmäßig usw.) bzw. der Wertmineral-Anreicherung im Gestein (massig, feinverteilt, lagig usw.)
- Angaben zu Homogenität bzw. Heterogenität des Rohstoffkörpers bzw. der Verteilung der Wertminerale
- Strukturgeologische Daten: Lagerungsverhältnisse, Bruch- und Faltentektonik, Störungen und Störungskinematik (Auf- und Abschiebung, Seitenverschiebung, Kombinationen aus diesen), Struktur bzw. Textur des Gesteins
- Angaben zur bisherigen oder aktuellen Nutzung
- Generelle Grundwasserverhältnisse (Lage des Grundwasseroberfläche, Angaben zu Trocken- bzw. Nassabbau, Angabe zur GW-Nutzung, Lage des Vorfluters).

Abb. 42: Wichtige Werkzeuge bei der Rohstoffkartierung: 3 m-Messlatte („E-Latte"), Geologenhammer (mit Spitze für Kristallingesteine, mit Schneide für Sedimentgesteine = Sedimenthammer), Gefügekompass Freiberger Bauart (ermöglicht Vektormessungen von Streichen und Fallen an Flächen und linearen Elementen sowie Peilen), Bohrkrone – symbolisch für Aufnahme und Beprobung durch Bohrungen.

Abb. 43: Aufnahme in einem Sandsteinbruch: Einmessen der Steinbruchwand, welche hier einer Hauptkluftrichtung folgt, mit dem Gefügekompass. Aus sicherheitlicher und zeitlicher Sicht ist die Bestimmung der Schichtmächtigkeiten unter Nutzung einer auf Panorama-Aufnahmen gut erkennbaren 3-m-Messlatte zu empfehlen. Dieser Größenmaßstab kann auf Fotos problemlos auch auf andere Abschnitte der fotografierten Steinbruchwände übertragen werden. Die so erzielten Mächtigkeitsangaben sind in den meisten Fällen hinreichend genau für Beschreibung in der KMR 50.

Abb. 44: Aufnahmen in einem Granitsteinbruch im Südschwarzwald: Hier stehen neben der Ermittlung der Sohlenhöhen und der insgesamt genutzten Mächtigkeit (nach dem bei Abb. 43 geschilderten Verfahren) die Gesteinsbestimmung und die strukturgeologischen Aufnahmen im Vordergrund. Besonders wichtig sind die Bestimmung der unterschiedlichen Gesteinsvarietäten und der zugehörigen Materialqualitäten sowie die Abschätzung der jeweiligen Anteile auf der Lagerstätte. Grundlegend für die Interpretation der Kartierergebnisse im umgebenden Gebiet ist, wenn für das Auftreten (sehr) guter Gesteine einerseits und von Gesteinen mit ungünstigen Materialeigenschaften andererseits genetische Erklärungen geliefert werden können (Störungszonen, oberflächennahe Vergrusung/Verwitterung, postgranitische Intrusiva, Hydrothermalereignisse usw.).

Wichtigste Kartiermethode ist die Aufnahme von künstlichen und natürlichen Gesteinsaufschlüssen (Abb. 43 und 44) in Kombination mit der Lesesteinkartierung in der Umgebung. Besonders effizient ist diese Geländeaufnahme, wenn sie auf Grundlage von gutem Kartenmaterial erfolgt, das zur Orientierung und zur sofortigen Ergebnisdokumentation dient. Geeignete Karten können auf den Kartiermaßstab 1 : 10.000 vergrößerte amtliche topographische Karten, geologische Karten des Ausgabemaßstabs 1 : 25.000 oder Ausdrucke aus dem Digitalen Höhenmodell (DGM/LIDAR) sein.

Hinweis: Praktische Beispiele für die Durchführung von Rohstoffkartierungen in verschiedenartigen Rohstoffkörpern sind in Kap. 6 zu finden.

Gefährdungshinweis:

Die geologische Aufnahme von Steinbrüchen sowie von Kies- und Sandgruben mit steilen Böschungen birgt zahlreiche Risiken. Die Wände von in Betrieb befindlichen Gewinnungsstellen sind i. d. R. instabil, die Steilabbrüche auf den Abbausohlen sind selten durch Absperrungen oder Warnschilder markiert. Vor allem unmittelbar nach Sprengungen oder Abgrabungen mittels Baggern können große Gesteinsmassen nachbrechen. Besonders gefährlich sind Abbauwände nach Regenfällen und, während der kalten Jahreszeit, beim Auftauen vereister Partien. In frischen Abbauabschnitten darf der Nahbereich von Abbauwänden nicht betreten werden. Ein Herantreten an einen geologischen Aufschluss, z. B. um eine Messlatte an den Stoß zu legen, kann nur an stabilen Wandabschnitten erfolgen; Helmpflicht ist zu beachten.

Besonders heimtückisch sind mehrere Meter hohe Kieswände, aus denen sich ohne akustische „Vorwarnung“ große Partien lösen können. Auch der Rand von Baggerseen birgt vielfach unterschätzte Gefahren, besonders wenn aktuell auf dem Baggersee mittels Schwimmbagger Gewinnung betrieben wird. Unter der Seeoberfläche und somit unsichtbar erfolgende Rutschungen können sich, besonders bei steilen Abbautrichtern, bis an den Rand des Sees auswirken und zum Nachbrechen von Uferböschungen führen; die dabei entstehende Sogwirkung ist lebensgefährlich. Grundsätzlich gilt mit großer Vorsicht und Umsicht zu agieren und Begehungen (für Messungen, Fotodokumentation und Probenahme) stets mit erfahrenen und ortskundigen Mitarbeitern des Abbaubetriebs vorzunehmen. Probenahmen an Wänden und Böschungen sollten nicht händisch durchgeführt werden, sondern am besten am abseits des Abbauorts gelagerten Rohhaufwerk. Liegt kein repräsentatives Rohhaufwerk vor, so kann die Probenahme mit Unterstützung durch den Unternehmer und mit Hilfe von seiner Maschinentechnik (Hydraulikbagger, Radlader) von der Wand erfolgen.

4.4 Aufnahme von Gewinnungsstellen und Erhebung von wirtschaftsgeologischen Daten („Betriebserhebungen“)

Eine wichtige Datengrundlage für die Erstellung von Rohstoffkarten ist die Aufnahme aller im Gebiet liegenden Rohstoffgewinnungsstellen, und zwar sowohl der in Betrieb befindlichen als auch der früheren, „auflässigen“ Gruben und Brüche. Neben der Untersuchung und Beschreibung der Gesteine (Petrographie, Gefüge, Genese, Überprägungen usw.) und der strukturgeologischen Situation (Schichtlagerung, Störungs- und Trennflächengefüge usw.) ist bei der Erarbeitung von Rohstoffkarten und zugehörigen Erläuterungen die Ermittlung der Verwendungsmöglichkeiten der mineralischen Rohstoffe, der aktuellen Produkte und ihrer Verwendungsbereiche sowie der erforderlichen Qualitätsparameter grundlegend. Die Betriebserhebungen werden auch im Zusammenhang mit Beratungen zur Regionalplanung des LGRB, mit Stellungnahmen als Träger öffentlicher Belange oder anlässlich des Rohstoffberichts durchgeführt. Da diese Erhebungen in mehrjährigen Abständen seit dem Jahr 1986 aktualisiert werden, liegen fast in allen Fällen gute Informationen über die jeweilige Lagerstättenbedeutung und -nutzung vor.

Zur korrekten und einheitlichen Verwendung von im Zusammenhang mit wirtschaftsgeologischen Fragestellungen erhobenen Daten sind nachfolgend gelistete Begriffe von Bedeutung (mit **Begriffserläuterungen**):

- **Gewinnung** bezeichnet zunächst den technischen Vorgang des Abbaus, der Gesteinslösung. Im Kontext der KMR 50 und des Landesrohstoffberichtes sind damit die aus der Lagerstätte gelösten Massen gemeint, die der Weiterverarbeitung zugeführt werden.
- **Rohförderung** ist die gesamte geförderte Rohstoffmenge; sie enthält auch die nicht verwertbaren Anteile.
- **Abraum:** Zusätzlich gelöst werden muss der Abraum, der über oder auch innerhalb der Lagerstätte auftreten kann. Abraummassen werden nicht weiterverarbeitet und dienen nach der Rohstoffgewinnung der Wiederverfüllung und Rekultivierung.
- **Produktionsmenge:** Bei dieser oft auch als „verwertbare Förderung“ bezeichneten Menge handelt es sich um die nach Aufbereitung im Abbaubetrieb erzielte verkaufsfähige Rohstoffmenge.
- **Nicht verwertbarer Anteil:** Der Differenzbetrag zwischen Rohförder- und Produktionsmenge ist der im Rohstoffkörper enthaltene nicht verwertbare Anteil. Je höherwertiger eine Lagerstätte, desto geringer ist sein Anteil, je geringwertiger, desto größer. Sind Abraumanteil und der nicht verwertbare Anteil aus der Lagerstätte groß, dann ist die „Ausbeute“ gering und die Flächeninanspruchnahme, bezogen auf die Tonne Produkt, relativ groß.

Arbeitsschritte der Betriebserhebung

(1) Vorbereitung:
- Vorprüfung des vorhandenen Datenbestandes im LGRB und Datenabgleich mit den Genehmigungsbehörden (Landratsämter, Landesbergdirektion) besonders bzgl. genehmigter Flächen und Genehmigungszeiträumen
- Adressenprüfung und Abgleich mit der Adressendatenbank
- Abklärung, ob Planer der Regionalverbände an der Erhebung beteiligt werden wollen
- Ankündigungsschreiben an die Unternehmer und Terminabstimmung

(2) Betriebsbefahrung und Betreibergespräch:
Bei den Betriebserhebungen, zu denen ein persönliches Gespräch mit dem Betriebs- bzw. Werkleiter gehört, werden folgende Themenkomplexe behandelt:
- Rechtliche Situation: Genehmigung, Erweiterungsanträge, wasserrechtliche Entscheidungen
- Abbaustand und verbliebene Erweiterungsflächen (Kartendarstellung)
- beantragte Flächen und Interessengebiete
- Vor- und Folgenutzungen auf der Konzessionsfläche
- Schon abgebaute, verfüllte bzw. rekultivierte Bereiche
- Materialeigenschaften, Mächtigkeiten, Analysen, Daten aus Erkundungsbohrungen
- Abbau-, Aufbereitungs- und Verarbeitungstechnik
- Förder- und Produktionsmengen (auch der Vorjahre, mindestens zurück bis zu den letzten vorhandenen Angaben)
- Abraumwirtschaft, nicht verwertbarer Anteil in der Rohförderung
- Produkte und Verwendungen, Prüfzeugnisse

- Verkehr: Transport, Liefergebiete, Export (Anteil in %)
- Nutzungskonflikte: Gewässer-, Natur-, Landschaftsschutz, Natura 2000-Flächen und -Schutzziele, Siedlungsschutz usw.
- Hydrogeologie, inkl. Wasserhaltung.

Erhebungsbogen: Der zur standardisierten Erhebung benötigte Erfassungsbogen umfasst 10 Seiten; zusätzlich werden die meist umfangreichen Planunterlagen erfasst und digitalisiert. Die Sachdaten aller Objekte werden in einer PostgreSQL-Datenbank verwaltet. Die Geometriedaten von Abbau- und Erweiterungsgebieten, beantragten Flächen, rekultivierten und abgebauten Flächen werden über das Programm ArcGIS in einer SDE-Datenbank (Geodatabase) gepflegt.

Anhand eines EDV-Erfassungsbogens, der älteren Erhebungsdaten und der vorhandenen Kartenunterlagen werden bei den Betrieben in einem persönlichen Gespräch **Fragen vor allem zu folgenden Themenbereichen** gestellt:

- Förder- und Produktionsmengen der zurückliegenden Jahre
- Produkte und deren Verwendungen
- Abbau- und Aufbereitungstechnik
- Angaben zur Geologie und Material (Erkundungsbohrungen, Prüfzeugnisse)
- Angaben zur Grundwassersituation
- Flächenangaben (Abbauflächen, Erweiterungsflächen, rekultivierte Flächen, beantragte Flächen, Interessengebiete)
- rechtliche Situation, Genehmigungssituation
- Vor- und Folgenutzungen
- konkurrierende Raumnutzungen aus Sicht der Unternehmen.

Ermittlung der Produktions- und Rohfördermengen, Ermittlung des planerischen Rohstoffbedarfs

Es bedeuten: **Produktionsmenge** (in t) = verwertbarer Anteil der Förderung, i. d. R. über die LKW-Waage ermittelt
Rohförderung/Rohfördermenge (in t) = Summe aus Produktionsmenge und dem nicht verwertbaren Anteil **aus** dem Lagerstättenkörper.

Die Produktionsmengen des jeweiligen Vorjahres sind beim Betreiber zu erfragen (sinnvoll ist ein Hinweis auf die vertrauliche Behandlung der Zahlen durch das LGRB!); auch die Produktionsmengen der Vorjahre und die Gründe für Veränderungen sind zu erfassen. Die Betriebsleiter oder von Ihnen beauftragte Personen können jedoch i. d. R. nur die durch Wägung ermittelte Tonnage angeben, die die Gewinnungsstelle verlassen hat. Diese Rohstoffmenge entspricht per Definition der **Produktionsmenge** („Grubenprodukt“, verwertbare Förderung). Der in der Gewinnungsstelle durch selektive Gewinnung oder Aufbereitung entfernte **nicht verwertbare Anteil** wird nicht gewogen; er kann nur prozentual angegeben werden und ist i. d. R. im Gespräch, meist mit mehreren präzisierenden Nachfragen verbunden, zu erfragen. Es handelt sich dabei nicht um die Abraummenge, also die Menge, die durch (i. d. R. maschinelles) Abräumen über dem Rohstoffkörper entfernt und innerhalb des Konzessionsgeländes verbracht wurde. **Aus dem prozentualen Anteil am insgesamt gelösten Gestein ist die Rohförderung rechnerisch zu ermitteln**.

Die **Rohfördermenge** (= insgesamt gelöste Menge) ist von Bedeutung, weil es sich hierbei um die Rohstoffmenge handelt, die aus dem in der Planungsphase genehmigten Gesamtvorrat aus dem Lagerstättenkörper bereits entnommen wurde. Daraus lassen sich die Restvorräte im genehmigten Abbaugebiet und im regionalplanerischen Vorranggebiet für Abbau ermitteln. Dazu muss bekannt sein, welches spezifische Gewicht das genutzte Gestein im Mittel aufweist; hierbei ist die **Rohdichte** (Gestein + trockener Porenraum) und nicht die Reindichte zu verwenden. So können Gewichtsangaben im Volumen (m^3) umgerechnet werden.

Eine Interpretation der Menge des nicht verwertbaren Anteils und der Entwicklung dieses Anteils über die vergangenen Jahre hinweg erfordert oft genauere Recherchen. So kann dies an wechselnden Qualitäten des Lagerstättenkörpers liegen, an der Aufbereitungstechnik oder auch an einem vom Unternehmer (zu) eng gefassten Produktbereich; im letzten Falle bedeutet dies, dass für andere Einsatzbereiche verwendbare Rohstoffe verkippt bzw. zur Rekultivierung eingesetzt werden.

Die für die Regionalplanung wichtigen Bedarfsmengen an bestimmten Rohstoffen in Teilräumen der Planungsregionen werden aus den erhobenen Produktionsmengen, also den verkaufsfähigen bzw. verkauften Mengen an unterschiedlichen Rohprodukten (Mehle, Körnungen, Blöcke) der Gewinnungsbetriebe ermittelt. In Baden-Württemberg, wo seit dem Jahr 1986 eigene Betriebserhebungen durch den Geologischen Dienst vorgenommen werden, wird die durchschnittliche Produktionsmenge der Bertriebe seit dem Jahr 1992 ermittelt; in diesem Jahr lagen erstmals für alle Gewinnungsbetriebe in Baden-Württemberg die erforderliche Daten zu Geologie sowie zu Gewinnung und Produktion vor.

Gruben- oder Rohprodukte sind z. B. Splittkörnungen, die in den Brennofen eingebrachte Mischung an Zementrohstoffen und ihren Zuschlägen, die aus dem Bergwerk zu Tage geförderte Steinsalzmenge oder die Menge an Gesteinsrohblöcken vor ihrer Bearbeitung durch Steinmetz oder Bildhauer. Bei den Massenrohstoffen, welche als Schüttgut per LKW, Schiff oder Bahn abtransportiert werden, wird das Verladegut über vorgeschaltete Großwaagen (LKW-Waage usw.) registriert. Angegeben können von den Firmen daher nur Gewichte (Tonnen). Diese Werte müssen zur Berechnung von geförderten Mengen bzw. von verbliebenen Vorräten in Volumeneinheiten umgerechnet werden. Dazu sind Lagerstättenparameter wie Rohdichte und der durch Aufbereitung entfernte nicht verwertbare Anteil erforderlich.

Die Gleichsetzung Produktionsmenge = Bedarfsmenge kann deshalb vorgenommen werden, weil mineralische Rohstoffe in Baden-Württemberg nur dann aus den Lagerstätten gelöst (gewonnen) und anschließend aufbereitet (zu Produkten veredelt) werden, wenn eine entsprechende Nachfrage des Marktes vorliegt. Die in den Aufbereitungswerken anzutreffenden meist kleinen Halden haben die Funktion von Produktionspuffern, um den Verladeprozess reibungslos zu gestalten.

Rohstoffgewinnung: zu ermittelnde Flächen

Eine besonders wichtige Datengruppe sind die bei der Gewinnung oberflächennaher Rohstoffe früher oder gegenwärtig in Anspruch genommenen Flächen und die in der Diskussion stehenden, möglichen künftigen Abbaugebiete (Abb. 45). Die Abbau- und Erweiterungsgebiete werden auf der KMR 50 dargestellt und analog wie digital veröffentlicht.

Es werden vier Flächengruppen unterschieden:

(1) **Konzessionsgebiet**, welches untergliedert wird in die Flächenarten
- (1a) **Abbaugebiet** = abgeräumte, aktuell vom Abbau betroffene Fläche („verritzte“ Fläche)
- (1b) **Erweiterungsgebiet** = noch „unverritzte“, aber für den Abbau bereits genehmigte Fläche (meist Grünland, Wald).
- (1c) **Rekultivierte/renaturierte Fläche** = wieder aufgefüllte Fläche, in Auffüllung befindliche Fläche bzw. renaturierte Fläche innerhalb der bestehenden Konzession.

(2) **Beantragtes Gebiet** = von der Betreiberfirma für den künftigen Abbau bei der zuständigen Behörde beantragtes Areal (noch nicht genehmigt) (Abb. 45).

(3) **Interessengebiet** = vom Betreiber genanntes Gebiet, für das ein Abbauantrag erwogen oder in Vorbereitung ist.

(4) **Ehemaliges Abbaugebiet** = nicht mehr konzessionierte Fläche, in der früher (auch historisch) Abbau umging (Abb. 46); es wird untergliedert in
- (4a) ehemaliges Abbaugebiet, vollständig abgebaut (keine Vorräte mehr)
- (4b) ehemaliges Abbaugebiet, nicht vollständig abgebaut, aber ohne bauwürdige Vorräte
- (4c) ehemaliges Abbaugebiet, nicht vollständig abgebaut, mit noch bauwürdigen Restvorräten.

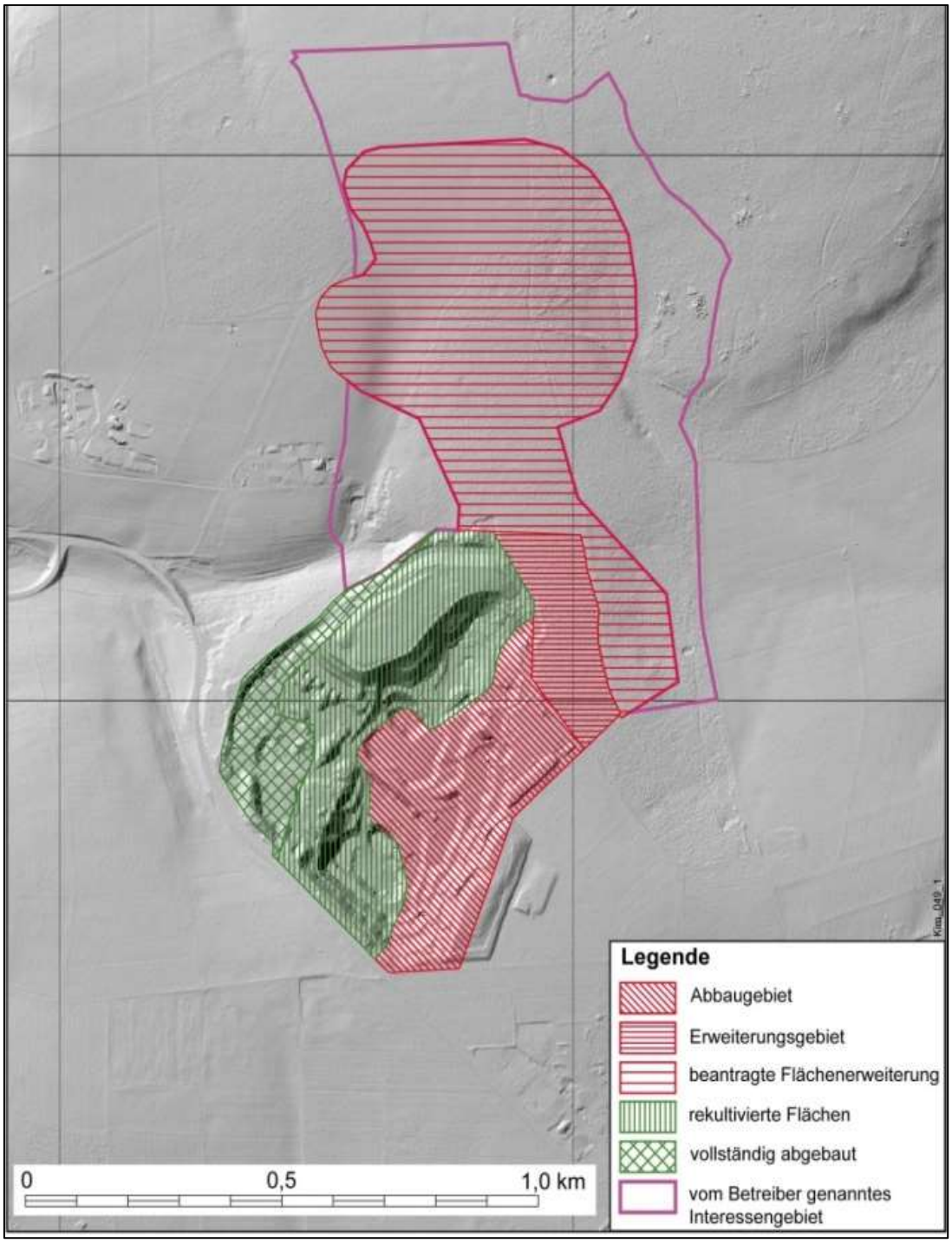


Abb. 45: Gebiete, die im Zusammenhang mit der Gewinnung oberflächennaher mineralischer Rohstoffe bei der Betriebserhebung zu unterscheiden sind: Abbaugebiet und Erweiterungsgebiet (= konzessionierte noch unverritzte Vorräte), beantragtes Gebiet für künftigen Rohstoffabbau, vollständig abgebaute Flächen und rekultivierte Bereiche. Außerdem sollen bei den Betriebserhebungen auch Interessengebiete erfragt werden, um die Korrespondenz hinsichtlich aktueller Planungen mit Planungsverbänden und Firmen zu erleichtern. Die rekultivierten Flächen werden dem Abbaugebiet zugerechnet; daneben kann nach Übereinkunft mit dem Industrieverband Steine und Erden Baden-Württemberg e. V. (ISTE) von 1999 das Erweiterungsgebiet dargestellt werden. Antrags- und Interessengebiete werden vertraulich behandelt.

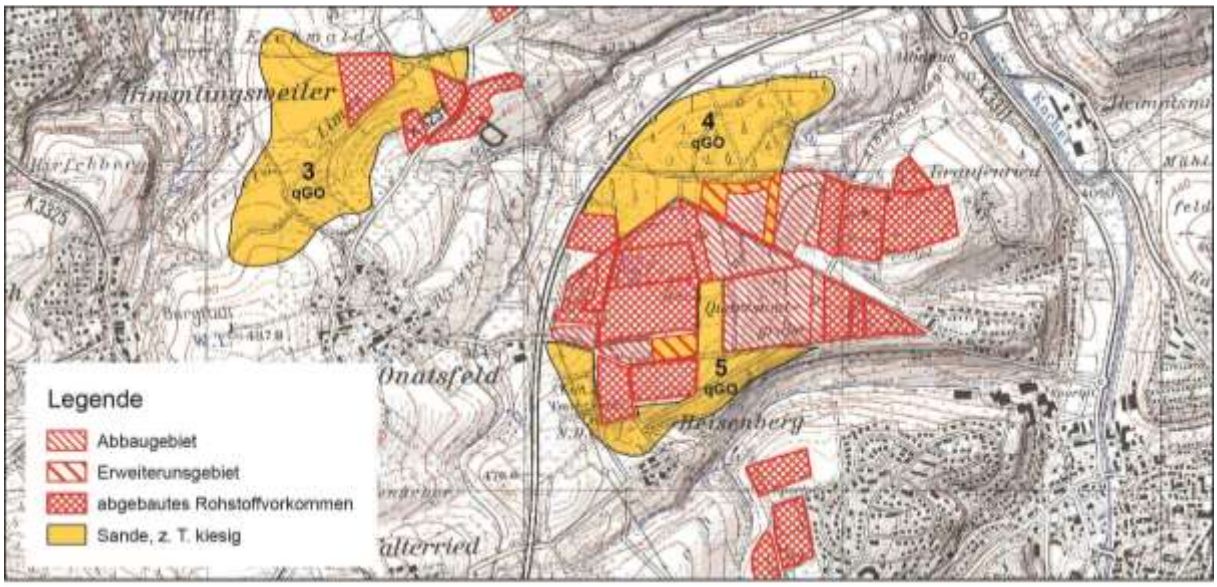


Abb. 46: Beispiel zur Darstellung von Flächen der Rohstoffgewinnung auf der KMR 50 (Ausschnittsvergrößerung ohne RG-Nummern). Die in roter Strichsignatur gehaltenen Flächen werden bei den Betriebserhebungen vom Unternehmer, dem beratenden Büro und/oder bei der Genehmigungsbehörde erfragt und im GIS-System des LGRB genau erfasst. GIS-Geometrien, die frühere Abbaustände darstellen, werden nicht gelöscht, sondern – verbunden mit Datumangaben – im „historischen" Datensatz gehalten. So können z. B. Abbaufortschritte nachvollzogen werden.

Erhebung der Flächenabgrenzungen: Für die praxisnahe Ermittlung der möglichst genauen Abgrenzungen der genannten verschiedenartigen Flächen ist es sinnvoll, beim Betreibergespräch eine topographische Karte im Maßstab 1 : 10.000 vorzuhalten, in welche die bereits vorliegenden Flächeninformationen aus älteren Erhebungen oder aus vorhandenen Genehmigungsunterlagen eingezeichnet sind. Oft noch hilfreicher sind Luftbilder oder DGM-Ausdrucke, in die direkt im Firmenbüro oder in der Gewinnungsstelle Grenzlinien eingezeichnet werden. Im Idealfall liefern beratende Büros gedruckte oder sogar digitale Pläne einer aktuellen Vermessung. Falls keine guten Planunterlagen beim Betreiber verfügbar sind, so können mittels GPS-Gerät bei der Geländebefahrung die Eckpunkte der Polygone eingemessen und direkt im GIS auf die Karten übertragen werden.

Zielmaßstab dieser Datenerhebung der Rohstoffgeologen ist 1 : 25 000; Genehmigungsbehörden (z. B. auch LGRB-Ref. 97 Landesbergdirektion) benötigen hingegen genauere, sog. „parzellenscharfe" Grenzlinien. Wenn möglich und zeitlich vertretbar ist daher eine möglichst genaue Ermittlung der Polygone, besonders der aktuellen Genehmigung und des derzeitigen Abbaustands, erstrebenswert.

Bilddokumentation bei der Betriebserhebung

Die bei den Erhebungen und vor-Ort-Aufnahmen gemachten Fotografien werden vielfältig eingesetzt (Betriebsberichte, Landesrohstoffberichte, KMR 50-Erläuterungshefte, Rohstoffsteckbriefe, Internetseiten, Buchpublikationen u.v.m.), weshalb qualitative Anforderungen zu berücksichtigen sind. Die dem Erhebungsbericht beizufügende Fotodokumentation sollte enthalten: Übersichtsaufnahmen mit Abbaubereich und Werksanlagen, Abbautechnik, Steinbruch-/Grubenwände inkl. Abraumsohle (im Bild: 3 m-Messlatte), Nahaufnahmen von den verschiedenen Gesteinen sowie von besonderen, für die Lagerstätte relevanten geologischen Phänomenen (Störungen, Schichtlagerung, Verkarstung usw.) – siehe nachfolgende Beispiele (Abb. 47–52).

Eine gute und auch für Publikationen verwertbare Fotoauswahl ist digital auf der Referatsablage beim Betrieb abzulegen. Empfohlen wird daher, noch vor Ort die Fotoergebnisse zu prüfen und weniger gute Fotos von der Kamera zu löschen. Sollen Personen auf den Fotografien mit abgebildet werden, so ist darauf zu achten, dass entsprechende Schutzausrüstung (Helm!) getragen wird und eine Genehmigung für eine mögliche Publikation vorliegt. Bei vom Betrieb übernommenen Fotografien sind die Urheber- bzw. Verwendungsrechte zu klären und im Bericht zu vermerken; Fotos von Einzelpersonen sowie von Details von Betriebsanlagen, Verfahrensschritten und Laboren usw. sind zu ver-

meiden und dürfen nicht in LGRB-Archiven abgelegt werden. Die nachfolgenden Fotos von Abbaustellen geben Beispiele, wie Fotos möglichst aufgebaut sein sollten.

Abb. 47: Beispielbild zur Fotodokumentation (1): Übersichtsaufnahme des aktuellen Abbaubereichs. Gut erkennbar sind: Lagerstätte (söhlig gelagerter Kalkstein), Abbausohle mit Sprengbohrlöchern und Bohrgerät, Fahrzeug und „anonyme" Personen (mit Helm!) als Größenmaßstab, Abraumsohle. Das Bild wirkt im Aufbau gut gegliedert und für den Betrachter interessant, Licht- und Schattenwirkung sind nahezu optimal.

Abb. 48: Beispielbild zur Fotodokumentation im Rahmen der Betriebserhebung (2): Übersicht über den wichtigsten Teil eines Kalksteinbruchs im Oberjura. Gut erkennbar sind: Abbausohlen, Sohlenabstände, Aufbau und Mächtigkeit der Lagerstätte. Der Bildaufbau ist vorbildlich, Licht und Schatten erlauben einen fast räumlichen Eindruck (für Publikation sehr gut geeignet).

Abb. 49: Beispielbild zur Fotodokumentation im Rahmen der Betriebserhebung (3): Situation in einem neu aufgefahrenen Gipssteinbruch, links: Übersicht mit Personen und Umzäunung („Größenmaßstäbe“). Rechts: Detail von einem wichtigen Phänomen (Gipskarst); ein Maßstab ist in diesem Fall nicht zwingend erforderlich.

Abb. 50: Beispielbild zur Fotodokumentation im Rahmen der Betriebserhebung (4): Links: Die Aufnahme gibt einen guten Eindruck von der Situation eines in Betrieb befindlichen Lösslehmabbaus und ist zugleich optisch interessant aufgebaut (v. l. n. r.: Verfüllung, Abbausohle, Abbau-/Transporttechnik, Abbauwand, Geländesituation, Ortschaft). Rechts: Klare Bildaussage: Tonrohstoff und überlagernder sandiger Abraum, senkrecht stehende Messlatte (3 m, etwa parallel zum Bildrand), günstiger Bildaufbau.

Abb. 51: Beispielbild zur Fotodokumentation im Rahmen der Betriebserhebung (5): Übersicht (links) und Detail (rechts) aus der Abbauwand in einem Trockenkiesabbau, jeweils mit geeignetem Größenmaßstab. Im linken Bild wäre eine Messlatte kaum erkennbar; Personen sollten außerdem an die offensichtlich nicht stabile Abbauwand nicht herantreten.

Abb. 52: Beispielbilder zur Fotodokumentation im Rahmen der Betriebserhebung (6): Darstellung von Abbau- und Verarbeitungsanlagen. Beide Fotos geben einen guten Eindruck von der eingesetzten Technik (moderner Schwimmbagger und Bandanlage; Zementwerk) ohne möglicherweise technisch sensible Details zu illustrieren.

Weitere Arbeitsschritte bei der Betriebserhebung sind:

(3) Übernahme von Bohrergebnissen zur Eingabe in die LGRB-Aufschlussdatenbank, Probenahme und Laboranalytik
(4) Digitalisierung der Flächen anhand analoger Bestandspläne und digitaler Flächendaten sowie Eingabe der Sachdaten
(5) Erstellung des aktualisierten Betriebserhebungsbogens und des Erhebungsberichts, Überprüfung aller erhobenen Daten inkl. Plausibilitätsprüfung
(6) Eingabe aller Daten in die Rohstoffgewinnungsstellen-Datenbank (RGDB) und in andere digitale Ablagesysteme[8].

4.5 Rohstofferkundung: Bohrungen, Schürfe, Probenahme, geophysikalische Geländemethoden

4.5.1 Bohrungen

Erkundungsbohrungen, vor allem Kernbohrungen, gehören neben den zuvor besprochenen rohstoffgeologischen Kartierverfahren zu den wichtigsten Erkundungstechniken. Im Folgenden wird unter Kernbohrung eine Bohrung verstanden, die Durchmesser von über ca. 6 cm (meist 10 cm und mehr) aufweist und mittels Maschinenkraft tief in den Untergrund eindringen kann. Wichtige Arbeitsschritte von Erkundungsbohrungen sind in den Abb. 53–57 veranschaulicht. Händische Kleinbohrungen (meist 2–6 cm), oft als Sondierungen bezeichnet, werden in der Rohstofferkundung i. d. R. nicht eingesetzt, vor allem weil sie nur max. 5–6 m (selten 10 m) tief reichen und nur wenig, stets gestörtes Probenmaterial liefern. Eine Ausnahme ist das zur geochemischen Untersuchung von Metallanomalien durchgeführte „deep overburden sampling“ mit kleinen hydraulischen Bohranlagen, die auf einem Allradfahrzeug montiert sind.

Als besonders effizient hat sich die Kombination von Kartierung, Steinbruchaufnahmen, Kernbohrungen und geoelektrischer Sondierungen erwiesen. Gute Bohrergebnisse erlauben nicht selten die Bewertung von in der näheren Umgebung gelegenen, aus verschiedenen Anlässen durchgeführten Bohrungen Dritter.

Bohrungen müssen nicht nur hinsichtlich rechtlicher und technischer Belange, sondern besonders auch in Bezug auf die richtige geologische Position (Ansatzhöhe, Tiefe, Abstände zwischen Bohrungen) sorgfältig vorbereitet werden. Trotzdem sollten stets alternative Bohrpunkte eingeplant werden, zumal tektonische Störungen und tiefreichende Verkarstungen nicht metergenau vorhergesagt werden können.

[8] *Alle digitalen und analogen Daten und daraus abgeleitete Ergebnisse werden vertraulich behandelt und sind nur einem kleinen Nutzerkreis zugänglich (Fachreferat).*

Welche Erkenntnisse können (gut ausgeführte) Kernbohrungen ermöglichen?
Als wichtigste Punkte sind zu nennen:

- Ermittlung der scheinbaren Schicht- und Bankmächtigkeiten (bei söhliger Lagerung = wahre Mächtigkeiten)
- Genaue Gesteinsansprache (Petrographie, Fazies), Bestimmung der physikalisch-technischen Materialeigenschaften
- Ermittlung von Gesteinsfestigkeit, -porosität und -klüftigkeit
- Häufig: Belastbare Daten zur tektonischen Beanspruchung des Gebirges
- Durchgehendes Probenmaterial, ab ca. 10 cm Kerndurchmesser auch in ausreichender Probenmenge
- Orientierte Bohrkerne erlauben auch die Bestimmung der Raumlage flächiger Elemente (Schichtung, Klüftung usw.)
- Bohrkerne, die mittels Liner[9] geborgen werden, können auch in stark klüftigem oder aufgelockertem Gebirge Aussagen zu Gefügen und Schicht- bzw. Bankmächtigkeiten ermöglichen (Hinweis: erhebliche Zusatzkosten).

Abb. 53: Beispiele für Bohranlagen, die zur Rohstofferkundung gut geeignet sind: Links: Eine Bohranlage auf Raupenfahrzeug kann auch in „unwegsamem" Gelände eingesetzt werden; erforderlich für den Weitertransport ist allerdings ein Tieflader. Rechts: Die auf einen Unimog montierte Anlage ist auch auf unbefestigten Forstwegen einsetzbar. Beide gezeigte Anlagen können Kernbohrarbeiten bis ca. 200 m Tiefe ausführen.

Abb. 54: Beispiele für Platzbedarf und wichtige Begleiteinrichtungen: Zu berücksichtigen ist bei der Planung von Erkundungsbohrungen der oft erhebliche Platzbedarf für Wasserbehälter, Transportfahrzeuge, Gestänge, Baucontainer, Bauwagen usw. Lichtungen, Wegekreuzungen oder Wendeplatten sollten daher bevorzugt werden.

[9] *Liner: Aus Teilstücken bestehende, ins Kernrohr eingelegte Hülse (meist aus PVC), in der das Probengut aus dem Kernrohr gezogen wird; die Verbandsfestigkeit bleibt dadurch (weitgehend) erhalten. Liner können nur in Festgesteinen oder stark bindigen Sedimenten eingesetzt werden.*

Vollbohrungen werden oft von Rohstofffirmen aus Kostenersparnisgründen beauftragt; die Bewertung des ausgetragenen Bohrkleins (cuttings) kann aber nur in Kombination mit gesicherten Erkenntnissen zum grundsätzlichen Schichtaufbau (Steinbruchwände, benachbarte Kernbohrungen) ausgewertet werden. Sie erlauben die Abschätzung hinsichtlich der Mächtigkeiten deutlich unterscheidbarer Gesteinskörper und liefern (verunreinigtes) Mischprobenmaterial, können aber keine Daten zur Tektonik und zu den Gesteinsfestigkeiten usw. liefern. Außerdem ist bei unverrohrten Bohrlöchern mit einem hohen Anteil an Gesteinsnachfall zu rechnen, so dass Proben für geochemische Analysen nur mit Vorbehalt geeignet sind.

Die Aufnahme der Gesteinsstrukturen und genauen Mächtigkeiten kann in Bohrlöchern mittels eines optischen Bohrloch-Scanners ermittelt werden, jedoch müssen die Bohrlöcher zuvor gründlich und mit reichlich Wasser gespült werden. Der Bohrloch-Scanner kann natürlich nur im Festgestein eingesetzt werden (siehe nachfolgender Abschnitt “Geophysikalische Vermessungen“).

Abb. 55: Entnahme des Bohrkerns aus dem Kernrohr, hier mittels hydraulischer Presse. Der Bohrkern wird in einer Halbschale aufgenommen und kann von dieser fast ungestört in Kernkisten umgelagert werden.

Abb. 56: Einbringen des Bohrkerns aus dem Kernrohr oder der Halbschale in 1,1 m lange Kernkisten. Da der tiefere Teil des meist 2–3 m langen Kernabschnitts zuerst geborgen wird, muss die Einlagerung des Kerns in die Kisten „rückwärts“ erfolgen. Auch abschnittsweise auftretendes zerkleinertes Gebirge ist sorgfältig an der richtigen Stelle einzulegen. Das betreuende Personal des Auftraggebers sollte diesen Abschnitt der Arbeiten möglichst oft begleiten und auch die korrekte Beschriftung der Kernkisten anmahnen.

Abb. 57: Beschriftung und Abtransport von gefüllten Kernkisten: Kernkisten müssen mit wetterfestem Filzstift an den Kopfenden der Kisten und ebenso von oben an den Außenbrettern beschriftet werden. Die ausgelegten Doppel- oder Einzelkernkisten sind vor dem Abtransport auf Vollständigkeit und korrekte Beschriftung zu kontrollieren. Der gesamte Kernmarsch sollte vor dem Transport möglichst unter Tageslichtbedingungen abfotografiert werden. Die Bohrmannschaft hilft auf Anfrage bei der Verladung und Sicherung der Kerne.

Wichtige Punkte, die bei der **Planung** von Bohrprogrammen zu berücksichtigen sind:

- Ausreichend Zeit für die Vorbereitungen im LGRB und im Gelände einplanen (i. d. R. ca. drei Monate nach Freigabe der Haushaltsmittel).
- Zusammenarbeit mit anderen Fachbereichen (Hydrogeologie, Landesaufnahme usw.) prüfen.
- Budgetplanung: Die Zahl der möglichen Bohrungen kann meist gut anhand der vorausgegangenen tatsächlichen Bohrkosten (letztes und vorletztes Bohrprogramm) abgeschätzt werden; die finanziellen Spielräume und der angedachte zeitliche Rahmen sind mit dem zuständigen Sachgebiet (LGRB: Ref. 13 Haushalt) frühzeitig abzustimmen.
- Unter Nutzung der Ergebnisse der Rohstoffkartierung (s. o.) sind Bohrpunkte unter Beachtung von Erreichbarkeit, Grundstückverhältnissen, Lage von Versorgungsleitungen, Schutzgebieten (besonders WSG) und Gefährdungsaspekten (Straßenverkehr, Nutzung des Geländes, Hochspannungsleitungen, Altbergbau, Steinschlag- und Rutschgefahren usw.) auszuwählen; die Zufahrtswege sind so zu wählen, dass Flurschäden vermieden werden können.
- Versorgungsleitungen (Wasser, Strom, Telekommunikation, Gas) sind in der genauen Lage zu ermitteln; alle Versorger sind zu informieren, nachdem die genauen Bohrpunkte (inkl. möglicher Alternativpunkte) bekannt sind. Teilweise sind gemeinsame Befahrungen mit den Versorgern erforderlich (z. B. Gas- und Wasserfernleitungen). Sicherheitsabstände sind einzuhalten. Zugleich sollten bei der Geländebegehung um die angedachten Bohrpunkte mittels Kabelsuchgeräten die Strom- und Telekommunikationsleitungen selbst gesucht werden, da auch Pläne der Versorger unvollständig sein können.
- Information: Die betroffenen Gemeinden und Grundstückeigentümer bzw. -pächter sind rechtzeitig über Anlass, Umfang und Dauer der Maßnahmen zu informieren. Mitteilungen in den Gemeindeblättern sind sinnvoll.
- Genehmigungsverfahren: Erkundungsbohrungen müssen von den zuständigen Landratsämtern und bei Bohrungen tiefer als 100 m von der Bergbehörde genehmigt werden. In der Bohranzeige (Beispiel s. Anhang) sind genaue Angaben zu Lage, Zweck, technischer und zeitlicher Ausführung der Bohrungen zu machen; verwendete Stoffe und die Art der Verfüllung der Bohrlöcher sind anzugeben.
- Erstellen der Ausschreibungsunterlagen, Ausschreibung, Submission, Prüfung der Angebote (Vollständigkeit, rechnerische Prüfung), Auftragserteilung, Einweisung der Bohrfirma im Gelände; bei beschränkten Ausschreibungen sollten 4 Wochen Ausschreibungszeit eingeplant werden.
- Zwischenlager für Bohrkerne bzw. Bohrproben ermitteln.
- Kurz vor Bohrbeginn: Zufahrtswege erneut kontrollieren, betroffene Eigentümer informieren.

Wichtige Punkte, die bei der **Durchführung** von Bohrprogrammen zu berücksichtigen sind:

- Die Bohrarbeiten sind vom zuständigen Gebietsbearbeiter von Anfang bis Ende der Arbeiten zu betreuen. Die Frequenz der Befahrungen ist vom Bohrfortschritt und von den organisatorischen Planungen des Bohrmeisters abhängig.
- Die Zufahrtswege sind vor Anrücken der Bohrmannschaft auf ihre Eignung (Breite, Fahrbahnbelag, Gewichtsbeschränkungen an Brücken) zu prüfen und die Bohrmannschaft ist vor dem Anrücken bzw. Umsetzen auf den nächsten Bohrpunkt entsprechend einzuweisen; Flurschäden sind zu vermeiden bzw. zu minimieren; ggf. ist es aus sicherheitlichen Gründen erforderlich Zufahrtswege für andere Fremdfahrzeuge zeitweise zu sperren.
- Gemeinde, Anlieger und Forstbehörden sind über Zweck, Art und Dauer der Arbeiten zu informieren.
- Zu Beginn der Arbeiten ist die gesamte Bohrmannschaft vom LGRB-Geologen einzuweisen: Ziel der Bohrungen, erwartete Gesteine, Probenahme, Beschriftung der Kernkisten bzw. Probenbehälter, Verhalten bei unvorhergesehenen Ereignissen, Verantwortung der Mannschaft, Erfordernis der sofortigen Kommunikation mit dem Auftraggeber (AG).
- Bohrstellenzustand: Der betreuende Geologe ist als Vertreter des Auftraggebers auch berechtigt, den Zustand des Bohrplatzes zu begutachten und ggf. anzumahnen; auf Sauberkeit und Ordnung ist zu achten (Arbeitssicherheit, optischer Eindruck); Bohrstellen werden auch von Anliegern, Privatpersonen und Pressevertretern in Augenschein genommen.
- Fakultativ: Aufstellen von Hinweistafeln mit Erläuterungen zum Zweck der Bohrungen durch den Auftraggeber.
- Es ist sicherzustellen, dass die Bohrkerne stets sicher gelagert werden; Zwischenlager (gemietet bei Privat, Bauhöfe, abschließbare Container an der Bohrstelle usw.) sollten vorhanden sein, um die Beschädigung der Bohrproben durch Unwetter oder Vandalismus zu verhindern.
- Fotografische Dokumentation der Bohrkerne möglichst „zeitnah“ nach Gewinnung sowie Erstellung eines vorläufigen Bohrprofils direkt an der Bohrung (mit Dokumentation möglicher Kernverluste und besonderer Ereignisse).
- Die fotografische Dokumentation der Bohrkerne muss die Bohrungsbezeichnung und das Teufenintervall (Bohrmeter von … bis) erkennen lassen (Beschriftungstafel, Kernkistenaufschrift), idealerweise sollten genormte Farbtafeln eingesetzt werden.
- Zwischeninformationen an den Bohrmeister über die erwartete Endteufe je nach aktuellem Stand der Erkenntnisse aus den vorliegenden Bohrkernen.
- Terminierung von geophysikalischen Bohrlochvermessungen.
- Übernahme (Kopien) von Tagesberichten, Dokumentation des jeweils gemessenen GW-Stands.
- Einstellen der Bohrarbeiten mündlich an der Bohrstelle oder fernmündlich, zugleich schriftliche Mitteilung an den Bohrunternehmer.
- Kontrolle der Verfüllung der Bohrlöcher (Material, Ergebnis), vor allem auch nach Ablauf einiger Tage und Wochen (Nachbruch → offenstehende Bohrlöcher).
- Kontrolle der Zufahrtswege und Festlegung der möglicherweise erforderlichen Rekultivierungsarbeiten am Bohrplatz und auf den Zu- und Abfahrtswegen; bei deutlichen Schäden ist eine Besprechung und spätere Abnahme gemeinsam mit dem Grundeigentümer sinnvoll.

Gefährdungshinweis:

Bohranlagen mit den zugehörigen Einrichtungen und Begleitfahrzeugen (siehe Fotos der Abb. 53–57) sind „gefahrengeneigte“ Bereiche, die vom betreuenden Geologen und seinen Helfern mit Vorsicht zu begehen sind. Besonders unter Druck stehende Schläuche und Rohre (Wasser, Hydraulik) sind zu beachten, das Durchgehen unter schwebenden Lasten ist grundsätzlich verboten. Das Begehen des Platzes unmittelbar um laufende Maschinen ist erst nach Abstimmung mit dem Bohrmeister und am besten mit dem Personal des Bohrunternehmers gestattet. Kernkisten sind zur geologischen Aufnahme und Fotodokumentation abseits der Anlage auszulegen und zwar so, dass die laufenden Arbeiten inkl. Wasserstransport davon nicht tangiert werden. Angemessene Schutzausrüstung (Helm, Warnweste, Gummistiefel mit Schutzkappe usw.) sind an der Bohranlage zu tragen.

Wichtige Punkte, die unmittelbar **nach Abschluss** eines Bohrprogramms zu berücksichtigen sind:

- Abnahme aller Bohrplätze mit den Grundeigentümern bzw. den zuständigen Gemeinde- und Forstvertretern; Erstellung von Abnahmeprotokollen.
- Erstellung von abschließenden Bohrprofilen (Lithologie, Wasserstände) und Meldung an die Aufsichtsbehörden über Ende und Ergebnis der Arbeiten.
- Schlussabrechnung: Prüfung der erbrachten Leistung und der Richtigkeit der eingesetzten Preise (nach Vertrag).
- Beprobung der Kernmärsche und Auswertung des Bohrkernmaterials unter rohstoffgeologischen Aspekten; Laborauftrag, wo erforderlich.
- Klärung des Verbleibs von Proben (Übernahme in LGRB-Sammlung/Kernlager?).
- Auflösung von Kernlagern, Klärung der Entsorgung nicht mehr benötigter Bohrkerne.
- Ablage von ausgewählten und beschrifteten Fotodateien in das LGRB-Ablagesystem.
- Übernahme der Bohrprofile und Analysenergebnisse inkl. der geophysikalischen Logs in das LGRB-Archiv (analog und digital).
- Übernahme der Daten in die Aufschlussdatenbank (ADB).
- Zusammenstellung aller schriftlicher Unterlagen, Bohrberichte, Fotos, Analysendaten, Logs und Detailkarten in das Rohstoffarchiv (analog).
- Klärung der Datenfreigabe: In der Regel sind vom LGRB durchgeführte und finanzierte Bohrungen freizugeben und somit für die Öffentlichkeit via Internet einsehbar; zeitweise Ausnahmen können durch Mischfinanzierungen (Joint Venture) gerechtfertigt sein; den Partnern ist vor Vereinbarung der Zusammenarbeit darzulegen, dass die Ergebnisse veröffentlicht werden müssen.
- Erstellung von Ergebnisberichten (Gutachten für Regionalverbände, interne Berichte, Erläuterungen zur KMR 50 usw.).

Wichtige Punkte, die bei der rohstoffgeologischen **Bewertung und Ergebnisdarstellung** von Bohrprogrammen zu berücksichtigen sind:

- Die Bohrergebnisse liefern genaue Informationen über Schichtmächtigkeiten und Gesteinsaufbau an einem Punkt; eine Bewertung der Bohrergebnisse für ein Rohstoffvorkommen ist daher nur mittels räumlichem Modell möglich, in das Schichtlagerung und (Störungs-)Tektonik, Lithofazies und Erosionsoberfläche(n) eingeflossen sind. Hierzu sind alle Kartierergebnisse (GK 25, rohstoffgeologische Aufnahmen), Steinbruchaufnahmen und Ergebnisse aus anderen Bohrungen in der Umgebung zu berücksichtigen.
- Rohstofferkundungsbohrungen werden primär unter dem Aspekt der Bewertung von (möglichen) Rohstoffvorkommen durchgeführt, liefern jedoch zumeist auch viele weitere Informationen über den Untergrund; die Ergebnisse sind daher mit anderen Fachbereichen des LGRB zu besprechen und abzustimmen (bes. Stratigraphie, Mineralogie/Petrographie, Hydrogeologie).
- Fotos: Es können nur Fotos von Bohrarbeiten in LGRB-Publikationen verwendet werden, auf denen erkennbar ist, dass die Sicherheitsstandards eingehalten wurden (Helmpflicht usw.).
- Es ist zu prüfen, ob verschiedenartige teufenabhängige Analysedaten (Petrographie, Geochemie, geophysikalische Eigenschaften, Angaben zur Verwendbarkeit usw.) gemeinsam auf Übersichtsdiagrammen dargestellt werden sollten (Beispiele in Abb. 58–60).
- Zeitlich parallel zur Auswertung und Beschreibung sind eigene Daten und Fremddaten (Bohrprofile Dritter) in die dafür vorgesehenen Datenbanken und Archive, ggf. mit entsprechenden Verwendungseinschränkungen, abzulegen.
- Vor beabsichtigter Publikation von Daten aus Erkundungsbohrungen der Industrie ist die schriftliche Freigabe einzuholen, ebenso bei Analysendaten Dritter.
- Personen- und firmenbezogene, wirtschaftlich relevante Daten (z. B. Produktionsmengen, Vorräte, Verfahrenstechnik) sind vertraulich und werden in der KMR 50 nicht veröffentlicht.
- Die Darstellungen in rohstoffgeologischen Publikationen sollten möglichst allgemein verständlich sein; auf bereits bekannte, frühere Bezeichnungen von Schichtgliedern und stratigraphischen Bezeichnungen ist einzugehen (z. B. früher: Stubensandstein, heute: Löwenstein-Formation; Lösungsmöglichkeit: Stubensandstein-Schichten in der Löwenstein-Formation).

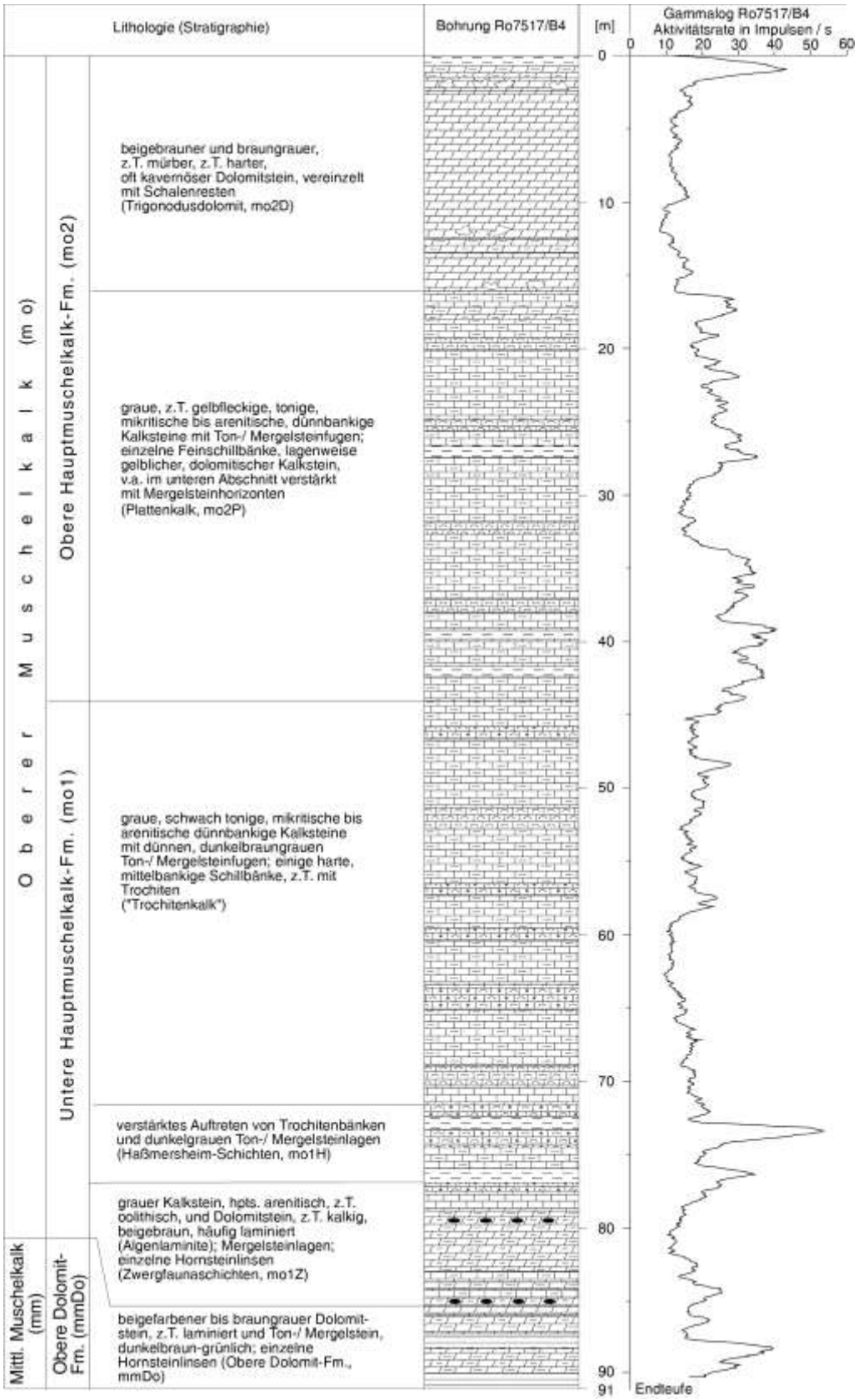


Abb. 58: Schichtenfolge einer Erkundungsbohrung (aus KMR 50 Freudenstadt–Rottenburg, LGRB 2006) mit zusammenfassender Gesteinsbeschreibung und zugehörigem Gamma-Log, das ein Maß für den Tonmineralanteil darstellt (und für andere radioaktive Minerale) und so für die Korrelation von Bohrprofilen verwendet werden kann; Abb. 59 stellt zugehörige Ergebnisse der mineralogisch-geochemischen Analysen dar.

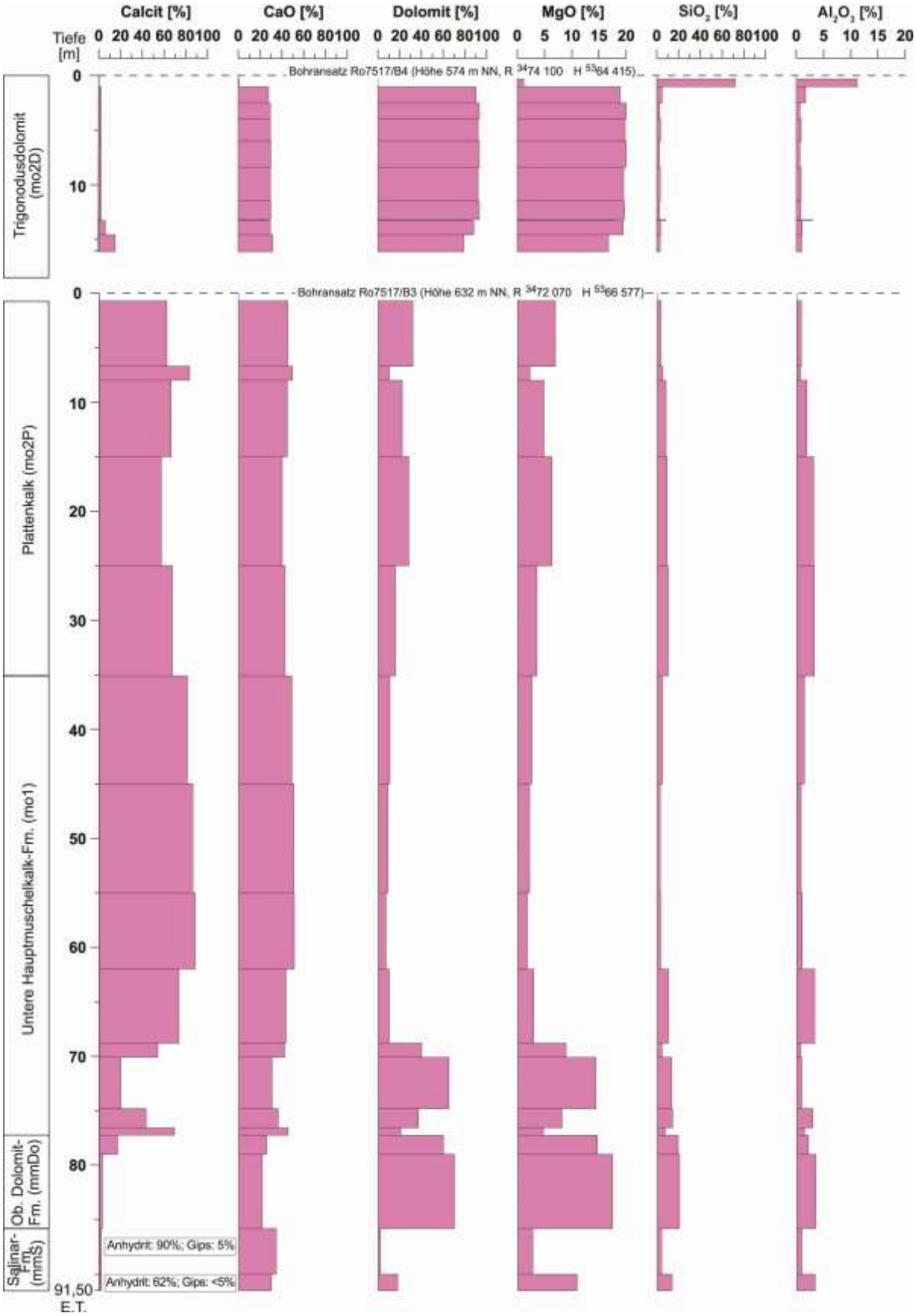


Abb. 59: Schichtenfolge einer Erkundungsbohrung mit zugehörigem Mineral- und Geochemie-Log (aus: KMR 50 Freudenstadt – Rottenburg; LGRB 2006).

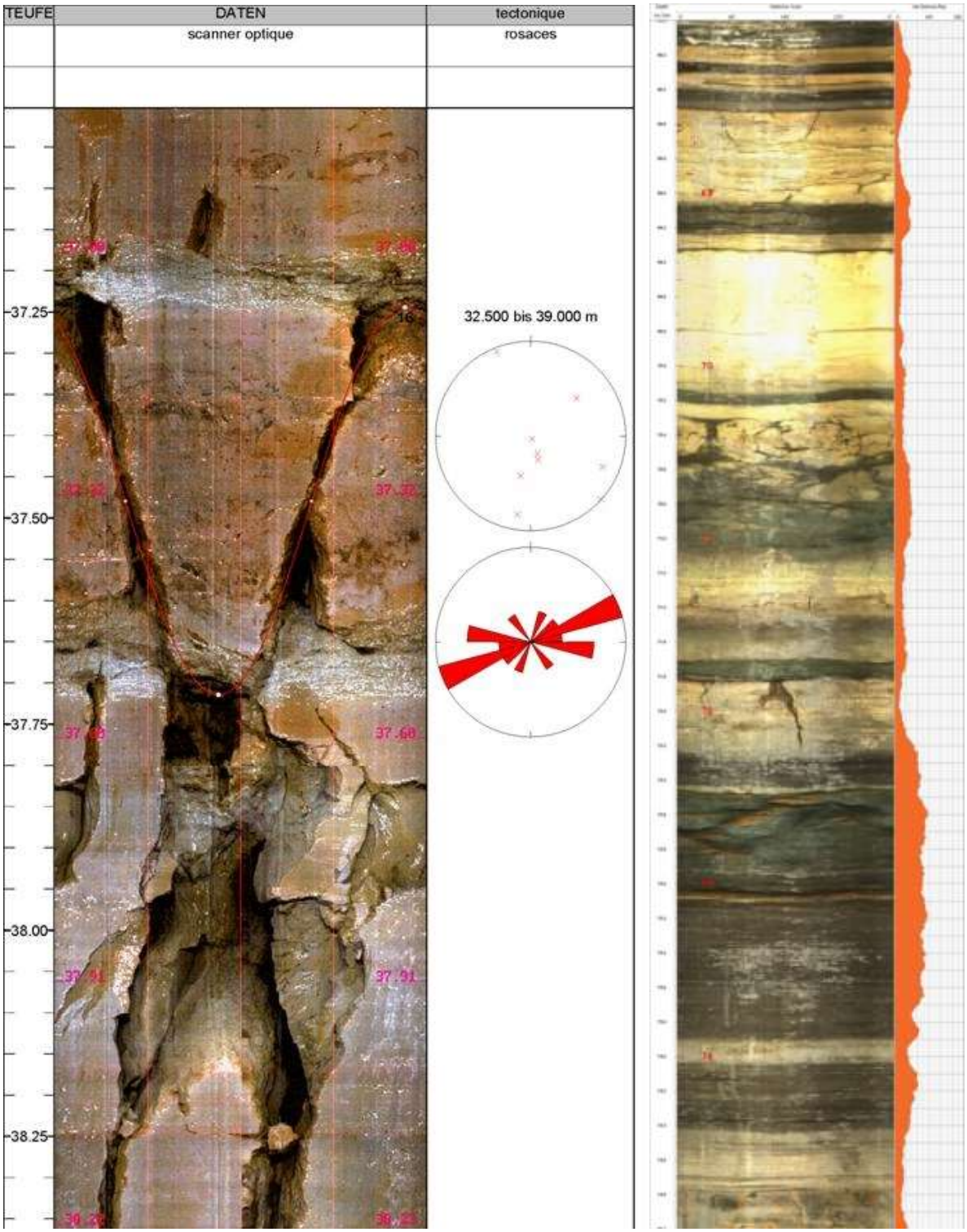


Abb. 60: Darstellung der Gesteinsgefüge mittels optischem Bohrlochscanner, der in das offene und standfeste (!) Bohrloch hinabgelassen werden kann (Fotos: Fa. terratec, Heitersheim). Die Scans der Bohrlochwandung sind teufen- und richtungsorientiert (mitlaufender Kompass), sodass die Gefüge später am Bildschirm eingemessen werden können; die Ergebnisse können als Lagenkugeldiagramm und als Richtungsrose dargestellt werden. Im Bild rechts ist neben dem Bild der Bohrlochwandung in einer Kalkstein-Mergelstein-Wechselfolge das Gamma-Log aufgetragen. Bei Meißelbohrungen kann das Bohrlochscan die nötigen Informationen zur genauen Schichtenfolge und den Gesteinsgefügen liefern, die sonst nur an Bohrkernen erkannt werden können.

4.5.2 Schürfe

Die Schaffung oberflächennaher Aufschlüsse und die Entnahme von Großproben durch maschinell oder händisch angelegte Schürfe, Erkundungsschächte oder Schappen- bzw. Schneckenbohrungen war früher eine wichtige und weitverbreitete Erkundungsmethode; sie ist nur noch selten in Gebrauch, seitdem maschinell durchführbare (Kern)Bohrungen rasch, qualitativ gut und finanziell günstig möglich sind. Überwiegend werden Schürfe oder Schurf- bzw. Erkundungsschächte von Firmen oder am Rohstoffabbau interessierten Gemeinden dann eingesetzt, wenn Baggerfahrzeuge kostengünstig verfügbar sind und nur kleine Flächen untersucht werden sollen (Abb. 61). Da im Rahmen der KMR 50-Kartierung gelegentlich auch die Ergebnisse industrieller oder kommunaler Aufschlussarbeiten aufzunehmen sind, soll auf das wichtigste Verfahren kurz eingegangen werden.

Baggerschürfe: Das Anlegen von Baggerschürfen zu Zwecken der Rohstofferkundung ist im Rahmen der KMR 50-Kartierung nur in Ausnahmefällen sinnvoll; auch im Zusammenhang mit betrieblicher Rohstoffsicherung sollte es selten, z. B. bei geringmächtigen Vorkommen (s. u.), eingesetzt werden. In der Metallerzprospektion können sie zur Klärung von Anomalien dienen, die durch Bodenprobenahme (soil sampling) erkannt wurden. Auch alte verbrochene Grubenwände (Tongruben, Sandgruben usw.) oder historische Haldenkörper können mittels flachen Baggerschürfen effektiv untersucht und beprobt werden; verbrochene Stollen werden z. T. mit schweren Hydraulikbaggern freigelegt, wobei zwingend der zeitlich unmittelbar anschließende Sicherungsausbau (Spundwände, große Betonrohre) zu gewährleisten ist.

Bei der Erkundung von Steine-Erden-Vorkommen werden Baggerschürfe zumeist bei der Ermittlung von Deckschichten-Mächtigkeiten über geringmächtigen und lateral rasch wechselhaften Sedimentkörpern angewendet, um den Aufwand für viele kurze Kernbohrungen zu vermeiden. In der Regel können Baggerschürfe nicht tiefer als 3–4 m angelegt werden, dafür ist in flachem Gelände die Erstellung zahlreicher kleiner Gruben auf kurzer Distanz und in kurzer Zeit möglich (Abb. 61). Empfohlen wird, senkrechte Baggerschürfe nicht tiefer als 1,25 m auszuheben, tiefere Gruben müssen ausgebaut oder abgeböscht werden. Tiefere Schürfe können zu Beprobung von Rohstoffkörpern sinnvoll sein, wobei die Probeentnahme ausschließlich mittels Bagger erfolgen darf. Das seitlich zur Grube aufgehaldete Sediment kann dann sicher händisch beprobt werden (Abb. 61).

Gefährdungshinweis

Bei der Bearbeitung von Baggerschürfen ist unbedingt zu berücksichtigen, dass die Stöße (Wände) von Baggerschürfen instabil sind; ungesicherte Schürfe dürfen auf keinen Fall betreten werden! Die feuchten Sedimente und Bodendecken weisen ein hohes Gewicht bzw. einen hohen Erddruck auf. Sich unvermittelt lösende und in die Grube stürzende Lockermassen würden Personen erdrücken bzw. ersticken. Todesfälle in frisch ausgehobenen Schürfen und unbefestigten Kanalgräben sind daher leider nicht selten. Die Gefahr wird leicht unterschätzt und die Neigung, den frischen Aufschluss umgehend aus der Nähe zu betrachten, ist groß. Das Nachbrechen von oft mehrere Kubikmeter großen Massen erfolgt unvermittelt und nahezu lautlos. Es ist daher zu empfehlen, dass ungesicherte Schürfe unter Verwendung von Messlatten vom sicheren Rand her fotografisch dokumentiert werden und Probenahme nur mit langstieligen Schaufeln vom Grubenrand aus erfolgt. Noch besser ist der Ausbau der Gruben mit Schalplatten und ausreichend dimensionierten Kanalzwingen; ein 30–40 cm breiter Spalt zwischen den Spundwänden erlaubt dann die geschützte Aufnahme und Beprobung.

Abb. 61: 1–1,5 m tiefe Baggerschürfe, in ebenem Wiesengelände angelegt zur Ermittlung der Mächtigkeit der Boden- und Lehmschicht über einem 5–8 m mächtigen Kieskörper, der in einer nahe gelegenen Gemeindekiesgrube bereits genutzt wird. Im dahinter liegenden bewaldeten flachen Hang wurden von Forstwegen aus weitere flache Schürfe und Hanganschnitte ausgeführt.

Erkundungsschächte und -stollen werden hier nicht betrachtet, will sie im Rahmen der KMR 50-Kartierung, somit zur rohstoffgeologischen Übersichtsaufnahme, keine Rolle spielen. Zur Beurteilung von früher abgebauten bzw. untersuchten Gangmineralisationen (Erze, Schwer- und Flussspat usw.) kann es aber bisweilen sinnvoll sein, verbrochene Stollen zu öffnen. Hierbei handelt es sich jedoch um eine (meist aufwändige) Maßnahme zur Lagerstättenbewertung und somit nicht zur beschriebenen Rohstoffkartierung. Das Öffnen von alten Bergwerkstollen unterliegt der Betriebsplanpflicht und ist somit mit der Bergbehörde abzustimmen. Die Erfahrung zeigt, dass das Öffnen alter Stollen selten zum erhofften Erfolg (nämlich der raschen Untersuchung und Bewertung von Mineralvorkommen) führt und aufgrund der erforderlichen Sicherungsmaßnahmen zeitintensiv und teuer ist.

4.5.3 Techniken der Probenahme

Aufgrund der Vielfalt an Rohstoffvorkommen, die über oder unter Tage genutzt werden können, gibt es keine einfache und einheitliche Empfehlung für die repräsentative Beprobung. Vor Beginn der Beprobung muss daher abschließend geklärt sein, zu welchem Zweck Proben entnommen werden sollen. Daraus ergeben sich Festlegungen wie Probenart und -größe, Intervalle und Probengefäß usw. (siehe Kap. 3.6); sind die Proben aus dem Aufschluss oder aus den Kernkisten einmal entnommen, ist (zumeist) vorfestgelegt, welche Analysen daran gemacht werden können. Die Fotos der Abb. 62 und 63 zeigen zwei Beispiele bei der Beprobung von Bohrkernmaterial.

Grundsätzlich unterschieden werden können folgende häufige Probenarten zur Rohstoffanalytik:

- Mischproben über definierte Abschnitte von Kern- oder Meißelbohrungen für mineralogische und geochemische Durchschnittsanalysen
- Mischproben aus Lockergesteinsbohrungen (Rammkern-, Ventil- oder Greiferbohrungen), z. B. für Korngrößenanalysen und Geröllpetrographie; die Größe der Probe richtet sich nach dem Größtkorn in der untersuchten Kies-Sand-Schicht (siehe Kap. 5)
- Repräsentative Mischproben aus natürlichen Aufschlüssen (Abb. 65) oder dem Rohhaufwerk einer Gewinnungsstelle bzw. aus Produkthaufen (Abb. 66)
- (Orientierte) Einzelproben aus Bohrkernen oder aus Steinbrüchen, z. B. zur gesteinsphysikalischen und petrographischen Untersuchung (vgl. Abb. 63)
- Einzelproben von Mineralen bzw. Mineralgemengen zur Dünnschliffuntersuchung und zur chemischen Analytik (z. B. zur Erzbestimmung)
- (Orientierte) Einzelproben aus Aufschlüssen über oder unter Tage zur Anfertigung mikroskopischer Präparate (Abb. 64).

Abb. 62: Links: Beproben einer Kalksteinbohrung und Vorbereiten der Proben für die chemische Analyse. Nach dem Schneiden der Bohrkerne in zwei Hälften wird eine der Kalotten grob für die Probentüten vorzerkleinert; die Intervall-Ober- und -Untergrenzen sollen möglichst an Schichtgrenzen liegen, dabei aber nicht Probenintervalle von mehr als 4–5 m umfassen, um Gesteinswechsel ausreichend gut auflösen zu können. Rechts: Teilproben, die vor der Kalksteinanalyse im Labor aus dem Brechen der Bohrkernen (unten) und dem Teilen der Proben entstehen: Die getrocknete Probe (oben) wird mehrfach gebrochen und geteilt; schließlich gelangen Mehlproben (Bildmitte) ins Labor zur Anfertigung von Probenkörpern für die Röntgendiffraktometrie und Röntgenfluoreszenz (vgl. Kap. 5).

Abb. 63: Beprobung von Sandsteinen am Anstehenden (links: Buntsandstein bei Freudenstadt) und an frisch gewonnen Rohblöcken aus dem angrenzenden Probeabbau (rechts: Dogger-Eisensandstein bei Lauchheim) zur petrographischen und gesteinsphysikalischen Analyse. Es ist sinnvoll, aus demselben Block mehrere Bohrkerne zu ziehen. Wichtig ist, dass an jedem Kern „oben und unten“ und die Probennummer vermerkt werden (wasserfester Filzstift, Farbe: Schwarz).

Abb. 64: Orientierte Bohrkernabschnitte aus einer senkrechten Kernbohrung, zur Lagerstättenerkundung ausgeführt vom Bohr-LKW (Eisensandstein aus dem Gebiet Lauchheim). Neben den größeren Proben für die gesteinsphysikalische Untersuchung sind Teilproben für die Dünnschliffpräparation und die chemisch-mineralogische Analyse zu sehen. Erst die Zusammenschau der bei diesen drei Verfahren gewonnenen Daten erlaubt eine sichere Eignungsbewertung als Werksteinmaterial.

Abb. 65: Links: Beprobung eines schichtigen Vorkommens von Kaolinerde in einem Böschungsanschnitt; nach sorgfältiger Entfernung von Boden und Wurzelwerk können Mischproben mit dem Sedimenthammer entnommen werden. Rechts: Beprobung eines geneigten Anschnitts einer Rohmaterialhalde aus aufgelockerten Mergelsteinen der Opalinuston-Formation; die Beprobung erfolgt mit Sedimenthammer und Hacke. Wegen seiner lithologischen Monotonie ist die Entnahme von Durchschnittsproben in etwa regelmäßigen Abständen (im Beispiel alle 2 m entlang der Anschnittfläche) möglich. Der Entnahmebereich aus der Lagerstätte muss genau bekannt sein.

Abb. 66: Beprobung von Lockergesteinen: Links: Aufnahme und Beprobung eines Quarzsand-vorkommens (Goldshöfe-Sande) nach Freilegung eines frischen Anschnitts. Nach sorgfältiger Entfernung von nachgerutschtem Boden- und Hangschuttmaterial können repräsentative Mischproben entnommen werden. Probeschlitze garantieren, dass alle Schichtglieder repräsentativ im Probengut enthalten sind. Die Probenmenge (Breite und Tiefe des Schlitzes) richtet sich nach der Heterogenität der zu untersuchenden Schicht. Rechts: Entnahme von Großproben aus dem Haufwerk eines Kieswerks am südlichen Oberrhein; an den ausgesiebten Kieskörnern können petrographische Untersuchungen (Geröllspektrum Gesteinsqualität, Liefergebiet) durchgeführt werden. Repräsentative Kies-Sand-Proben zur Korngrößenanalyse, Untersuchungen am Feinanteil usw. können nur an frischen Kieswänden mittels Baggerfahrzeug oder händisch an Bohrkernen entnommen werden.

4.5.4 Geophysik: Bewährte Methoden für die KMR 50-Kartierung

Von der großen Zahl geophysikalischer Erkundungsmethoden eignen sich nach den Erfahrungen der letzten Jahrzehnte folgende für den Einsatz zu Zwecken der Vorerkundung bzw. Vorbewertung größerer Rohstoffvorkommen (Aussagegenauigkeit 1 : 25.000 bis 1 : 50.000):

Die geoelektrische Kartierung bzw. Sondierung eignet sich gut zur Ermittlung von Mächtigkeit und Zusammensetzung von Lockersedimenten, besonders von einige Zehnermeter mächtigen Sand- und Kiesvorkommen. Da hierbei Leitfähigkeitskontraste ermittelt werden, müssen „Eichbohrungen“ im Untersuchungsgebiet liegen, welche genaue Mächtigkeitsanagaben liefern. Ist das Leitfähigkeits- bzw. elektrische Widerstandsprofil am Ort der Bohrung bekannt, so können die Mächtigkeitswerte von dort aus auf andere Sondierpunkte übertragen werden (Abb. 67). Bekannt sein muss auch, wo sich die Grundwasseroberfläche befindet bzw. welche Sedimentpakete wasserführend sind und welche trocken. Die Vermessungen sind relativ rasch durchzuführen und die Auswertung erfolgt nach bewährten Verfahren, weshalb diese Erkundungsmethode recht kostengünstig ist. Beispiele aus der Kalksteinerkundung auf der Baar (Abb. 67a und 67b) und der Gipserkundung in württembergisch Franken sind in den Kap. 6.1 und 6.7 zu finden.

Verfahren der geoelektrischen Erkundung: Durch eine Vergrößerung der Distanz zwischen den Sonden A und B (Abb. 67 A) und die Messung von mehreren parallel angeordneten Auslagen wird erreicht, dass der Stromfluss schrittweise in größere Tiefen eindringt, der Untergrund wird „geoelektrisch kartiert“. Um die ermittelten Widerstände an den vorhandenen Gesteinen eichen zu können, ist mindestens eine Kernbohrung im Untersuchungsgebiet erforderlich. Wichtig sind Informationen zur Gesteinsart und -zusammensetzung sowie zur tatsächlichen Mächtigkeit. Eines der Messprofile muss zur Eichung direkt über den Bohrpunkt verlaufen. Von dort aus können die geoelektrischen Messergebnisse (Kurven im Widerstand-/Tiefen-Diagramm) dann in die Fläche interpretiert werden. Es wird so ein Modell des Untergrunds erarbeitet.

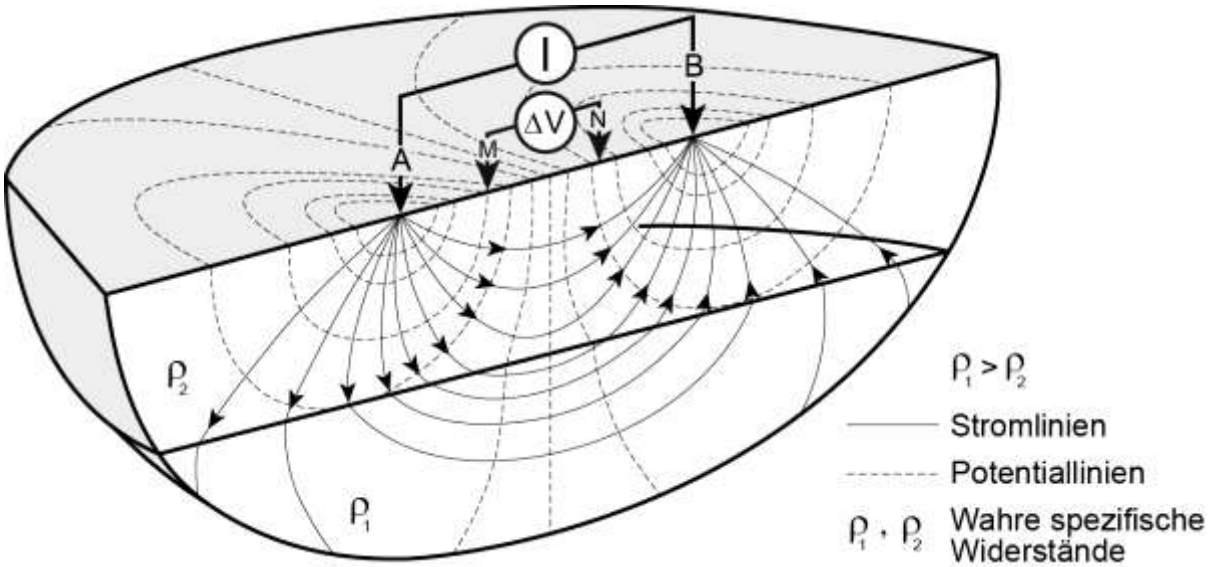


Abb. 67 A: Schematische Darstellung einer Sondenauslage für geoelektrische Messungen mit Verlauf der Strom- und Potenziallinien (nach KNÖDEL et al. 1997).

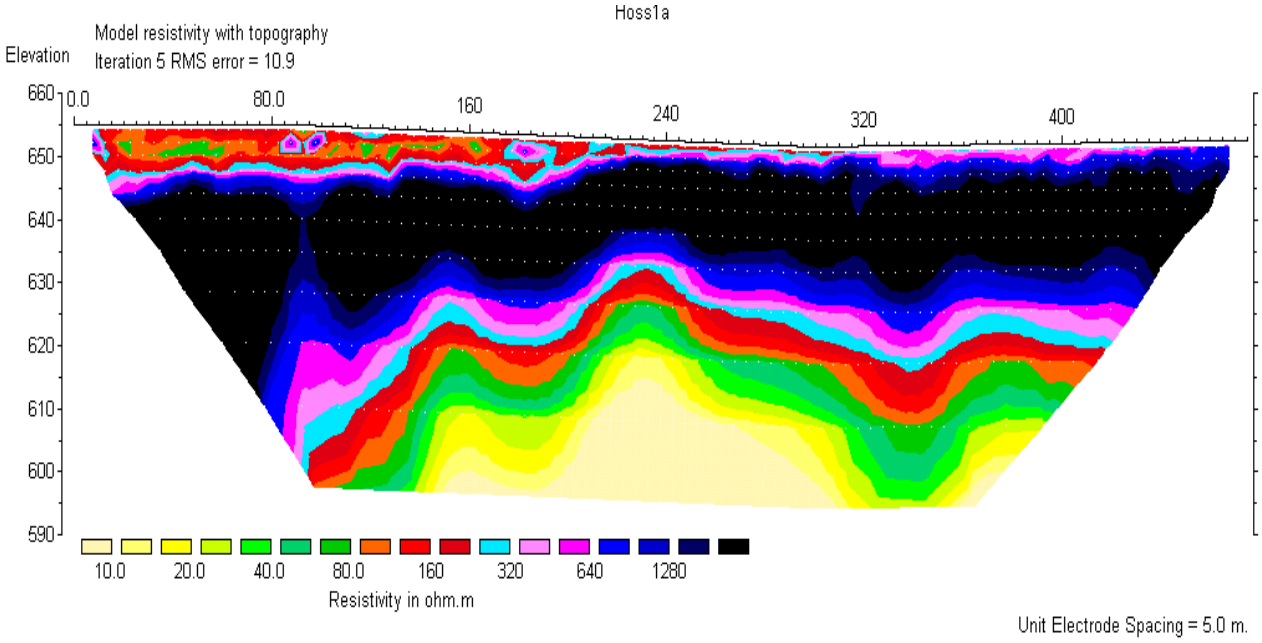


Abb. 67 B: Geoelektrisches Widerstandsprofil über ein Kiesvorkommen. Helle Werte zeigen geringe elektrische Werte, dunkle hohe Werte. Der trockene Kieskörper erscheint in der Darstellung schwarz und dunkelblau.

Die elektrischen Widerstände sind ein Maß für unterschiedliche Gesteinseigenschaften, wie Porosität, Wassergehalt sowie die spezifische Leitfähigkeit der Gesteine. Zum Beispiel weisen Tone hohe Leitfähigkeiten und damit geringe Widerstände auf, was auf das in der Kristallstruktur gebundene und an den Tonen anhaftende Wasser zurückzuführen ist. Da Kalksteine bzw. Calcit und Dolomit kein Wasser in ihr Kristallgitter einbauen, ist ihre spezifische Leitfähigkeit gering und ihr Widerstand hoch. Daher eignet sich die Geoelektrik zur Lokalisation von tonigen Abschnitten und verlehmten Verkarstungszonen im Kalkstein.

Georadar (elektromagnetische Messungen entlang von Profilen → Radargramm) eignen sich zur Ermittlung von Sedimentstrukturen und -mächtigkeiten in geringmächtigen und schlecht leitfähigen Kies- und Sandkörpern oder porösen Kalktuffablagerungen (Abb. 68 und 69). Im Oberjura der Schwäbischen Alb gelang sogar die Unterscheidung von Bioherm- und Bankkalkfazies bis ca. 20 m Tiefe.

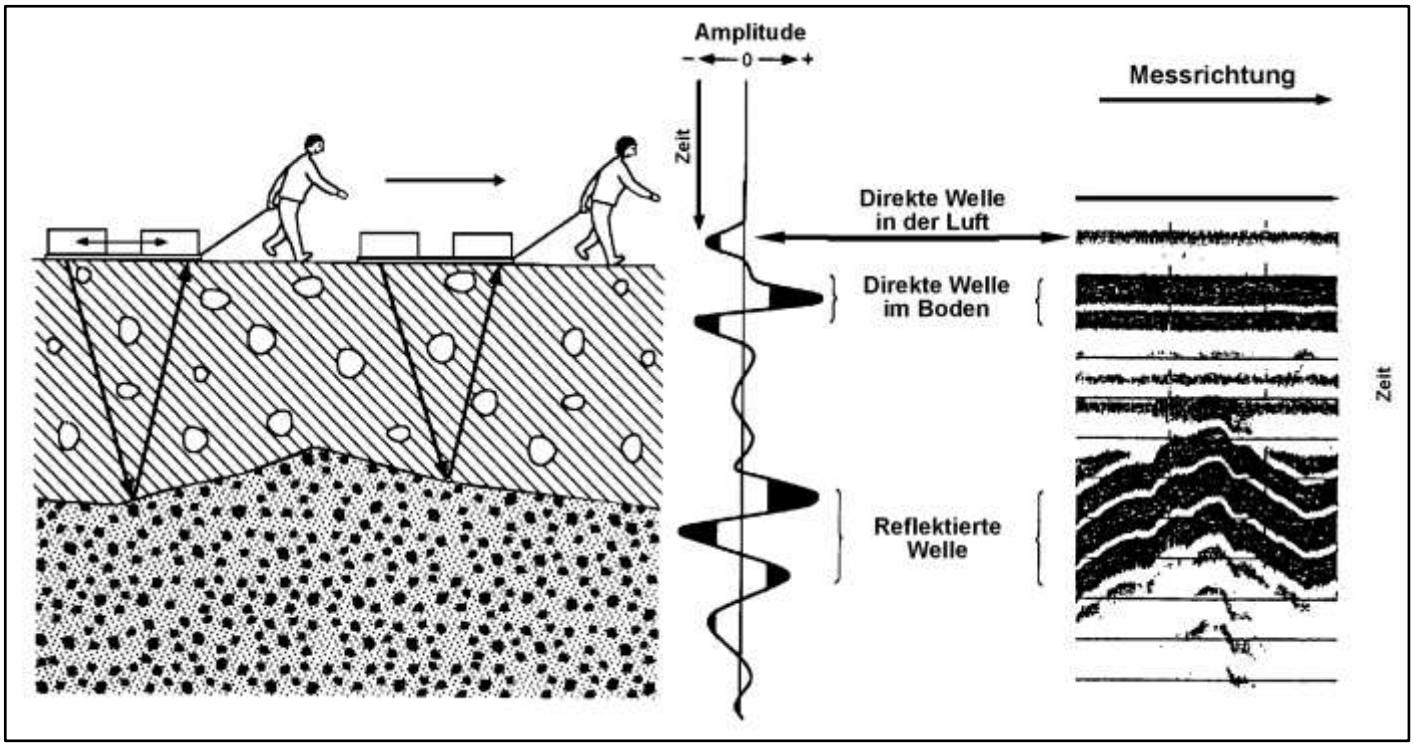


Abb. 68: Schematische Darstellung einer Georadar-Messung (aus: LGRB 2002 a – KMR 50 L 8122 Weingarten). Gemessen wird die Laufzeit von elektromagnetischen Wellen bis zu einem Reflektor (Ton, Schluff, Nagelfluh usw.); die Laufzeit muss auf Basis bekannter Schichtmächtigkeiten in Eichprofilen (Bohrungen, Steinbruch- und Grubenwände) umgerechnet werden. Je geringer die bindige Deckschicht ist, desto tiefer können die Wellen in den Untergrund eindringen. Wichtig ist zudem eine gute Anbindung des Senders an den Untergrund (möglichst direkt aufliegend); besonders geeignet sind daher Wege, Wiesen oder plane Ackerflächen.

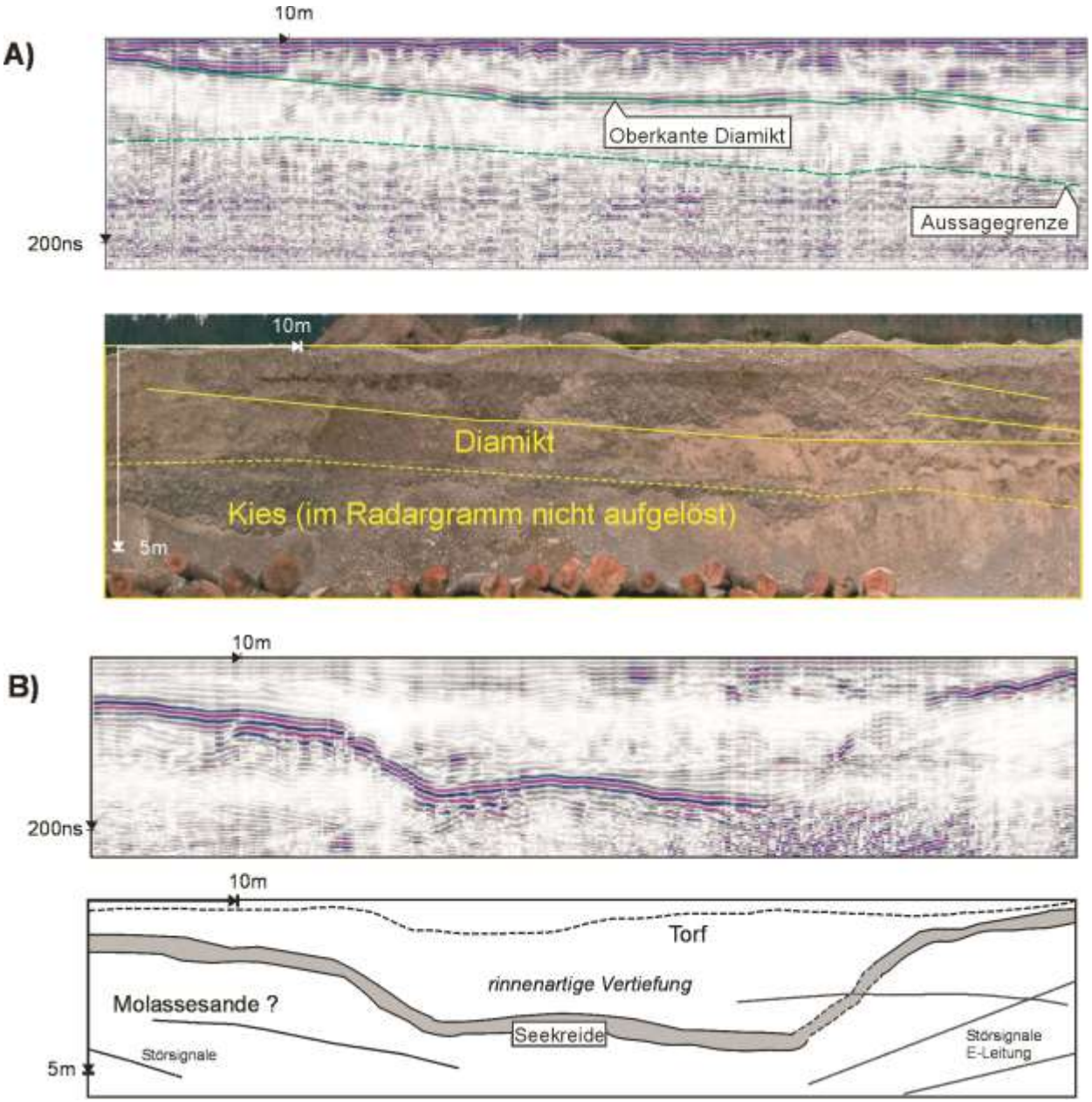


Abb. 69: Ergebnisse und Interpretationen von Georadarmessungen im Quartär Oberschwabens (aus: LGRB 2002 a – KMR 50 L 8122 Weingarten).
A: Messprofil oberhalb der Kiesgrube Tafertsweiler bei Ostrach. B: Pfrungener Ried. Kiesige Schichten zeigen wenige Reflektionen, dichte Seekreiden zahlreiche und deutliche Reflexionen.

Beste Ergebnisse lassen sich in ebenem Gelände und bei guter, direkter Anbindung des Senders an den Untergrund erzielen; steiniger Schutt oder Äste usw. behindern die Georadar-Messungen. Die Lage von künstlichen elektrischen Leitern in und über dem Boden (Kabel, Freileitungen) muss bekannt sein. Diese Stromquellen können zu erheblichen Störeffekten führen. Am besten lassen sich geringmächtige Rinnenfüllungen von Sand und Kies über dichtem Untergrund detektieren. Erfolgreich konnten auch holozäne Kalktuffablagerungen in einer Eintalung (Wiesengelände) erkundet werden (s. KMR 50 L 8316 Stühlingen / Hohentengen am Hochrhein, LGRB 2002 b).

Elektromagnetisches Radar wird in Steinsalzlagerstätten häufig zur Vorfelderkundung eingesetzt. Reflektionen an eingeschalteten Anhydrit- oder Dolomitschichten usw. in feinkörnigen Salzlagern können über mehrere Hundert Meter Entfernung gut geortet werden. Erfolgreich wird die Methode von unter Tage in Salzstöcken eingesetzt, um die Begrenzungen der Salzstöcke gegen das Nebengestein

zu ermitteln und damit Bohrungen einzusparen. Sehr gut funktioniert es also in den feinschichtigen, nicht umkristallisierten Evaporitserien des Zechsteins. In den grobkristallinen Steinsalzlagern des Mittleren Muschelkalks in Baden-Württemberg ist dieses Verfahren wegen der Energiestreuung an den großen Steinsalzkristallen nicht möglich, was aufwändige Versuche im Bergwerk Heilbronn und Kochendorf im Rahmen der Arbeiten von LGRB und NLfB (heute LBEG, Hannover) belegten. Begrenzungen des Salzlagers zum Salzhang konnten daher leider nicht ermittelt werden.

Weitere übliche Geländemethoden sind das Eigenpotenzialverfahren, magnetische Oberflächenmessungen und VLF (very low frequency), letzte besonders für wasserführende Störungszonen. Die Eigenpotenzialmethode nutzt die bei der Verwitterung von Sulfiderzen entstehenden schwachen Ströme im oberflächennahen Gestein; sie eignet sich also besonders zum Nachweis verdeckter Erz- und Mineralgänge. Eine Vorstellung und Diskussion dieser Verfahren zum Nachweis verdeckter Erz- und Mineralgänge ist bei GIESE et al. (1994) zu finden.

Airborne-Geophysik: Messverfahren, die von Flugzeug aus durchgeführt werden, kommen i. d. R. bei der Erstellung einer KMR 50 nicht routinemäßig zum Einsatz. Bisweilen liegen jedoch aus industriellen Erkundungsprogrammen früherer Jahre (z. B. Erdölsuche) oder von Forschungsprojekten Daten vor, die für die Bewertung von Rohstoffvorkommen genutzt werden können.

Aeromagnetische und vom Flugzeug aus durchgeführte radiometrische Messungen sind am besten für großflächige Kartierungen von Gesteinstypen geeignet. Die Aeromagnetik reagiert am sensibelsten auf feinverteilte Magnetitgehalte, die z. B. in magmatischen oder hochmetamorphen Gesteinen auftreten. Vulkanite können so auch unter mächtiger Bedeckung (Löss, Kies usw.) erkannt werden.

Radiometrische Messungen basieren auf erhöhten Gehalten von K, U und Th in oberflächennahen Gesteinen und Überdeckungen bis 30 cm Tiefe; sie können somit Gesteinswechsel (z. B. vulkanische Gänge in Sediment- oder Kristallingesteinen) oder Wechsel in Bodentypen detektieren.

Elektromagnetische Messungen können Unterschiede in der Gesteinsleitfähigkeit bis mehrere Hundert Meter Tiefe erkennen. Diese Methode eignet sich daher z. B. für die Kartierung des Verlaufs von mineralisierten und/oder Fluid-führenden Störungszonen und Mineralgängen. Auch Tonhorizonte, Sulfidkörper oder Grundwasseraquifere (wassererfüllte Rinnen) können so gut erkannt werden. Hochfrequente Radarmethoden eignen sich bei geotechnischen Projekten (Stollen, Leitungssysteme, Mauerreste) und für die Bodenkartierung (Ton in Kies/Sand usw.); die besten Ergebnisse für die Rohstoffkartierung werden allerdings bei direkten Messungen auf dem Boden- bzw. Gesteinskörper erreicht (siehe o. g. Beispiele).

DGM (digitales Höhenmodell) des Landesamtes für Geoinformation und Landentwicklung (LGL) Baden-Württemberg: Wichtigstes Verfahren, das bei der KMR 50-Kartierung routinemäßig eingesetzt wird, ist das vom Flugzeug aus durchgeführte Laserscanning der Erdoberfläche, kurz DGM (Digitales Höhenmodell) oder LIDAR (für light detection and ranging); wichtige Zusatzgeräte sind Altimeter und GPS. Die digitalen Werte können als Karte der vegetationsfreien Erdoberfläche dargestellt und mit anderen geografischen Daten gemeinsam dargestellt werden. Im Rahmen der KMR 50-Kartierung sind DGM-Darstellungen besonders hilfreich für das Erkennen von Verkarstungsstrukturen, früheren Abgrabungen und Bergbauhalden, breiteren Störungszonen und von Rutschhängen usw. (Abb. 70 A und B).

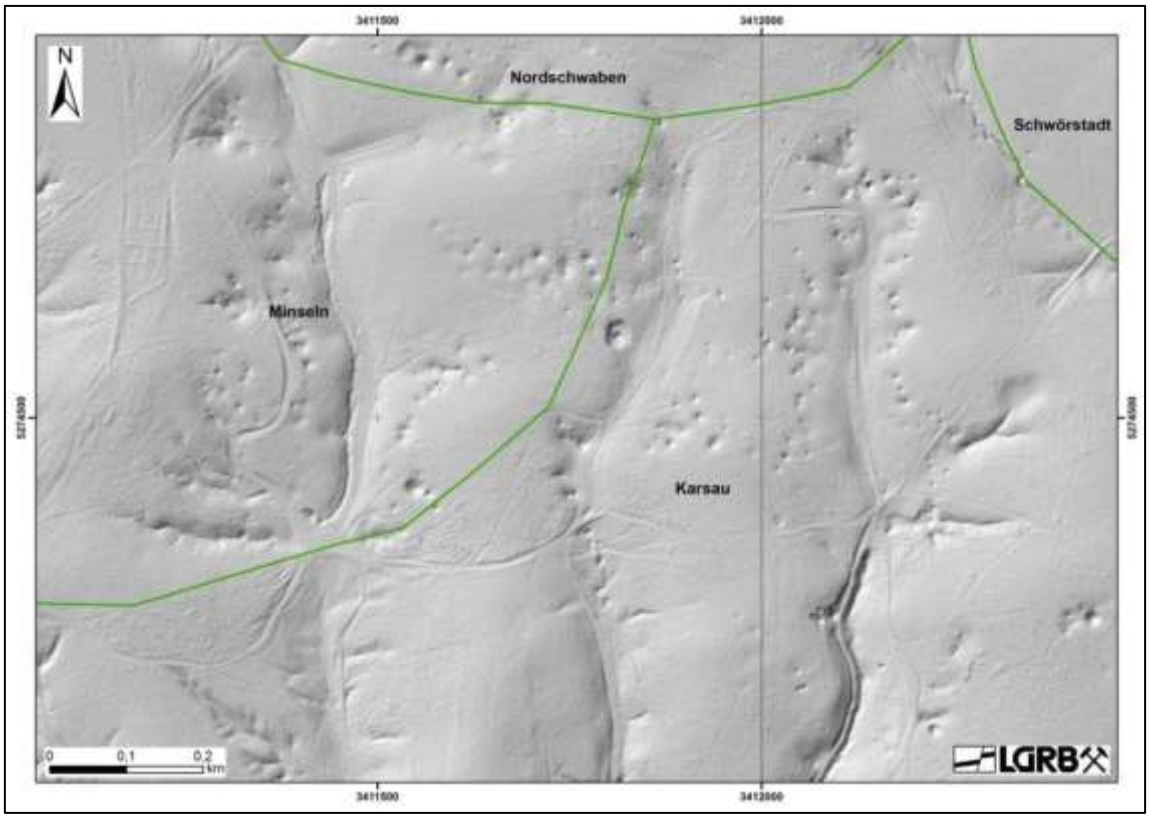


Abb. 70 A: DGM eines Areals auf dem Dinkelberg bei Karsau (grün: Gemarkungsgrenzen); typisch für dieses Gebiet im Oberen Muschelkalk ist die störungsgebundene, hauptsächlich N–S, z. T. auch E–W streichende Verkarstung durch zahlreiche Dolinen und Senkungsfelder. Datenquelle: Geobasisdaten © Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg (www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9-1/19).

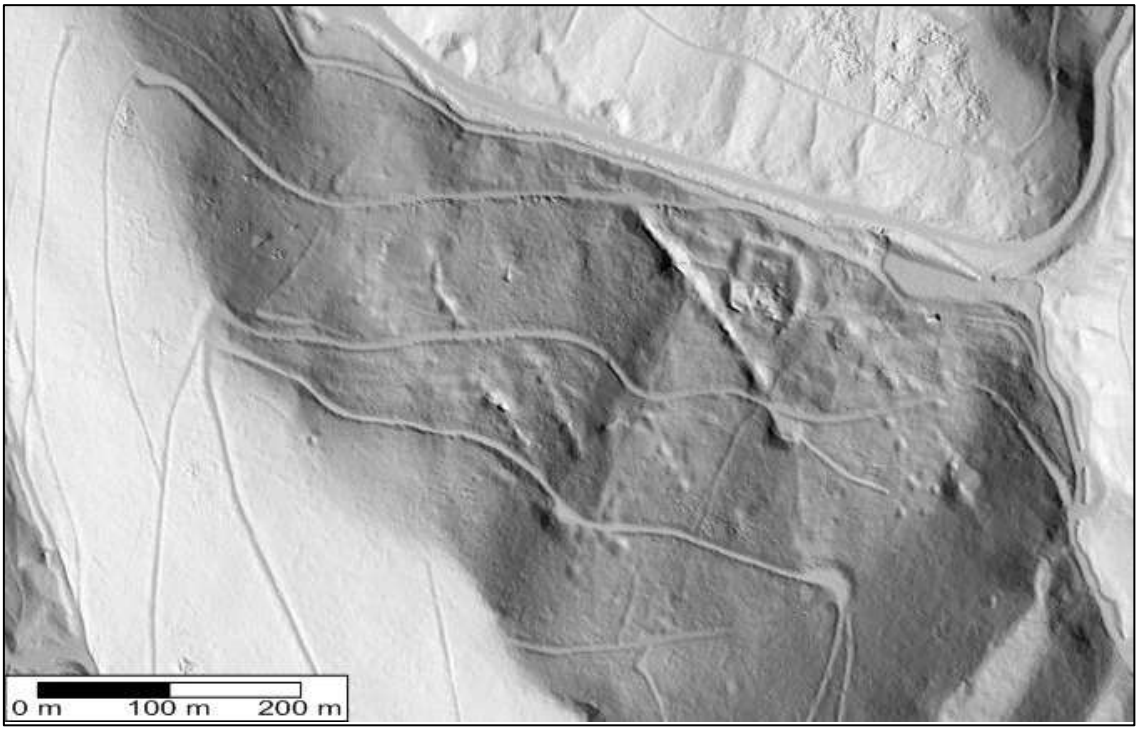


Abb. 70 B: DGM des alten Bergbaugebiets bei Bollschweil-St. Ulrich, südlich von Freiburg. Die mittelalterlichen Tagebaue auf den NW–SE verlaufenden Erzgängen sind ebenso wie die zum Revier gehörende Burgruine (quadratische Anlage) gut zu erkennen. Datenquelle: Geobasisdaten © Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg (www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9-1/19).

Durch rechnerische Methoden kann die virtuelle „Sonneneinstrahlung“ von allen Himmelsrichtungen erfolgen, in den gezeigten Beispielen z. B. von Nordwest und von Nordost. Der dadurch erzeugte „Schattenwurf“ ermöglicht das Erkennen dreidimensionaler Strukturen, also von Bodeneinsenkungen oder -aufwölbungen. So empfiehlt es sich bei NNE–SSW verlaufenden Mineralgängen und darauf befindlichen Tagebauen, Stollen, Halden und Pingen des Altbergbaus die virtuelle „Sonneneinstrahlung“ von WNW oder ESE einfallen zu lassen.

Stereoskopische Luftbildauswertung: Diese früher häufig angewendete Methode ist durch die digitale Technik (DGM, s. o.) heute fast völlig abgelöst worden. Die schwarz-weißen Fotoabzüge (meist in Maßstäben um 1 : 10.000 – 12.000) gehen auf Luftaufnahmen mit stereoskopischen Kameras zurück und ermöglichen, richtig justiert, unter einem stereoskopischen Bildbetrachter die dreidimensionale, überhöhte Darstellung der Geländeoberfläche – allerdings stets mit Vegetation. Die in Archiven vorhandenen Luftbildabzüge können wertvolle Informationen zur früheren Landnutzung bzw. heute überdeckten Strukturen und verfüllten Gewinnungsstellen geben; sie eignen sich also besonders zu historischen Recherchen.

Bohrlochgeophysik: Zu den häufig angewendeten geophysikalischen Verfahren gehört die Bohrlochvermessung mittels Gammasonde (natürliche Gamma-Strahlung), wie zuvor in mehreren Beispielen gezeigt. Sie dient vor allem der Korrelation von Schichtgliedern zwischen Bohrungen anhand der unterschiedlichen Strahlungswerte von tonigen und karbonatischen Gesteinen oder von tonigen und silikatischen Sedimenten (z. B. Sandstein gegen tonreiche Schichten). Eine parastratigraphische Korrelation von Bohrungen ist besonders im Oberen Muschelkalk mit Hilfe der Gamma-Messungen möglich; eine schöne Übersicht ist bei BRUNNER & SIMON (1985) zu finden. Auch die Tonstein-Sandstein-Wechselfolgen des Keupers lassen sich mit dieser Methode meist gut korrelieren.

Messungen der Intensität der Gamma-Strahlung der Gesteine können auch in Lockersedimenten durchgeführt werden, sofern das Bohrloch durchgehend verrohrt und somit vor Nachbruch gesichert ist. Die umfangreichen Ventil- bzw. Kiesbüchsen-Bohrungen zur Erkundung der Kieslager im Oberrheingraben (siehe Kap. 2.5.2 und 5.1) wurden routinemäßig mit der Gammasonde vermessen; es gelang durch die (z. T. dreifach teleskopierte) Verrohrung klare Strahlungssignaturen zu erhalten. Eine parastratigraphische Korrelation gelang mit dieser Methode ebenso wie mit der detaillierten Geröllpetrographie allerdings nicht, was vermutlich an den zahlreichen quartärzeitlichen Sedimentumlagerungen liegen dürfte.

Der zuvor dargestellte optische Bohrlochscanner (Abb. 60) gehört ebenso zu diesen Verfahren im Bohrloch oder in Schächten.

4.5.5 Steinbruchaufnahmen mittels Drohne: Vermessung und Datenerfassung

Bei der rohstoffgeologischen Kartierung ist die Aufnahme von Steinbrüchen ein wichtiger Teil der Arbeiten (Kap. 4.4). Nur in Abbaustellen sind die genutzten bzw. nutzbaren Gesteine über mehrere Meter bis Zehnermeter aufgeschlossen und geben einen Einblick in die Schichtenfolge und die Verbandsverhältnisse. Zudem dienen die stratigraphischen, petrographischen und strukturgeologischen Aufnahmen in Steinbrüchen als Grundlage für die Lesesteinkartierung.

Eine Steinbruchaufnahme ist aber auch mit Risiken verbunden. In allen Gewinnungsstellen ist der Aufenthalt im Bereich der Steinbruchwände nicht ungefährlich. Dies gilt besonders für betriebene Steinbrüche. Eine Möglichkeit aus sicherer Entfernung und später am Rechner ein gutes Bild der Steinbuchwände zu bekommen, bietet die Befliegung des Steinbruches mittels einer Drohne.

Mit Hilfe einer Drohne und ihrer eingebauten Kamera ist es möglich, Bilder von der Abbaufläche und den Steinbruchwänden aufzunehmen (Abb. 71 A). Hierzu werden ein horizontales bzw. bei der Aufnahme von Steinbruchwänden ein vertikales Raster abgeflogen und sich überlappende Fotos aufgenommen. Diese Bilder werden mittels einer geeigneten Software zu georeferenzierten 2D- bzw. 3D-Orthofotos zusammengefügt. Aus den Rohdaten lassen sich 3D-Modelle bzw. ein digitales Geländemodell des Steinbruches sowie der Abbauwände errechnen (Fotogrammetrie). Orthofotos können direkt in die GIS-Software eingeladen und ausgewertet werden. Für die Analyse von digitalen Geländemodellen ist eine spezielle Software notwendig.

Mit den aus einer aktuellen Befliegung generierten Orthofotos ist es möglich, das Konzessionsgebiet einer Gewinnungsstelle zu digitalisieren und zu dokumentieren. Dies ist besonders hilfreich bei der Erfassung der genehmigten und in Abbau bzw. der noch nicht in Abbau stehenden Flächen im Rahmen der Betriebserhebung. Bei regelmäßiger Wiederholung der Befliegung ist eine Dokumentation des Abbaufortschritts möglich. Aus dem Vergleich verschiedener Abbaustände in einem digitalen Geländemodell lassen sich die abgebauten Volumina berechnen.

Eine weitere Nutzungsmöglichkeit ist z. B. die Bestimmung der Streichrichtung der Hauptkluftsysteme aus einem Orthofoto (Abb. 71 B). Hierzu werden die in der Draufsicht erkennbaren Klüfte und Risse im ArcGIS digitalisiert und mit dem Werkzeug „Geometrieattribute hinzufügen“ analysiert. Hierbei wird die Abweichung der digitalisierten Linie von der Nord-Richtung berechnet und der Attributetabelle hinzugefügt.

3D-Modelle mit einer hohen Auflösung eignen sich zur Bestimmung von Schicht- und Bankmächtigkeiten sowie zur Abgrenzung verschiedener Lithologien z. B. durch deutliche Farb- und Strukturwechsel soweit dies optisch möglich ist (Abb. 71 C).

Somit ist die Befliegung von Steinbrüchen mittels einer Drohne und die Modellierung der Daten eine sichere Möglichkeit, Steinbrüche und Abbauwände aufzunehmen und vielfältige Auswertungen an den Daten durchzuführen.

A

B

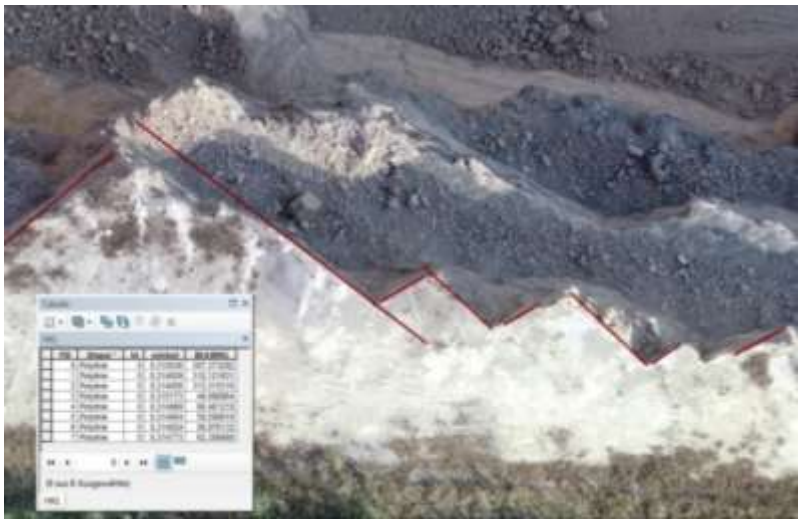


Abb. 71 A (oben): Drohnen-Befliegung einer 50 m hohen Steinbruchwand im Muschelkalksteinbruch bei Epfendorf (RG 7717-1). B (Unten): Bestimmung der Streichrichtungen des Kluftsystems im Steinbruch Epfendorf (RG 7717-1) mittels Orthofoto aus der Drohnenbefliegung im GIS-Programm ArcGIS.

Abb. 71 C: 3D-Modell der südwestlichen ca. 70 m hohen Abbauwand im Steinbruch Epfendorf (RG 7717-1). Im unteren Drittel sind bankige Kalksteine der Trochitenkalk-Fm. zu erkennen, die zum Hangenden in die plattigen Kalksteine der Meißner-Fm. übergehen (Mitte). Darüber stehen bankige bis dickbankige Dolomitsteine der Rottweil-Fm. an, welche aufgrund des Farbwechsels und ihrer Struktur im Modell von den Kalksteinen zu unterscheiden sind.

Schriftenverzeichnis für Kap. 1–4 (zitierte und weiterführende Literatur)

BBS – Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e. V. (2013) (Hrsg.): Die Nachfrage nach Primär- und Sekundärrohstoffen der Steine-und-Erden-Industrie bis 2030 in Deutschland. – 43 S., 40 Abb., 11 Tab.; Berlin.

BGR – Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2009): Bundesrepublik Deutschland – Rohstoffsituation 2008. – Rohstoffwirtschaftliche Länderstudien, Heft **XXXVIII**: 228 S., 29 Abb., 113 Tab.; Hannover (Schweizerbart).

BLIEDTNER, M. & MARTIN, M. (1986): Erz- und Minerallagerstätten des mittleren Schwarzwaldes. – 786 S., 264 Abb.; Freiburg i. Br. (Geol. Landesamt Bad.-Württ., Hrsg.).

BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Hrsg.) (2010): Rohstoffstrategie der Bundesregierung – Sicherung einer nachhaltigen Rohstoffversorgung Deutschlands mit nicht-energetischen mineralischen Rohstoffen. – 27 S., zahlr. Abb.; Berlin.

BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Hrsg.) (2012): Der Bergbau in der Bundesrepublik Deutschland 2011. – Bergwirtsch. Statist., **63**: 172 S., zahlr. Abb. und Tab., 5 Anh.; Berlin.

BÖRNER, A., BORNHÖFT, E., HÄFNER, F., HUG-DIEGEL, N., KLEEBERG, K., MANDL, J., NESTLER, A., POSCHLOD, K., RÖHLING, S., ROSENBERG, F., SCHÄFER, I., STEDINGK, K., THUM, H., WERNER, W. & WETZEL, E. (2012) unter Mitarbeit von CASPERS, G., HERNANDEZ DIAZ, T., GRANITZKI, K., KARPE, P., KÄSTNER, H., KATZSCHMANN, L., KIMMIG, B., KUHN, G., LIEDMANN, W., RÖHLING, H.-G., SÄNGER-V. OEPEN, P. & SCHRÖDER, N.: Steine- und Erden-Rohstoffe in der Bundesrepublik Deutschland. – Geol. Jb., Sonderhefte, **SD 10**: 356 S., 212 Abb., 54 Tab., Anh.; Hannover [Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und Staatliche Geologische Dienste, Hrsg.].

BRUNNER, H. & SIMON, T. (1985): Lithologische Gliederung von Profilen aus dem Oberen Muschelkalk im nördlichen Baden-Württemberg anhand der natürlichen Gamma-Strahlungsintensität der Gesteine. – Jber. Mitt. Oberrhein. Geol. Ver., N. F., **67**: 289–299, 3 Abb.; Stuttgart.

Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden (2011): Mineralische Bauabfälle, Monitoring 2008. http://www.baustoffindustrie.de/

EU-Kommission (2008): Die Rohstoffinitiative – Sicherung der Versorgung Europas mit den für Wachstum und Beschäftigung notwendigen Gütern. – Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament und den Rat: 14 S., 1 Tab.; Brüssel.

EU-Kommission (2011): Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European economic and social Committee and the Committee of the Regions. Tackling the Challenges in Commodity Markets and on Raw Materials. – 22 S., 1 Abb., 1 Tab.; Brüssel.

GLA – Geologisches Landesamt Baden-Württemberg (1995 a): Tätigkeitsbericht 1993–1994. – 62 S., 38 Abb.; Freiburg i. Br.

GLA – Geologisches Landesamt Baden-Württemberg (1995 b): Lagerstättenpotentialkarte für die Region Neckar-Alb. Rohstoffgeologische Untersuchung der Kalksteinvorkommen des Weißen Juras. – 161 S., 37 Abb., 17 Tab., 4 Anh., 5 Anl.; Freiburg i. Br. [Bearbeiter: Werner, W., Giese, S. & Bock, H.; Mitarbeiter: Franz, M., Germann, D., Grubert, A., Hahn, J., Hübner, C. &Schauer, M.).

GLA – Geologisches Landesamt Baden-Württemberg (1998): Lagerstättenpotentialkarte der oberflächennahe Rohstoffvorkommen in der Region Bodensee-Oberschwaben. Teil A: Kiesvorkommen der Gebiete Krauchenwies, Saulgau-Ost und -West, Denkingen-Brunnhausen, Heiligenberg-Sylvenstal, Bad Waldsee-Reute, Oberschwarzach und Dietmanns. – 104 S., 73 Abb., 21 Tabellen, Anlagen: 26 geologische Schnitte, 1 Karte M. 1 : 100.000, Anhang: 382 S.; Freiburg i. Br. [Bearbeiter: Werner, W., Krieger, A. Ellwanger, D. & Martin, M.].

GIESE, S., GRUBERT, A. & HÜBNER, CH. (1994): Ergebnisse einer geophysikalischen Untersuchung des Carolinen Gangzuges (Revier Freiamt-Sexau) und des darauf umgegangenen Bergbaus. – Abh. Geol. Landesamt Baden-Württemberg, 14: 343–360, 6 Abb., 1 Tab.; Freiburg i. Br.

Industriellenvereinigung (2012) (Hrsg.): Rohstoffsicherheit 2020+. Rohstoffe für eine ressourceneffiziente Industrie. – 42 S., zahlr. Abb. u. Tab.; Wien.

IM – Innenministerium Baden-Württemberg (1984): Landesentwicklungsplan 1983 Baden-Württemberg – Landesentwicklungsplan Baden-Württemberg vom Dezember 1983 mit Begründung und Anlagen. – 309 S., 14 Kt.; Stuttgart [Verlag und Druck, Freudenstadt].

IM – Innenministerium Baden-Württemberg (1986): Rohstoffsicherung. Bericht der Arbeitsgruppe. – 25 S.; Stuttgart [Broschüre, unveröff.].

KIMMIG, B., WERNER, W. & AIGNER, TH. (2001): Hochreine Kalksteine im Oberjura der Schwäbischen Alb – Zusammensetzung, Verbreitung, Einsatzmöglichkeiten. – Z. angew. Geol. 47: 101–108, 6 Abb., 1 Tab.; Hannover.

LEIBER, J., WERNER, W. & BOCK, H. (1993) unter Mitarbeit von J. CROCOLL, B. GERIG, D. GERMANN, J. GIEB, S. GIESE, M. MARTIN, H. MAUS & F. WURM: Geologische Erkundung oberflächennaher mineralischer Rohstoffe – Arbeiten zur Rohstoffsicherung. – Informationen, 4: 32 S., 33 Abb.; Freiburg i. Br. – [Geologisches Landesamt Baden-Württemberg, Hrsg.].

LGRB – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (2002 a): Erläuterungen zu Blatt L 8122 Weingarten. – Kt. mineral. Rohst. Baden-Württ. 1 : 50 000: 99 S., 18 Abb., 8 Tab., 1 Kt. – Freiburg i. Br. – [Bearbeiter: HEINZ, J. mit Beitr. von BABIES, H. G., KIMMIG, B., KOSTIC, B., SCHUH, M. & WERNER, W.].

LGRB – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (2002 b): Erläuterungen zu Blatt L 8316/L 8516 Stühlingen/Hohentengen am Hochrhein (Anteil Baden-Württemberg). – Kt. mineral. Rohst. Baden-Württ. 1 : 50 000: 162 S., 25 Abb., 7 Tab., 1 Kt.; Freiburg i. Br. – [Bearbeiter: BUTSCHER, C., mit Beiträgen von WERNER, W. & HEINZ, J.].

LGRB – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, RP Freiburg (2011): Erläuterungen zu Blatt L 7512/L 7514 Offenburg/Oberkirch (Westteil) und Blatt L 7712 Lahr i. Schwarzwald. – Kt. mineral. Rohst. Baden-Württ. 1 : 50 000: 362 S., 55 Abb., 15 Tab., 3 Kt.; Freiburg i. Br. – [Bearbeiter: POSER, C. & KLEINSCHNITZ, M., mit Beiträgen von BAUER, M. & WERNER, W.].

LGRB – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, RP Freiburg (2017): Erläuterungen den Blättern L 8110/L 8112 Müllheim/Freiburg im Breisgau Süd und L 8310/L 8312 Lörrach/Schopfheim mit Anteilen von L 8510 Weil am Rhein und L 8512 Bad Säckingen. – Kt. Mineral. Rohstoffe Baden-Württ. 1 : 50 000: 432 S., 196 Abb., 18. Tab., 4 Kt.; Freiburg i. Br. – [Bearbeiter: KIMMIG, B., WERNER, W., ELSÄßER, L., & SCHMITZ, M.].

LUBW – Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (2012): Umweltdaten 2012 Baden-Württemberg. – 163 S., zahlr. Abb.; Stuttgart (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Hrsg.).

MLR – Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten Baden-Württemberg (1986): Bodenschutzprogramm ´86 Baden-Württemberg vom 1. Dezember 1986. –52 S.,28 Anl.; Stuttgart.

NABU / ISTE – Naturschutzbund Deutschland, Landesverband Baden-Württemberg e. V. / Industrieverband Steine und Erden Baden-Württemberg e. V. (2000): Gemeinsame Erklärung zur Rohstoffnutzung in Baden-Württemberg – 8 S.; Stuttgart.

NABU / ISTE / IG BAU – Naturschutzbund Deutschland, Landesverband Baden-Württemberg e. V. / Industrieverband Steine und Erden Baden-Württemberg e. V. / Industriegewerkschaft Bauen–Agrar–Umwelt (2012): Gemeinsame Erklärung zur nachhaltigen Rohstoffnutzung in Baden-Württemberg – 16 S.; Ostfildern.

RV Unterer Neckar (1984): Materialien zum regionalen Raumordnungsbericht. Rohstoffsicherung in der Region Unterer Neckar. – V + 85 S., 12 Abb., 17 Tab.; Mannheim.

SCHREINER, A. (1992): Einführung in die Quartärgeologie. – 257 S., 113 Abb., 14 Tab.; Stuttgart (Schweizerbart).

WERNER, W. (2000): Regional-planning-related exploration for non-metallic minerals–- a case history from south-western Germany. – Z. angew. Geol., **46**: 3–14, 11 Abb.; Hannover.

WERNER, W. (2006): Erzprospektion im Revier Wittichen in der Zeit zwischen 1935 und 1979 – Ergebnisse und lagerstättengeologische Schlussfolgerungen. – Der Erzgräber, **2006**: 64 S., 39 Abb.; Oberwolfach.

WERNER, W. (2012): Schätze unter dem Boden: Was wissen wir über die tiefliegenden Rohstoffe in Baden-Württemberg? – Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br., **102**: 37–92, 33 Abb.; Freiburg i. Br.

WERNER, W. (2015): Über die Rohstoffquellen Baden-Württembergs. Vielfalt, Potenzial und Nutzung. – Alem. Jb. **2013/2014**, Jg. 61/62: 13–102, 60 Abb.; Freiburg i. Br.

WERNER, W. & DENNERT, V. (2004) mit Beiträgen von MEYERDIRKS, U. & TEGEL, W.: Lagerstätten und Bergbau im Schwarzwald. Ein Führer unter besonderer Berücksichtigung der für die Öffentlichkeit zugänglichen Bergwerke. – 334 S., 271 Abb.; Freiburg i. Br. (L.-Amt Geol. Rohst. Bergbau Baden-Württ., Hrsg.).

WERNER, W., KIMMIG, B., BRASSE, A., BOCK, W. D., FINGER, P., TRAPP, C., SCHLOZ, W., WEINZIERL, W., DENNERT, V., FROMM, F., BOCK, H., KÖBERLE, G., KÜCK, J. & ANDRÄ, H. (2002): Rohstoffbericht Baden-Württemberg 2002.– L.-Amt Geol., Rohst. u. Bergb. Baden-Württ, LGRB-Informationen, **14**: 92 S., 58 Abb., 12 Tab., 1 Anh.; Freiburg i. Br.

WERNER, W., KIMMIG, B., LIEDTKE, M., KESTEN, D., KLEINSCHNITZ, M., BRASSE, A. & TRAPP, C. (2006): Rohstoffbericht Baden-Württemberg 2006. Gewinnung, Verbrauch und Sicherung von mineralischen Rohstoffen. – L.-Amt. Geol., Rohst. u. Bergbau Baden-Württ., LGRB-Informationen, **18**: 202 S., 209 Abb. + 12 Abb., 15 Tab., 1 Kt., Freiburg i. Br.

WERNER, W., KIMMIG, B., TSCHERNAY, P., WITTENBRINK, J., BOCK, H. & KLEINSCHNITZ, M. (2013): Rohstoffbericht Baden-Württemberg 2012/2013. Bedarf, Gewinnung und Sicherung von mineralischen Rohstoffen – Dritter Landesrohstoffbericht. – LGRB-Informationen, **27**: 204 S., 228 Abb., 7 Tab.; Freiburg i. Br.

WERNER, W., LEIBER, J. & BOCK, H. (1997): Die grobklastische pleistozäne Sedimentserie im südlichen Oberrheingraben: Geologischer und lithologischer Aufbau, Lagerstättenpotential. – Zbl. Geol. Paläont. Teil I, **1996**: 1059–1084, 7 Abb., 3 Tab.; Stuttgart.

WM – Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (2004): Rohstoffsicherungskonzept des Landes Baden-Württemberg, Stufe 2 (Nachhaltige Rohstoffsicherung). – 31 S., zahlr. Abb.; Stuttgart.

5 Mineralogisch-petrographische Analytik – Anleitungen für Probenahme, Laborauftrag und Bewertung der Ergebnisse

[MELISSA GERLITZKI & MANFRED MARTIN]

5.1 Beprobung von Rohstoffvorkommen

5.1.1 Allgemeines

Die sog. Leitparameter, die in diesem Handlungsleitfaden angegeben werden, dienen der Orientierung bei der Beauftragung des Labors zur Untersuchung von Locker- und Festgesteinsproben.

Zur Untersuchung von genutzten Lagerstätten bieten sich frische Aufschlüsse in Abbaugebieten (Bohrungen, Steinbruch- bzw. Grubenwände, Haufwerk) an. Grundsätzlich ist zu beachten, dass eine Probennahme so durchgeführt wird, dass dabei eine für den Abbaustandort aussagekräftige Probe gewonnen wird, die dem Durchschnitt der gesamten Menge (Abbauabschnitt) oder eines bestimmten wichtigen Anteils daraus (Schicht) entspricht. Das Probenmaterial sollte möglichst frisch sein und möglichst wenige Verwitterungskrusten bzw. verwitterte Anteile aufweisen. Die zu gewinnende Probenmenge richtet sich hierbei vor allem nach der Homogenität bzw. Inhomogenität des zu beprobenden Materials. *„Sachgemäße und sorgfältige Probenahme ist Voraussetzung für aussagekräftige Untersuchungsergebnisse."* (Zitat nach DIN 52101)

Die Proben selbst oder deren Behältnisse müssen dauerhaft und gut lesbar gekennzeichnet werden. Hierfür haben sich schwarze Permanentmarker als am besten geeignet herausgestellt. Dabei ist zu beachten, dass die Kennzeichnung der Probe eindeutig sein muss, bei Bohr- und Schlitzproben sind zusätzlich Teufe, Teufenintervall und Orientierung (Pfeil nach unten!) anzugeben. Datum der Probenahme und Namenzeichen des Probenehmers dürfen ebenso nicht fehlen. Sollen mehrere Teilmengen von ein und derselben Probe entnommen werden, sind die einzelnen Chargen z. B. mit „ 1 von 5, 2 von 5, ..." zu kennzeichnen, damit das Labor deren Vollständigkeit überprüfen kann. Bei wiederverwendeten Probenbehältnissen muss darauf geachtet werden, dass alte Kennzeichnungen beseitigt werden. Bei großen Probenreihen hat sich die Beschriftung mit Angabe der Gesamtzahl der Proben bewährt (z. B. „Probe 1 von 25").

5.1.2 Probenahme von Festgestein

Um eine für den Standort aussagekräftige Probe zu entnehmen, sollten je nach Fragestellung Schlitzproben des in Frage kommenden Gesteinspakets, Haufwerksproben oder von allen Gesteinsvarianten Handstücke in einer ihrer Verbreitung entsprechenden Menge entnommen werden. Sind im Aufschluss bestimmte Merkmale wie Gefüge oder Orientierungen (z. B. metamorphe Foliation, Bankung, Schichtung usw.) zu beobachten, die an den Handstücken nicht eindeutig erkennbar sind, sollten diese darauf angezeichnet werden. Bei der Entnahme von Bohrkernen für Untersuchungszwecke ist darauf zu achten, dass diese mit einer Teufenangabe versehen und mit einem Richtungspfeil gekennzeichnet werden, welcher in Bohrrichtung zeigt.

5.1.3 Probenahme von Lockergestein

Bei der Beprobung von Lockergesteinen kann je nach Rohstoffart und Untersuchungszweck eine einzelne Schicht durch eine Einzelprobe beprobt werden oder mehrere Schichten bzw. eine Lagerstätte in einer Durchschnittsprobe bemustert werden. Dabei ist darauf zu achten, dass die anstehenden natürlichen Verhältnisse abgebildet werden. Eine empfehlenswerte Vorgehensweise hierzu wäre, die Probe aus einem in seiner Tiefe und Breite gleichbleibenden Schlitz zu entnehmen und auf einen Haufen zu schütten (siehe Abb. 66).

Für das evtl. notwendige weitere Einengen der Probe muss der Kegel zunächst durch wiederholtes Umschaufeln gut durchmischt werden, indem die seitlich entnommene Menge immer wieder auf die Kegelspitze geschüttet wird. Der Kegel wird danach kreisförmig flach ausgeteilt und symmetrisch geviertelt. Jeweils zwei gegenüber liegende Viertel werden behalten, der Rest wird verworfen. Dieses Verfahren wird so oft wiederholt, bis die gewünschte Menge der Durchschnittsprobe erreicht ist.

5.2 Methoden der mineralogisch-petrographischen-Analytik

5.2.1 Elementanalyse mittels Röntgenfluoreszenzanalyse

Die quantitative Elementanalyse bzw. Bestimmung der chemischen Zusammensetzung von Gesteinsproben wird im LGRB mittels Röntgenfluoreszenz-Analyse, kurz RFA (engl. XRF „X-ray fluorescence“), durchgeführt. Hierfür wird am LGRB das Axios mAX der Firma PANalytical verwendet. In diesem wird das Probenpräparat monochromatischer Röntgenstrahlung ausgesetzt, wodurch von den in der Probe vorhandenen Elementen eine charakteristische Röntgen-Fluoreszenz-Strahlung ausgesandt wird. Diese ist für jedes Element spezifisch.

Die Gehalte an den vorhandenen Elementen werden durch Vergleich mit den gemessenen Intensitäten aus internationalen Gesteinsstandards berechnet. Die Hauptbestandteile werden bei Gesteinsanalysen gemäß Konvention als Oxide in Gewichtsprozent angegeben (SiO_2, TiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, MnO, MgO, CaO, Na_2O, K_2O, P_2O_5 und SO_3). Die Gehaltsangabe der Spurenelemente erfolgt in Elementschreibweise als mg/kg bzw. ppm („parts per million“).

5.2.2 Mineralbestimmung mittels Röntgendiffrakometrie

Die qualitative Mineralbestimmung mit Hilfe der Röntgendiffraktometrie, auch Röntgenbeugungs-Analyse, RDA (engl. XRD „X-ray diffraction“) genannt, wird zurzeit mit dem D8 Advanced der Firma Bruker durchgeführt. Das Prinzip der Röntgendiffraktometrie besteht darin, das Probenpräparat mit Röntgenstrahlung einer definierten Wellenlänge (CuKα) zu bestrahlen, welche dann an den Netzebenen von Kristallgittern der Minerale reflektiert bzw. gebeugt wird. Es entsteht so für jedes Mineral ein spezifisches Beugungsmuster, das sog. Diffraktogramm. Die Auswertung der Diffraktogramme erfolgt mittels des Softwarepakets EVA, in welchem u. a. eine Referenzbibliothek aller kristallinen Substanzen enthalten ist, durch deren Vergleich eine qualitative Bestimmung des in der Probe vorhandenen Mineralbestands durchgeführt werden kann.

Abb. 72: Mineralbestimmung mittels RFA im Mineralogisch-Petrographischen Labor des LGRB.

5.2.3 Glühverlust

Der Glühverlust beschreibt den Anteil von flüchtigen Bestandteilen einer Probe (z. B. Wasser, organischer Kohlenstoff, SO_3 aus Schwefelverbindungen und CO_2 aus Karbonaten), welcher beim Ausglühen zurückbleibt. Hierbei wird 1 g der gemahlenen Probe eingewogen und für 2 Stunden bei 1150 °C im Muffelofen geglüht. Der Glühverlust, auch „loss on ignition (LOI)“, wird dabei aus dem Gewichtsverlust der Probe errechnet. Der Glühverlust und die Analysensumme aus der RFA sollen 100 % ergeben.

5.2.4 Bestimmung des Karbonatgehalts mittels Calciumcarbometer

Der Karbonatgehalt kann mit Hilfe eines Calciumcarbometers (vormals: Karbonat-Mini-Bombe nach MÜLLER) bestimmt werden. Hierzu wird gemahlenes Probenmaterial eingewogen und mit Salzsäure (HCl, 20 %ig) versetzt. Bei der Reaktion des Probenmaterials mit der Salzsäure entsteht ein CO_2-Druck, woraus sich der Calcit-Gehalt direkt an einer Skala ablesen lässt. Sind in einer Probe Dolomit oder andere Karbonate vorhanden, muss der abgelesene Wert entsprechend korrigiert werden.

5.2.5 Dünnschliffherstellung und -auswertung

Die Polarisationsmikroskopie dient der Mineral- und Gesteinsbestimmung von Festgesteinsproben. Hierfür wird als Probenpräparat ein Dünnschliff hergestellt, welcher das Standartmaß von 28 x 48 mm („Gießener Format“) oder das Sondermaß von 50 x 50 mm bemessen kann. Vor der Herstellung des Dünnschliffs ist festzulegen, aus welchem Bereich der Probe das Probenklötzchen gesägt werden soll. Dies lässt sich am einfachsten mit einem Objektträger und einem schwarzen Permanentmarker direkt auf die Probe aufzeichnen. Im Labor wird die Probe auf Maß zugesägt, angeschliffen und auf einem Objektträger in Epoxidharz eingebettet. Dieser Verbund wird auf ca. 2 mm heruntergesägt und anschließend mit der Präzisions-Flachschleifmaschine MPS 2 120 der Fa. G&N auf etwa 0,025–0,03 mm Dicke geschliffen. Zum Schutz wird der fertige Dünnschliff mit Epoxidharz und einem Deckglas abgedeckt und kann anschließend unter dem Polarisationsmikroskop untersucht werden.

Die mikroskopische Untersuchung von Dünnschliffen ist im Rahmen der Rohstoffkartierung und -beratung vor allem sinnvoll zur sicheren Klassifizierung von Kristallingesteinen, zur Bestimmung der Alterationen besonders in Magmatiten (→ Gefügefestigkeit), zur Bestimmung der Paragenesen in hydrothermalen Mineralisationen, der Untersuchung des Grades von postdiagenetischen Umwandlungen in Karbonatgesteinen (bes. Dolomitisierung und Dedolomitisierung), zur Bestimmung von Art und Festigkeit des Bindemittels in Sandsteinen (als Naturwerksteine) sowie zur Ursachenforschung bei Gebäudeschäden.

5.2.6 Geröllpetrographie („Geröllzählung“)

Bei Kiesproben werden die Gerölle einer oder mehrerer Korngrößenklassen zur Bestimmung der petrographischen Zusammensetzung in verschiedene Gesteinsklassen aufgeteilt. Einfache Hilfsmittel hierzu sind Salzsäure (5 %) zur Abschätzung des Kalkanteils sowie eine Lupe zur Gesteinsbestimmung nach äußeren Kennzeichen. Zusätzlich wird jeweils zwischen frischen und angewitterten Geröllen unterschieden, weil der Verwitterungsgrad ebenfalls die technische Verwertbarkeit der untersuchten Ablagerungen beeinflusst. Bei Kiesproben werden folgende Gesteinsklassen unterschieden:

- Quarze, Milchquarze
- Quarzite
- Hornsteine, Lydite
- Gneise
- Granite
- Amphibolite
- Ophiolithe, Grünsteine, Vulkanite
- Porphyre
- Dunkle Kalksteine
- Helle Kalksteine
- Gelbliche Kalksteine
- Sandsteine, karbonatisch
- Sandsteine, nicht karbonatisch

- Dolomitsteine
- Nagelfluh-Gerölle.

Die Bewertung des Anteils einer Probe an diesen Gesteinsgruppen in Bezug auf die Verwertbarkeit ist am Beispiel der Kiese und Sande aus dem Alpenvorland in Kap. 2.5.3 erläutert.

5.2.7 Korngrößenbestimmung mittels Sieb-/Schlämmanalyse

Bei der Korngrößenbestimmung mittels Sieb-/Schlämmanalyse (nach DIN 18123) werden die Massenanteile der in einer Probe vorhandenen Körnungsgruppen angegeben. Im ersten Schritt werden die Korngrößen über 0,063 mm mittels Siebung ermittelt. Diese kann als Trockensiebung, wenn keine Korngrößen unter 0,063 mm enthalten sind, angewandt werden oder als Nasssiebung, wenn Korngrößen unter 0,063 mm in großer Menge enthalten sind.

Bei der Trockensiebung wird die im Trockenschrank bei 100 °C getrocknete Gesamtprobenmenge durch Einwaage ermittelt und durch einen aufeinander gestapelten Siebsatz mit einer Siebmaschine gesiebt. Je nach Menge der Einwaage wird entschieden, ob der große Siebsatz mit einem Durchmesser von 400 mm oder der sog. kleine Siebsatz mit einem Durchmesser von 200 mm eingesetzt wird. Die Siebtürme bestehen aus Siebsätzen von elf bzw. zehn Sieben mit den Maschenweiten 63 mm (nur beim großen Siebsatz vorhanden), 32 mm, 16 mm, 8 mm, 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0,5 mm, 0,25 mm, 0,125 mm und 0,063 mm.

Es ist zu beachten, dass die maximalen Rückstände der Siebe bei dem Siebdurchgang nicht überschritten werden dürfen, um korrekte Siebtrennungen zu erreichen. Werden die Rückstände überschritten, muss die Siebung ggf. in mehreren Schritten durchgeführt werden. Nach etwa einer Siebdauer von 30 min werden von jedem Sieb einzeln die Massen der Rückstände ermittelt und notiert. Eine Überprüfung, ob bei der Siebung sauber gearbeitet wurde, kann über die Bestimmung des Siebverlusts angestellt werden. Bei diesem darf der Massenunterschied zwischen der Einwaage vor der Siebung und der Summe der Rückstände nach der Siebung nicht mehr als 1 % der Einwaage betragen, andernfalls muss die Siebung mit einer neuen Probe wiederholt werden.

Für die Nasssiebung wird die Probe bis zur Massenkonstanz getrocknet und eingewogen. Anschließend wird die Probe in einem großen Gefäß mit Wasser vermengt, um die feinen Teilchen von den gröberen Teilchen zu lösen. Nach kräftigem Umrühren der Suspension wird ein Teil dieser durch ein Sieb mit der Maschenweite 0,063 mm gewaschen, wobei der Siebdurchgang aufgefangen wird und der Siebrückstand zurück zu der restlichen Suspension gegeben wird. Dieser Vorgang wird so oft wiederholt, bis die Suspension keine Trübung mehr aufweist. Der Siebrückstand wird anschließend getrocknet und mittels Trockensiebung werden die Korngrößen bestimmt. Der Siebdurchgang wird ebenfalls getrocknet, gewogen und als Kornfraktion < 0,063 mm notiert. Bei beiden Verfahren wird die Masse der Rückstände der einzelnen Fraktionen in Prozent der Gesamttrockenmasse der Einwaage umgerechnet und tabellarisch oder zeichnerisch als Sieblinie dargestellt.

Bei der Schlämmanalyse bzw. mittels Sedimentation wird die Korngrößenverteilung der Kornanteile unter 0,125 mm bestimmt. Die Unterteilungsgrenze bei diesem Verfahren liegt hierbei bei Partikeln, welche kleiner als 0,01 mm sind. Im ersten Schritt wird in einem Standglas eine definierte Probenmenge mit destilliertem Wasser zu einer Suspension aufgerührt. Das „Gesetz von Stokes“ beschreibt hierbei, dass die Körner in Abhängigkeit ihrer Korngröße und Dichte mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten in der Suspension absinken. Durch das unterschiedliche Absinken der Körner verändert sich somit die Dichte der Suspension im Probengefäß, welche in festgelegten Zeitabständen (30 sec, 1 min, 2 min, 5 min, 15 min, 45 min, 2 h, 6 h und 24 h) mittels Aräometer-Verfahren abgelesen werden kann. Die abgelesenen Werte werden notiert, und die Korngrößenverteilung kann nach Beendigung des Verfahrens aus den Suspensionsdichten und den Eintauchtiefen des Aräometers berechnet und tabellarisch oder zeichnerisch als Kurve dargestellt werden.

Enthält eine Probe gleichzeitig merkliche Mengen an Körnern über und unter 0,063 mm, so wird zur Bestimmung der Korngrößen die Siebung und Sedimentation kombiniert. Die Auswertung beider Verfahren erfolgt im Anschluss mit dem Software Programm IDAT, welche die zwei resultierenden Körnungslinien verbindet und als kombinierte Körnungslinie darstellt.

5.2.8 Trocken- bzw. Brennschwindung, Brennfarbe

Die Trocken- bzw. Brennschwindung beschreibt die lineare Längenänderung einer Tonprobe, die durch Verdunstung des im Schlicker[10] enthaltenen Wassers beim Trocknen bzw. durch Abgabe weiteren Wassers beim Brennen der Probe entsteht. Für die Laboruntersuchung wird die Probe zunächst homogenisiert. Wenn nötig, wird weiteres Wasser hinzugefügt, bis eine plastische Masse entsteht. Diese wird in ein Gefäß definierter Größe gefüllt und an der Luft oder im Trockenschrank bei max. 40 °C getrocknet, bis Gewichtskonstanz erreicht ist. Dann misst man die Länge des getrockneten Probekörpers, um die prozentuale Trockenschwindung aus der Längenänderung zwischen einbaufeuchtem und getrocknetem Probekörper zu berechnen. Anschließend wird der getrocknete Probekörper halbiert, und eine Hälfte davon im Muffelofen für 8 Stunden bei 900 °C gebrannt. Die gebrannte Tonprobe wird dann nochmals vermessen, um die Brennschwindung analog zu bestimmen.

Die Brennfarbe des gebrannten Formkörpers wird visuell angesprochen. Sie ist ein qualitatives Maß für den Anteil und die Verteilung von Eisen in der Probe. Bei grobkeramischen Rohstoffen lässt diese Untersuchung abschätzen, welche Farbe das Ziegelprodukt aufweisen würde. Bei feinkeramischen Massen wird ein möglichst reines Weiß angestrebt; der Test würde also zeigen, ob Eisenminerale auftreten.

5.3 Bewertung von magmatischen und metamorphen Gesteinsvorkommen

Leitparameter bei der Bewertung von Magmatiten und Metamorphiten sind die Mineralbestimmung mittels Röntgendiffraktometrie, die Elementanalyse mittels Röntgenfluoreszenzanalyse sowie Gesteinsansprache mittels Polarisationsmikroskop (Dünnschliff).

Probenahme: Die Probenahme von kristallinen Gesteinen ist so durchzuführen, dass eine für das Rohstoffvorkommen durchschnittliche Probe des gesamten Nutzhorizonts entsteht. Die Bemessung der Probe orientiert sich hierbei an der ausreichenden Repräsentanz für das zu untersuchende Material und sollte vom Handstück bis zu mehreren Kilogramm reichen. Im Labor wird für die chemischen Untersuchungen das gelieferte Material durch Brechen, Vierteln bzw. Teilen homogenisiert und auf etwa 100 g reduziert. Es ist besonders darauf zu achten, dass Proben so wenige Verwitterungskrusten wie möglich anhaften bzw. diese vor den Zerkleinerungsvorgängen sorgfältig entfernt werden.

Auswertung und Darstellungsmöglichkeiten der Laboruntersuchungen

(1) Gesteinsansprache: Für eine korrekte Gesteinsansprache kann aus dem Material ein Dünnschliff hergestellt werden. An diesem werden mittels Polarisationsmikroskop die mineralische Zusammensetzung und das Gefüge bestimmt.

(2) Grenzwerte nach der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA): Metamorphite und Magmatite werden für den Verkehrswegebau zu Splitt und Schotter weiterverarbeitet. Um die Einbaumöglichkeiten des Materials zu bewerten, muss es chemisch analysiert und den in der LAGA aufgestellten Zuordnungswerten Z0, Z0*, Z1.1, Z1.2 und Z2 entsprechend klassifiziert werden. Hierbei gilt:

- Z0: Zuordnungswerte für den uneingeschränkten Einbau – Verwertung von Bodenmaterial in bodenähnlichen Anwendungen,
- Z0*: Zuordnungswerte für Bodenmaterial, das für die Verfüllung von Abgrabungen unterhalb der durchwurzelten Bodenschicht verwertet wird,
- Z1: Zuordnungswerte für den eingeschränkten offenen Einbau in technischen Bauwerken,
- Z1.2: Zuordnungswerte für den eingeschränkten Einbau in technischen Bauwerken in hydrogeologisch günstigen Gebieten,
- Z2: Zuordnungswerte für den eingeschränkten Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen in technischen Bauwerken.

[10] *Schlicker: breiiges bis zähflüssiges Wasser-Mineralgemisch zur Herstellung von Keramikerzeugnissen.*

5.4 Bewertung von Lockergesteinsvorkommen

Nachfolgende Grafik (Abb. 73) zeigt, welchen Untersuchungen die beiden häufigsten Lockergesteinsrohstoffe zur rohstoffgeologischen Bewertung unterworfen werden können.

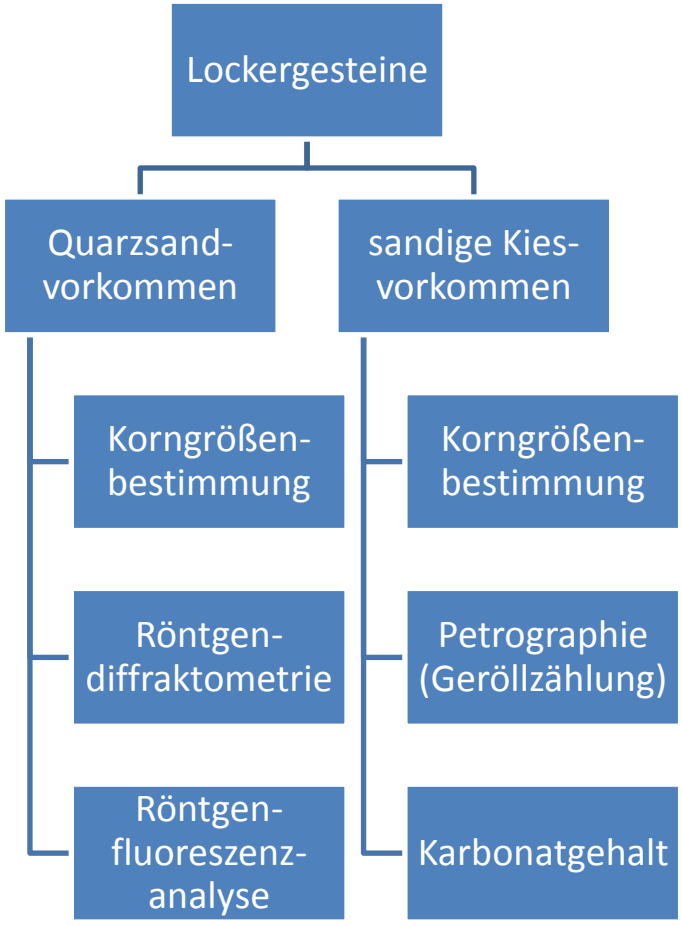


Abb. 73: Die häufigsten Untersuchungsmethoden an Lockergesteinsproben.

5.4.1 Bewertung von Quarzsandvorkommen

Leitparameter

- Bestimmung der Korngrößenverteilung durch Sieb-/Schlämmanalysen (nach DIN 18123),
- Mineralbestimmung mittels Röntgendiffraktometrie,
- Elementanalyse mittels Röntgenfluoreszenzanalyse,
- Schmelztemperatur mittels Segerkegel (SK 26),
- Einschätzung der „Aufbereitbarkeit“ mittels Mikroskopie.

Probenahme: Die Probenahme von Quarzsanden ist so durchzuführen, dass eine für das Rohstoffvorkommen repräsentative Durchschnittsprobe des gesamten Nutzhorizonts entsteht. Die Bemessung der Probe orientiert sich hierbei an der notwendigen Repräsentanz für das zu untersuchende Material und kann daher bis zu mehrere Kilogramm betragen. Im Labor wird das angelieferte Material für die chemischen Untersuchungen durch Vierteln bzw. Teilen homogenisiert und gleichzeitig auf etwa 100 g reduziert.

Auswertung und Darstellungsmöglichkeiten der Laboruntersuchungen: Bei gefärbten Quarzsanden kann mittels mikroskopischer Bemusterung eine erste Einschätzung der Aufbereitbarkeit abgegeben werden. Dabei wird u. a. geprüft, ob die einzelnen Sandkörner durchpigmentiert sind oder ob lediglich Überzüge, z. B. aus Eisenoxiden und -hydroxiden, das Quarzkorn umgeben. In letztem Fall könnte der Sand durch entsprechende Reinigungsschritte zu einem höherwertigen Produkt aufbereitet werden.

Quarzsande finden weit gefächerte Verwendungszwecke und unterliegen daher auch unterschiedlichen Anforderungsprofilen an den Rohstoff. Im Großen und Ganzen wird zwischen Industriesanden und Bausanden unterschieden (s. BÖRNER et al. 2012). Von den Industriesanden wird meist eine hohe und konstante chemische und mineralogische Reinheit sowie eine konstante Korngröße von 0,1 bis max. 0,6 mm gefordert. Glassande müssen einen besonders hohen Reinheitsgrad aufweisen (99–99,8 % SiO_2) und dürfen nur sehr geringe Gehalte an Eisen, Titan und Chrom (Fe_2O_3 < 0,025 %, TiO_2 < 0,05 %, Cr < 1ppm) aufweisen. In der Gießereiindustrie liegt der geforderte Reinheitsgrad etwas niedriger (94–99 % SiO_2), jedoch gilt auch hier: je geringer die Verunreinigung desto besser ist die thermische Belastbarkeit der Sande.

Wichtig sind weiterhin die maximalen Gehalte an K_2O und Na_2O von 0,1–0,2 % sowie CaO- und MgO-Gehalte von maximal 0,1–0,5 %. In der Feuerfestindustrie werden zur Eignungsfeststellung des Materials der Quarzanteil und die Feuerfestigkeit geprüft. Wird ein Quarzanteil von > 80 % und eine Schmelztemperatur von 1580 °C erreicht, gilt das Material als geeignet für die Erzeugung von feuerfesten Erzeugnissen oder Ferrosilizium und unterliegt somit dem Bundesberggesetz (§ 2 Abs. 1 i. V. mit § 3 Abs. 1). Der Feststellung der Schmelztemperatur liegt der Fallpunkt des Segerkegels SK 26 zugrunde.

Weitere Anwendungsbereiche für Quarzsande sind: Chemische Industrie, Gießereiindustrie, Elektroindustrie, Keramische Industrie, Füllstoffindustrie, Trinkwasseraufbereitung und Spielplätze und Sportanlagen. Die sog. Bausande finden dagegen vor allem als Betonzuschlagsande, Mörtelsande, Putzsande, Schüttsande und Frostschutzsande Verwendung.

5.4.2 Bewertung von Kiesvorkommen

Leitparameter sind die Bestimmung der Korngrößenverteilung durch Sieb-/Schlämmanalysen (nach DIN 18123), Art und Herkunft des Materials durch Geröllpetrographie (nach DIN EN 932-3) und Bestimmung des Karbonatgehalts im Sandanteil mittels Calciumcarbometer.

Probennahme: Die Probenahme von sandigen Kiesvorkommen ist so durchzuführen, dass eine für das Rohstoffvorkommen repräsentative Probe des gesamten Nutzhorizonts entsteht. Die Bemessung der Probe sollte bei Sandproben mindestens 5 kg (eine große Probentüte voll) erreichen, um aussagekräftige Laboruntersuchungen durchführen zu können. Bei Kiesproben gilt als Richtschnur für die Probenmenge, dass diese in Kilogramm dem ungefähren Durchmesser des größten enthaltenen Gerölls in mm entsprechen sollte. Beispiel: Wenn das Größtkorn einer Probe 60 mm beträgt, sollten etwa 60 kg Probenmaterial (entspricht etwa fünf 10-Liter Eimer) entnommen werden. Zur Durchführung einer Standard-Geröllzählung werden ca. 300 Körner der Kornklasse 16–22 mm benötigt, was einer Einwaage von etwa 3,5 kg entspricht.

Auswertung und Darstellungsmöglichkeiten der Laboruntersuchungen

Das Korngrößenverteilungsdiagramm bzw. die Sieblinie der Abb. 74 zeigt vier Beispiele für verschiedene Lockergesteinsproben. Verbal lassen sie sich beschreiben als:

- A: Gut abgestufter kiesiger Sand,
- B: Schlecht abgestufter sandiger Schluff,
- C: Schlecht abgestufter feiner Sand mit Kies (es fehlen die Korngrößen Mittelsand bis feiner Kies),
- D: sandiger Schluff.

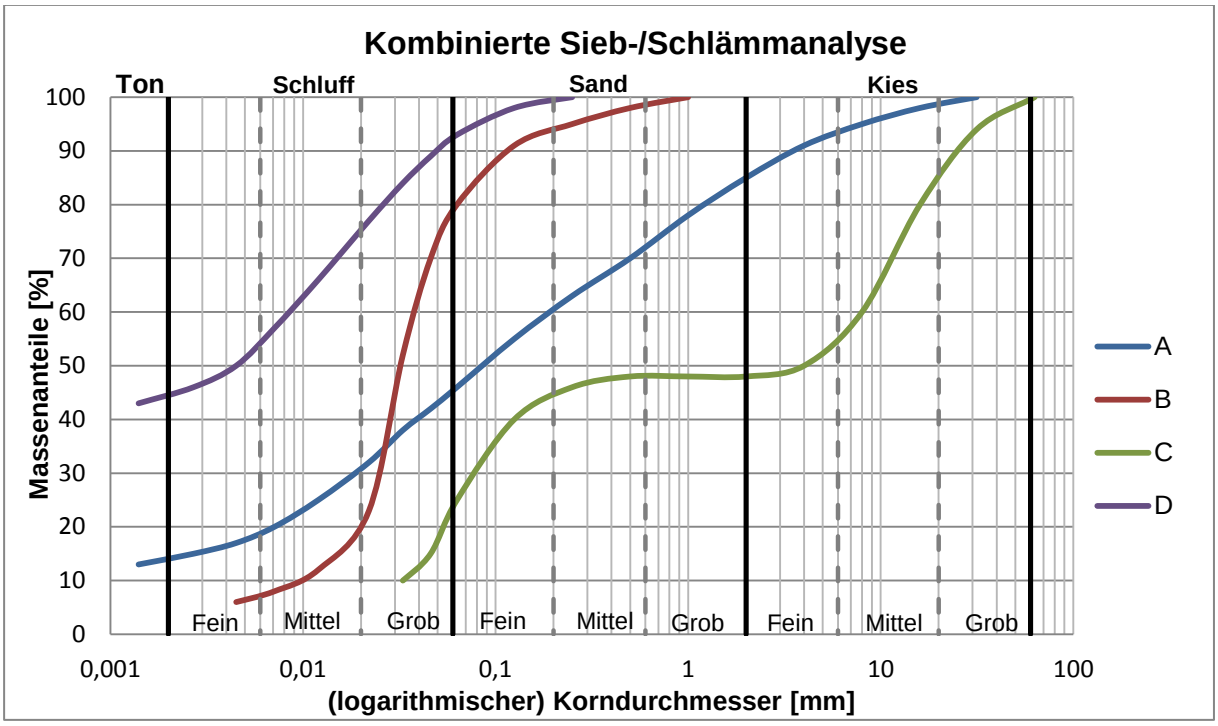


Abb. 74: Korngrößenverteilungsdiagramm mit beispielhaften Sieblinien für (A) gut abgestuften kiesigen Sand, (B) schlecht abgestuften sandigen Schluff, (C) schlecht abgestuften Feinsand mit Kies und (D) sandigen Schluff.

Petrographie (Geröllzählung)

Die petrographische Beschreibung gibt die Zusammensetzung des Geröllbestandes eines Standortes wieder und kann Auskunft über das Liefergebiet der Gerölle, über das relative Alter der Ablagerung und über lokale Einflüsse wie Rinnenbildungen geben. Die Durchführung der petrographischen Beschreibung sollte in größeren Zeitabständen wiederholt werden, damit Änderungen in der Zusammensetzung des Materials durch Vergleich sichtbar werden und eine Aussage über die Konstanz der Lagerstätte getroffen werden kann.

Das Liefergebiet des Kieses kann je nach Geröllbestand eingegrenzt werden. In den Kiesgruben Baden-Württembergs sind vor allem Einflüsse der Alpen, des Schwarzwalds und der Schwäbischen Alb zu beobachten. Typische Gerölle für wichtige Liefergebiete sind nachfolgend aufgelistet.

- Typische Schwarzwaldgerölle:
  - Granite
  - Gneise
  - Porphyre
  - Sandsteine aus dem Buntsandstein
  - Quarzite
  - Milchquarze
  - Hornsteine
- Typische Gerölle aus der Schwäbischen Alb:
  - Helle & dunkle Kalksteine
  - Nagelfluh-Gerölle
- Typische alpine Gerölle:
  - Amphibolite
  - Granite und Syenite (Juliergranit)
  - Gneise
  - Serpentinite
  - Radiolarite
  - Quarzite

- Dunkle Kalksteine
- Korallenkalke.

Kombinationen dieser Geröllarten sind für viele Lokalitäten typisch. In den Kiesen des Oberrheingrabens wird oft eine Mischung aus alpinem und lokalem Material (meist Schwarzwald) angetroffen. In Oberschwaben zeigt sich alpines Material mit Anteilen aufgearbeiteter Molasse (oft karbonatische Sandsteine) bzw. lokal mit Anteilen von der Schwäbischen Alb (Ober-/Weißjura, „Donauschotter). Vereinzelt treten Kiese auf, in denen lediglich kristalline Gerölle aus dem Schwarzwald vorzufinden sind. Diese sind gefragt, wenn karbonatarme bzw. karbonatfreie Kiese gefordert sind, z. B. als Filterkiese im Brunnenbau.

5.5 Bewertung von Sedimentgesteinen

Die nachfolgende Grafik (Abb. 75) zeigt, welchen Untersuchungen wichtige Sedimentgesteine zur rohstoffgeologischen Bewertung unterworfen werden können.

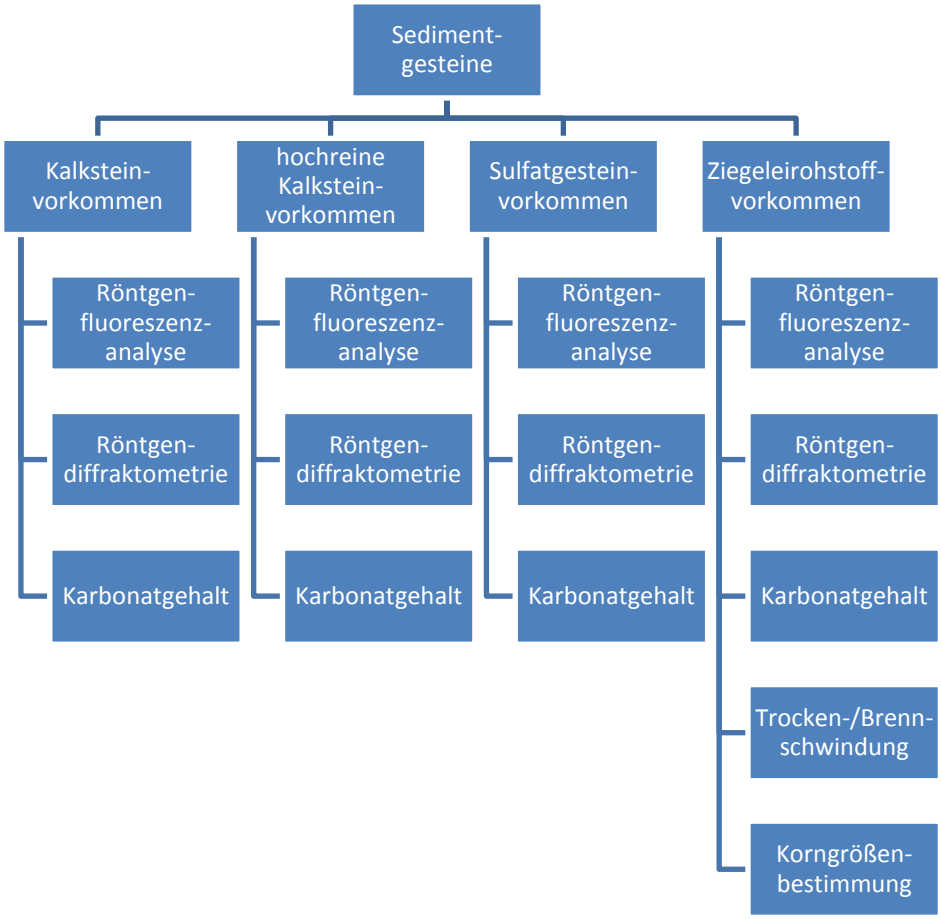


Abb. 75: Überblick über rohstoffgeologisch wichtige Sedimentgesteine und deren Untersuchungsmethoden.

5.5.1 Bewertung von Kalksteinvorkommen zur Herstellung von Gesteinskörnungen

Leitparameter

- Karbonatmineralbestimmung mittel Röntgendiffraktometrie (Verhältnis Calcit zu Dolomit; [Calcit (Kalkspat) = $CaCO_3$, Dolomit = $CaMg(CO_3)_2$],
- Bestimmung des Tonanteils,
- Elementanalyse mittels Röntgenfluoreszenzanalyse,
- Karbonatgehalt mittels Calciumcarbometer.

Probenahme: Die Probenahme von Karbonatgesteinen ist so durchzuführen, dass eine für das Rohstoffvorkommen durchschnittliche Probe des gesamten Nutzhorizonts entsteht. Die Bemessung der Probe orientiert sich vorwiegend an der ausreichenden Repräsentanz für das zu untersuchende Material und kann daher bei inhomogenen Verhältnissen bis zu mehrere Kilogramm betragen. Im Labor wird das angelieferte Material durch Vierteln bzw. Teilen homogenisiert und auf etwa 100 g Laborprobe reduziert. Überständige Mengen werden als Rückstellprobe bis zum Ende der Untersuchungen aufbewahrt.

Auswertung und Darstellungsmöglichkeiten der Laboruntersuchungen: Die gebrochenen Körnungen aus Kalksteinvorkommen finden als Zuschlag für Beton bzw. Zement oder für den qualifizierten Tief-/Straßenbau Verwendung. Sie müssen verschiedenen Anforderungen gerecht werden. Für den qualifizierten Tief-/Straßenbau ist vor allem ein möglichst geringer Gehalt an Dolomit von Interesse, da diesem die Frost-Tauwechsel-Beständigkeit fehlt.

Klassifizierung von Karbonatgesteinen (nach FÜCHTBAUER & MÜLLER 1970)

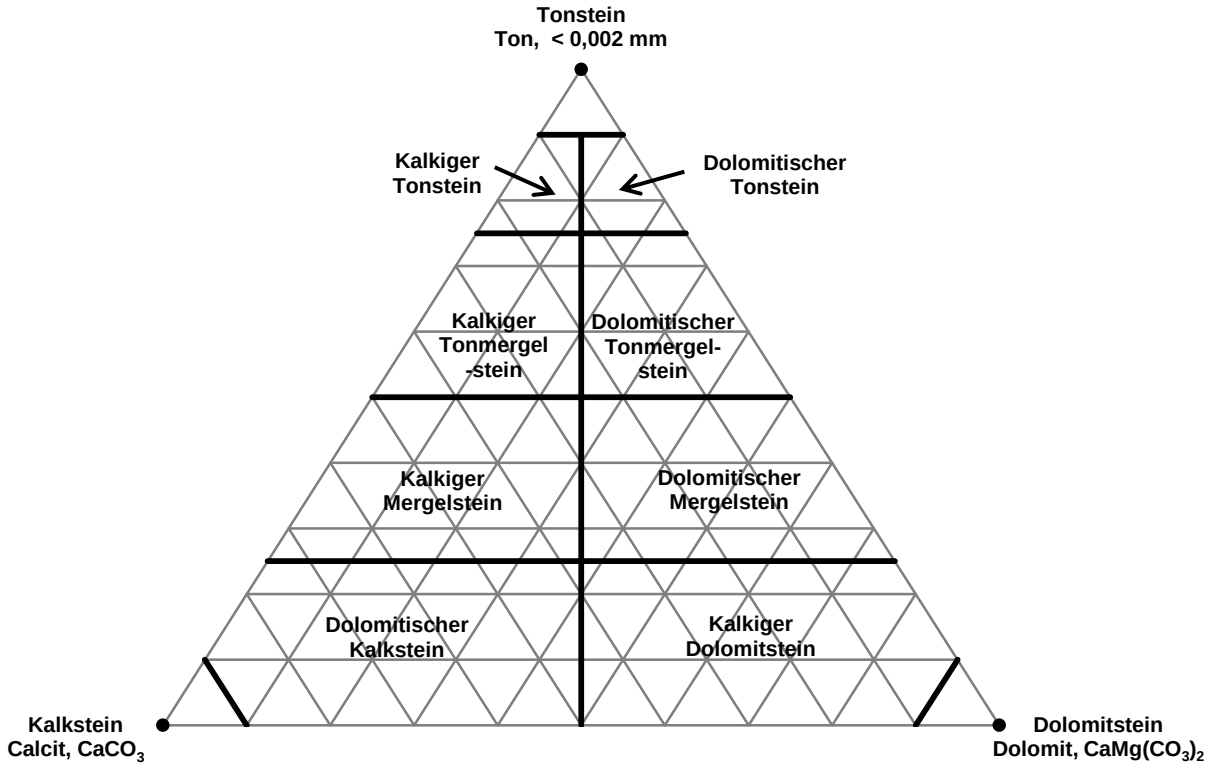


Abb. 76: Klassifizierung von Karbonatgesteinen im Dreiecksdiagramm Tonstein / Kalkstein / Dolomitstein nach FÜCHTBAUER & MÜLLER (1970).

Als Zuschlag für Zementrohstoffe sind vor allem kalkige Mergelsteine von Interesse. Die erforderliche Zusammensetzung für den meistgebrauchten (Portland)Zement liegt bei 75 % $CaCO_3$, 3 % Fe_2O_3, maximal 4 % Dolomit und einem $SiO_2 : Al_2O_3$ Verhältnis von 3 bis 6. Des Weiteren sollten die Schwefel-, Alkali- und Phosphatgehalte sehr gering sein (POHL 2005). Für die Nomenklatur von Karbonatgesteinen wird im LGRB die Klassifizierung nach FÜCHTBAUER & MÜLLER (1970) verwendet (Abb. 76):

- Tonstein: sedimentäres Festgesten mit < 10 % Karbonat und < 10 % Sand,
- Kalkiger Tonstein: sedimentäres Festgestein mit 75–90 % Ton, 10–25 % Calcit, < 10 % Sand,
- Dolomitischer Tonstein: sedimentäres Festgestein mit 75–90 % Ton, 10–25 % Dolomit, < 10 % Sand,
- Kalkiger Tonmergelstein: sedimentäres Festgestein mit 25–50 % Calcit, 75–50 % Ton, < 10 % Sand,
- Dolomitischer Tonmergelstein: sedimentäres Festgestein mit 25–50 % Dolomit, 75–50 % Ton, < 10 % Sand,
- Kalkiger Mergelstein: sedimentäres Festgestein mit 50–75 % Calcit, 50–25 % Ton, < 10 % Sand,

- Dolomitischer Mergelstein: sedimentäres Festgestein mit 25–75 % Dolomit, 75–50 % Ton, < 10 % Sand,
- Dolomitischer Kalkstein: Kalkstein mit 10–50 % Dolomit,
- Kalkiger Dolomitstein: Dolomitstein mit 10–50 % Calcit,
- Kalkstein: sedimentäres Festgestein mit > 90 % Calcit,
- Dolomitstein: sedimentäres Festgestein mit > 90 % Dolomit.

5.5.2 Bewertung von hochreinen Kalksteinen als Industriemineral

Leitparameter
- Karbonatmineralbestimmung mittels Röntgendiffraktometrie (Calcit/Dolomit?),
- Elementanalyse mittels Röntgenfluoreszenzanalyse,
- Karbonatgehalt mittels Calciumcarbometer.

Probenahme: Die Probenahme von Karbonatgesteinen ist so durchzuführen, dass eine für das Rohstoffvorkommen durchschnittliche Probe des gesamten Nutzhorizonts entsteht. Die Bemessung der Probe orientiert sich hierbei an der ausreichenden Repräsentanz für das zu untersuchende Material; sie kann daher bis viele Kilogramm bemessen. Im Labor wird für die chemischen Untersuchungen das gelieferte Material durch Vierteln bzw. Teilen homogenisiert und auf etwa 100 g reduziert, um Laboruntersuchungen durchführen zu können. Es ist besonders darauf zu achten, dass der Probe so wenige Verwitterungskrusten wie möglich anhaften bzw. diese vor den Zerkleinerungsvorgängen sorgfältig entfernt werden.

Auswertung der Laboruntersuchungen: Besonders hohe Gehalte an Calciumkarbonat machen Kalksteine für viele industrielle Prozesse einsatzfähig oder sogar teilweise unverzichtbar. Nach HARRISON (1993) gelten Kalksteine mit einem Gehalt von mehr als 98,5 % $CaCO_3$ als besonders rein und werden daher als „hochreine Kalksteine“, bei $CaCO_3$-Gehalten zwischen 97–98,5 % wird das Sedimentgestein als „reiner Kalkstein“ bezeichnet. Neben dem Karbonatgehalt hat auch der Weißgrad des Gesteins große Bedeutung, daher gelten Gesteine mit geringen Gehalten von Eisen-, Mangan- und Tonmineralen als besonders hochwertig. Diese sogenannten „Weißkalke“ finden Einsatz als Weißpigment in der Baustoff- und Chemischen Industrie für z. B. Putze, Mörtel, Glas, Wasseraufbereitung oder Futtermittel (vgl. KIMMIG et al. 2001).

5.5.3 Bewertung von Sulfatgesteinsvorkommen

Leitparameter
- Sulfatmineralbestimmung mittels Röntgendiffraktometrie (Gips/Anhydrit?),
- Elementanalyse mittels Röntgenfluoreszenzanalyse,
- Karbonatgehalt mittels Calciumcarbometer.

Probenahme: Die Probenahme von Sulfatgesteinen ist so durchzuführen, dass eine für das Rohstoffvorkommen durchschnittliche Probe des gesamten Nutzhorizonts entsteht. Die Bemessung der Probe orientiert sich hierbei an der ausreichenden Repräsentanz für das zu untersuchende Material und kann daher bis zu mehrere Kilogramm betragen. Im Labor wird das angelieferte Material durch Vierteln bzw. Teilen homogenisiert und auf etwa 100 g reduziert. Es muss berücksichtigt werden, dass es bei feuchten bzw. nassen Proben zu Mineralumwandlungen bzw. -neubildungen kommen kann, die den mineralischen Ausgangszustand verändern können. Daher sollte die Probe so schnell wie möglich bei maximal 40 °C getrocknet werden.

Auswertung der Laboruntersuchungen: Aus Sulfatgesteinen werden überwiegend Produkte für die Bauindustrie hergestellt, woraus sich spezifische Anforderungen an den Rohstoff ergeben. Im Optimalfall sollte der Reinheitsgrad der Sulfatgesteine bei mindestens 70–80 % Gips bzw. Anhydrit liegen. Des Weiteren sollte der Karbonatgehalt bei < 5 % und der MgO-Gehalt bei < 2 % liegen. Zusätzlich sollte der Anteil löslicher Salze (NaCl, $MgCl_2$, $MgSO_4$) < 0,02 % sein und, wenn möglichst weiße Farbe gewünscht ist, ein nur geringer Fe-Gehalt vorliegen (POHL 2005).

Für Zementklinker werden bis zu 5 % Sulfat (meist Anhydrit oder ein Anhydrit-Gips-Mischgestein) beigemengt, um besseres Abbindeverhalten zu erzielen. Anhydrit kann sich beim Brennen von Rohgips

aber auch negativ auf das Endprodukt auswirken. Zum einem bindet er schlecht ab, wodurch die Endfestigkeit vermindert wird. Zum anderen führt die langsame Hydratisierung des Anhydrits dazu, dass Gips entsteht, was zur Volumenzunahme und letztlich zur Zerstörung des Fertigproduktes (z. B. Gipskartonplatte) führt. Daher ist es erforderlich, dass ein zur Verwendung als Stuckgips oder Modellgips geeignetes Ausgangsmaterial möglichst rein an Gips ist, nur wenige Verunreinigungen enthält sowie eine möglichst rein weiße Farbe aufweist. Die Zementindustrie stellt dagegen keine besonderen Forderungen an die Reinheit des Materials, fordert aber eine gleichmäßige Zusammensetzung.

5.5.4 Bewertung von Ziegeleirohstoffen

Leitparameter
- Bestimmung der Korngrößenverteilung durch Sieb-/Schlämmanalyse (nach DIN 18123),
- Mineralbestimmung mittels Röntgendiffraktometrie,
- Elementanalyse mittels Röntgenfluoreszenzanalyse,
- Karbonatgehalt mittels Calciumcarbometer,
- Trocken- bzw. Brennschwindung,
- Visuelle Bestimmung der Brennfarbe.

Probenahme: Die Probenahme von Ziegelrohstoffen ist so durchzuführen, dass eine Durchschnittsprobe für ein mögliches Produkt entsteht, z. B. in Form von homogenisiertem Material aus der Strangpresse (jedoch nur, wenn klar ist, dass ausschließlich eigenes Grubenmaterial verwendet wurde!). Die Bemessung der Probenmenge orientiert sich hierbei an der notwendigen Repräsentanz für das zu untersuchende Material und kann daher bis zu mehrere Kilogramm betragen. Im Labor wird das angelieferte Material durch Vierteln bzw. Teilen homogenisiert und reduziert, Probenreste werden als Rückstellprobe aufbewahrt.

Auswertung und Darstellungsmöglichkeiten der Laboruntersuchungen: Für die Ziegeleiindustrie gelten folgende Anforderungen an die Rohstoffe:
- möglichst feinkörnig
- frei von wasserlöslichen Bestandteilen
- Karbonatgehalt < 40 % (Voraussetzung ist feinste Verteilung im Material)
- ausreichende Plastizität im feuchten Zustand, sodass sich scharfkantige Tonware formen lässt

- Nach dem Trocknen dürfen sich die Formlinge:
  - möglichst wenig verformen
  - so wenig Schwundrisse wie möglich zeigen
  - eine Trockenschwindung von max. 6 % aufweisen
  - nicht verfärben bzw. es sollten keine Ausblühungen entstehen.

- Nach dem Brennen sollten die Ziegel:
  - Geradkantig sein
  - Einen guten hellen Klang haben
  - Keine zu hohe Porosität aufweisen
  - Nicht zerspringen
  - Eine Brennschwindung von 8% nicht überschreiten
  - Gesamtschwindung < 12 %
  - Porosität sollte < 12 % des ursprünglichen Trockengewichtes betragen (je nach Verwendungszweck).

Weitere Anforderungen sind bei BÖRNER et al. (2012) zusammengestellt.

Winkler-Dreieck: Für die Bestimmung der voraussichtlichen Verwendungsmöglichkeiten der keramischen Rohstoffe kann das sogenannte Winkler-Diagramm (Abb. 77) genutzt werden. In diesem werden die Anteile der Kornfraktionen < 2 µm, 2–20 µm und > 20 µm in einem Dreiecksdiagramm benutzt, um auf die möglichen Verwendungsmöglichkeiten hinsichtlich Dach-, Gitter-, Voll- und Deckenziegel schließen zu können.

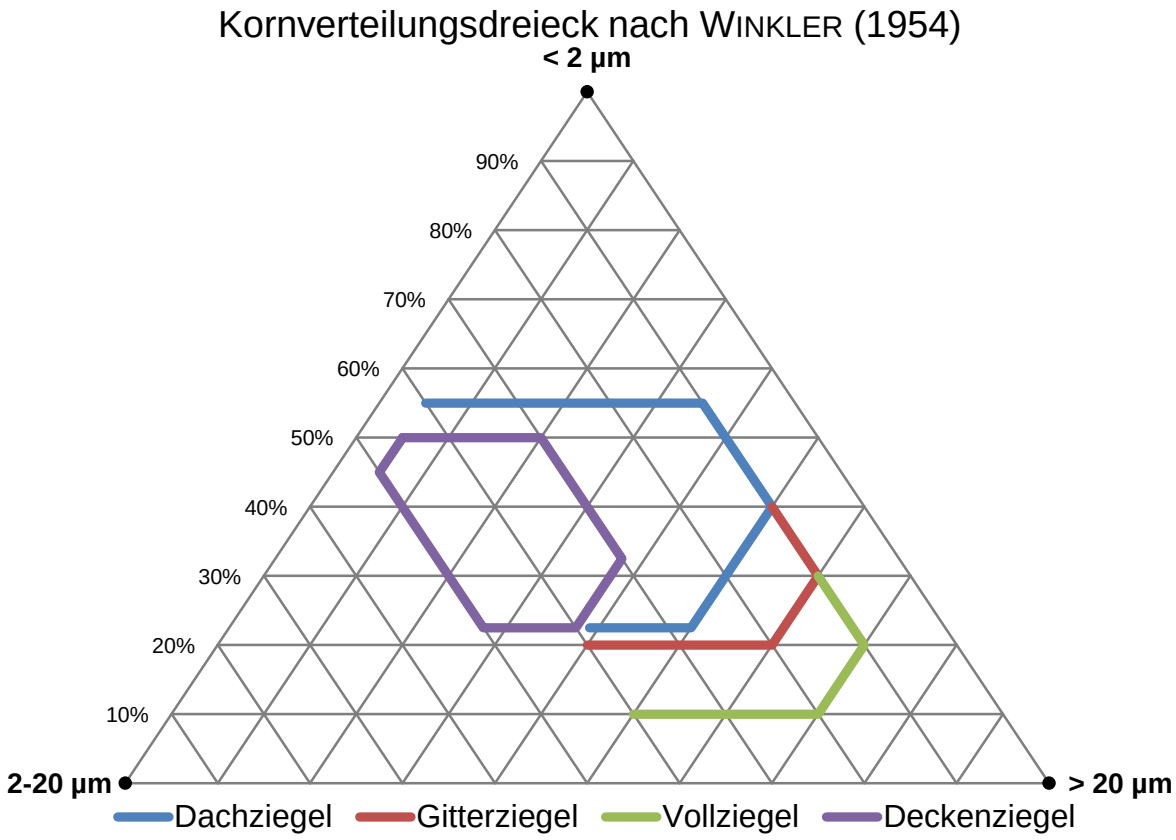


Abb. 77: Im sog. Winkler-Dreieck, in dem die Feinsedimentanteile nach den Korngrößenklassen angegeben werden, können die Produktanforderungen für verschiedene wichtige Ziegelprodukte dargestellt werden. Es wird deutlich, dass Deckenziegel die geringste Toleranz hinsichtlich der enthaltenen Korngrößen in der ofenfertigen Rohmischung aufweisen, Vollziegel (auch Hintermauerziegel) hingegen die größte.

DIN-Vorschriften und Literatur zu Kap. 5: Mineralogisch-petrographische Analytik

Zu Abschnitt 5.1: Probenahme

DIN-Taschenbuch 358: Gesteinskörnungen, Wasserbausteine, Gleisschotter, Füller

DIN 52101: Prüfverfahren von Gesteinskörnungen – Probenahme

Zu Abschnitt 5.2: Analysemethoden

DIN 18123: Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Bestimmung der Korngrößenverteilung

DIN 51418: Röntgenspektralanalyse – Röntgenemissions- und Röntgenfluoreszenz-Analyse (RFA), Teil 1 u. 2

DIN EN 12407: Prüfverfahren für Naturstein – Petrographische Prüfung

DIN EN 13925: Zerstörungsfreie Prüfung – Röntgendiffraktometrie von polykristallinen und amorphen Materialen

DIN 52251: Indirekte Prüfverfahren zur Prüfung der Frostwiderstandsfähigkeit von Dachziegeln; Bestimmung der Trocken- und Brennschwindung

Zu Abschnitt 5.3: Bewertung von magmatischen und metamorphen Gesteinen

Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums für die Verwertung von als Abfall eingestuften Bodenmaterial, AbfR 4.2.8, Version 1/2018

Zu Abschnitt 5.4: Bewertung von Lockergesteinsvorkommen

BÖRNER, A., BORNHÖFT, E., HÄFNER, F., HUG-DIEGEL, N., KLEEBERG, K., MANDL, J., NESTLER, A., POSCHLOD, K., RÖHLING, S., ROSENBERG, F., SCHÄFER, I., STEDINGK, K., THUM, H., WERNER, W. & WETZEL, E. (2012) unter Mitarbeit von CASPERS, G., HERNANDEZ DIAZ, T., GRANITZKI, K., KARPE, P., KÄSTNER, H., KATZSCHMANN, L., KIMMIG, B., KUHN, G., LIEDMANN, W., RÖHLING, H.-G., SÄNGER-V. OEPEN, P. & SCHRÖDER, N.: Steine- und Erden-Rohstoffe in der Bundesrepublik Deutschland.– Geol. Jb., Sonderhefte, **SD 10**: 356 S., 212 Abb., 54 Tab., Anh.; – Hannover [Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und Staatliche Geologische Dienste, Hrsg.].

LORENZ, W. & GWOSDZ, W. (2002): Bewertungskriterien für Industrieminerale, Steine und Erden, Teil 5: Gesteinskörnungen; Kies, Sand, gebrochener Naturstein. – Geol. Jb., **H 8**: 247 S., 74 Abb., 125 Tab.; Hannover.

SCHREINER, A. (1992): Einführung in die Quartärgeologie. – 257 S., 113 Abb., 14 Tab.; Stuttgart (Schweizerbart).

Zu Abschnitt 5.5: Bewertung von Sedimentgesteinsvorkommen

BÖRNER, A. et al. (2012): Steine- und Erden-Rohstoffe in der Bundesrepublik Deutschland.– Geol. Jb., Sonderhefte, **SD 10**: 356 S., 212 Abb., 54 Tab., Anh.; – Hannover [Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und Staatliche Geologische Dienste, Hrsg.].

FÜCHTBAUER, H. & MÜLLER, G. (1970): Sedimente und Sedimentgesteine. – 726 S., zahlr. Abb. und Tab.; Stuttgart (Schweizerbart).

HARRISON, D. J. (1993): Industrial minerals laboratory manual. Limestone. – BGS Technical Report WG/92/29: 45 S., 7 Abb., 8 Tab., Anhang; London (HMSO).

KIMMIG, B., WERNER, W. & AIGNER, TH. (2001): Hochreine Kalksteine im Oberjura der Schwäbischen Alb – Zusammensetzung, Verbreitung, Einsatzmöglichkeiten. – Z. angew. Geol. **47**: 101–108, 6 Abb., 1 Tab.; Hannover.

POHL, W. L. (2005): Mineralische und Energie-Rohstoffe – eine Einführung zur Entstehung und nachhaltigen Nutzung von Lagerstätten (5. Aufl.). – 527 S., 189 Abb.; Stuttgart (Schweizerbart).

6 Fallbeispiele aus der Kartierung und Bewertung von oberflächennahen Rohstoffvorkommen

Vorbemerkung: Die nachfolgenden Erläuterungen dienen der Darstellung der praktischen Vorgehensweise bei der Rohstoffkartierung, -erkundung und -bewertung im Rahmen der systematischen, blattschnittfreien Bearbeitung der KMR 50. Dazu wurden 11 typische Beispiele aus verschiedenen Rohstoffgruppen ausgewählt.

6.1 Kiesvorkommen im nördlichen und mittleren Oberrheingraben – Fallbeispiel Kronau im mittleren Oberrheingraben

[MARKUS KLEINSCHNITZ]

Übersicht, Vorbemerkungen zum betrachteten Rohstoffvorkommen

Alter: Die Bedeutung der quartären Schichten am Oberrhein als große Kies- und Sandlagerstätten liegt in der Entwicklung des Flusssystems während des Pleistozäns und in den gleichzeitigen tektonischen Vorgängen entlang des intrakontinentalen Grabenbruches begründet. Wasserfluten lieferten während der Abschmelzphasen der alpinen Gletscher große Mengen an Abtragungsschutt, der im sich absenkenden Graben sedimentiert wurde. Der weite fluviatile Transport der Gerölle aus den Alpen bewirkte, dass überwiegend widerstandsfähiges Gestein abgelagert wurde. Weniger gut gebundene Gesteine wurde beim Transport Großteils zu Sand, Schluff und Ton aufgearbeitet (WERNER et al. 1995, 1997, ELLWANGER et al. 2003).

Zur Zeit der Ablagerung der Kiese und Sande im Nordteil des mittleren Oberrheingrabens senkte sich der östliche Teil des Grabens besonders stark ab, so dass sich dort Spezialgräben mit beträchtlichen Kiesmächtigkeiten, wie die Kiessenke von St. Leon-Rot, entwickelten. Diese synsedimentären Absenkungen beeinflussten die Kies- und Sandmächtigkeiten stark.

Gesteinsaufbau und Gliederung: Die „klassische“ Gliederung für die quartären Sedimente geht auf die Arbeiten von BARTZ (1961, 1976, 1982) zurück. Es wurde folgende generalisierte stratigraphische Gliederung für den Raum nördlich von Karlsruhe für Holozän und Pleistozän des Oberrheintals allgemein gebräuchlich:

– Junge sandige Bedeckung und Böden,
– Oberes Kieslager (OKL) mit Zwischenhorizont 1 (ZH1),
– Oberer Zwischenhorizont (OZH),
– Mittleres Kieslager (MKL) mit den Zwischenhorizonten 2 und 3 (ZH2, ZH3),
– Unterer Zwischenhorizont (UZH),
– Unteres Kieslager (UKL),
– Altquartär.

Während diese Gliederung eine früher verwendete Stratigraphie für den gesamten nördlichen Graben (Karlsruhe–Mannheim) darstellt, wurde inzwischen eine neue Gliederung entwickelt, in der die stratigraphische Schichtenfolge vereinfacht, aber dafür regional differenziert wird. Im nördlichen Oberrheingraben erfolgte dabei folgende Gliederung:

– Mannheim-Formation (qMA) = OKL,
– Ludwigshafen-Formation (qLU) = OZH,
– Viernheim-Formation mit
  - Neuzenlache-Subformation [Obere Viernheim-Kiessande] (qVHo) = MKL
  - Neuzenhof-Subformation [Untere Viernheim-Schichten] (qVHu) = UKL,
– Iffezheim-Formation (qIS) = Pliozän.

Die Lockersedimente des Oberrheingrabens sind im Süden überwiegend grobkörnig, nach Norden, mit zunehmender Transportweite, werden sie feiner. Im Raum Karlsruhe und weiter nördlich sind die Kiese und Sande durch mehr oder weniger flächenhaft verbreitete Feinhorizonte (sog. „Zwischenhori-

zonte“, Schluff-dominiert) in mehrere Stockwerke gegliedert. Am östlichen Grabenrand überwiegt Material lokaler Herkunft, das aus dem Schwarzwald und dem Kraichgau stammt. Die Geröllfrachten alpiner Herkunft werden nach Norden durch das Schwarzwaldmaterial zunehmend verdünnt. Der oberste, meist holozäne Teil des „Oberen Kieslagers“ ist häufig lokaler Herkunft: es dominieren rötliche Sande aus verwitterten Graniten und Gneisen und Gerölle aus Buntsandstein und Muschelkalk.

Besonders entlang des östlichen Randes des Oberrheingrabens sind im Geröllspektrum die z. T. wenig widerstandsfähigen Gesteine der Randgebirge Schwarzwald und Kraichgau stärker vertreten. Dort beträgt der Anteil der Gerölle aus den Randgebirgen 30–40 %, während er ansonsten meist nur bei 20–30 % liegt. Die Überkorn-Fraktion der Kiese entlang des östlichen Grabenrands wird oft völlig aus Geröllen der Randgebirge aufgebaut. Die Sande weisen häufig eine deutlich erkennbare Rotfärbung auf, was auf den Gehalt an aufgearbeitetem Schwarzwaldmaterial zurückzuführen ist. Außerdem bestehen Unterschiede in der Korngrößenverteilung zwischen dem Oberen und Mittleren Kieslager. Der Kiesanteil ist im Mittleren Kieslager generell niedriger als im Oberen Kieslager, in dem die Kiesfraktion fast immer überwiegt (Abb. 78), während im Mittleren Kieslager im Gebiet nördlich von Karlsruhe meist der Sand- gegenüber dem Kiesanteil dominiert. In einigen Bereichen, so z. B. westlich von Oberhausen, nordöstlich von Huttenheim, nordwestlich von Hambrücken sowie westlich von Neuthard, wird das Mittlere Kieslager fast vollständig aus Mittel- bis Grobsanden oder aus kiesigen Sanden aufgebaut (LGRB 2007).

Rohstoffwirtschaftliche Relevanz: Während es früher in der Region Mittlerer Oberrhein noch reine Trockenabbaue auf Kies und Sand gab, werden diese heute ausschließlich nass gewonnen. Dadurch können erheblich größere Kiesmächtigkeiten genutzt werden. Der letzte Trockenabbau hat 1996 seinen Betrieb eingestellt. Die bedeutendsten Kiesabbaustellen zwischen Mannheim und Karlsruhe befinden sich direkt nördlich von Karlsruhe zwischen Rheinhausen-Oberhausen–St. Leon-Rot und Eggenstein-Leopoldshafen–Weingarten. Durch die Nassgewinnung entstanden zahlreiche Baggerseen, die heute das Landschaftsbild an vielen Orten im Oberrheingraben prägen. Die Kieskörnungen werden als Beton-, Mörtel- und Asphaltzuschlag, für Frostschutz- und Tragschichten im Straßenbau sowie als Drainagematerial eingesetzt. Größere Steine und Blöcke finden im Garten- und Landschaftsbau Verwendung.

Für den Beton- und Verkehrswegebau soll der Anteil an abschlämmbaren Bestandteilen, besonders an Ton, Schluff, Mergel und organischem Material, möglichst gering sein. Sande werden als Beton-, Mörtel-, Estrichsande, Bettungs-, Fugen- und Verfüllsande sowie zur Herstellung von Kalksandstein wie z. B. im Kalksandsteinwerk Kronau verwendet. Die meisten erzeugten Produkte aus dem Kies- und Sandabbau gehen in den Verkehrswegebau bzw. allgemein in den Tiefbau, gefolgt vom Hochbau und vom Landschafts- und Gartenbau. Die Produkte werden per LKW oder Schiff zum Abnehmer transportiert (LGRB 2007).

Als Fallbeispiel für eine rohstoffgeologische Abgrenzung gegenüber wirtschaftlich nicht oder nur sehr gering bedeutsamen Vorkommen von quartären Kiesen und Sanden werden die beiden Vorkommen L 6716/L 6916-12 und -13 zwischen Kronau und St. Leon-Rot vorgestellt.

Vorbereitung der Geländeaufnahmen, Ausgangssituation

Für die Untersuchung der Kiese und Sande des Mittleren Oberrheingrabens wurden 1992 im Zuge der Arbeiten zur Lagerstättenpotenzialkarte (LPK) Mittlerer Oberrhein über 400 Bohrungen, darunter auch tiefreichende Bohrungen, die für andere Zwecke (Erdöl oder Erdgas) bis auf die Quartärbasis abgeteuft wurden, ausgewertet. Diese Bohrdaten erlaubten erstmals eine Konstruktion einer Kiesmächtigkeitskarte im mittleren Oberrhein (Abb. 79).

Zwischenzeitlich hat sich der Datenbestand durch zahlreiche neue Bohrungen oder durch seither archivierte ältere Schichtenverzeichnisse erheblich vergrößert, so dass eine genauere Aussage hinsichtlich der Kiesmächtigkeiten möglich ist (LGRB 2007). Für das Gebiet existiert ferner die Karte der oberflächennahen Rohstoffe 1 : 200 000 (KOR 200), in welcher grob die nahe von Gewinnungsorten liegenden wichtigsten Gesteinsvorkommen markiert und im Erläuterungsheft summarisch beschrieben sind (SCHÄFER et al. 2001); sie baut ihrerseits auf der LPK, den geologischen Karten und den Betriebsberichten des LGRB auf.

Wichtigste Grundlage für die vorliegende KMR 50 war neben der bereits vorliegenden Lagerstättenpotenzialkarte für die Region Mittlerer Oberrhein (Kiese und Sande) die Auswertung von rund 1300 Bohrungen, die eine Gliederung der nutzbaren Kies- und Sandmächtigkeiten und damit die verbesserte Abgrenzung von Teilvorkommen von Kiesen und Sanden erlaubten (Abb. 80).

Geländeaufnahme, Kartierarbeiten

Der Aufbau der quartären Sedimente ist durch zahlreiche Erkundungsbohrungen in Grundzügen bekannt, Tagesaufschlüsse liegen nur sehr selten vor. Lediglich im Bereich der Niederterrasse, in der sich der Grundwasserspiegel meist mehrere Meter unter der Geländeoberkante befindet, sind bei zahlreichen Nassabbauen Trockenkieswände vorhanden, die einen Einblick in den Aufbau der jüngsten Kies- und Sandablagerungen und ihrer humosen Deckschichten gestatten. Die Wandprofile stellen eine gute Ergänzung zu den punktuellen Bohrdaten dar.

Betriebserhebungen und Aufnahme von Rohstoffgewinnungsstellen

Zur Ermittlung der industriellen Anforderungen an Material und Lagerstätte ist, wie in Kap. 4.4 näher ausgeführt, die Erhebung von Daten zu Abbau, Produktion und Verwendung von Bedeutung. Derzeit sind im Bereich nördlich von Karlsruhe 23 Kiesgruben in Betrieb, welche fast ausschließlich das Obere Kieslager abbauen. Die aus den Erfahrungen der Kiesgrubenbetreiber stammenden Informationen stellen eine wertvolle Ergänzung zu den klassischen lithologisch-petrographischen Bearbeitungen dar. Bei den Betriebserhebungen der Kiesgruben nördlich von Karlsruhe wurden neben den betrieblichen Daten auch Informationen hinsichtlich der konkreten Rohstoffanforderungen vor Ort gewonnen. Ein wesentliches Element bei jeder Betriebsbefahrung stellte die Beprobung des Rohkieses dar.

Erkundungsarbeiten

Im Zuge der Erkundungsarbeiten zur Erstellung der Lagerstättenpotenzialkarte (LPK) Mittlerer Oberrhein wurden in den Jahren 1990–1992 vom damaligen Geologischen Landesamt zahlreiche Rohstofferkundungsbohrungen im Ventilbohrverfahren durchgeführt, um zu gewährleisten, dass das zu untersuchende Sediment vollständig, d. h. ohne Verlust von feinkörnigen Bestandteilen, gewonnen werden konnte (Abb. 78). Außerdem wurde ein Bohrdurchmesser gewählt, der groß genug war, um auch die häufig auftretenden Gerölle in Steingröße (> 20 cm) mit gewinnen zu können. Der Bohrdurchmesser verringerte sich aus Gründen der Mantelreibung der mitgeführten Verrohrung von 321 bis 168 mm (Endteufe) (WERNER et al. 1995).

Abb. 78: In Kernkisten ausgelegtes Bohrgut aus sandigen Kiesen. Die geologische Aufnahme und Beprobung erfolgte bereits im Rahmen der Erkundung der Kies- und Sandmächtigkeiten in der Region Mittlerer Oberrhein anlässlich der Arbeiten zur Lagerstättenpotenzialkarte im Jahr 1991. Links im Bild typische Kies- und Sandablagerungen des Oberen Kieslagers. Rechts: Deutlich ist der Farbumschlag von den pleistozänen sandigen Kiesen (braungrau) zu den graublauen Tonen des Pliozäns (Kiesbasis) zu erkennen.

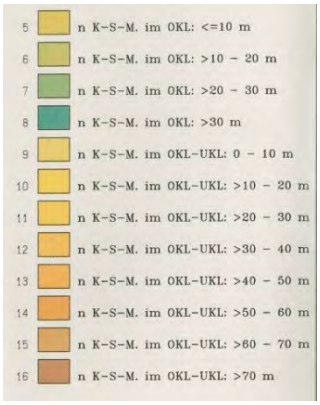


Abb. 79: Ausschnitt aus Kiesmächtigkeitskarte der Lagerstättenpotenzialkarte der Region Mittlerer Oberrhein (GLA 1992) aus dem Bereich bei Kronau (farbige Flächen) an der Grenze zur Region Rhein-Neckar, von der keine Lagerstättenpotenzialkarte vorliegt (weiße Fläche).

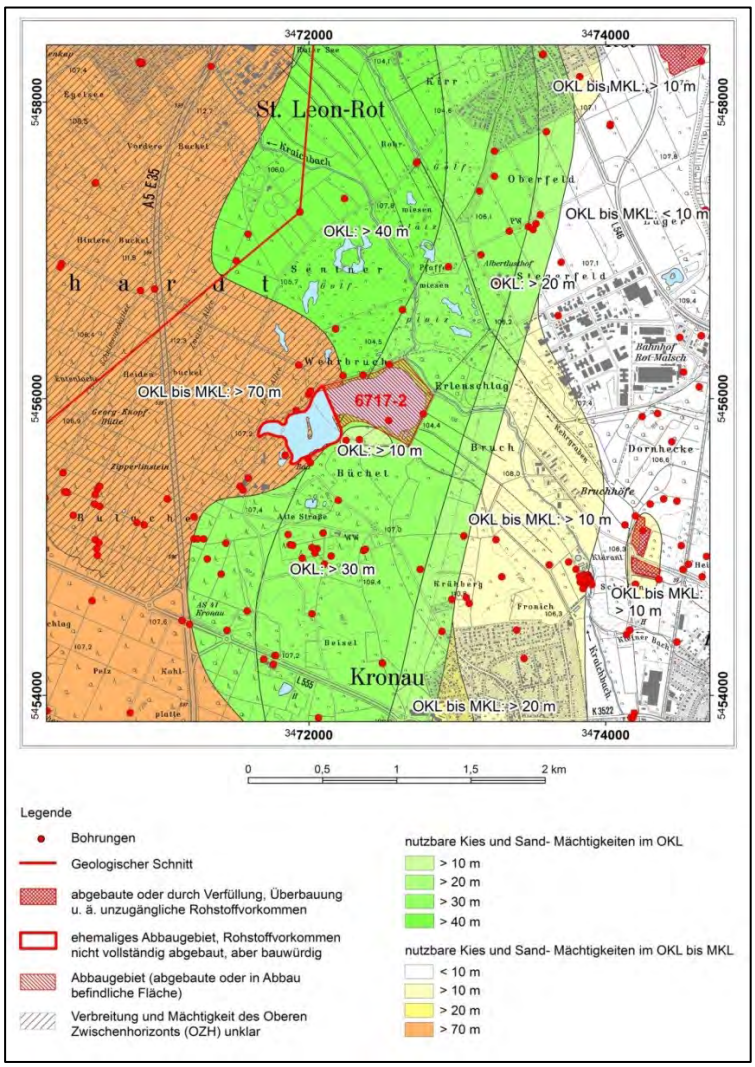


Abb. 80: Ausschnitt aus der Kiesmächtigkeitskarte der KMR 50 Blatt L 6716 / L 6916 Speyer/Karlsruhe-Nord im Bereich der Kiesvorkommen bei Kronau–St. Leon-Rot (LGRB 2007). Die unterschiedlich farbigen Flächen geben die verschiedenen nutzbaren Kiesmächtigkeiten mit Angabe des Kieslagers wieder.

6717-2 = Kiesgrube Kronau

OKL = Oberes Kieslager,
MKL = Mittleres Kieslager,
OZH = Oberer Zwischenhorizont.

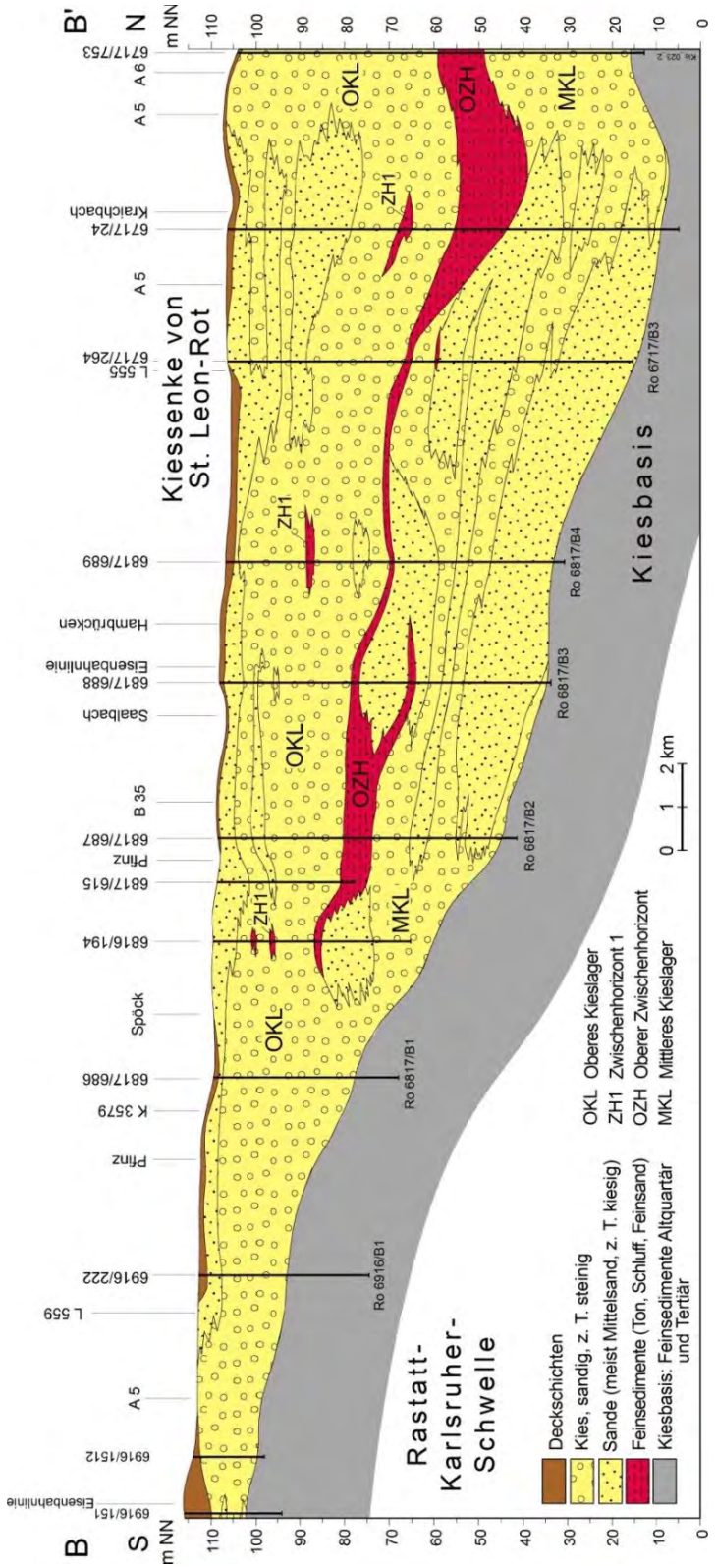


Abb. 81: Längsschnitt (Überhöhung = 100-fach) zur Erläuterung der Kartendarstellung der nutzbaren Kies- und Sand-Mächtigkeiten im Abschnitt Autobahnkreuz Walldorf–St. Leon-Rot–Hambrücken–Spöck–Grötzingen mit Darstellung der zur Konstruktion verwendeten Bohrungen. Es wird deutlich, dass im Nordosten des Blattgebietes die größten nutzbaren Kiesmächtigkeiten (= Kiessenke St. Leon-Rot) vorkommen und nach Süden eine deutliche Abnahme der Mächtigkeiten erfolgt (LGRB 2007). Die feinkörnigen Zwischenhorizonte halten nur im Niveau des OZH über längere Distanz aus. Generell wird die klastische Abfolge zur Tiefe hin sandiger.

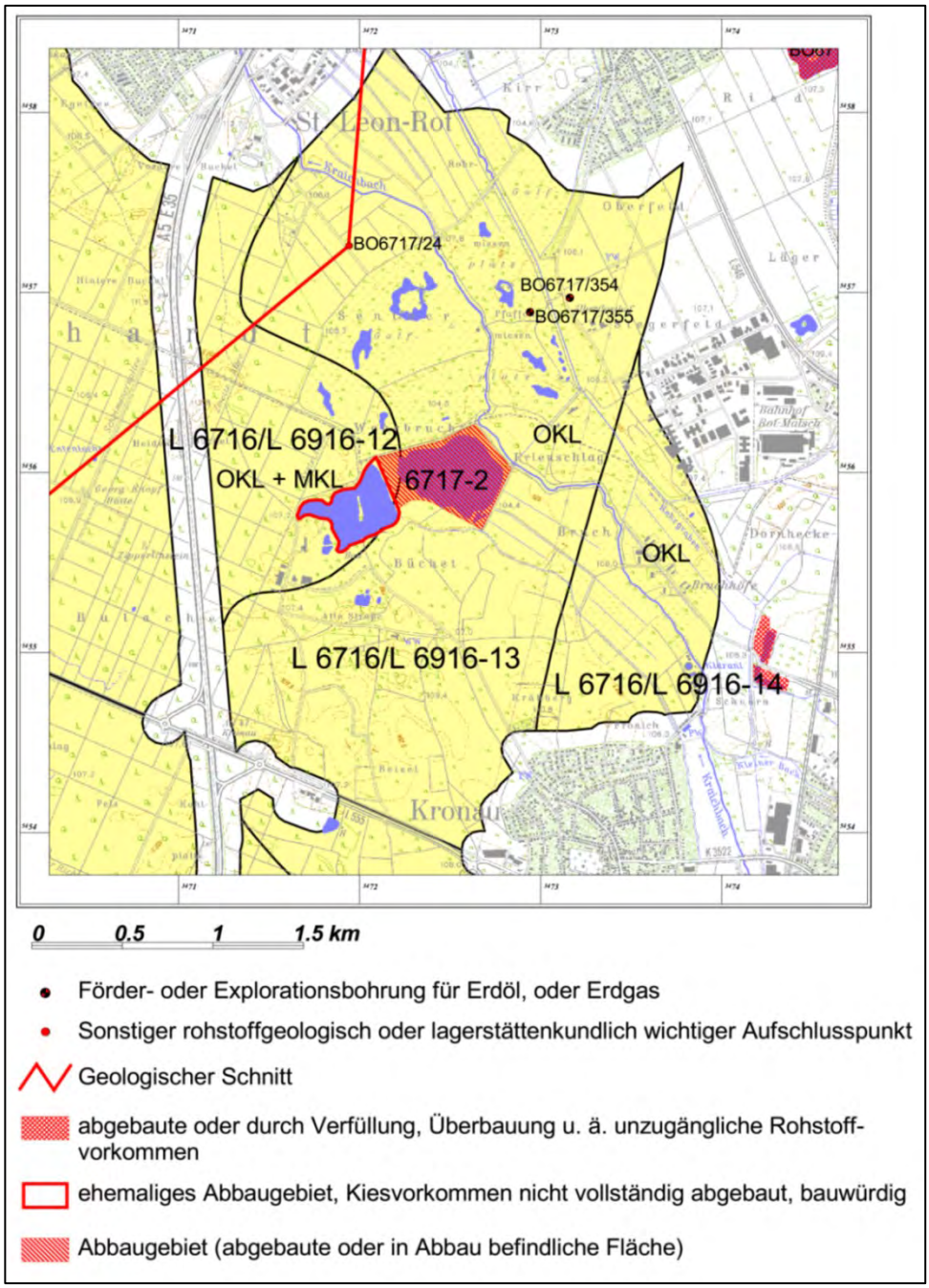


Abb. 82: Ausschnitt aus der Karte der mineralischen Rohstoffe von Baden-Württemberg 1 : 50 000 (KMR 50) Blatt L 6716/L 6916 Speyer/Karlsruhe-Nord im Bereich der Kiesvorkommen bei Kronau–St. Leon-Rot (LGRB 2007). Die gelben Flächen stellen die ausgewiesenen und in der KMR 50 beschriebenen und bewerteten Kiesvorkommen („Homogenbereiche“) dar. In den nicht farbigen Bereichen konnte kein nutzbares Kiesvorkommen nachgewiesen werden. Großbauwerke (A5) und geschlossene bebaute Wohngebiete wurden ausgespart.

Laborarbeiten

Ziel der Beprobung war der Erhalt von frischen und für die Abfolge repräsentativen Proben der in Abbau stehenden, rohstoffwirtschaftlich wichtigen Schichten. Dabei wurden an den LGRB-Rohstofferkundungsbohrungen nach geologischer Aufnahme und der Festlegung von Schichtgrenzen große Mischproben über homogene Intervalle, d. h. über Abschnitte mit annähernd gleichem Geröll- und Korngrößenspektrum, für sedimentpetrographische Analysen im Labor entnommen.

Ebenso wurden von der Rohkieshalde und vom Förderband des Schwimmbaggers repräsentative Proben gewonnen und daran Korngrößenverteilung und geröllpetrographische Zusammensetzung der Fraktion 16/32 mm sowie der Karbonatgehalt der Sandfraktion bestimmt. Der Ton- und Schluff-Anteil gibt den abschlämmbaren und damit den nicht verwertbaren Anteil einer Kieslagerstätte wieder. Feinsand ist lediglich als Kabelsand verwendbar. Das Überkorn kann bei überwiegend alpinen Geröllen durch Brechen für Splitte und Edelsplitte verwendet werden, bei einer Dominanz von Geröllen aus den Randgebirgen wie Buntsandstein, Muschelkalk und Graniten und Gneisen aus dem Schwarzwald gilt die Überkornfraktion als minderwertiger oder nicht verwertbarer Anteil. Generell mindern ein hoher Feinsandanteil, ein geringer Grobkiesanteil und ein hoher Gehalt an wenig widerstandsfähigen Gesteinen aus den Randgebirgen die Rohstoffqualität.

Bewertung der Kartier- und Erkundungsergebnisse

Folgende rohstoffgeologische Kriterien wurden analog der Lagerstättenpotenzialkarte (WERNER et al. 1992, GLA 1995) für die Bewertung der Kies- und Sandablagerungen herangezogen:

- Flächenhafte Ausdehnung der Vorkommen,
- Gesamtmächtigkeit der nutzbaren Kies-Sand-Ablagerungen zwischen Kiesbasis und Überdeckung,
- Anzahl und Mächtigkeit nicht nutzbarer feinkörniger Zwischenhorizonte,
- Mächtigkeit der (nicht nutzbaren) Deckschichten,
- Korngrößenverteilung, vor allem der Anteil von Ton, Schluff und Sand,
- Geröllzusammensetzung, vor allem der Anteil von wenig widerstandsfähigen Gesteinen aus den Randgebirgen (Schwarzwald, Kraichgau).

Nicht in die Karte aufgenommen wurden Vorkommen, deren nutzbare Mächtigkeit kleiner als 10 m ist und die nur geringe Ausdehnung aufweisen. Vor allem durch die hohe Bebauungsdichte sind viele erreichbare Vorkommen zwischenzeitlich so klein, dass sie – ausgehend von einer durchschnittlichen Förderung von 200 000 t/a – nur eine Förderung über wenige Jahren ermöglichen würden. Weitere Kriterien, die sich aus der jeweiligen geologischen Situation ableiten lassen, sind in den Einzelbeschreibungen behandelt.

Die Erkundungsarbeiten zur KMR 50 zeigen aufgrund der höheren Anzahl an Bohrungen ein differenzierteres Bild hinsichtlich der Kiesmächtigkeiten als auf der älteren Lagerstättenpotenzialkarte (Abb. 79 und 80). Besonders in Bezug auf Verbreitung, Mächtigkeit und Zusammensetzung des hydraulisch wirksamen Oberen Zwischenhorizonts wurde erkannt, dass dieser eine wesentlich geringere Verbreitung als angenommen hat. Auch zeigte sich, dass der Obere Zwischenhorizont neben seiner überwiegend feinkörnigen Ausbildung (Ton, Schluff und Feinsand) in Teilbereichen eine grobkörnigere Zusammensetzung aufweist. Von besonderer Bedeutung ist, dass bei flächenhaftem Vorliegen eines mindestens 3 m mächtigen und feinkörnig ausgebildeten Oberen Zwischenhorizonts eine Nutzung des darunter befindlichen Mittleren Kieslagers nicht oder nur schwer möglich ist (Abb. 81).

Ursprünglich bestand die Auffassung, dass der nördlich von Karlsruhe in Bohrungen oft angetroffene Obere Zwischenhorizont nahezu geschlossen verbreitet und aufgrund vorherrschend feinkörniger Beschaffenheit auch hydraulisch wirksam sei. Die daraus resultierende Interpretation von hydraulischen Trennschichten hatte in der Folge weitreichende Konsequenzen für die Genehmigung von Abbaugebieten bzw. von Abbautiefen und beeinflusste somit auch die Vorratssituation in den genehmigten Abbaugebieten.

Das dichter gewordene Bohrraster zeigte bereits in den Arbeiten zur Lagerstättenpotenzialkarte Mittlerer Oberrhein, dass die feinkörnigen und somit potenziell hydraulisch wirksamen Horizonte häufig Lücken und Erosionsfenster aufweisen (WERNER et al. 1995). Diese Erkenntnisse konnten durch die zahlreichen späteren Bohrungen, die zur vorliegenden KMR 50 ausgewertet wurden, bestätigt und noch verfeinert werden (Abb. 82).

Im Bereich des östlichen Sees der Kiesgrube Kronau (RG 6717-2) (vgl. Abb. 82) wurde durch die Bohrergebnisse klar, dass die nutzbare Mächtigkeit des Oberen Kieslagers im Vorkommen L 6716/L 6916-13 von 20 m am Ostrand auf über 40 m im Nordwesten ansteigt. Dieser Bereich mit 20–40 m nutzbarer Mächtigkeit wurde als Vorkommen abgegrenzt. Im zentralen Bereich werden Kies- und Sand-Mächtigkeiten von ca. 30 m verzeichnet. Aufgrund der großen Mächtigkeit des feinkörnig ausgebildeten Oberen Zwischenhorizonts (> 5 m) kann das Mittlere Kieslager nicht genutzt werden.

Außerdem wurde erkannt, dass in einem eng begrenzten Bereich südlich der Kiesgrube Kronau (RG 6717-2) die nutzbaren Kieslager durch einen mächtigen feinkörnigen Zwischenhorizont (ZH1) auf nur etwa 18 m reduziert sind (Abb. 80).

Die Abgrenzung der einzelnen Homogenbereiche („Rohstoffvorkommen“) gegeneinander erfolgte wie bei der LPK entlang der Isolinien der Kiesmächtigkeiten. Die Abgrenzung des Homogenbereichs Nr. 13 gegen Osten orientierte sich entlang der Isolinie von 20 m nutzbarer Kiesmächtigkeit (Abb. 82). Östlich dieser Linie befindet sich das Vorkommen L 6716/L 6916-14 mit nutzbaren Mächtigkeiten < 20 m. Die nutzbare Kiesmächtigkeit aus Oberen und Mittleren Kieslager beträgt im Bereich des westlichen Sees der Kiesgrube Kronau (RG 6717-2) und im Abschnitt der A5 voraussichtlich über 70 m (Kiessenke St. Leon-Rot) (Vorkommen L 6716/L 6916-12). Durch Bohrungen nachgewiesen sind mächtige Kiese und Sande des Oberen Kieslagers von deutlich über 40 m. In der LGRB-Erkundungsbohrung Ro6717/B3 (= BO6717/264) des direkt westlich der A 5 gelegenen Vorkommens L 6716/L 6916-11 wurde das Mittlere Kieslager, aus kiesigen Sanden (Sandanteil ca. 70 %) bestehend, nachgewiesen. Die Abgrenzung der Vorkommen L 6716/L 6916-12 und -13 im Südosten, Norden und Nordosten erfolgte mit einem Sicherheitsabstand von 100 m zur bestehenden Bebauung. Die Begrenzung gegen Westen bildet die A5 mit der Anschlussstelle Kronau.

Eine wichtige Grundlage der Bewertung der Kiesvorkommen nördlich von Karlsruhe und somit auch der Kiesgrube Kronau (RG 6717-2) bilden die Ergebnisse der petrographischen Untersuchungen am Rohkies. Die Analysen zeigen, dass im Bereich dieser Kiesgrube der Sandanteil im Oberen Kieslager etwa 50–60 % beträgt. Die stark unterschiedlichen Farben der einzelnen Kies- und Sandlagen geben gut den wechselnd starken Einfluss der Liefergebiete wieder (rosagraue Farbe, Grobschüttungen aus Grobkies und Steinen). Die rosagraue Farbe weist auf den hohen Anteil an Geröllen aus den Randgebirgen (30 %) hin. Besonders in der Grobkies- und Überkornfraktion sind Gerölle aus den Randgebirgen (v. a. Buntsandstein, Kalksteine des Muschelkalks) vertreten (LGRB 2007).

Ein wesentliches Ergebnis der rohstoffgeologischen Aufnahmen zur KMR 50 L 6716/L 6916 Speyer /Karlsruhe-Nord ist, zukünftig für Erweiterungen oder Neuanlagen von Kiesgruben Kiesvorkommen mit einer möglichst hohen nutzbaren Mächtigkeit zu empfehlen, um die Flächeninanspruchnahme durch Rohstoffabbau möglichst gering zu halten. Dabei wurde in der KMR 50 für ein wirtschaftlich interessantes Vorkommen eine Mindestmächtigkeit von 10 m Kies festgelegt. Ferner ist die Abraummächtigkeit von Bedeutung, also die Mächtigkeit der nicht nutzbaren Ablagerungen über (Deckschichten) und innerhalb (nicht verwertbare Zwischenschichten) des Rohstoffvorkommens. Abgegrenzt wurden lediglich Vorkommen, bei denen ein Abraum-/Nutzschichtverhältnis mindestens von 1 : 3 zu erwarten ist, d. h. bei einer Abraummächtigkeit von z. B. 5 m sollte die durchschnittlich nutzbare Mächtigkeit bei mindestens 15 m liegen. Bereiche mit Kiesmächtigkeiten von < 10 oder einem Abraum-/Nutzschichtverhältnis von < 1 : 3 werden auf der KMR 50 nicht als Vorkommen dargestellt (Abb. 80 und 82).

Auf der Beilagenkarte zur KMR 50 L 6716/L 6916 Speyer/Karlsruhe-Nord sind die nutzbaren Mächtigkeiten der Kies- und Sandvorkommen dargestellt. Dabei spielt die Unterscheidung in die Ablagerungen, die nur dem Oberen Kieslager zugehörig sind und gleichzeitig von einem mächtigen Oberen Zwischenhorizont unterlagert werden (grüne Farbtöne), und solche, die sowohl Oberes und Mittleres Kieslager umfassen (gelbe bis braune Farbtöne), eine große Rolle. Aus rohstoffgeologischer Sicht ist der Obere Zwischenhorizont erst dann von Bedeutung, wenn er in einem großen Gebiet mehr als 3 m mächtig ist und aus nicht nutzbaren Feinsedimenten (Ton, Schluff, Feinsand) besteht.

Die Karte zeigt, dass die größten nutzbaren Kiesmächtigkeiten von > 50 m in einer max. 5,5 km breiten „Rinne“ zwischen Karlsdorf-Neuthard und St. Leon-Rot auftreten. Dabei wird deutlich, dass die meisten Kiesgruben am Rande oder außerhalb dieser bedeutenden Struktur mit geringeren nutzbaren Kiesmächtigkeiten liegen (Abb. 80 und 82). Die Flächeninanspruchnahme ist – bei gleichbleibender Fördermenge – dort größer als in den Gebieten mit mächtigeren Kies- und Sandvorkommen. Es sollte also Ziel der Regionalplanung sein, zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme den Kiesabbau in Gebiete mit besonders hohen nutzbaren Mächtigkeiten zu verlagern.

Fazit

Zwei benachbarte Kiesvorkommen zwischen Kronau und St. Leon-Rot zwischen Heidelberg und Karlsruhe wurden als Fallbeispiel für die rohstoffgeologische Kartierung und Abgrenzung sowie

Bewertung von Kiesvorkommen in der KMR 50 ausgewählt. Diese beiden Vorkommen liegen in einem Bereich, in dem der Obere Zwischenhorizont in feinkörniger Ausbildung die Mächtigkeit von 3 m unter- bzw. überschreitet. Während im westlichen Abschnitt der Kiesgrube Kronau (RG 6717-2) der Obere Zwischenhorizont < 3 m mächtig ist, und damit dort das Mittlere Kieslager genutzt werden kann, beträgt im östlichen Bereich der Kiesgrube seine Mächtigkeit > 3 m. Dort bleibt die nutzbare Mächtigkeit auf das Obere Kieslager beschränkt. Aufgrund der Auswertung umfangreicher Bohrergebnisse konnten die Ausbildung und die Mächtigkeit des Oberen Zwischenhorizonts sowie der beiden Kieslager bestimmt werden. Die Auswertung der Schichtenverzeichnisse erlaubte schließlich auch die Erarbeitung einer Karte mit Isolinien der nutzbaren Kiesmächtigkeit von jeweils 10 m Abständen. Entlang der Isolinien erfolgte die Abgrenzung der einzelnen benachbarten Vorkommen, wobei sinnvolle Kiesmächtigkeitsabschnitte (z. B. 20–40 m) zu einem (Teil)Vorkommen zusammengefasst wurden. Diese Methode ermöglichte die Ausweisung des Vorkommens L 6716/L 6916-13 mit nutzbaren Mächtigkeiten zwischen 20 und 40 m und des Vorkommens L 6716/L 6916-12 mit nutzbaren Mächtigkeiten von voraussichtlich über 70 m.

Außerdem zeigten die Untersuchungen, dass das Obere Kieslager im nördlichen Oberrheingraben stark sandig ausgebildet ist (Sandanteil ca. 50 %) und ein relativ hoher Anteil an Geröllen aus den Randgebirgen (30 %) vorhanden ist. Das Mittlere Kieslager wird analog zu den Ergebnissen einer westlich des Vorkommens L 6716/L 6916-12 abgeteuften LGRB-Rohstofferkundungsbohrung voraussichtlich aus kiesigen Sanden (Sandanteil ca. 70 %) aufgebaut. Die beiden Kiesvorkommen bieten damit optimale Voraussetzungen, um auch künftig Sande für die Produktion von Kalksandsteinen und Betonfertigteile liefern können. Dazu sollte nach Möglichkeit auch der an den westlichen See der Kiesgrube Kronau angrenzende Abschnitt des Vorkommens L 6716/L 6916-12 als Vorranggebiet für den Abbau oberflächennaher Rohstoffe ausgewiesen werden.

Literatur zu Kap. 6.1

BARTZ, J. (1961): Die Entwicklung des Flussnetzes in Südwestdeutschland. – Jh. Geol. Landesamt Baden-Württ., **4**: 127–135; Freiburg.

BARTZ, J. (1976): Quartär und Jungtertiär im Raum Rastatt. – Jh. Geol. Landesamt Baden-Württemberg, **18**: 121–178, 13 Abb.; Freiburg.

BARTZ, J. (1982): Quartär und Jungtertiär II im Oberrheingraben im Großraum Karlsruhe. – Geol. Jb., **A 63**: 3–237, 28 Abb., 8 Tab., 2 Taf.; Hannover.

ELLWANGER, D. unter Mitarbeit von LÄMMERMANN, J. & NEEB, I. (2003): Eine landschaftsübergreifende Lockergesteinsgliederung vom Alpenrand zum Oberrheingraben. – In: SCHIRMER, W. (Hrsg.): Landschaftsgeschichte im Europäischen Rheinland. – GeoArchaeo-Rhein, **4**: 81–124; Münster.

GLA – Geologisches Landesamt Baden-Württemberg (1992): Lagerstättenpotentialkarte der Region Mittlerer Oberrhein mit Erläuterungen. – 66 S., 15 Abb., 27 Anl.; Freiburg i. Br. – [Bearbeiter: WERNER, W., GIEB, J. & LEIBER, J.].

GLA – Geologisches Landesamt Baden-Württemberg (1995): Zum Aufbau pleistozäner Kies- und Sandablagerungen des Oberrheingrabens. Ergebnisse rohstoffgeologischer Untersuchungen im Raum Lichtenau–Karlsruhe–Waghäusel. – Jh. Geol. Landesamt Baden-Württ., **35**: 361–394, 9 Abb., 6 Tab.; Freiburg i. Br. – [Bearbeiter: WERNER, W., GIEB, J. & LEIBER, J.]

LGRB – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (RP Freiburg) (2007) (Hrsg.): Erläuterungen zu Blatt L 6716/L 6916 Speyer/Karlsruhe-Nord. – Karte der mineralischen Rohstoffe (KMR) von Baden-Württemberg 1 : 50 000: 278 S., 24 Abb., 4 Tab., 2 Karten (1 : 50 000), 1 CD-ROM; Freiburg i. Br. – [KMR 50]. – [Bearbeiter: KLEINSCHNITZ, M. & KESTEN, D., mit Beiträgen von WERNER, W. & KILGER, B.-M.].

SCHÄFER, P., LEIBER, J., HÄFNER, F. & GRUBERT, A. (2001) unter Mitarbeit von ALISCH, O., BARTH, W., EBEL, R., EICHBERG, M. & SEHM, K.: Erläuterungen zu Blatt CC 7710 Mannheim. – In: BGR (Hrsg.): Karte der oberflächennahen Rohstoffe der Bundesrepublik Deutschland 1: 200 000 (KOR 200). – 92 S., 17 Tab.,1 Kt.; Hannover.

WERNER, W., GIEB, J. & LEIBER, J. (1995): Zum Aufbau pleistozäner Kies- und Sandablagerungen des Oberrheingrabens. Ergebnisse rohstoffgeologischer Untersuchungen im Raum Lichtenau–Karlsruhe–Waghäusel. – Jh. geol. Landesamt Baden-Württ., **35**: 361–394, 9 Abb., 6 Tab.; Freiburg i. Br.

WERNER, W., LEIBER, J. & BOCK, H. (1997): Die grobklastische pleistozäne Sedimentserie im südlichen Oberrheingraben: geologischer und lithologischer Aufbau, Lagerstättenpotential. – Zbl. Geol. Paläont. Teil 1, **9/10**: 1059–1084, 7 Abb., 3 Tab.; Stuttgart.

6.2 Ziegeleirohstoff-Vorkommen im Kraichgau – Fallbeispiel Nußloch, Tertiär

[MARKUS KLEINSCHNITZ]

Übersicht, Vorbemerkungen zum betrachteten Rohstoffvorkommen

Alter: Im Zeitraum Eozän–Oligozän (Alttertiär) kam es wiederholt zu Meeresvorstößen in den Oberrheingraben, und zwischen der damaligen Nordsee und dem Molassemeer im Süden existierte eine Meeresstraße. Es wurden sehr wechselvolle marine, brackische und limnische Sedimente abgelagert, darunter auch die Sedimentgesteine der Pechelbronn- und der Grauen Mergel-Formation.

Typus: Südlich von Heidelberg ist das am östlichen Oberrheingrabenrand gelegene Tertiär bei Wiesloch–Nußloch durch starke tektonische Beanspruchung in zahlreiche tektonische Schollen zerlegt worden (tertiärzeitliche Bruchschollentektonik). Die die Vorkommen betreffenden Abschnitte gehören zum Dämmelwald-Horst, der im Osten von der Grabenrandverwerfung und weiterhin von vorzugsweise rheinisch- (= 10–30°) und etwa N–S-streichenden Störungen begrenzt wird.

Schichtaufbau: Die tertiäre Schichtenfolge dieses Gebiets gliedert sich nach BARTH (1970) in die 92 m mächtige Graue Mergel-Formation (tGS), welche aus den 53 m mächtigen Melettaschichten (MS), den 12 m mächtigen Fischschiefern (FS) und den 27 m mächtigen Foraminiferenmergeln (FM) besteht, sowie der ca. 250 m mächtigen Pechelbronn-Formation (tPE), unterteilt in Obere, Mittlere und Untere Pechelbronn-Schichten. Die Melettaschichten bestehen aus mittel- bis blaugrauen, schwach feinsandigen feingeschichteten bis laminierten, monotonen Tonmergelsteinen. Die Foraminiferenmergel werden aus blaugrauen und gelbbraunen, sandfreien, schwach schluffigen Tonmergelsteinen aufgebaut. Die Fischschiefer sind grauschwarze feinschichtige, blättrige mergelige Tonsteine. Die Oberen Pechelbronn-Schichten bestehen aus einer Wechselfolge von schluffig-sandigen Tonmergelsteinen, Tonsteinen, Kalksandsteinen und Konglomeraten. Die Abschnitte mit häufigen Sandstein- und Konglomerathorizonten sind nicht für eine Nutzung als Ziegeleirohstoff geeignet.

Rohstoffwirtschaftliche Relevanz: In der Tongrube Nußloch (Dammstücker, RG 6618-4) wird der etwa 20 m mächtige oberste Abschnitt der Melettaschichten genutzt (Abb. 83). Die Gründe der Tiefenbegrenzung der Abbausohle sind auf die geringe Breite des Vorkommens und die aus Gründen der Standsicherheit einzuhaltenden Böschungswinkel zurückzuführen. In der Tongrube Wiesloch (Dämmel, RG 6618-7) wurden nur die geringmächtigen Fischschiefer in einer Mächtigkeit von 10 m abgebaut. Dort ruht der Abbau seit 1995. Die tiefer liegenden Foraminiferenmergel sind zurzeit nicht aufgeschlossen. Die bedeutenden tertiären Tonvorkommen bei Nußloch–Wiesloch südlich von Heidelberg werden seit Anfang des 20. Jh. genutzt und zählen aufgrund ihrer hohen nutzbaren Mächtigkeiten und der Homogenität des Materials zu den bedeutendsten Tonvorkommen Baden-Württembergs.

In der Tongrube Nußloch (RG 6618-4) werden die Melettaschichten zur Herstellung von Hintermauerziegeln verwendet sowie als Material für Deponieabdichtungen eingesetzt. Die Fischschiefer in der Tongrube Wiesloch (RG 6618-7) wurden in der Vergangenheit z. T. als Ziegeltone abgebaut. Seit den 1980er bzw. 1990er Jahren wird ausschließlich Material für Deponieabdichtungen gewonnen. Weiterhin dient der Standort selbst als Deponie.

Als Fallbeispiel für eine rohstoffgeologische Abgrenzung gegenüber wirtschaftlich nicht oder nur sehr gering bedeutsamen Vorkommen von tertiären Ziegeleirohstoffvorkommen wird das südlich von Heidelberg gelegene Vorkommen der Graue Mergel-Formation südwestlich von Nußloch vorgestellt. Es ist das dort derzeit einzige ständig in Abbau befindliche Vorkommen, welches somit einen Einblick in die Schichtenfolge ermöglicht.

Vorbereitung der Geländeaufnahmen, Ausgangssituation

Für das Arbeitsgebiet lagen zum Beginn der rohstoffgeologischen Geländeaufnahme an topographischen Grundlagen der Karten TK 25 Blatt Nr. 6618 Heidelberg-Süd und Nr. 6718 Wiesloch vor. Das

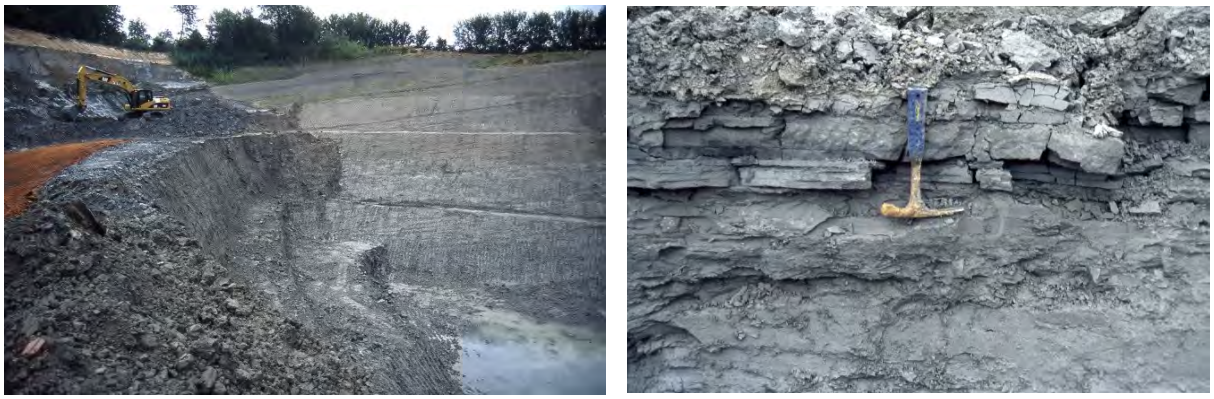


Abb. 83: Links: Südliche Abbauwand der Tongrube Dammstücker bei Wiesloch (RG 6618-4) mit den mittel- bis blaugrauen, feingeschichteten bis laminierten, monotonen Tonmergelsteinen der Melettaschichten (Graue Mergel-Formation), darüber geringmächtige, braune, quartäre Deckschichten. Rechts: Detailausschnitt aus der südlichen Abbauwand der Tongrube Dammstücker (RG 6618-4): mittel- bis blaugraue, schwach feinsandige feingeschichtete bis laminierte, monotone Tonmergelsteine der Melettaschichten.

Digitale Höhenmodell (DGM) von 2009 mit einer Auflösung von 1 Pixel pro Quadratmeter kam noch nicht zum Einsatz. Die klassischen Geologischen Karten von Baden-Württemberg im Maßstab 1 : 25 000 (GK 25) von diesem Gebiet von Baden-Württemberg im Maßstab 1 : 25 000 (GK 25) Blatt Heidelberg-Süd (SAUER 1897, 1898) und Wiesloch (THÜRACH 1895, 1896) wurden ebenso berücksichtigt (Abb. 84). Die Prognostische Rohstoffkarte (PRK) für die Region Unterer Neckar wurde 2004 fertig gestellt. Prognostische Rohstoffkarten sind eine erste Bewertung des Rohstoffangebots eines Gebietes. Für das Gebiet existiert ferner die Karte der oberflächennahen Rohstoffe 1 : 200 000 (KOR 200), in welcher grob die nahe von Gewinnungsorten liegenden wichtigsten Gesteinsvorkommen markiert und im Erläuterungsheft summarisch beschrieben sind (MÜNCHEBERG et al. 2006); sie baut ihrerseits auf der PRK, den geologischen Karten und den Betriebsberichten des LGRB auf.

Eine weitere Grundlage stellte die Rohstoffgeologische Beurteilung von geplanten Schutzbedürftigen Bereichen und Sicherungsbereichen für den Rohstoffabbau in der Region Rhein-Neckar, Teilraum Rhein-Neckar-Odenwald (LGRB 2008) dar, in der im Bereich von bestehenden Abbaubetrieben der Region eine Geländebefahrung, eine Aufnahme der Betriebsdaten sowie die Auswertung der zum damaligen Zeitpunkt vorliegenden Bohrungen erfolgt war.

Geländeaufnahme, Kartierarbeiten

Die wenigen Oberflächenaufschlüsse im Tertiär erlaubten lediglich eine Schichtabgrenzung nach morphologischen Elementen, insbesondere entlang markanter Geländekanten, wie am Westrand der Tertiärscholle zum Quartär des Oberrheingrabens. Neben der in Betrieb befindlichen Tongrube Dammstücker bei Wiesloch (RG 6618-4) stand zum Zeitpunkt der Geländeaufnahme nur noch die Tongrube Wiesloch (Dämmel, RG 6618-7), in der der Abbau aber ruht, als künstlicher Aufschluss zur Verfügung, welcher einen Einblick in die mächtige Schichtenfolge der Graue-Mergel-Formation gestattet.

Umso wichtiger war eine detaillierte Aufnahme einschließlich einer Profilaufnahme der beiden Tongruben. Außerdem konnte auf die Ergebnisse von mehreren Erkundungsbohrungen der Ziegelindustrie und zur Erkundung eines Deponiestandorts zurückgegriffen werden. Die geologische Aufnahme der Tongrube Dammstücker bei Wiesloch (RG 6618-4) sowie die Rohstofferkundungsbohrungen ermöglichten eine genaue Gliederung der Abfolge der Graue Mergel-Formation. Eine weitere wichtige Grundlage bildete das Gutachten zum Deponiestandort in der Tongrube „Dämmelwald“ (AGK 1987).

Betriebserhebungen und geologische Aufnahme von Rohstoffgewinnungsstellen

Zur Ermittlung der industriellen Anforderungen an Material und Lagerstätte ist die Erhebung von Daten zu Abbau, Produktion und Verwendung von Bedeutung. Bei der Bearbeitung der Tongruben im Raum Nußloch–Wiesloch wurden neben den betrieblichen Daten auch Informationen zu Rohstoffanforderungen für die unterschiedlichen Feinsedimente der Graue-Mergel-Formation gewonnen.

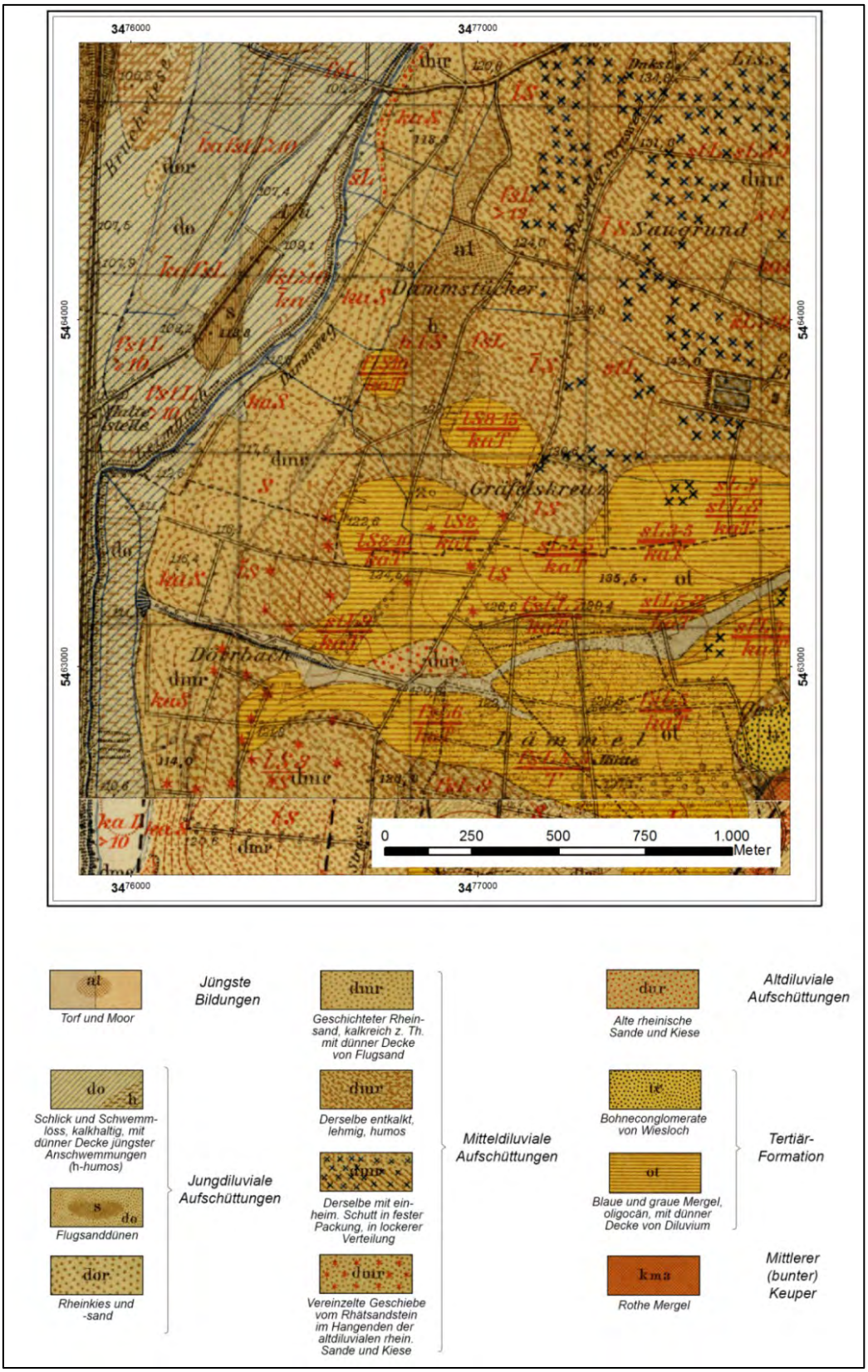


Abb. 84: Ausschnitt aus der Geologischen Karte von Baden-Württemberg 1 : 25 000 (GK 25) Blatt 6618 Heidelberg-Süd und 6718 Wiesloch im Bereich der Ziegeleirohstoffvorkommen bei Nußloch (SAUER 1897, THÜRACH 1895). Die roten Einschreibungen auf der historischen Karte stellen „agronomische“, also landwirtschaftlich relevante Angaben zur erbohrten Mächtigkeit von Lehm, Ton, Sand, Humus usw. dar.

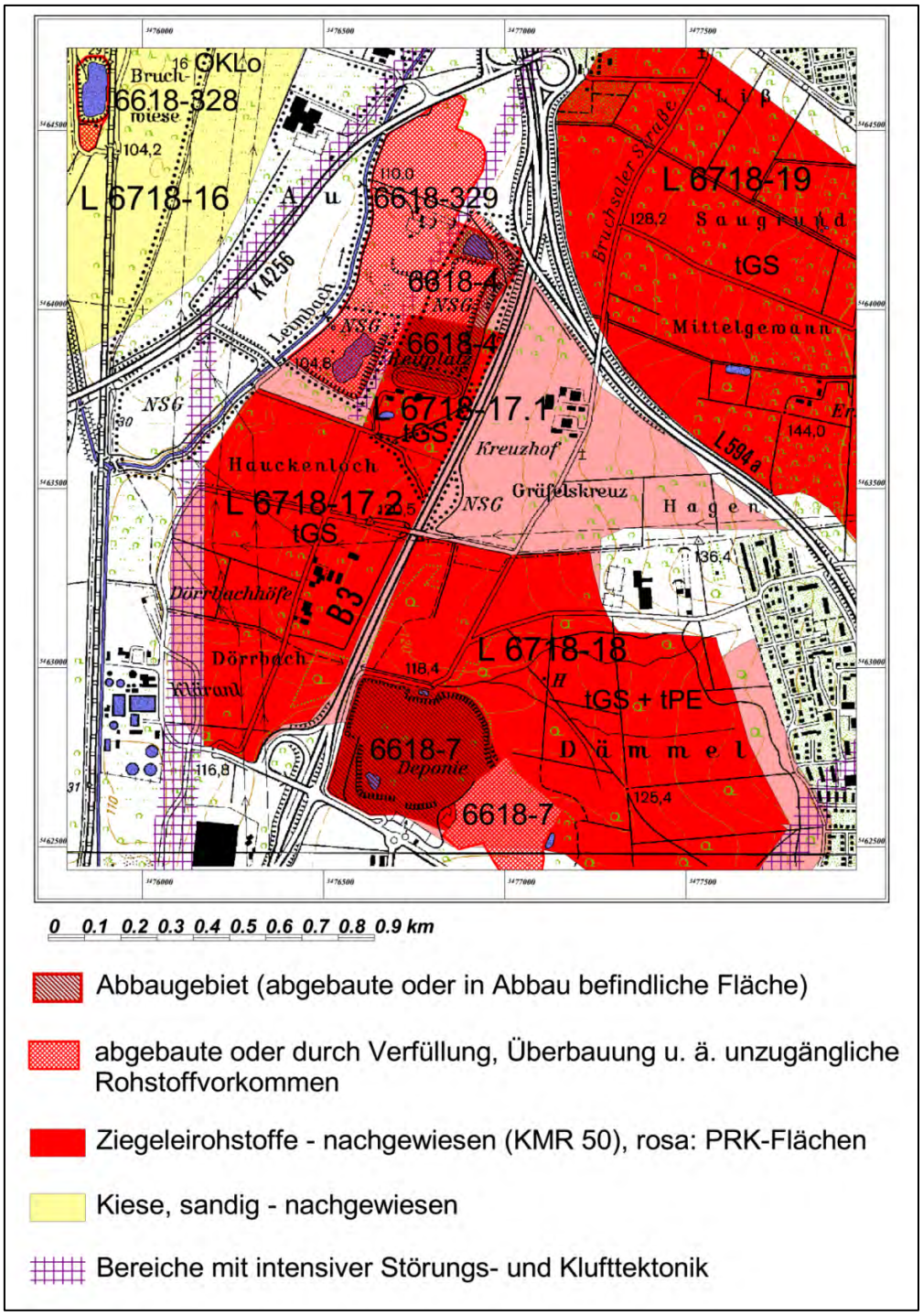


Abb. 85: Ausschnitt aus der Karte der mineralischen Rohstoffe von Baden-Württemberg 1 : 50 000 (KMR 50) Blatt L 6718 Heidelberg-Süd im Bereich der Ziegeleirohstoffvorkommen bei Nußloch (LGRB 2009). Besonders deutlich sind die Begrenzungen des Vorkommens im Bild links mit der Tongrube Nußloch (mit der LGRB-Rohstoffgewinnungsstellen-Nr. RG 6618-4) durch Bebauung wie Verkehrsbauwerke und Gewerbebauten sowie durch Störungszonen zu erkennen. OKLo = Oberes Kieslager, tGS = Graue Mergel-Formation, tPE = Pechelbronn-Formation.

Kartier- und Erkundungsergebnisse, Bewertung

Anhand der Informationen aus der Geländeaufnahme, der Auswertung der Bohrergebnisse sowie der Geologischen Karte von Baden-Württemberg im Maßstab 1 : 25 000 (GK 25) Blatt Heidelberg-Süd (SAUER 1897) (Abb. 84) konnte im Bereich der Tongrube Dammstücker bei Wiesloch (RG 6618-4)

eine insgesamt ca. 90 m mächtige nutzbare Abfolge von Feinsedimenten des Tertiärs am östlichen Grabenrand südlich von Heidelberg abgegrenzt werden (Vorkommens-Nr. L 6718-17.1, Abb. 85). Weitere Begrenzungen werden durch den westlichen Rand der Tertiärscholle mit einer rheingrabenparallelen Störung gegen das Quartär des Oberrheingrabens, durch heutige Verkehrswege wie die neue B3 im Osten, einem Verkehrsknotenpunkt im Nordosten und Gewerbebauten im Süden sowie durch bereits abgebaute Rohstoffvorkommen im Nordosten (Nordteil der Tongrube Dammstücker bei Wiesloch, RG 6618-4, ehemalige Kiesgrube RG 6618-329) vorgegeben (Abb. 85). Wegen der verschiedenen Geometrien und dem unterschiedlichen Erkundungsgrad im Nord- und Südteil des Gesamtvorkommens wurde eine Unterteilung in je ein Teilvorkommen im Norden (Vorkommens-Nr. L 6718-17.1) und im Süden (Vorkommens-Nr. L 6718-17.2) vorgenommen.

Im Vergleich zu den Flächen der Prognostischen Rohstoffkarte (PRK) erfolgten bei der KMR 50 etwas andere, geringfügig abweichende Abgrenzungen der Rohstoffvorkommen (Abb. 85). Der Bereich „Gräfelskreuz“ nördlich vom Vorkommen L 6718-18 wird auf der PRK z. B. als Ziegeleirohstofffläche dargestellt, nicht aber auf der KMR 50, da dort die nutzbare Mächtigkeit < 10 m beträgt. Der direkt östlich an das Vorkommen L 6718-18 angrenzende Bereich wird nicht auf der KMR 50 abgebildet, da dort ein Abstand von 100 m zur Bebauung (Ortspuffer) gemäß der KMR 50-Kriterien eingehalten wird. Besonders fällt auf, dass das Vorkommen L 6718-19 der KMR 50 nicht auf der PRK dargestellt ist (Abb. 85), weil die Abgrenzung auf der PRK sich in diesem aufschlusslosen Gebiet an der Geologischen Karte orientierte. Die Ausweisung des Vorkommens L 6718-19 erfolgte im Wesentlichen anhand einer tiefreichenden Bohrung der Erdölindustrie und unter Berücksichtigung der örtlichen Lagerungsverhältnisse (LGRB 2009).

Laborarbeiten und Analysenergebnisse

Ziel der Erkundungsarbeiten war neben der Ermittlung der geologischen Verhältnisse (besonders Nutzschicht- und Überlagerungsmächtigkeiten, Gesteinsqualität, Verkarstung, Tektonik) der Erhalt von frischen und für die Abfolge repräsentativen Proben der Graue Mergel-Formation, um die Eignung der Gesteine für verschiedene keramische Erzeugnisse prüfen zu können (vgl. BÖRNER et. al. 2012). Dabei wurden von den Melettaschichten und Fischschiefern Schlitzproben aus den Abbauwänden und, sofern möglich, Haufwerksproben von der Rohmaterialhalde in den Gewinnungsstellen entnommen (vgl. Abb. 61 in Kap. 4.5).

Das getrocknete, gebrochene und feingemahlene Gestein wurden der Röntgenfluoreszenz-Analyse im LGRB-Labor zugeführt und auf den Gehalt an 42 Elementen untersucht; rechnerisch wurde daraus auch der Gehalt an Gesamtkarbonat und Calcit ermittelt. Von besonderer Bedeutung war auch die Analyse der Schwermetallgehalte aufgrund der Nähe zum ehemaligen Pb-Zn-Bergbau von Wiesloch.

Die mineralogisch-geochemischen Untersuchungen der Einzelproben aus den verschiedenen Tongruben ergaben Unterschiede in der Zusammensetzung der Graue Mergel-Formation wie auch der Pechelbronn-Formation (Tab. 2). Die Werte der Hauptelemente liegen innerhalb oder nur etwas außerhalb der durchschnittlichen Zusammensetzung von Dachziegel- und Mauerziegelmassen, wie sie nach SCHMIDT (1973) zusammengestellt wurden. Ein etwas erhöhter Gehalt an fein verteiltem Karbonat ist nicht schädlich, störend sind dagegen große Karbonatanreicherungen (GWOSDZ & LORENZ 1997). Die Melettaschichten weisen einen Karbonatgehalt von 26–31 % auf. Die Fischschiefer sind grauschwarze feinschichtige, blättrige mergelige Tonsteine mit einem Karbonatgehalt von nur 9 %.

In den Foraminiferenmergeln und den Oberen Fischschiefern sowie den Melettaschichten können als störende Bestandteile Pyrit und Gips sowie Montmorillonit enthalten sein, welche aber oft makroskopisch nicht erkennbar sind. Der ermittelte Gipsgehalt einer Probe wurde mit 3 % bestimmt und in einer weiteren Probe Pyrit (< 10 %) festgestellt. Größere Anteile von Chlorit (> 5 bzw. > 10 % nach SCHMIDT 1973) und höhere Gehalte an Montmorillonit (> 5 % nach SCHMIDT 1973) sowie bereits kleinere Mengen an Gips und Pyrit gelten als störende Beimengungen im Ziegeleirohstoff. Gehalte von > 5 % Montmorillonit führen beim Trocknen der Ziegel zur Rissbildung (Trockenschwindung). Zumindest partienweise treten in den Fischschiefern derartige störende Gemengteile auf. Entscheidend für die rohstoffgeologische Bewertung ist aber die durchschnittliche Zusammensetzung der gesamten Schichtenfolge.

Tab. 2: Ergebnisse der geochemischen Untersuchungen an verschiedenen Tertiärgesteinen am östlichen Grabenrand/Westrand des Kraichgaus bei Nußloch–Wiesloch südlich von Heidelberg.

Hauptelemente [%]											
Proben-name	**Gestein/ Stratigraphie**	**Herkunft/ Tiefe [m]**	**Gesamtkarbonat**		**Gips**	**CaO**	**MgO**	**SiO_2**	**Al_2O_3**	**Fe_2O_3**	**K_2O**
			Calcit	**Dolomit**							
Tongrube Dammstücker (RG 6618-4)											
Ro6618/ EP6	Melletta-schichten (MS)	8–8,5	31		-	15,2	3,0	43,6	11,5	4,6	2,2
			26	5							
Ro6618/ EP24	Melletta-schichten (MS)	Haufwerk	26		-	13,8	3,1	44,7	12,2	4,8	2,4
			22	4							
Tongrube Dämmel (RG 6618-7)											
Ro6618/ EP7	Fischschiefer (FS)	5–5,3	9	-	3	7,1	2,1	43,7	16,3	6,0	2,7
Ro6618/ EP18	Fischschiefer (FS)	5–5,5	9	-	-	5,4	2,1	45,5	16,7	6,3	2,8

Spurenelemente [mg/kg]										
Proben-name	**Gestein/ Stratigraphie**	**Herkunft/ Tiefe [m]**	**As**	**Cd**	**Cr**	**Pb**	**Zn**	**S**	**Cl**	**Sr**
Tongrube Dammstücker (RG 6618-4)										
Ro6618/ EP6	Melletta-schichten (MS)	8–8,5	< 4	< 2	107	23	80	314	< 100	351
Ro6618/ EP24	Melletta-schichten (MS)	Haufwerk	8	< 2	108	24	86	572	< 100	348
Tongrube Dämmel (RG 6618-7)										
Ro6618/ EP7	Fischschiefer (FS)	5–5,3	20	13	140	29	125	16622	< 100	228
Ro6618/ EP18	Fischschiefer (FS)	5–5,5	22	15	147	120	152	15946	< 100	202

Die Untersuchung der Fischschiefer im Vorkommen L 6718-18 bei Nußloch zeigte z. T. erhöhte geogene Gehalte an Arsen und vor allem Cadmium, welche vermutlich auf gangförmige Pb-Zn-Mineralisationen vom Typ Wiesloch zurückgehen. WAGNER & CZURDA (1991) berichten von einer erhöhten Sorptionsfähigkeit von Tonmergelsteinen für einzelne Metalle und Schwermetalle, so auch vom Wieslocher Vorkommen. Als Wegsamkeiten gelten die Rheingrabenrandverwerfung bzw. parallele Störungen (LGRB 2009; HILDEBRANDT 1997).

Die Ergebnisse der Korngrößenzusammensetzung (Tab. 3) nach WINKLER (1954) zeigen, dass die Proben Ro6618/EP6 (Melettaschichten) und Ro6618/EP7 (Fischschiefer) im geeigneten Bereich für Deckenziegel liegen (Abb. 86). Die Probe Ro6618/EP 18 von Fischschiefern liegt nur wenig außerhalb der geeigneten Korngrößenzusammensetzung, während die Probe Ro6618/EP24 aus den Melettaschichten hinsichtlich ihrer Kornverteilung etwa 10 % außerhalb der geeigneten Korngrößenzusammensetzung angetroffen wurde. Damit weisen die Proben aus den Melettaschichten und den Fischschiefern aus den Tongruben Dammstücker und Dämmel grundsätzlich eine Eignung zur Herstellung grobkeramischer Erzeugnisse auf (Abb. 86). Die Unterschiede in der Kornverteilung der Proben sind auf die natürlichen Schwankungen der Ausgangsgesteine zurückzuführen. Durch ein Mischen von Fördergut aus den verschiedenen Niveaus der Tongrube kann eine für Ziegel geeignete Zusammensetzung erzielt werden.

Tab. 3: Ergebnisse der Korngrößenanalysen an verschiedenen Tertiärgesteinen am östlichen Grabenrand/Westrand des Kraichgaus bei Nußloch–Wiesloch südlich von Heidelberg.

Korngrößenverteilung [%]						
Proben-name	**Gestein/ Stratigraphie**	**Herkunft/ Tiefe [m]**	**Ton < 0,002 mm**	**Schluff 0,002–0,063 mm**		**Sand > 0,063 mm (vollständig oder fast vollständig Feinsand)**
				Fein- bis Mittelschluff 0,002–0,02 mm	**Grobschluff 0,02–0,063 mm**	
Tongrube Dammstücker (RG 6618-4)						
Ro6618/ EP6	Meletta-schichten (MS)	8–8,5	40 %	51 %	7 %	2 %
Ro6618/ EP24	Meletta-schichten (MS)	Haufwerk	30 %	61 %	8 %	1 %
Tongrube Dämmel (RG 6618-7)						
Ro6618 /EP7	Fischschiefer (FS)	5–5,3	40 %	49 %	7 %	4 %
Ro6618/ EP18	Fischschiefer (FS)	5–5,5	19 %	47 %	34 %	-

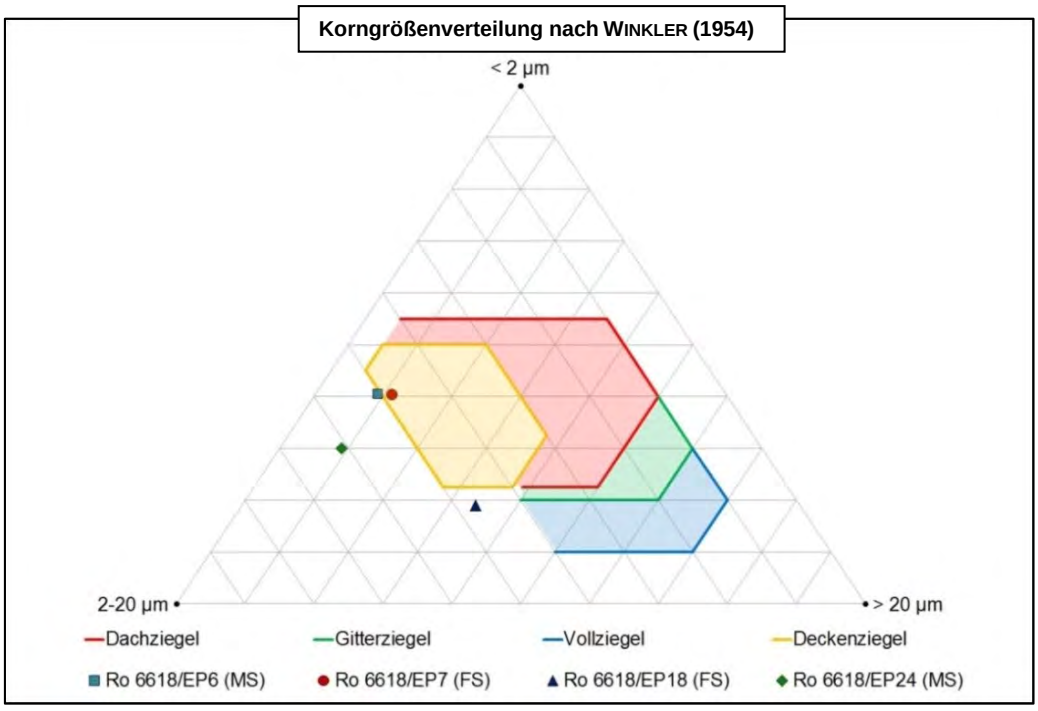


Abb. 86: Abgrenzung der Bereiche günstiger Korngrößenzusammensetzung von Ziegeltonen und –lehmen, vereinfacht nach WINKLER (1954) und STEIN (1982). FS = Fischschiefer aus der Tongrube Dämmel (RG 6618-7), MS = Melettaschichten aus der Tongrube Dammstücker (RG 6618-4).

Technische Richtwerte für grobkeramische Massen liefern v. a. die Trockenschwindung und die Wasseraufnahme (Tab. 4). Nach GWOSDZ & LORENZ (1997) sind die Grenzen der Trockenschwindung 2 % bzw. 9 %. Die Werte für die Trockenschwindung aus beiden Schichten liegen leicht über diesen geforderten Werten. Die Wasseraufnahme bewegt sich zwischen 15 und 35 %. Bereits durch Mischung und Aufmahlung des Rohmaterials oder aber durch Zugabe geringer Mengen hochwertiger Spezialtone können die Zusammensetzung der grobkeramischen Masse und damit Werte wie die Trockenschwindung positiv beeinflusst werden.

Tab. 4: Ergebnisse der technischen Gesteinsdaten an verschiedenen Tertiärgesteinen am östlichen Grabenrand/Westrand des Kraichgaus bei Nußloch–Wiesloch südlich von Heidelberg.

technische Gesteinsdaten					
Probe	**Gestein/ Stratigraphie**	**Herkunft/ Tiefe [m]**	**Brennfarbe**	**Trocken-schwindung**	**Wasser-aufnahme**
Tongrube Dammstücker (RG 6618-4)					
Ro6618/EP24	Melettaschichten (MS)	Haufwerk	blassrosa	12,8 %	31,9 Gew.-%
Tongrube Dämmel (RG 6618-7)					
Ro6618/EP18	Fischschiefer (FS)	5–5,5	beige	11 %	37 Gew.-%

Fazit

Ein Ziegelrohstoffvorkommen (bestehend aus zwei Teilvorkommen) aus Feinsedimenten der Graue Mergel-Formation am östlichen Grabenrand bei Nußloch–Wiesloch südlich von Heidelberg wurde als Fallbeispiel für die rohstoffgeologische Kartierung und Bewertung von Ziegeleirohstoffvorkommen im tektonisch stark beanspruchten östlichen Randbereich des nördlichen Oberrheingrabens ausgewählt. Die beiden Teilvorkommen stellen zusammen die wichtigste derzeit erschlossene Reserve an Ziegeleirohstoffen des Tertiärs südlich von Heidelberg dar.

Die Vorkommen bei Nußloch–Wiesloch–Rauenberg südlich von Heidelberg weisen aufgrund ihrer nutzbaren Mächtigkeiten von mindestens 20–30 m, im Mittel 50 m (stellenweise > 100 m) und einer überwiegend großen flächenhaften Erstreckung ein mittleres bis hohes Lagerstättenpotenzial auf (vgl. Kap. 3.3). Sie besitzen aufgrund ihrer vielfältigen Verwendungsmöglichkeiten eine überregionale Bedeutung. Der Südteil des Teilvorkommens Dammstücker (L 6718-17.1), in dem sich derzeit der Abbau der Tongrube Nußloch (RG 6618-4) befindet, sowie der angrenzende Bereich der zurzeit ruhenden Tongrube Wiesloch (Dämmel, RG 6618-7) wurden deshalb als Schutzbedürftige Bereiche für den Abbau oberflächennahe Rohstoffe empfohlen und später vom zuständigen Regionalverband in diesem Sinne ausgewiesen.

Literatur zu Kap. 6.2

AGK – Angewandte Geologie Karlsruhe (1987): Geologisch-hydrogeologisches Gutachten zur geplanten Erdaushub- und Bauschuttdeponie in der Tongrube der Firma TIW Wiesloch im Dämmelwald auf der Gemarkung Wiesloch: 74 S., 24 Anl.; Karlsruhe. – [Bearbeiter: HÖTZL, H., ALTPETER, J., BÖTTGER, M.] – [unveröff.].

BARTH, S. (1970): Stratigraphie und Tektonik der Tertiärscholle von Rot-Malsch im Rheingraben. Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., **N.F. 52**: 71–95, 10 Abb.; Stuttgart.

BÖRNER, A., BORNHÖFT, E., HÄFNER, F., HUG-DIEGEL, N., KLEEBERG, K., MANDL, J., NESTLER, A., POSCHLOD, K., RÖHLING, S., ROSENBERG, F., SCHÄFER, I., STEDINGK, K., THUM, H., WERNER, W. & WETZEL, E. (2012) unter Mitarbeit von CASPERS, G., HERNANDEZ DIAZ, T., GRANITZKI, K., KARPE, P., KÄSTNER, H., KATZSCHMANN, L., KIMMIG, B., KUHN, G., LIEDMANN, W., RÖHLING, H.-G., SÄNGER-V. OEPEN, P. & SCHRÖDER, N.: Steine- und Erden-Rohstoffe in der Bundesrepublik Deutschland.– Geol. Jb., Sonderhefte, **SD 10**: 356 S., 212 Abb., 54 Tab., Anh.; Hannover (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und Staatliche Geologische Dienste, Hrsg.).

GWOSDZ, W. & LORENZ, W. (1997): Bewertungskriterien für Industrieminerale, Steine und Erden, Teil 1: Tone (Kaolin und kaolinitische Tone, Flint clay, Halloysit, Allophan, Illit, Smektite (Bentonit), Hormite, Ziegeltone und -lehme, Blähton und -schiefer). – Geol. Jb., **H 2**: 3–108, 8 Abb., 62 Tab.; Hannover.

LGRB – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (2008): Rohstoffgeologische Beurteilung von geplanten Schutzbedürftigen Bereichen und Sicherungsbereichen für den Rohstoffabbau in der Region Rhein-Neckar, Teilraum Rhein-Neckar-Odenwald – Arbeiten zur Umsetzung des Rohstoffsicherungskonzepts: 254 S., 6 Abb., 5 Tab., 2 Kt.; Freiburg i. Br. – [Bearbeiter: KLEINSCHNITZ, M.].

HILDEBRANDT, L. H. (1997): Schwermetallbelastung durch den historischen Bergbau im Raum Wiesloch. – Handbuch Boden - Materialien zum Bodenschutz, **Bd. 7**: 211 S., 54 Abb., 80 Tab., 10 Kt.; Karlsruhe (Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württ.).

MÜNCHEBERG, C., BOCK, H., FINGER, P., LIEDMANN, W. & WERNER, W. (2006) unter Mitarbeit von KIMMIG, B.: Erläuterungen zu Blatt CC 7718 Stuttgart-Nord. – In: BGR (Hrsg.): Karte der oberflächennahen Rohstoffe der Bun-

desrepublik Deutschland 1 : 200 000 (KOR 200). – 77 S., 1 Tab.,1 Kt.; Hannover.

LGRB – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (2008): Rohstoffgeologische Beurteilung von geplanten Schutzbedürftigen Bereichen und Sicherungsbereichen für den Rohstoffabbau in der Region Rhein-Neckar, Teilraum Rhein-Neckar-Odenwald – Arbeiten zur Umsetzung des Rohstoffsicherungskonzepts: 254 S., 6 Abb. 5 Tab., 2 Kt.; Freiburg i. Br. – [Bearbeiter: KLEINSCHNITZ, M.]. – [Az. 96-4704//07 6764, unveröff.].

LGRB – Regierungspräsidium Freiburg, LGRB (2009) (Hrsg.): RP Freiburg, LGRB – Regierungspräsidium Freiburg, LGRB (2009) (Hrsg.): Erläuterungen zu Blatt L 6718 Heidelberg-Süd – Karte der mineralischen Rohstoffe (KMR) von Baden-Württemberg 1 : 50 000: 242 S., 33 Abb., 8 Tab., 1 Karte (1 : 50 000), 1 CD-ROM; Freiburg i. Br. [KMR 50]. – [Bearbeiter: KLEINSCHNITZ, M. mit einem Beitrag von ENGESSER, W.].

SAUER, A. (1897): Blatt Neckargemünd (Nr. 32) – Geol. Spez.-Kt. 1 : 25 000 Großherzogtum Baden; Heidelberg – [Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 6618 Heidelberg-Süd.].

SAUER, A. (1898): Erläuterungen zu Blatt Neckargemünd (Nr. 32). – Geol. Spez.-Kt. Großherzogtum Baden: 110 S.; Heidelberg. – [Unveränderter Nachdruck als Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 6618 Heidelberg-Süd, Stuttgart 1985.].

SCHMIDT, H. (1973): Rohstoffkenndaten der verschiedenen Erzeugnisarten der Ziegelindustrie. – ZI Ziegelindustrie, **H. 6**: 212–216, 2 Abb., 8 Tab.; Bonn.

STEIN, V. (1982): Die Rohstoffe der Ziegelindustrie (TheRaw Materials for Brick and Tile making). – In BENDER, W. & HÄNDLE, F. [Hrsg.]: Handbuch für die Ziegelindustrie. Verfahren und Betriebspraxis in der Grobkeramik (Brick and Tile Making. Procedures and Operating Practice in the Heavy Clay Industries). – 73–94, 10 Abb., 1 Tab.; Wiesbaden (Bauverlag).

THÜRACH, H. (1895): Blatt Sinsheim (Nr. 42). – Geol. Spez.-Kt. 1 : 25 000 Großherzogtum Baden. – [Unveröff. Nachdruck des Geol. L.-Amt Baden Württ. als Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 6719 Sinsheim.].

THÜRACH, H. (1896): Erläuterungen zu Blatt Sinsheim (Nr. 42). – Geol. Spez.-Kt. Großherzogtums Baden: 70 S., 1 Abb. – [3. Aufl. = unveränderter Nachdruck als Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 6719 Sinsheim, Freiburg i. Br. 1995.].

WAGNER, J.-F. & CZURDA, A. (1991): Radionuklidsorption an tertiären Tonen. – Mitt. österr. geol. Ges., **83**: 215–227, 11 Abb., 2 Tab.; Wien.

WINKLER, H. G. F. (1954): Bedeutung der Korngrößenverteilung und des Mineralbestands von Tonen für die Herstellung grobkeramischer Erzeugnisse. – Ber. Dt. Keram. Ges, **31**: 337–343, 15 Abb., 2 Tab.; Bonn.

6.3 Ziegeleirohstoff-Vorkommen in Oberschwaben – Fallbeispiel Frickenweiler (Untere Süßwassermolasse)

[MARKUS KLEINSCHNITZ]

Übersicht, Vorbemerkungen

Alter: Das Gebiet im Bereich Frickenweiler liegt am Nordwestrand des Molassebeckens. Es wurde während des Tertiärs mit dem Abtragungsschutt der Alpen gefüllt (Molasse). Dabei kamen Sande sowie verschiedene Feinsedimente zur Ablagerung, die in der Region Bodensee-Oberschwaben zur Gewinnung von Quarzsanden und Ziegeleirohstoffen genutzt werden. Im Bereich Stockach-Pfullendorf begann die Sedimentation im Miozän mit der Unteren Süßwassermolasse. Im höheren Miozän endete diese Akkumulation mit der Oberen Süßwassermolasse, danach setzte großräumig Erosion ein.

Typus: Die Feinsedimente der Unteren Süßwassermolasse treten im gesamten Bereich zwischen Bodensee und Donau auf. Schwerpunkte der Gewinnung sind bei Stockach, Pfullendorf, Mengen, Herbertingen und Riedlingen (Donau). In die i. Allg. mehrere 10er m oder > 100 m mächtigen feinkörnigen Ablagerungen sind vielfach Sand- und Sandsteinlagen eingeschaltet. Wirtschaftlich interessante Rohstoffkörper innerhalb der Abfolge, die einen relativ geringen Anteil an Sand- und Sandsteinlagen aufweisen, befinden sich hauptsächlich im oberen und mittleren Abschnitt. Die Ausdehnung dieser Bereiche wird durch ihre nutzbare Mächtigkeit und Eintalungen begrenzt. Vielfach werden die Sedimente der Unteren Süßwassermolasse von mächtigen quartären Sedimenten bedeckt. Die Untere Süßwassermolasse ist auf natürliche Weise allenfalls an Talflanken aufgeschlossen.
Gesteinsaufbau: Die fluviatil-lakustrine Untere Süßwassermolasse wird im Beckenbereich aus einer Wechselfolge von bunten Mergeltonsteinen, untergeordnet Tonmergelsteinen und Mergelsteinen,

sowie Sanden und Sandsteinen (sandig-mergelige Beckenfazies) aufgebaut. Die Mergeltonsteine kommen in unterschiedlichen Braun-, Rot- und Grautönen vor (Abb. 87) und stellen aufgrund der Korngrößenverteilung feinsandige Ton- bis Schluffsteine dar. Die Sande und Sandsteine umfassen Fein- bis Mittelsande, Mittelsande sowie fein- und mittelkörnige Sandsteine, wobei die mittelkörnigen Sandsteine hart und zäh sind, während die feinkörnigen Sandsteine wenig fest und mürbe sind.

Rohstoffwirtschaftliche Relevanz: In der Tongrube Stockach-Frickenweiler (RG 8120-4) werden etwa 30 m der weitaus mächtigeren Abfolge genutzt. Weitere 30 m schließen sich im Hangenden der Tongrube an. Der Abbau erfolgt mittels Hydraulikbagger und Raupe, wobei schon in der Tongrube eine Homogenisierung des Materials, also das Mischen unterschiedlicher toniger und kalkiger Sedimente, stattfindet. Sand- und Sandsteinpartien werden dabei vollständig entfernt. Aus dem gewonnenen Material wird zusammen mit den quartären Bändertonen eine Mischung angefertigt, aus der grobkeramische Erzeugnisse wie Hintermauerziegel hergestellt werden. Der anfallende Sand wird in der lokalen Bauindustrie als Kabel- und Füllsand eingesetzt.

Als Fallbeispiel für eine rohstoffgeologische Abgrenzung gegenüber wirtschaftlich nicht oder nur sehr gering bedeutsamen Vorkommen von tertiären Ziegeleirohstoffvorkommen im Raum Stockach–Pfullendorf wurden zwei östlich von Stockach bei Frickenweiler gelegene Vorkommen aus den Feinsedimenten der Unteren Süßwassermolasse vorgestellt, in denen der Ziegeleirohstoff aus der Unteren Süßwassermolasse noch genutzt wird. Der Abbau in der Tongrube Fischbach bei Pfullendorf (RG 8021-9) auf Feinsedimente der Unteren Süßwassermolasse ruht seit 2012.

Abb. 87: Gewinnung von Ziegeleirohstoffen aus Schichten der Unteren Süßwassermolasse: Oben: Nördliche Abbauwand (Wandhöhe ca. 25 m) in der Tongrube Stockach-Frickenweiler (RG 8120-4): Wechselfolge von rotbraunen und grauen Mergeltonsteinen mit graubeigen Sand- und Sandsteinlagen. Unten: Westliche Abbauwand in der Tongrube Stockach-Frickenweiler (RG 8120-4) mit rotbraunen und hellgrauen Mergeltonsteinen.

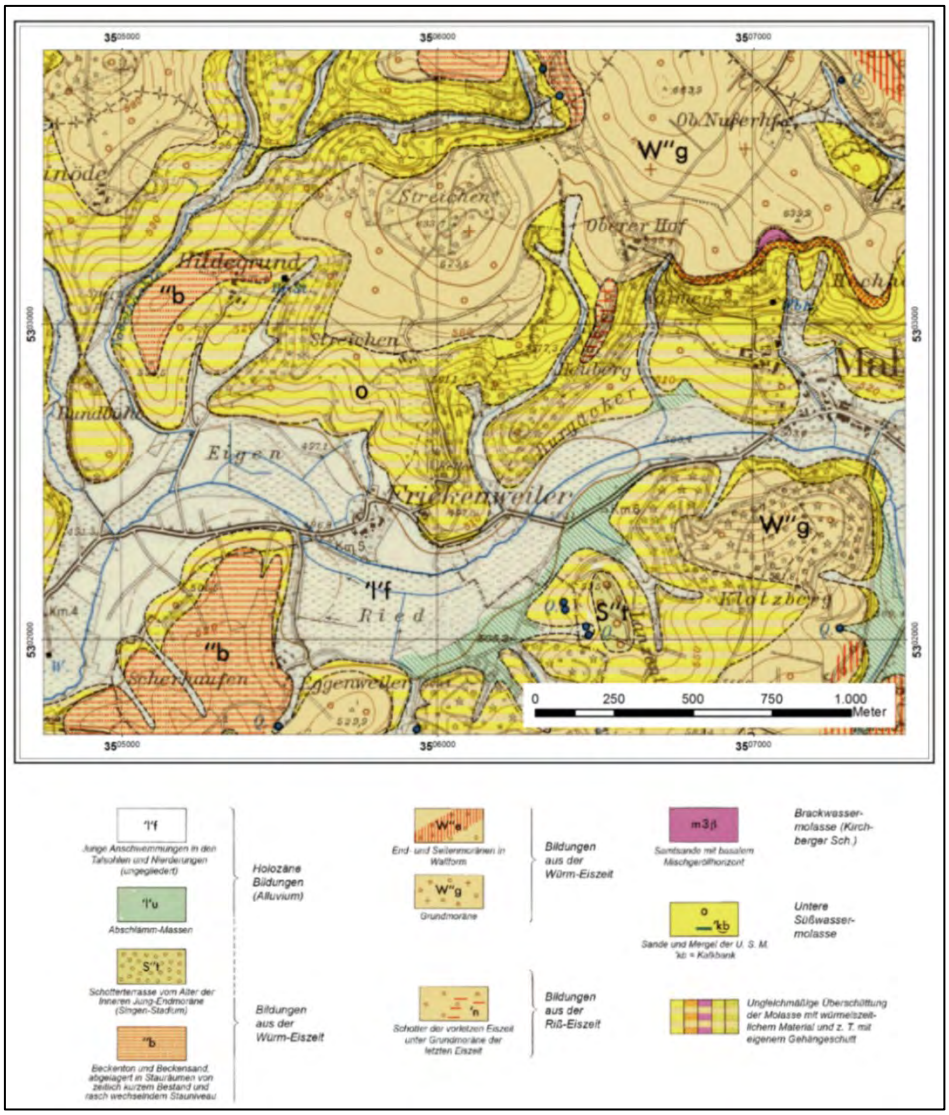


Abb. 88: Ausschnitt aus der Geologischen Karte von Baden-Württemberg 1 : 25 000 (GK 25) Blatt 8120 Stockach im Bereich der Ziegeleirohstoffvorkommen bei Frickenweiler (ERB et al. 1961, 1962).

Vorbereitung der Geländeaufnahmen

Es standen zum Beginn der rohstoffgeologischen Geländeaufnahme neben der TK 25 Blatt Nr. 8120 Stockach und dem DGM von 2009 mit einer Auflösung von 1 Pixel/1 m^2 die GK 25 Blatt Stockach (ERB et al. 1961, 1962) zur Verfügung (Abb. 88), ferner die PRK für die Region Hochrhein-Bodensee von 1993. Für das Gebiet existiert die KOR 200, in welcher die nahe bei Gewinnungsorten liegenden wichtigsten Gesteinsvorkommen markiert und im Erläuterungsheft summarisch beschrieben sind (MAUS et al. 1998). Eine weitere Grundlage stellte die rohstoffgeologische Beurteilung für den Regionalverband Hochrhein-Bodensee des LGRB (2001) dar (Abb. 89), in der im Bereich von bestehenden Abbaubetrieben der Region Geländeaufnahmen, Erhebungen von Betriebsdaten sowie eine Auswertung der zum damaligen Zeitpunkt vorliegenden Bohrungen erfolgt war.

Geländeaufnahme

Die überwiegend aufschlussarmen Sedimente der Unteren Süßwassermolasse erlaubten hinsichtlich ihrer Ausdehnung lediglich eine Abgrenzung anhand der Morphologie, insbesondere entlang von Eintalungen und markanten Geländekanten, wie am Übergang von den Talhängen zur Hochfläche des „Streichen“. Eine besonders wertvolle Unterstützung bei der Kartierung nach morphologischen Merkmalen bildete dabei das Digitale Höhenmodell (DGM), welche die morphologischen Unterschiede wie Geländekanten besonders deutlich abbildet.

Die geologische Aufnahme der Tongrube Stockach-Frickenweiler (RG 8120-4) sowie die detaillierten Rohstofferkundungsbohrungen der Industrie ermöglichten eine genaue Gliederung der vertikalen und lateralen Zusammensetzung der Unteren Süßwassermolasse bei Frickenweiler. Anhand der Informationen aus der Geländeaufnahme, der Auswertung der Bohrergebnisse sowie der Geologischen Karte von Baden-Württemberg im Maßstab 1 : 25 000 (GK 25) Blatt Stockach (ERB et al. 1961, 1962) (Abb. 88) konnten zwei Vorkommen mit jeweils 60 und 80 m nutzbarer Mächtigkeit, abgetrennt durch eine Eintalung, abgegrenzt werden. Das aufgeschlossene Grubenprofil und die Ergebnisse der Bohrungen dokumentieren einen 2/3-Anteil von Schluff- und Tonstein (Rohstoff), 1/6 der Folge entfällt auf Sande (beibrechender Rohstoff) und ein weiteres 1/6 stellt Abraum dar (Deckschichten und eingeschaltete Sandsteine).

Diese ältere Empfehlung für den Regionalverband wurde aufgrund der Geländeaufnahme und der Daten aus dem DGM leicht modifiziert. Die Fläche aus dem Gutachten des LGRB (2002) am Heuberg wurde etwa um die Hälfte reduziert, da im Ostteil die Leitung der Bodenseewasserversorgung verläuft (= L 8120-35 der KMR 50), zu der ein Sicherheitsstreifen von 100 m einzuhalten ist (Abb. 89). Weiterhin ergaben Untersuchungen vor Ort sowie die Beschreibungen von ERB et al. (1961, 1962), dass die Feinsedimente der Unteren Süßwassermolasse und nicht der Oberen Süßwassermolasse angehören.

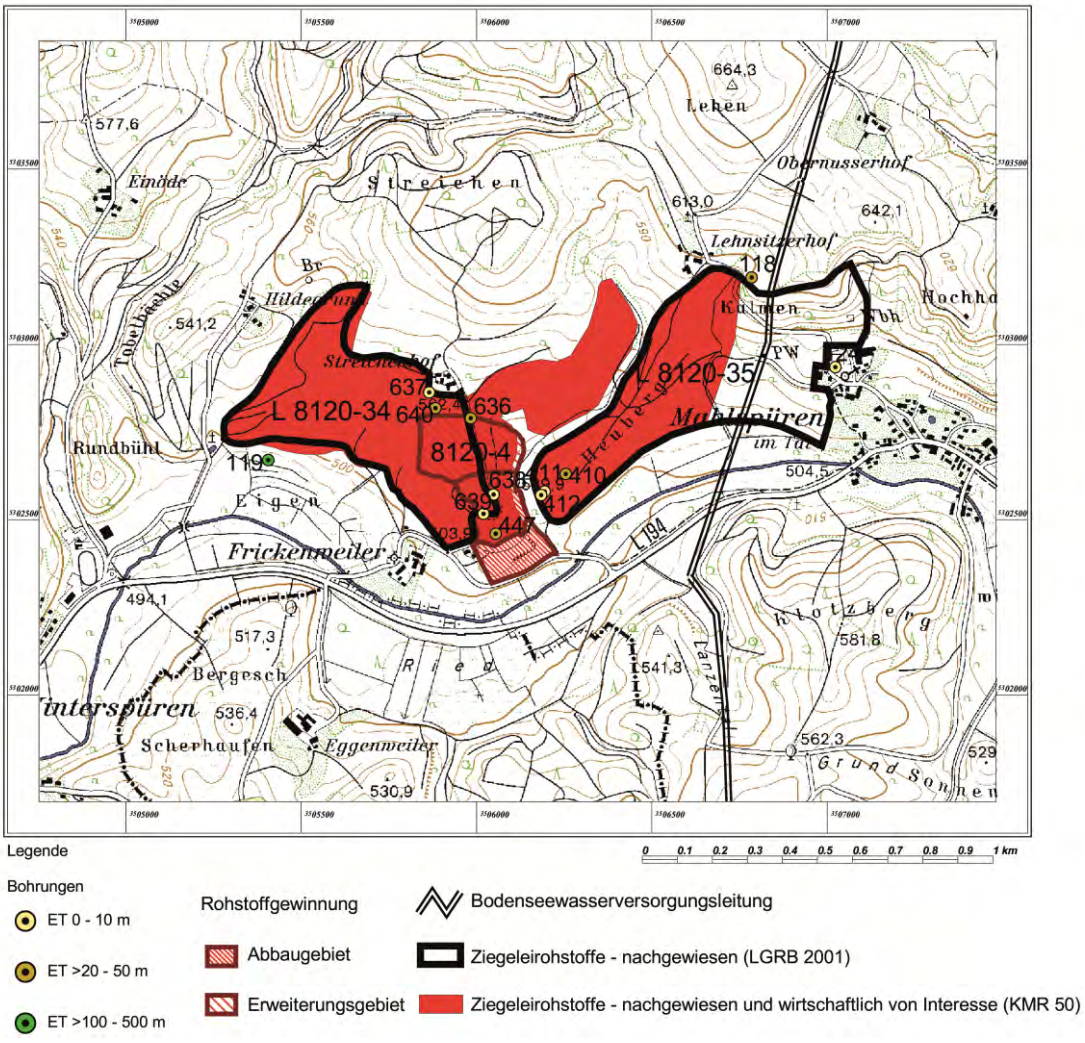


Abb. 89: Ausschnitt aus der Karte der mineralischen Rohstoffe von Baden-Württemberg 1 : 50 000 (KMR 50) Blatt L 8120 Stockach im Bereich der Vorkommen von Ziegeleirohen von Frickenweiler bei Stockach (LGRB 2013) und Darstellung des abgegrenzten Vorkommens nach dem Gutachten des LGRB (2001). Die Abweichung von der Darstellung im LGRB-Gutachten von 2001 geht auf die günstige Zusammensetzung der USM am Ostrand der Grube zurück; daraufhin wurde der auf der GK 25 dargestellte nordöstliche Ausstrich der USM als lagerstättenhöffig eingestuft.

Betriebserhebung

Während der Geländearbeiten war im Bereich Stockach–Pfullendorf nur die Tongrube Frickenweiler (RG 8120-1) in Betrieb, in welcher Feinsedimente der Unteren Süßwassermolasse als Ziegeleirohstoff abgebaut werden. Beim Gespräch mit dem Betreiber wurden neben den Daten zu Abbau und Produktion auch Informationen zu den Rohstoffanforderungen gewonnen, welche eine bessere Vorstellung zur Verwendung der unterschiedlichen Feinsedimente der Unteren Süßwassermolasse und auch zu den Ausschlusskriterien erlauben.

Kartier- und Erkundungsergebnisse, Bewertung

Den Ziegeleirohstoffvorkommen L 8210-34 und -35 bei Frickenweiler (Abb. 89) wurde trotz ihrer hohen nutzbaren Mächtigkeiten von 50 bis maximal 100 m aufgrund der wechselvollen lithologischen Zusammensetzung ein geringes Lagerstättenpotenzial (im landesweiten Vergleich) zugewiesen. Die Geländeaufnahme ergab, dass die Feinsedimente als Mergeltonsteine vorliegen, welche als klassischer Ziegeleirohstoff verwendet werden können, während die Sande „beibrechend" im Tiefbau als Kabel- und Leitungssande zum Einsatz kommen. Die Sandsteine sind nicht verwertbare Zwischenschichten.

Fazit

Die beiden Ziegeleirohstoffvorkommen von Feinsedimenten der Unteren Süßwassermolasse bei Frickenweiler östlich von Stockach werden als Fallbeispiel für die rohstoffgeologische Kartierung und Abgrenzung ausgewählt. Diese Vorkommen stellen im Raum Stockach–Pfullendorf die wichtigste Reserve zur Gewinnung von tonigen Feinsedimenten der Unteren Süßwassermolasse dar. Aufgrund der im Raum Stockach–Pfullendorf insgesamt nur sechs verfügbaren Ziegeleirohstoffvorkommen und der Tatsache, dass erst durch die entsprechende Mischung aus Feinsedimenten der Unteren Süßwassermolasse und der quartären Bändertone eine Herstellung von Hintermauerziegeln möglich ist, haben die Vorkommen bei Frickenweiler eine regionale Bedeutung für die Ziegelindustrie, zumal die Vorkommen bei Pfullendorf (dort ruht der Abbau seit 2012) eine deutlich geringere Flächengröße bei gleichzeitig höheren Abraummächtigkeiten als die Vorkommen bei Frickenweiler aufweisen.

Literatur zu Kap. 6.3

ERB, L., HAUS, H. A. & RUTTE, E. (1961): Erläuterungen zu Blatt 8120 Stockach. – Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000: 140 S., 3 Abb., 3 Taf., 6 Beil.; Geol. Landesamt Baden-Württ., Stuttgart.

ERB, L., HAUS, H. A. & RUTTE, E. (1962): Blatt 8120 Stockach. – Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000; Stuttgart (Geologisches Landesamt Baden-Württ.).

LGRB (2001): Rohstoffgeologische Beurteilung von geplanten Vorrang- und Sicherungsbereichen für den Rohstoffabbau in der Region Hochrhein-Bodensee. – 77 S., 3 Kt. ; Freiburg i. Br. – [Bearbeiter: KIMMIG, B., BUTSCHER, CH., FINGER, P. & WERNER, W.] – [Az: 4704//01 1092, unveröff.].

LGRB (2013) (Hrsg.): Erläuterungen zu Blatt L 8120 Stockach – Karte der mineralischen Rohstoffe (KMR) von Baden-Württemberg 1 : 50 000: 132 S., 23 Abb., 6 Tab., 1 Karte (1 : 50 000), 1 CD-ROM; Freiburg i. Br. – [KMR 50]. – [Bearbeiter: KLEINSCHNITZ, M. & KIMMIG, B.].

MAUS, B., BOCK, H. & LEIBER, J. (1998): Erläuterungen zu Blatt CC 8718 Konstanz. – Kt. oberfläch. Rohstoffe 1 : 200 000 (KOR 200): 66 S., 11 Abb., 2 Tab., 1 Kt.; Hannover (BGR).

6.4 Muschelkalk-Kalksteinvorkommen auf der Baar im Raum Villingen-Schwenningen – Rottweil

[JENS WITTENBRINK]

Übersicht, Vorbemerkungen

Die Landschaft der Baar bildet den Übergang vom Schwarzwald (Kristallin, Buntsandstein) zur westlichen Schwäbischen Alb (Oberjura-Karbonatgesteine). Auf der Hochebene zwischen 670 und 750 m NN stehen Gesteine der Trias und des Unterjuras an. Der Buntsandstein lagert auf dem Grundgebirge im Westen auf; die Schichten tauchen im Osten des betrachteten Gebiets mit leichtem ESE-Einfallen unter die Schwäbische Alb ab (Abb. 90). Die als Baurohstoffe bedeutsamen Karbonatgesteine des Oberen Muschelkalks der Baar streichen im Süden auf einer Breite von 2 km aus, im Norden des Gebietes in einer Breite von 4 km. Nördlich von Rottweil sind die Gesteine des Oberen Muschelkalks im tief eingeschnittenen Neckartal aufgeschlossen. Insgesamt bedecken die Gesteine des Oberen Muschelkalks auf den KMR 50-Blättern L 7716 Schramberg und L 7916 Villingen-Schwenningen eine Fläche von 142 km^2.

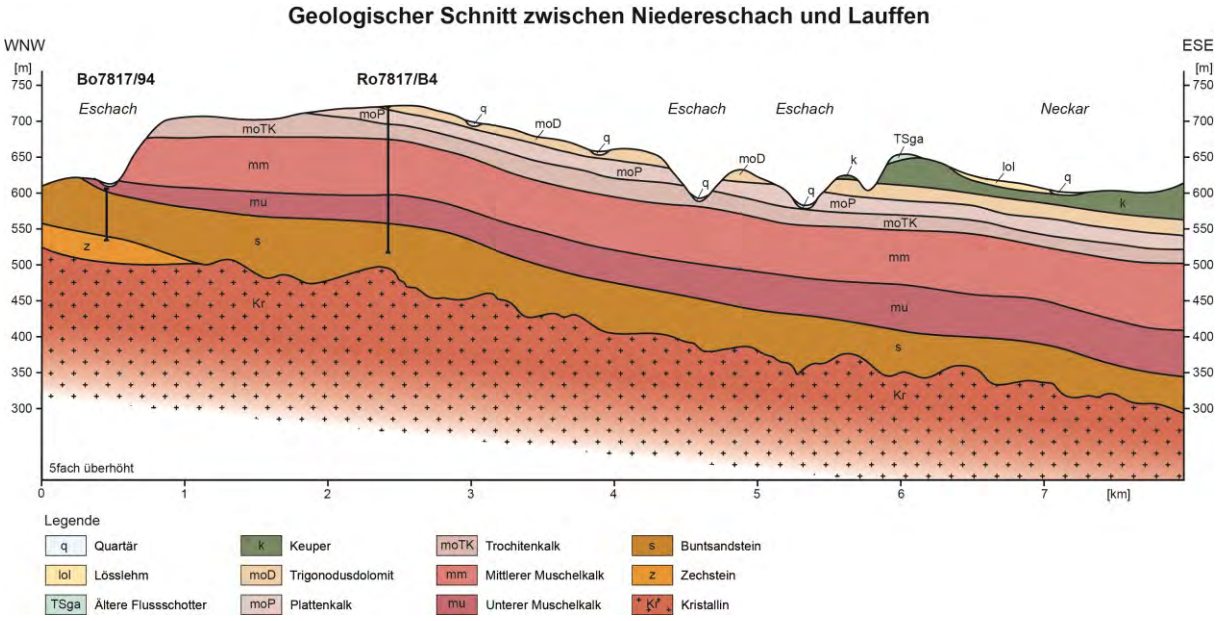


Abb. 90: WNW–ESE gerichteter, 5fach überhöhter geologischer Schnitt zwischen Niedereschach im Westen und Lauffen im Osten. Datenbasis sind die Ergebnisse der Bohrung Bo7817/94 und der LGRB-Erkundungsbohrung Ro7817/B4 sowie Schichtlagerungskarten (RUPF & NITSCH 2008). Diese stellen ein großräumiges Modell dar, das wiederum unter Nutzung weiterer Bohrungen und Tagesaufschlüsse entstanden ist. Die mesozoische Schichtenfolge liegt diskordant auf dem kristallinen Grundgebirge auf und taucht mit wenigen Grad in ostsüdöstliche Richtung ab. Im Bereich der LGRB-Rohstofferkundungsbohrung bilden die Karbonatgesteine eine morphologische Schichtstufe östlich des Eschachtals und weiter nach Osten eine Hochfläche.

Der Ausstrich der Karbonatgesteine des Oberen Muschelkalks ist durch eine markante, morphologisch deutlich erkennbare Schichtstufe gekennzeichnet, die in Nord–Süd-Richtung die Landschaft der Baar prägt. An dieser Schichtstufe steigt das Geländeniveau um ca. 30 bis 40 m an. Auf der nach Osten anschließenden Hochfläche werden die Gesteine des Oberen Muschelkalks durch die Sedimente des Unteren und Mittleren Keupers überlagert. Aufgrund des geringeren Erosionswiderstandes dieser Keuperablagerungen hat sich eine leichte morphologische Senke ausgebildet, welche besonders deutlich zwischen Brigachtal und Bad Dürrheim zu erkennen ist.

Die Karbonatgesteine des Oberen Muschelkalks der Baar lassen sich in drei lithologische Einheiten gliedern. Das untere Drittel bilden die 22–25 m mächtigen Kalksteine der Trochitenkalk-Formation (Abb. 91). Es handelt sich um meist graue Kalksteinbänke, welche durch geringmächtige Dolomit-

stein-, Kalkmergelstein- und Tonmergelsteinlagen getrennt werden. Neben den feinkörnig ausgebildeten Bänken treten ooidführende bzw. bioklastische Kalksteinbänke mit zahlreichen Trochiten, Brachiopoden- und Muschelschalen auf. Sie erreichen Bankmächtigkeiten von durchschnittlich 10–30 cm. Zu erwähnen ist der Marbacher Oolith, ein Kalkoolith, der von Rottweil bis zum Hochrhein auftritt; er wurde lokal als Werkstein verwendet (Abb. 92).

Abb. 91: Links: Dünnschichtiger Plattenkalk mit beigefarbenen dolomitischen Mergelsteinlagen, Stbr. Brigachtal-Klengen (RG 7916-2, Maßstab: 3 m). Rechts: Bankiger Trochitenkalk, Stbr. Zimmern o. R.-Horgen (RG 7817-1).

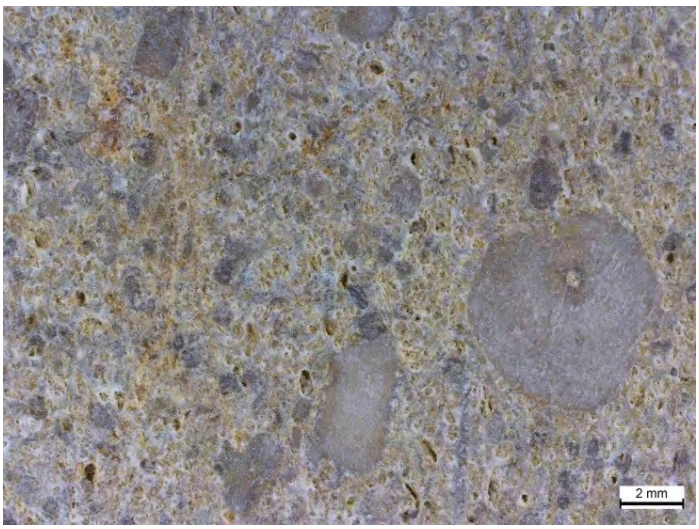


Abb. 92: Detailaufnahme des bioklastenreichen Marbacher Ooliths aus dem Steinbruch Marbach (RG 7916-300) östlich von Villingen-Schwenningen Marbach – Locus typicus für den Marbacher Oolith.

Der mittlere Teil des Oberen Muschelkalks, der sog. Plattenkalk (Abb. 91), besteht vorwiegend aus feinkörnigen Kalksteinen mit Einschaltungen bioklastischer Bänke (vor allem Muschel- und Brachiopodenschill). Die Abfolge des Plattenkalks erreicht eine Mächtigkeit von durchschnittlich 24 m. Südlich von Donaueschingen schaltet sich der Döggingen-Oolith in den Plattenkalk ein; dieser Oolith wurde ebenfalls als Werkstein verwendet. Die Bankmächtigkeiten der Plattenkalke sind deutlich geringer (5–10 cm) als in den Trochitenkalken und die Dolomitstein- bis Mergelsteinfugen zwischen den Kalksteinschichten dicker. Typisch für den Plattenkalk sind wellige bis wulstige Schichtflächen.

Im Übergangsbereich zu den im Hangenden anschließenden Dolomitsteinen des Trigonodusdolomits kann eine unregelmäßige Dolomitisierungsfront festgestellt werden, die wolkig bis schlierig auf die liegenden Kalksteine übergreift (Übergangsbereich). Häufig geht die Dolomitisierung der Plattenkalke von den Schichtfugen aus; es bleibt ein wulstig ausgebildeter grauer Kern aus Kalkstein zurück. Stellenweise liegen die Dolomitsteine als Dedolomite vor. Typisch für beide sind die beige bis fahlgelbe Färbung.

Das oberste Drittel des Oberen Muschelkalks der Baar nimmt der Trigonodusdolomit (Rottweil-Fm.) (Abb. 93) ein. Die Mächtigkeit der Dolomitsteine variiert zwischen 19 und 23 m (FRANZ & MÜNZING 2004). Generell ist eine Mächtigkeitszunahme von Norden nach Süden festzustellen. Die hellbraunen, bankigen Dolomitsteine sind feinkristallin ausgebildet und „sanden" im oberflächennahen Bereich ab. Teilweise sind in die Dolomitsteine auch mergelige bzw. schalenführende Lagen eingeschaltet. Die Gesteine können fest und hart aber bereichsweise auch porös bis kavernös ausgebildet sein.

Abb. 93: Dickbankige, feinkristalline, gelblich beige Dolomitsteine im Steinbruch Dietingen (RG 7817-4) nördlich von Rottweil. Die ca. 20–25 m mächtigen Dolomitsteine des Trigonodusdolomits überlagern die Plattenkalke (im Bild unten links) und werden ihrerseits von Gesteinen des Unterkeupers bedeckt (oberste Steinbruchsohle).

Im folgenden Text wird auf die Verwendung der neueren Formationsnamen verzichtet und es werden die alten, auf den bestehenden Karten aufgedruckten Bezeichnungen Trochitenkalk, Plattenkalk und Trigonodusdolomit verwendet.

Der Obere Muschelkalk bildet einen schichtig aufgebauten Gesteinskörper, der im Arbeitsgebiet mit wenigen Grad in südöstliche bis östliche Richtung einfällt (Abb. 90 und 93). In Aufschlüssen ist eine wellige Schichtung mit variablem Einfallen festzustellen. Zudem treten oft Bereiche engständiger Klüftung auf. Dies ist zumeist auf Laugungsprozesse (Subrosion) in den liegenden steinsalz- und sulfatführenden Schichten des Mittleren Muschelkalks zurückzuführen. Durch die subrosive Lösung des Steinsalzes und der Sulfate, welche insbesondere von den z. T. tief eingeschnittenen Hängen aus einsetzt, entstehen Hohlräume, die verstürzen können. In der Folge bricht das Deckgebirge ungleichmäßig bis an die Geländeoberfläche nach. Dies drückt sich in Tagesaufschlüssen durch gewellte Schichtung, offene Klüfte und intensive Gesteinszerrüttung aus.

Im tektonischen Bruchmuster der Baar dominieren NW–SE, WSW–ENE und NE–SW streichende Störungen, untergeordnet treten N–S verlaufende Störungen auf (FRANZ & MÜNZING 2004). Das tektonische Bild wird vor allem auf lateraltektonische Bewegungen entlang von lang aushaltenden Störungszonen mit NNE–SSW bzw. NE–SW Streichen wie der Bebenhausen- und Elztalstörungszone zurückgeführt (GEYER et al. 2011). Diese aus dem Grundgebirge aktivierten tektonischen Zonen stellen auch Schwächezonen im sedimentären Deckgebirge dar; an der Oberfläche werden sie von den Eintalungen und Fließgewässern nachgezeichnet. Sie bilden z. T. tief eingeschnittene Täler, z. T. flache Trockentäler auf den Hochflächen. Auch Dolinenfelder und Karstsenken zeichnen die Störungszonen nach. Besonders auffällig ist die Häufung von Verkarstungserscheinungen in den Bereichen, wo verkarstete und von Subrosion betroffene Kalksteine durch Trigonodusdolomit überlagert werden; eine plausible Erklärung dafür liegt bislang nicht vor.

Rohstoffwirtschaftliche Relevanz: Die Karbonatgesteine des Oberen Muschelkalks wurden früher vor allem als Bausteine und zur Erzeugung von Branntkalk verwendet. Kalkoolithe, wie der Marbacher oder Dögginger Oolith (siehe strat. Profil der Abb. 94), fanden im 19. Jahrhundert als Bau- und Orna-

mentsteine Verwendung, wie die Stadtkirche in Bräunlingen und Figuren am Kloster Rheinau (Schweiz) zeigen (WERNER et al. 2013). Heute werden diese Gesteine überwiegend zur Erzeugung von Körnungen für den Verkehrswegebau, für Baustoffe und als Betonzuschlag verwendet. In der Region Schwarzwald-Baar-Heuberg werden die Karbonatgesteine des Oberen Muschelkalks derzeit noch in neun Steinbrüchen gewonnen.

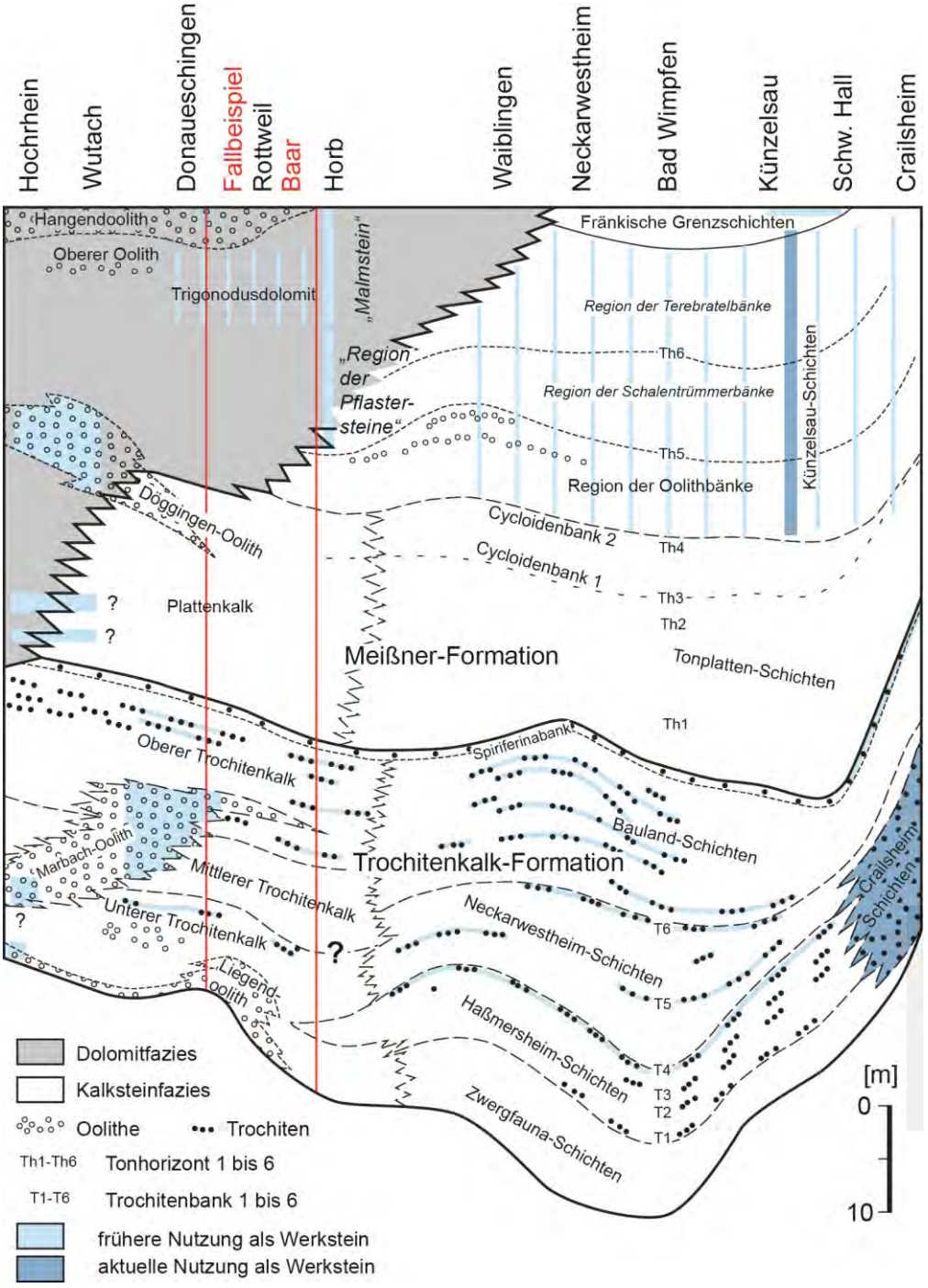


Abb. 94: Stratigraphische Gliederung, Leithorizonte und Mächtigkeitsentwicklung des Oberen Muschelkalks in Baden-Württemberg (nach: GEYER et al. 2011). Innerhalb der roten Linien: Muschelkalk des Arbeitsgebiets. Die Produktpalette der aktuellen Gewinnungsbetriebe umfasst Schotter, Splitte und Brechsande, Edelsplitte und Edelbrechsande, Betonzuschlag, Mineralgemische, Korngemische für Frostschutz- und Schottertragschichten, Schüttmaterial sowie Blocksteine. Die Dolomitsteine werden zu Mineralgemischen aufbereitet und dienen als Rohmaterial zur Produktion von Düngekalken. Weiterhin werden sie für nicht güteüberwachte Schüttgüter verwendet.

Als nachfolgend beschriebenes Fallbeispiel für die rohstoffgeologische Abgrenzung von Vorkommen des Muschelkalks auf der Baar wurde das Gebiet zwischen Zimmern ob Rottweil und Dauchingen mit dem Focus auf das Areal am Steinbruch Zimmern o. R.-Horgen (RG 7817-1) ausgewählt. In den dortigen Steinbrüchen werden die Karbonatgesteine von Trochitenkalk und Plattenkalk gewonnen, in Dauchingen wird zusätzlich der Trigonodusdolomit genutzt. Außerdem lagen Daten aus Bohrungen und von geophysikalischen Erkundungsarbeiten vor, die im Zusammenhang mit geplanten Steinbrucherweiterungen durchgeführt wurden.

Vorbereitungen für die Geländeaufnahme

Basis der rohstoffgeologischen Geländeaufnahmen waren die Topgraphischen Karten 1 : 25.000 Nr. 7817 Rottweil und 7917 Villingen-Schwenningen-Ost sowie das digitale Höhenmodell (DGM) von 2009 mit einer Auflösung von einem Pixel pro Quadratmeter (Abb. 95). Außerdem standen die digitalen Flächen- und Liniendaten der geologischen Karte 1 : 50 000 (GeoLa, RPF/LGRB 2015, Abb. 96) sowie die Geologischen Karten von Baden-Württemberg 1 : 25 000 (GK 25) Blätter 7817 und 7917 Rottweil und Villingen-Schwenningen-Ost (SCHALCH 1982a, SCHMIDT et al. 2004) zur Verfügung. Zu diesen geologischen Kartenblättern liegen Erläuterungen von SCHALCH (1982b) und FRANZ & MÜNZING (2004) vor.

Abb. 95: Digitales Geländemodell des Gebietes Zimmern o. R.–Horgen mit den Muschelkalk-Steinbrüchen. Erkennbar ist eine flachwellige Morphologie, welche auf ENE–WSW verlaufende tektonische Zerrüttungszonen zurückzuführen ist. Sie begünstigen Laugungsprozesse im Mittleren Muschelkalk (Steinsalz, Sulfatgesteine).

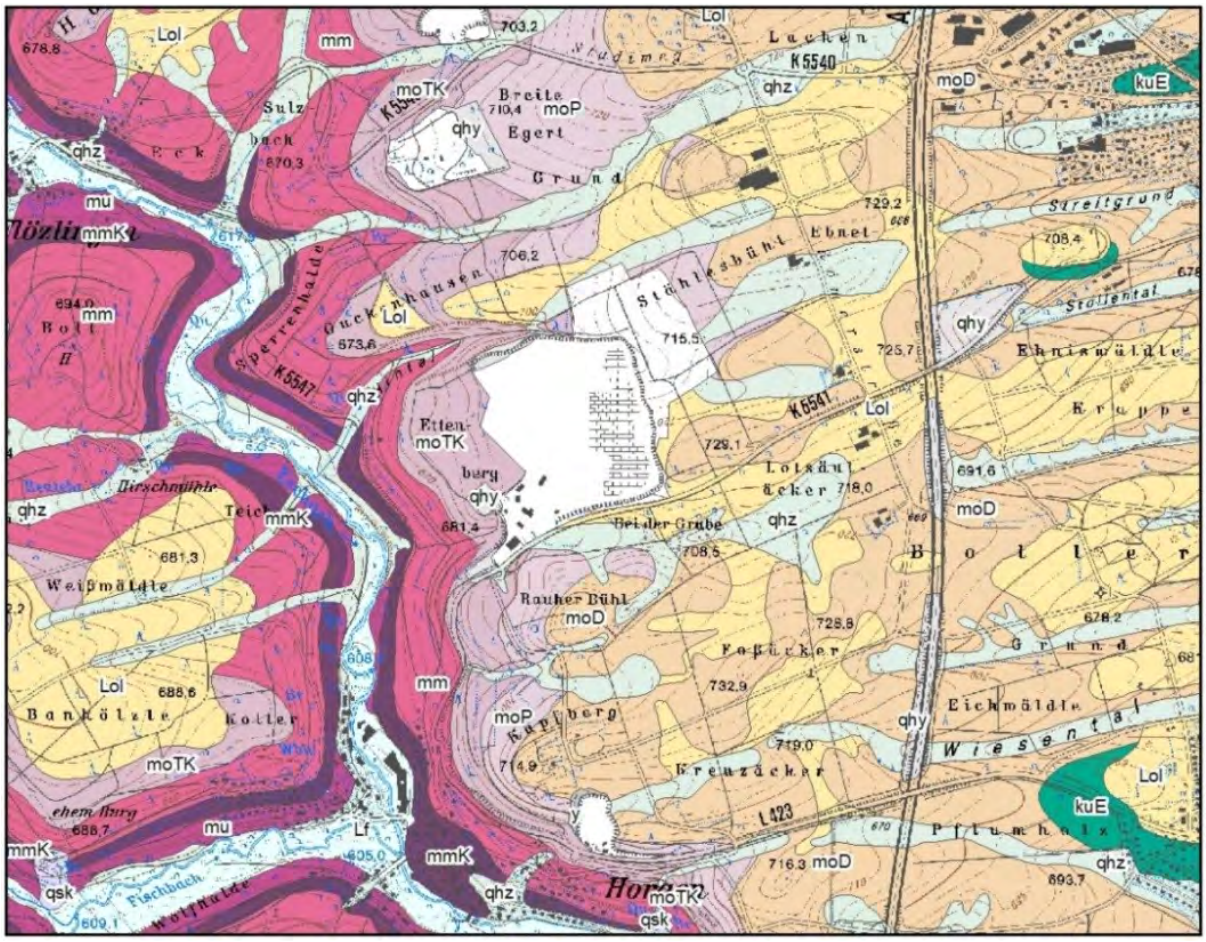


Abb. 96: Geologische Karte für das Gebiet zwischen Zimmern o. R. und Horgen (digitaler Datensatz, LGRB/GeoLa).

Die bestehenden geologischen Kartenwerke und Erläuterungen sind eine wichtige Hilfestellung für die Bewertung von Vorkommen im Oberen Muschelkalk. Sie ersetzen jedoch nicht die Geländebegehung unter rohstoffgeologischen Aspekten. So werden auf den Geologischen Karten z. B. oft keine verkarsteten Bereiche dargestellt. Starke Verkarstung und zugehörige Verlehmung können die Kalksteinvorkommen eines Gebietes rohstoffwirtschaftlich ungünstig oder sogar unbrauchbar machen.

Als rohstoffgeologisches Kartenwerk lag im betrachteten Raum die Prognostische Rohstoffkarte des LGRB vor, die anlässlich der Regionalplanung für die Region Schwarzwald-Baar-Heuberg im Jahr 1992 erstellt wurde (Abb. 97A). Diese für den behördeninternen Gebrauch erstellte Karte lieferte erste Anhaltspunkte zu Lage und möglicher Ausdehnung von wahrscheinlich rohstoffgeologisch bedeutsamen Vorkommen oberflächennaher Rohstoffe. Sie wurde ausschließlich mit den im LGRB vorhandenen Archiv- und Kartendaten angefertigt. Eine Rohstoffkartierung mit Gesteinsbewertung fand bei dieser ersten landesweiten Bestandsaufnahme nicht statt.

Daneben existiert die Karte der oberflächennahen Rohstoffe der Bundesrepublik Deutschland im Maßstab 1 : 200 000 (KOR 200, Abb. 97B) mit dem Blatt Freiburg-Nord CC 7910 (MÜNCHEBERG et al. 2003). Dieses Kartenwerk baut wiederum auf der og. Prognostischen Rohstoffkarte sowie auf Daten des Betriebsstättenarchivs des LGRB auf. Sie ist Teil eines bundesweiten Kartenwerks, das einen groben Überblick über die Abbaustätten von oberflächennahen Rohstoffen und das Rohstoffpotenzial in unmittelbarer Nähe der Abbaustätten geben soll.

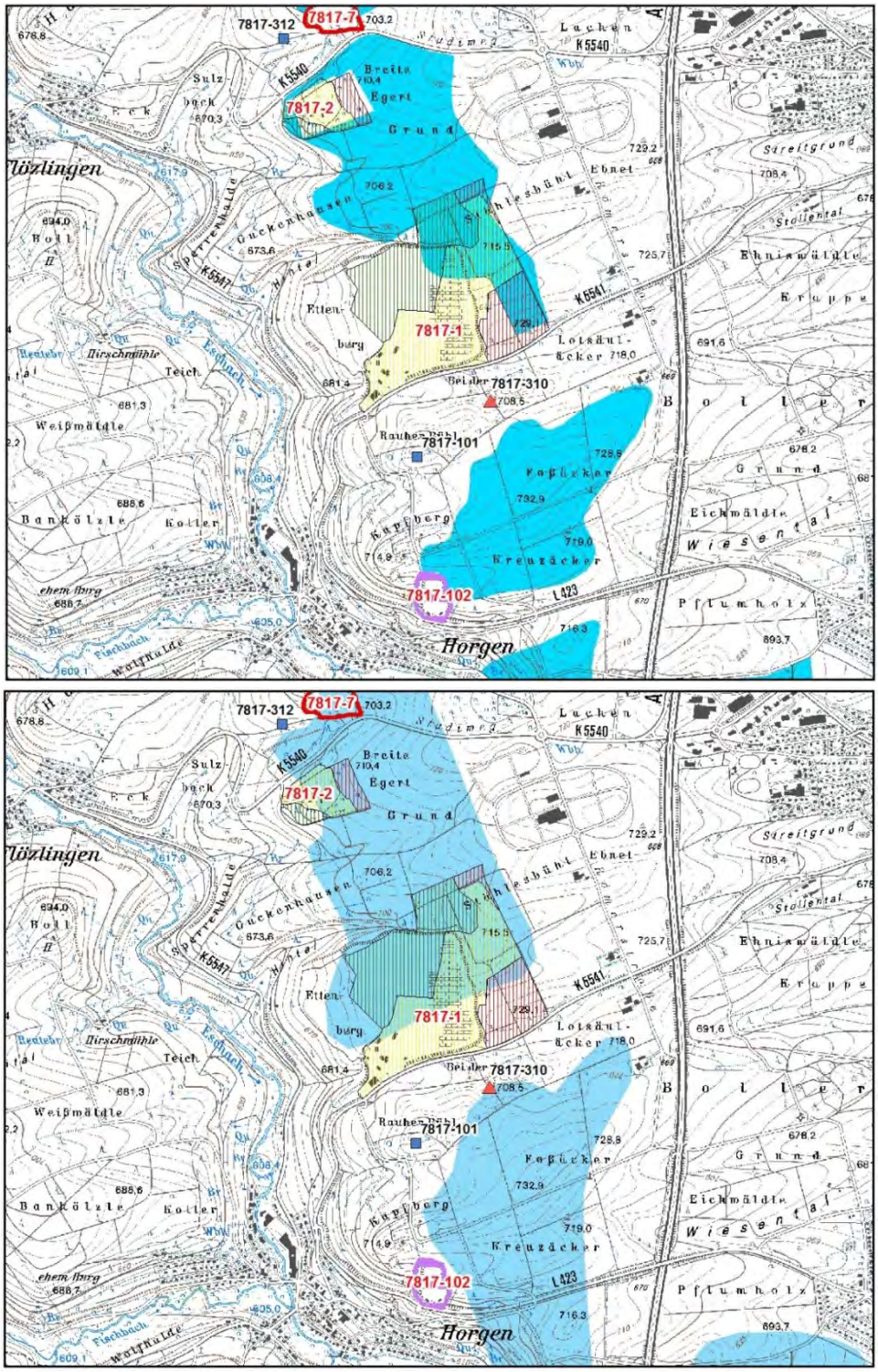


Abb. 97: Zu Beginn der Kartierarbeiten zur KMR 50 vorliegende Rohstoffkarten. ***A*** *Ausschnitt aus der Prognostischen Rohstoffkarte des damaligen GLA von 1992 mit prognostizierten wirtschaftlich interessanten Vorkommen von Muschelkalk (blaue Flächen) zwischen Zimmern o. R. (NE) und Horgen.*
B *Darstellung der Rohstoffvorkommen im Muschelkalk in der Karte der oberflächennahen Rohstoffe 1 : 200 000 (KOR 200) von 2003, Raum Zimmern o. R.-Horgen.*

Weitere für die Rohstoffkartierung genutzte Informationsquellen sind das Archiv der Rohstoffgewinnungsstellen (LGRB-Rohstoffgewinnungsstellen-Datenbank, RGDB) sowie die LGRB-Aufschlussdatenbank (ADB). Die RGDB beinhaltet wesentliche Daten zu allen betriebenen und stillgelegten Rohstoffgewinnungsstellen in Baden-Württemberg. Datenaktualisierungen erfolgen im Zuge von Kartierarbeiten und Steinbruchaufnahmen.

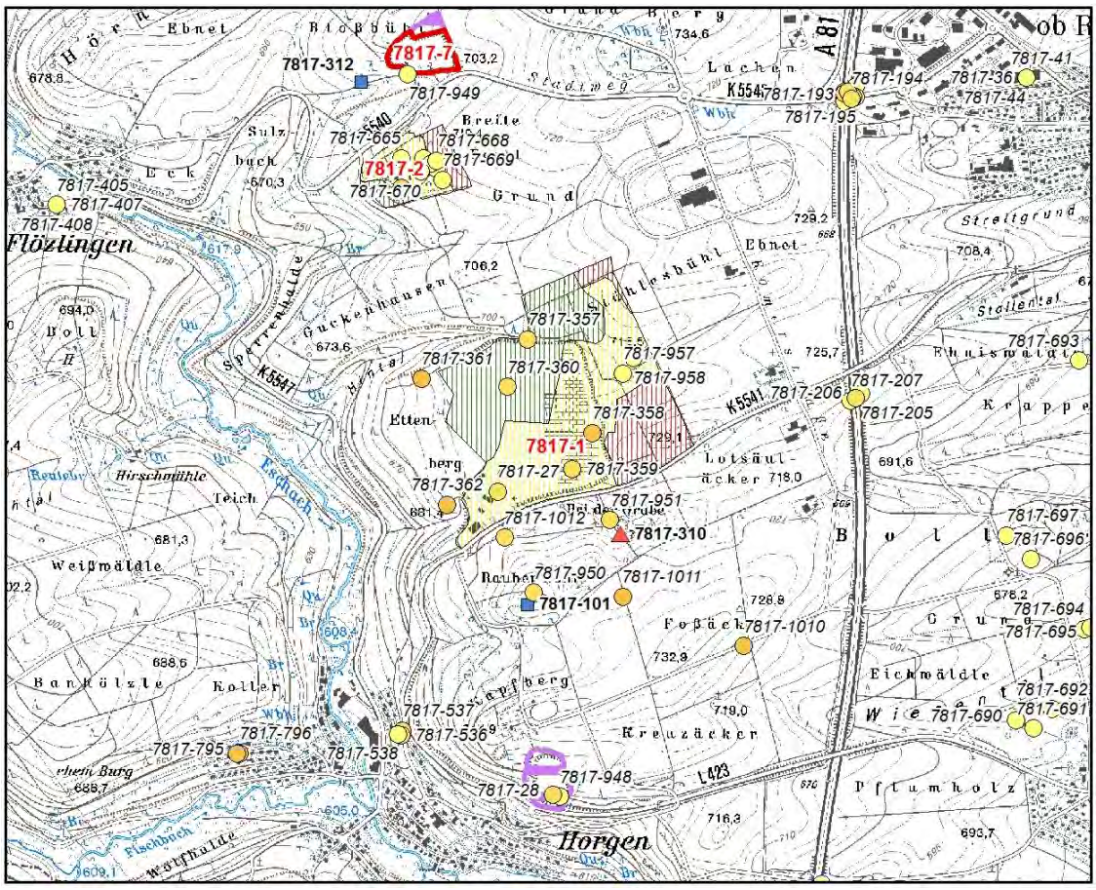


Abb. 98: Bohrpunktkarte für das Umfeld des Muschelkalk-Steinbruchs Horgen, erstellt mittels Aufschlussdatenbank mit Darstellung der Bohrpunkte (gelb) und Steinbrüche (flächenhafte Schraffur).

Neben den Kartierungsdaten, welche Informationen zur Zusammensetzung der oberflächennahen Gesteine liefern, werden für die Abgrenzungen von Rohstoffvorkommen besonders Bohrungen verwendet, die einen Einblick in den Untergrund gewähren. In der Aufschlussdatenbank (ADB) bzw. im Bohrarchiv des LGRB sind alle Aufschlüsse wie Bohrungen, Sondierungen und Schürfe mit zugehörigen Schichtverzeichnissen abgelegt. Die Lagedaten stehen als Punkt-Thema in ArcGIS zur Verfügung. Die digitalen Schichtenverzeichnisse werden mittels des Programms GeODin visualisiert. Im Umfeld des Steinbruchs Horgen stehen zurzeit 74 derartige ADB-Datensätze zur Verfügung (Abb. 98).

Die meisten Bohrungen im Fallbeispiel liegen im Bereich der Orte sowie entlang der Bundesautobahn A 81. Mögliche Rohstoffvorkommen im Oberen Muschelkalk sind meist in land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen zu suchen; für diese liegen nur selten Informationen aus Bohrungen vor. Im Umfeld von in Betrieb befindlichen Gewinnungsstellen steigt die Zahl der Bohrinformationen i. d. R. deutlich an. Zur Verbesserung der Informationen über die voraussichtlich ausreichend mächtigen Muschelkalkvorkommen im bisher nicht rohstoffwirtschaftlich genutzten Gebiet wurden daher im Zeitraum von November 2016 bis April 2017 sechs Kernbohrungen für die Erstellung der KMR 50 Blatt Villingen-Schwenningen abgeteuft. Zudem hat die Fa. Bau-Union auf Anraten des LGRB im Juli 2017 weitere Kernbohrungen zur betrieblichen Rohstofferkundung in Auftrag gegeben. Auch die Ergebnisse dieser Kernbohrungen stehen dem LGRB zur Bewertung des Rohstoffvorkommens zur Verfügung, sind aber als betriebsinterne Erkundungsdaten vertraulich zu behandeln.

Geländearbeiten

Die Geländearbeiten wurden vom Herbst 2015 bis Frühjahr 2016 durchgeführt. Zuerst erfolgte die Befahrung der Gewinnungsbetriebe. In den Steinbrüchen ist ein Großteil der wirtschaftlich bedeutsamen Gesteinsabfolge einsehbar. Durch den Anschnitt der Gesteinsabfolge an unterschiedlich orientierten Steinbruchwänden können Rückschlüsse auf die Verbands- und Lagerungsverhältnisse sowie auf die Gesteinsbeschaffenheit im unverwitterten Zustand gezogen werden.

Die Kartierung erfolgte im Maßstab 1 : 10 000 und umfasste den gesamten Ausstrichbereich des Oberen Muschelkalks. Im ersten Schritt wurden die mittels DGM und Topographischer Karte lokalisierten ehemaligen Gewinnungsstellen („Altabbaue“) angefahren und ihr lithologisches, tektonisches und rohstoffgeologisches Inventar aufgenommen. Hierzu gehören:

- Ermittlung der sog. Stammdaten wie Lage, Höhe, Rohstoffgruppe, stratigraphische Zuordnung dieser, Art des Abbaus („Gewinnungsart“), Abbau- und Produktionsmengen,
- Abbaugeometrie und Größe der Abbaufläche,
- Rohstoffgeologische Parameter wie nutzbare Mächtigkeit im Vorkommen, Petrographie, Gesteinseignung, nicht verwertbare Anteile usw.,
- Mächtigkeit und Petrographie der voraussichtlich nicht nutzbaren Schichten („Abraum“),
- Schichtlagerung, tektonische Störungen und Trennflächen sowie Rohblockgröße (falls Eignung als Naturwerksteine),
- Einsatzmöglichkeiten der gewonnenen Rohstoffe, Aufbereitungstechnik, derzeit erzeugte Produkte, Einsatzbereiche, Lieferradius usw.

Auf den geologischen Karten ist die Verbreitung der Gesteinseinheiten mit erdgeschichtlicher Zuordnung zeitlicher Abschnitte dargestellt. Diese Karten geben jedoch keine Auskünfte über die genaue Beschaffenheit und die Verwertbarkeit der Gesteine, daher sind rohstoffgeologische Aufnahmen in Steinbrüchen und Seitenentnahmen und sonstigen Aufschlüssen sowie die Durchführung von Lesesteinkartierungen erforderlich.

Im Fallbeispiel wurden feste, splittrig brechende Kalksteine gesucht, die möglichst wenig tektonisch beansprucht sind und keine bzw. nur geringe Dolomitisierung und Verkarstung aufweisen. Daneben treten aber Gesteine auf, die diese Kriterien nicht erfüllen, d. h. also ungünstige Gesteinseigenschaften aufweisen. Beides wird während der Kartierung auf topografischen Arbeitskarten mit unterschiedlichen Farben markiert. Gleichzeitig wird die Eignung der Gesteine für wichtige Verwendungsbereiche abgeschätzt (Druckfestigkeit, Verwitterungsverhalten, mögliche Körnungen usw.).

Ein wichtigstes Kriterium bei der Abgrenzung von Rohstoffvorkommen ist die Bestimmung der nutzbaren Mächtigkeit und der Abraummächtigkeit. Die nutzbare Mächtigkeit ist der verwertbare Anteil der Schichtenfolge. Nicht verwertbar sind im Beispielgebiet die dolomitischen Mergelsteine bzw. Dolomitmergelsteine sowie Karstlehme. Sie werden i. d. R. bereits im Steinbruch beim Abbau ausgehalten oder beim Aufbereitungsprozess abgetrennt. Die Mächtigkeiten der Gesteine des Oberen Muschelkalks auf der Baar liegen bei 22–25 m im Trochitenkalk, 19–26 m im Plattenkalk und 18–23 m im Abschnitt des Trigonodusdolomits (SCHALCH 1982b, SCHMIDT et al. 2004); die nutzbare Mächtigkeit sollte also mindestens 40–50 m betragen. Diese Werte wurden durch die Erkundungsbohrungen Ro7817/B3–B5 bestätigt (s. Erkundungsarbeiten). Falls sich die Gesteine des Trigonodusdolomits als verwertbar herausstellen (z. B. für unqualifizierten Wegebau und für Düngemittel), so könnte die nutzbare Mächtigkeit auf ca. 60 m ansteigen (s. u.).

Die geforderte Mindestmächtigkeit für ein wirtschaftlich bedeutsames Rohstoffvorkommens liegt nach den wirtschaftsgeologischen Erhebungen („Betriebserhebungen“) bei der Gruppe der Natursteine für den Verkehrswegebau, für Baustoffe und als Betonzuschlag, Untergruppe Karbonatgesteine, bei 30 m. Diese Forderung wird mit den o. g. nutzbaren Mächtigkeiten für die meisten Gebiete zwischen Zimmern o. Rottweil und Dauchingen bereits durch die Trochiten- und Plattenkalke erfüllt.

Eine Möglichkeit, um Schwankungen in der Mächtigkeitsentwicklung des Oberen Muschelkalks zu rekonstruieren, sind Schichtlagerungskarten (Abb. 99) sowie das Geologische Landesmodell von Baden-Württemberg (RUPF & NITSCH 2008). Hierbei handelt es sich um Modelle, in denen die Grenzflächen zwischen zwei geologischen Einheiten anhand von Ausbissen und Bohrungen durch Isolinien visualisiert werden. Abbildung 99 zeigt die Isolinienkarte für die modellierte Grenzfläche zwischen Oberem und Mittlerem Muschelkalk. Die Abnahme der Höhenwerte (bezogen auf NN) von West nach Ost zeigt an, dass die Grenzfläche nach Osten abtaucht.

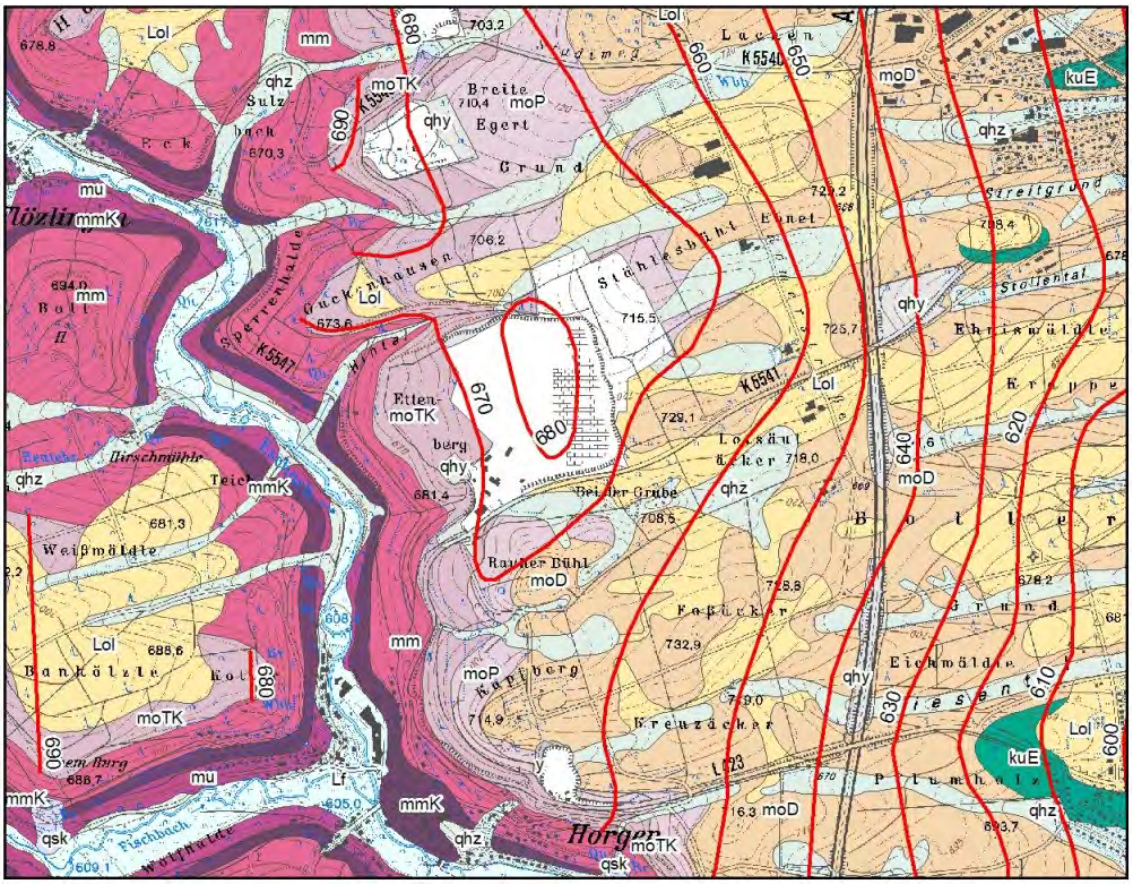


Abb. 99: Isolinienkarte der Grenzfläche zwischen Oberem und Mittlerem Muschelkalk (in m NN).

Bei der Abgrenzung von Vorkommen wird angestrebt, dass das Verhältnis von Abraum zu Nutzschicht nicht höher als 1 : 3 liegt. Wenn die Dolomitsteine vollständig verwertet werden können und die Gesteine des Oberen Muschelkalks durchschnittlich 60 m mächtig nutzbar sind, dann sollte der Abraum eine Mächtigkeit von 20 m im Mittel für das Vorkommen nicht überschreiten. Da im Bereich des Vorkommens keine bzw. nur lokal eine max. 5 m mächtige Überlagerung von nicht verwertbaren, quartären Lösssedimenten auftritt, wird das in der KMR 50 geforderte Abraum-/Nutzschichtverhältnis eingehalten.

Die zahlreichen Steinbrüche im Gebiet ermöglichen die Aufnahme des tektonischen Inventars und der lokalen Schichtlagerungsverhältnisse. Das Einmessen der vorherrschenden Kluftrichtungen sowie von Störungen (Trennflächen mit Versatz der Gesteinspakete im Sinne von Seitenverschiebungen oder Auf- bzw. Abschiebungen) liefert Hinweise auf den Beanspruchungsplan.

Die tektonischen Elemente werden mittels eines Gefügekompasses eingemessen. Zur Bestimmung der Hauptkluftrichtungen sollten statistisch ausreichend Messungen möglichst im gesamten Steinbruch durchgeführt werden. Zur grafischen Darstellung von Kluftrichtungen in Form von sog. Kluftrosen wird die Software Stereonet[11] verwendet (Abb. 100). Die Messungen des tektonischen Inventars sind mit ausreichendem Sicherheitsabstand von den Steinbruchwänden durchzuführen. Die Messungen in den Steinbrüchen ergaben NNW–SSE sowie ENE–WSW streichende Hauptkluftrichtungen. Diese Richtungen sind im DGM deutlich in Form von Eintalungen (s. Abb. 95) sowie in den Flussverläufen wiederzuerkennen.

[11] *Copyright für das Programm Stereonet: ALLMENDINGER, R. W. (2011-2016). Für weitere Informationen siehe: ALLMENDINGER, R. W., CARDOZO, N. C., and FISHER, D., 2013: Structural Geology Algorithms: Vectors & Tensors: Cambridge, England, Cambridge University Press, 289 pp.*
CARDOZO, N., and ALLMENDINGER, R. W., 2013, Spherical projections with OSXStereonet: Computers & Geosciences, v. 51, no. 0, p. 193–205, doi: 10.1016/j.cageo.2012.07.021.

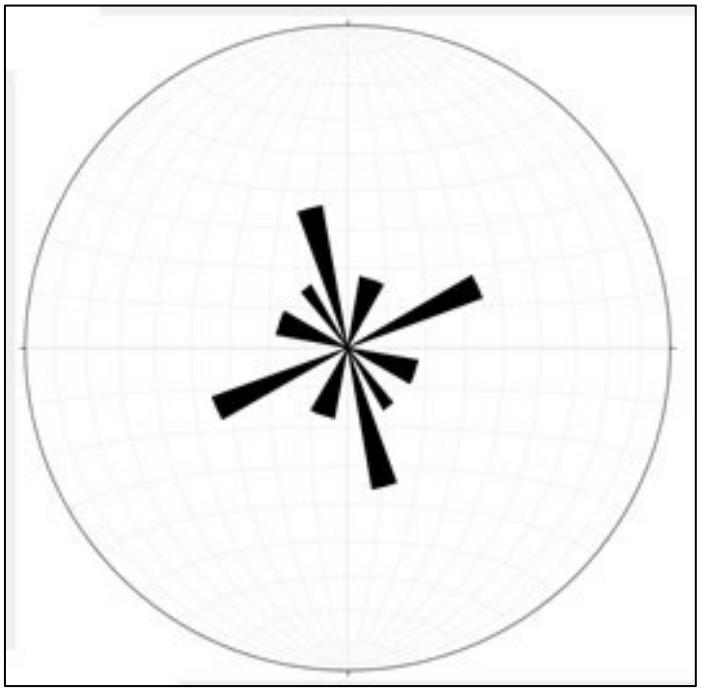


Abb. 100: Darstellung der Hauptkluftrichtungen in den Steinbrüchen der Region Zimmern o. R.-Horgen als Kluftrosendiagramm. Es wird deutlich, dass NNW–SSE und ENE–WSW verlaufende Kluftmuster dominieren. Dies entspricht den auf den Topographischen Karten und im DGM erkennbaren Richtungen von Tälern und Geländemulden.

Die Schichtung der Gesteine wird durch Material- oder Korngrößenwechsel verursacht. Die Karbonatgesteine des Oberen Muschelkalks zeigen einen Wechsel von plattigen bis bankigen, feinkörnigen (mikritischen) oder fossilführenden Kalksteinen mit gering mächtigen dolomitischen Mergelsteinlagen. Die Bestimmung der Mächtigkeiten von Kalk- und Dolomitsteinlagen ermöglicht eine Aussage über den verwertbaren und nicht nutzbaren Anteil der Schichtenfolge.

Neben den Schichtmächtigkeiten, Lagerungsverhältnissen und Störungsverläufen sind auch Bereiche mit ungünstigen Gesteinseigenschaften zu ermitteln und abzugrenzen: Verkarstung, Verlehmung sowie Zonen mit intensiver tektonischer Beanspruchung. Verkarstungserscheinungen im Oberen Muschelkalk zeigen sich im Gelände z. B. in Form von Dolinen oder durch Zonen mit einer starken Verlehmung in Steinbrüchen. In der Gewinnungsstelle Zimmern o. R.-Horgen (RG 7817-1) zeigt die Schichtung des Oberen Muschelkalks unregelmäßige, wellenartige Lagerung, was auf Subrosion im Niveau der Salz- und Sulfatgesteine des unterlagernden Mittleren Muschelkalks zurückzuführen ist. Damit kann auch eine verstärkte Zerrüttung der hangenden Kalksteine einhergehen.

Gut zu lokalisieren sind Dolinen und Senkungsfelder im digitalen Geländemodell (DGM). Südlich von Zimmern o. R. tritt eine Vielzahl von Dolinen im Trigonodusdolomit auf. In der Abb. 101 wird deutlich, dass die meisten Dolinen auf ENE–WSW gerichteten Zonen liegen, welche mit den oben beschriebenen Hauptkluftrichtungen in Steinbrüchen korrelieren. Bei einem Vergleich der Haupttrennflächensysteme und des Verlaufs von Dolinenfeldern und Tälern fällt auf, dass alle denselben landschaftsprägenden Richtungen folgen.

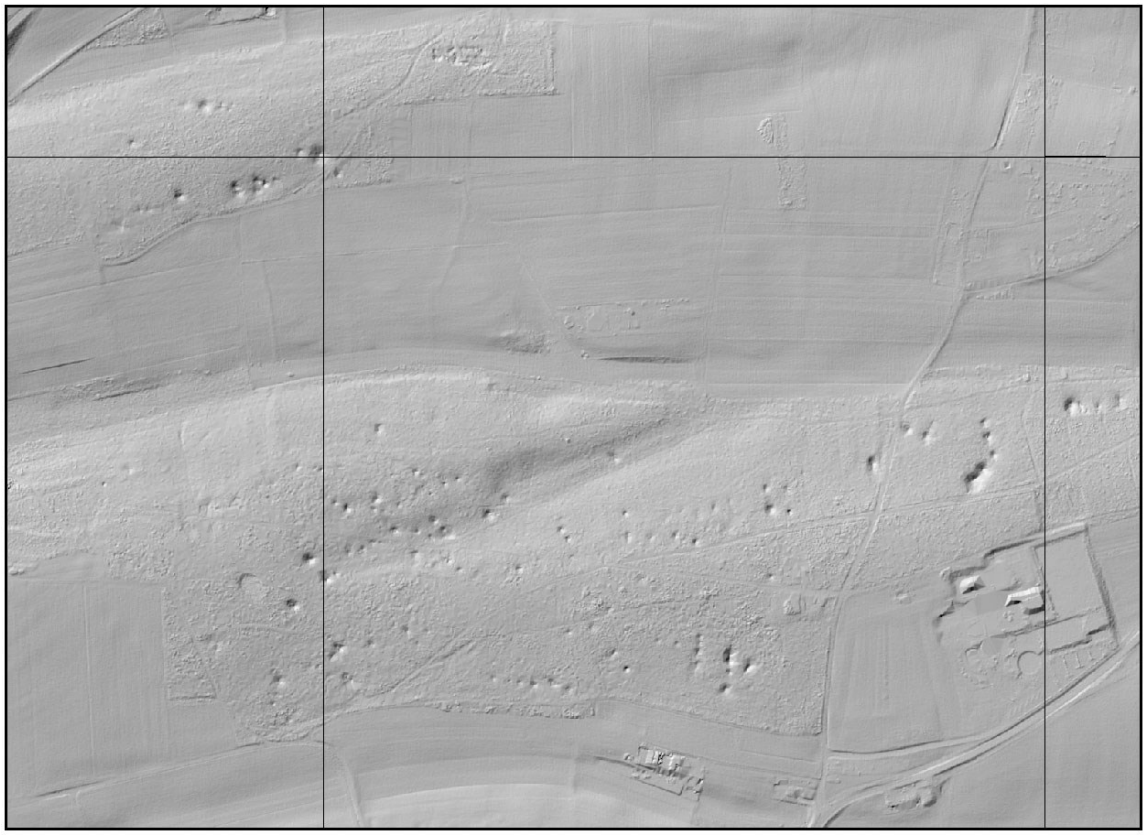


Abb. 101: Ausschnitt des digitalen Geländemodells für das Gebiet südlich von Zimmern o. R. Es sind Ost–West verlaufende Dolinenfelder erkennbar. Dieselbe Richtung weisen auch die Eintalungen und Hauptkluftrichtungen auf, die in den Steinbrüchen ermittelt wurden (s. auch Abb. 95). Die Dolinenreihen dürften somit auf beschleunigte Verkarstung entlang von tektonisch stark beanspruchten Bereichen zurückgehen.

Zudem fallen im selben Gebiet WSW–ENE verlaufende Täler und Verkarstungszonen auf. Sie folgen tektonisch beanspruchten Zonen. Diese Erscheinungen wurden mittels DGM und Geländebegehung auskartiert. Bei großer Dichte der Karstphänomene und starker Verlehmung der Gesteine werden auf der KMR 50 „Bereiche mit ungünstigen Materialeigenschaften“ dargestellt, um zu signalisieren, dass eine mögliche künftige Gesteinsgewinnung in diesen Bereichen voraussichtlich sehr ungünstige Verhältnisse antreffen würde.

Erkundungsarbeiten

Mit Hilfe von Kernbohrungen ist ein tieferer Einblick in die Gesteinsabfolge möglich. Daher wurden nach Kartierarbeiten Bohrpunkte für LGRB-Rohstofferkundungsbohrungen im Oberen Muschelkalk zwischen Dunningen im Norden und Brigachtal im Süden festgelegt. Außerdem sollte geprüft werden, ob die unter den Kalksteinen auftretenden Sulfatgesteine des Mittleren Muschelkalks rohstoffwirtschaftliche Eignung (Mächtigkeit, Reinheitsgrad, Anteil Gips und Anhydrit usw.) besitzen. Daher sollten drei LGRB-Bohrungen durch die Schichten des Mittleren Muschelkalks bis zu den Orbicularismergeln durchgeführt und somit die gesamte höffige Abfolge durchörtert werden.

Weiterhin gab es folgende Fragestellungen: (1) In welcher Tiefe liegt das kristalline Grundgebirge? (2) Sind darüber permische Gesteine vorhanden und, falls dies zutrifft, wie sind sie ausgebildet und wie mächtig sind sie? (3) Wie sind Beschaffenheit und Mächtigkeit der Buntsandstein-Schichten?

Nach den organisatorischen Vorbereitungen (Ausschreibung der Bohrarbeiten, Genehmigungen durch die Landratsämter, Ermittlung der genauen Lage von Versorgungsleitungen, Gestattungsvereinbarungen mit Grundeigentümern usw.) wurde das Bohrprogramm im Zeitraum 28.11.2016 bis 18.05.2017 durchgeführt. Die Ansatzpunkte und -höhen, Endteufen und Erkundungsziele sind in Tab. 5 zusammengestellt.

Tab. 5: Zur rohstoffgeologischen Erkundung des Oberen Muschelkalks durchgeführte Kernbohrungen auf der Baar; n. M. = angetroffene nutzbare Mächtigkeit des Trochiten- und Plattenkalks.

Lfd. Nr.	Bezeichnung (Archiv-Nr.)	Endteufe	Rechts- und Hochwert, Ansatzhöhe	Erkundungsziel	n. M.
1	Ro7817/B1 (BO7817/1006)	47,35 m	R: 34 65 098 H: 53 29 550 757 m NN	Kalksteine des Oberen Muschelkalks	45,62 m
2	Ro7817/B2 (BO7817/1007)	45,50 m	R: 34 64 512 H: 53 30 435 765 m NN	Kalksteine des Oberen Muschelkalks	36,61 m
3	Ro7817/B3 (BO7817/1008)	137,00 m	R: 34 66 611 H: 53 31 094 735 m NN	Kalksteine des Oberen Muschelkalks und Sulfatgesteine des Mittleren Muschelkalks	42,61 m
4	Ro7817/B4 (BO7817/978)	204,00 m	R: 34 67 102 H: 53 32 898 721,7 m NN	Hauptziel: Kalksteine des Oberen Muschelkalks und Sulfatgesteine des Mittleren Muschelkalks; zusätzliches Ziel: Erkundung der gesamten Schichtfolge bis zum kristallinen Grundgebirge zu Zwecken der allgemeinen geologischen Landesaufnahme.	44,05 m
5	Ro7817/B5 (BO7817/973)	121,30 m	R: 34 66 949 H: 53 38 339 721 m NN	Kalksteine des Oberen Muschelkalks und Sulfatgesteine des Mittleren Muschelkalks	40,55 m
6	Ro7916/B2 (BO7916/683)	56,93 m	R: 34 61 526 H: 53 20 455 763 m NN	Kalksteine des Oberen Muschelkalks	51,10 m

Die Kernbohrungen Ro7817/B1, -B2 und Ro7917/B2, welche nur den Oberen Muschelkalk durchteufen sollten, wurden beim Erreichen der Oberen Dolomite des Mittleren Muschelkalks (Diemel-Fm.) eingestellt. Die Bohrungen Ro7817/B3 und B5 wurden bis zu den Orbicularismergeln (Karlstadt-Fm.) ausgeführt, um sicher zu stellen, dass die Sulfatschichten des Mittleren Muschelkalks vollständig durchteuft wurden. Die auf 220 m Tiefe geplante Erkundungsbohrung Ro7817/B4 sollte aus o. g. Gründen der geologischen Landeserforschung das Kristallin erreichen, musste aber wegen technischen Problemen (Bruch und Verlust des Bohrgestänges) in einer Tiefe von 204 m, somit am Top des Geröllsandsteins, eingestellt werden. Aus zeitlichen und finanziellen Aspekten heraus wurde die Bohrung nicht wiederholt.

Für die Erkundung des Oberen Muschelkalks der Baar lieferten alle Bohrungen wertvolle Ergebnisse. Die nutzbare Mächtigkeit von Trochiten- und Plattenkalk in den untersuchten Arealen schwankt aufgrund unterschiedlicher Erosionsbeträge zwischen 36 und 51 m (s. Tab. 5). Für ein regionalplanerisches Vorranggebiet, in dem ein Neuaufschluss entstehen soll, wird nach den KMR 50-Kriterien eine nutzbare Mindestmächtigkeit von 30 m empfohlen. Alle Kalksteinvorkommen, die mittels Kernbohrung auf die Gesteinseigenschaften und die genauen Mächtigkeiten untersucht wurden, erfüllten nach den Kartier- und Erkundungsergebnissen dieses Kriterium. Anhand der Bohrkerne konnten Abraummächtigkeit, Gesteinszusammensetzung und -qualität, Verkarstungstiefe und Gesteinsbeanspruchung (Trennflächenhäufigkeit) bestimmt werden.

Neben der petrographischen Untersuchung der Kernstrecken war auch die stratigraphische Korrelation der Gesteine von Interesse. So können die trochitenführenden Bänke (= Tempestite im Muschelkalkmeer) als Zeitmarken genutzt werden, um Richtprofile für den Muschelkalk eines größeren Gebiets zu erstellen. Diese Richtprofile können zur Interpretation anderer, meist kürzerer Bohrungen (aus anderen Bohrprogrammen) verwendet werden.

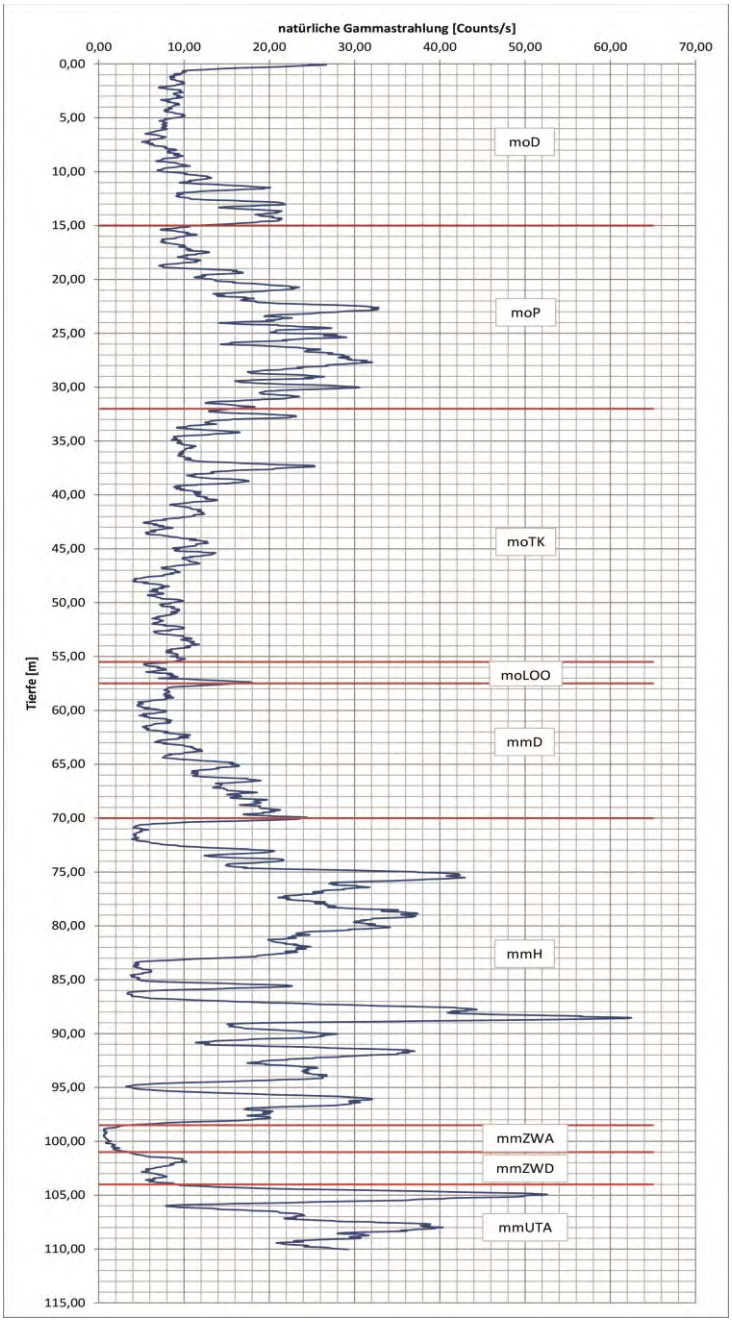


Abb. 102: Gamma-Log der Rohstofferkundungsbohrung Ro7817/B3 im Bereich der Platten- und Trochitenkalke des Oberen Muschelkalks zur relativen Bestimmung des Tonmineralgehalts der durchörterten Schichten und zur Korrelation mit anderen Bohrprofilen in dieser Abfolge. (Abkürzungen stratigraphischer Abschnitte: mmUTA = Unterer Tonanhydrit; mmZWD = Zwischendolomit; mmZWA = Zwischenanhydrit; mmH = Heilbronn-Formation; mmD = Diemel-Formation; moLOO = Liegendoolith; moTK = Trochitenkalk-Formation; moP = Plattenkalk; moD = Trigonodusdolomit).

Zur Erleichterung der stratigraphischen Einstufung der Kerne ist die Messung der Gamma-Strahlung (als Funktion des Tonmineralgehalts) sinnvoll. Beim Gamma-Log wird die Intensität der natürlichen radioaktiven Strahlung gemessen, welche überwiegend auf den radiogenen Zerfall des in Tonmineralen enthaltenen Kalium-Isotops ^{40}K zurückgeht. In Sedimentgesteinen korreliert die Strahlungsintensität daher mit dem Tongehalt. Der elektrische Widerstand verhält sich i. d. R. genau gegenläufig, d. h., dass tonarme Gesteine einen hohen spez. Widerstand aufweisen, tonreiche einen niedrigen. Widerstandsmessungen sind im Bohrloch allerdings nur ohne Verrohrung und im Grundwasser bzw. im spülungserfüllten Bohrloch möglich. Ein Gamma-Log kann hingegen auch in der Verrohrung durchgeführt werden.

Die Rohstofferkundungsbohrung Ro7817/B3 wurde, wie beschrieben, geophysikalisch vermessen. Abbildung 102 zeigt einen Ausschnitt des erzielten Messprofils. Die Abfolge der Plattenkalke in der Meißner-Formation (moP) weisen aufgrund des erhöhten Tonanteils der Mergelsteine bzw. Dolomitmergelsteine, welche jede Kalksteinbank oben und unten begrenzen, eine erhöhte Strahlungsintensität (Gamma-Strahlung) auf. Darunter ist eine Abnahme der Intensität zu erkennen, welche den stratigraphischen Abschnitt der Trochitenkalke (moTK) umfasst. Die Kalksteinbänke sind in diesem Bereich mächtiger ausgebildet, und es treten weniger bzw. geringmächtigere Dolomitmergelsteinlagen auf als im Plattenkalk. Reine Kalksteine, wie die Trochiten- und Schillbänke, sind durch einen Rückgang der Strahlungsintensität charakterisiert.

Eine Methode zur flächenhaften Erkundung von Kalksteinvorkommen ist die geoelektrische Kartierung, also die Messung von elektrischen Widerständen entlang von Messlinien. Im Kalksteingebirge können vor allem verkarstete und verlehmte Störungsbereiche nachgewiesen werden. Mittels Sonden wird Gleichstrom an den Punkten A und B in den Untergrund eingespeist (Kap. 4.5). An zwei weiteren Sonden M und N wird das elektrische Potenzial gemessen. Der spezifische Widerstand des Untergrunds kann nachfolgend aus der anliegenden Stromstärke und dem gemessenen Potenzial berechnet werden.

Geoelektrik (zur Methode: s. Kap. 4.5.4): Bei der Suche nach Erweiterungsflächen für den Muschelkalksteinbruch Zimmern o. R.-Horgen (RG 7817-1) wurde von der Fa. Bau-Union ein Gebiet südlich des vorhandenen Steinbruches favorisiert. Die sehr wellige Morphologie des Geländes sowie eine große Doline ließ eine ausgedehnte Verkarstungszone vermuten. Zur Überprüfung des Untergrunds wurden seitens des LGRB geoelektrische Messungen vorgeschlagen, welche im November 2004 durchgeführt wurden. Die Untersuchung umfasste eine Fläche von ca. 19 ha, auf der vier geoelektrische Profile mit Auslagen von 10–100 m Entfernung gemessen wurden. Mit den unterschiedlichen Auslagenlängen war es möglich, verschiedene Tiefenbereiche geoelektrisch zu kartieren, von denen zwei in der Abb. 103 dargestellt sind. Für die Eichung der Messergebnisse standen zwei Erkundungsbohrungen zur Verfügung.

In den Kartenausschnitten für die Auslagenlängen 25 und 75 m, welche Eindringtiefen von 8 bzw. 25 m entsprechen, sind violett bis grün eingefärbte Flächen zur erkennen (Abb. 103). Kalksteine mit hohen Widerständen sind mit grünen Farbtönen dargestellt. Eine zunehmende Verlehmung der Kalksteine ist durch gelbe bis violette Flächen dargestellt. Oberflächennah liegt im untersuchten Gebiet also eine starke Verkarstung vor, die sich von einem Zentrum im Osten nach Westen erstreckt. In einer Tiefe von 25 m hat sich die Intensität der Verkarstung zwar verringert, ist aber insbesondere im östlichen Teil des Erkundungsgebietes noch deutlich ausgeprägt. Im Gegensatz dazu liegen unverkarstete Kalksteine im südlichen Teil der untersuchten Fläche vor, wie beide Karten an den grünen Farben zeigen. Aufgrund dieser Ergebnisse wurde das Rohstoffvorkommen in Abb. 106 abgegrenzt bzw. Bereiche mit ungünstigen Materialeigenschaften ausgewiesen.

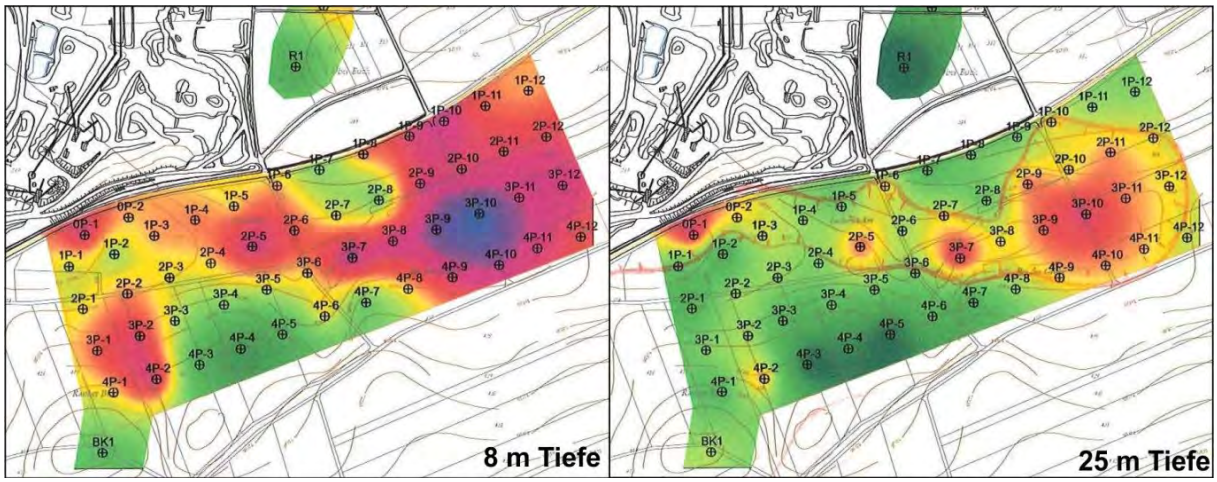


Abb. 103: Kartenausschnitte der geoelektrischen Kartierung südl. des Steinbruches Zimmern o. R.-Horgen in 8 m Tiefe und 25 m Tiefe. Die farbliche Darstellung gibt die unterschiedlichen errechneten spezifischen Widerstände wieder. Verlehmte Verkarstungszonen mit geringen Widerständen werden violett bis orange dargestellt und Kalksteine mit hohen Widerständen in grün bis dunkelgrün.

Gesteinsuntersuchungen

In den Muschelkalksteinbrüchen des Untersuchungsgebiets wurden Mischproben des Platten- bzw. Trochitenkalks aus dem Haufwerk entnommen. Sie wurden der routinemäßigen chemischen Analyse (42 Elemente) im LGRB-Labor zugeführt, um mit dem Blick auf die Verwendungsmöglichkeiten die Materialeigenschaften zu ermitteln. Die im Jahr 2017 erbohrten Kernstrecken wurden in den Abschnitten des Platten- und Trochitenkalks ausschließlich petrographisch bearbeitet (megaskopische Ansprache bei der Kernaufnahme), nicht aber der chemischen Analytik zugeführt, weil aus früheren Bohrprogrammen (KMR 50 Freudenstadt-Rottenburg a. N.; LGRB 2006) gute Daten zur chemischen Zusammensetzung des oberen Muschelkalks bereits vorlagen.

Zur Verwendung von dolomitischen Gesteinen: Die Kartierarbeiten wiesen hohe Mächtigkeiten des Trigonodusdolomits über rohstoffwirtschaftlich geeigneten Kalksteinen des Oberen Muschelkalks (mo) nach. Es stellte sich die Frage, ob diese dolomitischen Einheiten als „Abraum“ zu werten sind oder doch (teilweise?) einer industriellen Verwendung zugeführt werden könnten. Insbesondere im Bereich des Neckartals von Rottweil bis Horb a. N. werden die Kalksteine des Oberen Muschelkalks von bis 25 m mächtigen Dolomitsteinen überlagert. Müssten diese dolomitischen Schichten als Abraum gewertet werden, so wären viele Kalksteinvorkommen aufgrund des schlechten Abraum-/Nutzschicht-Verhältnisses nicht oder nur schwer wirtschaftlich nutzbar und somit auf der KMR 50 auch nicht darzustellen.

Ein Ergebnis der Betriebserhebung war, dass im Steinbruch Dauchingen (RG 7917-1) die Kalksteine von rund 15 m mächtigen dolomitischen Gesteinen der Trigonodusdolomit-Formation überlagert werden und dass diese zu 80 % für die Erzeugung von Düngekalk und zu 20 % als Schotter bzw. Schüttgut verwendet werden können. Die erforderliche Zusammensetzung von dolomitischen Gesteinen, welche zur Erzeugung von Düngekalken geeignet sind, wurde bei heimischen Produzenten erfragt.

Der Trigonodusdolomit wurde daraufhin sowohl in auflässigen Steinbrüchen als auch entlang der Bohrkernstrecken der Bohrungen von 2017 beprobt (meist 1 m-Mischproben). Die qualitative Mineralbestimmung erfolgte röntgenografisch, die quantitative Untersuchung mittels Röntgenfluoreszenzanalyse. Die Abb. 104 zeigt die Analyseergebnisse der Erkundungsbohrung Ro7817/B5 im nördlichen Teil des Untersuchungsgebiets. In dieser Kernbohrung wurde 9,75 m Dolomitstein mit einem Dolomitanteil zwischen 82 und 92 % erbohrt; diese Gesteine eigenen sich somit als Rohstoff für die Produktion von forstlichen Düngemitteln.

Die Laboruntersuchungen an den Kalksteinen der Mischproben, welche in den Steinbrüchen genommen wurden, ergaben im Mittel einen Gesamtkarbonatgehalt von 94,5 %. Dieser besteht zu 83,7 % aus Calcit und 10,7 % aus Dolomit. Die Muschelkalk-Kalksteine enthalten ferner ca. 6 % Tonminerale und Quarz. Damit eigen sich die Kalksteine des Oberen Muschelkalks der Baar hauptsächlich für die Herstellung von Baustoffen im Verkehrswegebau und als Betonzuschlag. Aktuell erzeugt werden Schotter, kornabgestufte Gemische, Schottertragschichten, Splitte, Brechsande, Edelsplitte und Edelbrechsande sowie Schüttmaterial für den unqualifizierten Wegebau.

Bereits bei den Aufnahmen zur KMR L 7516 Freudenstadt und L 7518 Rottenburg am Neckar wurde der gesamte Kernmarsch von Rohstofferkundungsbohrungen (Ro7517/B4 und B5, westlich von Horb a. N.) chemisch untersucht. In der Abb. 105 sind die Calcit- und Dolomitgehalte sowie die Gehalte an Ca, Mg, Si und Al dargestellt, von Elementen also, die Aussagen zur Reinheit der Gesteine erlauben.

Ein Vergleich der Calcit- und Dolomitgehalte des Trigonodusdolomits aus den Bohrungen Ro7517/B4 und B5 mit den Untersuchungsergebnissen der Dolomitsteine der Baar (Ro7817/B5, Abb. 104) zeigt große Ähnlichkeiten. Sowohl auf der Baar als auch westlich von Horb a. N. liegen die Werte im Trigonodusdolomit zwischen 82 und 90 Gew.-% Dolomit, was einem MgO-Gehalt von 18–20 Gew.-% entspricht. Der Calcitanteil ist insgesamt gering und nur in verwitterten Bereichen leicht erhöht. Da die Gehalte in den Kernen der neueren Rohstofferkundungsbohrungen sehr ähnlich sind, ist davon auszugehen, dass der Trigonodusdolomit über große Strecken sehr einheitlich ausgebildet ist.

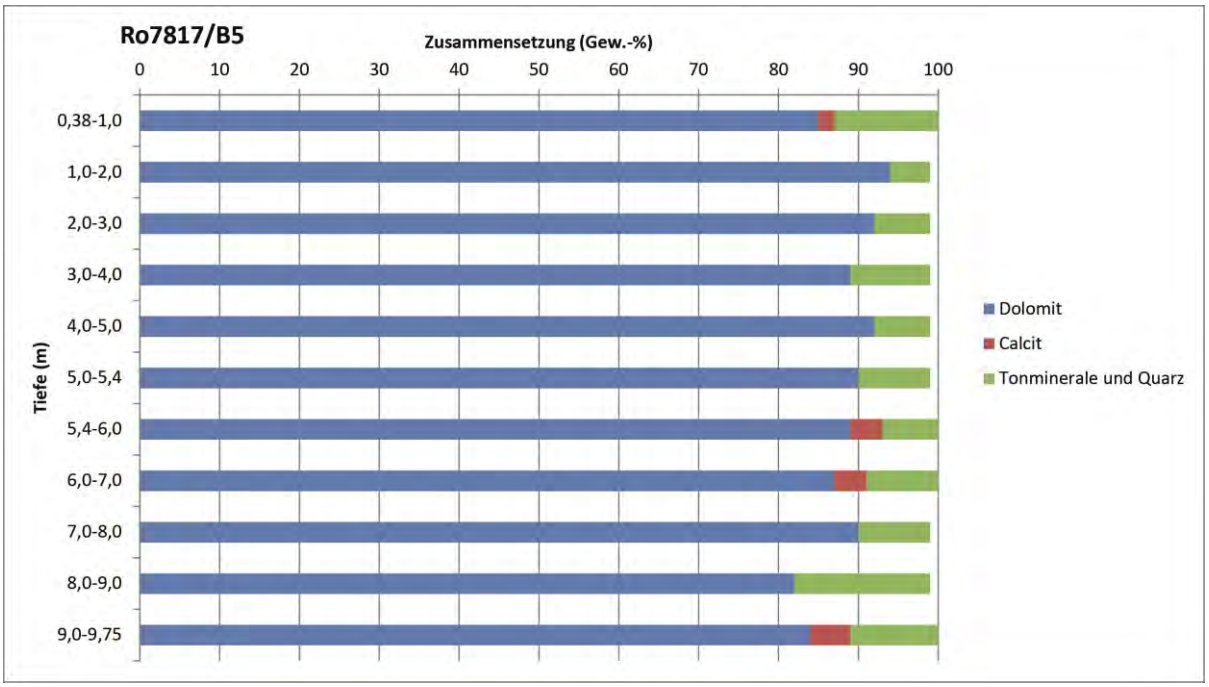


Abb. 104: Zusammensetzung der Dolomitsteine des Trigonodusdolomits in den Bohrkernen der Rohstofferkundungsbohrung Ro7817/B5 westlich von Rottweil.

In der Abb. 105 sind die Daten zur Zusammensetzung des Platten- und Trochitenkalks (Untere Hauptmuschelkalk-Fm.) aufgetragen, gegliedert nach Proben- bzw. Teufenintervall in den o. g. Bohrungen. Die Calcitgehalte schwanken von 58 bis 90 Gew.-%, die Dolomitgehalte variieren zwischen 4 und 28 Gew.-%. Die Dolomitgehalte nehmen vom Plattenkalk zum Trochitenkalk, d. h. zur Teufe hin ab. Unterhalb von 70 m, somit im Übergang zum Mittleren Muschelkalk, steigt der Anteil der Dolomitsteine wieder deutlich an. Der höhere Anteil von SiO_2 und Al_2O_3 in den Plattenkalken ist auf einen im Vergleich zum reineren Trochitenkalk höheren Anteil von Quarz und Ton zurückzuführen.

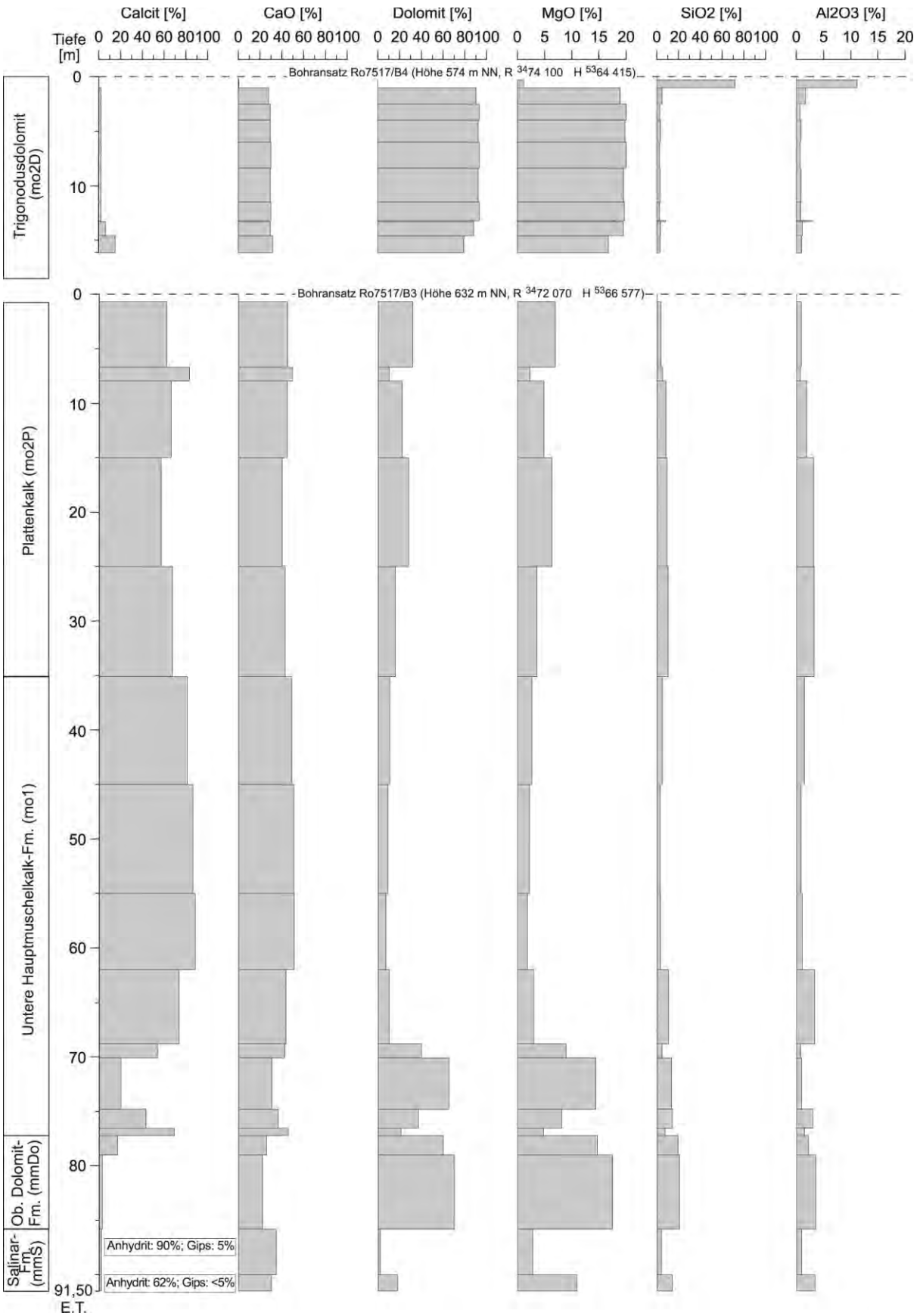


Abb. 105: Geochemisch-mineralogische Kennwerte des Oberen Muschelkalks nach LGRB-Analysen der Bohrungen Ro7517/B4 Betra und Ro7517/B3 Rexingen (LGRB 2006).

Kartier- und Erkundungsergebnisse

Durch die Kompilation der oben beschriebenen Geländebefunde, der Daten aus den Erkundungsprogrammen des LGRB und der Fa. Bau-Union (Erkundungsbohrungen, Geoelektrik) sowie der digitalen Daten (Karten, Datenbanken) wird das Rohstoffvorkommen, wie dargestellt, im Osten und Süden des Steinbruchs abgegrenzt (Abb. 106). Das Gebiet unmittelbar südlich des Steinbruches zeigt eine durch die geoelektrische Erkundung und Auswertung des DGM ermittelte starke Verkarstung und Verlehmung der Kalksteine (*U*-Symbole), siehe Abb. 103.

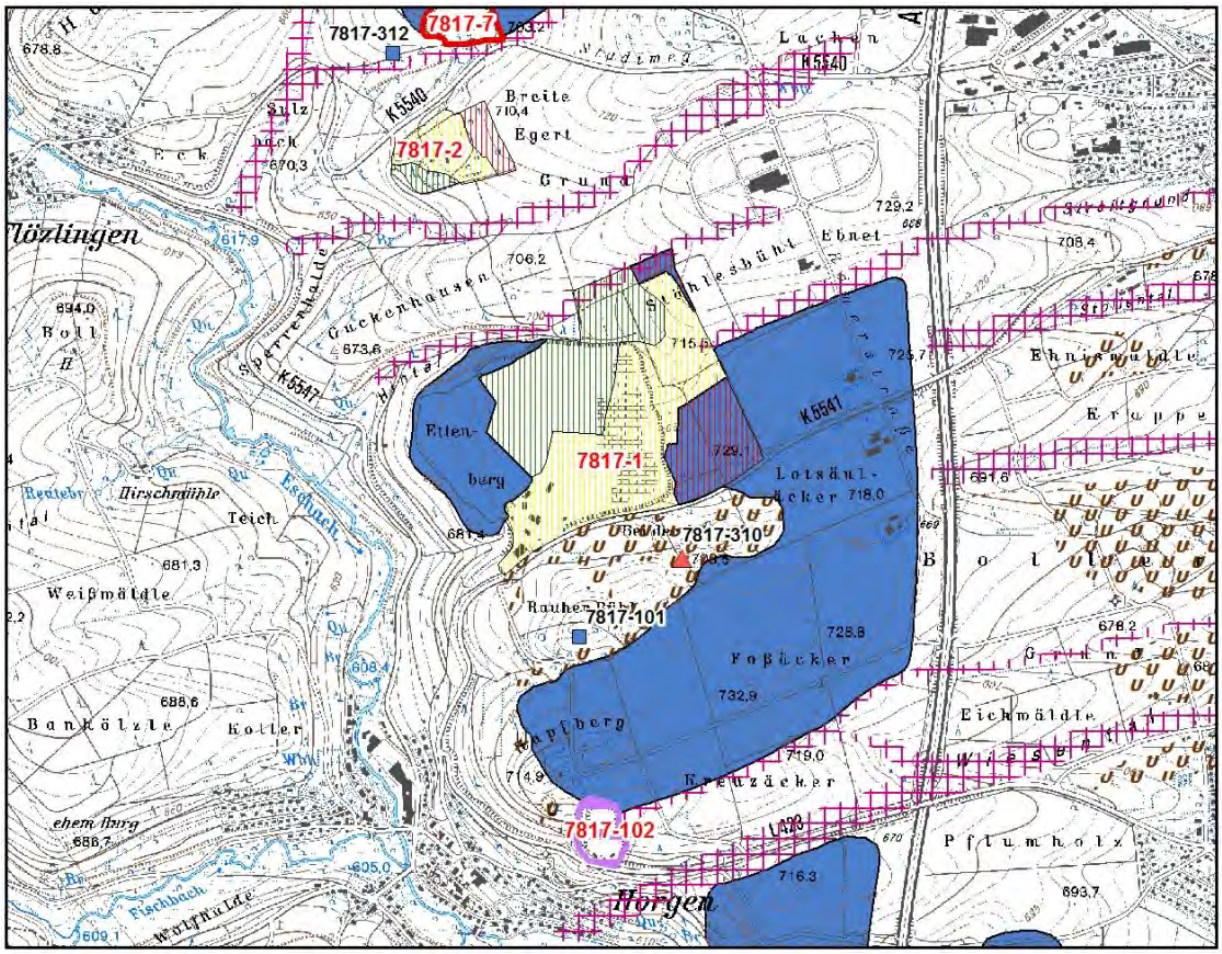


Abb. 106: Ausschnitt aus dem Entwurf zur Karte der mineralischen Rohstoffe 1 : 50 000 mit der Darstellung des rohstoffwirtschaftlich interessanten Kalksteinvorkommens nördlich von Horgen, der Bereiche mit ungünstigen Materialeigenschaften und den Zonen intensiver Gesteinszerrüttung.

Durch den Steinbruchbetrieb ist die Eignung der Kalksteine als Naturstein für den Verkehrswegebau, als Baustoff und Betonzuschlag erwiesen. Hochreine Partien treten nicht auf, weitere intensive Verkarstungen waren auch nicht feststellbar. Die blaue Flächenfarbe symbolisiert, dass im dargestellten Bereich das Vorkommen als „nachgewiesen“ angesehen werden kann und die Gesteine der gleichen Nutzung zugeführt werden können wie im Steinbruch RG 7817-1 (s. Kap. 2.5.4).

Um den Nutzern der KMR (besonders den Regionalplanern) die relativ einfache Möglichkeit zu geben, die Natursteinvorkommen aus der Untergruppe Kalksteine untereinander in ihrer Qualität ohne große geowissenschaftliche Kenntnisse vergleichen zu können, werden alle Vorkommen in landesweit oder regionsweit einheitliche Lagerstättenpotenzial-Kategorien eingestuft. Eine Eingruppierung der Vorkommen erfolgt nach Gesteinsqualität, Anteil nicht verwertbarer Gesteine, Ausmaß der Verkarstung, nutzbarer Mächtigkeit, Ausdehnung und tektonischer Überprägung in folgende Kategorien:

Lagerstättenpotenzial-Kategorien für die Rohstoffgruppe Kalksteine des Oberen Muschelkalks:

Sehr geringes Lagerstättenpotenzial:
1. Gesteinsqualität mittel bis hoch,
2. Anteil minderwertiger oder nicht verwertbarer Gesteine, insbesondere Dolomitsteine, sehr stark schwankend (bis 50 %),
3. Verkarstung örtlich intensiv,
4. Nutzbare Mächtigkeiten im Mittel 30–40 m,
5. Geringe bis mittlere flächenhafte Erstreckung von 20–50 ha,
6. Tektonische Störungen und Zerrüttungszonen sind möglich.

Geringes Lagerstättenpotenzial:
1. Gesteinsqualität mittel bis hoch,
2. Anteil minderwertiger oder nicht verwertbarer Gesteine, insbesondere Dolomitsteine, sehr stark schwankend (bis 50 %),
3. Verkarstung meist gering, örtlich jedoch intensiv,
4. Nutzbare Mächtigkeiten im Mittel 30–50 m,
5. Mittlere bis große flächenhafte Erstreckung von 50–100 ha,
6. Keine bedeutenden tektonischen Störungen nachgewiesen oder vermutet, randlich zum Vorkommen aber möglich.

Mittleres Lagerstättenpotenzial:
1. Gesteinsqualität vorwiegend hoch,
2. Anteil minderwertiger oder nicht verwertbarer Gesteine, insbesondere Dolomitsteine, bis 25 %,
3. Verkarstung gering,
4. Nutzbare Mächtigkeiten im Mittel 50–70 m,
5. Mittlere bis große flächenhafte Erstreckung von 50–100 ha bzw. mit einer mittleren nutzbaren Mächtigkeit von 50 m und einer großen flächenhaften Erstreckung von >> 100 ha,
6. Keine bedeutenden tektonischen Störungen nachgewiesen oder vermutet.

Hohes Lagerstättenpotenzial:
1. Gesteinsqualität überwiegend hoch,
2. Anteil schlecht oder nicht verwertbarer Gesteine, insbesondere Dolomitsteine, ca. 5–10 %,
3. Verkarstung gering bis sehr gering,
4. Nutzbare Mächtigkeiten im Mittel 50–75 m,
5. Große bis sehr große flächenhafte Erstreckung von 100–200 ha,
6. Tektonische Störungen weder nachgewiesen noch vermutet.

Sehr hohes Lagerstättenpotenzial:
1. Gesteinsqualität hoch,
2. Anteil minderwertiger oder nicht verwertbarer Gesteine, insbesondere Dolomitsteine, < 5 %,
3. Verkarstung gering bis sehr gering,
4. Nutzbare Mächtigkeiten im Mittel 70–85 m,
5. Sehr große flächenhafte Erstreckung von > 200 ha,
6. Tektonische Störungen weder nachgewiesen noch vermutet.

Zusammenfassung

Zur Darstellung der Vorgehensweise bei der Abgrenzung von Rohstoffvorkommen im Oberen Muschelkalk der Baar wurde als Beispiel ein Gebiet zwischen Zimmern ob Rottweil und Dauchingen gewählt. Die Kalksteine des Oberen Muschelkalks gehören zusammen mit den Gipssteinen des Gipskeupers zu den wirtschaftlich bedeutendsten Rohstoffen der Region Schwarzwald-Baar-Heuberg. Während der Kartierung wurden zahlreiche Steinbrüche aufgenommen und Bohrungen ausgewertet. Da die verfügbaren Informationen zum Gesteinsaufbau in einigen Gebieten völlig unzureichend waren, wurden sechs Rohstofferkundungsbohrungen parallel zu den Kartierarbeiten durchgeführt. Diese Bohrungen lieferten wertvolle Informationen zu nutzbarer Mächtigkeit und Gesteinsqualität der Karbonatgesteinsabfolge im Oberen Muschelkalk. Die Kombination von Ergebnissen der allgemeinen Landesaufnahme (Geologische Karte), rohstoffgeologischen Kartierungen mit Materialbewertung, Auswertung des DGM und von vorhandenen Daten aus Bohrungen sowie von geoelektrischen Erkundungsarbeiten im Umfeld des Steinbruches Zimmern o. R. führte zur Abgrenzung eines Rohstoffvorkommens im Oberen Muschelkalk, wie sie in Abb. 106 dargestellt ist.

Nach Hinweisen aus den Betriebserhebungen wurde mittels geochemischer Analytik geprüft, ob die überlagernden Dolomitsteine der Trigonodusdolomit-Formation zur Herstellung von Düngekalken geeignet sind. Dies konnte grundsätzlich bestätigt werden. Da jedoch nur relativ geringe Mengen für diesen Einsatzbereich nachgefragt werden, ist dies lediglich als mögliche Teilverwertung der hangenden Schichten zu werten, worauf in den textlichen Erläuterungen in der KMR 50 verwiesen wird. Die über dem GWS für einen möglichen Abbau erreichbaren Kalksteinschichten sollten dennoch nicht von mehr Trigonodusdolomit überlagert werden, als es dem Verhältnis von 1 : 3 entspricht (bei voller Kalksteinmächtigkeit von rd. 50 m also möglichst nicht mehr als 17 m im Mittel über das gesamte dargestellte Vorkommen).

Literatur zu Kap. 6.4

FRANZ, M. & MÜNZING, K. (2004), mit Beiträgen von BOCK, H., FINGER, P., GRIMM, B., KECK, O. & RILLING, K.: Erläuterungen zum Blatt 7917 Villingen-Schwenningen-Ost. – Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000: VI + 199 S., 17 Abb., 12 Tab., 2 Beil.; Freiburg i. Br. (L.-Amt Geol. Rohst. Bergb. Baden-Württ., Hrsg.) – [6., völlig neu bearb. Aufl.].

GEYER, M., NITSCH, E. & SIMON, T. (2011), unter Mitarbeit von ELLWANGER, D., FRANZ, M., GEBHARDT, U., HAGDORN, H., KULL, U., MARTIN, M., REIFF, W., RUPF, I., SCHWEIGERT, G., VILLINGER, E., WIELAND-SCHUSTER, U. & ZEDLER, H.: Geologie von Baden-Württemberg – 5., völlig neu bearb. Aufl. – X + 627 S., 185 Abb., 4 Tab.; Stuttgart (Schweizerbart).

KNÖDEL, K., KRUMMEL, H. & LANGE, G. (1997): Handbuch zur Erkundung des Untergrundes von Deponien und Altlasten. Band 3 – 1102 S.; Berlin (Springer-Verlag).

LGRB – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, RP Freiburg (2006): Erläuterungen zu Blatt L 7516 / L 7518 Freudenstadt/Rottenburg am Neckar. – Kt. mineral. Rohst. Baden-Württ. 1 : 50 000: 260 S., 33 Abb., 6 Tab., 2 Kt.; Freiburg i. Br. – [Bearbeiter: KESTEN, D. & WERNER, W., mit Beiträgen von KILGER, B.-M. & SELG, M.].

MÜNCHEBERG, C., BOCK, H, FINGER, P. WERNER, W. unter Mitarbeit von KIMMIG, B. (2003): Erläuterungen zu Blatt CC7910. – Karte der oberflächennahen Rohstoffe 1 : 200 000: 81 S., 3 Abb., 6 Tab., 1 Kt.; Hannover (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) und den Staatlichen Geologischen Diensten in der Bundesrepublik Deutschland (SDG), Hrsg.) – [KOR200].

RUPF, I. & NITSCH, E. (2008): Das Geologische Landesmodell von Baden-Württemberg: Datengrundlagen, technische Umsetzung und erste geologische Ergebnisse. – LGRB-Informationen, **21**: 82 S., 36 Abb., 3 Tab, 10 Beil.; Freiburg i. Br.

SCHALCH, F. (1982a): Blatt 7817 Rottweil. – Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000; Stuttgart (Geol. L.-Amt Baden-Württ.). – [ergänz. Nachdruck der Aufl. von 1909].

SCHALCH, F. (1982b) mit Beiträgen von LEIBER, J. & MÜNZING, K.: Erläuterungen zu Blatt 7817 Rottweil. – Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000: 128 S., 4 Abb., 2 Beil.; Stuttgart (Geol. L.-Amt Baden-Württ., Hrsg.) – [4. ergänz. Nachdruck der 1. Aufl. von 1912].

SCHMIDT, M, FRANZ, M. & RILLING, K. (2004): Blatt 7917 Villingen-Schwenningen-Ost. – Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000; Freiburg i. Br. (L.-Amt Geol. Rohst. Bergb. Baden-Württ., Hrsg.) – [6., überarb. Aufl.].

WERNER, W., WITTENBRINK, J., BOCK, H. & KIMMIG, B., mit Beiträgen von GRÜNER, F., STEIN, K.-J., KOCH, R., HILDEBRANDT, L. & REIFF, W. (2013): Naturwerksteine aus Baden-Württemberg – Vorkommen, Beschaffenheit und Nutzung. – 765 S., 1248 Abb., 45 Tab.; Freiburg i. Br. (L.-Amt. Geol., Rohst. Bergbau). – ISBN 978-3-00-041100-7.

6.5 Mitteljura-Kalksteinvorkommen am südlichen Oberrhein – Fallbeispiel Hauptrogenstein bei Müllheim

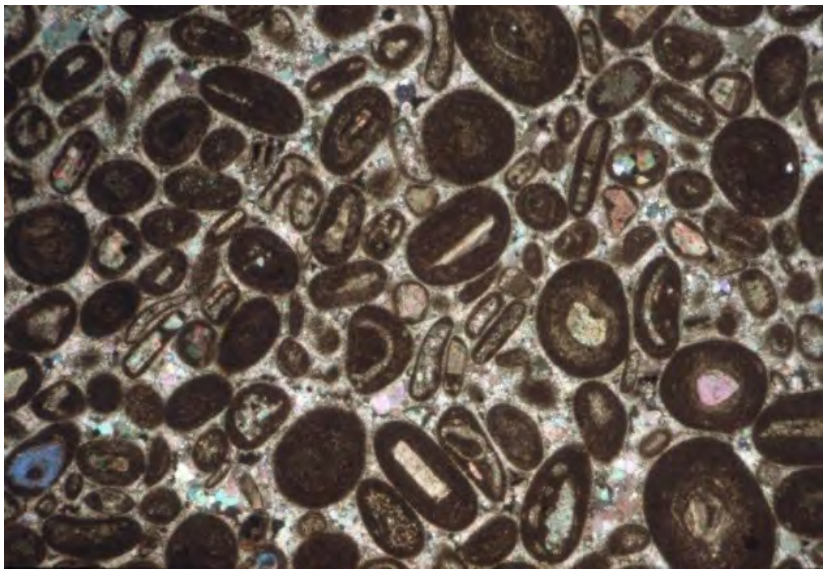
[WOLFGANG WERNER]

Zwei benachbarte Kalksteinvorkommen von Hauptrogenstein (Mitteljura) im Markgräflerland südlich von Müllheim werden als Fallbeispiel für die rohstoffgeologische Kartierung und Abgrenzung sowie Bewertung von reinen Kalksteinvorkommen im tektonisch stark beanspruchten östlichen Randbereich des südlichen Oberrheingrabens vorgestellt. Diese Vorkommen stellen wichtige Reserven an reinen bis hochreinen Kalksteinen neben dem Restvorkommen im Oberjura-Korallenkalk bei Istein dar. Aufgrund der rasch wechselnden Schichtmächtigkeiten und Gesteinsqualitäten innerhalb der tektonischen Schollen des Markgräfler Hügellands sowie der zahlreichen Störungs- und Verkarstungszonen war eine detaillierte Kartierung in den vegetationsarmen Monaten erforderlich, die durch die Nutzung des 1 m-Laserscan des Digitalen Höhenmodells (DGM) aber wesentlich erleichtert wurde. Erkundungskernbohrungen und geochemische Analytik wurden in den Vorkommen mit den durch die Kartierung ermittelten höchsten Potenzialen durchgeführt.

Geologische Situation: Entlang der Vorbergzone im Markgräflerland im südlichen Oberrheingraben treten unterschiedlich große Schichtkörper von reinen bis hochreinen Kalksteinen der Hauptrogenstein-Formation des Mitteljuras auf (Abb. 107). Von wirtschaftlicher Bedeutung ist vor allem ein 40–50 m mächtiger Abschnitt im Mittleren und Unteren Hauptrogenstein (Abb. 108). Der Gesamtkarbonatgehalt (überwiegend Calcit) der Kalksteinbänke liegt meist zwischen 97 und 98 %, aber auch mächtige Partien mit mehr als 99 % $CaCO_3$ kommen vor. Die im subtropischen Flachwasser entstandenen Ooide sind meist ca. 1 mm groß (Abb. 107).

Diese jurazeitlichen Schichtkörper werden allseitig von tektonischen Störungen begrenzt, die genetisch im Zusammenhang mit dem Einbruch des Oberrheingrabens und der zeitlich parallelen Heraushebung des Schwarzwälder Grundgebirges stehen. Entlang dieser Störungen bzw. Störungszonen setzte während der jüngeren Erdgeschichte die Verkarstung der Kalksteinschichten ein. Daher gehören zu den rohstoffgeologischen Kriterien zur Ausweisung von wirtschaftlich interessanten Vorkommen neben Rohstoffmächtigkeiten, Gesteinseigenschaften und Verlauf von Störungszonen auch das Erkennen und Abgrenzen von Zonen starker Verkarstung; dort sind die Schichten stark in der Mächtigkeit reduziert und intensiv verlehmt.

A



B

Abb. 107 A: Alte Abbauwand im Hauptrogenstein östlich von Müllheim-Vögisheim (RG 8211-318, vgl. Karte der Abb. 115). Die Kalksteinbänke sind in diesem Gebiet tektonisch mit 5–20° nach Westen oder Nordwesten gekippt. B: Hauptrogenstein im Dünnschliff mit 0,5–1 mm großen Ooiden, die von reinem Calcitzement umgeben sind. Im mikroskopischen Bild wird deutlich, dass fast alle kugeligen bzw. eiförmigen Kalkkörnchen („Ooide") einen Kristallisationskeim von Fossilbruchstücken aufweisen. Dieser reine Kalkstein eignet sich hervorragend zur Produktion von Kalkmehlen und gebrannten Kalkerzeugnissen. Wegen seiner Reinheit neigt er in Oberflächennähe, dort wo zahlreiche Klüfte oder Störungen ihn durchsetzen, zur Verkarstung.

Vorbereitung der Geländeaufnahmen, Ausgangsdaten

Für das Untersuchungsgebiet lagen vor Beginn der rohstoffgeologischen Geländeaufnahmen an topografischen Grundlagen die Karte TK 25 Blatt Nr. 8211 Kandern und das Digitale Höhenmodell (DGM) von 2009 mit einer Auflösung von 1 Pixel pro Quadratmeter vor. Für dieses Messtischblatt existiert außerdem eine Karte 1 : 25.000 aus der Serie der Vorläufigen Geologischen Karten (GKV), bei welcher es sich vorwiegend um eine kartografische Kompilation und Anpassung verschiedener im LGRB vorliegender Manuskriptkarten amtlicher und universitärer Bearbeiter handelt. Geologische Karten zeigen die Verbreitung erdgeschichtlicher Einheiten, welche durch Lithofazieskartierung flächenhaft zu erfassen sind. Für die rohstoffgeologische Beurteilung reichen diese Karten nicht aus, jedoch sind sie eine unverzichtbare Grundlage für die Vorbereitung und Durchführung von Geländearbeiten.

Außerdem lag eine *Prognostische Rohstoffkarte (PRK)* für den Festgesteinsanteil der Region Südlicher Oberrhein aus den 1990er Jahren vor, welche einen ersten Anhalt über die genutzten und nutzbaren Gesteine der Region gibt. Diese nicht publizierte Prognosekarte beruht ausschließlich auf der übersichtsmäßigen Bewertung der zu dieser Zeit vorhandenen Unterlagen im LGRB. Für das Gebiet existiert ferner die *Karte der oberflächennahen Rohstoffe 1 : 200 000 (KOR 200)*, in welcher grob die nahe zu Gewinnungsorten liegenden wichtigsten Gesteinsvorkommen markiert und im Erläuterungsheft summarisch beschrieben sind (MÜNCHEBERG 2003); sie baut ihrerseits auf der PRK, den geologischen Karten und den Betriebsberichten des LGRB auf.

Geländeaufnahme, Kartierarbeiten

Auf Grundlage der geologischen Karten 1 : 25 000 und der Aufschlussdaten des LGRB-Bohrarchivs wurde zunächst das für die rohstoffgeologische Erkundung sinnvolle Gebiet mit größeren zusammenhängenden Kalksteinvorkommen umrissen. Wie dargestellt, wechseln im Untersuchungsgebiet die geologischen Verhältnisse insbesondere hinsichtlich Störungstektonik, Schichtlagerung und Verkarstung kleinräumig, weshalb eine Detailkartierung im Maßstab 1 : 10 000 notwendig war. Um die rohstoffgeologische Bewertung der Hauptrogenstein-Vorkommen vorzubereiten, wurde eine Diplomkartierung vergeben und vom LGRB betreut (KÖSTER 2009).

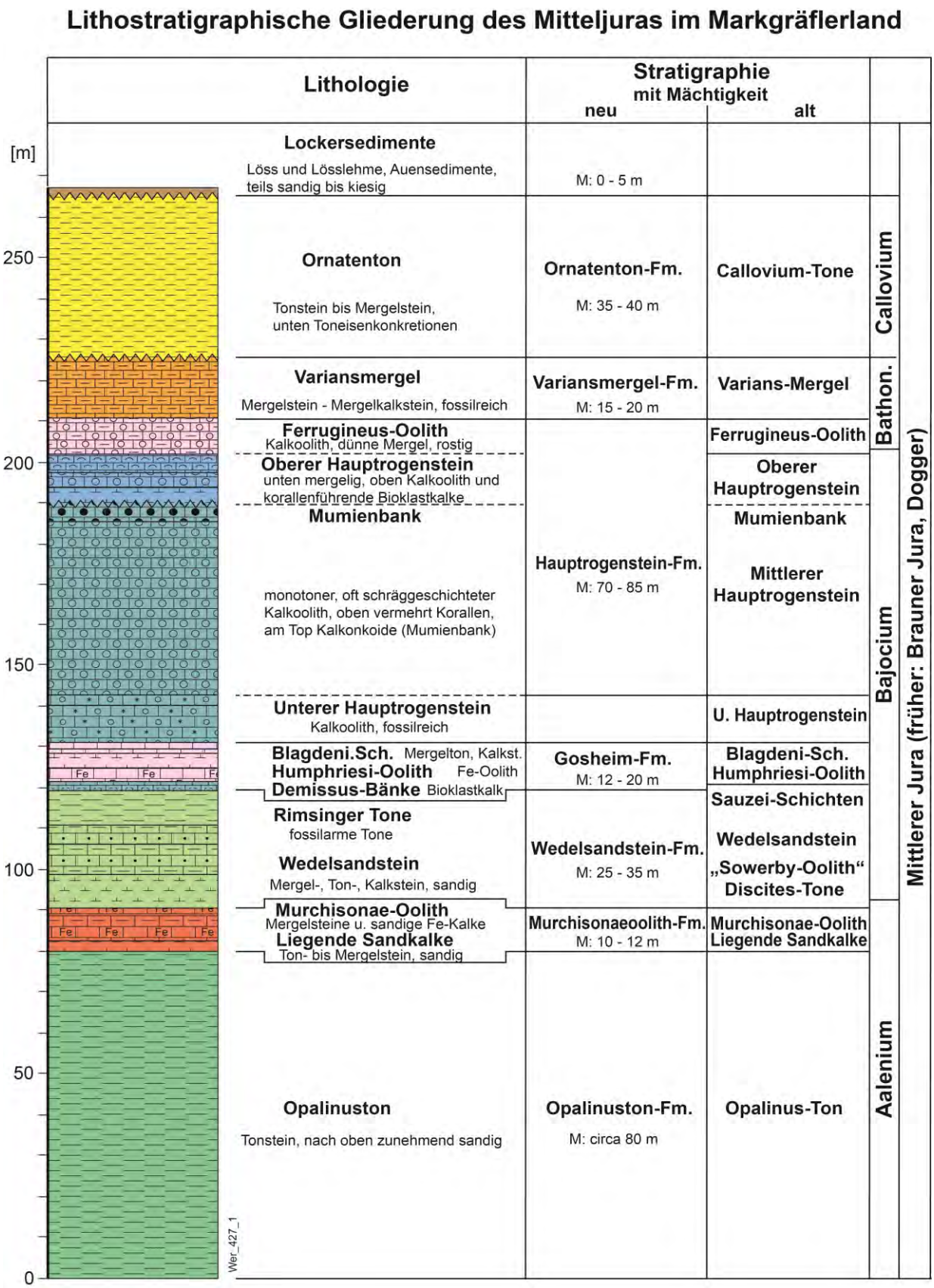


Abb. 108: Säulenprofil zur Darstellung der Schichtenfolge des Mitteljuras (Braunjura) im Markgräfler Hügelland im Gebiet Müllheim–Liel (nach: KÖSTER 2009 und ERNST 1990). Ziel der Rohstofferkundung waren die Kalkoolithe der Hauptrogenstein-Formation.

Bei den Kartierarbeiten wurden im Gebiet zwischen Müllheim im Norden und Liel im Süden folgende Sachverhalte ermittelt:

- Gesteinsbeschaffenheit in allen alten Steinbrüchen und Seitenentnahmen sowie in Straßenanschnitten,
- Lage und Ausdehnung von früheren Gewinnungsstellen, Ermittlung des früheren Abbauzieles (Baustein, Branntkalk, Schotter?), früher genutzte Mächtigkeit und verbliebene Restmächtigkeit,
- Lage von Zonen intensiver Verkarstung (s. Abb. 111),
- Lage von tektonischen Störungszonen,
- Schichtlagerung im Hauptrogenstein, Raumlage der Störungsblöcke, Konstruktion von Streichlinien (s. Abb. 110),
- Ermittlung und Nutzung von Leithorizonten in der Hauptrogenstein-Formation zur Konstruktion von Schichtmächtigkeiten im potenziellen Nutzhorizont,
- Mächtigkeit von überlagernden nicht nutzbaren Schichten.

Die Geländeaufnahme wurde durch die Auswertung des **Laserscans der Erdoberfläche** für das Digitale Höhenmodell (DGM) unterstützt (Abb. 109); sehr hilfreich und zeitsparend ist dieses insbesondere bei der Abgrenzung von Karsterscheinungen sowie zur Lokalisierung von alten Steinbrüchen und Halden. **Topographische Karten vergangener Jahrzehnte** dienten ebenfalls zur Lokalisierung alter Steinbrüche, die heute verfüllt oder überbaut sind oder aus Gründen der späteren Reduktion von Kartenelementen bei der Überführung in digitale Karten seitens der Landesvermessung weggefallen waren. Als **Kartiergrundlage** wurde die digitale Topographische Karte des Ausgabemaßstabs 1 : 25 000 auf den Kartiermaßstab 1 : 10 000 ausgedruckt.

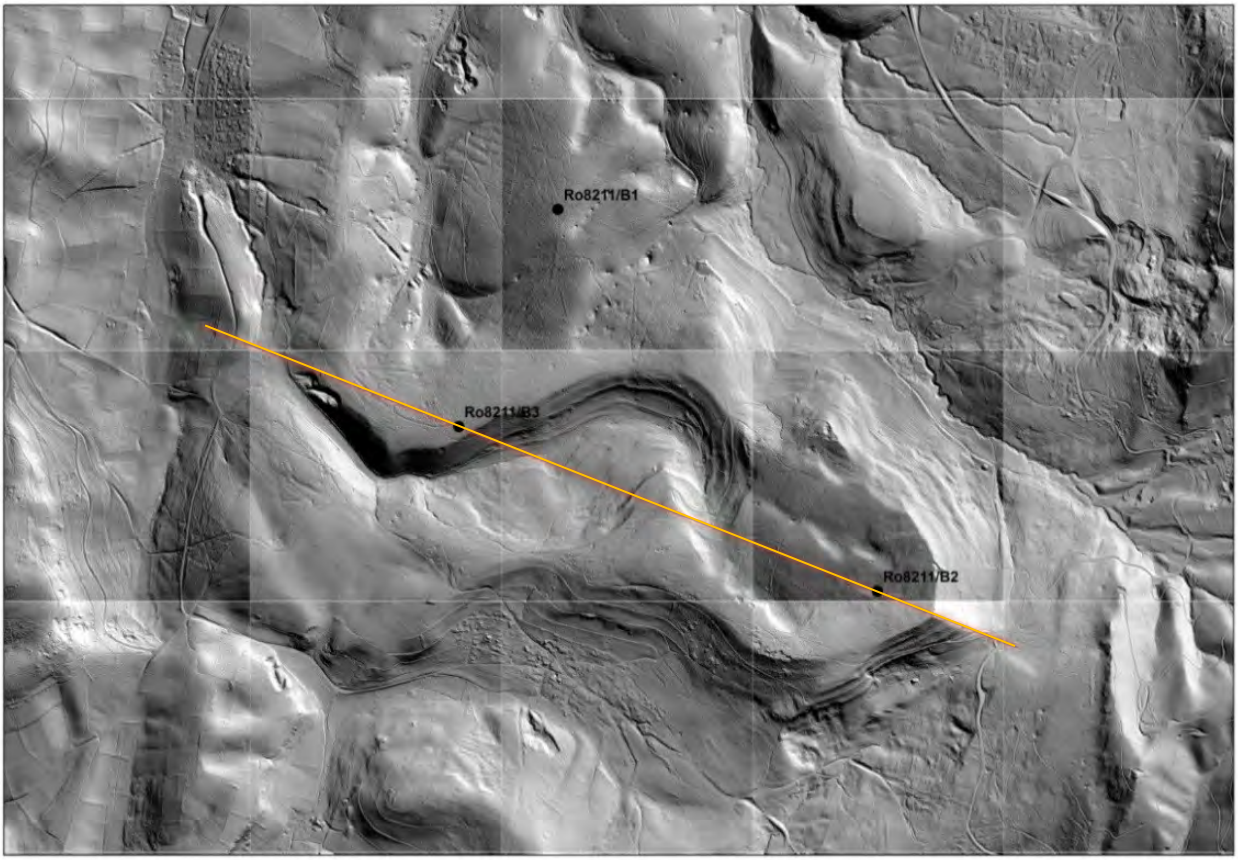


Abb. 109: Digitales Höhenmodell für das Gebiet bei Müllheim-Vögisheim mit dem überwiegend aus Karbonatgesteinsserien bestehenden Markgräfler Hügelland zwischen tertiären Schichten (links, flach wellig) und dem N–S verlaufenden Schwarzwaldrand (ganz rechts, vgl. dazu geol. Karte von Abb. 110). Zur Orientierung und Vergleich mit nachfolgenden Abbildungen sind die Rohstofferkundungsbohrungen Ro8211/B1 bis B3 und der in Abb. 113 gezeigte Profilschnitt eingezeichnet. Jedes quadratische Kartensegment entspricht 1 km^2.

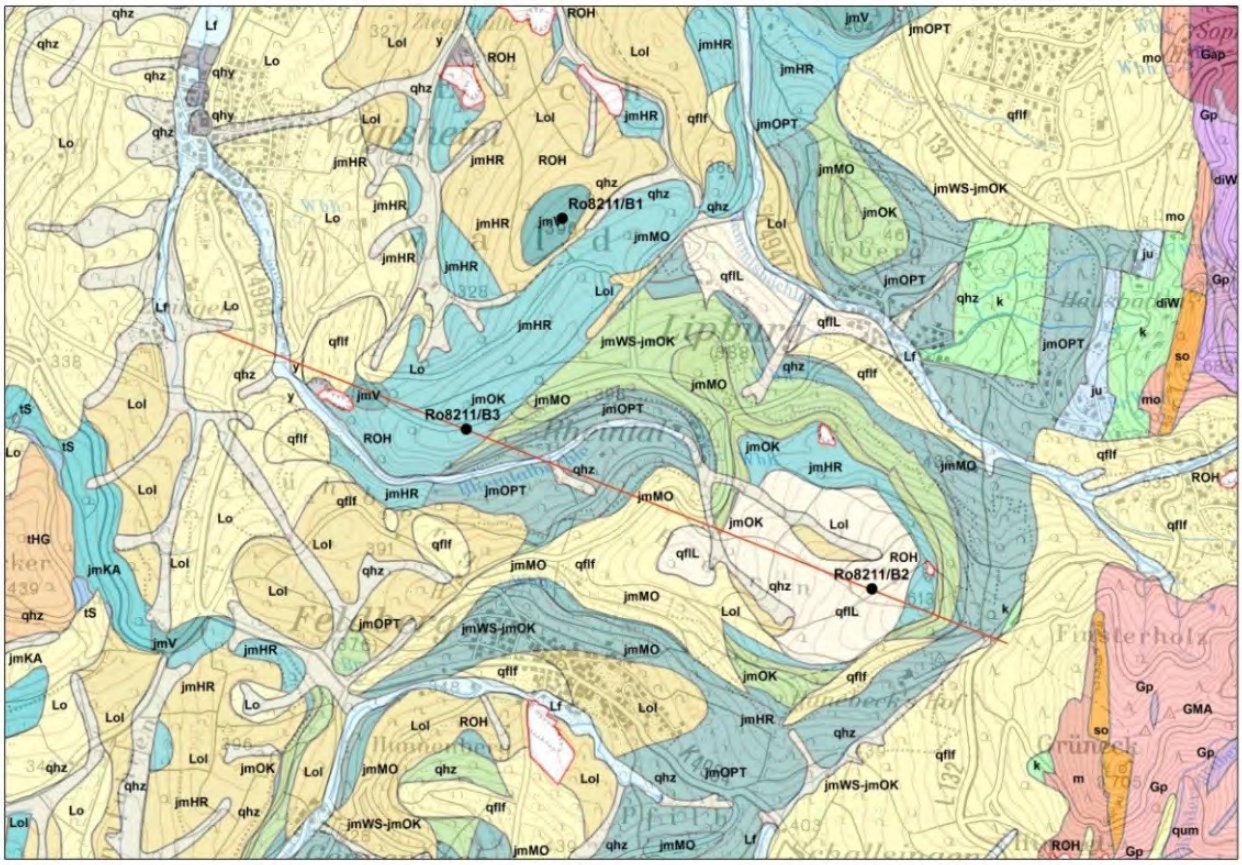


Abb. 110: Digitale Geologische Karte 1 : 25 000 für das oben (Abb. 109) dargestellte Gebiet zwischen Müllheim-Vögisheim und Feldberg mit den Rohstofferkundungsbohrungen Ro8211/B1 bis B3. jmHR = Hauptrogenstein-Formation.

Die Kartierergebnisse wurden auf Felddatenblättern und auf drei Karten im Maßstab 1 : 10.000 niedergelegt: (1) Aufschluss- und Probenkarte, (2) abgedeckte geologische Karte (d. h. ohne Boden und Schuttdecke) sowie (3) Karte der Tektonik und Verkarstung (Abb. 111). Neben der Aufnahme aller Gesteinsaufschlüsse in Steinbrüchen, Seitenentnahmen, Wege- und Bachanschnitten, Abbruchkanten in Dolinen und Karstsenken sowie Bohrungen war die Lesesteinkartierung von großer Bedeutung; gerade die Verbreitungsgebiete des Hauptrogensteins zeichnen sich durch stark steinigen Boden aus, sodass eine Materialansprache meist leicht möglich war.

Als Beispiel für nur durch Geländearbeiten ermittelbare Erkenntnisse, die für die anschließende rohstoffgeologische Bewertung bedeutsam sind, sind für das besprochene Gebiet folgende anzuführen:

- In rund einem Dutzend seit Jahrzehnten stillgelegten Steinbrüchen südöstlich von Müllheim bzw. östlich und südöstlich von Vögisheim wurden über Jahrhunderte hinweg Kalksteine vor allem zur Gewinnung von Mauersteinen und Branntkalk abgebaut. Genutzt wurde überwiegend der stratigraphische Abschnitt zwischen der Mumienbank und den Unteren Pentacrinusbänken bis knapp über den mergeligen Blagdenischichten (KÖSTER 2009), also der **Mittlere und Untere Hauptrogenstein** (Säulenprofil der Abb. 108). Besonders groß war der Mauerstein- und Kalkmörtelbedarf im ausgehenden 18. und im 19. Jh., wie man aus dem Alter der meisten aus Hauptrogenstein-Kalkstein errichteten Gebäude in Müllheim u. U. ablesen kann. Mit Ausnahme des ca. 20 m hohen Stbr. am Rheintalbächle zwischen Vögisheim und Feldberg und im Stbr. am Josberg ESE von Müllheim (heute Schießanlage), wo besonders in der 1. Hälfte des 20. Jh. Abbau mit Bohren und Sprengen umging, fand die Gewinnung überwiegend händisch mit einfachen Werkzeugen statt, weshalb die Steinbruchwände meist nur 5–8 m hoch sind. Die Gewinnung wurde i. d. R. dort eingestellt, wo der Kalkstein durch oberflächennahe Verwitterung entlang von Klüften und Lagerfugen nicht mehr ausreichend aufgelockert war, anschließend also aufwändigere Bohr- und Sprengarbeiten erforderlich gewesen wären. Je weiter die Vorkommen von größeren Ansiedlungen entfernt liegen, desto geringer waren in diesem großen Waldgebiet die Abbauaktivitäten.

Zwischenfazit: Die alten Abbaue und dort erkennbaren genutzten Gesteinsmächtigkeiten geben nur begrenzte Anhaltspunkte über insgesamt nutzbare Flächen und Mächtigkeiten.

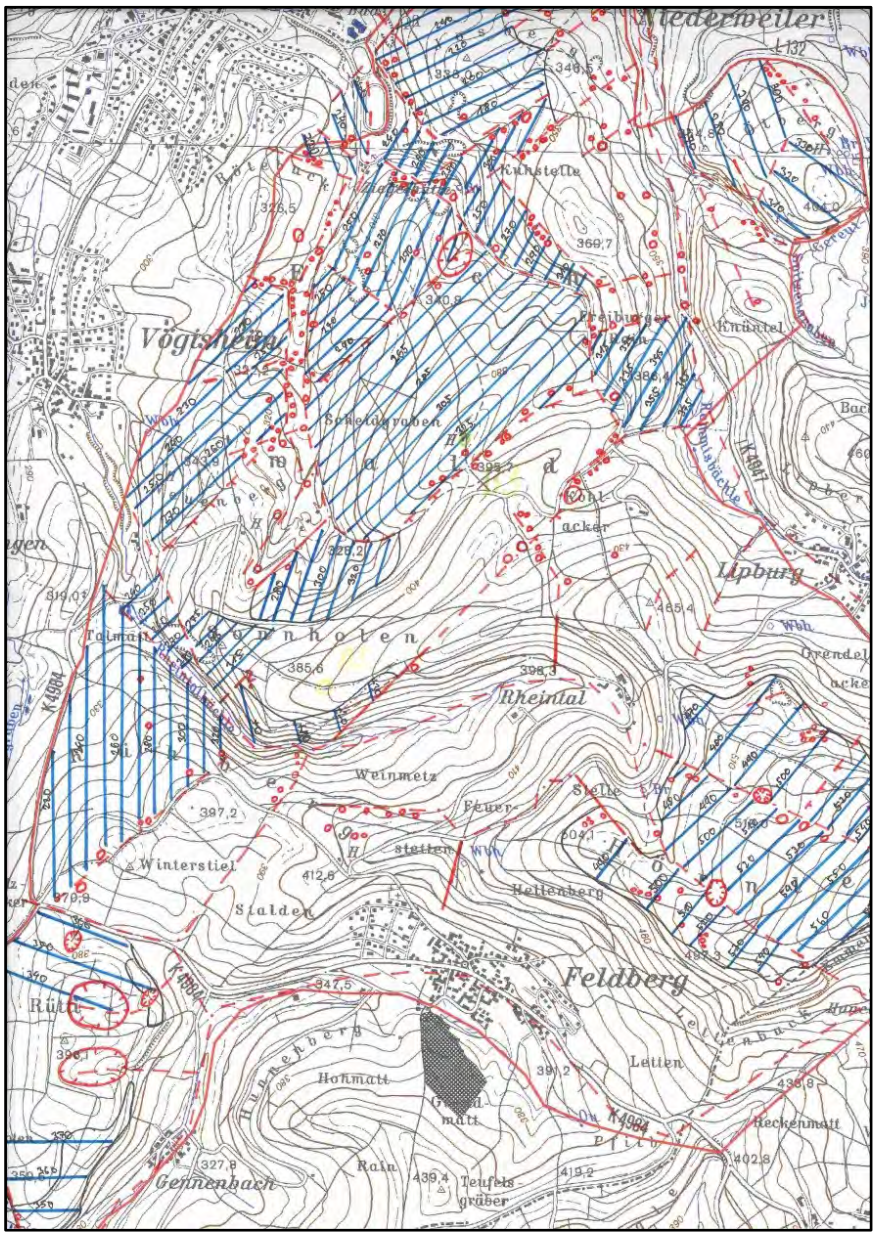


Abb. 111: Durch Kartierung ermittelte Verbreitung von Dolinen, Karstsenken und Verkarstungszonen (rote Kreise) im Markgräfler Hügelland östlich von Müllheim-Vögisheim, auf Basis von Gefügemessungen, in Steinbrüchen und an Weganschnitten konstruierte Schichtlagerung sowie aus beiden Ergebnissen abgeleiteten tektonischen Störungen (Anlage in: KÖSTER 2009). Blaue Linien: Streichlinien der Basis des Hauptrogensteins mit Angabe der Höhenlage in m NN, rote Umrandungslinien: Grenzen des Kartiergebiets.

- Das gesamte betrachtete Gebiet ist von ausgeprägter Bruchschollen-Tektonik gekennzeichnet, wie sie für die Vorbergzone am Ostrand des Oberrheingrabens typisch ist. Die Schichten sind generell nach Westen oder Nordwesten verkippt, überwiegend mit 5–20° (Abb. 113). Da die geschichteten Kalksteine der Hauptrogenstein-Formation innerhalb einer sonst von Ton- und Mergelsteinen dominierten Abfolge der Erosion den größten Widerstand entgegensetzen (sog. Härtlinge), zeichnet die Morphologie nicht selten das flache Einfallen der einzelnen, durch tektonische Störungen getrennten Kalksteintafeln nach NW nach, wohingegen die Ostseiten der Bergrücken an NE–SW verlaufenden Störungen oft tief eingekerbt sind.

- Aufgrund der intensiven tektonischen Beanspruchung am Grabenrand wird das Gebiet von zahlreichen Störungen mit NE–SW-, NW–SE- und NNW–SSE-Richtungen durchzogen. Die Störungen verlaufen jeweils subparallel und meist in Abständen von 300–600 m, bisweilen auch in engeren Abständen. Das an den zahlreichen Steinbruchwänden gut einzumessende Kluftmuster zeigt dominant NE–SW und dazu fast orthogonal orientierte NW–SE verlaufende Klüfte. Beiden Bruchmustern folgend reihen sich im Bereich der Hauptrogenstein-Tafeln Hunderte von lehmerfüllten Dolinen und Karstsenken „perlschnurartig“ aneinander (Abb. 111).

Betriebserhebungen und Aufnahmen betriebener Gewinnungsstellen

Zur Ermittlung der industriellen Anforderungen an Material und Lagerstätte ist die Erhebung von Daten aus in Betrieb befindlichen Abbaustätten von Bedeutung, sinnvollerweise von solchen, welche unmittelbar vergleichbare Gesteine nutzen. In zwei großen Steinbrüchen in der Vorbergzone des südlichen Oberrheingrabens, nämlich bei Merdingen und bei Bollschweil, wurden zum Zeitpunkt der Kartierung oolithische Kalksteine aus der Hauptrogenstein-Formation gewonnen; die Fa. Knauf Marmorit (Bollschweil) hat jedoch den Abbau im Steinbruch Allental bei Bollschweil ab Anfang 2011 ruhen lassen und aus genehmigungsrechtlichen Gründen zwischenzeitlich ganz eingestellt, sodass derzeit nur noch der Steinbruch Merdingen in Betrieb ist (Abb. 112).

Abb. 112: Steinbruch im Hauptrogenstein am Tuniberg bei Merdingen: Links: Die engständige Blocktektonik ist gut am Versatz der sich braun abhebenden Kalksteinbänke zu erkennen. Rechts: angeschnittener Block mit Lagen von Ooidsanden und Schalenresten (Größe der Ooide ≤ 1 mm).

Erkundungsarbeiten

Auf Grundlage der o. g. Kartierarbeiten wurden Bohrpunkte ausgewählt und die zur Untersuchung der Hauptrogenstein-Formation notwendigen Bohrtiefen ermittelt. Es folgten die erforderlichen organisatorischen und technischen Vorbereitungen (Genehmigungsverfahren, Ermittlung der Lage von Versorgungsleitungen, Zufahrtsmöglichkeiten, Grundeigentümer, Ausschreibung der Bohrarbeiten, Vergabe, Einweisung der Bohrfirma usw.). Drei Kernbohrungen konnten in den beiden wichtigsten Gebieten „Sonnholen“ und „Hörnle“ im Zeitraum 7.12.2009 bis 3.3.2010 durchgeführt werden.

Den im Gebiet Sonnholen angetroffenen Schichtaufbau zeigt das in der tabellarischen Vorkommensbeschreibung dargestellte Bohrprofil der Bohrung Ro8211/B3. Die Rohstofferkundungsbohrung wurde eingestellt, als der wirtschaftlich relevante Teil der Hauptrogenstein-Fm. (jmHR) sicher durchteuft war. Die Kernbohrung B2 wies den Hauptrogenstein in einer Restmächtigkeit von rd. 20 m nach (vgl. geologisches Profil der Abb. 113).

Tab. 6: Zur Erkundung von Hauptrogenstein-Vorkommen südlich von Müllheim im Zeitraum durchgeführte Kernbohrungen.

Lfd. Nr.	Bezeichnung (und LGRB-Archiv-Nr.)	End-teufe	Lage	Rechtswert Hochwert Ansatzhöhe	Erkundungsziel
1	Ro8211/B1 (Bo8211/1078)	33,0 m	Eichwald E „Scheidgraben“, E von Vögisheim	R 33 98 225 H 52 95 560 +393 m NN	Hauptrogenstein (Naturstein-Kalkstein), angetroffen: Basaltschlot
2	Ro8211/B2 (Bo8211/1079)	33,5 m	„Hörnle“, S von Lipburg	R 33 99 497 H 52 94 040 +572 m NN	Hauptrogenstein (Naturstein-Kalkstein)
3	Ro8211/B3 (Bo8211/1080)	78,2 m	„Sonnholen“, NNW von Feldberg	R 33 97 830 H 52 94 695 +407 m NN	Hauptrogenstein (Naturstein-Kalkstein)

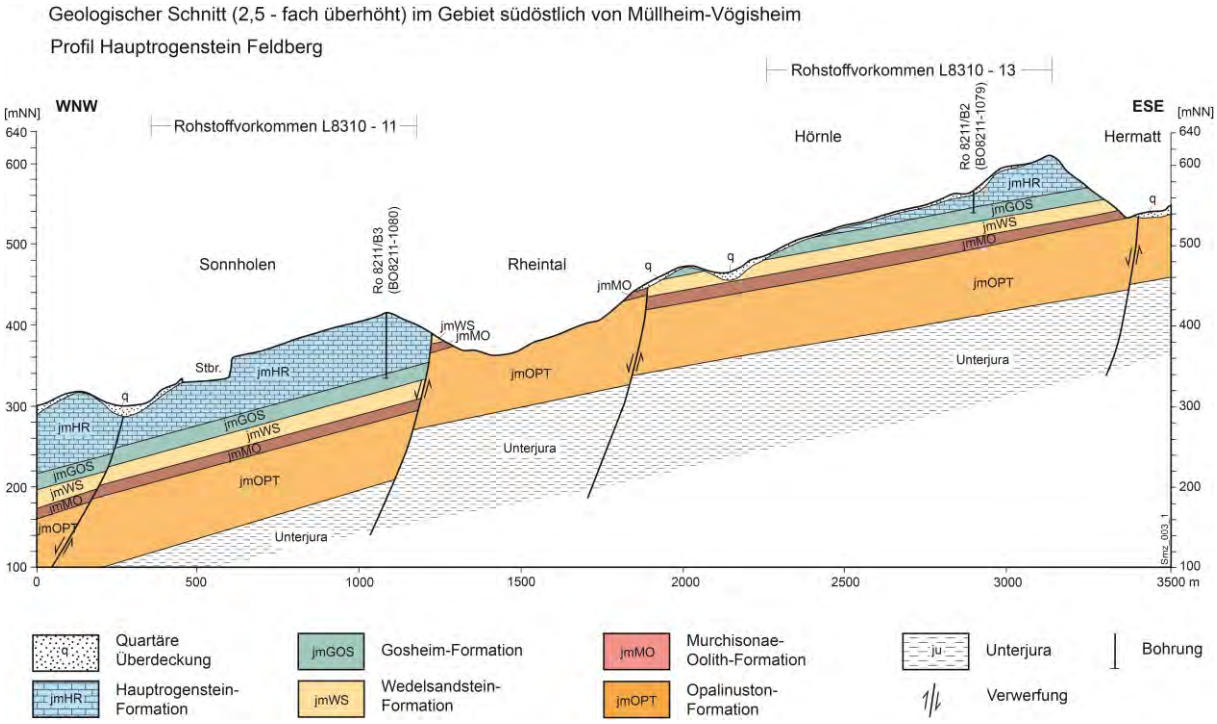


Abb. 113: Geologischer Schnitt (2,5-fach überhöht!) durch das Erkundungsgebiet SE von Müllheim-Vögisheim (Lage vgl. Abb. 109 und 110 sowie Abb. 115). Durch die beiden dargestellten Erkundungsbohrungen konnten grundlegende Daten zu den Schichtmächtigkeiten sowie zur Schichtlagerung und Gesteinszusammensetzung gewonnen werden. Das Foto aus dem Steinbruch Merdingen (Abb. 112 links) verdeutlicht, dass innerhalb der Schichttafeln weitere, kleinere Störungen zu erwarten sind.

Ziel der Erkundungsbohrungen war neben der Ermittlung der rohstoffgeologischen Verhältnisse (besonders Nutzschicht- und Überlagerungsmächtigkeiten, Gesteinsqualität, Verkarstung, Tektonik) der Erhalt von frischen und die ganze Abfolge lückenlos erfassenden Proben über die Gesamtmächtigkeit der für den Abbau möglicherweise in Frage kommenden Schichten. Die zeitlich wesentlich aufwändigere und auch aus arbeitssicherheitlicher Sicht problematische Beprobung von steilen Steinbruchwänden hätte nur die abschnittsweise Beprobung der Schichtenfolge ermöglicht.

Laborarbeiten

Die Bohrkerne von 6,6 bis 78,2 m wurden in 16 Beprobungsintervalle unterteilt. Die mittels Diamantsägeblatt abgetrennten Bohrkernkalotten wurden zu Mischproben von jeweils 2–6 m Länge zusammengefasst und zwar so, dass dadurch jeweils lithologische homogene Bereiche repräsentiert waren.

Das getrocknete, gebrochene und feingemahlene Gestein wurden der Röntgenfluoreszenz-Analyse im LGRB-Labor zugeführt und auf den Gehalt an 42 Elementen untersucht; rechnerisch wurde daraus auch der Gehalt an Gesamtkarbonat und Calcit ermittelt (vgl. Kap. 5).

Das Diagramm der Abb. 114 zeigt die Verteilung der für die Beurteilung der Kalksteinqualität wichtigsten Parameter Gesamtkarbonat, Fe_2O_3, SiO_2 und Al_2O_3; röntgendiffraktometrisch wurde ermittelt, dass der Kalkstein völlig aus Calcit besteht ($CaCO_3$ = Calcit). Das Säulendiagramm macht deutlich, dass der Abschnitt von 6,6 bis 64,75 m aus Kalkstein mit mehr als 96 % Calcit besteht, darunter folgt bis 74,22 m eine Wechselfolge aus Kalksteinbänken und Mergelsteinlagen. Der reinste Abschnitt mit $CaCO_3$-Gehalten von über 99 % reicht von 33,6 bis 45,36 m. Dieser Abschnitt könnte also nicht nur für die o. g. Verwendungszwecke, sondern sogar als hochreiner Kalk für die Papier-, Glas- und Pharmazeutische Industrie verwendet werden.

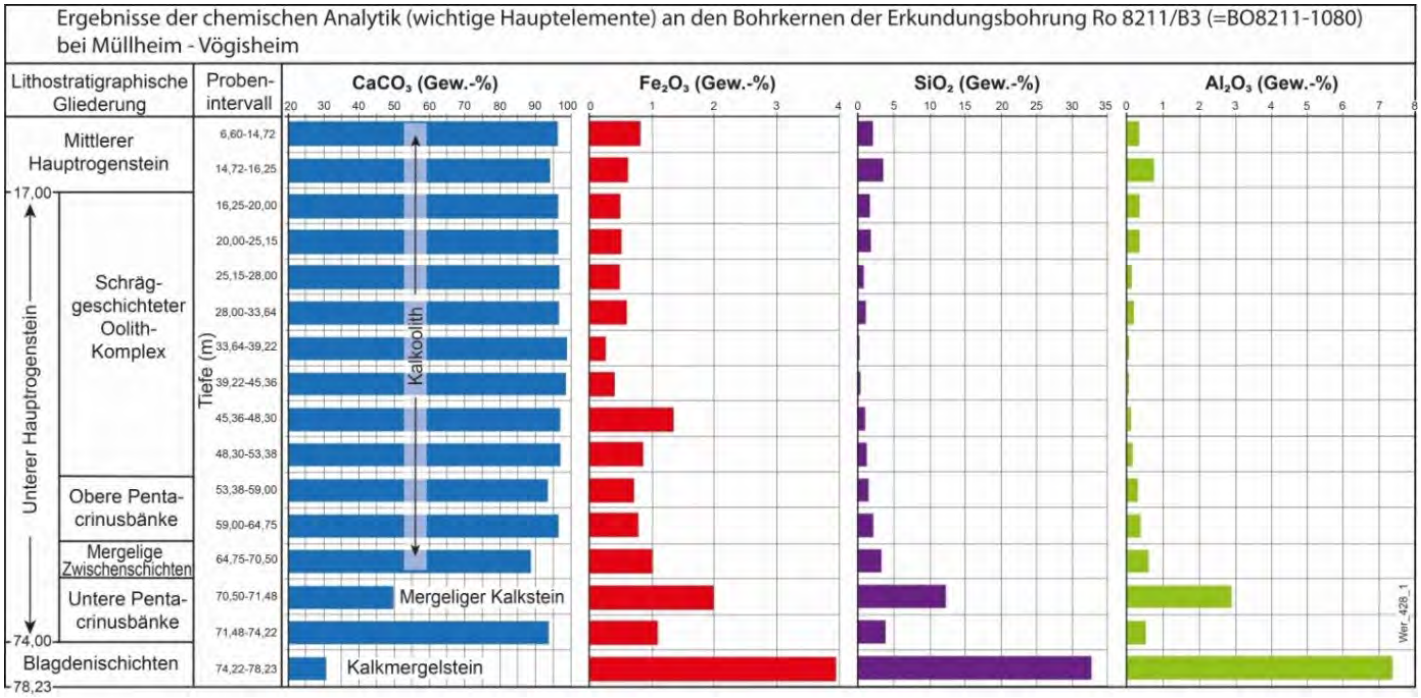


Abb. 114: Diagramm der Kernbohrung Ro8211/B3 mit teufenabhängiger Darstellung der Gehalte an Kalk, Eisen, Silizium und Aluminium zur rohstoffgeologischen Eignungseinschätzung des Hauptrogenstein-Vorkommens SE von Vögisheim.

Materialuntersuchungen am Rohstoff der Steinbrüche im Hauptrogenstein erfolgten bereits bei vorausgegangenen Betriebserhebungen und Erkundungsmaßnahmen zur Erweiterung der Steinbrüche, die das LGRB begleitet hat. Die bei den Erhebungen entnommenen Mischproben vom Fördergut wurden im LGRB-Labor petrographisch oder/und geochemisch untersucht. Die Analyse der Festgesteinsproben erfolgte analog zu den Bohrkernproben.

Kartier- und Erkundungsergebnisse, Bewertung

Die Karte von Abb. 115 zeigt die aufgrund des oben beschriebenen Verfahrens abgegrenzten voraussichtlich wirtschaftlich interessanten Gebiete für die Gewinnung von Kalksteinen/Natursteinen für den Verkehrswegebau, für Baustoffe und Betonzuschlag bzw. für (hoch)reine Kalksteine für Weiß- und Branntkalk. Aufgrund der Festigkeit und der Reinheit des Gesteins sind beide Nutzungsbereiche denkbar. Der Vergleich mit den anderen kartierten und rohstoffgeologisch bewerteten Kalksteinvorkommen im Markgräfler Hügelland zeigt, dass es sich um die größte noch verbliebene, oberflächennah anstehende und nicht von Bebauung betroffene Kalksteinreserve in der Region Südlicher Oberrhein handelt.

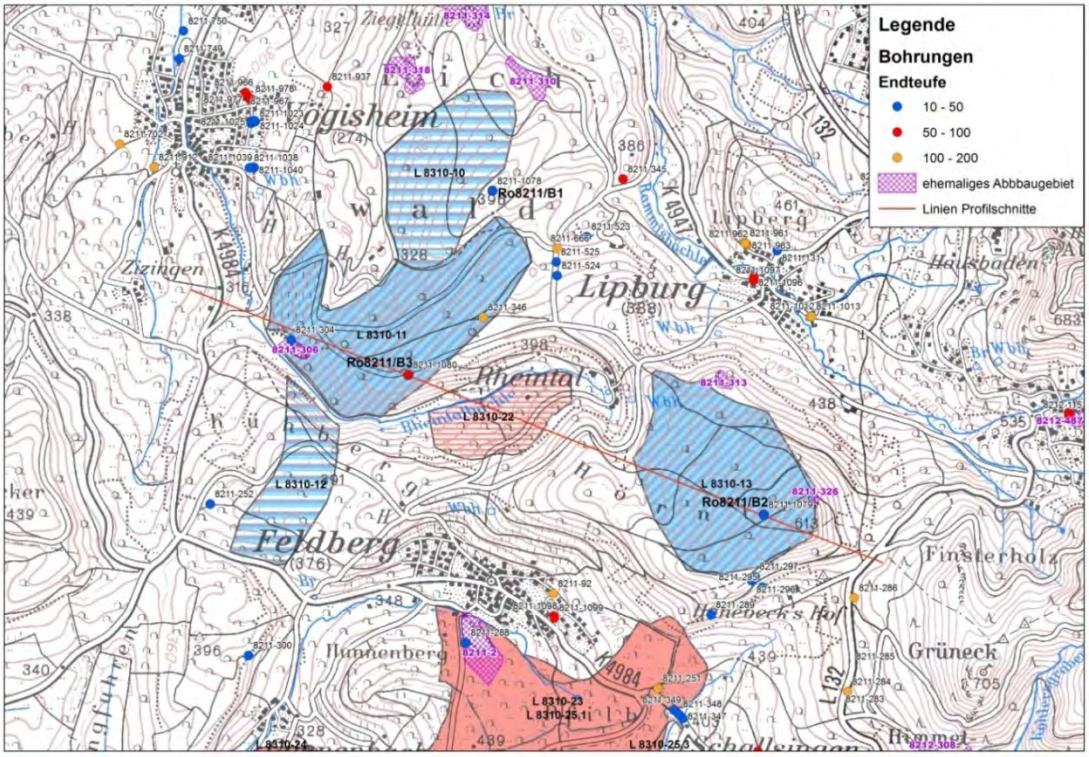


Abb. 115: Nach Kartierung und Bohrprogramm getroffene Abgrenzung und Einstufung der Vorkommen von Hauptrogenstein (blau) südöstlich von Müllheim-Vögisheim, daneben Flächen von Ziegeleirohstoffen (rot). Es wird auch deutlich, dass viele der früher betriebenen Steinbrüche (violette Schraffur) nach heutigen Kriterien außerhalb der wirtschaftlich interessanten Kalksteinvorkommen liegen – vorrangig aus Gründen zu geringer Restmächtigkeiten oder wegen starker Verkarstung.

Um der Regionalplanung einen möglichst leicht verständlichen Vergleich der unterschiedlichen Rohstoffvorkommen zu ermöglichen, erfolgt für alle ausgewiesenen Vorkommen eine **Einstufung nach dem Lagerstättenpotenzial (LP)**; diese ist landesweit gültig, sofern Rohstoffgruppen landesweite Verbreitung besitzen. Bei nur regional auftretenden Gesteinstypen wird eine Gewichtung unter allen auftretenden Vorkommen in den geologischen Großlandschaften durchgeführt. Die Natursteinvorkommen vom Typ der Kalksteine des Mittel- und Oberjuras am südlichen Oberrhein werden daher in die für diese Region angepassten, nachfolgend beschriebenen Lagerstättenpotenzial-Kategorien untergliedert. Je höher das LP, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass das betrachtete Vorkommen eine oder mehrere Lagerstätten enthält.

<u>Lagerstättenpotenzial-Kategorien für die Rohstoffgruppe Natursteine, Untergruppe Kalksteine des Oberen Muschelkalks und des Mitteljuras am südlichen Oberrhein:</u>

Sehr geringes Lagerstättenpotenzial:

1. Gesteinsqualität mittel bis hoch (d. h. Mergelanteil gering, Kalkanteil hoch),
2. Verkarstung örtlich intensiv,
3. nutzbare Mächtigkeiten im Mittel 15–30 m,
4. geringe bis mittlere flächenhafte Erstreckung von 10–20 ha,
5. Störungen mit größerem Versatz oder Zerrüttungszonen nachgewiesen,
6. tektonische Verkippung der Schichten stellenweise bis über 30°.

Geringes Lagerstättenpotenzial:

1. Gesteinsqualität mittel bis hoch (d. h. Mergelanteil gering, Kalkanteil hoch),
2. Verkarstung meist gering, örtlich jedoch intensiv,
3. nutzbare Mächtigkeiten im Mittel 30–45 m,
4. mittlere bis große flächenhafte Erstreckung von 20–40 ha,
5. Störungen nachgewiesen oder vermutet,
6. tektonische Verkippung der Schichten stellenweise 20–30°.

Mittleres Lagerstättenpotenzial:

1. Gesteinsqualität vorwiegend hoch,
2. Verkarstung gering,
3. nutzbare Mächtigkeiten im Mittel 30–45 m,
4. mittlere bis große flächenhafte Erstreckung von 40–60 ha,
5. Störungen nachgewiesen oder vermutet,
6. tektonische Verkippung der Schichten stellenweise 10–20°.

Hohes Lagerstättenpotenzial:

1. Gesteinsqualität überwiegend hoch bis sehr hoch,
2. Verkarstung gering bis sehr gering, oft auch völlig fehlend,
3. nutzbare Mächtigkeiten im Mittel >45 m,
4. große bis sehr große flächenhafte Erstreckung von 60–80 ha,
5. keine bedeutenden Störungen nachgewiesen oder vermutet,
6. tektonische Verkippung der Schichten <10°.

Sehr hohes Lagerstättenpotenzial:

1. Gesteinsqualität hoch bis sehr hoch,
2. Verkarstung gering bis sehr gering, oft auch völlig fehlend,
3. nutzbare Mächtigkeiten im Mittel >45 m,
4. sehr große flächenhafte Erstreckung von >80 ha,
5. keine bedeutenden Störungen nachgewiesen oder vermutet,
6. tektonische Verkippung der Schichten <10°.

Die Kartendarstellung von Abb. 115 mit Abgrenzung der rohstoffwirtschaftlich bedeutsamen Kalksteinvorkommen wurde zuerst zusammen mit der textlichen Begründung als Teil eines Gutachtens dem zuständigen Regionalverband als Planungsgrundlage für die Regionalplanung übermittelt. Im Jahr 2017 wurde unter Berücksichtigung der dargestellten Daten und Bewertungsmaßstäbe in der Karte der mineralischen Rohstoffe von Baden-Württemberg, Blatt Freiburg-Süd -Schopfheim, eine Beschreibung und Bewertung des beschriebenen Hauptrogenstein-Vorkommens verfasst und in der KMR 50 (LGRB 2017) veröffentlicht.

Literatur zu Kap. 6.5

EICHHORN, F., FLECK, W. & HERRGESELL, G. (1997): Blatt 7811 Wyhl. – Vorl. geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000, Freiburg i. Br. (Geol. L.-Amt Baden-Württ., Hrsg.).

ERNST, M. (1990): Stratigraphie und Fazies des Braunen Juras im südlichen Oberrheingebiet (Blatt Kandern). – Jh. Geol. Landesamt Baden-Württ., 32: 93–157, 7 Abb., 9 Tab.; Freiburg i. Br.

GLA – Geologisches Landesamt Baden-Württemberg (1996): Lagerstättenpotentialkarte der Kiesvorkommen in der Region Südlicher Oberrhein, mit Erläuterungen, Teil II: Nordgebiet (Ortenaukreis) und Beurteilung des Lagerstättenpotentials der Region: 51 S., 11 Abb., 10 Tab., 6 Anh., Anl. (14 Kt. u. Profile); Freiburg i. Br. – [Bearbeiter: WERNER, W. & LEIBER, J. unter Mitarbeit von GIEB, J., MARTIN, M., GERIG, B. & HAHN, J.] – [Az.: 3296.0/94-4764; unveröff.].

GROSCHOPF, R., KESSLER, G., LEIBER, J., MAUS, H., OHMERT, W., SCHREINER, A., WIMMENAUER, W., mit Beiträgen von ALBIEZ, G., HÜTTNER, R. & WENDT, O. (1996): Geol. Karte Baden-Württ. 1 : 50 000, Erläuterungen zum Blatt Freiburg i. Br. und Umgebung, 3., ergänzte Aufl. – 364 S., 27 Abb., 7 Tab., 7 Taf., 1 Beil.; Freiburg i. Br. (Geol. L.-Amt Baden-Württ., Hrsg.).

KÖSTER, M. H. (2009): Kartierung, Dokumentation und rohstoffgeologische Betrachtungen zum Braunen Jura und Hauptrogenstein im Markgräflerland. – Diplomkartierung FU Berlin: 174 S., 152 Abb., zahlr. Anl., 3 Kt.; Berlin. – [unveröff.]

LGRB – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, RP Freiburg (2017): Erläuterungen den Blättern L 8110/L 8112 Müllheim/Freiburg im Breisgau Süd und L 8310/L 8312 Lörrach/Schopfheim mit Anteilen von L 8510 Weil am Rhein und L 8512 Bad Säckingen. – Kt. Mineral. Rohstoffe Baden-Württ. 1 : 50 000: 432 S., 196 Abb., 18. Tab., 4 Kt.; Freiburg i. Br. – [Bearbeiter: KIMMIG, B., WERNER, W., ELSÄßER, L., & SCHMITZ, M.].

LORENZ, W. & GWOSDZ, W. (2003): Handbuch zur geologisch-technischen Bewertung von mineralischen Baurohstoffen. – Geol. Jb., Sonderhefte, **SH 16**: 498 S., 103 Abb., 301 Tab.; Hannover.

MÜNCHEBERG, C., BOCK, H., WERNER, W. & FINGER, P. unter Mitarbeit von KIMMIG, B. & BUTSCHER, C. (2003): Erläuterungen zu Blatt CC 8710 Freiburg-Süd. – In: BGR (Hrsg.): Karte der oberflächennahen Rohstoffe 1 : 200 000 (KOR 200): 83 S., 2 Abb., 3 Tab., 1 Kt.; Hannover.

VILLINGER, E. (1999): Freiburg im Breisgau – Geologie und Stadtgeschichte. – L.-Amt für Geol., Rohst. u. Bergb. Baden-Württ., LGRB-Informationen, **12**: 60 S., 28 Abb., 2Tab., 1 Taf., 2 Beil.; Freiburg i. Br.

WITTENBRINK, J. & WERNER, W. (2010) mit einem Beitrag von SELG, M.: Erläuterungen zu den Blättern KMR 50 L 7910/L 7912 Breisach a. R./Freiburg i. Br.-Nord. – 258 S., 35 Abb., 10 Tab., 2 Anh., 2 Kt. – Freiburg i. Br. (Landesamt f. Geol., Rohst. u. Bergb. Baden-Württ., Hrsg.).

6.6 Oberjura-Kalksteinvorkommen der westlichen Alb – Fallbeispiel Neuhausen ob Eck

[MARKUS KLEINSCHNITZ]

Übersicht, Vorbemerkungen zum betrachteten Rohstoffvorkommen

Alter: Die Hangende-Bankkalke-Formation zählt zur Schichtfazies im Abschnitt des oberen Oberjuras der Schwäbischen Alb.

Typus: Entstanden ist die Schichtenfolge der Hangende-Bankkalke- und der Zementmergel-Formation in Lagunen zwischen Schwammbiohermen, den späteren Massenkalksteinen. Die beiden Einheiten bilden heute einen schichtig aufgebauten Rohstoffkörper, der im Gebiet Neuhausen ob Eck mit wenigen Grad nach Osten bis Südosten einfällt. Wirtschaftlich interessante Bereiche der Zementmergel-Formation sind dort zu finden, wo diese großflächig verbreitet sind und eine von den industriellen Anforderungen abhängige Mindestmächtigkeit aufweisen. Die Abgrenzung von rohstoffwirtschaftlich interessanten Vorkommen ist von Kriterien wie Eintalungen, Störungszonen, Dolinen und Senken sowie Abraum-Nutzschicht-Verhältnis abhängig. Ein Ausschlusskriterium für die Nutzung als Zementrohstoff stellt eine Dolomitisierung der Mergelkalksteine der Zementmergel-Formation dar.

Gesteinsaufbau: Die Hangende-Bankkalke-Formation setzt sich aus regelmäßig gebankten, hellgraubeigen dichten Kalksteinen, welche durchschnittlich 20–30 cm mächtig sind, und mittelgraubeigen, 2–5 cm mächtigen, hellgrauen Mergelsteinzwischenlagen zusammen (Abb. 116). Der Anteil der Mergelsteinlagen variiert zwischen 5 und 10 %, abschnittsweise erreicht er 20 %. Die Bankkalksteine setzen sich aus Calcit und Quarz (unlöslicher Rückstand) zusammen. Der durchschnittliche Karbonatgehalt liegt bei 95 %. Die Mächtigkeit dieser Formation reicht von 30–60 m. Auf der Hegaualb weist die Zementmergel-Formation eine ausgesprochen inhomogene Zusammensetzung auf. Charakteristisch sind stark variierende Karbonatgehalte, rascher Wechsel von Bankkalk- und Mergelsteinen, stark variierende Schichtstärken, z. T. bituminöse Partien. Lediglich im Bereich von Neuhausen ob Eck stellen die Gesteine der Zementmergel-Formation eine homogene Abfolge aus überwiegend schwach dolomitischen, dichten Mergelkalksteinen dar, welche feinlaminiert sind und dünnbankig bis dünnschichtig aufspalten.

Rohstoffwirtschaftliche Relevanz: Die nutzbare Mächtigkeit der Kalksteinlagerstätten der Hangende-Bankkalke-Formation ist v. a. von der Überdeckung abhängig. In den Steinbrüchen der Hegaualb reicht die genutzte Mächtigkeit von 10–55 m. Mit Mächtigkeiten von 50–85 m weisen die schwach dolomitischen Mergelkalksteine der Zementmergel-Formation aufgrund der paläogeographischen Situation einen großen Schwankungsbereich auf. Derzeit werden die dolomitischen Mergelkalksteine der Zementmergel-Formation nordwestlich von Neuhausen ob Eck nicht genutzt.

Die Kalksteine der Hangende-Bankkalke-Formation (Abb. 116) werden hauptsächlich als Schotter, Splitte, Frostschutz- und Schottertragschichten, kornabgestufte Gemische, Brechsande und Schüttmaterialien für den Verkehrswegebau verwendet. Das gewonnene Material ist aufgrund der guten Verfügbarkeit und der leichten Gewinnbarkeit von großer Bedeutung für die regionale Bauindustrie auf der Hegaualb vor allem wegen der guten Eignung als Körnung für den Straßenbau. In den übrigen Bereichen der Schwäbischen Alb wird das Material der Hangende-Bankkalke-Formation lediglich im einfachen Wegebau eingesetzt.

Die schwach dolomitischen Mergelkalksteine der Zementmergel-Formation weisen nahezu die idealtypische Zusammensetzung zur Herstellung von Portlandzement auf, werden allerdings derzeit nicht genutzt. Zurzeit steht auf der westlichen Schwäbischen Alb nur noch das Zementrohstoffvorkommen am Plettenberg bei Balingen in Abbau.

Als **Fallbeispiel** für eine rohstoffgeologische Abgrenzung gegenüber wirtschaftlich nicht oder nur sehr gering bedeutsamen Vorkommen von Bankkalksteinen der Hangende-Bankkalke- und von schwach dolomitischen Mergelkalksteinen der Zementmergel-Formation werden die beiden Vorkommen nordwestlich von Neuhausen ob Eck auf der Hegaualb südöstlich von Tuttlingen vorgestellt.

Abb. 116: Links: Gewinnung der Bankkalksteine der Hangende-Bankkalke-Formation im Steinbruch Neuhausen ob Eck (RG 8019-1). Höhe der Abbauwand ca. 40 m. Rechts: Detailaufnahme der Nord-Abbauwand aus Bankkalksteinen mit Mergelsteinlagen im Steinbruch Neuhausen ob Eck (RG 8019-1). Wandhöhe: ca. 4 m.

Vorbereitung der Geländeaufnahmen, Ausgangssituation

Für das Arbeitsgebiet lagen zum Beginn der rohstoffgeologischen Geländeaufnahme an topographischen Grundlagen die Karte TK 25 Blatt Nr. 8019 Neuhausen ob Eck und 7919 Mühlheim an der Donau sowie das Digitale Höhenmodell (DGM) von 2009 mit einer Auflösung von 1 Pixel pro Quadratmeter vor. Die klassischen Geologischen Karten von Baden-Württemberg im Maßstab 1 : 25 000 (GK 25) von diesem Gebiet Blatt Neuhausen ob Eck (SCHREINER 2000, 2002) und Blatt Mühlheim an der Donau (GWINNER & HAFNER 1995, HAFNER 1995) wurden ebenso berücksichtigt.

Außerdem lag eine *Prognostische Rohstoffkarte (PRK)* für den Festgesteinsanteil der Region Schwarzwald-Baar-Heuberg aus den 1990er Jahren vor, welche einen ersten Anhalt über die genutzten und nutzbaren Gesteine der Region gibt. Diese nicht publizierte Prognosekarte beruht ausschließlich auf der übersichtsmäßigen Bewertung der zu dieser Zeit vorhandenen Unterlagen im LGRB. Für das Gebiet existiert ferner die Karte der *oberflächennahen Rohstoffe 1 : 200 000 (KOR 200)*, in welcher grob die nahe bei Gewinnungsorten liegenden wichtigsten Gesteinsvorkommen markiert und im Erläuterungsheft summarisch beschrieben sind (MAUS et al. 1998); sie baut ihrerseits auf der PRK, den geologischen Karten und den Betriebsberichten des LGRB auf.

Geländeaufnahme, Kartierarbeiten

Einen hervorragenden Einblick in die Schichtenfolge der Hangende-Bankkalke-Formation gewährt der Steinbruch Neuhausen ob Eck (Abb. 116). Die überwiegend aufschlussarmen Gesteine der Hangende-Bankkalke- und der Zementmergel-Formation erlauben ansonsten lediglich eine Abgrenzung entsprechend der Morphologie. In der weiteren Umgebung waren die Hangende-Bankkalke- und die Zementmergel-Formation gelegentlich nur entlang von Forstwegeböschungen aufgeschlossen. Die Aufschlusshöhe und -breite ist jedoch so gering, dass daraus nur eingeschränkte Informationen zur Abfolge und Zusammensetzung dieser beiden Formationen gewonnen werden konnten. Eintalungen und Geländekanten, wie am Übergang von den Talhängen zur Hochfläche sind besonders deutlich im Digitalen Höhenmodell (DGM) des Landesamts für Geoinformation und Landentwicklung (LGL) Baden-Württemberg abzulesen (Abb. 117).

Betriebserhebungen und geologische Aufnahme von Rohstoffgewinnungsstellen

Zur Ermittlung der industriellen Anforderungen an Material und Lagerstätte ist, wie in Kap. 3.4.3 näher ausgeführt, die Erhebung von Daten zu Abbau, Produktion und Verwendung von Bedeutung, sinnvollerweise von solchen, welche unmittelbar vergleichbare Gesteine nutzen. In drei Steinbrüchen auf der Hegaualb, bei Neuhausen ob Eck (Abb. 116), bei Eigeltingen und bei Mühlhausen-Ehingen, werden Bankkalksteine der Hangende-Bankkalke-Formation gewonnen. Die Gesteine der Zementmergel-

Formation bei Neuhausen ob Eck werden zurzeit nicht genutzt und waren in der Umgebung allenfalls in Forstwegeböschungen aufgeschlossen.

Erkundungsarbeiten

Um auf der Albhochfläche bei Neuhausen ob Eck die nutzbare Mächtigkeit, Zusammensetzung, Verbreitung und Mächtigkeit der Hangende-Bankkalke- und der Zementmergel-Formation genauer bestimmen zu können, wurde im Rahmen der KMR 50 in Kooperation mit der Industrie ein Bohrprogramm festgelegt. Eine Rohstofferkundungsbohrung wurde ferner zur Erforschung des tieferen Untergrunds bis zur Glaukonitbank, dem wichtigsten Leithorizont im Oberjura der Schwäbischen Alb, abgeteuft.

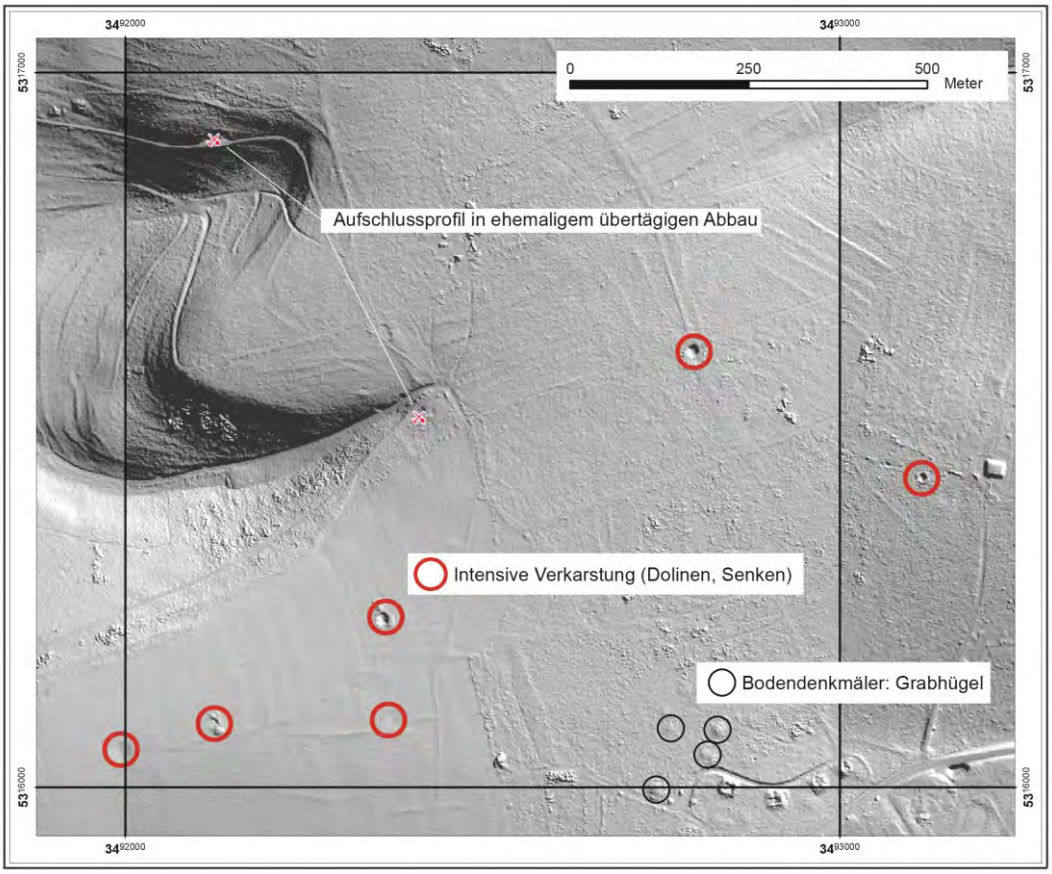
Auf Grundlage der o. g. Kartierarbeiten zur KMR 50 wurden Bohrpunkte ausgewählt und die zur Untersuchung der Hangende-Bankkalke-Formation notwendigen Bohrtiefen ermittelt. Es folgten die erforderlichen organisatorischen und technischen Vorbereitungen (Genehmigungsverfahren, Ermittlung der Lage von Versorgungsleitungen, Zufahrtsmöglichkeiten, Grundeigentümer, Ausschreibung der Bohrarbeiten, Vergabe, Einweisung der Bohrfirma usw.). Die Bohrungen wurden im Kernbohrverfahren durchgeführt, um eine vollständige und durchgehende Materialgewinnung zu ermöglichen. Bei anderen Bohrverfahren wie dem Meißelbohrverfahren wird lediglich Bohrklein gewonnen, welches das erbohrte Gestein nur unzureichend abbildet (s. Kap. 4.5.1).

Drei Kernbohrungen wurden im Bereich Edenberg nordwestlich von Neuhausen ob Eck von September bis November 2015 durchgeführt. Die erste Bohrung wurde im Rahmen der Arbeiten zur KMR 50 vom LGRB beauftragt, die Industrie beteiligte sich aber bei den Kosten für den für sie interessanten Bohrkernabschnitt. In der Folge führte die Betreiberfirma des nahe gelegenen Steinbruchs zwei weitere Kernbohrungen durch, um im angedachten Erweiterungsgebiet ausreichende Informationen zu Aufbau und Mächtigkeit der Hangenden Bankkalke zu erhalten; alle Bohrprofile wurden vom KMR 50-Bearbeiter aufgenommen.

Auf Grundlage der durch die Bohrungen und Rohstoffkartierung gewonnenen Daten konnte entlang der etwa auf einer E–W-Achse liegenden Bohrungen ein schematisches geologisches Profil konstruiert werden (Abb. 118), welches Auskunft zur Erstreckung des Vorkommens in der Fläche und der Tiefe sowie zu der tektonischen Situation gibt.

An der Rohstofferkundungs- und Forschungsbohrung „Klappersteig“ (Ro8019/B1) wurden vor Ort zusätzlich geophysikalische Untersuchungen (= Gamma-Log) durchgeführt, um das Ergebnis mit dem am Bohrkern gewonnenen Lithoprofil abzugleichen. Der Übergang von der Hangende-Bankkalke- zur Zementmergel-Formation, mit der dazugehörigen Verwitterungszone am Top der Zementmergel-Formation, ist in den Gamma-Log-Messungen gut erkennbar (Abb. 119 A).

Abb. 117 (→ siehe nachfolgende Seite): Digitales Höhenmodell für das Gebiet nördlich des Landeplatzes Neuhausen ob Eck (TK 25: 8019) mit der aus unterschiedlichen Karbonatgesteinen bestehenden Albhochfläche (mit geringmächtiger Lehmbedeckung) sowie tiefen Taleinschnitten (links oben). Besonders deutlich sind die kreisförmigen Dolinen sowie die morphologisch mehrere Meter über die Umgebung ragenden Hügelgräber (rechts unten) zu erkennen.



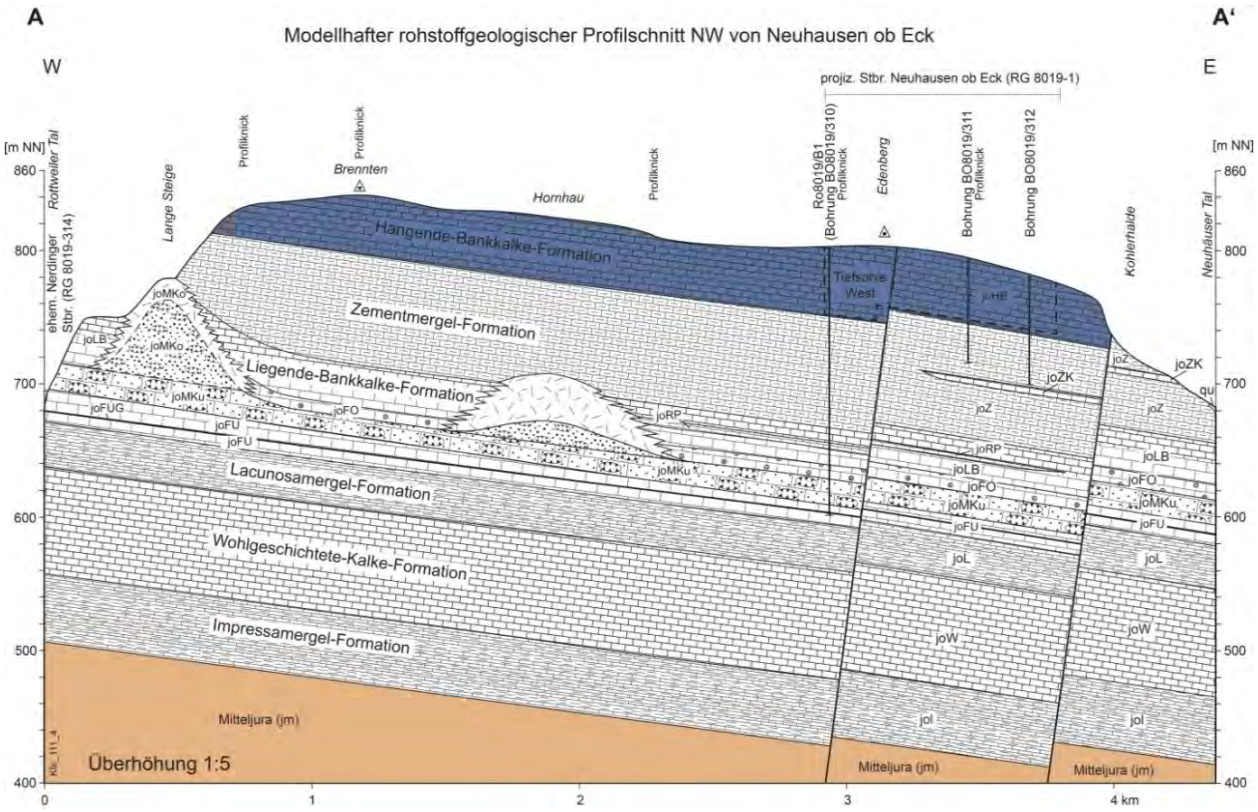


Abb. 118: Rohstoffgeologischer Profilschnitt NW von Neuhausen ob Eck mit der Gesteinsabfolge und den Rohstofferkundungsbohrungen BO8019/310–312 im Vorkommen L 8118-11 (LGRB 2016). Blau: nutzbare Kalkstein-Schichten.

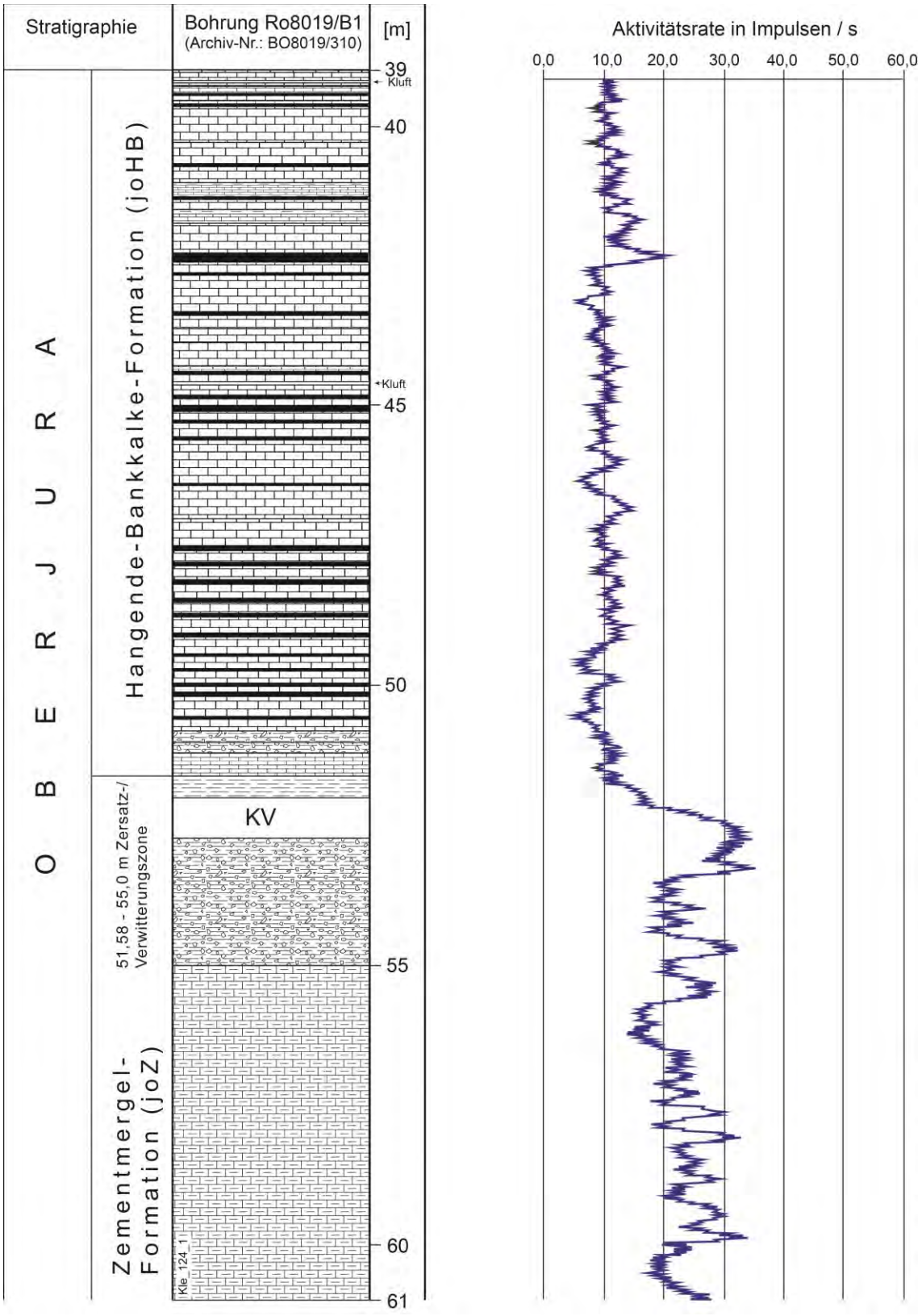


Abb. 119 A: Schichtenfolge der Rohstofferkundungs- und Forschungsbohrung Klappersteig Ro8019/B1 (Archiv-Nr.: BO8019/310) im Abschnitt 39–61 m mit dem dazugehörigen Gamma-Log. Deutlich erkennbar ist die Verwitterungszone im oberen Abschnitt der Zementmergel-Formation sowie die Schichtgrenze Hangende-Bankkalke-/Zementmergel-Formation (LGRB 2016).

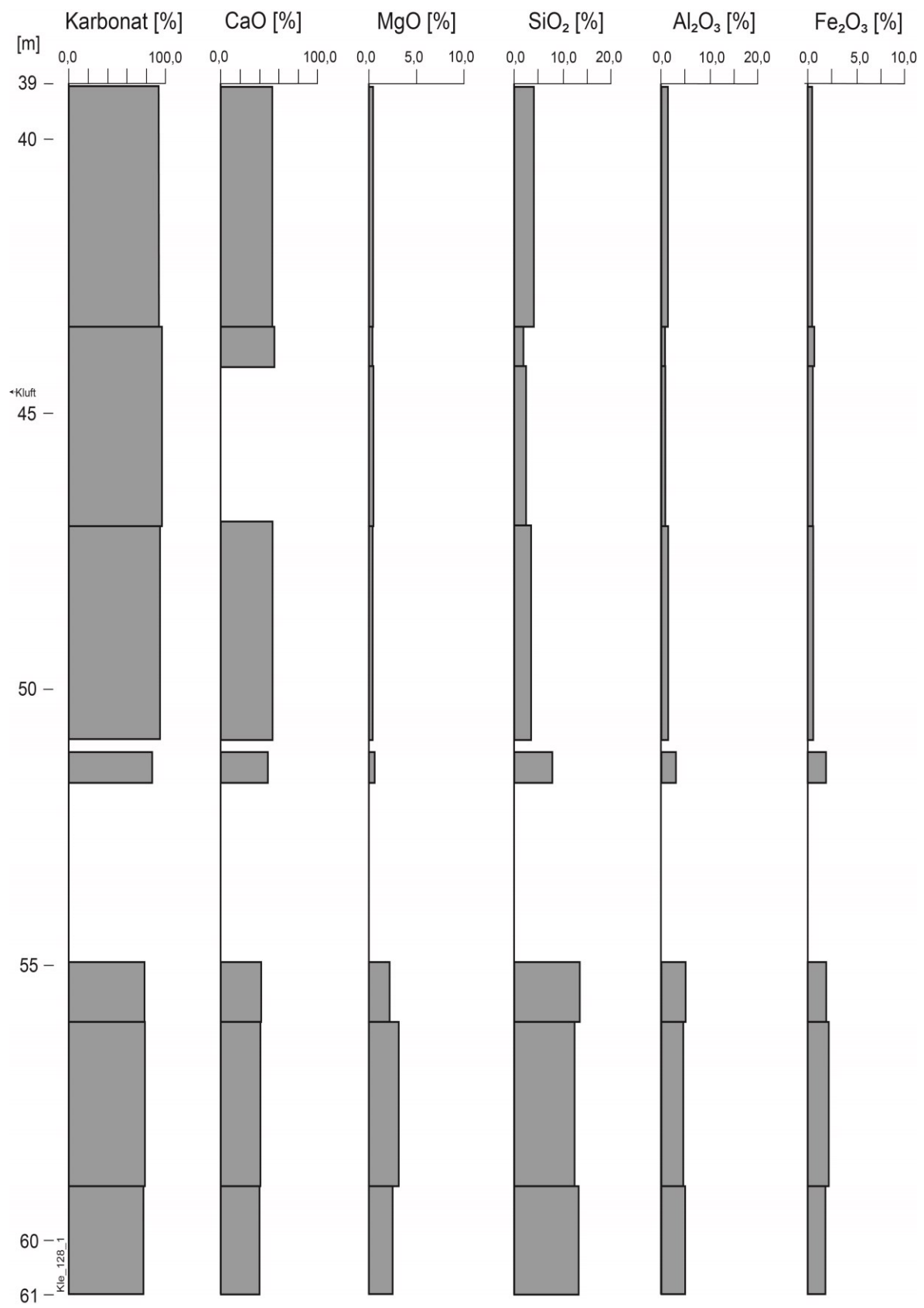


Abb. 119 B: Geochemisch-mineralogische Kennwerte im Grenzbereich der Hangende-Bankkalke- und der Zementmergel-Formation nach LGRB-Analysen im Abschnitt 39–61 m der Rohstofferkundungs- und Forschungsbohrung Klappersteig Ro8019/B1. Deutlich erkennbar ist der geochemische Unterschied zwischen der Hangende-Bankkalke- und der Zementmergel-Formation (LGRB 2016).

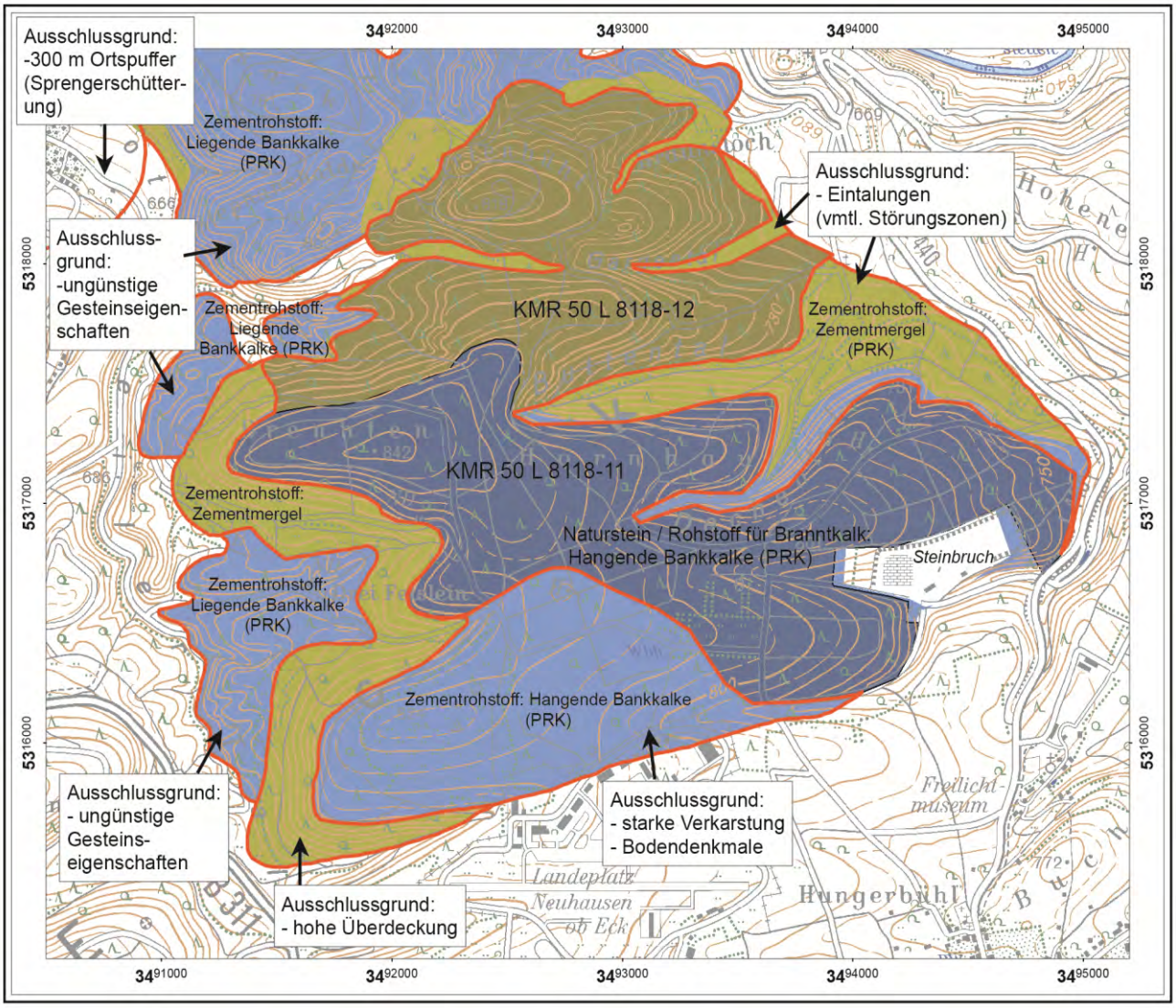
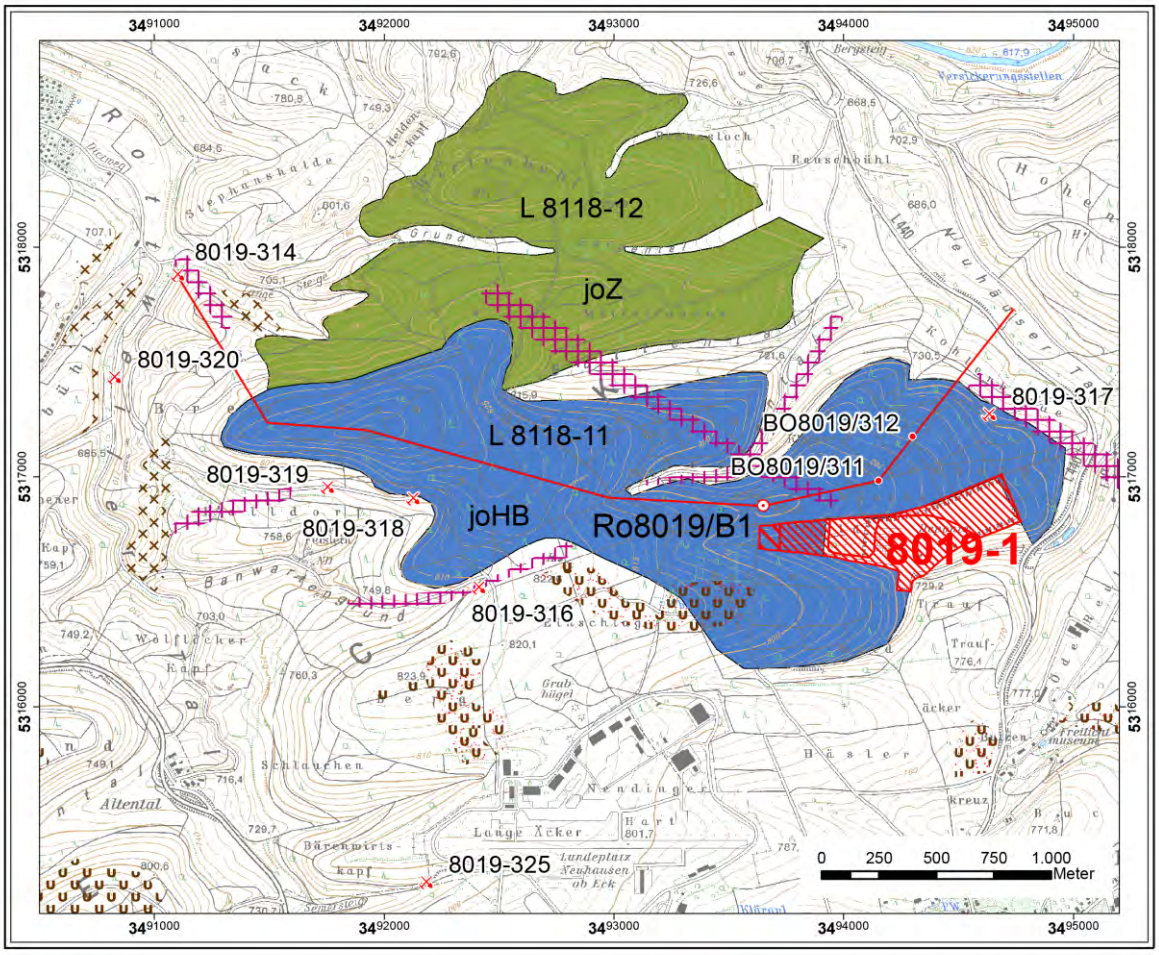


Abb. 120 A: Ausschnitt aus der Karte der mineralischen Rohstoffe von Baden-Württemberg 1 : 50 000 (KMR 50) Blatt L 8118/L 8318 Tuttlingen/Singen (Hohentwiel) im Bereich der Kalkstein- und Zementrohstoffvorkommen (kräftige dunkelblaue und dunkelgrüne Farbe) nordwestlich von Neuhausen ob Eck (LGRB 2016) und Darstellung der zuvor in der Prognostischen Rohstoffkarte (PRK) dargestellten Vorkommen. Mit roter Umrandung sind die bei der Kartierung zur KMR 50 ausgeschlossenen Gebiete dargestellt. Die Ausschlussgründe wie Verkarstung und ungünstige Gesteinseigenschaften werden stichwortartig aufgeführt.



Kalksteine
(Vorkommen nachgewiesen - Bauwürdigkeit wahrscheinlich)

Zementrohstoffe (aus Sedimentgesteinen)
(Vorkommen nachgewiesen - Bauwürdigkeit wahrscheinlich)

joHB Hangende Bankkalke-Formation

joZ Zementmergel-Formation

Vorkommen von Gesteinen mit ungünstigen Materialeigenschaften

Vorkommen von Gesteinen mit ungünstigen Materialeigenschaften

Intensive Verkarstung (Dolinen, Senken, Karstlehme, Subrosion im Gipskarst)

Intensive Verkarstung mit Bohnerzen

Bereiche mit intensiver Störungs- u. Klufttektonik

Abbaugebiet (abgebaute oder in Abbabu befindliche Flächen)

Erweiterungsgebiete (genehmigte; unverritztes Abbaugebiet)

8019-1 Steinbruch Neuhausen ob Eck

8019-314 — Aufschlussprofil in ehemaligem übertägigem Abbau (< 0,5 ha) mit LGRB-Archivnummer der Gewinnungsstellendatenbank --> Informationen dazu siehe LGRB-Homepage unter: maps.lgrb-bw.de, Thema Rohstoffgewinnung im Tagebau

RO8019/B1 — Rohstofferkundungsbohrung des LGRB (mit Bezeichnung)

BO8019/311 — sonstiger rohstoffgeologischer oder lagerstättenkundlich wichtiger Aufschlusspunkt mit LGRB-Archivnummer der Aufschlussdatenbank

Profilschnitt

Abb. 120 B: Ausschnitt aus der Karte der mineralischen Rohstoffe von Baden-Württemberg 1 : 50 000 (KMR 50) Blatt L 8118/L 8318 Tuttlingen/Singen (Hohentwiel) (LGRB 2016) mit den ausgewiesenen Kalkstein- und Zementrohstoffvorkommen sowie den Bohrungen mit Profilschnitt, dem Steinbruch Neuhausen ob Eck (RG 8019-1) und ehemaligen Abbaustellen. Weiterhin dargestellt sind Dolinen und Störungen.

Laborarbeiten

Ziel der Erkundungsbohrungen war neben der Ermittlung der geologischen Verhältnisse (besonders Nutzschicht- und Überlagerungsmächtigkeiten, Gesteinsqualität, Verkarstung, Tektonik) der Erhalt von frischen und die ganze Abfolge lückenlos erfassenden Proben über die Gesamtmächtigkeit der für den Abbau möglicherweise in Frage kommenden Schichten von zentraler Bedeutung. Ergänzend wurden in dem in Betrieb befindlichen Steinbruch Neuhausen ob Eck (RG 8019-1) fünf repräsentative Schlitz- und Haufwerksproben entnommen und untersucht.

Der Abschnitt 3,15–80 m der Rohstofferkundungs- und Forschungsbohrung Klappersteig Ro8019/B1 (Archiv-Nr.: BO8019/310), der den für eine Rohstoffnutzung relevanten Horizont enthält, sowie fünf Einzelproben aus dem Steinbruch Neuhausen ob Eck (RG 8019-1) wurden im LGRB mittels Röntgenfluoreszensanalyse (RFA) einer eingehenden geochemisch-mineralogischen Untersuchung unterzogen, um Veränderungen in der Zusammensetzung der Gesteinsabfolge erkennen zu können (Abb. 119 B). Insbesondere die chemische Zusammensetzung der Zementmergel-Formation, welche auf der Schwäbischen Alb hinsichtlich ihres Karbonatgehalts recht variabel ist, sollte genau bestimmt werden.

Die mittels Diamantsägeblatt abgetrennten Bohrkernkalotten wurden zu 14 Mischproben aus der Hangende-Bankkalke-Formation von jeweils etwa 0,4–4 m Länge und zu sechs Mischproben aus der Zementmergel-Formation von jeweils ca. 1–8 m Länge zusammengefasst und zwar so, dass dadurch jeweils lithologische homogene Bereiche repräsentiert waren. Das getrocknete, gebrochene und feingemahlene Gestein wurde der Röntgenfluoreszenzanalyse im LGRB-Labor zugeführt und auf den Gehalt an 42 Elementen untersucht; rechnerisch wurde daraus auch der Gehalt an Gesamtkarbonat und Calcit und Dolomit ermittelt.

Das Diagramm der Abb. 119 B zeigt die Verteilung der für die Beurteilung der Kalksteinqualität wichtigsten Parameter Gesamtkarbonat, CaO, MgO, Fe_2O_3, SiO_2 und Al_2O_3; diffraktometrisch wurde ermittelt, dass die Bankkalksteine der Hangende-Bankalke-Formation vollständig aus Calcit ($CaCO_3$ = Calcit) bestehen. Dagegen weisen die Mergelkalksteine der Zementmergel-Formation einen Anteil an Dolomit von durchschnittlich 9 % auf. Das Gesamtergebnis der umfangreichen geochemischen Untersuchungen wird unten stehend erläutert (LGRB 2016).

Kartier- und Erkundungsergebnisse, Bewertung

Aufgrund der flächenhaften Geländebegehung konnte sowohl das Kalksteinvorkommen mit der Vorkommens-Nr. L 8118-11 als auch das Zementrohstoffvorkommen L 8118-12 aufgrund morphologischer Merkmale wie Eintalungen, welche vielfach mögliche Störungszonen darstellen, sowie aufgrund von Dolinen und Bodendenkmäler gut abgegrenzt werden. Gerade bei der Erkundung der Hochfläche auf Dolinen, welche für die Verkarstung der Karbonatgesteine der Schwäbischen Alb typisch sind, erwies sich das Digitale Höhenmodell (DGM) als sehr nützlich (Abb. 118). Ansonsten erfolgte die Abgrenzung der Rohstoffvor-kommen anhand der Eigenschaften der anstehenden unterschiedlichen Karbonatgesteine (Abb. 120 A). Die abschließende Bewertung zeigt deutlich, dass die abgegrenzten Vorkommen der Karte der mineralischen Rohstoffe von Baden-Württemberg 1 : 50 000 (KMR 50) eine deutlich geringere Ausdehnung als die dargestellten Flächen der Prognostischen Rohstoffkarte (PRK) aufweisen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass bei den Geländearbeiten zur KMR 50 Ausschlusskriterien wie Verkarstung, Störungszonen, ungünstige Gesteinseigenschaften, hohe Überdeckung und Bodendenkmäler berücksichtigt wurden (Abb. 120 A und B).

Die petrographisch-mineralogisch-geochemischen Untersuchungen ergaben ganz konkrete Unterschiede in der Zusammensetzung sowohl der Hangende-Bankkalke- als auch der Zementmergel-Formation. Die detaillierte Schicht-für-Schicht-Aufnahme an den Bankkalksteinen mit ihren Mergelsteinzwischenlagen in den Erkundungsbohrungen zeigt, dass im Osten des Vorkommens L 8118-11 der Anteil der Mergelsteinlagen an der Schichtenfolge von 11 auf 5 % abnimmt und sich die durchschnittliche Mergelsteinmächtigkeit von 6 auf 2 cm reduziert. Die Profilaufnahme im Steinbruch Neuhausen ob Eck (RG 8019-1) ergab, dass gegen die Tiefe, d. h. ab ca. 5–15 m über dem Top der Zementmergel-Formation, die Bankkalksteine unregelmäßig aufspalten, dazu zeigen einzelne Bänke nesterförmige und schichtförmige graublaue Partien, welche eine geringere Gesteinshärte und einen niedrigeren Karbonatgehalt (91 und 92 %) als die übrige Schichtenfolge (95 %) aufweisen. Dieser untere Abschnitt ist im Gegensatz zur übrigen Schichtenfolge der Hangende-Bankkalke-Formation

aufgrund der unregelmäßig aufspaltenden Bänke und der geringeren Gesteinshärte nicht als Material für den qualifizierten Straßenbau nutzbar. Das Gestein in diesem Abschnitt kann aber im einfachen Wegebau verwendet werden. Die nutzbare Mächtigkeit wurde mit 40–50 m bestimmt (LGRB 2016).

Im Gegensatz zur Hegaualb finden im Bereich der mittleren Schwäbischen Alb die Schichtkalke der Hangende-Bankkalke-Formation lediglich als Material für den einfachen Wegebau Verwendung (GLA 1995, WERNER & KLEINSCHNITZ 2005). Der Grund für den Einsatz der Bankkalksteine der Hangende-Bankkalke-Formation der Hegaualb im Straßenbau könnte in der geringeren Anzahl der Trennflächen (ca. 10/m) im Vergleich zur mittleren Schwäbischen Alb (10–20/m) liegen. Die geochemische Zusammensetzung der Bankkalksteine unterscheidet sich kaum – der durchschnittliche Karbonatgehalt liegt im Bereich der mittleren Schwäbischen Alb bei 94 %, auf der Hegaualb bei 95 %.

Die durchschnittliche chemische Zusammensetzung der im Liegenden der Hangende-Bankkalke-Formation im Vorkommen L 8118-11 anstehenden Zementmergel-Formation mit einem mittleren Gesamtkarbonatgehalt von 79 % (= 70 % Calcit, 9 % Dolomit) entspricht nahezu dem geforderten Karbonatgehalt eines Zementrohstoffs für Portlandzement, der nach LORENZ & GWOSDZ (1998) bei 77 % liegt. Untersucht wurden die oberen 25 m der Zementmergel-Formation. Der mittlere Dolomitgehalt von 9 %, welcher einem MgO-Anteil von 2,2 % entspricht, erfüllt damit ebenfalls die Voraussetzungen für die Verwendung als Zementrohstoff. Die Obergrenze für MgO in einem Zementrohstoff liegt nach LORENZ & GWOSDZ (1998) bei 3 %. Eine Nutzung der schwach dolomitischen Mergelkalksteine der Zementmergel-Formation im Vorkommen L 8118-11, deren Gesamtmächtigkeit im Bereich Neuhausen ob Eck laut der Rohstofferkundungs- und Forschungsbohrung Klappersteig Ro8019/B1 (BO8019/310) bei rund 84 m liegt, erscheint in der Praxis nicht umsetzbar. Dazu müsste in einem jahrzehntelangen Abbau zunächst großflächig das darüber liegende 40–50 m mächtige Schichtenpaket der Hangende-Bankkalke-Formation vollständig als Material für Straßenbaustoffe gewonnen werden, ehe die darunter befindlichen Mergelkalksteine der Zementmergel-Formation als Zementrohstoff abgebaut werden könnten (LGRB 2016).

Eine Verwendung der direkt weiter nördlich großflächig ausstreichenden Zementmergel-Formation (Vorkommen L 8118-12) als Zementrohstoff ist aufgrund der homogenen und nahezu idealtypischen Zusammensetzung (s. o.) der schwach dolomitischen Mergelkalksteine dagegen vermutlich gut möglich. Die umfangreichen Erkundungsarbeiten ergaben, dass das Vorkommen L 8118-12 aufgrund seiner großen flächenhaften Erstreckung und nutzbaren Mächtigkeiten von 85 m im östlichen Teil und 50–60 m im westlichen Abschnitt ein erhebliches Zukunftspotenzial für Zementrohstoffe aufweist (LGRB 2016).

Die tiefer reichende Rohstofferkundungs- und Forschungsbohrung Klappersteig Ro8019/B1 (Archiv-Nr.: BO8019/310) traf den Leithorizont der Glaukonitbank an und erbrachte konkrete Erkenntnisse über die Schichtenfolge über eine Mächtigkeit von über 200 m, reichend von der Hangende-Bankkalke-Formation bis zur Glaukonitbank. Dabei konnten sowohl die Mächtigkeit als auch die Lithologie der Abfolge genau bestimmt werden (Abb. 118). Diese Ergebnisse fließen beim LGRB als wichtige Information über den tieferen Untergrund des Landes ein.

Fazit

Zwei benachbarte Rohstoffvorkommen, ein Kalksteinvorkommen von Bankkalksteinen der Hangende-Bankkalke- und ein Zementrohstoffvorkommen der Zementmergel-Formation (Oberjura), auf der Hegaualb südöstlich von Tuttlingen wurden als Fallbeispiel für die rohstoffgeologische Kartierung und Abgrenzung auf der Albhochfläche bei Neuhausen ob Eck ausgewählt. Diese Vorkommen stellen jeweils bedeutende Reserven zur Gewinnung von Bankkalksteinen für den Verkehrswegebau sowie zur möglichen Gewinnung von Zementrohstoffen dar. Aufgrund der z. T. charakteristischen Verkarstung der Karbonatgesteine, der zahlreichen Störungszonen und der wechselnden Gesteinsqualitäten innerhalb der Schichtenfolge war eine zeitaufwändige, detaillierte Kartierung erforderlich, die durch die Nutzung des 1m-Laserscan des Digitalen Höhenmodells (DGM) aber wesentlich erleichtert wurde.

Nach Vorlage der Kartierergebnisse wurden in den Vorkommen, welche in enger räumlicher Nähe zu dem bestehenden und in Betrieb befindlichen Steinbruch Neuhausen ob Eck (RG 8019-1) eine große Ausdehnung und nutzbare Mächtigkeit erwarten ließen, Erkundungsbohrungen durchgeführt, die eine lückenlose geochemische Untersuchung der Schichtabfolge ermöglichten. Eine für die KMR 50 ausreichend gesicherte Abgrenzung von wirtschaftlich interessanten Kalksteinvorkommen mit mittlerem

Lagerstättenpotenzial war so gut möglich. Untersuchung und Bewertung entsprechen dem Verfahrensschritt der rohstoffgeologischen Vorerkundung; im Zuge möglicher Antragsverfahren der Rohstoffindustrie sind weitere und detailliertere Erkundungsarbeiten zur Abgrenzung innerhalb der Vorkommen zu erwartender Lagerstätten unerlässlich.

Literatur zu Kap. 6.6

GLA – Geologisches Landesamt Baden-Württemberg (1995): Lagerstättenpotentialkarte für die Region Neckar-Alb. Rohstoffgeologische Untersuchung der Kalksteinvorkommen des Weißen Juras. – 161 S., 37 Abb., 17 Tab., 5 Anl., Anhang; Freiburg i. Br. – [Bearbeiter: WERNER, W., GIESE, S. & BOCK, H., unter Mitarbeit von FRANZ, M., GERIG, B., GERMANN, D., GRUBERT, A., HAHN, J., HÜBNER, C., MARTIN, M. & SCHAUER, M.] – [unveröff.].

GWINNER, M. P. & HAFNER, G. (1995) mit Beiträgen VON FRANZ, M., MÜNZING, K., LEIBER, J. & VILLINGER, E.: Erläuterungen zu Blatt 7919 Mühlheim an der Donau. – Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000: 139 S., 17 Abb., 3 Tab., 4 Beil.; Freiburg i. Br. (Geol. L.-Amt Baden-Württ.).

HAFNER, G. (1995): Blatt 7919 Mühlheim an der Donau. – Geol. Kt. Baden–Württ. 1 : 25 000; Freiburg i. Br. (Geol. L.-Amt Baden-Württ.).

LORENZ, W. & GWOSDZ, W. (1998): Bewertungskriterien für Industrieminerale, Steine und Erden, Teil 2: Karbonat- und Sulfatgesteine. – Geol. Jb., **H 4**: 98 S., 21 Abb., 47 Tab.; Hannover.

MAUS, B., BOCK, H. & LEIBER, J. (1998): Erläuterungen zu Blatt CC 8718 Konstanz. – Kt. Oberfläch. Rohstoffe 1 : 200 000 (KOR 200): 66 S., 11 Abb., 2 Tab., 1 Kt.; Hannover (BGR).

LGRB – Regierungspräsidium Freiburg, LGRB (2016) (Hrsg.): Erläuterungen zu Blatt L 8118 Tuttlingen / L 8318 Singen (Hohentwiel) – Karte der Mineralischen Rohstoffe von Baden-Württemberg 1 : 50 000: 273 S., 49 Abb., 9 Tab., 1 Karte (1 : 50 000), 1 CD-ROM; Freiburg i. Br. – [KMR 50]. – [Bearbeiter: KLEINSCHNITZ, M. mit Beiträgen von BOCK, H. & WERNER, W.].

SCHREINER, A. (2000): Blatt 8019 Neuhausen ob Eck. – Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000; Freiburg i. Br. (L.-Amt Geol., Rohst. u. Bergb. Baden-Württ.). – [2., geänd. Aufl.].

SCHREINER, A. (2002): Erläuterungen zu Blatt 8019 Neuhausen ob Eck. – Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000: 86 S., 6 Abb., 6 Tab., 3 Beil.; Freiburg i. Br. (L.-Amt Geol., Rohst. u. Bergb. Baden-Württ.). – [2., erg. Aufl.].

6.7 Gipsstein-Vorkommen im Gebiet Schwäbisch Hall – Fallbeispiel Crailsheim

[HELMUT BOCK]

Einführung

In diesem Abschnitt werden Fallbeispiele aus der Kartierung und Erkundung in den Grundgipsschichten des Gipskeupers vorgestellt, nämlich aus den Gebieten „Ölhaus-West“ (Gemarkung Crailsheim-Roßfeld) und „Maulach“ (Crailsheim-Triensbach). Die Ergebnisse sind in die KMR 50, Blatt Schwäbisch Hall, eingeflossen.

Entstehung der Lagerstättenkörper: Gips ($CaSO_4 \times 2\ H_2O$) entsteht durch Auskristallisieren aus Calciumsulfat-übersättigtem Meerwasser in einem subtropischen Klima. Bei der Verfestigung (Diagenese) der gipsreichen Sedimente kommt es im Verlauf der Erdgeschichte durch das Austreiben von Kristallwasser zur Bildung von Anhydritstein (wasserfreies Sulfatgestein = $CaSO_4$). Bei der Heraushebung der Sedimente in der jüngeren Erdgeschichte und dem Zusetzen von Grund- und Niederschlagswasser entsteht durch Wasseraufnahme wieder Gipsstein.

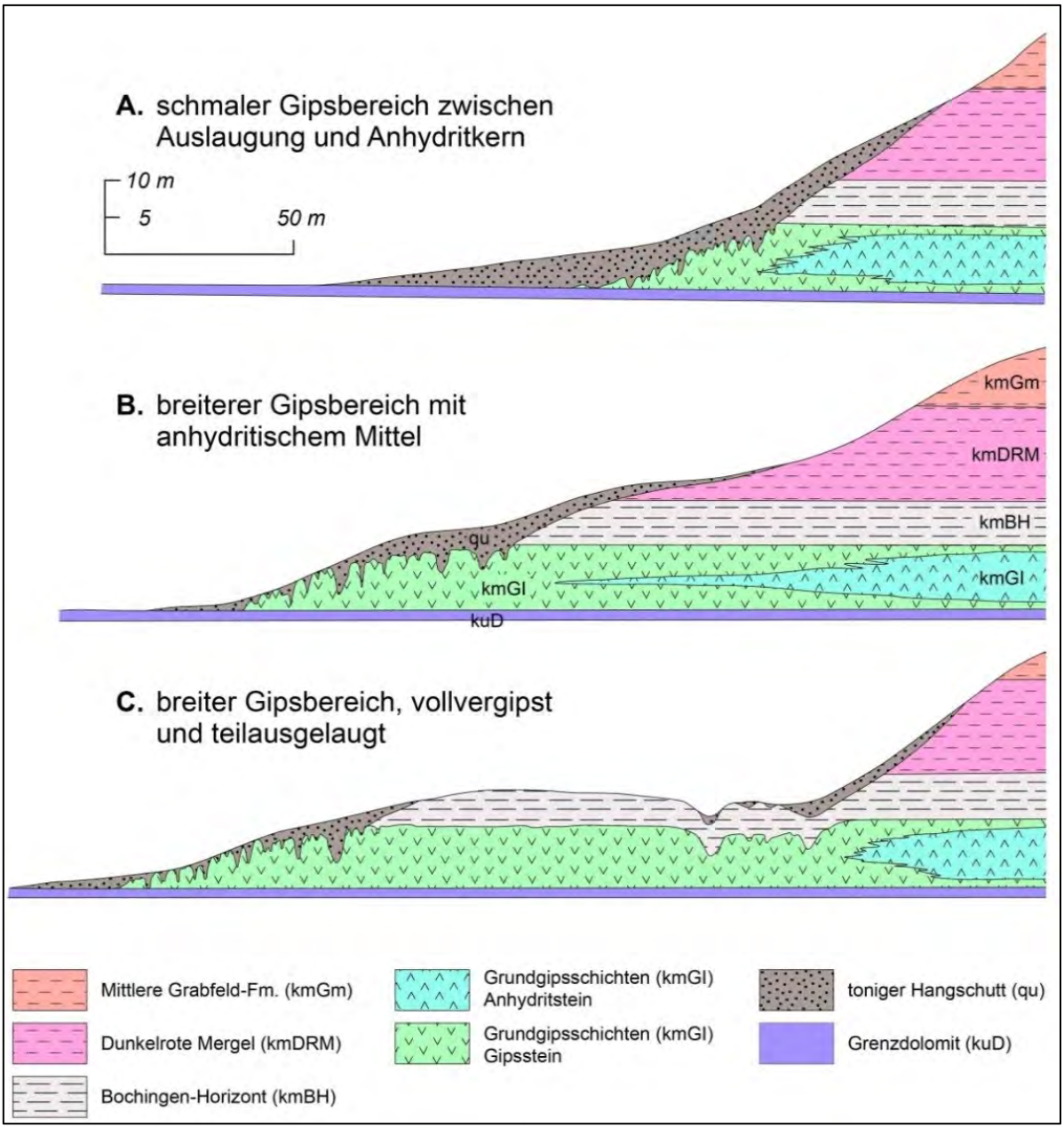


Abb. 121: Typen von Gipssteinvorkommen in den Grundgipsschichten Frankens (nach HERRMANN 1976).

Die Intensität der tektonischen Beanspruchung (Störungen, Klüfte, Schichtverkippungen) spielt dabei eine große Rolle. Weil der Prozess der Kristallwasseraufnahme eine lange Zeit benötigt, kommt Gipsstein meist zusammen mit (noch nicht umgewandeltem) Anhydritstein vor.

Gipsstein ist gut wasserlöslich und wird daher im Sicker- und Grundwasserbereich leicht abgelaugt (Subrosion). Bauwürdige Gipssteinlagerstätten entstehen somit nur in einem schmalen, oft nur 100–300 m breiten Streifen zwischen der talseitigen Ablaugungszone und den bergseitigen Anhydritstein-Schichten (Abb. 121). Die Gipssteinlagerstätten treten bevorzugt an den Flanken von weiten Tälern auf. Daher bedingt ihre Gewinnung aufgrund der geringen nutzbaren Mächtigkeit und teilweise intensiven Subrosion eine relativ große Flächeninanspruchnahme.

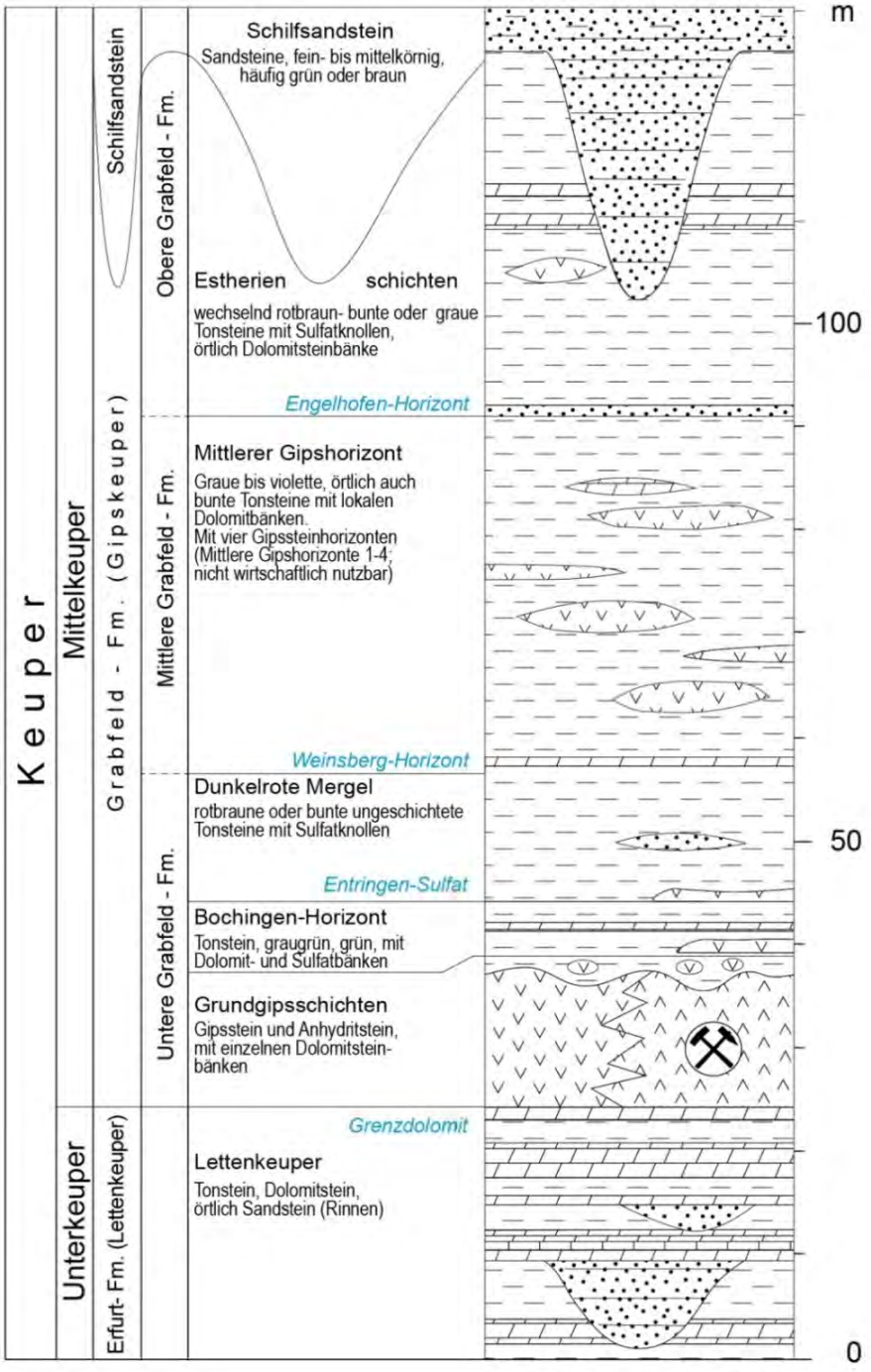


Abb. 122: Vereinfachtes geologisches Profil für den Unterkeuper, den Gipskeuper (Grabfeld-Formation) und den Schilfsandstein im Gebiet Schwäbisch Hall–Crailsheim (ergänzt nach LGRB 2003).

Stratigraphisches Auftreten und regionale Verbreitung

Die wirtschaftlich wichtigsten Gipssteinvorkommen Südwestdeutschlands treten in den Grundgipsschichten an der Basis des Gipskeupers auf (Abb. 122 und 123). In störungsnahen Bereichen sind auch im Mittleren Muschelkalk oft bauwürdige, nur untertägig gewinnbare Gipsvorkommen entwickelt (z. B. frühere Gipsbergwerke Epfendorf, Forchtenberg, Neckarzimmern, Roigheim). Sie weisen in der Regel höhere Anhydritsteingehalte auf. Im Gegensatz zu den Gipssteinvorkommen in den Grundgipsschichten können sie wegen der Überlagerung durch die Kalksteinfolge des Oberen Muschelkalks nur durch Bohrungen erkundet werden.

Baden-Württemberg verfügt vor allem in den Regionen Heilbronn-Franken und Schwarzwald-Baar-Heuberg über wirtschaftlich bedeutende Vorkommen von Sulfatgesteinen in den Grundgipsschichten. Die Gipssteinlagerstätten, also die derzeit bauwürdigen Vorkommen, konzentrieren sich in den Gebieten Crailsheim–Schwäbisch Hall und Herrenberg–Rottweil. In den Regionen Neckar-Alb und Stuttgart gibt es nur einige Restvorkommen. Die Vorkommen am Hochrhein werden derzeit wegen geringerer Materialreinheit und Lagerstättengröße nicht genutzt.

Rohstoffwirtschaftliche Relevanz

Ab dem Mittelalter diente Gips zur Herstellung von Mörteln, kunstvoll gestalteten Stuckarbeiten in herrschaftlichen Gebäuden oder auch (in spezieller Bearbeitungsweise) als Ersatz für Marmor in Sakralbauten. Seit Beginn des 20. Jahrhunderts und insbesondere nach dem letzten Weltkrieg nahm die industrielle Nutzung des Rohstoffs Gipsstein erheblich zu. Als Rohsteinzuschlag regulieren Gips und/oder Anhydrit das Abbindeverhalten von Zement. Stuckgips sowie verzögerte Mehrphasengipse (Estrichgips) bilden die Grundlage verschiedenster Innenputzanwendungen, als Gipskartonplatten für Wände, Decken und Boden im Trockenbau, als Maschinen- oder Handputz sowie für diverse Spachtelmassen. Gips- und Anhydritstein, ungebrannt und sehr fein vermahlen, werden als Füllstoffe in Papier und Kunststoffen verwendet. In geringerem Umfang werden auch Spezialgipse erzeugt; zu nennen sind Formengips, der zur Herstellung von Keramik benötigt wird, Dentalgips und Gips für Verbände im medizinischen Bereich.

Qualitätsanforderungen: Große Bedeutung kommt zunächst dem Reinheitsgrad des Sulfatgesteins zu. Je nach Produkt kann ein Gipsgehalt von 70 % (Zementzuschlagstoff) ausreichen; für Spezialgipse hingegen ist ein Gehalt von mehr als 97 % erforderlich. Die meisten Baugipse erfordern Reinheitsgrade von 75–85 %. Störende Nebengemengteile sind vor allem leicht lösliche Natrium- und Magnesiumsalze (Chloride und Sulfate) wie Kochsalz, Glaubersalz, Bittersalz usw. Auch Quelltone sind bereits in geringer Menge unerwünscht. Sehr wichtig für die Produktion ist jedoch vor allem die Gleichmäßigkeit einer definierten Zusammensetzung des Rohsteins. Auch geringe Abweichungen führen zu veränderten Eigenschaften innerhalb einer Produktlinie. Aus diesem Grunde ist es für ein Gipswerk zumeist erforderlich, für die geforderte Rohstoffmischung mehrere Abbaustellen zu betreiben, um zuverlässig gleichmäßige Produkteigenschaften zu gewährleisten.

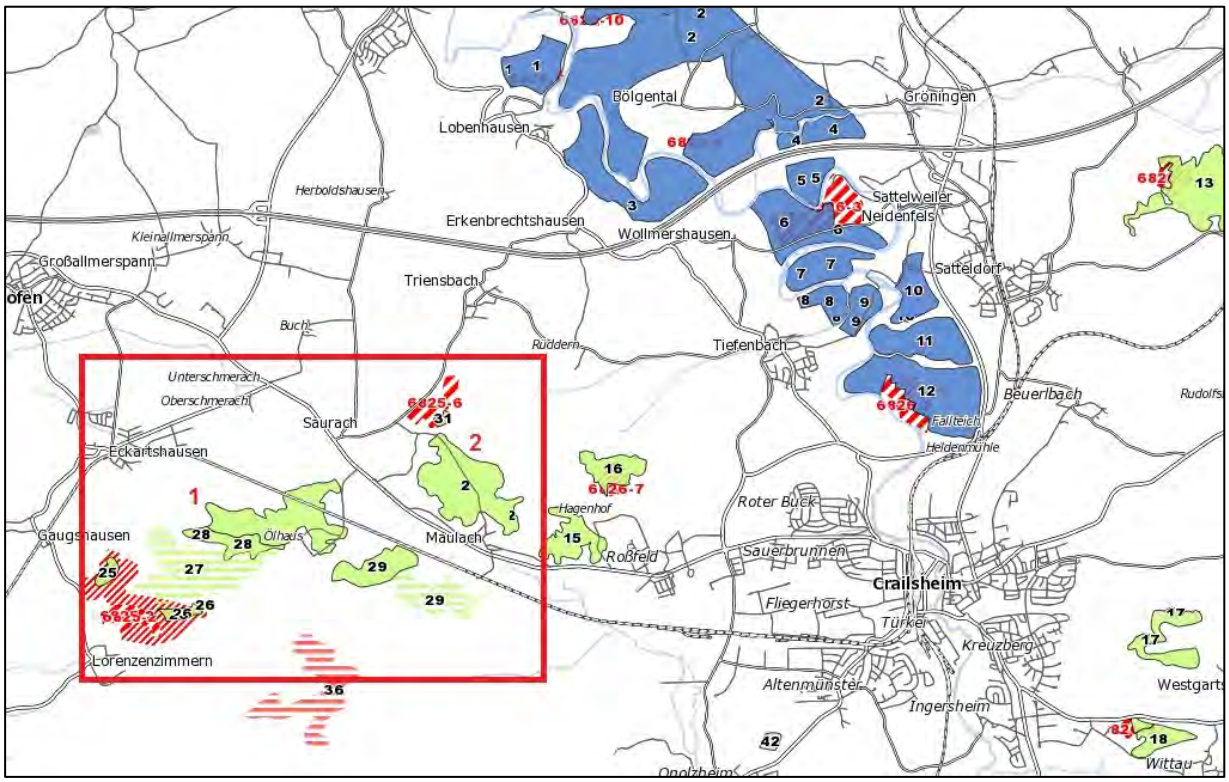


Abb. 123: Ausschnitt aus der KMR 50, Blätter L 6924 Schwäbisch Hall (LGRB 2003) und L 6826 Crailsheim (LGRB 2005), mit Lage der beiden Gebiete „Ölhaus-West“ (1) und „Maulach“ (2).

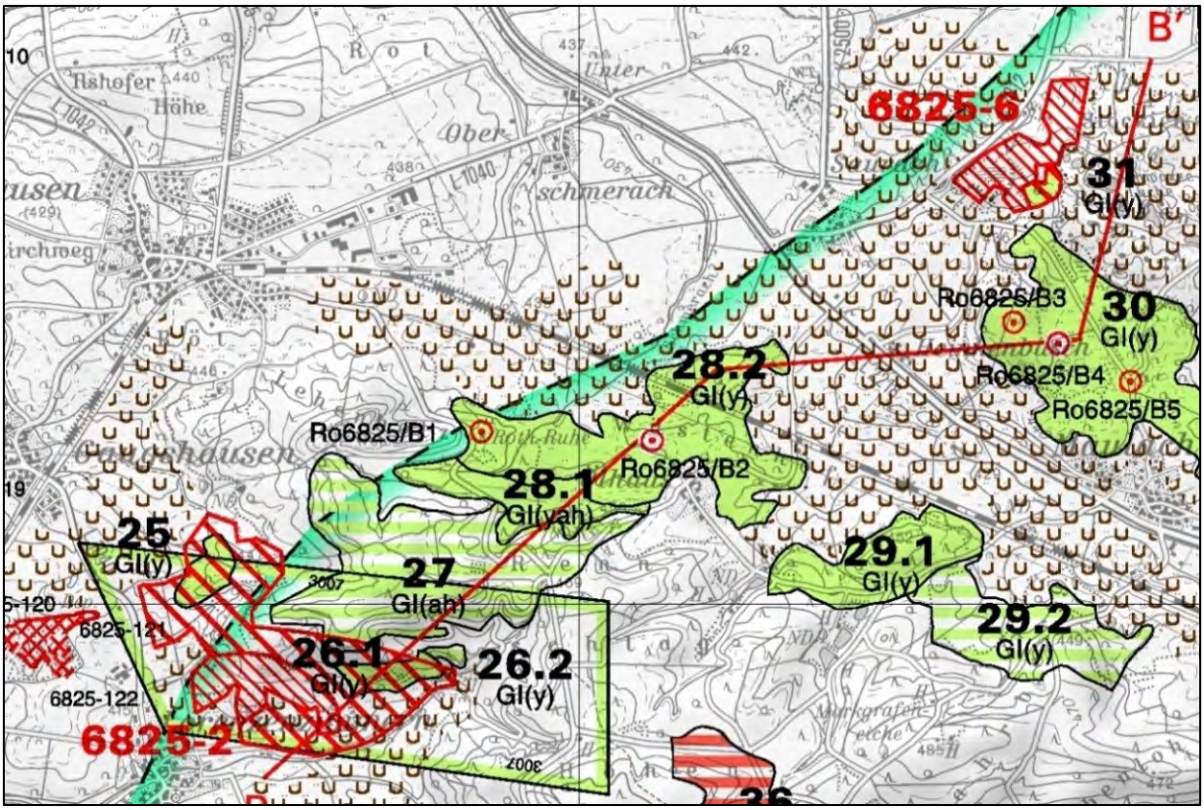


Abb. 124: Ausschnitt aus der Karte der mineralischen Rohstoffe von Baden-Württemberg (KMR 50), Blatt L 6924 Schwäbisch Hall (LGRB 2003), mit Lage der beiden Vorkommen „Ölhaus-West" (Vorkommen L 6924-28.1/28.2) und „Maulach" (Vorkommen L 6924-30) sowie der fünf LGRB-Rohstofferkundungsbohrungen in diesen beiden Gebieten (vgl. Tab. 76). Flächen mit grüner Vollfarbe: Vorkommen nachgewiesen, bauwürdige Bereiche wahrscheinlich, Flächen mit grüner Schraffur: Vorkommen prognostiziert, bauwürdige Bereiche vermutet; Gl(y) = Gipsstein der Grundgipsschichten, Gl(ah) = Anhydritstein der Grundgipsschichten. Flächen mit roter Schrägschraffur = Gewinnungsstellen mit Angabe der LGRB-Nr.

Schichtenfolge

Für die Rohstoffkartierung auf gipssteinhöffige Gebiete in den Grundgipsschichten sind in Baden-Württemberg überregional die nachfolgend vom Liegenden zum Hangenden angeführten Schichten des Gipskeupers (Grabfeld-Formation; vgl. Abb. 122, 125 und 126) von Bedeutung (vgl. auch „Lagerstättentypen"). In Klammern ist die jeweilige Mächtigkeit in Gebiet Schwäbisch Hall-Crailsheim angegeben. Die Faziesgrenze zum im Hangenden folgenden Plattengips liegt gebietsweise in verschiedenen Niveaus.

- **Grundgipsschichten** (kmGI; ca. 11–14 m): Im unteren Teil ist das Sulfatgestein massig ausgebildet (**Felsensulfat, Felsenanhydrit/Felsengips**) und örtlich durch dunkle Lagen unscharf gebändert; es enthält mehrere kleinräumig auskeilende Dolomitsteinbänke, die teilweise bei der Gesteinsverfestigung diagenetisch durch Sulfatgestein oder schwarzgraue Tonmergelsteine ersetzt worden sind. Das Felsensulfat reicht in Franken in der Regel bis zum Top der Muschelbank 2 (früher: Bank beta) und wird ca. 3–4 m mächtig. Die Calciumsulfatgehalte liegen in diesem Abschnitt überwiegend zwischen 80 und 95 %. Der obere Teil, über der Muschelbank 2, ist durch die Einschaltung von Ton-/Mergelsteinlagen sowie eine plattige Ausbildung gekennzeichnet (**Plattensulfat, Plattenanhydrit, Plattengips**). Im unteren, ca. 6–7 m mächtigen Abschnitt, der Grauen Serie, treten nach oben zunehmend überwiegend dunkelgraue bis dunkelgraugrüne Ton- und Mergelsteinlagen auf. Der obere Teil des Plattensulfats wird nach dem Auftreten von vorwiegend rötlichen und rotvioletten Ton- und Mergelsteinen als Bunte Serie bezeichnet. Der Gipsgehalt im Plattensulfat nimmt von 80–90 % im unteren Teil (bis zur Muschelbank 4) bis auf etwa 60–65 % in der Bunten Serie ab.

- **Bochingen-Horizont** (kmBH; ca. 6–7 m): Vorwiegend graugrüne und grauschwarze, zuoberst auch rötliche, dolomitische Ton-/Mergelsteine mit einzelnen dünnen Sulfatgesteinslagen.
- **Dunkelrote Mergel** (kmDRM; ca. 8–11 m): Vorwiegend rötliche und rotviolette, untergeordnet auch grüne und graue, ungeschichtete, dolomitische Tonsteine mit stellenweise geringmächtigen Sulfatgesteinslagen. In Franken tritt etwa in der Mitte die Quarzitbank auf, eine nur wenige Zentimeter mächtige sandige Dolomitsteinbank oder kieselige Sandsteinbank.
- **Weinsberg-Horizont** (kmWEH; ca.1–1,5 m): Graue bis violette, örtlich bunte Tonsteine, häufig mit drei marinen Dolomitsteinbänken (kmBl, Bleiglanzbänke). Lokal können teils mehr oder teils weniger Dolomitsteinbänke auftreten, stellenweise fehlen sie auch völlig. Die Dolomitsteine können diagenetisch durch Anhydrit / Gips ersetzt sein, gelegentlich führen sie Bleiglanz und Zinkblende.

Abb. 125: Gipssteinbruch Äulesberg (RG 6825-4; Aufnahme März 2017). Aufgeschlossen sind vom Liegenden zum Hangenden die Grundgipsschichten (GI; Untereinheiten: Gif = Felsengips, GIp = Plattengips und GIt = Rote Grundgipsletten [wegen der hier vorwiegend grünen Farben früher dem Bochingen-Horizont zugeordnet]), der Bochingen-Horizont (BH), die Dunkelroten Mergel (DRM) mit dem Entringen-Sulfat (ENS) an der Basis, der Weinsberg-Horizont (WEH; Hangend- und Liegendgrenze nach dem Farbwechsel angenommen) und der unterste Teil des Mittleren Gipshorizonts (Gm) (vgl. Abb. 126). [aktuelle lithostratigrapische Gliederung (Stand 2018): E. NITSCH & H. BOCK (beide LGRB)].

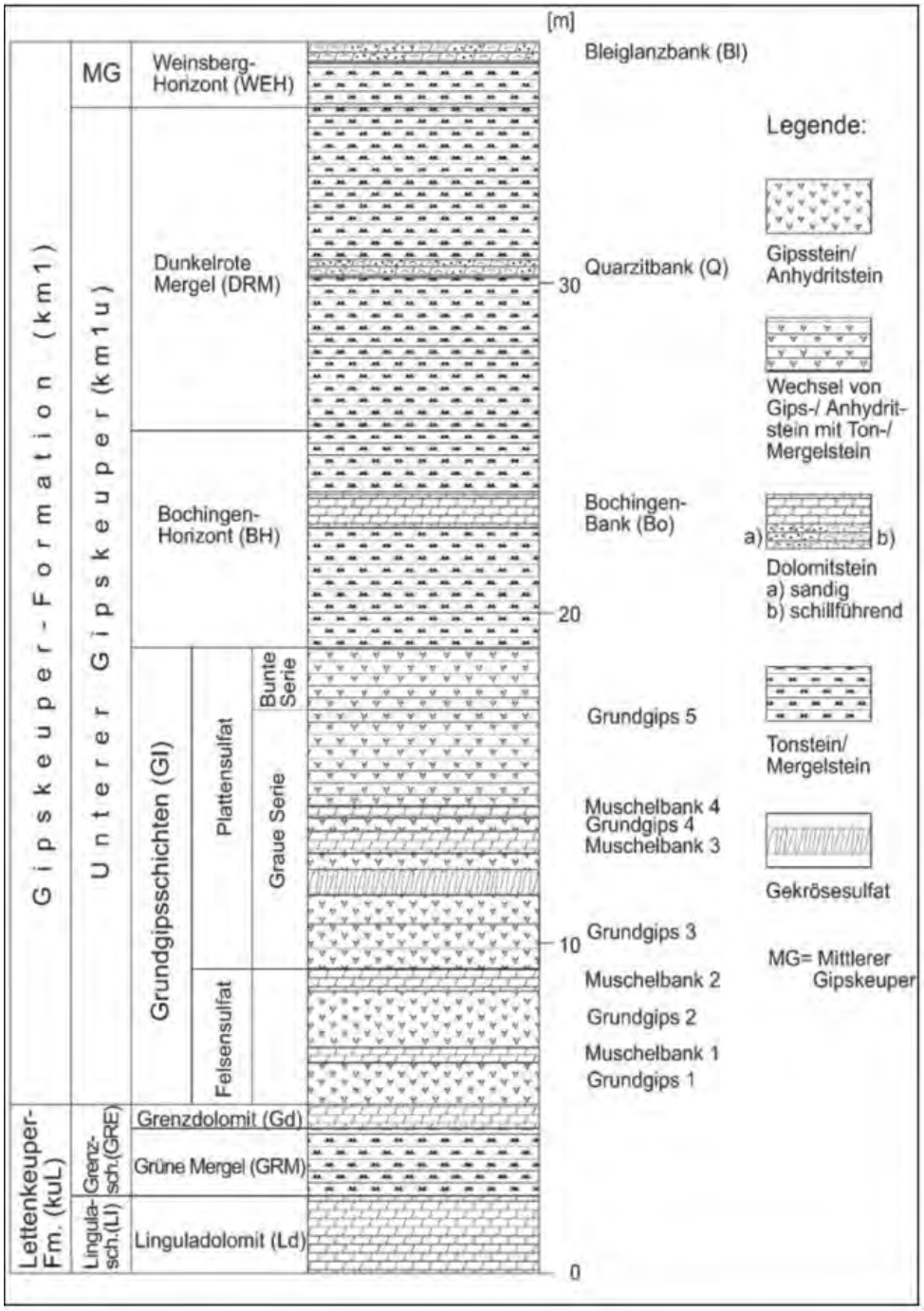


Abb. 126: Normalprofil für den oberen Teil des Unterkeupers und den Unteren Gipskeuper im Gebiet Schwäbisch Hall – Crailsheim (MG = Mittlerer Gipskeuper) (aus LGRB 2003).

Rohstoffgeologische Kriterien für die Abgrenzung und Bewertung von Gipssteinvorkommen der Grundgipsschichten:

- Mindestmächtigkeit: 5 m
- durchschnittliche Abraummächtigkeit: 12 m (Verhältnis Abraum/Nutzschicht max. 4 : 1)
- Mindestabbaudauer: 5–10 Jahre
- Mindestvorrat: 0,3 Mio. t

Im Vergleich zu anderen Rohstoffgruppen sind die für Gipssteinvorkommen erforderliche Mindest-abbaudauer und ebenso der Mindestvorrat gering. Der Grund hierfür ist die in Gipswerken benötigte gleichbleibende Produktqualität, die oft nur durch eine Mischung des Rohmaterials aus verschiedenen

Gewinnungsstellen erreicht werden kann. Die Bewertung der Gipssteinvorkommen nach den Vorratsklassen I–IV (LGRB 1999) beruhen auf der Erkundung des LGRB sowie auf den umfangreichen Erkundungsdaten der Gipsindustrie.
Für die Vorratsklassen I–IV gilt folgende Abgrenzung:

- Vorratsklasse I: > 3 Mio. t Gipsstein
- Vorratsklasse II: 1,5–3 Mio. t Gipsstein
- Vorratsklasse III: 0,5–1,5 Mio. t Gipsstein
- Vorratsklasse IV: 0,3–0,5 Mio. t Gipsstein

Den Klassen I–IV entsprechen die Bewertungsstufen sehr gering (I), gering (II), mittel (III) und hoch (IV). Vermutlich oder wahrscheinlich bauwürdige Anhydritsteinvorkommen müssen wegen der aufwendigen untertägigen Erschließung und Förderung generell sehr große Vorräte von mindestens 7 Mio. t aufweisen.

Ausgangsdaten: Wichtige Grundlagen für die Bearbeitung der KMR 50, Blatt L 6924 Schwäbisch Hall, waren die nachstehend aufgeführten Karten und Gutachten:

- Geologische Karten mit Erläuterungen (GK 25): Blatt 6824 Schwäbisch Hall (VOLLRATH 1977), Blatt 6924 Gaildorf (EISENHUT 1974), Blatt 6925 Obersontheim (GÖHNER et al. 1982)
- Geologische Manuskriptkarte 1 : 25 000 zur GK 25 Blatt 6825 Ilshofen (HINKELBEIN; die Endbearbeitung der GK25v erfolgte 2009 durch das LGRB)
- Prognostische Karte zur Gipshöffigkeit des unteren Gipskeupers in der Region Franken (HERDTLE 1990)
- Prognostische Rohstoffkarte der Region Franken (GLA 1998a)
- Gutachten und Karte "Gipsvorkommen auf der Gemarkung Michelfeld und alternative Abbauvorkommen in der Region Franken“ (GLA 1998b)
- Gutachten und Karte "Gipssteinlagerstätten des Gipskeupers in der Region Franken“ (LGRB 1999)
- LGRB-Erhebungen der Sulfatgesteinsabbaustellen in der Region Heilbronn-Franken aus den Jahren 1998 und 2000.

Fallbeispiele

Als Fallbeispiele für die rohstoffgeologische Abgrenzung und Bewertung von wirtschaftlich bedeutsamen Gipssteinvorkommen in den Grundgipsschichten werden die beiden benachbarten „Ölhau-West“ (Gemarkung Crailsheim-Roßfeld) und „Maulach“ (Gemarkung Crailsheim-Triensbach) vorgestellt (Abb. 123 und 124). Sie wurden im Rahmen der Bearbeitung der KMR 50, Blatt L 6924 Schwäbisch Hall (BOCK & KOBLER 2003), abgegrenzt. An ihnen lassen sich alle hierfür bedeutsamen Methoden und Gesichtspunkte aufzeigen.

Für die beiden benachbarten Gebiete „Ölhaus-West“ und „Maulach“ ergibt sich nach der GK25, Blatt 6825 Ilshofen (Abb. 127), eine durchschnittlich 10–15 m mächtige Überlagerung der Grundgipsschichten durch die Tonsteine des Bochingen-Horizonts und der Dunkelroten Mergel. Diese Situation entspricht derjenigen im westlich an das Gebiet „Maulach“ angrenzenden, 2007 stillgelegten Gipssteinbruch Crailsheim-Triensbach (RG 6825-6; vgl. Abb. 130). Nördlich des Erkundungsgebiets „Maulach“ schließt sich das NSG Reußenberg an (NSG in Abb. 127). Die Überdeckung (Tonsteine des Bochingen-Horizonts und des untersten Teils der Dunkelroten Mergel) ist dort geringermächtig. Daher sind die Gipssteine der Grundgipsschichten dort sehr stark verkarstet und es hat sich eine „Kraterlandschaft“ aus zahlreichen Dolinen gebildet (Abb. 128).

Aufgrund dieser Situation und der großflächigen Verebnung im Niveau der Quarzitbank wurde von HERDTLE (1990; Abb. 129) für das Vorkommen „Maulach“ (Gebiet Nr. 6) ein weitgehend erhaltenes und reines Gipssteinlager ohne oder nur mit geringem Anhydritsteinmittel prognostiziert. Für das südlich gelegene Gebiet „Ölhau-West“ (Gebiet Nr. 4b) sind die direkt südlich der Bahnlinie aufgeschlossenen Grundgipsschichten ein Indiz für ein dort vorhandenes Sulfatgesteinslager, jedoch weist die unruhige Geländeoberfläche auf eine stärkere Ablaugung und Verkarstung hin. Somit war unklar, ob in diesem Gebiet nur ein schmaler Streifen mit Gipsstein zwischen Ablaugungszone und Anhydritstein-Kern vorliegt, oder ob dort ein breiterer Streifen vergipst ist (vgl. Abb. 121). Diese große Aussageunsicherheit wurde in der Karte durch eine Schraffur dargestellt.

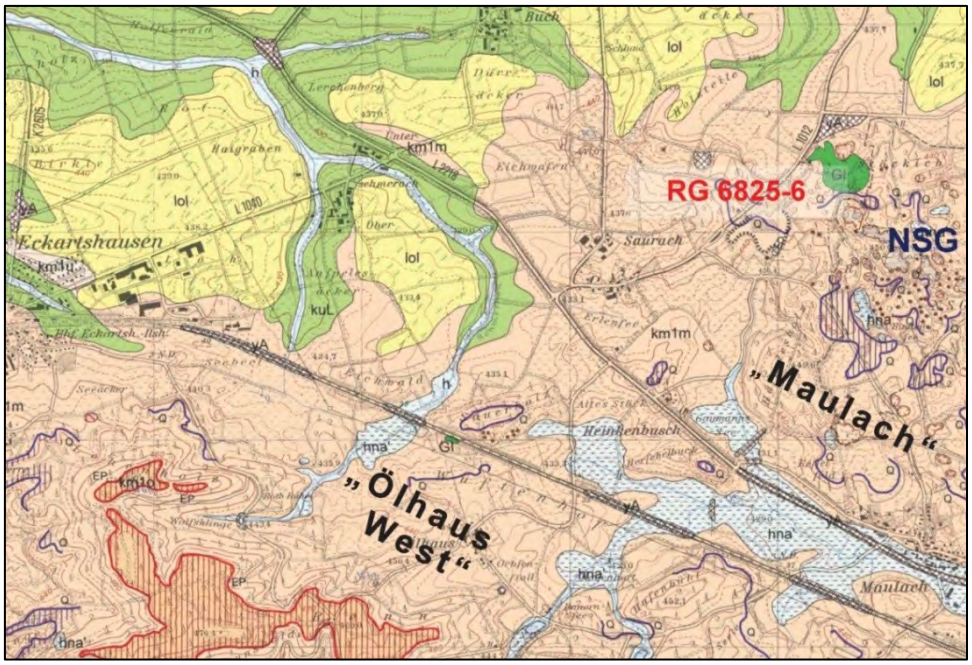


Abb. 127: Ausschnitt aus der GK25, Blatt 6825 Ilshofen (LGRB 2009). kuL = Lettenkeuper-Formation, km1m = Gipskeuper, GI = Grundgipsschichten, Q = Quarzitbank in den Dunkelroten Mergeln; EP = Engelhofen-Platte (vgl. Abb. 122); lol = Löss-Sediment; hna = holozäne Auenablagerung. NSG = Naturschutzgebiet Reußenberg. RG 6825-6 = LGRB-Gewinnungsstellen-Nr.

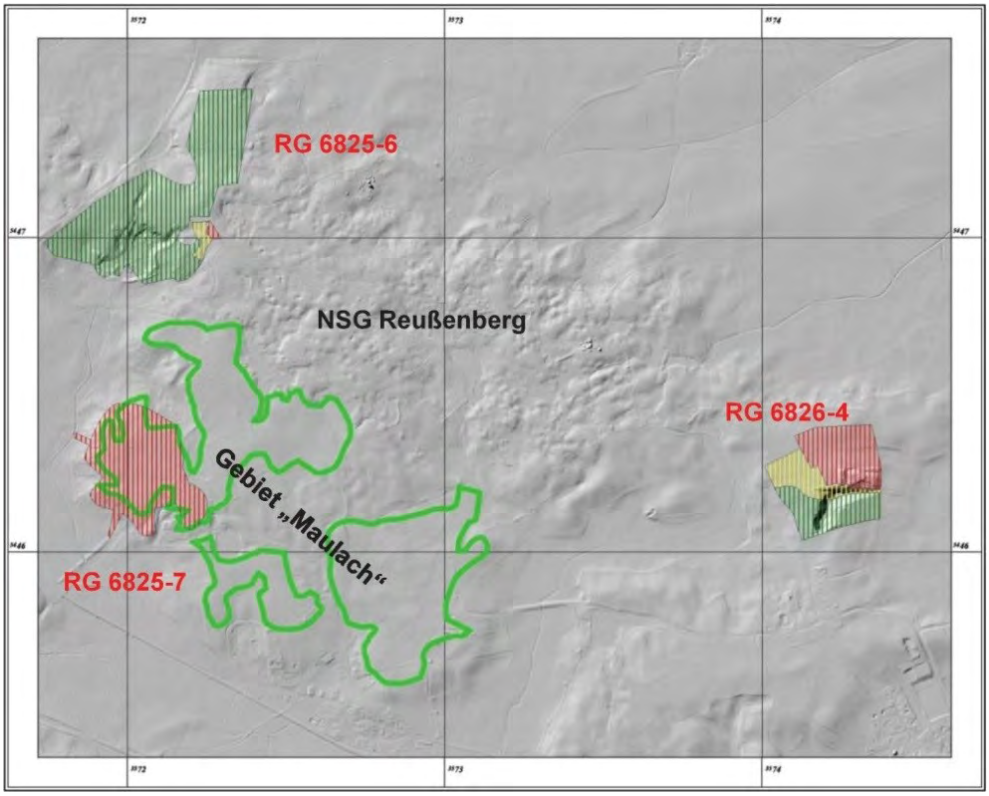


Abb. 128: Übersichtskarte zum Gebiet „Maulach“ und zum NSG „Reußenberg“. Die infolge geringerer Überdeckungsmächtigkeit intensive Verkarstung der Sulfatgesteine der Grundgipsschichten im NSG bedingt eine „Kraterlandschaft“. Im Erkundungsgebiet „Maulach“ sind die großen Verebnungsflächen auffällig (hellgrün umrandete Flächen), unter denen das Sulfatlager weitgehend erhalten ist. RG 6825-7=LGRB-Gewinnungsstellen-Nr.; Schraffuren: gelb=genehmigtes Abbaugebiet, verritzt, rot=genehmigtes Abbaugebiet, unverritzt, grün=genehmigtes Abbaugebiet, rekultiviert oder in Auffüllung befindlich.

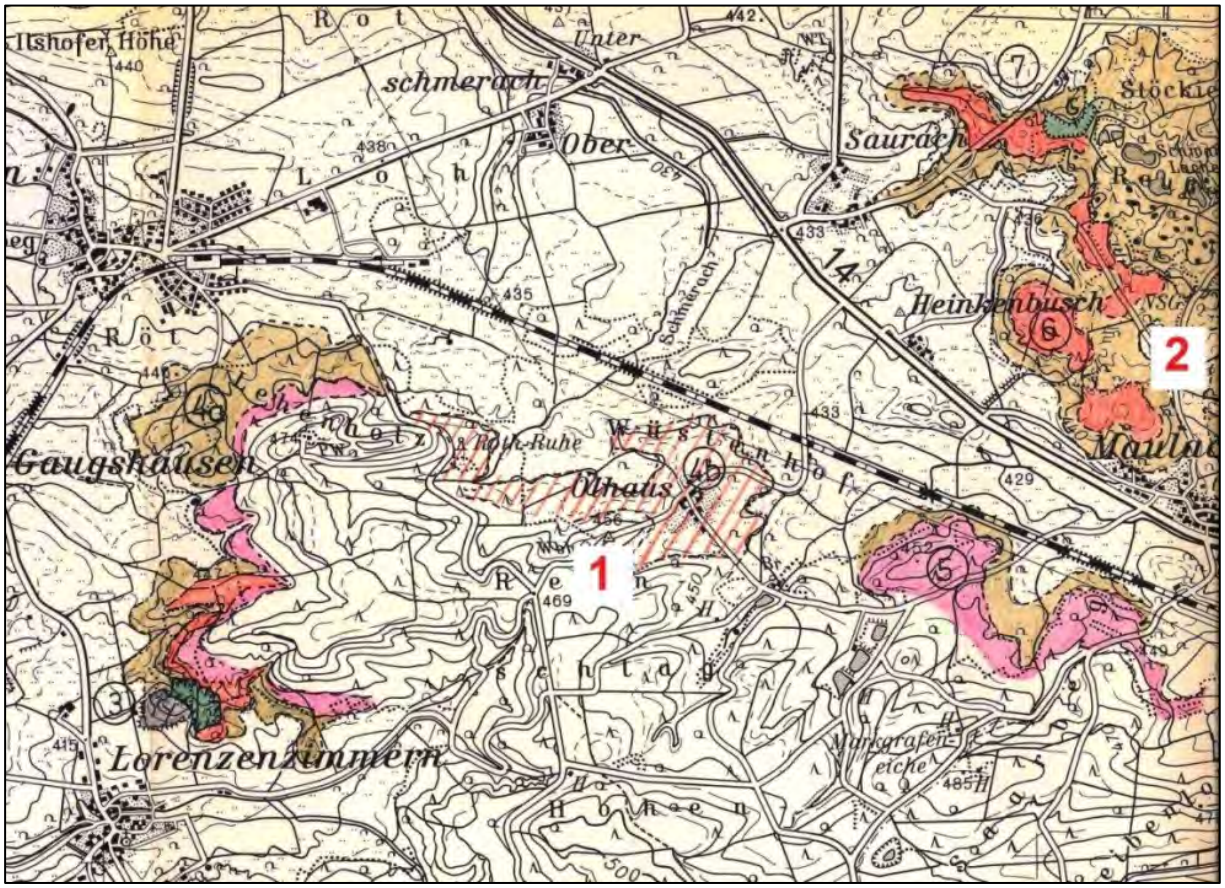


Abb. 129: Ausschnitt aus der „Prognostischen Karte zur Gipshöffigkeit des unteren Gipskeupers in der Region Franken“ (HERDTLE 1990) mit der rohstoffgeologischen Bewertung/Prognose für die Gebiete „Ölhaus-West“ [1] und „Maulach“ [2]. Bedeutung der Flächenfarben und Signaturen: rot: Gipssteinlager in fast vollständiger Mächtigkeit wahrscheinlich; olivgrün: Gipssteinlager in reduzierter Mächtigkeit wahrscheinlich; olivgrün/weite Schraffur: Gipssteinlager in reduzierter Mächtigkeit vermutet; violett: schnelle Zunahme der Überdeckungsmächtigkeit, daher nur schmaler Gipsstreifen mit bergwärts raschem Übergang in Anhydritstein wahrscheinlich; grün: Gipsstein zu Tage tretend oder unter nur geringmächtiger Überdeckung (hochgepflügte Lesesteine, temporärer Aufschluss durch flache Baugruben).

Betriebserhebungen und geologische Aufnahme von Rohstoffgewinnungsstellen

Zur Ermittlung der industriellen Anforderungen an Material und Lagerstätte wurden im Vorfeld der Gelände- und Erkundungskampagne im Jahr 2000 alle zehn damals im Abbau stehenden Gewinnungsstellen auf Gips- (9) und Anhydritstein (1) im Raum Schwäbisch Hall und Crailsheim erhoben. Erfasst wurden als wichtige rohstoff- und wirtschaftsgeologische Parameter die Nutzschicht- und Abraummächtigkeiten, das genehmigte Abbaugebiet und seine Vorräte, Interessengebiete sowie die jährliche Rohsteinförderung.

Nahe zu den beiden Fallbeispielen liegt der 1972 aufgefahrene Gipssteinbruch Crailsheim-Triensbach (RG 6825-6; Abb. 124, 128 und 130), in dem bis zum Jahr 2007 sehr reiner Gipsstein für das Werk in Satteldorf gewonnen wurde. Der Abbau wird seit 2012 im ca. 700 m SSW gelegenen Gipssteinbruch Crailsheim-Triensbach („Häspelesholz“) (RG 6825-7) fortgeführt (vgl. Abb. 128 und 138 bis 141).

Abb. 130: Gipssteinbruch Crailsheim-Triensbach (RG 6825-6; Foto 2004). Restabbau von deutlich verkarstetem Gipsstein der Grundgipsschichten (GI). Der Abraum besteht hier aus den grünen Tonsteinen des Bochingen-Horizonts (BO). Aufgrund der Verkarstung konnte in diesem Bereich der Lagerstätte ein sehr reiner Gipsstein gewonnen werden.

Erkundungsbohrungen

Aufgrund der vorausgegangenen umfangreichen Bearbeitung der Gipssteinvorkommen und –lagerstätten (HERDTLE 1990, GLA 1998 a, b, LGRB 1999) für die langfristige Rohstoffsicherung in der Region Heilbronn-Franken bestand Klarheit über die Zielgebiete für eine weitergehende Erkundung im Rahmen der Bearbeitung der KMR 50, Blatt L 6924 Schwäbisch Hall. In diesen Gebieten lagen keine Erkundungsdaten der Gipsindustrie vor. Im Auftrag des LGRB wurden hierzu auf dem Blattgebiet 24 Kernbohrungen mit Endteufen zwischen 21 und 56 m niedergebracht. Sie wurden jeweils bis in die Grünen Mergel (vgl. Abb. 127) im Liegenden des Grenzdolomits abgeteuft. In den beiden hier betrachteten Vorkommen „Ölhaus-West“ und „Maulach“ wurden im Herbst 2000 fünf Kernbohrungen niedergebracht (Tab. 7). Als Beispiel wird die Bohrung Ro6825/B3 im Westteil (Gewann „Häspelesholz“) des Erkundungsgebiets „Maulach“ vorgestellt.

Tab. 7: Übersicht zu den in den Gebieten „Ölhaus“ und „Maulach“ im Herbst 2000 abgeteuften fünf Rohstofferkundungsbohrungen des LGRB. Zur Lage der Bohrungen vgl. Abb. 124.

Bezeichnung der Bohrung, Lage	Rechts-/ Hochwert	Ansatzpunkt, Endteufe	LGRB-Archiv-Nr.	Ergebnis
Ro6825/B1 W Ölhaus	R 35 69 540 H 54 45 815	447,0 m NN 33,6 m	BO6825/351	**8,5 m Gipsstein**, mit wenig Anhydritstein; oben Ablaugung
Ro6825/B2 NW Ölhaus	R 35 70 345 H 54 45 772	443,0 m NN 24,0 m	BO6825/352	**ca. 10 m Gipsstein** mit 0,8 m Anhydritstein mittel; oben Ablaugung
Ro6825/B3 NW Maulach	R 35 70 050 H 54 46 330	449,0 m NN 24,0 m	BO6825/353	**ca. 7 m Gipsstein**, oben Ablaugung (Abb. 131 und 132)
Ro6825/B4 NW Maulach	R 35 72 260 H 54 46 230	447,0 m NN 25,3 m	BO6825/354	Sulfatlager weitgehend abgelaugt, unten ca. 4 m Gipsstein
Ro6825/B5 N Maulach	R 35 72 600 H 54 46 050	445,0 m NN 26,0 m	BO6825/355	**11,50 m Gipsstein** mit 1,8 m Anhydritsteinmittel

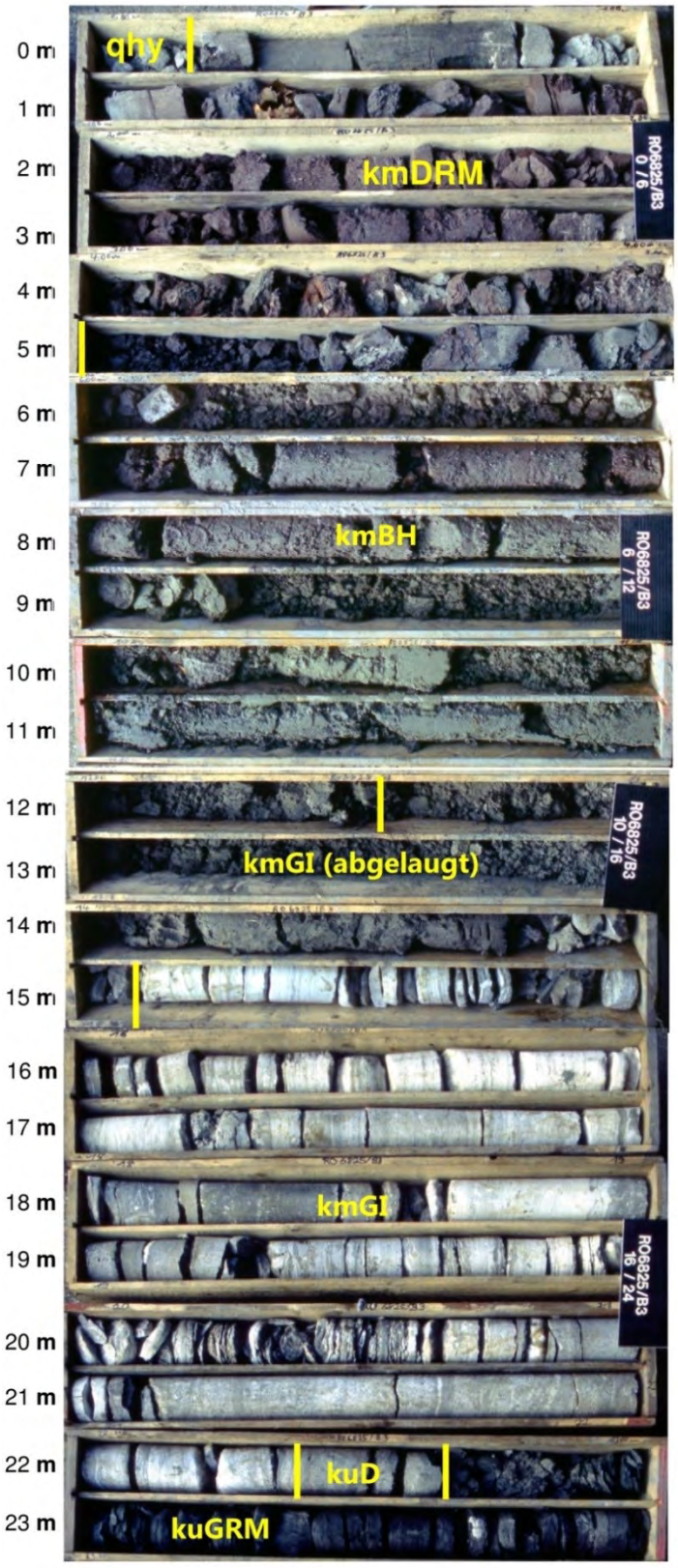


Abb. 131: Kernstrecke der LGRB-Rohstofferkundungsbohrung Ro6825/B3 im Gebiet „Maulach“, Gewann Häspelesholz“ (Lage vgl. Abb. 124). Der rd. 15 m mächtige Abraum besteht unter geringmächtigem Wegeschotter (qhy) aus den Tonsteinen der Dunkelroten Mergel (kmDRM) und des Bochingen-Horizonts (kmBH) sowie aus Ton- und Schluffsteinen (Gipsauslaugungsrückstände, GAR) der im oberen Teil abgelaugten Grundgipsschichten (kmGI). Das Gipssteinlager der Grundgipsschichten wird rd. 7 m mächtig. Im Liegenden folgen der Grenzdolomit (kuD) und die Grünen Mergel (kuGRM).

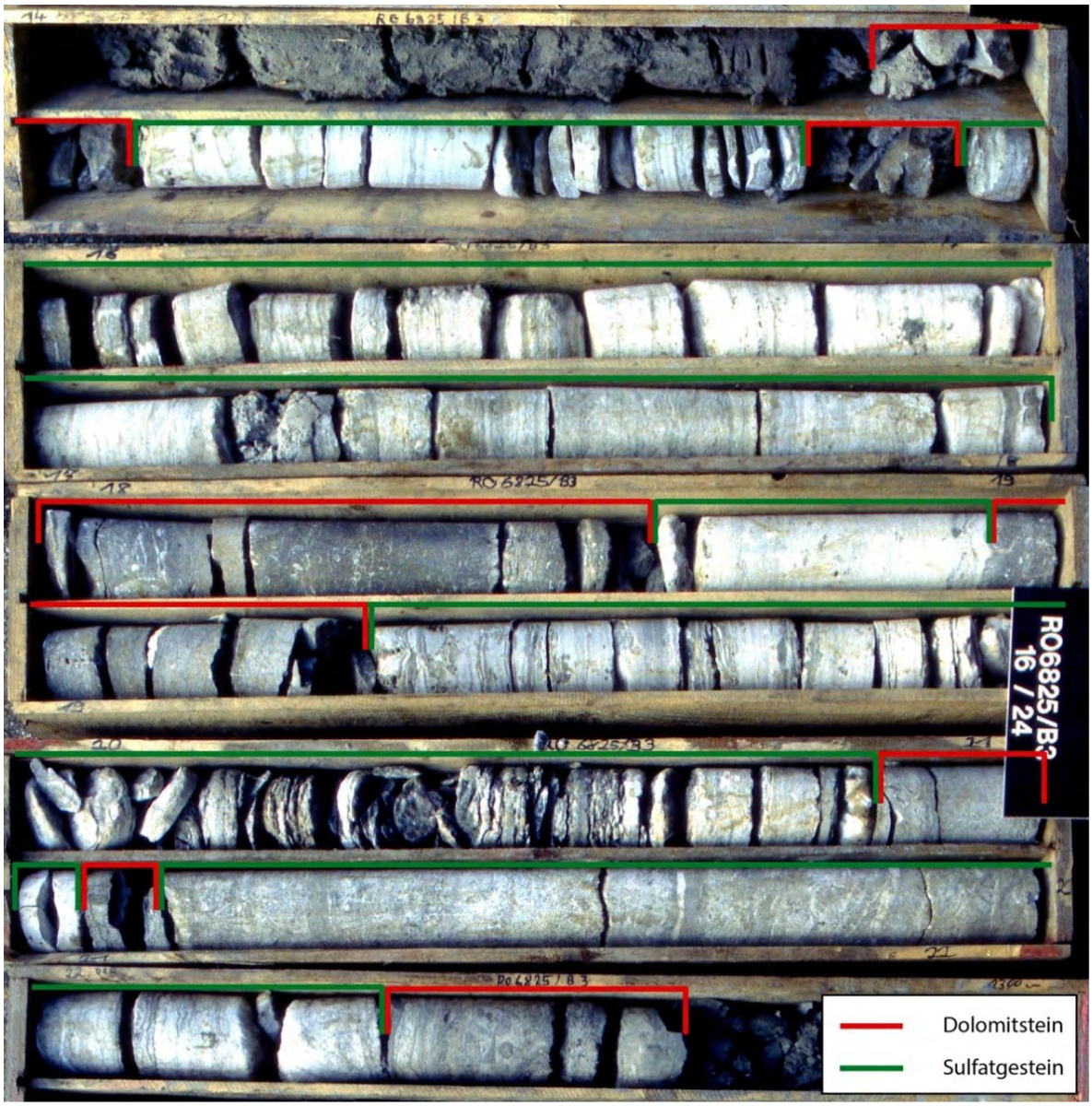


Abb. 132: Sulfatgesteinslager der Grundgipsschichten in der LGRB-Rohstofferkundungsbohrung Ro6825/B3 mit Markierung der Abschnitte mit Sulfatgestein und Dolomitstein (gesamte Kernstrecke vgl. Abb. 131). Zur Profilbeschreibung vgl. BOCK & KOBLER (2003).

Von den fünf Bohrungen (Tab. 7, „Ergebnis“) waren vier vollfündig, d. h. die nutzbare Gipssteinmächtigkeit (vgl. nachfolgende Angaben im Abschnitt „Laborarbeiten“) lag über dem Schwellenwert von 5 m. Die Bohrung Ro6825/B4 im Gebiet „Maulach“ war nur teilfündig, da das Sulfatlager dort bis auf 4 m abgelaugt war. Mit Ausnahme der Bohrung Ro6825/B5, im Ostteil des Gebiets „Maulach“, war in allen anderen vier Bohrungen der obere Teil des Sulfatgesteinslagers in unterschiedlicher Mächtigkeit abgelaugt. Die Ergebnisse dieser Bohrungen waren für beide Erkundungsgebiete in Hinblick auf die Abgrenzung von Vorkommen günstig.

Laborarbeiten

Ziel der Erkundungsbohrungen auf das Sulfatgesteinslager der Grundgipsschichten war neben der Ermittlung der geologischen Verhältnisse (besonders Nutzschicht- und Abraummächtigkeiten, Verkarstung) die Gewinnung von Proben zur geochemischen Charakterisierung der Sulfatgesteine hinsichtlich der Gips- und Anhydritgehalte sowie zur Bestimmung der Anteile an leicht löslichen Salzen.

Die Kerne der Bohrung Ro6825/B3 von 15,10 bis 22,40 m wurden in 8 Beprobungsintervalle unterteilt (Tab. 8). Die mittels Diamantsäge abgetrennten Bohrkernkalotten wurden zu Mischproben zusammengefasst und zwar so, dass dadurch jeweils lithologisch annähernd homogene Bereiche repräsentiert waren. Das getrocknete, gebrochene und feingemahlene Gestein wurde der Röntgenfluoreszenz-Analyse im LGRB-Labor zugeführt und auf den Gehalt an 42 Elementen untersucht; rechnerisch wurde daraus auch der Gehalt an Gips und Anhydrit sowie der Chloridanteil ermittelt.

Tab. 8: Ergebnisse der geochemischen Analyse der Proben aus dem Gipssteinlager der Grundgipsschichten in der LGRB-Rohstofferkundungsbohrung Ro67825/B3) im Westteil des Gebiets "Maulach" (L 6924.30).

Kernbohrung Ro6825/B3 (GI = Grundgipsschichten)									
Intervall (m)	Geol. Einheit	Gips (%)	Anhydrit (%)	Gesamt-sulfat (%)	Dolomit (%)	Calcit (%)	Tonge-halt (%)	Rest (%)	Chlorid (mg/kg)
15,10–15,80	GI	72	< 2	72	19	< 5	< 3	< 3	< 100
15,95–17,00	GI	88	< 2	88	4	< 5	< 3	< 3	< 100
17,00–18,00	GI	88	< 2	88	5	< 5	< 3	< 3	< 100
18,00–18,50	GI	50	< 2	50	46	< 5	< 3	< 3	100
18,60–18,90	GI	82	< 2	82	12	< 5	< 3	< 3	< 100
18,90–19,30	GI	31	< 2	31	60	< 5	< 3	< 3	164
19,40–20,80	GI	90	< 2	90	3	< 5	< 3	< 3	< 100
21,15–22,40	GI	87	< 2	87	5	< 5	< 3	< 3	< 100

Die Analyseergebnisse zeigen, dass das Sulfatgesteinslager der Grundgipsschichten in dieser Bohrung aus hochwertigem Gipsstein mit Reinheitsgraden zwischen 82 und 90 % Gips besteht. In geringmächtigen Abschnitten ist der Gipsstein stärker dolomitisch. Die Dolomitsteine sind oft stark vergipst. Der Chloridgehalt des Gipssteins liegt mit Ausnahme eines geringmächtigen Abschnitts unter 100 mg/kg. Die beiden anderen Bohrungen zeigen für das Erkundungsgebiet „Maulach" (L 6924-30) ähnliche Resultate. In der Bohrung Ro6825/B4, in der das Sulfatlager durch Ablaugung bis auf 4 m Mächtigkeit reduziert ist, treten mit 85–97 % die höchsten Gipsgehalte auf. Vereinzelt treten höhere Werte von ca. 200–250 mg/kg auf. In der Bohrung Ro6825/B5 tritt ein 1,7 m mächtiges Anhydritsteinmittel auf, das durch einen deutlich höheren Chloridgehalt von 528 mg/kg gekennzeichnet ist; in seinem Hangenden und Liegenden treten noch etwas höhere Chloridgehalte auf. Dieses Anhydritsteinmittel müsste bei einem Abbau ausgehalten werden.

Im Gebiet „Ölhaus-West" wurden aus den beiden Bohrungen Ro6825/B1 und Ro6825/B2 im Bereich des Sulfatgesteinslagers 23 Proben untersucht. In der Bohrung Ro6825/B2 besteht das ca. 10 m mächtige Sulfatlager bei einer Deckschichtenmächtigkeit von ca. 12 m vorwiegend aus hochwertigem Gipsstein mit Reinheitsgraden von 86 bis 94 % Gips und i. d. R. niedrigen Chloridgehalten (< 100 mg/kg). Im oberen Teil (16,3–17 m) ist ein geringmächtiges, oben stärker gipsführendes Anhydritsteinmittel mit stark erhöhten Chloridgehalten von durchschnittlich ca. 500 mg/kg eingeschaltet. In der Bohrung Ro6825/B1 besteht das ca. 9 m mächtige Sulfatlager bei einer Deckschichtenmächtigkeit von ca. 20 m gleichfalls vorwiegend aus hochwertigem Gipsstein mit Reinheitsgraden von vorwiegend 85–94 % Gips. Der Chloridgehalt liegt oft unter 100 mg/kg, maximal bei ca. 130 mg/kg. Von 23,3–23,9 m tritt ein geringmächtiges Mittel aus Gips-Anhydrit-Mischgestein mit einem leicht erhöhten Chloridgehalt von 172 mg/kg auf. Die geringmächtigen Dolomitsteinlagen sind teilweise stark vergipst (26,2–26,7 m). Der Chloridgehalt in den Dolomitsteinen ist erhöht (181 bzw. 280 mg/kg).

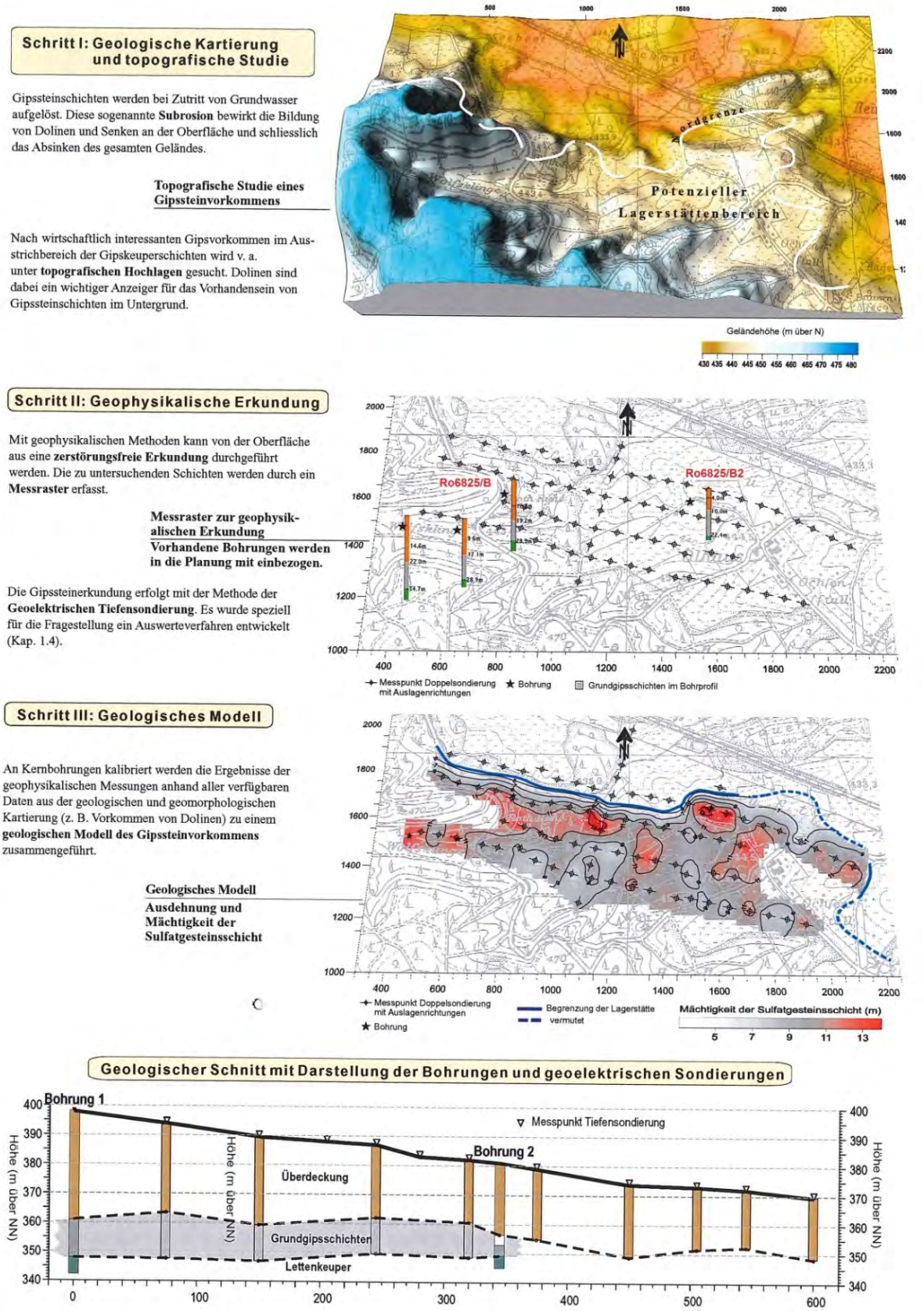


Abb. 133: Arbeitsschritte bei der geoelektrischen Erkundung von Sulfatgesteinsvorkommen und daraus ermittelter Schichtaufbau am Beispiel des Gebiets „Ölhaus-West“ (L 6924-28.1/28.2) (Quelle: Terrana Geophysik).

Geoelektrische Tiefensondierung

Die punktuellen Ergebnisse der LGRB-Kernbohrungen waren nicht ausreichend für eine flächenhafte Aussage zur Abgrenzung von Gipssteinvorkommen. Auf der Grundlage der Bohrergebnisse wurden daher für die Erstellung der KMR 50, Blatt L 6924 Schwäbisch Hall, sechs ausgewählte Sulfatgesteinsvorkommen geoelektrisch erkundet (LGRB 2003, WALDÖHR et al. 2006). In diesen Gebieten lagen bisher keine Erkundungsdaten der Gipsindustrie vor. Hierzu gehören auch die beiden Erkundungsgebiete „Maulach“ (L6924-30) und „Ölhaus-West“ (L6924-28.1/-28.2). Hierbei ergab sich erstmals eine Methodik, mit geoelektrischen Tiefensondierungen die Grundgipsschichten von der Oberfläche aus bis zu Tiefen von etwa 25 m zu erkunden (LGRB 2002, s. u.).

Insgesamt wurden ca. 410 geoelektrische Doppelsondierungen (820 einzelne Tiefensondierungskurven) in den sechs Gebieten gemessen. In diesen Gebieten, in denen mit Ausnahme des Vorkommens L 6924/29.1 (östlich von Ölhaus; vgl. Abb. 124) jeweils die Rohstofferkundungsbohrungen des LGRB als Referenz- und Eichprofile zur Verfügung standen, konnten mit der geoelektrischen Erkundung Ablaugungsgebiete und Bereiche mit weitgehend oder vollständig erhaltenem Sulfatgesteinslager unterschieden werden. Weiterhin ließ sich aus den Messdaten die Mächtigkeit der Überdeckung berechnen, sowie näherungsweise auch die Mächtigkeit der Sulfatgesteinsschicht bestimmen (Abb. 133). Das aus der Geoelektrik erhaltene Lagerstättenmodell wurde vor dem Hintergrund aller relevanten Daten wie Bohrungen, Topografie, geologischer Karte und eigener Geländebeobachtungen auf seine Plausibilität hin beurteilt und optimiert.

Dieser erfolgreiche Einsatz der geoelektrischen Tiefensondierung bei der Erkundung von Gipssteinvorkommen war Ende 2002 Thema der „LGRB-Nachrichten Nr. 22/2002“ (LGRB 2002) (Abb. 134). In diesen jeweils doppelseitigen Info-Blättern informiert das LGRB mehrmals jährlich über seine Aufgaben, Serviceleistungen, aktuellen Arbeitsergebnisse und Produkte. Hierdurch wurden auch die im Gebiet Schwäbisch Hall–Crailsheim Gipsstein abbauenden und verarbeitenden Firmen auf diese Ergebnisse hingewiesen.

Exploration der Steine-Erden-Industrie

In unmittelbarer Folge des LGRB-Erkundungsprogramms wurde von der Fa. Knauf Gips KG im Frühjahr 2003 in den Vorkommen Ölhaus-West (L 6924-28.1/-28.2), Ölhaus-Ost (L 6924-29.1) und Maulach (L 6924-30) ein umfangreiches Explorationsprogramm mit ca. 65 weiteren Kernbohrungen durchgeführt, das in allen drei Vorkommen Gipsstein-Lagerstätten nachgewiesen hat, wobei diejenigen in den Gebieten Ölhaus-West und Ölhaus-Ost wahrscheinlich sehr große Vorräte beinhalten. Bei dieser Nacherkundung ergab sich vorwiegend eine gute bis sehr gute Übereinstimmung mit den Ergebnissen der geoelektrischen Tiefensondierung, die dieserart als kostengünstige, flächenhafte Erkundungsmethode für Gipssteinvorkommen etabliert ist.

LGRB BADEN-WÜRTTEMBERG

LGRB-Nachrichten

Nr. 22/2002

Herausgeber: Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau
Baden-Württemberg

Erkundung der Gipssteinvorkommen in Franken mit neuen Methoden erfolgreich

Aufgrund ihrer oft geringen Ausdehnung und Mächtigkeit sowie der physikalischen Eigenschaften sind Gipssteinvorkommen relativ schwer zu erkunden. Bislang konnte nur mittels Bohrungen erkannt werden, ob unter der hügeligen Wiesen- und Waldlandschaft Gipssteinvorkommen vorliegen oder nicht. Dieses zeit- und kostenintensive Verfahren wurde daher nur dort angewendet, wo die Industrie bereits Grund erworben oder sichere Optionen erhalten hatte.

Das LGRB versucht, wie zum Beispiel bei den oberschwäbischen Kiesen oder hochreinen Kalksteinen im Raum Ulm-Schelkingen, die Prospektionsmethoden weiterzuentwickeln und zu verbessern. Bei der Erkundung der Gipssteinvorkommen

Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau

LGRB BADEN-WÜRTTEMBERG

gelang es, gemeinsam mit dem Büro Terrana Geophysik (Mössingen), das Messverfahren der geoelektrischen Tiefensondierung so zu optimieren, dass in großen Arealen erstmals Tiefenlage und Mächtigkeit von Gipssteinlagern mit hoher Genauigkeit erkannt werden konnten. Das LGRB stellte hierfür Kartierergebnisse und Referenzbohrungen zur Eichung der geoelektrischen Tiefensondierung zur Verfügung.

Anhand dieser Grundlagen wurden bislang nicht untersuchte Gebiete rasch und kostengünstig auf ihre Lagerstättenhöffigkeit hin überprüft (Abb. 2 und 3). Die LGRB-Arbeiten dienen der Forschung im Vorfeld der industriellen Nutzung. Interessierte Firmen erhalten so die Möglichkeit, durch gezielte Bohrungen und Gesteinsanalytik zu prüfen, welche Areale ihren Anforderungen am besten entsprechen. Hierfür bietet sich z. B. das vom LGRB entdeckte Gipssteinvorkommen bei Ölhaus, südöstlich von Ilshofen, an.

Raschere und bessere Erkundungsmethoden sind die Grundlage für eine fachlich fundierte Planung auf betrieblicher, kommunaler oder regionaler Ebene. Erst die gute Kenntnis des geologischen Untergrunds ermöglicht eine vorausschauende Planung, die auch die vielfältigen anderen Nutzungsinteressen am Untergrund (Wasser, Geothermie, Baugrund) berücksichtigen kann.

Die Ergebnisse der Erkundungsarbeiten werden demnächst in der Karte der mineralischen Rohstoffe (KMR 50), Blatt L 6924 Schwäbisch Hall, veröffentlicht werden. Zuvor werden sie im Regionalplan für die Region Franken Berücksichtigung finden.

Landesamt für Geologie, Rohstoffe
und Bergbau Baden-Württemberg
Albertstraße 5, D-79104 Freiburg i. Br.
http://www.lgrb.uni-freiburg.de
E-Mail: poststelle@lgrb.uni-freiburg.de
Tel.: 0761/204-4400 Fax: 0761/204-4438

Ansprechpartner:
Dr. W. Werner und Dr. H.-U. Kobler
E-Mail: werner@lgrb.uni-freiburg.de

Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau

Abb. 134: Auszug aus den LGRB-Nachrichten 22/2002 zum Einsatz der geoelektrischen Tiefensondierung bei der Gipssteinerkundung in der Region Heilbronn-Franken. (Hinweis: Die Angaben zu den E-Mail-Adressen, Telefonnummern sowie die Webadresse sind inzwischen nicht mehr gültig.)
Alle LGRB-Nachrichten können Sie ansehen oder abrufen unter:
https://lgrb-bw.de/aktuell/lgrb_nachrichten/index_html?download_art_down=8

Insbesondere das positive Ergebnis der Nacherkundung im Westteil (Gewann Häspelesholz“) des Gebiets „Maulach“ war von unmittelbarem wirtschaftlichem Interesse (Abb. 135 und 136). Dort konnte in unmittelbarer Nähe zum seit 1972 bestehenden Gipssteinbruch Crailsheim-Triensbach (RG 6825-6; Einstellung des Abbaus 2007 wegen Erschöpfung der genehmigten und geologischen Vorräte) eine Lagerstätte mit einem gewinnbaren Gipssteinvorrat von ca. 1 Mio. t nachgewiesen werden. Dieserart dienten die Erkundungsergebnisse des LGRB in beispielhafter Weise als Grundlage für die betriebliche und raumplanerische Rohstoffsicherung.

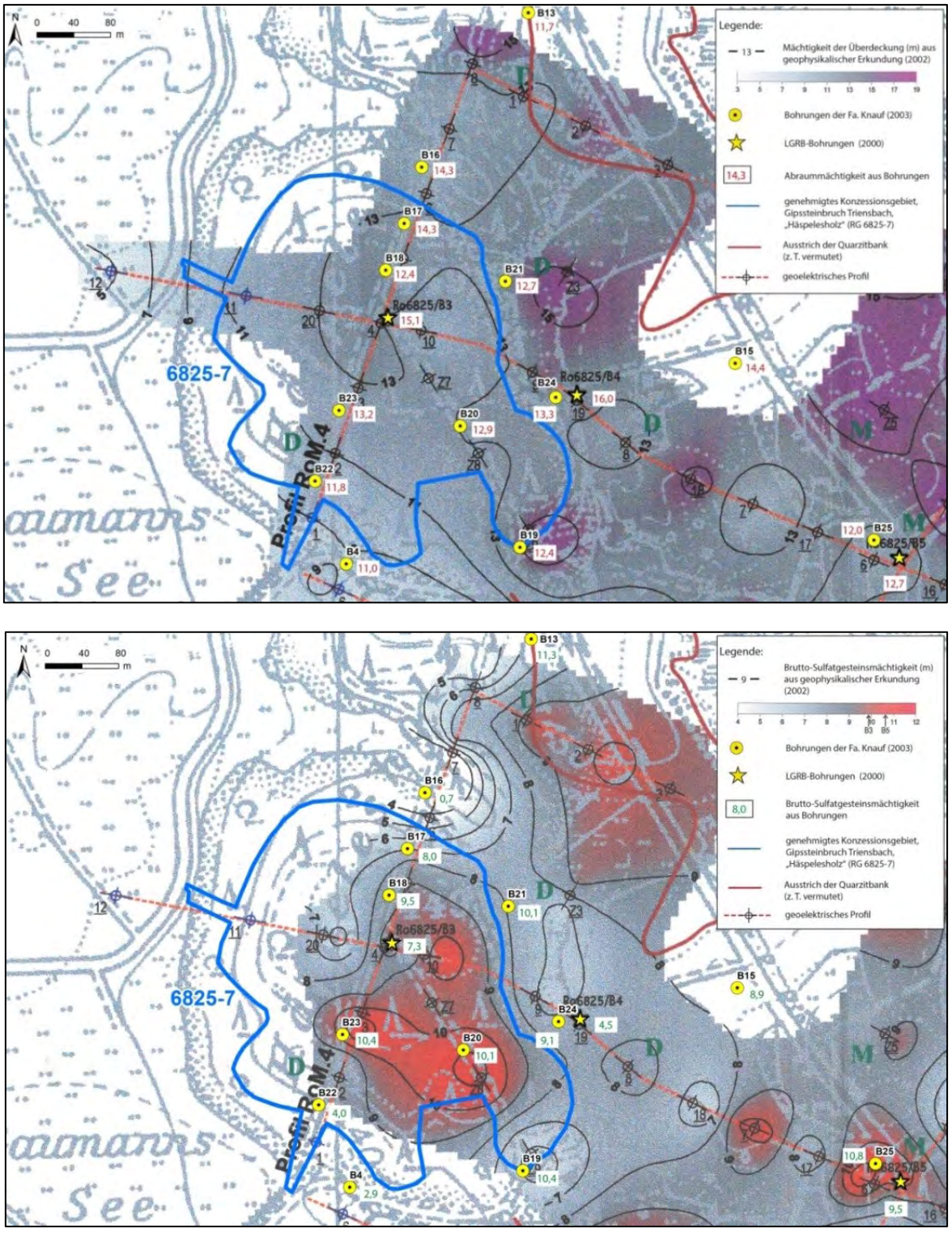


Abb. 135: Westteil (Gewann „Häspelesholz") des Erkundungsgebiets „Maulach". Überdeckungsmächtigkeit (oben) und Brutto-Sulfatgesteinsmächtigkeit (unten) nach den Ergebnissen der geoelektrischen Tiefensondierung des LGRB und der im Jahr 2003 im Nachgang durchgeführten Bohrkampagne (Kernbohrungen) der Fa. Knauf Gips KG. Die Unterschiede zwischen dem geophysikalischen Modell und den Ergebnissen der Bohrungen betragen bei beiden Fragestellungen mehrheitlich einige dm bis ca. 1 m. Damit erweist sich die geoelektrische Tiefensondierung als kostengünstige, flächenhafte Erkundungsmethode für Gipssteinvorkommen. Blaue Umgrenzung: 2012 genehmigtes Abbaugebiet des Gipssteinbruchs Crailsheim-Triensbach („Häspelesberg") (RG 6825-7). (Freigabe der Daten wurde durch die Fa. Knauf Gips KG erteilt.)

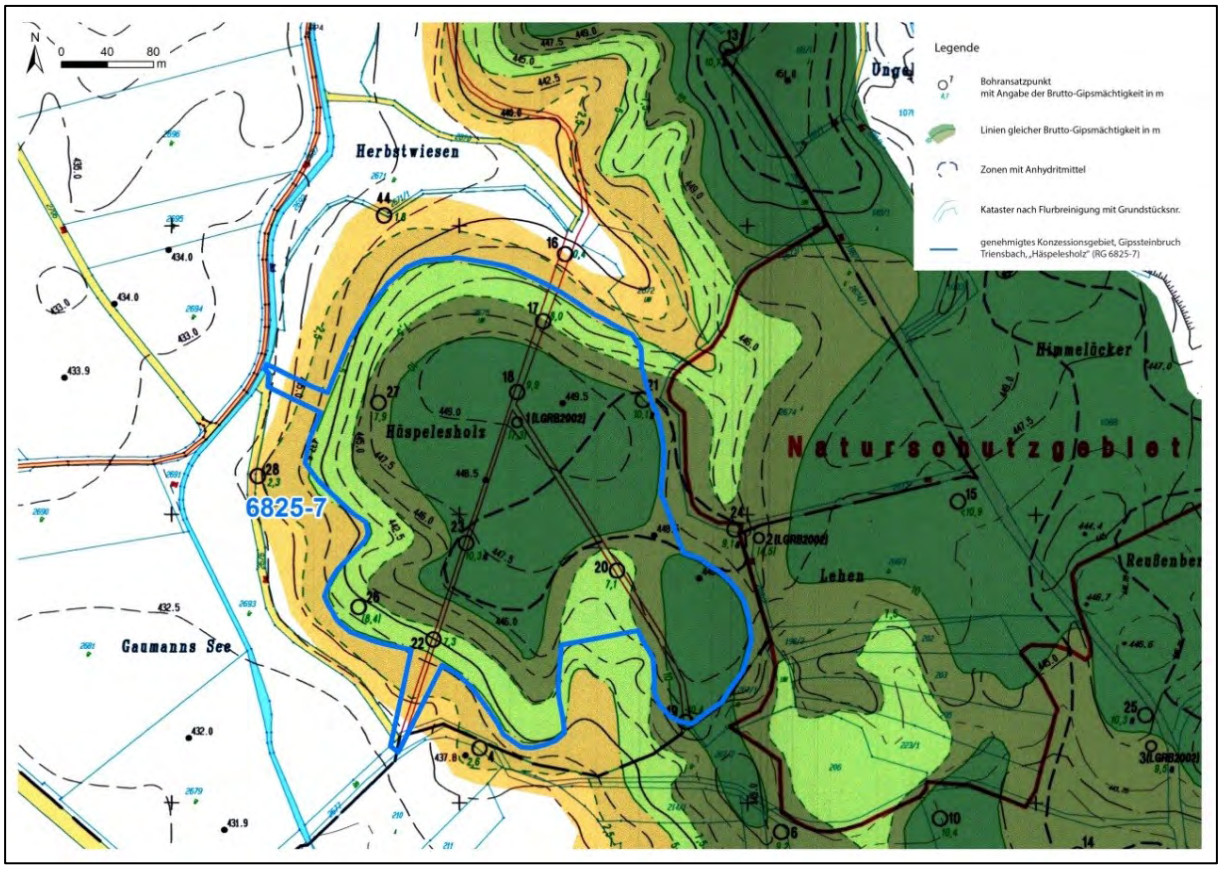


Abb. 136: Brutto-Sulfatgesteinsmächtigkeit im Westteil (Gewann „Häspelesholz") des Erkundungsgebiets „Maulach" nach den Ergebnissen der Kernbohrungen der Fa. Knauf. Blaue Umgrenzung: das 2012 genehmigte Abbaugebiet des Gipssteinbruchs Crailsheim-Triensbach („Häspelesberg") (RG 6825-7). (Freigabe der Abbildung durch die Fa. Knauf Gips KG erteilt.)

Rohstoffgeologische Bewertung der Vorkommen „Ölhaus-West" und „Maulach"

Die vorgestellten Erkundungsschritte führten zu den nachfolgenden rohstoffgeologischen Bewertungen der beiden Fallbeispiele/Vorkommen „Ölhaus-West" und „Maulach".

Vorkommen „Ölhaus-West" (L6924-28.1/28.2): „Das Vorkommen ist durch zwei Rohstofferkundungsbohrungen des LGRB und durch die geoelektrischen Sondierungen (Kap. 1.4) sowie durch 29 Rohstofferkundungsbohrungen der Gipsindustrie sehr gut erkundet. Im nördlichen Teilvorkommen L 6924-28.2 besteht das vorwiegend 9–7 m (maximal 10–12 m) mächtige nutzbare Sulfatlager aus Gipsstein mit einem nur geringmächtigen (0,5–1 m) Anhydritmittel. Die Abraummächtigkeit beträgt durchschnittlich ca. 10–12 m (maximal 21 m). Der Reinheitsgrad des Gipssteins in den beiden LGRB-Bohrungen liegt vorwiegend bei 85–94 % Gips. Die Dolomitsteinlagen sind teilweise gipsführend. Das Verhältnis Abraum/nutzbarer Gipsstein ist mit Werten von 1 : 1 bis 2 : 1 günstig.

Im südlichen Teilvorkommen L 6924-28.1 tritt im unteren Teil des 9–12 m mächtigen Sulfatlagers ein ca. 4 m mächtiges Anhydritmittel auf, das nicht für die o. g. Gipsprodukte geeignet ist und separat gewonnen werden muss. Der Anhydritstein kann für Anhydritprodukte (Estriche) oder als Zementzuschlagstoff eingesetzt werden. Die nutzbare Gipssteinmächtigkeit beträgt über dem Anhydritmittel ca. 3,5–7,5 m, darunter ca. 1 m. Das bedeutende Gipssteinvorkommen L 6924-28.2 wird nach Westen, Norden und Osten gegen abgelaugte Grundgipsschichten (< 5 m nutzbare Mächtigkeit) und im Süden gegen das Teilvorkommen L 6924-28.1 abgegrenzt. Das Teilvorkommen L 6924-28.1 wird nach Süden gegen das Vorkommen L 6924-27 mit wahrscheinlich vollständig anhydritischem Sulfatlager abgegrenzt, das für eine untertägige Gewinnung in Betracht kommt. Das Teilvorkommen L 6924-28.1 ist eine Gipssteinlagerstätte von mittlerer, das Teilvorkommen L 6924-28.2 ist eine Gipssteinlagerstätte von hoher wirtschaftlicher Bedeutung."

Vorkommen „Maulach“ (L 6924-30): „Das Vorkommen ist durch drei Rohstofferkundungsbohrungen des LGRB, durch 22 Rohstofferkundungsbohrungen der Gipsindustrie und durch geoelektrische Sondierungen sehr gut erkundet. Die nutzbaren Gipssteinmächtigkeiten betragen nach den Bohrungen vorwiegend 8–11 m; am West-, Süd- und Ostrand nimmt die nutzbare Mächtigkeit bis auf ca. 5 m ab. In den drei LGRB-Bohrungen hat der Gipsstein einen Reinheitsgrad von überwiegend 82–97 % Gips und ist somit als Rohstoff für hochwertige Gipsprodukte verwendbar; unerwünschte erhöhte Chloridgehalte treten nach den Analyseergebnissen nur selten auf. Die Abraummächtigkeit liegt vorwiegend bei 10–13 m. Das Verhältnis vom Abraum zur nutzbaren Gipssteinmächtigkeit liegt nur wenig über 1 : 1 und ist somit als sehr günstig zu bezeichnen. Nach den Erkundungsergebnissen ist die Verkarstung des Gipslagers gering. Das bauwürdige Gipssteinvorkommen wird im Westen, Süden und Osten von abgelaugten Grundgipsschichten (< 5 m nutzbare Mächtigkeit) begrenzt. Im Norden erfolgt die Abgrenzung gegen ein Gebiet mit äußerst starker Verkarstung. Mit dem Auftreten von Anhydritstein ist aufgrund der Bohr- und Analysenergebnisse nur in geringem Umfang zu rechnen; örtlich können aber ca. 1,5–2 m mächtige Anhydritsteinlagen oder -linsen auftreten. Aufgrund der durch die Erkundung nachgewiesenen sehr großen Vorräte wird das Vorkommen als Gipssteinlagerstätte hoher wirtschaftlicher Bedeutung eingestuft.“

Regionalplan 2020 der Region Heilbronn-Franken

In dem am 27.06.2006 durch das Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg genehmigten Regionalplan 2020 der Region Heilbronn-Franken (Regionalverband Heilbronn-Franken 2006) sind Gebiete für den Abbau oberflächennaher Rohstoffe und zur Sicherung von Rohstoffen ausgewiesen (Tab. 9). Grundlage zur Ausweisung der Gebiete für Gipsstein- und Anhydritsteinvorkommen sind die Ergebnisse der Arbeiten für die Erstellung der Karte der mineralischen Rohstoffe von Baden-Württemberg 1 : 50 000, Blätter L 6924 (BOCK & KOBLER 2003) und L 6926 Crailsheim (BOCK 2005). Im Regionalplan, Kap. 3.5 Rohstoffe, wird hierzu folgendes ausgeführt:

„Die Ausweisungen für Gipsstein im Regionalplan orientieren sich rohstoffgeologisch vor allem an den lagerstättenkundlichen Ergebnissen des Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau im Raum Schwäbisch Hall, Vellberg, Crailsheim. Hier wurde eine erste Bewertung und Klassifizierung vorgenommen. Berücksichtigt wurden als Gipslagerstätten qualifizierte Vorkommen, als bedingt bauwürdig beurteilte Gipssteinvorkommen sowie jüngst erkundete und als „regional wahrscheinlich bedeutsame Vorkommen“ eingeschätzte Vorkommen. Ausgeschlossen wurden ausreichend erkundete, aber nicht bauwürdige Vorkommen. Die Erkundungsergebnisse des Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau dienen einer groben Abschätzung der Vorkommen und ersetzen keineswegs weitere Bohruntersuchungen von interessierter privater Seite. Derzeit gibt es zwei Abbaustellen, in denen Gips und Anhydrit untertage abgebaut werden. Sie sind in der Raumnutzungskarte entsprechend bezeichnet.“

Tab. 9: Regionalplan 2020 der Region Heilbronn-Franken (Regionalverband Heilbronn-Franken 2006). Gebiete für den Abbau oberflächennaher Rohstoffe und zur Sicherung von Rohstoffen im Landkreis Schwäbisch Hall.

(x) = Symbol ≤ 5 ha

Standort/Gemeinde	Rohstoff	Gebiet für den Abbau oberflächennaher Rohstoffe	Gebiet zur Sicherung von Rohstoffen
Landkreis Schwäbisch Hall			
Blaufelden-Gammesfeld	Muschelkalkstein	x	
Blaufelden-Metzholz	Muschelkalkstein	x	
Crailsheim-Hagenhof	Gips/Anhydrit		x
Crailsheim-Jagstheim	Gips/Anhydrit	x	x
Crailsheim-Ölhaus Ö	Gips/Anhydrit		x
Crailsheim-Maulach M1, M2	Gips/Anhydrit		x
Crailsheim-Onolzheim	Gips/Anhydrit		(x)
Crailsheim-Roßfeld, Hagenhof	Gips/Anhydrit	x	x
Crailsheim-Wittau	Gips/Anhydrit	x	x
Fichtenau-Wildenstein	Stubensandstein		x
Kirchberg an der Jagst	Muschelkalkstein	x	x
Mainhardt-Hohenegarten	Stubensandstein	x	x
Obersontheim, Heerberg	Gips/Anhydrit	x	

Der größte Teil des Vorkommen Ölhaus-West (L 6924-28.1) und zwei Teilgebiete des Vorkommens Maulach (L 6924-30) wurden im Regionalplan 2020 als Gebiete zur Sicherung von Rohstoffen ausgewiesen (Abb. 137 und 138). Der westliche Sicherungsbereich des Gebiets Maulach (M1 in Abb. 138) wurde 2012 für den Abbau von Gipsstein genehmigt (Gipssteinbruch Crailsheim/Triensbach „Häspelesholz“, RG 6825-7).

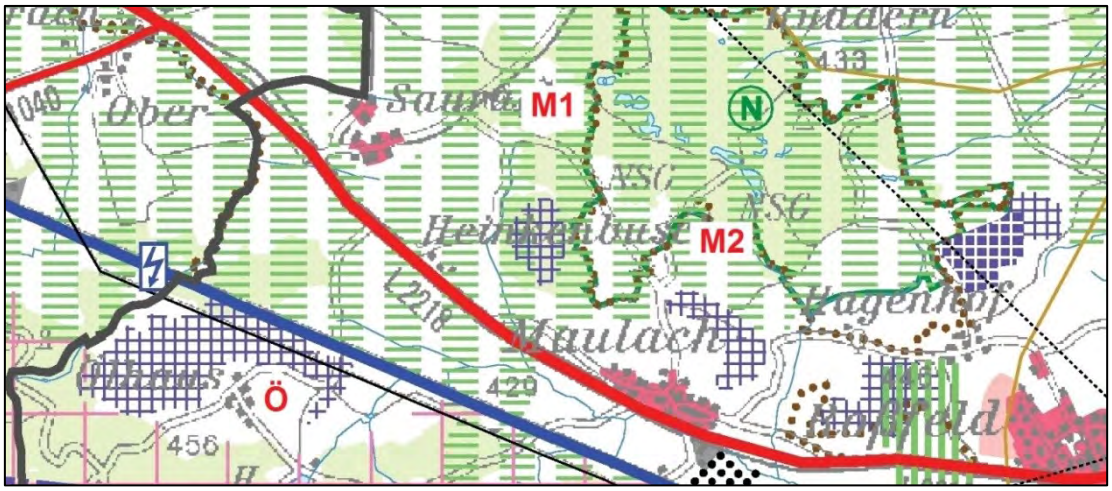


Abb. 137: Regionalplan 2020 der Region Heilbronn-Franken. Auszug aus der Raumnutzungskarte (Regionalverband Heilbronn-Franken 2006) mit den Gebieten zur Sicherung von Rohstoffen (Rohstoffgruppe Gips/Anhydrit) Craislheim-Ölhaus (Ö) und Crailsheim-Maulach (M1 und M2).

Entwicklung des Gipssteinbruchs Crailsheim-Triensbach (RG 6825-7)

Im 1972 von Norden her aufgefahrenen Gipssteinbruch Crailsheim-Triensbach (RG 6825-6; Abb. 124, 128 und 130) wurde bis zum Jahr 2007 sehr reiner Gipsstein für das Werk in Satteldorf gewonnen. Der Abbau wurde wegen Erschöpfung der geologischen Vorräte eingestellt. Die Gipssteinförderung wird als „sichtbares“ und „greifbares“ Ergebnis der LGRB-Erkundung und der industriellen Exploration seit 2012 im ca. 700 m SSW gelegenen, von S her aufgefahrenen Gipssteinbruch Crailsheim-Triensbach („Häspelesholz“) (RG 6825-7) fortgeführt (Abb. 138 bis 141).

Abb. 138: Luftbild (Google Earth, 26.08.2016) mit Blick auf den von S her aufgefahrenen Gipssteinbruch Crailsheim-Triensbach („Häspelesholz“) (RG 6825-7). Blaues Polygon = genehmigte Abbaugrenze.

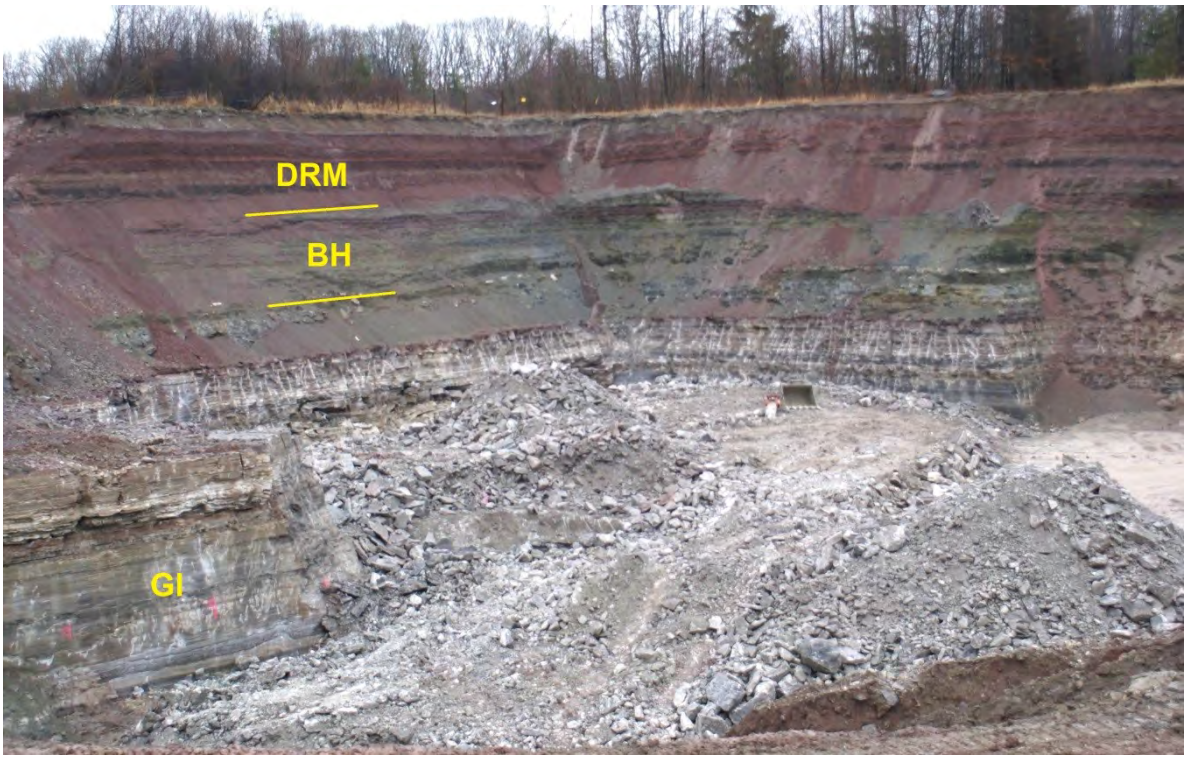


Abb. 139: NE-Teil des Gipssteinbruchs Crailsheim-Triensbach („Häspelesholz“) (RG 6825-7). Gipsstein der Grundgipsschichten (GI) mit überlagernden Gesteinen des Bochingen-Horizonts (BH; vorwiegend grüne Tonsteine) und der Dunkelroten Mergel (DRM; vorwiegend rote Tonsteine). Aufnahmedatum: 21.02.2017.

Abb. 140: Zentraler Teil des Gipssteinbruchs Crailsheim-Triensbach („Häspelesholz“) (RG 6825-7). Abbau des unteren Teils der Gipssteine der Grundgipsschichten mit aufgeschlossener Störung (vgl. Abb. 132). Aufnahmedatum: 21.02.2017.

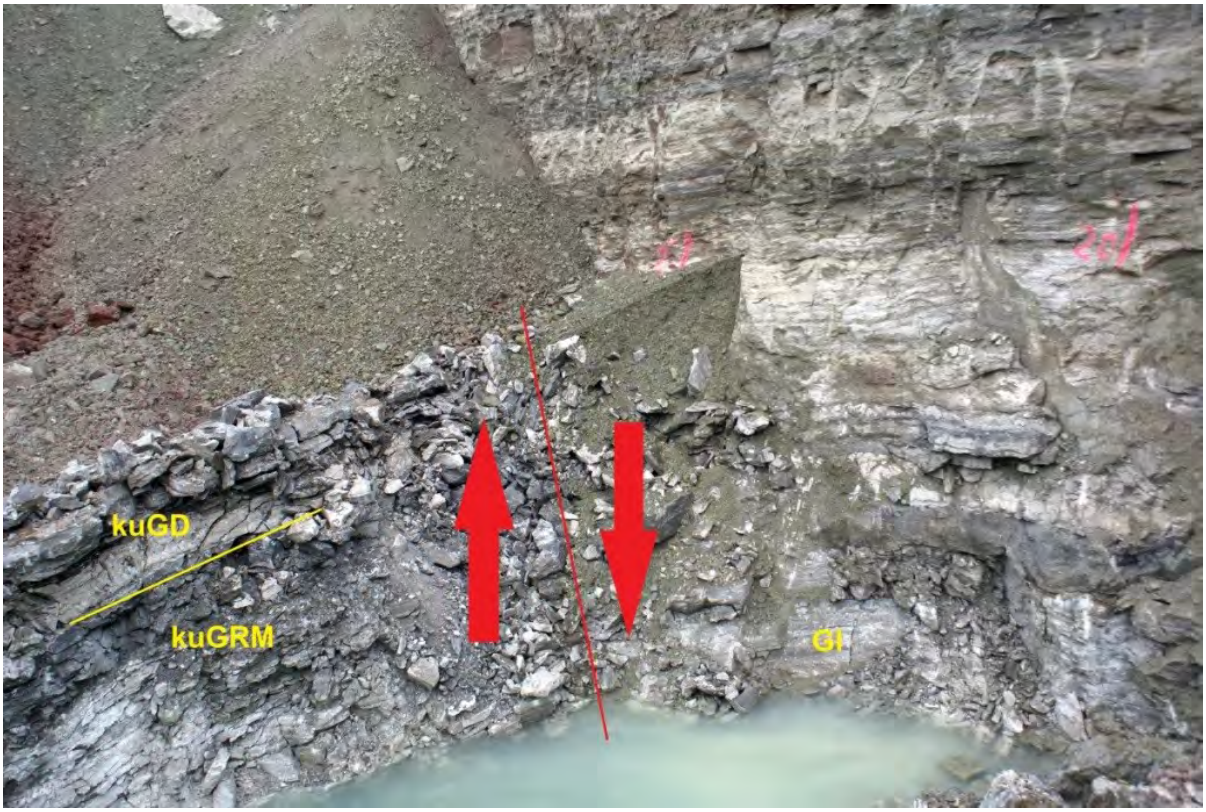


Abb. 141: Ausschnitt aus Abb. 140 mit aufgeschlossener Störung (rote Linie mit Pfeilen für die Angabe der relativen Bewegungsrichtung; Streichrichtung ± NW-SE). Versatzbetrag ca. 1–2 m. kuGD = Grenzdolomit, kuGRM = Grüne Mergel, kmGI = Grundgipsschichten. Aufnahmedatum: 21.02.2017.

Zusammenfassung

Zwei benachbarte nachgewiesene Vorkommen in den Grundgipsschichten an der Basis des Gipskeupers, nämlich die Gebiete „Ölhaus-West“ (Gemarkung Crailsheim-Roßfeld) und „Maulach“ (Crailsheim-Triensbach) westlich von Crailsheim, werden als Beispiele für die rohstoffgeologische Kartierung und Erkundung sowie für die Abgrenzung und Bewertung von Gipssteinsteinvorkommen in den Grundgipsschichten im Rahmen der KMR 50-Kartierung vorgestellt.

Die Kartierergebnisse zu Abraummächtigkeit, vermutliche Mächtigkeit des Sulfatgesteinslagers und Gebietsgröße erlaubten die Einstufung beider Areale als mögliche rohstoffwirtschaftlich interessante Gipssteinvorkommen. Zur zunächst punktuellen Erkundung und geochemischen Charakterisierung des Sulfatgesteinslagers wurden danach insgesamt fünf Kernbohrungen mit Endteufen zwischen 24 und knapp 34 m bis ins Liegende der Grundgipsschichten abgeteuft. In beiden Vorkommen wurde hochwertiger Gipsstein mit Reinheitsgraden zwischen vorwiegend 85 und 95 % nachgewiesen; der Chloridgehalt liegt mit Ausnahme geringmächtiger Abschnitte fast immer unter der Toleranzgrenze von 100 mg/kg.

Aufgrund dieser positiven Ergebnisse wurde in beiden Vorkommen die geoelektrische Tiefensondierung für eine flächenhafte Aussage zur Abgrenzung beider Gipssteinvorkommen eingesetzt. Da die Rohstofferkundungsbohrungen des LGRB als Referenz- und Eichprofile zur Verfügung standen, konnten mit dieser Methode Ablaugungsgebiete und Bereiche mit weitgehend oder vollständig erhaltenem Sulfatgesteinslager unterschieden werden. Weiterhin ließen sich aus den Messdaten die Mächtigkeit der Überdeckung berechnen sowie näherungsweise auch die Mächtigkeit des Sulfatgesteinslagers bestimmen. Diese aufeinanderfolgenden Erkundungsschritte und das sich daraus ergebende Lagerstättenmodell entsprechen dem Verfahrensstand der rohstoffgeologischen Vorerkundung.

Kurz nach dieser Vorerkundung wurden in beiden Vorkommen von der Gipsindustrie durch eine umfangreiche Exploration mit Kernbohrungen Gipsstein-Lagerstätten nachgewiesen. Hierbei ergab sich vorwiegend eine gute bis sehr gute Übereinstimmung mit den Ergebnissen der geoelektrischen Tiefensondierung. Insbesondere das positive Ergebnis der Nacherkundung im Westteil (Gewann Häspelesholz“) des Gebiets „Maulach“ war in Hinblick auf den erforderlichen Folgeabbau für den Gipssteinbruch Triensbach (RG 6825-6) von unmittelbarem wirtschaftlichem Interesse.

Die Ergebnisse der LGRB-Erkundung, in diesen beiden Beispielen einschließlich der summarischen Ergebnisse der industriellen Nachexploration, wurden in der Karte der mineralischen Rohstoffe von Baden-Württemberg 1 : 50 000 (KMR 50), Blatt L 6924 Schwäbisch Hall (Karte und Erläuterungen), veröffentlicht (LGRB 2005). Diese Daten waren die Grundlage für die Fortschreibung des Plankapitels „3.5 Gebiete für Rohstoffvorkommen“ des Regionalplans 2020 der Region Heilbronn-Franken (Regionalverband Heilbronn-Franken 2006). Seit Ende 2012 wird im Westteil des Gebiets „Maulach“ (Gewann „Häspelesholz“) in der neuen Gewinnungsstelle Crailsheim-Triensbach (RG 6825-7) Gipsstein für das Gipsplattenwerk Satteldorf abgebaut.

Literatur zu Kap. 6.7

BOCK, H. & KOBLER, H.-U. (2003), mit Beiträgen von BOCK, W.-D., PATZELT, A., REIMANN, M., SIMON, T., WALDHÖR, M. & WERNER, W. (2003): Erläuterungen zu Blatt L 6924 Schwäbisch Hall. – Kt. mineral. Rohstoffe von Baden-Württ. 1 : 50 000: 181 S., 28 Abb., 6 Tab., Anh., 1 Kt., Freiburg i. Br. (L.-Amt Geol., Rohst. u. Bergb. Baden-Württ.). – [KMR 50].

EISENHUT, E. (1974): Erläuterungen zu Blatt 6924 Gaildorf. B Geol. Karte Baden-Württ. 1 : 25000, Erl. Bl. 6924 Gaildorf: 99 S., 6 Abb., 4 Taf.,1 Beil.; Stuttgart (Geol. L.-Amt Baden-Württ.).

GLA – Geologisches Landesamt Baden-Württemberg (1998a): Prognostische Rohstoffkarte der Region Franken 1 : 50 000. – 16 Kt.; Freiburg i. Br. – [Bearbeiter: BOCK, H. & MAUS, B.] – [Az. 0236.01/97-4764, unveröff.].

GLA – Geologisches Landesamt Baden-Württemberg (1998b): Gipsvorkommen auf der Gemarkung Michelfeld und alternative Abbauflächen in der Region Franken. – 36 S., 3 Anl.; Freiburg i. Br. – [Bearbeiter: BOCK, H.] – [Az. 2495.01/97-4764, unveröff.].

GÖHNER, D., GWINNER, M. P. & HINKELBEIN, K., mit Beitr. von HÜTTNER, R., MÜLLER, S. & WERNER, J. (1982): Erläuterungen zu Blatt 6925 Obersontheim. B Geol. Karte Baden-Württ. 1 : 25 000, Erl. Bl. 6925 Obersontheim: 143 S., 4 Abb., 8 Taf., 3 Beil.; Stuttgart (Geol. L.-Amt Baden-Württ.).

HERDTLE, G. (1990): Die Prognostische Karte zur Gipshöffigkeit des unteren Gipskeupers in der Region Franken. – 49 S., 2 Abb., 1 Tab., 5 Kt.; Heilbronn [Auftraggeber: Regionalverband Franken] – [unveröff.].

HERRMANN, A. (1976): Lagerstätten, Abbau und Rekultivierung fränkischer Gipsvorkommen. – Erzmetall, **29**: 53–58, 3 Abb.; Stuttgart.

LGRB – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (1999): Gipssteinlagerstätten des Gipskeupers in der Region Franken. – 8 S., 3 Anl. (2 Tab., 1 Kt.); Freiburg i. Br. – [Bearbeiter: BOCK, H. & WERNER, W.] – [Az. 2495.02/97-4764, unveröff.].

LGRB – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (2003): Erläuterungen zu Blatt L 6924 Schwäbisch Hall. – Kt. mineral. Rohst. Baden-Württ. 1 : 50 000: 181 S., 28 Abb., 6 Tab., 1 Kt.; Freiburg i. Br. – [Bearbeiter: BOCK, H. & KOBLER, H.-U., mit Beiträgen von BOCK, W.-D., PATZELT, A., REIMANN, M., SIMON, T., WALDHÖR, M. & WERNER, W.].

LGRB – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, RP Freiburg (2005): Erläuterungen zu Blatt L 6926 Crailsheim. – Kt. mineral. Rohst. Baden-Württ. 1 : 50 000: 132 S., 20 Abb., 5 Tab., 1 Kt.; Freiburg i. Br. – [Bearbeiter: BOCK, H.].

Regionalverband Heilbronn-Franken (2006): Regionalplan Heilbronn-Franken 2020. – 168 S., 8 Tab., 14 Kt.; Heilbronn.

VOLLRATH, A. mit Beiträgen von GEHRING, CH., HAUSSER, S., MÜLLER, S. & ZÜRN, H. (1977): Erläuterungen zu Blatt 6824 Schwäbisch Hall. B Geol. Karte Baden-Württ. 1 : 25 000, Erl. Bl. 6824 Schwäbisch Hall: 199 S., 20 Abb., 1 Taf., 5 Beil.; Stuttgart (Geol. L.-Amt Baden-Württ.).

WALDÖHR, M., PATZELT, A. E., BOCK, H., KOBLER, H.-U. & WERNER, W. (2006): Gipssteinvorkommen in Südwestdeutschland: Eine neue Erkundungsmethodik. – ZKG International No. 4-2006 (**Volume 59**): 64-72, 8 Abb., 1 Tab.; Gütersloh (bau-verlag).

6.8 Granit-Vorkommen im Schwarzwald, Beispiel Triberg-Granit

[SIMON WEHRHEIM]

Geologischer Überblick

Nach der Geologischen Karte GK 25 Blatt 7716 Schramberg setzt sich die Granitmasse aus den Einheiten (1) Triberg-Granit, (2) Kienbach-Granit und (2) Granitporphyr zusammen. Der Triberg-Granit und dessen Sonderfazies, der Kienbach-Granit, liegen im östlichen Teil des Mittleren Schwarzwalds (Abb. 142). Der Triberg-Granit besteht aus mehreren Körpern, die vor 333 Mio. Jahren in den Zentralschwarzwälder Gneiskomplex intrudierten. Die unterschiedlichen petrographischen und geochemischen Zusammensetzungen dieser Intrusionen werden mit der Aufschmelzung verschiedener krustaler Magmenreservoire und unterschiedlicher Fraktionierungsgrade begründet (SCHLEICHER 1994, GEYER et al. 2011).

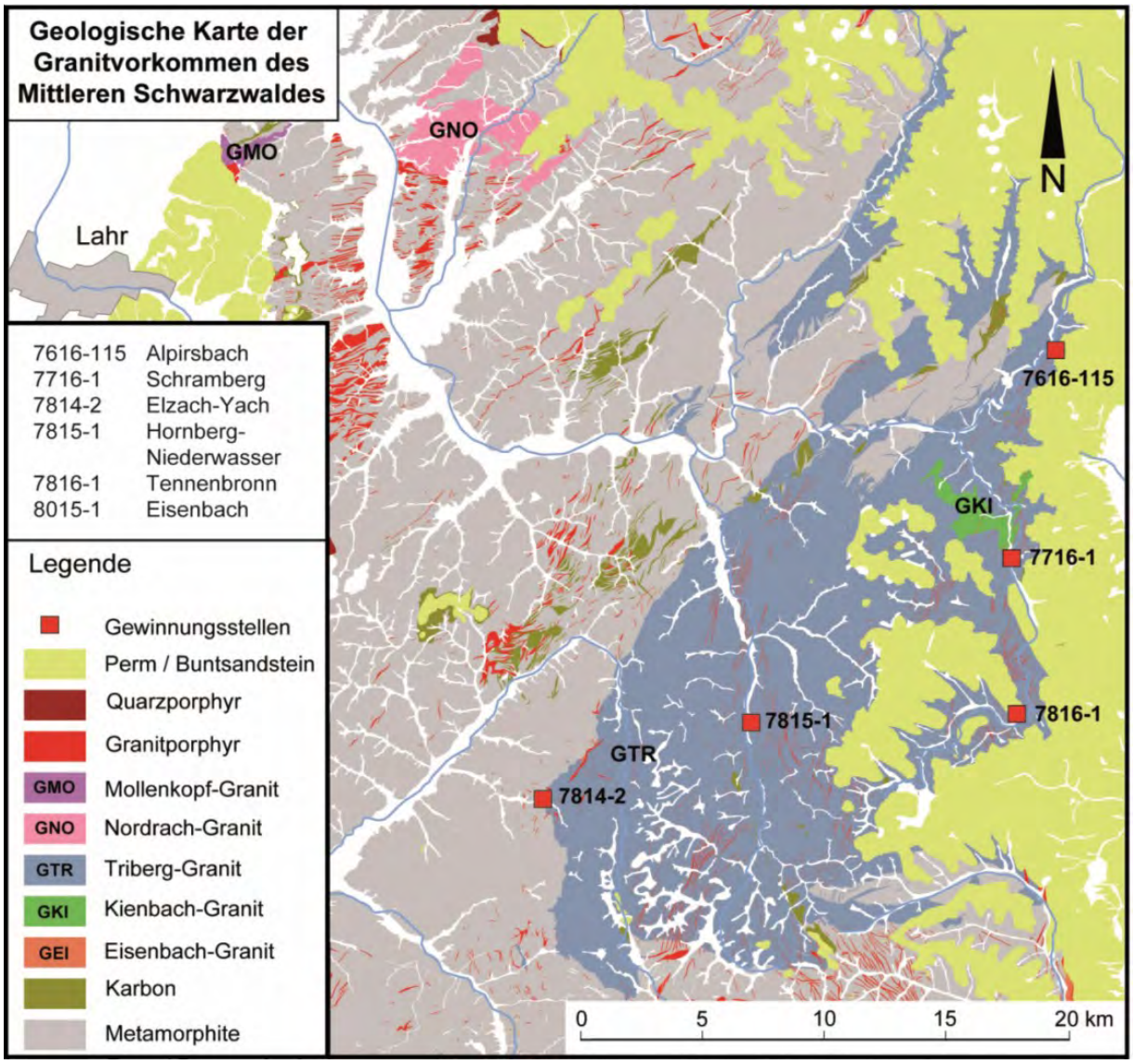


Abb. 142: Verbreitung des Triberg-Granits (verändert nach WERNER et al. 2013). Der Triberg-Granit grenzt im Westen an die Gesteine des Zentralschwarzwälders Gneiskomplex und wird im Osten von Sedimenten des Perms- und Buntsandsteins überlagert. Gewinnungsstellen im Triberg-Granitkörper mit Betriebsnummern.

Im gesamten Granitgebiet gibt es außerdem schwarmartig auftretende Granitporphyr-Gänge. Es handelt sich um differenzierte Schmelzen aus denselben Magmenreservoiren. Die Granite wurden von eisenreichen, silikatischen Lösungen beeinflusst, die sich insbesondere entlang von Kluftflächen und Störungen ausbreiteten. Im Triberg-Granit treten sulfidische Bi-Co-Ni-(U-Ag)-Gänge und dieserart vererzte Letten auf. Sie wurden bereits im Mittelalter und bis in das 19. Jh. in großem Umfang auf Silber und Kobaltblüte abgebaut und im Zeitraum 1935–1979 mehrfach auf Kobalt- und auch auf Uranvererzungen untersucht (BLIEDTNER & MARTIN 1986, WERNER 2006).

Gesteine und ihre Zusammensetzung

(1) Der Triberg-Granit ist ein Biotitgranit mit einem mittel- bis grobkörnigen, epigranularen und ungeregelten Gefüge. Das graue bis hellrosagraue, z. T. rötlichgraue Gestein zeigt eine mittlere Kornverzahnung (Abb. 143). Das Hauptgemenge besteht aus Orthoklas, Plagioklas, Quarz, Biotit und vereinzelt Muskovit. Zweiglimmergranite und muskovitführende Biotitgranite treten in Form von Linsen und Schlieren im Biotitgranit auf und können bis zu max. 5 Gew.-% Muskovit enthalten. Der Triberg-Granit zeigt auf Kluftflächen häufig Beläge von Fe-Oxiden und -hydroxiden sowie Bleichung. Insbesondere entlang von Störungen ist diese Alteration in den Gesteinsverband eingedrungen und bewirkte eine Hämatitisierung von Biotit sowie eine Kaolinitisierung und Serizitisierung von Feldspäten. Der Triberg-Granit neigt aufgrund des grobkörnigen Gefüges zur Vergrusung.

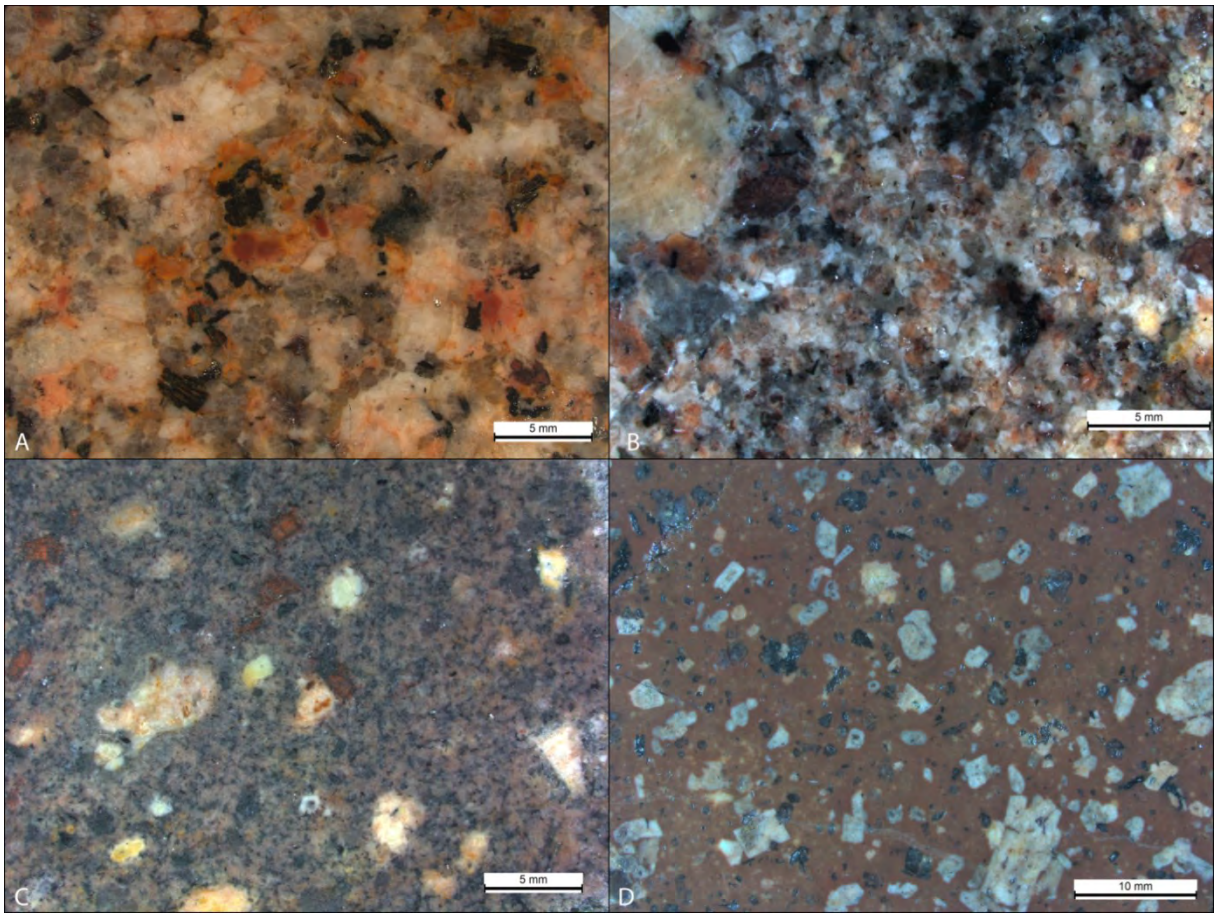


Abb. 143: Makroskopische Aufnahme des (A) Triberg-Granits mit schwarzem Biotit, durchscheinendem Quarz, rosa Kalifeldspat und weißlichem Plagioklas. Fein verteilter Hämatit bewirkt fleischrote bis rosa Farbe des Feldspats. (B) Variante des Triberg-Granits, sog. miarolitisierter Granit, mit vereinzelten, großen Kalifeldspäten in einer epigranularen, feinkörnigen Grundmasse von Biotit, Quarz, Plagioklas und Kalifeldspat. (C) Kienbach-Granit mit einem porphyrischen-feinkörnigen Gefüge. Die Einsprenglinge bestehen aus kaolonitisiertem Kalifeldspat und durch Hämatit ersetzten Pinit. (D) Granitporphyr mit idiomorphem Kalifeldspat, dihexaedrischem Quarz und vereinzelten Biotiten.

(2) Der Kienbach-Granit ist eine Sonderfazies des Triberg-Granits. Er tritt rund um das Kienbachtal zwischen Schramberg und Schiltach auf. Im Gegensatz zum Triberg-Granit handelt es sich um ein graues, kleinkörniges Gestein mit porphyrischen Einsprenglingen aus Orthoklas und Oligoklas, untergeordnet Quarz, Biotit und Pinit. Die feinkörnige Grundmasse besteht größtenteils aus den o. g. Feldspäten sowie Quarz und Biotit. Die mittlere bis gute Kornverwachsung bewirkt im Vergleich zum Triberg-Granit eine höhere Festigkeit und Verwitterungsresistenz. Der Kienbach-Granit zeigt ebenso wie der Triberg-Granit Hämatitisierung, Limonitisierung und Bleichung auf Kluftflächen. Innerhalb des Gesteinsverbands zeigt sich häufig eine Kaolinitisierung von Orthoklas und Hämatitisierung von Biotit. Cordierit wurde vollständig zu Pinit, einem Gemisch aus Glimmer- und Tonmineralen, umgewandelt und dieser wiederum größtenteils durch Hämatit ersetzt (Abb. 143).

(3) Der Pluton wird partienweise von oft schwarmartig auftretenden NW–SE bis NNE–SSW streichenden Granitporphyren durchschlagen. Diese können Mächtigkeiten von max. 30–40 m und Längen von 1,5 km erreichen. Das Gefüge des rötlichen bis gräulichen Gesteins variiert je nach Mächtigkeit des Ganges von einem mikrokristallinen Randbereich zu einer mikrokristallinen bis feinkristallinen Gangmitte. Die Einsprenglinge bestehen aus subidiomorphen bis idiomorphen Kristallen von Orthoklas, Plagioklas, Biotit und dihexaedrischem Quarz. Im Granitporphyr können ebenfalls, jedoch deutlich seltener als im Granitkörper, Alterationen auftreten. Insbesondere die Feldspäte wurden hierbei kaolinitisiert. Sehr selten treten mürbe Gangbereiche auf, die früher als sog. fauler Granitporphyr bezeichnet wurden.

Strukturgeologie

Das tektonische Bruchmuster des Triberg-Granitkörpers wird von W–E bis SW–NE, SSW–NNE, N–S und NNW–SSE streichenden Hauptstörungen dominiert. Den Störungen folgen oftmals Täler. In den Störungszonen sind die Granite oft zerrüttet, kataklasiert und/oder verlettet (Abb. 147 und 148). Die o. g. Alterationserscheinungen in den Graniten sind insbesondere entlang dieser Zonen stark ausgeprägt. Die durch die Zerrüttung des Gesteins geschaffenen Wegsamkeiten für einsickerndes Oberflächenwasser begünstigten zusätzlich eine tiefgreifende Vergrusung.

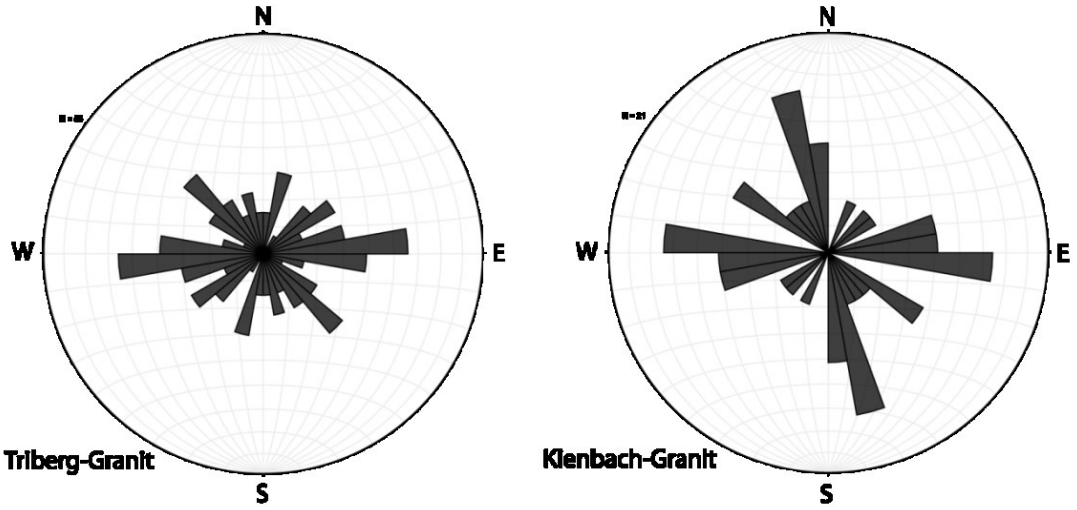


Abb. 144: Kluftmessungen im Triberg-Granit entlang des Schiltachtals von Tennenbronn nach Schiltach. Gruppierung in 10°-Intervallen.

Die Kluftsysteme im Triberg-Granitkörper wurden durch überregionale Hauptspannungen, lokale Temperaturkontraste sowie durch die Abkühlungsraten der Granite beeinflusst. Der Triberg-Granit ist mittelständig, partienweise weitständig geklüftet. Vereinzelte engständige Bereiche lassen sich häufig in der Nähe von Störungen und als Entlastungsklüfte in Oberflächennähe beobachten. Hingegen ist der Kienbach-Granit meist engständig und nur vereinzelt mittelständig geklüftet. Die Kluftrichtungen in den Graniten sind sehr variabel, zeigen jedoch W–E, NNE–SSW bis NNW–SSE, NW–SE und W–E streichende Vorzugsrichtungen an (Abb. 144). Das Klufteinfallen ist zumeist steil bis halbsteil (> 45°). Die Granitporphyre sind überwiegend eng- bis mittelständig geklüftet. Sie zeigen ein ähnliches Kluftsystem wie die Granite. Allerdings gibt es lokale Abweichungen, die durch den Temperaturkontrast zwischen Granit und Gangintrusion hervorgerufen wurden.

Rohstoffwirtschaftliche Relevanz

Die Granite und Granitporphyre im Triberg-Granitkomplex wurden früher hauptsächlich als Mauersteine verwendet und dafür Material insbesondere direkt aus Blockschuttmassen für den lokalen Hausbau entnommen. Ab dem 20. Jahrhundert wurde vermehrt Material für den Verkehrswegebau (Straßenbau, Gleisbau) benötigt. Mehrere aufgelassene Steinbrüche im Gebiet zeugen von dieser Periode. Heutzutage werden überwiegend Natursteine für den Verkehrswegebau, für Baustoffe und als Betonzuschlag, Natursteine für einfache Einsatzbereiche (Forstwegebau, Schüttmaterial, Füllmaterial) sowie Fluss- und Hangverbausteine gewonnen.

Derzeit werden in drei Steinbrüchen Granite und Granitporphyre des Triberg-Granitkomplexes abgebaut. Die umfangreiche, z. T. zertifizierte Produktpalette umfasst u. a. Schotter, Mineralgemische, Splitte und Brechsande, Betonzuschlag, Schüttmaterial, Schroppen, sowie Wasser- und Hangverbaublöcke.

Vorbereitung der Geländeaufnahme, Ausgangssituation

Als Fallbeispiel für die rohstoffgeologische Abgrenzung von Vorkommen im Granitkomplex wurde das Gebiet nördlich von Schramberg im Schiltachtal ausgewählt. Hierin befindet sich der in Betrieb befindliche Steinbruch Schramberg (RG 7716-1), in dem Triberg-Granit abgebaut wird (Abb. 142). Desweiteren wurde in einem direkt nördlich der Abbaustätte gelegenen ehemaligen Steinbruch Triberg-Granit und Granitporphyr gewonnen (Abb. 149). In einem ehemaligen Steinbruch nördlich des Untersuchungsgebietes wurde Schotter und Bahnschotter aus Kienbach-Granit gewonnen.

Die rohstoffgeologische Geländeaufnahme beruht auf Informationen zu ehemaligen und in Betrieb befindlichen Abbaustellen, aus topografischen, geologischen und rohstoffgeologischen Karten und deren Begleittexte sowie Betriebserhebungen und allgemeinen Schriften zum Rohstoffbestand im Untersuchungsgebiet. Hinweise zur anstehenden Geologie und Tektonik (Abb. 145) sowie zu ehemaligen Abbaustellen wurden aus dem geologischen Kartenblatt GK 25 Blatt 7716 Schramberg und dessen Erläuterungsheft entnommen (BRAUHÄUSER 1978a und b). Diese Informationsquelle bietet eine erste Hilfestellung über die räumliche Verteilung der einzelnen Granitkörper und Granitporphyre sowie deren begleitende Hauptstörungen. Allerdings sind rohstoffgeologisch relevante Informationen wie Vergrusungs- und Alterationszonen nicht dargestellt.

Die Topografie des Untersuchungsgebietes wurde aus dem Kartenblatt TK 25 Blatt 7716 Schramberg im Maßstab 1 : 25 000 und dem Digitalen Höhenmodell (DGM) mit einer Auflösung von 1 m pro Pixel entnommen. Die Geomorphologie des Geländes gibt Hinweise auf Aufschlüsse und noch unentdeckte ehemalige Abbaustellen. Die oberflächennahe, geologische Beschaffenheit des Untergrundes, wie Vergrusungs-, Alterations- und Störungszonen, lithologische Übergänge oder Rutschmassen, können stellenweise aus der Geländemorphologie prognostiziert werden.

Für das Untersuchungsgebiet lag bereits eine Prognostische Rohstoffkarte (PRK) vor, die u. a. für die Regionalplanung der Region Schwarzwald-Baar-Heuberg in den 1990er Jahren erstellt wurde (Abb. 146). Diese für den behördeninternen Gebrauch erstellten Kartenblätter mit Erläuterungen liefern erste Hinweise auf die Lage und Ausdehnung von potenziellen, oberflächennahen Rohstoffen. Die Datengrundlage basiert ausschließlich auf der zu dieser Zeit im LGRB vorhandenen Archiv- und Kartendaten und einer punktuellen Begehung von zu dieser Zeit in Betrieb befindlichen Gewinnungsstellen. Es handelt sich somit lediglich um eine erste landesweite Bestandsaufnahme und nicht um eine räumlich hochauflösende Rohstoffkartierung mit entsprechend detaillierter Bewertung.

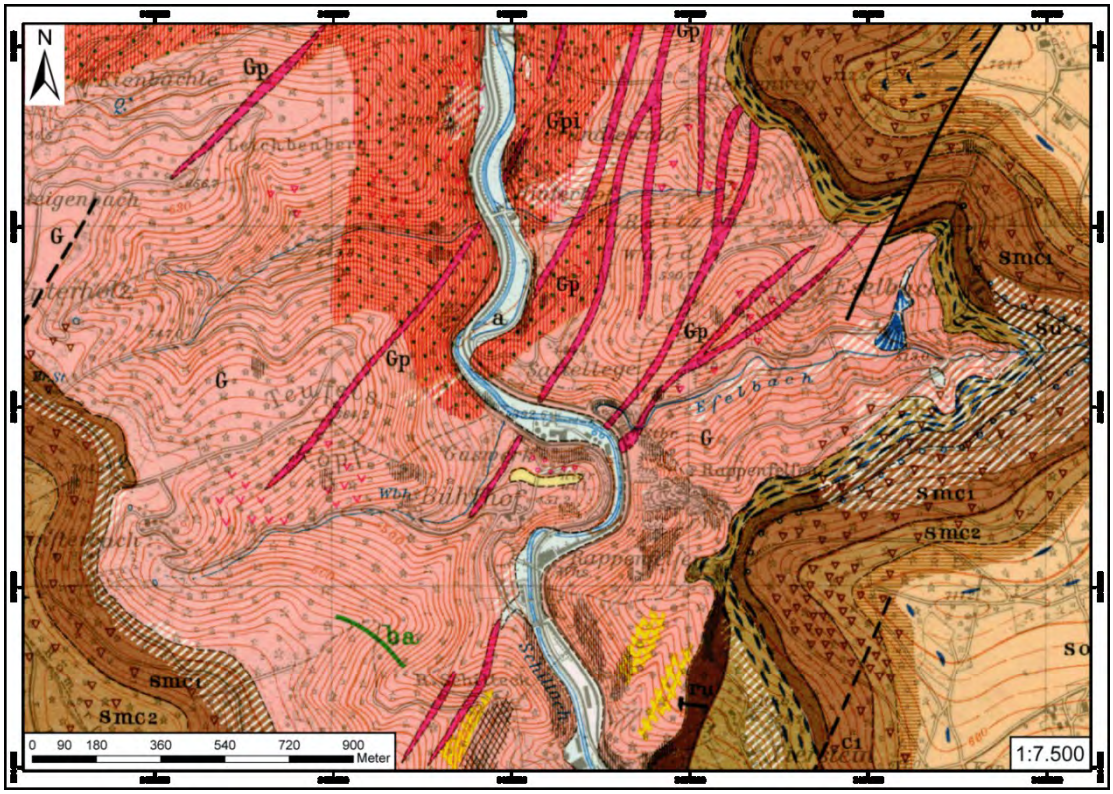


Abb. 145: Auszug aus der Geologischen Karte GK 25 Blatt 7716 Schramberg (BRAUHÄUSER 1978 b) für das Untersuchungsgebiet nördlich der Stadt Schramberg. Gp = Granitporphyr, G = Triberg-Granit, Gpi = Kienbach-Granit.

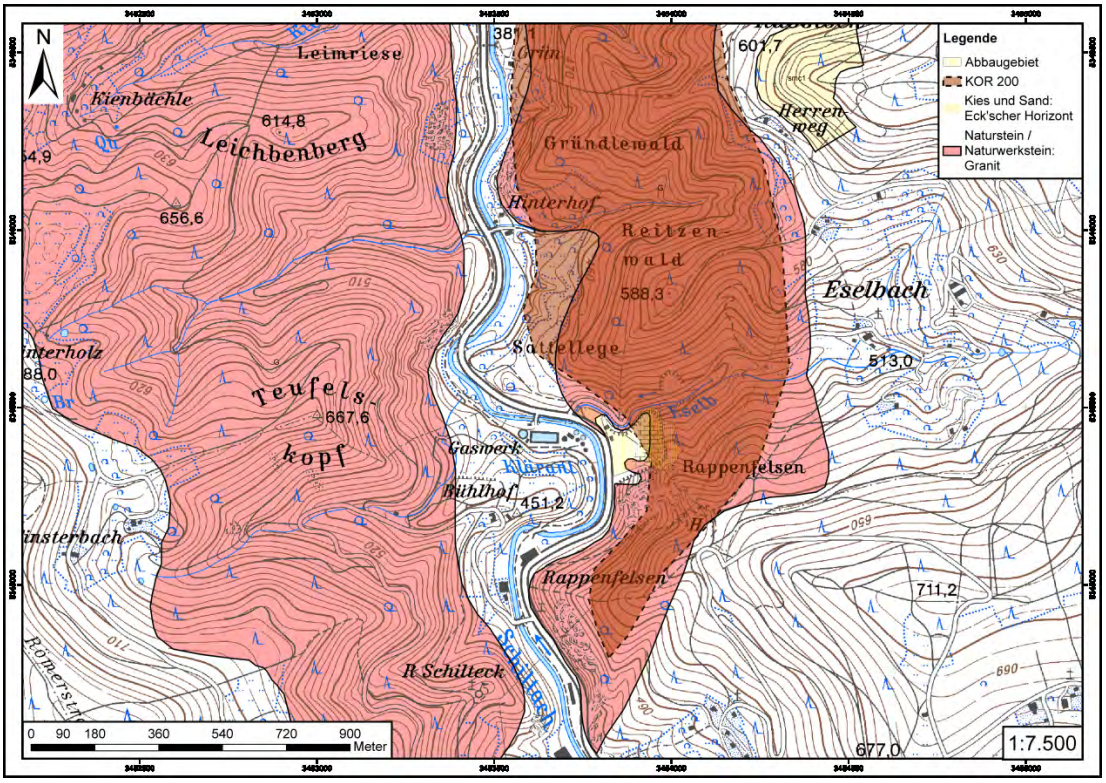


Abb. 146: Auszug aus der Prognostischen Rohstoffkarte (PRK) für das Untersuchungsgebiet nördlich der Stadt Schramberg und aus der KOR 200 (Karte der oberflächennahen Rohstoffe der Bundesrepublik Deutschland, 1 : 200 000, Blatt Freiburg Nord CC7910) nach MÜNCHEBERG et al. 2003.

Außerdem existiert für das Gebiet die Karte der oberflächennahen Rohstoffe der Bundesrepublik Deutschland im Maßstab 1 : 200.000 (KOR 200) mit dem Blatt Freiburg-Nord CC 7910 (MÜNCHEBERG et al. 2003), in welchem die in der Nähe zu Gewinnungsstellen liegenden Gesteinsvorkommen definiert und im Erläuterungsheft summarisch beschrieben sind; sie baut ihrerseits auf der Prognostischen Rohstoffkarte (PRK), den geologischen Karten und den Betriebsberichten des LGRB auf (Abb. 146).

Rohstoffgewinnungsstellen-Datenbank: Die Daten zu Geologie, Abbauverfahren, Förderzahlen und Zustand der Steinbrüche wurden für das Untersuchungsgebiet in Vorbereitung einer Geländebegehung ausgewertet. Im Zuge der rohstoffgeologischen Aufnahme der Gewinnungsstellen wurde anschließend eine Aktualisierung und Ergänzung der Informationen in der RGDB vorgenommen.

Neben den Erläuterungen zur Geologischen Karte wurden insbesondere die Schriften „Geotope im Regierungsbezirk Freiburg“ (2005) und die Aufnahmen der Lagerstättenkarte von Württemberg-Hohenzollern (unveröffentlicht) aus den 1950er Jahren hinzugezogen.

Fazit: Die o. g. Informationenquellen reichen zwar für eine rohstoffgeologische Beurteilung der Gesteine und einer Vorkommensausweisung nicht aus, dennoch bilden sie eine unverzichtbare Grundlage für die Vorbereitung und Durchführung von Geländearbeiten. Aus den raumbezogenen Daten wurden Erkenntnisse über den geologischen und tektonischen Aufbau (Kartenwerke, Blatterläuterungen) und der rohstoffgeologischen Situation (Betriebsinformationen, Blatterläuterungen, RGDB) gewonnen. Die Gesteinsbeschreibungen (Mineralogie, Gefüge, etc.) aus Blatterläuterungen, Betriebsdaten und anderen Schriften bilden eine wesentliche Grundlage für die Flächenausweisung.

Geländeaufnahme

Die Geländearbeiten begannen mit der Befahrung des in Betrieb befindlichen Steinbruchs Schramberg (RG 7716-1) und der ehemaligen Gewinnungsstellen in der Umgebung, um spezifische Eigenschaften und Verwendungsmöglichkeiten der wirtschaftlich nutzbaren Gesteinspartien untersuchen zu können. Daneben gibt es oft Bereiche mit ungünstigen Materialeigenschaften, die zu identifizieren sind und bestenfalls einem geologischen Prozess (z. B. störungsbegleitende Vergrusung) zugeordnet werden können. Die an der Oberfläche nur selten zutage tretenden strukturgeologischen Erscheinungen (wie z. B. tektonische Störungen) können dort direkt eingemessen werden.

In den Gewinnungsstellen wurden die folgenden Parameter bestimmt:

- Stammdatenermittlung: Lagepunkt, Höhe, Rohstoffgruppe, stratigraphische Zuordnung, Gewinnungsart, Abbau- und Produktmengen
- Abbaugeometrie: Flächengröße, -umfang
- Mächtigkeit und Petrographie von nutzbaren Bereichen („Rohstoff“)
- Mächtigkeit und Petrographie von nicht nutzbaren Bereichen („Abraum“)
- Mächtigkeit und Petrographie von Bereichen mit ungünstigen Materialeigenschaften
- Strukturgeologie: Störungen, Trennflächen (Kluftrichtungen und -abstände); Rohblockgröße
- Einsatzmöglichkeiten, Aufbereitungstechnik, ehem. Verwendung, Lieferradius, usw.

Die Erkenntnisse aus den Gewinnungsstellen und der Datenrecherche waren Basis, um eine flächendeckende rohstoffgeologische Kartierung vorzunehmen. Anhand der Erkenntnisse aus den Steinbrüchen können im Gelände leichter Analogieschlüsse getroffen werden, die zur Abgrenzung von wirtschaftlichen interessanten Bereichen („Vorkommen“) genutzt werden können.

Kartierarbeiten

Die rohstoffgeologische Kartierung erfolgte im Maßstab 1 : 5000 im gesamten Ausstrichbereich des Triberg-Granitkomplex (Triberg-Granit, Kienbach-Granit und Granitporphyre). Dies beinhaltete, neben den o. g. Gewinnungsstellen, auch die Aufnahme von Straßen- und Forstwegeanschnitten, Seitenentnahmestellen und Felsformationen. Aufgrund des z. T. sehr steilen Geländes, der großflächigen Überlagerung durch Blockschuttmassen und des großen Ausstrichbereiches wurde auf eine Lesesteinkartierung außerhalb von Wegen verzichtet; sie würde erst bei konkreten Aufschlussplänen ergänzend erfolgen.

Durch die gewonnenen Erkenntnisse (Gewinnungsstellen, Aufschlüsse, Datengrundlage, etc.) zeigte sich, dass Triberg-Granit, Kienbach-Granit sowie die Granitporphyre prinzipiell als Natursteine für den Verkehrswegebau, für Baustoffe und als Betonzuschlag geeignet sind. Aufgrund der unterschiedlichen gesteinsspezifischen Eigenschaften, wie Festigkeit, Verwitterungsanfälligkeit, Korngröße, Gefüge, Bruchverhalten und Rohblockgröße (siehe Geologischer Überblick), gibt es allerding abweichende Verwendungsmöglichkeiten:

1. Der Triberg-Granit wird im Steinbruch Schramberg (RG 7716-1) zu Schotter (inkl. zertifizierte Frostschutzschicht-Mischungen), Splitt, Schüttmaterial, Schroppen sowie Wasser- und Hangverbaublöcken verarbeitet. Hinsichtlich des mittel- bis grobkörnigen Gefüges und der mäßigen Kornverwachsung fällt bei der Aufbereitung viel Unterkorn an, welches lediglich im einfachen Verkehrswegebau (Forstwege, Schüttgut) und als Verfüllmaterial genutzt werden kann.
2. Grundsätzlich hat der Kienbach-Granit ähnliche Verwendungsmöglichkeiten wie der Triberg-Granit. Aufgrund der engständigen Klüftung können jedoch keine Wasser- und Hangverbaublöcke gewonnen werden (Abb. 147). Der Kienbach-Granit ist durch sein kleinkörniges, gut verzahntes Korngefüge ein festeres und verwitterungsresistenteres Gestein mit stabilerem Feinkorn als der Triberg-Granit (Abb. 143). Dadurch kann der Einsatz als Bahnschotter und Edelsplitt gegeben sein. Bei einer Aufbereitung würde voraussichtlich weniger Unterkorn anfallen.
3. Der Granitporphyr ist der qualitativ hochwertigste Rohstoff im Triberg-Granitkomplex. Das porphyrisch-mikrokristalline Gefüge führt zu einer sehr hohen Festigkeit und Verwitterungsresistenz des Gesteins, weshalb es als Bahnschotter und Edelsplitt verwendet werden kann (Abb. 143). Im Vergleich zu den Graniten ist der Anteil an geringfügig nutzbarem Material (Forstwegebau, etc.) voraussichtlich sehr gering. Die eng- bis mittelständigen Kluftabstände verbieten die Gewinnung von Wasser- und Hangverbaublöcken.

Als Ergebnis wurden bei der flächendeckenden Rohstoffkartierung Granite (Kienbach- und Triberg-Granit) und Granitporphyre mit günstigen Materialeigenschaften, d. h. vorwiegend mit einem festen Kornverband gesucht. Daneben treten Gesteine mit ungünstigen Materialeigenschaften auf, die diese Kriterien nicht erfüllen:

Vergrusungen sind typische oberflächennahe Verwitterungserscheinungen im Triberg-Granit, die durch dessen grobkörniges Gefüge begünstigt werden (Abb. 148). Dahingegen wurden im Kienbach-Granit keine oberflächennahen Vergrusungen beobachtet, da das Gestein im Vergleich zum Triberg-Granit einen engeren Kornverband aufweist (Abb. 143). Aufgrund der Häufigkeit dieser Erscheinung im Triberg-Granit wurden nur größere, zusammenhängende Vergrusungszonen als ungünstige Gesteinsbereiche bewertet. In Störungszonen können ebenfalls dort Vergrusungen auftreten, wo erhöhte Wegsamkeiten für eindringendes Oberflächenwasser geschaffen wurden. Die Vergrusung ist oft tief in das Gestein eingedrungen, jedoch meist lateral auf die Störungszone begrenzt.

Alterationen treten im Triberg- und Kienbach-Granit sehr häufig aber mit einer geringen Intensität auf (Abb. 147). Das Korngefüge wurde daher kaum beeinflusst. Im Steinbruch Schramberg (RG 7716-1) weist der gesamte Triberg-Granit Alterationserscheinungen auf Kluftflächen und z. T. im Gesteinsverband auf. Aus diesem Grund wurden die Gesteine prinzipiell nicht als ungünstig bewertet. Lediglich in durch die Alteration hervorgerufenen, mürben oder zersetzten Bereichen, z. B. in sog. faulen Granitporphyren, ist das Gestein nur für einfache Einsatzbereiche (Forstwegebau) verwendbar. Im Steinbruch Schramberg ist eine Störung aufgeschlossen, um die das Gestein intensiv alteriert wurde. Solche Bereiche sind ebenfalls nur noch für einfache Einsatzbereiche (Forstwegebau, Schüttgut) verwendbar.

Ungünstige Materialeigenschaften sind meist entlang von Störungszonen zu finden, weshalb diesen eine besondere Aufmerksamkeit im Gelände galt. Zonen von zerrüttetem und/oder kataklasiertem Gestein bieten Wegsamkeiten für Lösungen, die das Gestein intensiv vergrusen und/oder alterieren können (Abb. 147). Während der geologischen Entwicklung kam es oftmals zu hydrothermalen oder supergenen Metallanreicherungen, welche die Produkte aus Gesteinskörnungen und Mehlen belasten können. Aus diesem Grund werden Störungen als Gesteinsbereiche mit potenziell ungünstigen Materialeigenschaften gewertet und dargestellt. Im Gelände wurden direkt sichtbare Störungen mit dem Gefügekompass eingemessen. Die meisten Störungssysteme sind jedoch selten aufgeschlossen aber vielmals durch Täler und Eintalungen angedeutet. Insbesondere größere Täler mit einer systematischen Längserstreckung wurden als Störungen interpretiert. Diese bilden oft die Grenze eines Vorkommens.

Während der Kartierung werden sowohl günstige als auch ungünstige Gesteinsbereiche mit verschiedenen Signaturen auf einer topografischen Kartengrundlage dargestellt. Strukturgeologische

Kennwerte (Störungs- und Kluftstreichen, Einfallen) werden mit dem Gefügekompass eingemessen. Zusätzlich wird die Eignung der günstigen Gesteine für die potenziellen Verwendungsbereiche abgeschätzt (Druckfestigkeit, Verwitterungsverhalten, Körnungen, max. Rohblockgrößen, etc.).

Aufgrund der og. verschiedenen gesteinsspezifischen Eigenschaften des Triberg- und Kienbach-Granit wurde versucht, die Gesteine in einzelne Vorkommen auszuweisen. Im Gelände wurden die lithologischen Grenzverläufe überprüft und bei Abweichungen mit der Geologischen Karte GK 25 Blatt 7716 Schramberg 1 : 25 000 (BRAUHÄUSER 1978 a) dementsprechend kartiert. Insbesondere die Lage und Mächtigkeit der Granitporphyre sind in der GK 25 oft überzeichnet bzw. interpoliert, weshalb in der Vorkommensbeschreibung bei starker Abweichung darauf hingewiesen wurde. Sobald ein sehr kleinräumiger lithologischer Wechsel zwischen den Graniten vorlag, wurde ein „Kombinationsvorkommen“ ausgewiesen. Da die Granitporphyre nur einen kleinen Anteil des Gesamtvolumens des Granitkomplexes ausmachen, wurden diese als sekundäre Rohstoffe in den Triberg-, Kienbach- bzw. Kombinationsvorkommen beschrieben.

Abb. 147: Seitenentnahme des Kienbach-Granits (links) mit einer engständigen bis mittelständigen Klüftung. Störung im Triberg-Granit (rechts) im nordöstlichen Bereich des Steinbruch Schramberg (RG 7716-1) mit Alterations- und Vergrusungserscheinungen. Das Gestein aus dem Störungsbereich wird hauptsächlich als Naturstein für den einfachen Verkehrswegebau (Forstwege, Schüttgut) und als Verfüllmaterial verwendet.

Abb. 148: Links: Vergrusung des Triberg-Granits im Gewann „Leichbenberg“. Rechts: Störungsletten (hellgrau) im Triberg-Granit an der südlichen Abbauwand des Steinbruch Schramberg (RG 7716-1) mit einer 30 cm breiten kataklastischen Zone und umgebender Hämatitisierung; letztgenannte stellt keine Abbaueinschränkung dar.

Ein wichtiges Kriterium bei der Abgrenzung von Rohstoffvorkommen ist die Bestimmung der nutzbaren Mächtigkeit und der Abraummächtigkeit. Die nutzbare Mindestmächtigkeit der Granite als Natursteine für den Verkehrswegebau, für Baustoffe und als Betonzuschlag beträgt 30 m. Das maximale Abraum-/Nutzschichtverhältnis ist festgelegt auf 1 : 3, wobei eine maximale mittlere Abraummächtigkeit von 20 m nicht überschritten werden sollte. Der Abraum besteht im Beispielgebiet hauptsächlich aus den Granit überlagernden Sedimenten von Zechstein, Rotliegend und Buntsandstein.

Die magmatischen Gesteine des Grundgebirges mit ihren überwiegend hohen Festigkeiten müssen vorwiegend durch Sprengungen gelöst werden. Wegen der Sprengerschütterungen und Schallemissionen ist ein 300 m Puffer zu der nächsten Siedlung (sog. Ortspuffer) einzuhalten. Dieser Ortspuffer wird bei der Abgrenzung der Rohstoffvorkommen berücksichtigt (Abb. 149).

Laborarbeiten

Neben der megaskopischen Gesteinsaufnahme im Gelände wurden repräsentative Proben aus rohstoffgeologisch günstigen Bereichen des Triberg- und Kienbach-Granits sowie der Granitporphyre entnommen. Im LGRB-Labor wurden die Proben zu Gesteinsplatten gesägt und makroskopisch sowie mikroskopisch untersucht. Für diese Gesteinsproben wurden außerdem Röntgenfluoreszenz- (RFA) und Röntgendiffraktometrie-Analysen (RDA) durchgeführt. Die RFA ist eine quantitative Bestimmungsmethode von Haupt- und Spurenelementen (hier: 44 Elemente) des Probenmaterials (Tab. 10). Die RDA ist eine qualitative Methode zur Bestimmung der wichtigsten Mineralphasen im Gestein.

Tab. 10: Hauptelementverteilung im Kienbach-Granit in Gewichtsprozent aus der RFA-Analyse.

SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O3	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	LOI
74,58	0,142	13,24	1,7	0,029	0,27	0,25	2,39	5,74	0,22	1,41

Bewertung der Kartier- und Erkundungsergebnisse

Aus den Ergebnissen der Literatur- und Datenrecherche sowie der Geländebegehung wurden vier Vorkommen im Untersuchungsgebiet ausgewiesen (Abb. 149). Diese Vorkommen basieren auf den zuvor dargestellten Erkundungskriterien. Sie wurden folgendermaßen abgegrenzt:

(1) Triberg-Granitvorkommen „Rappenfelsen“: Die südliche Vorkommensgrenze wird durch den 300 m Ortspuffer zur Stadt Schramberg definiert. An der westlichen Grenze des Vorkommens liegt das Schiltachtal, sowohl als potenzielle Störung, als auch regionaler Vorfluter. Das Tal des Eselbachs grenzt an den nördlichen Teil des Vorkommens und wird als mögliche Störung interpretiert. Im Steinbruch Schramberg (RG 7716-1) befindet sich am Eselbach stark alterierter, z. T. mürber Triberg-Granit. Die östliche Grenze markiert die prognostizierte Verlängerung einer bekannten Störung südöstlich und nordöstlich des Vorkommens. Im Steinbruch wurden ENE–SWS und NNE–SSW streichende Störungsletten beobachtet, die mit den potenziellen und prognostizierten Störungssystemen korrelieren.

(2) Kienbach-Granitvorkommen (inkl. Granitporphyr) „Teufelskopf NE“: Der Kienbach-Granit grenzt im westlichen Teil des Vorkommens an den Triberg-Granit und im östlichen Teil an das Schiltachtal. Das Schiltachtal ist sowohl eine etwaige Störung als auch regionaler Vorfluter. Im Norden wird das Rohstoffvorkommen von einem Seitental im Gewann „Hinterhof“ begrenzt, welches bis auf die gegenüberliegende Talseite des Schiltachtals zieht und wahrscheinlich eine ENE-WSW streichende Störung darstellt. Die südliche Vorkommensgrenze wird durch den Übergang in vergrusten Triberg-Granit definiert.

(3) Triberg-Granitvorkommen (inkl. Granitporphyr) „Teufelskopf“: Die südliche Begrenzung des Vorkommens wird durch eine Störungszone in Form eines Tals markiert. Im westlichen Vorkommensteil wird die Grenze von dem max. 20 m mächtigen Abraum des Buntsandsteins bedingt. Im südöstlichen Bereich liegen anthropogene Ablagerungen sowie ein vergruster Triberg-Granit vor. Im Nordosten ist das Vorkommen durch den Kienbach-Granit begrenzt. Eine Eintalung, interpretiert als potenzielle Störung, definiert die nördliche Begrenzung des Vorkommens. Hinzu kommt die flächenhafte Vergrusung im Triberg-Granit im Gewann „Leichbenberg“.
(4) Triberg- und Kienbach-Granit-Vorkommen (inkl. Granitporphyr) „Reitzenwald“: Das Vorkommen wird an der nördlichen, südlichen und westlichen Grenze von Tälern (N: Hinterhof, S: Eselbach, W: Schiltachtal) umrahmt, die wahrscheinlich auf Störungen zurückzuführen sind. An der nordöstlichen

Grenze wird der Granit von der Kirnbach- und Tigersandstein-Formation mit der max. zulässigen Abraummächtigkeit von 20 m überlagert. Die westliche Grenze wird von einer Störung, die sich in den überlagernden sedimentären Abfolgen zeigt, markiert.

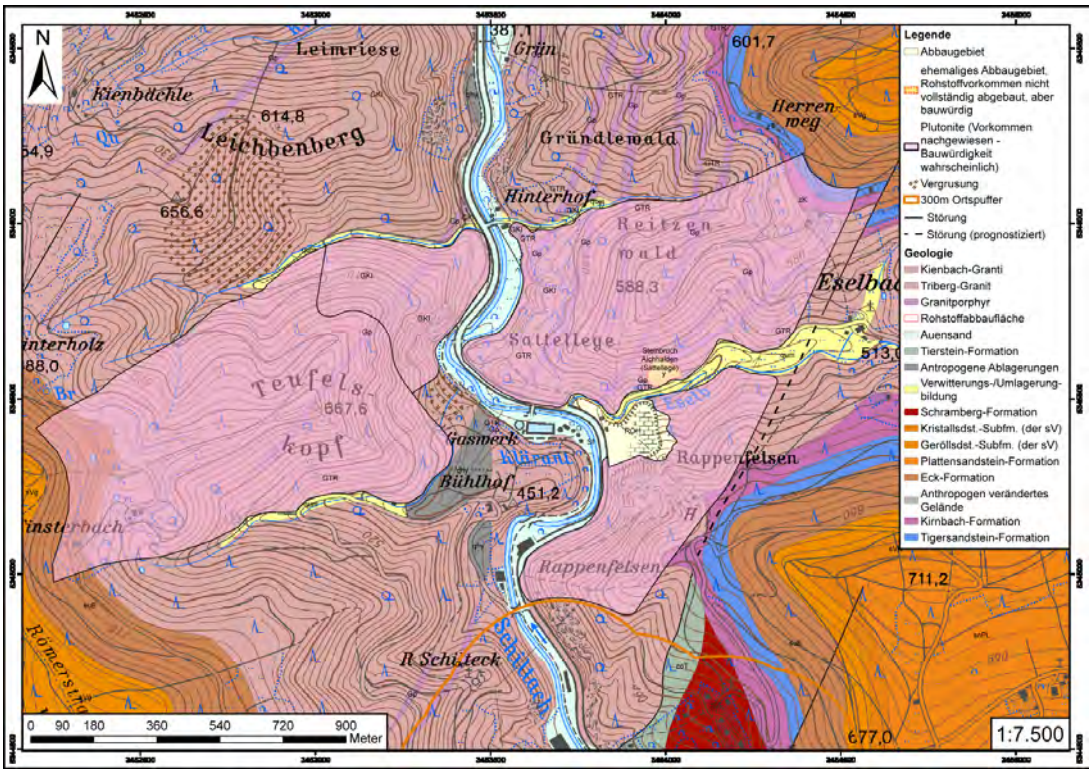


Abb. 149: Geologie des Untersuchungsgebietes mit den abgegrenzten Rohstoffvorkommen: Rappenfelsen (Triberg-Granit), Reitzenwald (Granitporphyr, Triberg- und Kienbach-Granit), Teufelskopf (Triberg-Granit, Granitporphyr), Teufelskopf NE (Kienbach-Granit, Granitporphyr). Flächendeckende Vergrusungen im Triberg-Granit nördlich des Vorkommens Teufelskopf sind Ausschlusskriterium für ein Vorkommen am Leichbenberg. Weitere Ausschlusskriterien: Störungszonen, Täler (potenzielle Störungszonen), anthropogene Ablagerungen, 300 m Ortpuffer zu einem Abbau im Sprengverfahren, Überdeckung von Sedimenten des Zechsteins und Buntsandsteins (Abraum). Anschlussvorkommen im Süden und Norden wurden aufgrund von Übersichtlichkeit nicht dargestellt.

Um den Nutzern der KMR 50, insbes. den Regionalplanern, eine qualitative Unterscheidung zwischen den Vorkommen auch ohne geologische Vorkenntnisse zu ermöglichen, wurden die Vorkommen in Lagerstättenpotenzialkategorien eingestuft. Für die Rohstoffgruppe „Natursteine der Untergruppe Plutonite“ erfolgt eine Eingruppierung u. a. nach dem Gefüge des Gesteins im Vorkommen (Korngröße, Kornverzahnung, Kornverteilung), den Kluftabständen, der nutzbaren Mächtigkeit und der beanspruchten Vorkommensfläche:
Lagerstättenpotenzial-Kategorien für die Rohstoffgruppe: *Natursteine für den Verkehrswegebau, für Baustoffe und als Betonzuschlag, Untergruppe Plutonite (inkl. Ganggesteine):*

Geringes Lagerstättenpotenzial:

(1) Die Gesteine weisen geringe Quarz- und hohe Feldspat- sowie Glimmergehalte auf. Die Granite dieser Kategorie sind grob- bis mittelkörnig und selten gleichkörnig. Häufig ist das Gefüge porphyrisch bis grobporphyrisch. Das heißt, in einer feinkristallinen bis dichten Grundmasse liegen unterschiedlich große Kristalleinsprenglinge vor.

(2) Die Kornverzahnung der Gesteine führt zu einer ausreichenden Verbands- und Gesteinsfestigkeit. Die Zerklüftung kann lokal engständig sein. Oberflächennah ist eine deutliche Vergrusung möglich. Es sind keine bedeutenden tektonischen Störungen nachgewiesen oder vermutet, aber randlich zum Vorkommen möglich.

(3) Die nutzbare Mächtigkeit beträgt im Mittel 50–60 m, teilweise können die Mächtigkeiten deutlich höher oder niedriger liegen.

(4) Das Vorkommen weist eine flächenhafte Erstreckung von 20–50 ha auf, bei geringerer Mächtigkeit liegt sie auch deutlich darüber, bei großer Mächtigkeit auch deutlich darunter.
(5) Das Vorkommen ist verkehrs- und abbautechnisch gut erreichbar und überwiegend im Hangabbau gewinnbar, jedoch ist z. T. auch ein kombinierter Hang-/Kesselabbau notwendig, um die wirtschaftlich notwendigen Abbaumächtigkeiten zu erreichen.
(6) Unmittelbare Konflikte mit Siedlungsflächen sind aus heutiger Sicht nicht zu erwarten.

Mittleres Lagerstättenpotenzial:
(1) Die Gesteine weisen geringe bis mittlere Quarz- sowie hohe bis mittlere Feldspat- und Glimmergehalte auf. Die Korngröße der Kristalle ist vorwiegend mittelkörnig mit klein- bzw. grobkörnigen Partien. Einsprenglinge bilden stellenweise porphyrische Bereiche mit variabler Ausdehnung. Das Gefüge ist bereichsweise gleichkörnig.
(2) Die Gesteine besitzen eine Kornverzahnung, die sich in vorwiegend ausreichender bis mittlerer Verbands- und Gesteinsfestigkeit ausdrückt. Lokal kann eine deutlich verstärkte Zerklüftung der Gesteine sowie eine erhöhte Vergrusung auftreten. Es sind keine bedeutenden tektonischen Störungen nachgewiesen oder vermutet.
(3) Es sind hohe bis mittlere nutzbare Mächtigkeiten anzunehmen, im Mittel um 60–100 m und darüber.
(4) Das Vorkommen weist eine flächenhafte Ausdehnung von 50–100 ha auf.
(5) Das Vorkommen ist verkehrs- und abbautechnisch gut erreichbar und überwiegend im Hangabbau gewinnbar, jedoch ist z. T. auch ein kombinierter Hang-/Kesselabbau notwendig, um die wirtschaftlich notwendigen Abbaumächtigkeiten zu erreichen.
(6) Unmittelbare Konflikte mit Siedlungsflächen oder Hauptverkehrswegen sind aus heutiger Sicht nicht zu erwarten, die flächenhafte Ausdehnung des Vorkommens ist ausreichend groß, um den erforderlichen Abstand zu Wohngebieten ohne Einschränkung der Rohstoffgewinnung einhalten zu können.

Hohes Lagerstättenpotenzial:
(1) Die Gesteine weisen mittlere bis hohe Quarz- sowie mittlere bis geringe Feldspat- und Glimmergehalte auf. Die Korngröße ist vorherrschend klein- bis mittelkörnig und in weiten Teilen gleichkörnig. Porphyrische Gefüge treten nur selten auf.
(2) Die gute Kornverzahnung der Gesteine führt zu hohen Verbands- und Gesteinsfestigkeiten. Die Zerklüftung der Gesteine ist variabel, eine geringe Vergrusung ist möglich. Es sind keine bedeutenden tektonischen Störungen nachgewiesen oder vermutet.
(3) Die nutzbaren Mächtigkeiten liegen im Mittel bei 100–150 m.
(4) Das Vorkommen weist eine flächenhafte Ausdehnung von 100–150 ha auf.
(5) Das Vorkommen ist verkehrs- und abbautechnisch gut erreichbar und überwiegend im Hangabbau gewinnbar.
(6) Unmittelbare Konflikte mit Siedlungsflächen oder Hauptverkehrswegen sind aus heutiger Sicht nicht zu erwarten, die flächenhafte Ausdehnung des Vorkommens ist ausreichend groß, um den erforderlichen Abstand zu Wohngebieten ohne Einschränkung der Rohstoffgewinnung einhalten zu können.

Sehr hohes Lagerstättenpotenzial:
(1) Die Gesteine weisen hohe Quarz- und geringe Feldspat- sowie Glimmergehalte auf; sie sind klein und gleichkörnig ausgebildet und enthalten keine oder nur wenige porphyrische Bereiche.
(2) Die Kornverzahnung zwischen den Einzelkristallen ist sehr gut, was sich in einer vorwiegend hohen bis sehr hohen Verbands- und Gesteinsfestigkeit zeigt. Zudem treten nur wenige Bereiche mit engständiger Klüftung auf. Oberflächennah können die Gesteine vergrust sein. Es sind keine bedeutenden tektonischen Störungen nachgewiesen oder vermutet.
(3) Die nutzbaren Mächtigkeiten liegen im Mittel über > 150 m.
(4) Das Vorkommen weist eine flächenhafte Ausdehnung von über 150 ha auf.
(5) Das Vorkommen ist verkehrs- und abbautechnisch gut erreichbar und überwiegend im Hangabbau gewinnbar.
(6) Unmittelbare Konflikte mit Siedlungsflächen oder Hauptverkehrswegen sind aus heutiger Sicht nicht zu erwarten, die flächenhafte Ausdehnung des Vorkommens ist ausreichend groß, um den erforderlichen Abstand zu Wohngebieten ohne Einschränkung der Rohstoffgewinnung einhalten zu können.

Zu jedem Vorkommen wurde eine Vorkommensbeschreibung angefertigt, in der die wichtigsten gesteinsspezifischen Eigenschaften, die Abgrenzung, die nutzbare Mächtigkeit, der Abraum und

sonstige relevante Informationen zusammengefasst wurden. Das Vorkommen am „Rappenfelsen“ mit dem in Betrieb befindlichen Steinbruch Schramberg (RG 7716-1) als exemplarisches Beispiel:

L 7916-XX 1	**Rappenfelsen, nordöstlich von Schramberg, Eselbach**	21,2 ha
Triberg-Granit (GTR)	**Natursteine für den Verkehrswegebau, für Baustoffe und Betonzuschlag, Untergruppe Plutonite** Derzeit erzeugte Produkte in der Gewinnungsstelle RG 7716-1: Splitt, Brechsand, Schotter, verschiedene Mineralgemische, Frostschutzschicht, Schroppen, Vorsieb- und Schüttmaterial, Flussbau- und Bruchsteine	
1,0–2,0 m / 128,0–129,0 m	Steinbruch Schramberg (RG 7716-1) westlich angrenzend an das Vorkommen L 7916-XX, Lage: R ^{34}53 800, H ^{53}45 420, 400–530 m NN, Ansatzhöhe 530 m NN bis min. Abbautiefe RG 7716-1 von 400 m NN	
{1,0–5,0 m} / {131,0–135,0 m}	Schematisches Profil im zentralen Teil des Vorkommens, Lage: R ^{34}54 142, H ^{53}45 387, Ansatzhöhe 536 m NN bis min. Abbautiefe RG 7716-1 von 400 m NN	

Beschreibung des Gesteinskörpers: Das Naturstein-Vorkommen im Gewann Rappenfelsen östlich des Steinbruchs Schramberg (RG 7716-1) besteht aus mittel- bis grobkörnigem, epigranularem, ungeregeltem, hellrosagrauem bis hellrötlichgrauem Triberg-Granit. Makroskopisch erkennbar sind rosa Orthoklas und heller Plagioklas, Quarz und Biotit. Nebengemenge sind vor allem Muskovit und Schörl. Das Hauptgemenge an Feldspäten und Quarz zeigt eine überwiegend mittlere Kornverwachsung, welche ausschlaggebend für die Verwitterungs- und Vergrusungsanfälligkeit entlang von Klüften und Störungen ist. Eine fortgeschrittene Hämatitisierung von Biotit, Kaolinitisierung von Plagioklas, sowie Eisenoxide und –hydroxide auf den Kluftflächen deuten auf eine Alteration des Gesteins hin, an denen auch Metallanreicherungen gebunden sein können.

Analyse: Triberg-Granit (Sample 920, Transitional-Leucogranite) aus SCHLEICHER (1994): SiO_2 74,33 %, TiO_2 0,20 %, Al_2O_3 14,14 %, Fe_2O_3 1,74 %, MnO 0,03 %, MgO 0,37 %, CaO 0,40 %, Na_2O 2,96 %, K_2O 6,36 %, P_2O_5 0,06 %, LOI 0,00 %.

Vereinfachtes Profil: Schematisches geologisches Profil aus dem Steinbruch Schramberg (RG 7716-1), Lage s. o., bis 400 m NN untere Abbausohle (Talsohle):

530	–	528	m NN	Bodenhorizont, Verwitterungshorizont des Triberg-Granit [Abraum]
528	–	523	m NN	Triberg-Granit, rötlichgrau bis rosagrau, vergrust (GTR) [nutzbar]
523	–	400	m NN	Triberg-Granit, grau bis rosagrau, mittelständig geklüftet, mitttelkörnig (GTR), bis Talsohle [nutzbar]

– Darunter folgen weitere Gesteine des metamorphen und magmatischen Grundgebirges (KR) –

Vereinfachtes Profil: Schematisches Profil im zentralen Teil des Vorkommens, Lage s. o.:

536	– ca.	531	m NN	Boden, Verwitterungshorizont mit Geröllen von Triberg-Granit, Zechstein-Sedimenten und Bundsandstein [Abraum]
531	– ca.	526	m NN	Triberg-Granit, vergrust [nutzbar]
526	–	400	m NN	Triberg-Granit, rosagrau bis rötlichgrau, mittel- bis weitständig geklüftet, mittel- bis grobkörnig [nutzbar]

– Darunter folgen weitere Gesteine des metamorphen und magmatischen Grundgebirges (KR) –

Tektonik und Schichtlagerung: Der Triberg-Granit liegt als unregelmäßiger, massiger Intrusionskörper am östlichen Rand der Zentralschwarzwälder Kerngneis-Gruppe vor. Die im Steinbruch beobachtete Klüftung ist mittel- bis weitständig, mit vereinzelten Bereichen von intensiver engständiger Klüftung. Die Klüfte stehen überwiegend steil (> 45°) ein und streichen N–S, W–E bis WSW–ENE. NW–SE und NE–SW bis ENE–WSW streichende Störungen sind durch Eintalungen im Gebiet nördlich von Schramberg gekennzeichnet. An der östlichen Vorkommensgrenze wird eine NNE–SSW streichende Störung prognostiziert. Im Steinbruch Schramberg (RG 7716-1) ist eine parallel verlaufende Störungslette aufgeschlossen, welche innerhalb des gesamten Vorkommens unvermittelt auftreten können.

Nutzbare Mächtigkeit: Die nutzbare Mächtigkeit des Triberg-Granits wird durch den Geländeausbiss über der max. erlaubten Abbautiefe von 400 m NN des Steinbruchs Schramberg (RG 7716-

1) definiert und variiert je nach Hanglage und Geländemorphologie. Es kann eine durchschnittliche Mächtigkeit von 100–130 m und maximale Mächtigkeit von 180–200 m erreicht werden. **Abraum:** Das Naturstein-Vorkommen wird in weiten Bereichen von einer Decke (1,0–5,0 m) aus Boden und aufgelockerten und verlehmten Blockschuttmassen überlagert. Der Blockschutt besteht aus Triberg-Granit und/oder Sedimenten des Zechsteins und Buntsandsteins, die östlich des Vorkommens auf dem Granit lagern. Im östlichen Randbereich des Vorkommens, in der eine prognostizierte Störung verläuft, liegen mindestens 3 m mächtige Blockschuttmassen aus Zechstein- und Buntsandstein-material als Abraum. Störungszonen sind im östlichen Randbereich prognostiziert, jedoch können auch innerhalb des Vorkommens unvermittelt Störungen auftreten, in denen der Granit tiefgreifend vergrust, zerrüttet und/oder kataklasiert sein kann. Im Steinbruch Schramberg (RG 7716-1) werden auch vergruste Bereiche vollständig verwertet, da die im Steinbruch befindlichen Alterationsbereiche nur ein geringes Volumen ausmachen.

Grundwasser: Der Triberg-Granit ist ein Kluftgrundwasserleiter, dessen Grundwasserzirkulation vorwiegend in den gut durchklüfteten Bereichen und im Aufwitterungshorizont, sowie in den z. T. überlagernden Schuttfächern, stattfindet. Die lokalen Vorfluter sind der Eselbach und die nach Norden entwässernde Schiltach an der nördlichen und östlichen Begrenzung des Vorkommens, welche über ein Gefälle von 476 bis 396 m verläuft.

Mögliche Abbau-, Aufbereitungs-, Verwertungserschwernisse: Der Triberg-Granit kann entlang von Störungs- und Kluftzonen tiefgreifend vergrust sein, wodurch er nur als minderwertiges Material eingesetzt werden kann. Aufgrund der mäßigen Kornverwachsung und mittel- bis grobkörnigen Mineralen kann ein ausgeweiteter Vergrusungsbereich und eine einhergehende allgemeine Verschlechterung des Rohstoffes nicht ausgeschlossen werden. Insbesondere auf Kluftflächen, aber auch innerhalb des Gesteinsverbandes, kann eine starke Hämatitisierung auftreten. Bei einem möglichen Abbau sollten diese Bereiche sowie das unmittelbare Rahmengestein auf seine chemische Zusammensetzung hin untersucht werden, da hier Anreicherungen von Schwermetallen auftreten können.

Sonstiges: Das Vorkommen liegt im FFH-Gebiet „Schiltach und Kaltbrunner Tal“ (FFH-Gebiets-Nr. 7716-341) und im Naturdenkmal „Rappenfelsen“.

Flächenabgrenzung: Westen: Angrenzender Steinbruch Schramberg (RG 7716-1). Norden: Seitentaleinschnitt des Eselbachs mit Quartärablagerungen. Osten: Vermutete Störungszone mit tiefgreifender Vergrusung und/oder Kataklasierung. Süden: Überlagerung von Zechstein-Einheiten (Abraum) und 300 m Ortspuffer der Stadt Schramberg.

Erläuterung zur Bewertung: Die Bewertung beruht auf der rohstoffgeologischen Kartierung an Forstwegen des Gewanns „Rappenfelsen“ und entlang der Hauptstraße nach Schramberg, sowie einer Detailaufnahme des Steinbruchs Schramberg (RG 7716-1). Als Grundlage diente die geologische Karte von Baden-Württemberg GK 25 Bl. 7716 Schramberg (BRÄUHÄUSER 1908).

Zusammenfassung: Der Triberg-Granit ist ein mittel- bis grobkörniger, epigranularer Zweiglimmergranit mit Hauptgemengeteilen von Quarz, K- und Na-Ca-Feldspäten, Biotit und untergeordnet Muskovit. Das Gestein zeigt mittelständige Klüftung, die überwiegend N–S, W–E bis WSW–ENE streicht. Im Steinbruch Schramberg (RG 7716-1) wird der Triberg-Granit als Naturstein für den Verkehrswegebau (inkl. zertifizierte Frostschutzschicht-Mischungen), für einfache Einsatzbereiche und vereinzelt für Fluss- und Bruchsteine abgebaut. Der Triberg-Granit neigt zur Vergrusung, wobei bei einer kleinräumigen, oberflächlichen Ausprägung das Material für einfache Einsatzbereiche verwendet werden kann. Insbesondere an Störungszonen kann das Gestein tiefgründiger vergrust und/oder kataklasiert sein, was durchaus ein Hinderungsgrund für einen Abbau sein kann. Eine dieser potenziellen Bereiche bildet eine interpolierte Störungszone, welche die östliche Begrenzung des Vorkommens darstellt. Für das Vorkommen kann eine durchschnittliche Rohstoffmächtigkeit von 100–130 m angenommen werden. Der Abraum besteht aus 2–5 m Bodenhorizont und verlehmten Blockschuttkörpern. Vor einem möglichen Abbau sollten insbesondere die räumliche Ausdehnung und Beschaffenheit des Primärrohstoffes eingehend untersucht werden. Das Vorkommen wird im landesweiten Vergleich mit einem mittleren Lagerstättenpotenzial bewertet.

Zusammenfassung

Der Triberg-Granitkomplex besteht aus Triberg-Granit, Kienbach-Granit und Granitporphyren, die im Zuge der Erstellung der KMR 50 Schramberg rohstoffgeologisch bewertet wurden. Die Gesteine des Grundgebirges werden überwiegend als Natursteine für den Verkehrswegebau, für Baustoffe und als Betonzuschlag verwendet. Eine Besonderheit sind die unterschiedlichen gesteinsspezifischen Eigenschaften der Granite und der Granitporphyre, aus denen verschiedene Produkte hergestellt werden können. Zur Erläuterung wurde hierfür das Gebiet nördlich der Stadt Schramberg als Fallbeispiel für die Ausweisung von Rohstoffvorkommen gewählt.

Die rohstoffgeologische Erkundung des Untersuchungsgebiets bestand aus der Zusammenführung von geologischen, topografischen und rohstoffgeologischen Kartenwerken, deren Erläuterungen, dem Digitalen Geländemodell und der Rohstoffgewinnungsstellen-Datenbank des LGRB sowie weiterer Literatur. In Kombination mit der Befahrung von ehemaligen und in Betrieb befindlichen Gewinnungsstellen wurde ein Modell für die anschließende flächendeckende Rohstoffkartierung entwickelt. Die Ergebnisse führten zu der Ausweisung von vier Rohstoffvorkommen, wie sie in Abb. 149 dargestellt sind.

Literatur zu Kap. 6.8

BLIEDTNER, M. & MARTIN, M. (1986), mit Beiträgen von HUCK, K.-H. & MAUS, H.: Erz- und Minerallagerstätten des mittleren Schwarzwaldes – eine bergbaugeschichtliche und lagerstättenkundliche Darstellung. 786 S., 264 Abb.; Geologisches Landesamt Baden Württemberg.

BRAUHÄUSER, M. (1978 a), mit Beiträgen von LEIBER, J. & MÜNZIG, K.: Erläuterungen zum Blatt 7716 Schramberg – Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000: III + 156 S., 8 Abb.; Stuttgart (Geol. L.-Amt Baden-Württ., Hrsg.) – [3., unveränderter Nachdruck der 2. Auflage von 1933].

BRAUHÄUSER, M. (1978 b), mit Beiträgen von SAUER, A.: Blatt 7716 Schramberg. – Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000; Stuttgart (Geol. L.-Amt Baden-Württ.). – [ergänz. Nachdruck der Aufl. von 1908].

GEYER, M., NITSCH, E. & SIMON, T. (2011), unter Mitarbeit von ELLWANGER, D., FRANZ, M., GEBHARDT, U., HAGDORN, H., KULL, U., MARTIN, M., REIFF, W., RUPF, I., SCHWEIGERT, G., VILLINGER, E., WIELAND-SCHUSTER, U. & ZEDLER, H.: Geologie von Baden-Württemberg – 5., völlig neu bearb. Aufl. – X + 627 S., 185 Abb., 4 Tab.; Stuttgart (Schweizerbart).

LfU – Landesamt für Umweltschutz Baden-Württemberg (2005): Geotope im Regierungsbezirk Freiburg: 387 S., zahlr. Tab.; Karlsruhe – [Bearbeiter: SCHÖTTLE, M. mit in den Text integrierten Beiträgen von BURGMEIER, G., BUSCH, K., GENSER, H., HUTH, T.& SPATZ, P.]

LGRB – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, RP Freiburg (2017): Erläuterungen zu Blatt L 8110/L 8112 Müllheim/Freiburg i. Br. und L 8310/L 8312 Lörrach/Schopfheim – Kt. mineral. Rohst. Baden-Württ. 1 : 50 000: 432 S., 196 Abb., 18 Tab., 4 Kt.; Freiburg i. Br. – [Bearbeiter: KIMMIG, B., WERNER, W., ELSÄßER, L. & SCHMITZ, M.].

MÜNCHEBERG, C., BOCK, H, FINGER, P. & WERNER, W. unter Mitarbeit von KIMMIG, B. (2003): Erläuterungen zu Blatt CC 7910. – Karte der oberflächennahen Rohstoffe 1 : 200 000: 81 S., 3 Abb., 6 Tab., 1 Kt.; Hannover (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoff (BGR) und den Staatlichen Geologischen Diensten in der Bundesrepublik Deutschland (SDG), Hrsg.) – [KOR200].

RUPF, I. & NITSCH, E. (2008): Das Geologische Landesmodell von Baden-Württemberg: Datengrundlagen, technische Umsetzung und erste geologische Ergebnisse. – LGRB-Informationen, **21**, 82 S., 36 Abb., 3 Tab, 10 Beil.; Freiburg i. Br.

SCHLEICHER, H. (1994): Colision-type granitic melts in the context of thrust tectonics and uplift history (Triberg granite complex, Schwarzwald, Germany) – Neues Jahrbuch für Mineralogie Abhandlungen **166**, 211-138 S.; Stuttgart (Schweizerbart).

WERNER, W. (2006): Erzprospektion im Revier Wittichen in der Zeit zwischen 1935 und 1979 – Ergebnisse und lagerstättengeologische Schlussfolgerungen. – Erzgräber, 2/2006: 3 – 66, 38 Abb., 2 Tab.; Oberwolfach.

WERNER, W., WITTENBRINK, J., BOCK, H. & KIMMIG, B. (2013): Naturwerkstein aus Baden-Württemberg – Vorkommen, Beschaffenheit und Nutzung. 765 S., 1248 Abb., 45 Tab; Freiburg i. Br. (LGRB).

6.9 Quarzporphyre im Odenwald – Fallbeispiel Quarzporphyrdecke bei Dossenheim

[MARKUS KLEINSCHNITZ]

Übersicht, Vorbemerkungen
Alter: An der Wende Oberkarbon / Rotliegend (Perm) wurde das kristalline Grundgebirge des Odenwalds entlang von tektonischen Schwächezonen von sauren vulkanischen Schmelzen, den späteren **Quarzporphyren**, durchschlagen. Sie bilden heute vulkanische Schlote, Spaltenfüllungen und Decken entlang der Bergstraße (Abb. 150).

Typus: Die Quarzporphyre im Odenwald werden heute als Ignimbrite (Glutwolkenablagerungen) gedeutet. Petrographisch werden diese als Rhyolithe eingestuft. Als Förderschlot für die Ignimbrite im Bereich Dossenheim–Schriesheim gilt der Schlot vom Wachenberg bei Weinheim (RG 6418-1). Die dazugehörigen Ignimbrite befinden sich als mächtige Quarzporphyrdecken im Raum Schriesheim–Dossenheim–Heidelberg-Handschuhsheim (Abb. 151 und 152) an der Bergstraße. Die Mächtigkeit dieser Ignimbritdecke nimmt von Norden nach Süden ab, wobei nahe Dossenheim die größten Mächtigkeiten auftreten, da dieser Teil des Vorkommens durch tektonische Abschiebung entlang der Schauenburgstörung vor weiterer Erosion geschützt wurde. Dagegen stellt der Ölberg bei Schriesheim (Abb. 151 u. 152) das erosive Nordende der Decke dar. Die Entstehung der mächtigen Ignimbritdecke, welche aus mehreren Abkühlungseinheiten besteht, ist als mehrphasiges vulkanisches Ereignis aufzufassen.

Gesteinsaufbau: Der Quarzporphyr ist ein überwiegend dichtes, **einsprenglingsarmes**, hartes, zähes vulkanisches Gestein (Abb. 1). Es besteht im Mittel zu 95 % aus Grundmasse und zu 5 % aus wenige mm großen Einsprenglingen (überwiegend Quarz und Kalifeldspat). Es treten auch häufig brekziöse Varietäten auf, in denen eckige Rhyolithbruchstücke unregelmäßig in der feinkörnigen Rhyolithgrundmasse verteilt sind. Sie zeichnen sich durch besonders große Zähigkeit aus. Es wird zwischen **vulkanischer Primärbrekzie** und tektonischer Brekzie unterschieden. Bei der erst genannten wurde ein bereits erstarrter Rhyolith durch einen nachströmenden noch flüssigen Rhyolithstrom zertrümmert und schließlich wieder verkittet (Abb. 150). Wegen ihres Aussehens wurde diese Varietät von den Arbeitern des Steinbruchs als „Schwartenmagen“ bezeichnet. Vulkanische Primärbrekzien unterscheiden sich von den tektonischen Brekzien durch meist noch deutlich erkennbare Fließbewegungen.

Daneben gibt es **einsprenglingsreiche** Quarzporphyre mit etwa 30–40 % Einsprenglingen, darunter meist verwitterte Feldspäte, die aus rohstoffgeologischer Sicht aufgrund der deutlich geringeren Härte eingeschränkt oder gar nicht geeignet sind. Die Mächtigkeit der Quarzporphyrdecke Schriesheim–Dossenheim nimmt von Norden nach Süden ab und beträgt ca. 100 bis 220 m über Talniveau. Ein besonders charakteristisches Merkmal der Quarzporphyrdecke Dossenheim–Schriesheim ist die oft zu beobachtende, senkrecht stehende Absonderung mit grober unregelmäßiger Säulenbildung, wobei am Ölberg die Säulen am deutlichsten ausgebildet sind (Abb. 150).

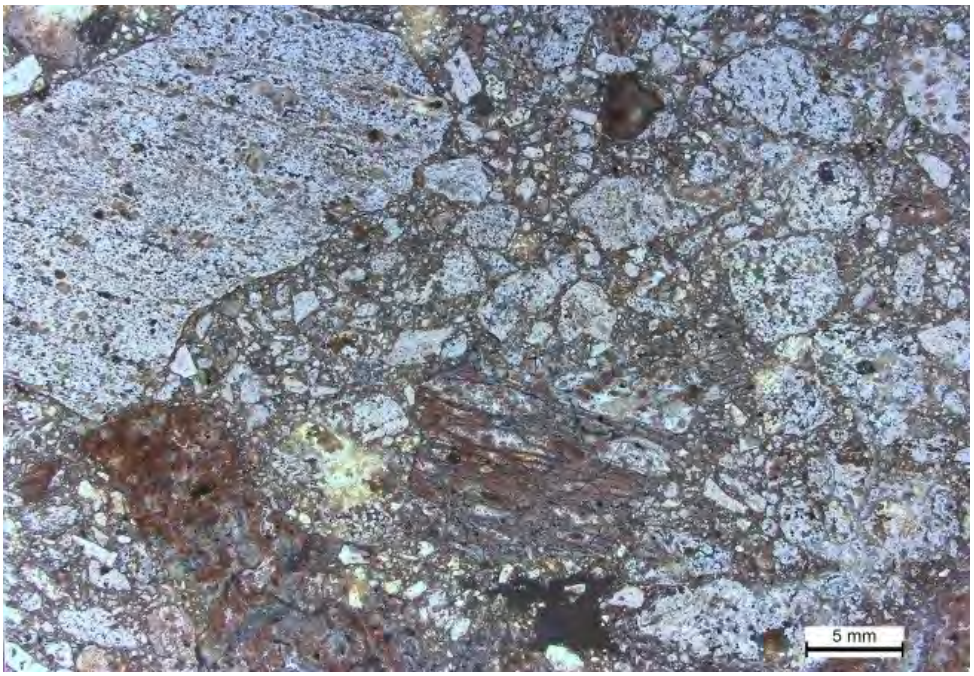


Abb. 150: Dossenheim-Quarzporphyr im aufgelassenen Steinbruch Ölberg bei Schriesheim (RG 6518 -2). Oben (→ vorige Seite): Die Ignimbritdecke zeigt deutlich säulige Abkühlungsklüfte. Die charakteristische gelbbraune Farbe geht auf den im Gestein fein verteilten Limonit zurück. Die Gesamtwandhöhe rechts im Bild beträgt rund 100 m. Diese Seite (oben): Dossenheim-Quarzporphyr aus dem Steinbruch Dossenheim (Sporenberg, RG 6518-1): Vulkanische Primärbrekzie („Schwartenmagen"): Eckige Rhyolithbruchstücke unregelmäßig in der feinkörnigen Rhyolithgrundmasse verteilt mit den charakteristischen Fließbewegungen.

Tektonik: Das untersuchte Gebiet umfasst den nördlichen Teil der Quarzporphyrdecke Dossenheim–Schriesheim am Westrand des südwestlichen Odenwaldes (Abb. 151 und 152). Durch die unmittelbare Nähe zum Oberrheingraben ist die Quarzporphyrdecke tektonisch sehr stark beansprucht worden und durch zahlreiche Störungen blockartig in mehrere Schollen zerbrochen. Dabei fällt nach BÜHLER (1989) die Ölbergscholle mit 3° nach Osten ein. Der südlich davon gelegene Sporenberg wurde wahrscheinlich mit über 10° nach Südwesten verkippt (Abb. 153).

Die starke tektonische Beanspruchung des Gebietes wird besonders eindrucksvoll an der direkt südwestlich des Ölberges gelegenen Schauenburg-Störung (dextrale Schrägabschiebung) ersichtlich, an der der Quarzporphyr an der Schauenburg um ca. 140 m relativ zum Tuff abgeschoben wurde, und der Sporenberg in eine Ost- und Westscholle geteilt wurde. Dabei wurde die Tiefscholle (Sporenberg mit Steinbruch RG 6518-1) um ca. 80 m entlang der Schauenburg-Störung gegenüber der Hochscholle Sporenberg–Weiheneich abgeschoben (Abb. 153).

Die wichtigsten tektonischen Richtungen liegen, neben dem rheinischen Streichen bei etwa 20°, bei 120–135° (herzynisch) sowie bei 80–90° (Verlauf der Schauenburgstörung). Eine untergeordnete Richtung liegt bei 170–180° (Streichen des Rheingrabens bei Dossenheim–Heidelberg). Das Vorkommen ist intensiv geklüftet.

Rohstoffwirtschaftliche Relevanz: Der Quarzporphyr des Odenwalds ist ein qualitativ hochwertiger Naturstein für den Verkehrswegebau, für Baustoffe und als Betonzuschlag. Bei Schriesheim und Dossenheim wurden Steinbrüche mit Wandhöhen von 100 bis 150 m errichtet. Der Steinbruch am Wachenberg bei Weinheim zählt mit 270 m zu den Brüchen mit den größten Wandhöhen in Deutschland.

Ende des 19. Jh. wurden entlang der Bergstraße zwischen Dossenheim und Schriesheim sowie bei Weinheim zahlreiche größere Steinbrüche im Quarzporphyr angelegt. Heute steht nur noch der Steinbruch am Wachenberg bei Weinheim zeitweise in Abbau. Die ehemaligen Quarzporphyrsteinbrüche mit ihren gelblichen Steinbruchswänden bilden heute weithin sichtbare Landmarken an der Bergstraße.

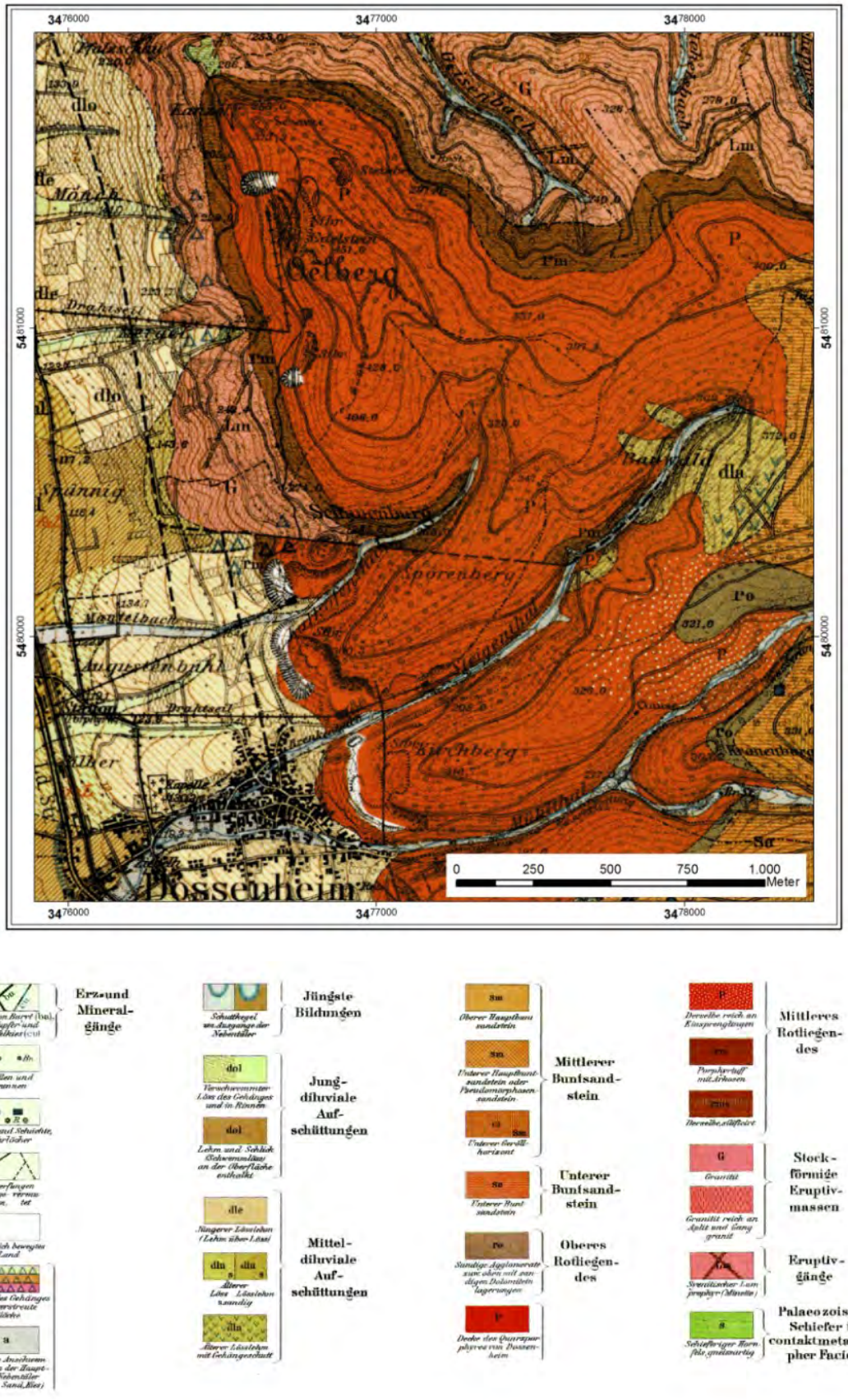


Abb. 151: Ausschnitt aus der Geologischen Karte von Baden-Württemberg 1 : 25 000 (GK 25) Blatt 6518 Heidelberg-Nord im Bereich der Quarzporphyrvorkommen bei Dossenheim und Schriesheim (THÜRACH & SCHNARRENBERGER 1908).

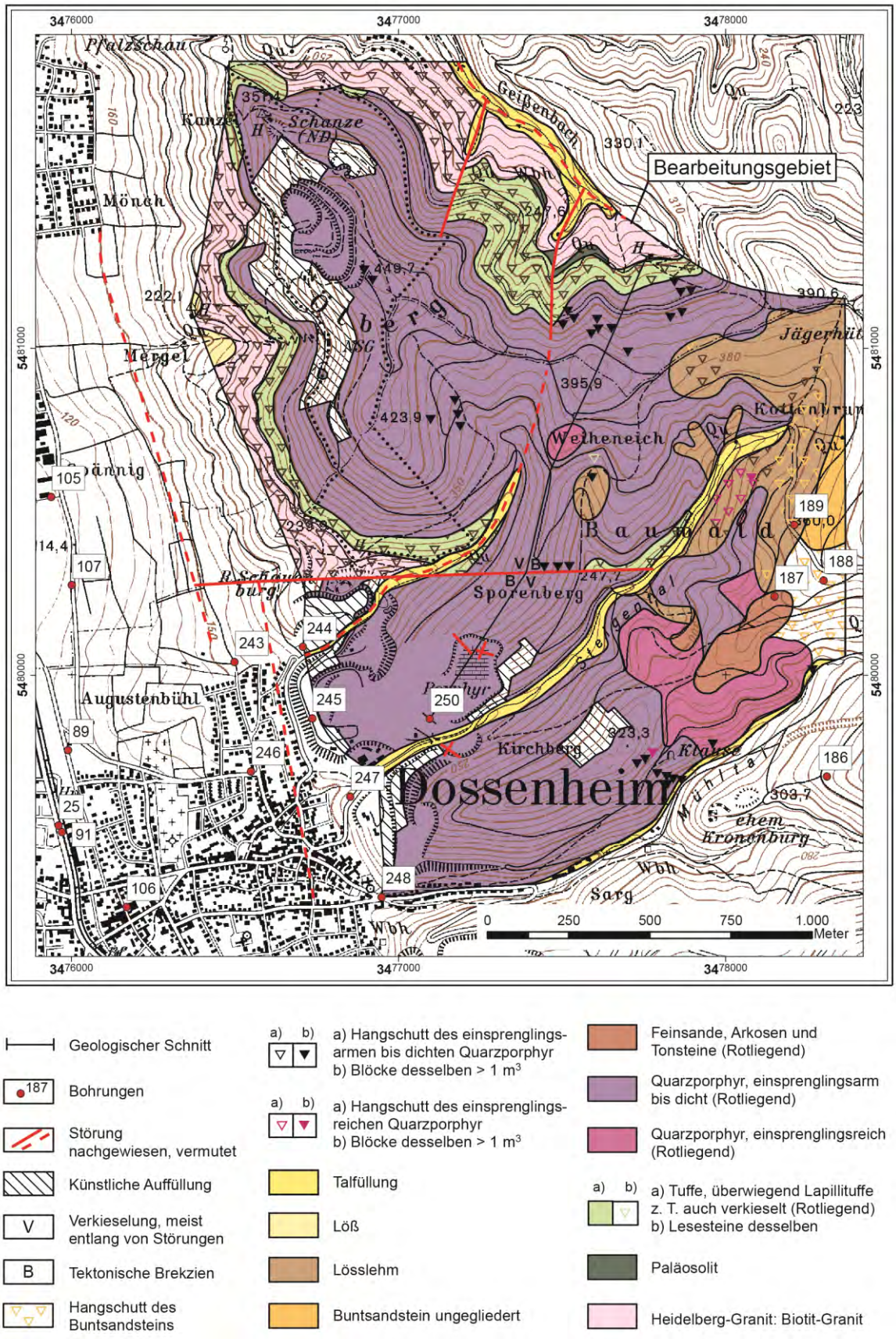


Abb. 152: Geologische Detailkarte der Quarzporphyrvorkommen von Dossenheim und Schriesheim (LGRB 2012).

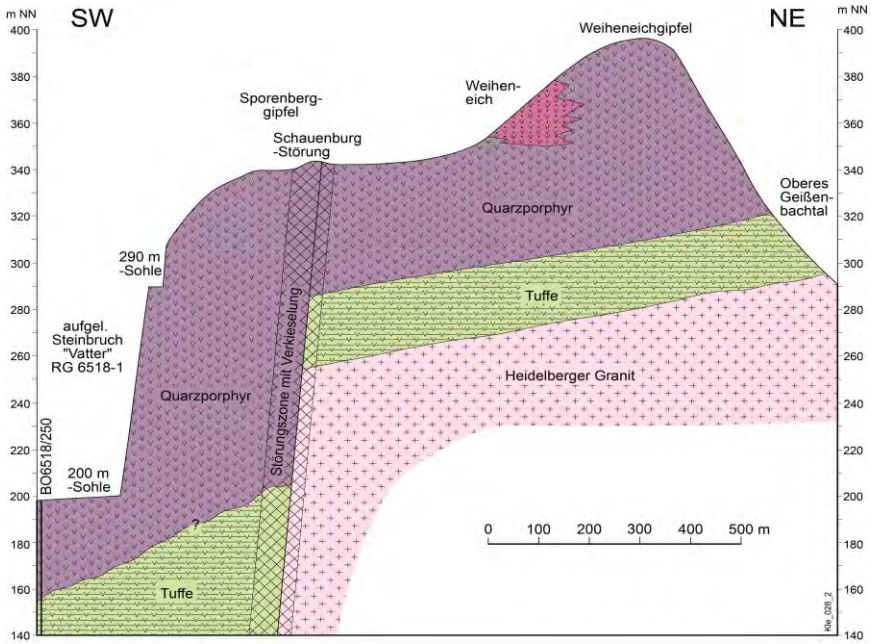


Abb. 153: Geologischer Schnitt durch die Quarzporphyrvorkommen L 6518-14 und L 6518-15 nordöstlich von Dossenheim (LGRB 2012).

Das Gestein zeichnet sich durch eine sehr hohe Zähigkeit, Druckfestigkeit und Frostbeständigkeit aus und wurde daher besonders als hochwertiger und widerstandsfähiger Verkehrswegebaustoff (Straßenbau, Gleisbettschotter) eingesetzt. Eine weitere Verwendung sind Zuschläge für Beton und der Einsatz als Wasserbausteine. Der aus tektonisch beanspruchtem und angewittertem Quarzporphyr erzeugte „Gelbschotter“ wurde aufgrund der günstigen Materialeigenschaften im Forstwegebau und im Gartenwegebau erfolgreich eingesetzt. Der Gelbschotter lässt sich gut verdichten, bindet Wasser und lässt beim Auflassen von Waldwegen eine rasche Wiederbegrünung zu. Bei entsprechender Klüftung wie am Ölberg bei Schriesheim wurden daraus auch Pflastersteine sowie Mauersteine für Sichtmauerwerk angefertigt. Die Quarzporphyrsteinbrüche an der Bergstraße zählten rund 100 Jahre lang bis Ende des 20. Jh. zu den bedeutendsten Baustofflieferanten im Rhein-Neckar-Raum.

Als **Fallbeispiel** für eine rohstoffgeologische Abgrenzung gegenüber wirtschaftlich nicht oder nur sehr gering bedeutsamen Vorkommen von Quarzporphyr werden zwei nördlich von Heidelberg gelegene Vorkommen bei Dossenheim und Schriesheim vorgestellt.

Vorbereitung der Geländeaufnahmen, Ausgangssituation

Für das Untersuchungsgebiet lagen zum Beginn der rohstoffgeologischen Geländeaufnahme an topografischen Grundlagen die Karte TK 25 Blatt Nr. 6518 Heidelberg-Nord und das Digitale Höhenmodell (DGM) von 2009 mit einer Auflösung von 1 Pixel pro Quadratmeter vor. Die klassische Geologische Karte von Baden-Württemberg im Maßstab 1 : 25 000 (GK 25) von diesem Gebiet (THÜRACH 1918, THÜRACH & SCHNARRENBERGER 1908) von Anfang des 20. Jh. wurde ebenso berücksichtigt. Außerdem lag eine Prognostische Rohstoffkarte (PRK) für den Festgesteinsanteil der Region Rhein-Neckar aus den 1990er Jahren vor, welche einen ersten Anhalt über die genutzten und nutzbaren Gesteine der Region gibt. Diese nicht publizierte Prognosekarte beruht ausschließlich auf der übersichtsmäßigen Bewertung der zu dieser Zeit vorhandenen Unterlagen im LGRB. Für das Gebiet existiert ferner die Karte der oberflächennahen Rohstoffe 1 : 200 000 (KOR 200), in welcher grob die nahe bei Gewinnungsorten liegenden wichtigsten Gesteinsvorkommen markiert und im Erläuterungsheft summarisch beschrieben sind (MÜNCHEBERG et al. 2006); sie baut ihrerseits auf der PRK, den geologischen Karten und den Betriebsberichten des LGRB auf.

Eine weitere Grundlage stellte die rohstoffgeologische Beurteilung von geplanten Schutzbedürftigen Bereichen und Sicherungsbereichen für den Rohstoffabbau in der Region Rhein-Neckar, Teilraum Rhein-Neckar-Odenwald (LGRB 2008), dar, in denen im Bereich von bestehenden Abbaubetrieben der Region eine Geländebefahrung, eine Aufnahme der Betriebsdaten sowie die Auswertung der zum damaligen Zeitpunkt vorliegenden Bohrungen erfolgte.

Geländeaufnahme, Kartierarbeiten

Der überwiegend dichte, einsprenglingsarme Quarzporphyr stellt in seiner Fläche und Verbreitung überwiegend ein homogenes Gestein dar. Durch die tektonische Beanspruchung und die dadurch entstandenen Schollen in unterschiedlicher Höhenlage sowie die kleinräumigen Übergänge zu einem einsprenglingsreichen Quarzporphyr im Ostteil des Kartiergebiets war ein erhöhter Kartieraufwand zur Ausweisung der einzelnen Gesteinsvorkommen erforderlich. Weiterhin war die Abgrenzung der Basis des Quarzporphyrs, v. a. am Nord- und Westrand der Vorkommen mit seinem ausgedehnten und mächtigen Hangschutt, aufwendig, da das Liegende aus Tuffen und Heidelberger Granit meist vollständig verhüllt war. Durch die Großaufschlüsse, die weithin sichtbaren Steinbrüche am Ölberg und Sporenberg, und kleinere Aufschlüsse wie Wegeböschungen, war jedoch die laterale Ausdehnung der Decke trotz starker tektonischer Beanspruchung gut abgrenzbar. In Bereichen ohne Aufschlüsse wurde die klassische, aber zeitintensive Lesesteinkartierung mit Materialbewertung durchgeführt. Am oberen Kirchbergrücken, an dem selbst eine Lesesteinkartierung kaum möglich war, konnte auf die Ergebnisse von drei Bohrungen zurückgegriffen werden, und somit der Quarzporphyr gegen die Sedimentgesteine des Oberrotliegenden und des Buntsandsteins gut abgegrenzt werden. Auch die Annahme einer Verkippung des Sporenbergs und des Kirchbergs nach Südwesten beruhen auf der Kombination von Geländebeobachtungen und der Auswertung der Ergebnisse mehrerer Meißelbohrungen am Westrand von Sporenberg und Kirchberg.

Die Geologische Karte von Baden-Württemberg im Maßstab 1 : 25 000 (GK 25) von diesem Gebiet von Anfang des 20. Jh. (Abb. 151) erwies sich bei der Kartierung als gute Grundlage, jedoch war gerade in Bereichen mit mächtiger Hangschuttbedeckung eine Neuaufnahme erforderlich. Nützlich erwiesen sich bei der Geländeaufnahme die aufgeschlossenen Böschungen größerer Forstwege. Weitere Grundlagen bildeten die Arbeiten von PRIER (1963, 1969) zu den Pyroklastika im südwestlichen Odenwald sowie das Gutachten eines Ingenieurbüros zur Hydrogeologie des Steinbruchs Sporenberg. Die neu gewonnenen Ergebnisse flossen neben der Karte der mineralischen Rohstoffe von Baden-Württemberg 1 : 50 000 (KMR 50) (Abb. 154) auch in die Integrierte Geowissenschaftliche Landesaufnahme (GeoLa) des LGRB ein.

Der Geländeaufnahme schlossen sich Untersuchungen an verschiedenen Gesteinsproben an. Die an den Gesteinen durchgeführte Analytik unterstützte die Beschreibung und Abgrenzung der unterschiedlichen Quarzporphyrtypen und ermöglichte damit schließlich die Ausweisung der einzelnen Rohstoffvorkommen.

Betriebserhebungen und geologische Aufnahme von Rohstoffgewinnungsstellen

Zur Ermittlung der industriellen Anforderungen an Material und Lagerstätte ist, wie in Kap. 3.4.3 näher ausgeführt, die Erhebung von Daten zu Abbau, Produktion und Verwendung von Bedeutung, sinnvollerweise von solchen, welche unmittelbar vergleichbare Gesteine nutzen. Derzeit ist von den Quarzporphyr-Steinbrüchen an der Bergstraße nur noch der Steinbruch Weinheim (RG 6418-1) zeitweise in Betrieb. Die Steinbrüche bei Dossenheim und Schriesheim sind alle außer Betrieb. Der letzte in Betrieb befindliche Steinbruch, der Steinbruch Dossenheim (SPORENBERG, RG 6518-1), wurde 2003 stillgelegt.

Bei den Betriebserhebungen, auch bei heute zwischenzeitlich nicht mehr in Abbau stehenden Gewinnungsstellen, wurden neben den betrieblichen Daten auch Informationen hinsichtlich der verschiedenen Einsatzmöglichkeiten des Quarzporphyrs aufgrund seiner unterschiedlichen Eigenschaften gewonnen. Diese aus den praktischen Erfahrungen der Steinbruchbetreiber stammenden Informationen stellen eine wertvolle Ergänzung zu den klassischen lithologisch-petrographischen Merkmalen eines Gesteins dar.

Laborarbeiten

Ziel der Erkundungsarbeiten war neben der Ermittlung der geologischen Verhältnisse (besonders Nutzschicht- und Überlagerungsmächtigkeiten, Gesteinsqualität, Verkarstung, Tektonik) der Erhalt von frischen und für die Abfolge repräsentativen Proben von Quarzporphyr. Dabei wurden in den aufgelassenen Steinbrüchen von den unterschiedlichen Steinbruchsohlen mehrere repräsentative Einzelproben der verschiedenen Quarzporphyrvarietäten entnommen.

Das feingemahlene Gestein wurde der Röntgenfluoreszenzanalyse im LGRB-Labor zugeführt und auf den Gehalt an 42 Elementen untersucht. Außerdem wurde am Quarzporphyr-Hangschutt eine Sieb- und Schlämmanalyse durchgeführt, um zu klären, ob dieser durch gezielte Aufbereitung ebenfalls genutzt werden kann.

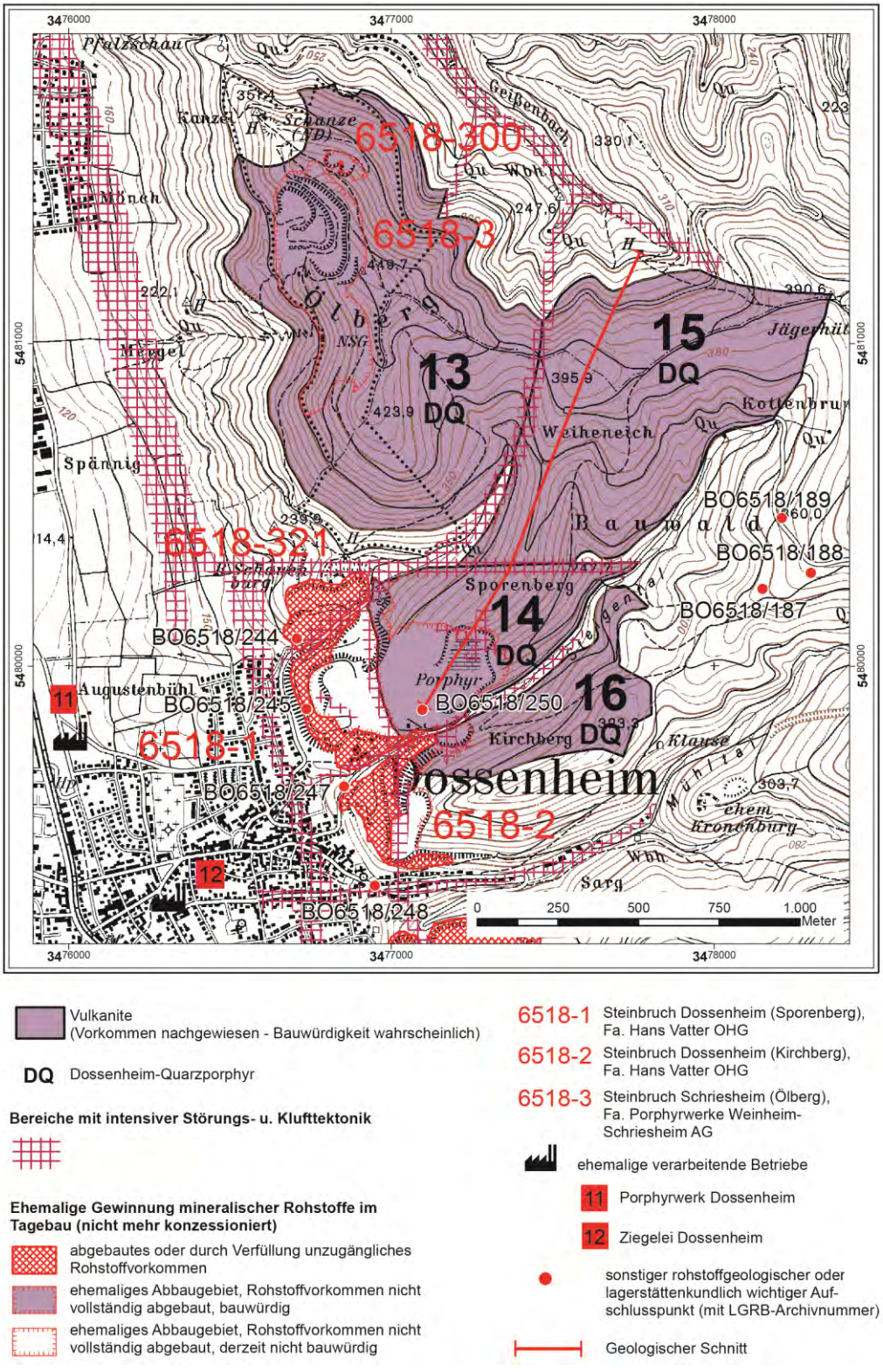


Abb. 154: Ausschnitt aus der Karte der mineralischen Rohstoffe von Baden-Württemberg 1 : 50 000 (KMR 50) Blatt L 6516 Mannheim, L 6518 Heidelberg-Nord und L 6716 Speyer im Bereich der Quarzporphyrvorkommen bei Dossenheim und Schriesheim (LGRB 2012).

Kartier- und Erkundungsergebnisse, Bewertung

Die geochemischen Untersuchungen ergaben, dass der Quarzporphyr überwiegend aus Quarz gefolgt von Kalifeldspat besteht, und dass in Rötungs- und Ruschelzonen erhöhte Arsengehalte auftreten können. Je nach Nutzung sind entsprechende Untersuchungen erforderlich. Die durchgeführte Sieb- und Schlämmanalyse an einer Hangschuttprobe ergab, dass dieser zu 58 % aus Steinen (> 63 mm, darunter Größtkorn: 18 x 15 x 13 cm) besteht. Weiterhin besteht er zu 28 % aus der Kiesfraktion und nur zu 14 % aus der Sandfraktion. Damit ist eine Aufbereitung und Nutzung des Quarzporphyr-Hangschutts zusammen mit dem anstehenden Gestein gut möglich. Die Vorkommen bei Dossenheim und Schriesheim haben aufgrund der bedeutenden Vorräte, der günstigen Materialeigenschaften und der abnehmenden Quarzporphyrreserven im gesamten Odenwald eine hohe wirtschaftliche Bedeutung für die Region Rhein-Neckar. Weiterhin kann beim Quarzporphyr das gesamte gewonnene Material verwendet werden, während die Karbonatgesteine des Unteren und Oberen Muschelkalks im Kraichgau und Bauland einen nicht verwertbaren Anteil von 15 bis 50 % aufweisen.

Die Quarzporphyrvorkommen bei Dossenheim und Schriesheim konnten im Sinne einer Vorerkundung gut abgegrenzt werden. Von besonderer Bedeutung ist dabei der aufgelassene Steinbruch Dossenheim (Sporenberg) (RG 6518-1), der zuletzt bis 2003 in Betrieb war und dort den Quarzporphyr großflächig und in einer Wandhöhe von 130 m erschließt (Vorkommen L 6518-13). Die Fortsetzung dieses Vorkommens im Abschnitt Sporenberggipfel–Weiheneich konnte durch die Kartierung nachgewiesen werden (Vorkommen L 6518-14). Allerdings sind im Abschnitt Sporenberggipfel–Weiheneich wenigstens zwei Kernbohrungen zur Prüfung der genauen nutzbaren Mächtigkeiten erforderlich, da von diesem Bereich weder Bohrungen noch größere, geeignete Aufschlüsse vorliegen (LGRB 2012).

Zwei benachbarte Vorkommen von Quarzporphyr (Permokarbon) an der Bergstraße nördlich von Heidelberg wurden als Fallbeispiel für die rohstoffgeologische Kartierung und Abgrenzung sowie Bewertung von Quarzporphyrvorkommen im tektonisch stark beanspruchten östlichen Randbereich des nördlichen Oberrheingrabens ausgewählt. Diese Vorkommen stellen die wichtigsten Reserven zur Gewinnung von hochwertigen Quarzporphyren neben dem Vorkommen am Ölberg bei Schriesheim und dem Restvorkommen von Quarzporphyr am Wachenberg bei Weinheim dar. Aufgrund der rasch wechselnden Mächtigkeiten und z. T. auch der Gesteinsqualitäten innerhalb der tektonischen Schollen am Westrand des südlichen Odenwalds sowie der zahlreichen Störungszonen war eine zeitaufwändige, detaillierte Kartierung erforderlich, die durch die wenigen vorliegenden Bohrergebnisse aber wesentlich unterstützt wurde.

Eine für die KMR 50 ausreichend gesicherte Abgrenzung von wirtschaftlich interessanten Quarzporphyrvorkommen mit mittlerem bis hohem Lagerstättenpotenzial war so gut möglich. Untersuchung und Bewertung entsprechen dem Verfahrensschritt der rohstoffgeologischen Vorerkundung; im Zuge möglicher Antragsverfahren der Rohstoffindustrie sind weitere und detailliertere Erkundungsarbeiten zur Abgrenzung von innerhalb der Vorkommen zu erwartenden Lagerstätten erforderlich.

Fazit

Aufgrund der Untersuchungsergebnisse des LGRB wurde vom Regionalverband Rhein-Neckar das Quarzporphyrvorkommen am Sporenberg–Weiheneich 2012 als Schutzbedürftiger Bereich für den Abbau oberflächennaher Rohstoffe im Regionalplan ausgewiesen und damit für eine zukünftige Nutzung gesichert. Vor einer möglichen Nutzung ist allerdings zu klären, auf welche Weise und von welcher Seite aus das Vorkommen am Sporenberg am verkehrsgünstigsten erschlossen werden könnte. Eine Erschließung von Westen von der Bergstraße her ist aufgrund der inzwischen dichten Bebauung der Gemeinde Dossenheim und der steilen Täler nur sehr schwer möglich, daher sollte eine mögliche Erschließung von Norden vom Schriesheimer Tal geprüft werden (LGRB 2012).

Literatur zu Kap. 6.9

BÜHLER, M. (1989): Die Rhyolithdecke am Ölberg bei Schriesheim/Bergstraße südlicher Odenwald. – Dipl.-Arbeit Univ. Heidelberg: 129 S., 49 Abb., 9 Tab.; Heidelberg.

LGRB – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (2008): Rohstoffgeologische Beurteilung von geplanten Schutzbedürftigen Bereichen und Sicherungsbereichen für den Rohstoffabbau in der Region Rhein-Neckar, Teilraum Rhein-Neckar-Odenwald – Arbeiten zur Umsetzung des Rohstoffsicherungskonzepts: 254 S., 6 Abb., 5 Tab., 2 Kt.; Freiburg i. Br. – [Bearbeiter: KLEINSCHNITZ, M.]. – [Az. 96-4704//07 6764, unveröff.].

LGRB – Regierungspräsidium Freiburg, LGRB (2012) (Hrsg.): Erläuterungen zu den Blättern L 6516 Mannheim, L 6518 Heidelberg-Nord und L 6716 Speyer mit Anteilen von L 6316 Worms und L 6318 Erbach – Karte der mineralischen Rohstoffe (KMR) von Baden-Württemberg 1 : 50 000: 167 S., 32 Abb., 7 Tab., 1 Karte (1 : 50 000), 1 CD-ROM; Freiburg i. Br. – [KMR 50]. – [Bearbeiter: KLEINSCHNITZ, M. mit Beiträgen von WERNER, W.].

MÜNCHEBERG, C., BOCK, H., FINGER, P., LIEDMANN, W. & WERNER, W. (2006) unter Mitarbeit von KIMMIG, B.: Erläuterungen zu Blatt CC 7718 Stuttgart-Nord. – In: BGR (Hrsg.): Karte der oberflächennahen Rohstoffe der Bundesrepublik Deutschland 1 : 200 000 (KOR 200). – 77 S., 1 Tab.,1 Kt.; Hannover.

PRIER, H. (1963): Das pyroklastische Rotliegende im südlichen Odenwald. – Jh. geol. Landesamt Baden-Württ., **6**: 301–335, Abb. 35–38, 3 Taf.; Freiburg i. Br.

PRIER, H. (1969): Das pyroklastische und sedimentäre Rotliegende im Bereich der Bergstraße des südlichen Odenwaldes. – Jh. geol. Landesamt Baden-Württ., 11: 279–298, 2 Abb., 3 Taf.; Freiburg i. Br.

THÜRACH, H. & SCHNARRENBERGER, K. (1908) auf der Grundlage der Erstbearb. von ANDREAE, A., OSANN, A.: Blatt Nr. 23 Heidelberg. – Geol. Spez.-Kt. 1 : 25 000 Großherzogtum Baden, 2. Aufl.; Heidelberg – [Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 6518 Heidelberg].

THÜRACH, H. (1918) auf der Grundlage der Erstbearb. von ANDREAE, A., OSANN, A.: Erläuterungen zu Blatt Heidelberg. – Geol. Spez.-Kt. Großherzogtum Baden, 3. Aufl.; 149 S., 19 Abb.; Heidelberg. – [3. Aufl. = unveränderter Nachdruck als Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 6518 Heidelberg-Nord, Stuttgart 1984].

6.10 Trasszementrohstoff – Fallbeispiel Suevitvorkommen im südwestlichen Ries

[JENS WITTENBRINK]

Übersicht, Vorbemerkungen

Generelle geologische Situation: Der Trasszementrohstoff Suevit ist ein einzigartiger Rohstoff in Baden-Württemberg – in Deutschland sonst nur noch in Bayern zu finden. Die Suevite sind gebunden an die Impaktstruktur des Nördlinger Rieses, weshalb sie auch als Ries-Suevite bezeichnet werden.

Das Nördlinger Ries am Übergang von der Schwäbischen zur Fränkischen Alb entstand vor 14,7 Mio. Jahren durch einen Meteoriteneinschlag (GENTNER & WAGNER 1969, BUCHNER & SCHMIEDER 2009, BUCHNER et al. 2013). Der Meteorit durchschlug die gesamte mesozoische Schichtenfolge und drang noch in das kristalline Grundgebirge ein. Hierbei wurden insgesamt 125–200 km^3 Gestein aus seinem Verband gelöst und herausgeschleudert (Auswürflinge, Trümmermassen, Rutschmassen, HÜTTNER & SCHMIDT-KALER 1999). Es entstand eine Kraterstruktur mit ca. 25 km Durchmesser. Während des Einschlags kam es zum Verdampfen des Porenwassers in den mesozoischen Ton- und Sandsteinschichten, die unterhalb des Oberjuras in großer Mächtigkeit auftreten. Es bildete sich eine „Eruptionssäule“ (BAIER 2012) aus, in welcher Gesteinsfragmente mit partiell bis vollständig geschmolzenem Material intensiv vermischt wurden (Abb. 155). Beim Rückfall der Gesteinstrümmer aus der kollabierenden Eruptionssäule lagerten sich flächenhaft die Ries-Suevite ab. Aus dem geschmolzenen Material entstanden die Gesteins- und Suevitgläser.

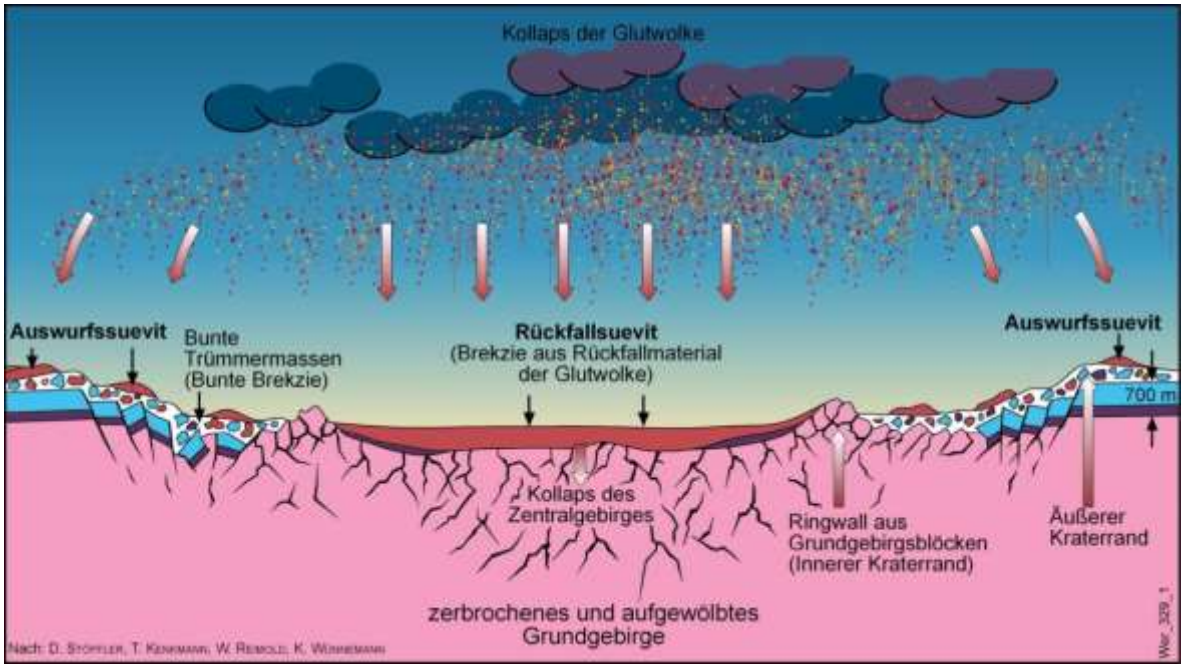


Abb. 155: Modell zur Entstehung der Ries-Suevite nach dem Kollaps der durch den Einschlag entstandenen Glutwolke (nach Erläuterungstafel von D. STÖFFLER et al. am Geopark-Wanderweg, Station bei den Ofnethöhlen am Riegelberg, verändert (aus: WERNER et al. 2013).

Die Ries-Suevite sind meist verfestigte bis zähe, tuffartige, grünlich graue bis gelblich graue Gesteine (Abb. 156). Die feinkörnige Grundmasse besteht aus einem Mikrokataklasit der mesozoischen Sedimentgesteine der Schwäbisch-Fränkischen Alb sowie Gesteinsglaspartikeln, Mineralfragmenten und dem Tonmineral Montmorillonit. In die Matrix sind Gesteinsbruchstücke unterschiedlicher Größe (cm bis m) eingebettet, die sich meist aus Grundgebirgsgesteinen wie Gneisen, Graniten, Dioriten und Amphiboliten aber auch aus Karbonatgesteinen der Alb zusammensetzen (HÜTTNER & SCHMIDT-KALER 1999, Abb. 157). Charakteristisch für die Ries-Suevite sind die schwarzen bis grauen Gesteinsgläser. Sie liegen als fetzenartige bis wulstige „Flädle“ vor (Abb. 157).

Abb. 156: Kompakter Ries-Suevit im Steinbruch Aumühle bei Oettingen in Bayern; Höhe der Abbauwand ca. 10 m.

Abb. 157: Ries-Suevit aus dem Steinbruch Seelbronn (Bayern). Schwarze Gesteinsgläser („Flädle") und helle Kristallinbruchstücke schwimmen in einer grünlich grauen, festen Grundmasse.

Die Ries-Suevite lassen sich anhand des Ablagerungsorts in Rückfall- und Auswurfsuevite unterscheiden (Abb. 155). Rückfallsuevite wurden im zentralen Kraterbereich abgelagert und sind heute von 314 m mächtigen Seesedimenten überlagert (FÜCHTBAUER et al. 1977). Im Gegensatz dazu befinden sich die Auswurfsuevite außerhalb des Kraters bzw. am Kraterrand. Durch die Erosion liegen die einst flächenhaft verbreiteten Gesteine heute nur noch in einzelnen, unregelmäßig geformten Vorkommen mit 10 m bis mehreren 100 m Ausdehnung vor. Diese Erosionsreste bilden heute die wirtschaftlich interessanten Vorkommen des Trasszementrohstoffs Suevit (Abb. 158). Die Festigkeit der ungeschichteten Ries-Suevite ist sehr variabel. Es treten Partien aus mäßig festen bis kompakten Gesteinen aber auch solche aus Lockermaterial auf.

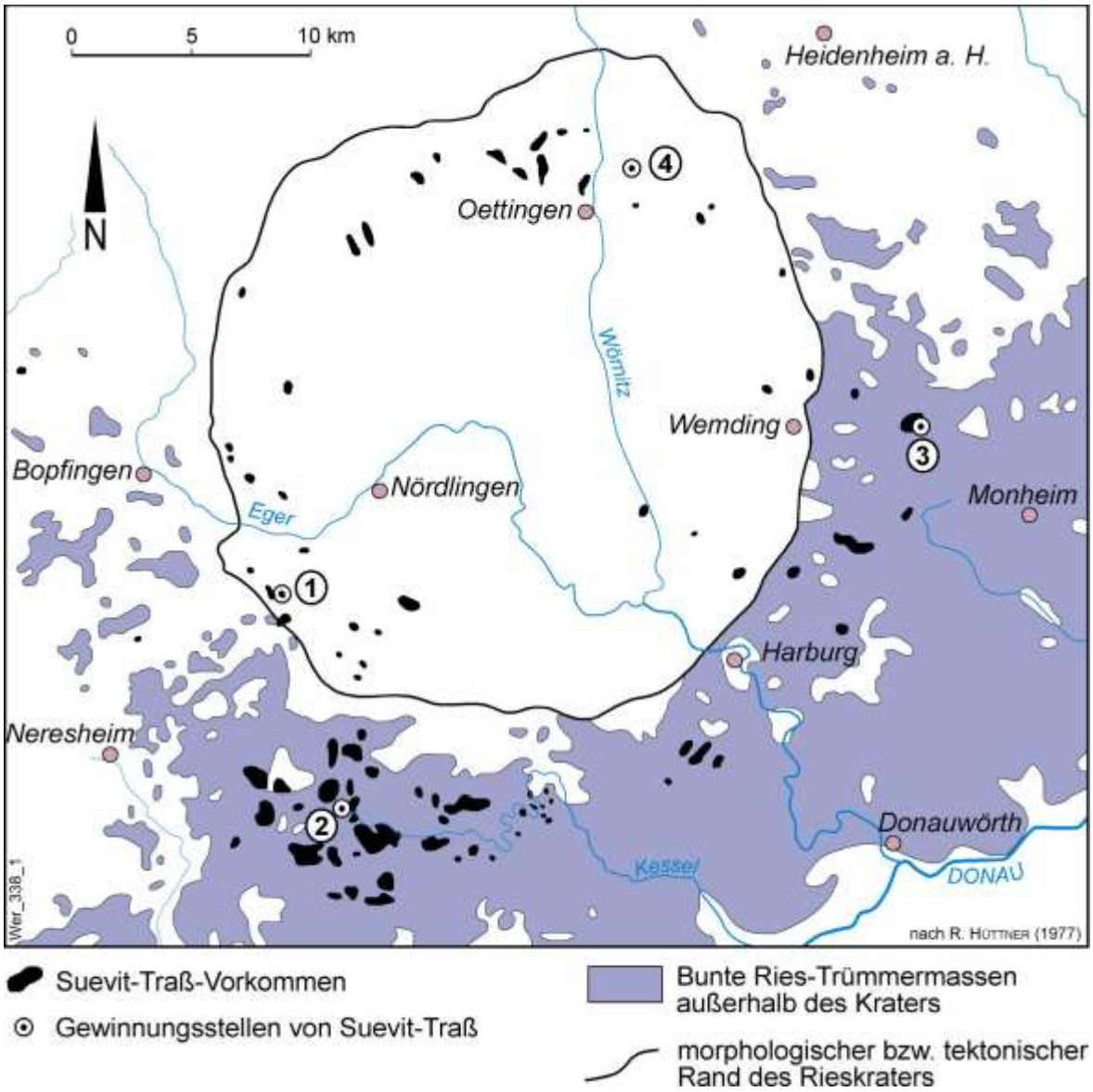


Abb.158: Ries-Suevitvorkommen (schwarze Flächen) in und um das Nördlinger Ries. Die wichtigsten baden-württembergischen Vorkommen befinden sich im Raum Eglingen–Hofen–Dunstelkingen.

Rohstoffwirtschaftliche Relevanz: Aufgrund ihrer puzzolanischen Eigenschaften, bedingt durch das reaktive Siliziumoxid der Gesteinsgläser, werden die Ries-Suevite als Trassrohstoffe eingestuft. Das gemahlene Gestein geht mit Kalk wasserbeständige Zementverbindungen ein. Bei langsamem und gleichmäßigem Abbinden des Trasszements erreicht der Beton höhere Elastizität, geringere Rissanfälligkeit und Wasserdurchlässigkeit sowie eine höhere Stabilität gegenüber Säuren und Umweltschadstoffen (LIEBL & HEUSCHKEL 2009, WERNER et al. 2013). Zurzeit werden auf bayerischem Staatsgebiet Ries-Suevite in den Steinbrüchen Oettingen (Aumühle) und Aufhausen gewonnen. In Baden-Württemberg ist keine Gewinnungsstelle in Betrieb. Aus den Ries-Sueviten werden Trasszemente, -mörtel und –putze für die Bauindustrie hergestellt.

Neben der heutigen Nutzung als Zementzuschlagstoff wurden die Ries-Suevite als Naturwerksteine verwendet, wie zahlreiche Bauwerke um das Nördlinger Ries und in der weiteren Umgebung zeigen. Ein schönes Beispiel hierfür ist die von 1427–1505 errichtete Kirche St. Georg mit dem Kirchturm „Daniel“ im Nördlinger Stadtzentrum (Abb. 159). Für den Bau des Eisenbahn-Bundesamtes in München sowie des ehemaligen Reichsbankgebäudes in Esslingen wurden die gut zu bearbeitenden Gesteine auch über weite Strecken transportiert. Zudem ist der Ries-Suevit auch als Ornamentstein verwendbar. In der ev. Kirche in Stuttgart-Gaisburg sind der Altar, die Kanzel und der Taufstein aus diesem Gestein gefertigt worden (PAA 2009, WERNER et al. 2013).

Abb. 159: St. Georg mit Kirchturm „Daniel“ in Nördlingen und Detailbild aus dem Mauerwerk. Deutlich zu erkennen sind die schwarzen „Flädle“ des Ries-Suevits.

Vorbereitungen für die Geländeaufnahme

Als Fallbeispiel für die Abgrenzung von rohstoffgeologisch interessanten Vorkommen wurde das Gebiet um Hofen–Eglingen–Osterhofen ausgewählt, da sich hier die Hauptverbreitung der Ries-Suevite auf baden-württembergischem Gebiet befindet.

Für die Geländearbeiten standen die Geologische Karte von Baden-Württemberg 1 : 25 000 Blatt 7228 Neresheim-Ost (REICHERTER & HÜTTNER 2001) zur Verfügung. Weitere geologische Grundlagen waren die geologischen Flächen- und Liniendaten der geologischen Karte 1 : 50 000 der integrierten geowissenschaftlichen Landesaufnahme (GeoLa, RPF/LGRB 2015, Abb. 160). Neben den geologischen Karten wurden zur Vorbereitung und zur Geländebegehnung die Topographische Karte TK 25 Blatt 7228 Neresheim-Ost sowie das digitale Geländemodell (DGM) mit einer Auflösung von einem Quadratmeter pro Pixel von 2009 verwendet (Abb. 161).

Aus rohstoffgeologischer Sicht lagen vor dem Beginn der Kartierarbeiten die Prognostische Rohstoffkarte des LGRB sowie die Karte der oberflächennahen Rohstoffe der Bundesrepublik Deutschland 1 : 200 000 (KOR 200) vor.

Die Prognostische Rohstoffkarte des LGRB für die Region Ostwürttemberg (Abb. 162) wurde Mitte der 1990er Jahre vom Büro für Geotechnik Dr. Rudolf Eble, Bad Wurzach-Arnach erstellt. Dieses für den amtsinternen Gebrauch bestimmte Kartenwerk gibt grobe Anhaltspunkte über die Lage von rohstoffgeologisch bedeutsamen Flächen. Zur Erstellung der Prognostischen Rohstoffkarte wurden die vorliegenden Geologischen Karten (GK 25) bzw. Manuskriptkarten für das Gebiet des Ostalbkreises sowie des nördlichen Teils des Landkreises Heidenheim ausgewertet. Nachfolgend fand eine Überprüfung der abgegrenzten Flächen im Gelände durch Mitarbeiter des ausführenden Büros statt.

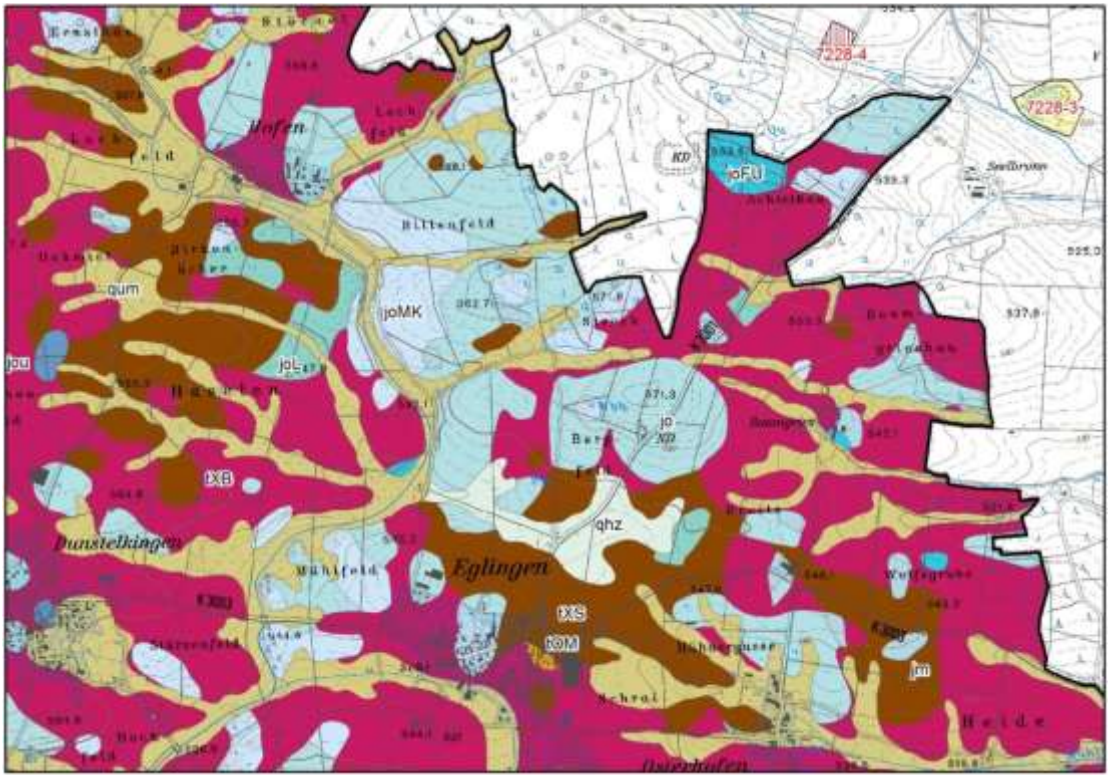


Abb. 160: Ausschnitt aus der geologischen Karte der integrierten geologischen Landesaufnahme (GeoLa) für das Gebiet Hofen–Eglingen–Osterhofen mit den auf Bayerischem Staatsgebiet liegenden Ries-Suevit Steinbrüchen Seelbronn (RG 7228-3) und Aufhausen (RG 7228-4); „tXS“ = Suevit.

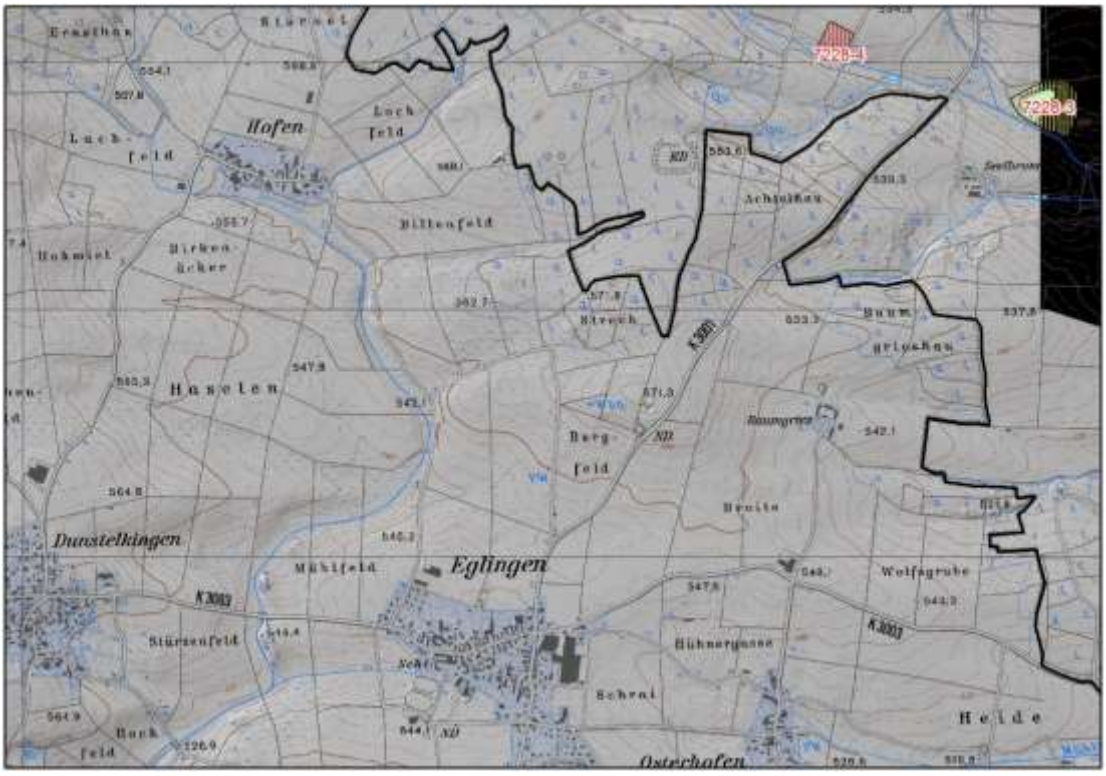


Abb. 161: Digitales Geländemodell (DGM) im Bereich der Ries-Suevitvorkommen bei Eglingen. Die Ries-Suevite treten durch ihren geringen Erosionswiderstand in der Landschaft nicht morphologisch in Erscheinung.

In den Jahren 1996 und 2010 wurden die Blätter CC 7926 Augsburg und CC 7126 Nürnberg der Karte der oberflächennahen Rohstoffe der Bundesrepublik Deutschland im Maßstab 1 : 200 000 herausgegeben (KOR 200, EBEL et al. 1996, MÜNCHEBERG et al. 2010). Diese Blätter bauen auf der o. g. Prognostischen Rohstoffkarte sowie Daten des Rohstoffarchivs des LGRB auf. Die Karten geben einen groben Überblick sowie in den Erläuterungen eine kurze textliche Charakterisierung der Rohstoffvorkommen des Blattgebietes (Abb. 163). Nach den Kriterien zur Erstellung der KOR 200 sind die Vorkommen der Ries-Suevite geologisch kartiert und die Bauwürdigkeit lässt sich durch Analogieschlüsse vermuten. Es sind jedoch eingehende Untersuchungen vor einem Abbau notwendig. Daher dient die Darstellung in der KOR 200 in erster Linie als Hinweis auf mögliche Erkundungsziele (MÜNCHEBERG et al. 2010).

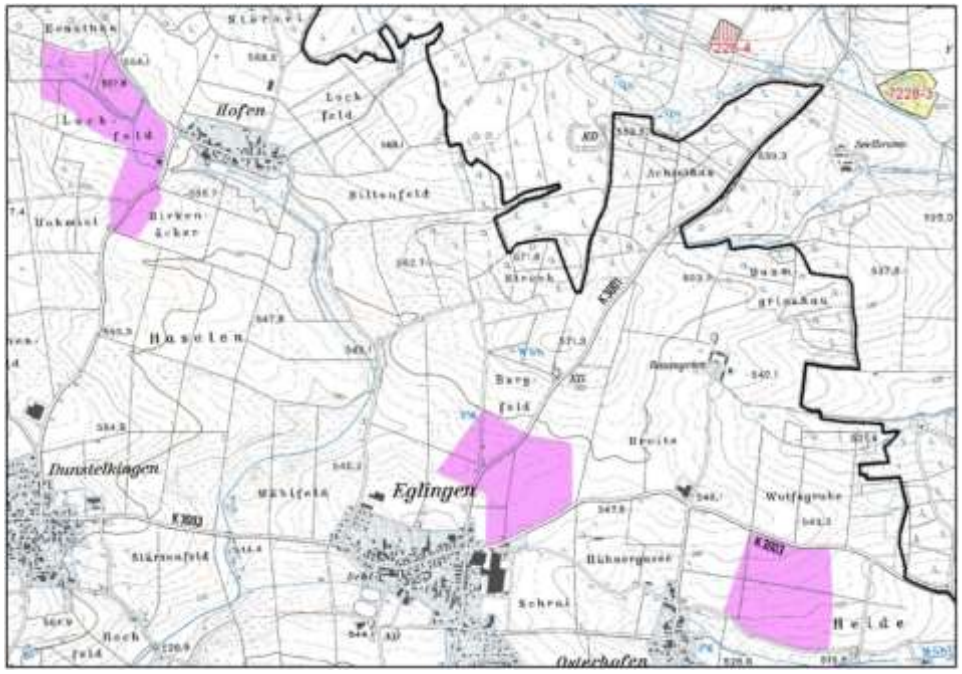


Abb. 162: Ausschnitt aus der Prognostischen Rohstoffkarte des LGRB (Mitte der 1990er Jahre) mit den aus der Geologischen Karte abgegrenzten Ries-Suevit-Vorkommen.

Weitere für die Rohstoffkartierung genutzte Informationsquellen sind das Archiv der Rohstoffgewinnungsstellen (LGRB-Rohstoffgewinnungsstellen-Datenbank, RGDB) sowie die LGRB-Aufschlussdatenbank (ADB). Die RGDB beinhaltet wesentliche Daten zu allen betriebenen und stillgelegten Rohstoffgewinnungsstellen in Baden-Württemberg. Datenaktualisierungen erfolgen im Zuge von Kartierarbeiten und Steinbruchaufnahmen.

Neben den Daten, welche Informationen zur Zusammensetzung der Oberfläche liefern, werden für die Abgrenzungen von Rohstoffvorkommen auch Bohrungen verwendet, die einen tieferen Einblick in den Untergrund gewähren. In der Aufschlussdatenbank (ADB) bzw. im Bohrarchiv des LGRB sind alle Aufschlüsse wie Bohrungen, Schürfe, Probenahmepunkte, Profilaufnahmen in Steinbrüchen usw. mit zugehörigen Schichtverzeichnissen abgelegt. Diese Daten stehen als Punkt-Themen in ArcGIS zur Verfügung bzw. die digitalen Schichtenverzeichnisse werden mittels GeODin bearbeitet und ausgegeben. Im Bereich der baden-württembergischen Suevitvorkommen stehen zurzeit 82 Datensätze in der ADB zur Verfügung.

In Abb. 164 sind die Bohrungen in der Region des Fallbeispiels dargestellt. In den vergangenen Jahrzehnten fanden verschiedene Erkundungsprogramme der Industrie im Bereich Eglingen statt, die zwar dem LGRB zur Auswertung vorliegen, aber aus Gründen des Vertrauensschutzes nicht veröffentlicht werden dürfen. Da nicht in allen kartierten Ries-Suevitvorkommen Erkundungsarbeiten stattgefunden haben und somit nur wenige Informationen zur Mächtigkeit und Zusammensetzung der Gesteine vorlagen, wurden im Winter 2012 sechs Kernbohrungen abgeteuft. Die Ergebnisse dieser Bohrungen wurden für die Erstellung der Karte der mineralischen Rohstoffe von Baden-Württemberg 1 : 50 000 Blatt L 7326/L 7328 Heidenheim a. d. Brenz/Höchstädt a. d. Donau sowie für die Fortschreibung des Teilregionalplans Rohstoffe der Region Ostwürttemberg verwendet.

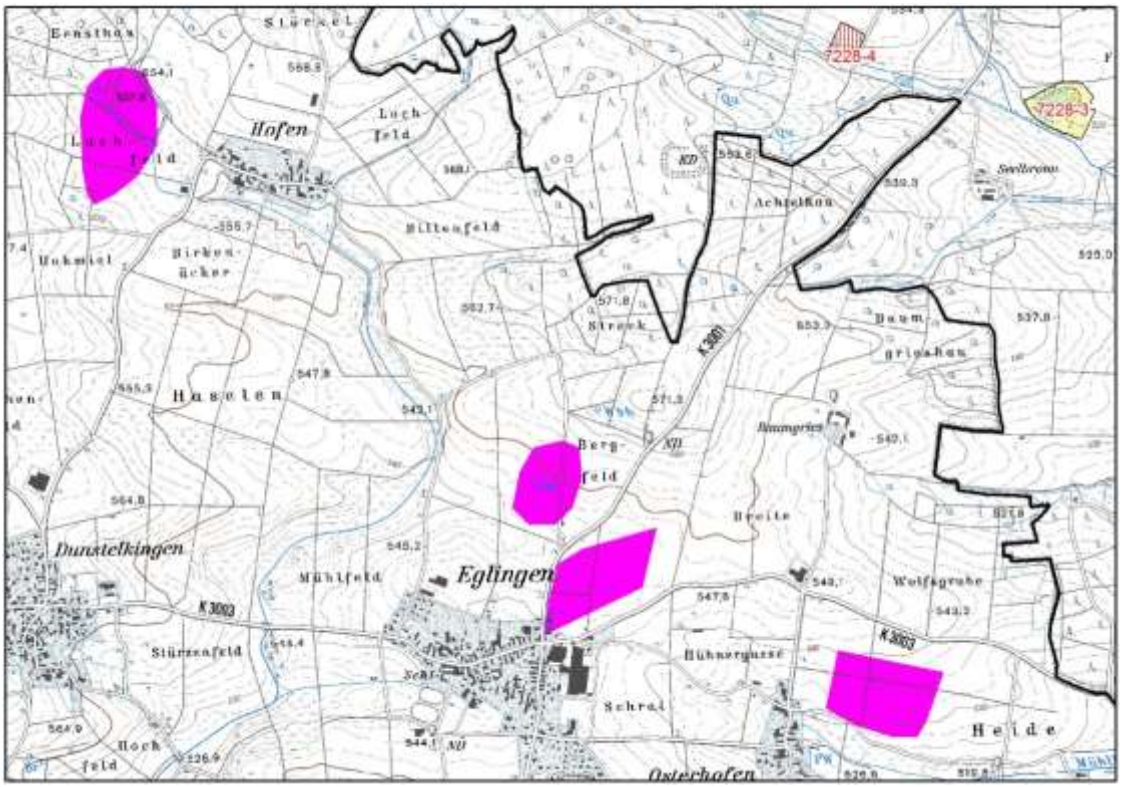


Abb. 163: Karte der oberflächennahen Rohstoffe der Bundesrepublik Deutschland (KOR 200) mit den dargestellten Ries-Suevitvorkommen in Baden-Württemberg.

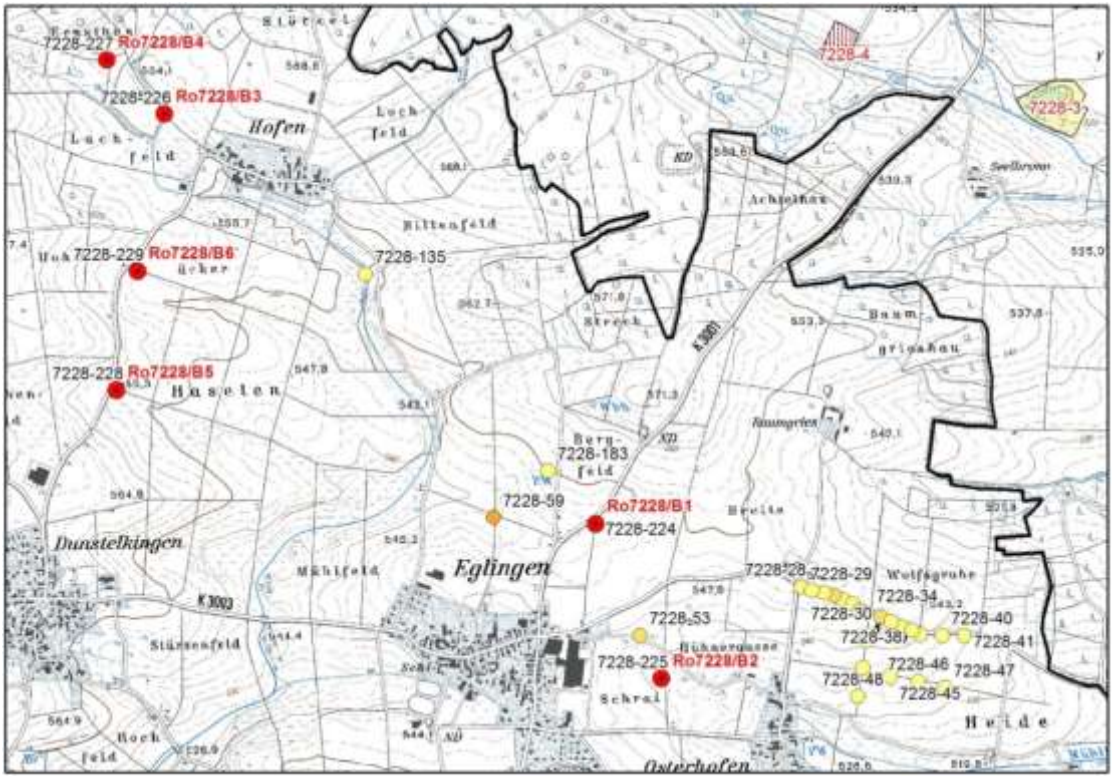


Abb. 164: Bohrinformationen in der Umgebung von Eglingen. Dargestellt sind in rot die LGRB-Erkundungsbohrungen von 2012 und in gelben bis orangenen Farbtönen die älteren Bohrungen. Nicht verzeichnet sind die als vertraulich eingestuften Erkundungsbohrungen der Industrie.

Geländearbeiten

Zur Abgrenzung von rohstoffwirtschaftlich interessanten Vorkommen wurde im Raum Hofen–Eglingen–Osterhofen zuerst eine Lesesteinkartierung durchgeführt. Aufgrund der z. T. starken Verwitterung der Ries-Suevite wurden aber nur in wenigen Fällen auf frisch gepflügten Äckern eindeutig identifizierbare Ries-Suevitbruchstücke gefunden. Zudem ließen sich weder im DGM noch bei der Begehung aufgelassene Steinbrüche identifizieren. Die einzige zur Kartierung des Ries-Suevite geeignete Methode ist eine systematische Beprobung mit dem Bohrstock. Es konnte auf die Bohrstockkartierung von HÜTTNER (1958) zurückgegriffen werden.

R. HÜTTNER kartierte von 1954 bis 1956 ein ca. 107 km^2 großes Gebiet auf den Blättern Neresheim und Wittislingen. Die Kartierergebnisse wurden 1958 als Dissertation eingereicht (HÜTTNER 1958). Da sich eine konventionelle Lesesteinkartierung aufgrund der Lehmüberdeckung und der wenigen Aufschlüsse schon damals als schwierig erwies, wurde das Verbreitungsgebiet der Bunten Brekzie und der Suevite systematisch mit einem 1 m Erdbohrer erkundet (HÜTTNER 1958). Weiterhin standen zur damaligen Zeit künstliche Aufschlüsse wie Schürfgräben für Wasserleitungen und Kanalisation für die Aufnahme zur Verfügung. Diese Kartierung bildet bis heute die geologische Grundlage für die geologische Karte des Rieses (GALL et al. 1977, HÜTTNER & SCHMIDT-KALER 1999) sowie die geologischen Kartenwerke des LGRB (Abb. 165 und 166). Somit wurden die von HÜTTNER (1958) kartierten Flächen auch Abgrenzungsgrundlage der Rohstoffvorkommen in der Karte der mineralischen Rohstoffe von Baden-Württemberg 1 : 50 000 Blatt L 7326 Heidenheim a. d. Brenz / Höchstädt a. d. Donau.

Abb. 165: Ausschnitt aus der geologischen Karte von HÜTTNER (1958) zur Verteilung der Bunten Brekzie (braun) und der Ries-Suevite (dunkelbraun) im südwestlichen Vorries.

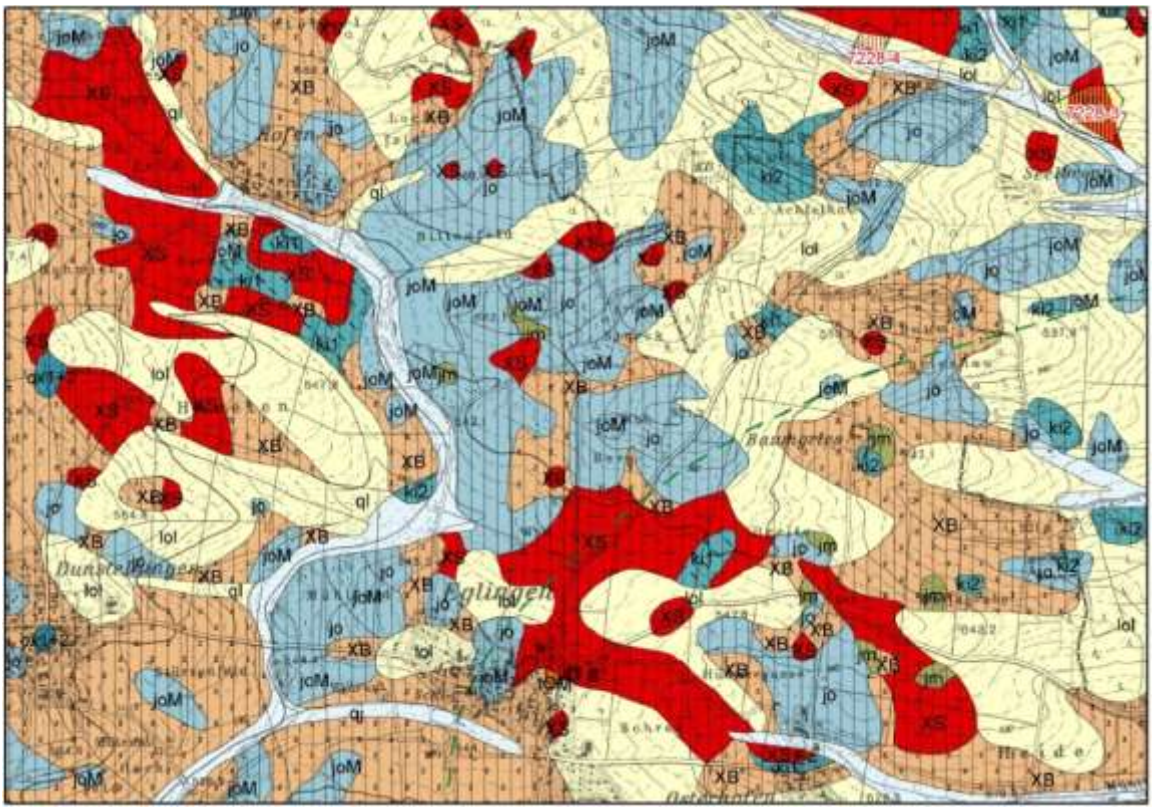


Abb. 166: Ausschnitt aus der Geologische Karte des LGRB Blatt 7228 Neresheim (REICHERTER & MÜNZING 2001) mit den Ries-Suevit Flächen (rot). Ein Vergleich mit Abb. 165 zeigt nur geringfügige Änderungen zur Kartierung von HÜTTNER (1958).

Da zurzeit in Baden-Württemberg kein Suevitsteinbruch in Betrieb ist, wurde der Steinbruch Seelbronn auf bayerischem Staatsgebiet befahren, um das Gestein im unverwitterten Zustand in Augenschein nehmen zu können und einen Eindruck über die Lagerungsverhältnisse zu gewinnen. Die Ries-Suevite liegen dort sowohl in aufgewittertem als auch in festem Zustand vor. Sie zeigen keine Schichtung, und im Steinbruch können keine Rückschlüsse auf die Lagerungsverhältnisse gezogen werden. Die Ries-Suevite erreichen dort 6 m durchschnittliche nutzbare Mächtigkeit.

Erkundungsarbeiten

Im Rahmen der Erstellung der o. g. KMR sowie für die Fortschreibung des Teilregionalplans Rohstoffe der Region Ostwürttemberg sollte die Eignung der Ries-Suevite als Trasszementrohstoff geprüft werden. Da die Oberflächenkartierung aber nicht die gewünschten Ergebnisse erzielt hat, wurde ein Bohrprogramm zur Erkundung aufgelegt.

Die Festlegung der Bohrpunkte erfolgte an Hand der geologischen Karte sowie Informationen aus der Aufschlussdatenbank (ADB). Von den insgesamt 58 kartierten Ries-Suevitflächen auf den geologischen Kartenblättern 7128 Nördlingen und 7228 Neresheim-Ost (REICHERTER & MÜNZING 2001 und REICHERTER & HÜTTNER 2001) wurden fünf potenzielle Vorkommen im Raum Hofen–Eglingen–Osterhofen ausgewählt. Dort liegen nach der detaillierten Lesestein- und Bohrstockkartierung von HÜTTNER (1958) die flächenmäßig größten Ries-Suevitvorkommen. Zudem fanden in diesen Bereichen bisher keine Erkundungsarbeiten der Industrie statt. Die Lage der LGRB-Rohstofferkundungsbohrungen ist in der Abb. 164 dargestellt (s. auch Tab. 11). Ziel des Erkundungsprogramms war die Bestimmung von Mächtigkeit, Abraummächtigkeit und chemischer Zusammensetzung der Ries-Suevite.

Nachdem die organisatorischen Vorbereitungen (Ausschreibung der Bohrarbeiten, Genehmigung durch das Landratsamt Heidenheim, Ermittlung der genauen Lage von Versorgungsleitungen, Gestattungsvereinbarungen mit Grundeigentümern usw.) abgeschlossen waren, fand das Bohrprogramm im Zeitraum vom Mitte November bis Anfang Dezember 2012 statt.

Tab. 11: Zur rohstoffgeologischen Erkundung der Ries-Suevite durchgeführte Kernbohrungen im südwestlichen Vorries; n. M. = angetroffene nutzbare Mächtigkeit der Ries-Suevite.

Lfd. Nr.	Bezeichnung (und Archiv-Nr.)	Endteufe	Rechts- und Hochwert, Ansatzhöhe	Erkundungsziel	n. M.	Abraum
1	Ro7228/B1 (BO7228/224)	20,00 m	R 36 06 303 H 53 99 142 556 m NN	Nutzbare Mächtigkeit und Zusammensetzung der Ries-Suevite	2,80 m	4,00 m
2	Ro7228/B2 (BO7228/225)	14,50 m	R 36 06 568 H 53 98 520 544 m NN	Nutzbare Mächtigkeit und Zusammensetzung der Ries-Suevite	8,80m	1,70 m
3	Ro7228/B3 (BO7228/226)	22,00 m	R 36 04 567 H 54 00 793 555 m NN	Nutzbare Mächtigkeit und Zusammensetzung der Ries-Suevite	19,45 m	1,00 m
4	Ro7228/B4 (BO7228/227)	11,50 m	R 36 04 336 H 54 01 011 559 m NN	Nutzbare Mächtigkeit und Zusammensetzung der Ries-Suevite	1,10m	2,50 m
5	Ro7228/B5 (BO7228/228)	20,00 m	R 36 04 375 H 53 99 681 558 m NN	Nutzbare Mächtigkeit und Zusammensetzung der Ries-Suevite	5,25 m	2,55 m
6	Ro7228/B6 (BO7228/229)	20,00 m	R 36 04 459 H 54 00 161 556 m NN	Nutzbare Mächtigkeit und Zusammensetzung der Ries-Suevite	1,8 m	1,50 m

In allen Bohrungen wurde Ries-Suevit erbohrt. Die Gesteine weisen jedoch sehr stark schwankende Mächtigkeiten auf (s. Tab. 11). Für eine industrielle Nutzung der Ries-Suevite ist eine Mindestmächtigkeit von 5 m notwendig. Dieses Kriterium wird nur in drei Bohrungen erfüllt.

Wie die Ergebnisse des LGRB-Bohrprogramms zeigen, ist die nutzbare Mächtigkeit des Ries-Suevits starken Schwankungen unterworfen (s. Tab. 11). Dies wird auch im geologischen Schnitt nordöstlich von Osterhofen deutlich (Abb. 167). Entlang der Straße von Eglingen nach Amerdingen wurden 15 Bohrungen für hydrogeologische Untersuchungen abgeteuft. Die Auswertung der Schichtenverzeichnisse ergab ein ausgeprägtes Relief, welches durch Materialauswurf beim Einschlag des Meteoriten entstanden ist. Nachfolgend haben sich die Ries-Suevite aus der „Eruptionssäule“ abgelagert. Durch die Erosion wurden große Teil der Ries-Suevite abgetragen, so dass sie heute als unterschiedlich mächtige Erosionsreste vorliegen. Für die Erkundung von Lagerstätten im Ries-Suevit sind somit weitere Bohrprogramme notwendig, in dem die Bohransatzpunkte in einem Raster angeordnet sind und ein Gebiet flächendeckend abgebohrt wird.

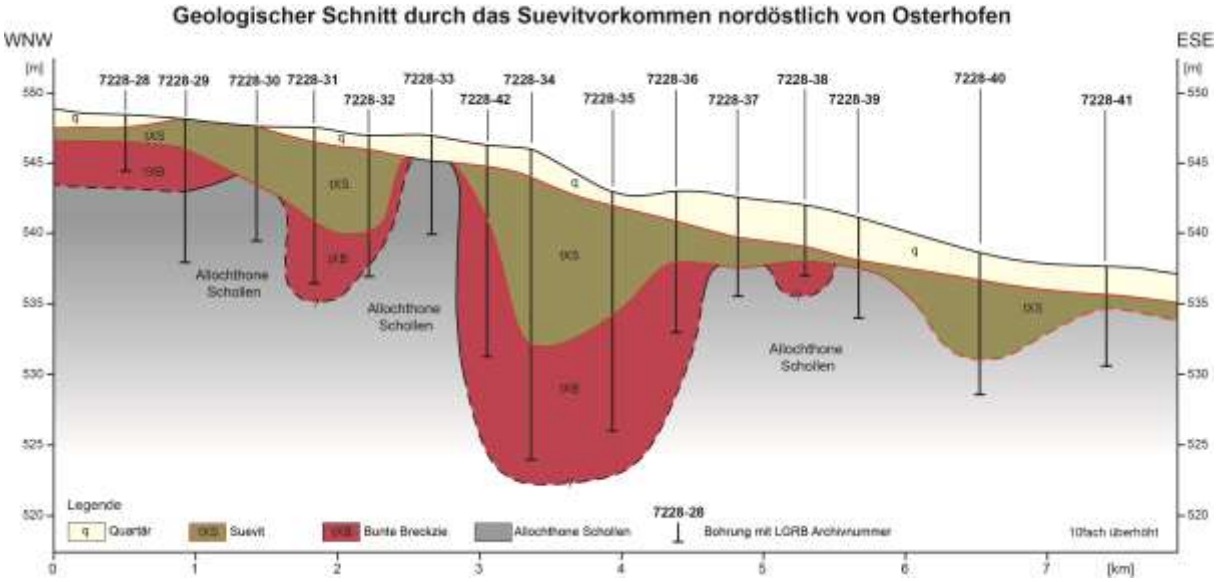


Abb. 167: Der geologische Schnitt durch das Ries-Suevitvorkommen L 7326/L 7328-33 nordöstlich von Osterhofen (WITTENBRINK 2015) weist auf kurzen Distanzen starke Mächtigkeitsschwankungen der Ries-Suevite und der Bunten Brekzie auf, was zu einem erhöhten Erkundungsaufwand einer Ries-Suevit Lagerstätte führt.

Labor- und Materialuntersuchungen

Aus dem Kernmaterial der LGRB-Rohstofferkundungsbohrungen wurden 44 Gesteinsproben entnommen und für die chemische Analyse aufbereitet. Mittels Röntgenfluoreszenzanalyse fand eine qualitative und quantitative Bestimmung der Gesteinszusammensetzung statt. Der Glühverlust und Gesamtkarbonatanteil wurde gesondert bestimmt. Nachfolgend wurden die Analyseergebnisse mit den Kennwerten der DIN 51043 zur Prüfung der Puzzolanität verglichen. Für eine Verwendung als Puzzolanzement sind folgende Kriterien einzuhalten: SiO_2 > 50 bis 70 Gew.-%, Al_2O_3 > 10 bis 25 Gew.-%, CaO + MgO bis 5 Gew.-% und $Na_2O + K_2O$ bis 10 Gew.-% und Glühverlust ≤ 12 Gew.-%, SO3 ≤ 1 Gew.-%, CO_2 ≤ 7 Gew.-% und Cl ≤ 0,1 Gew.-%. In der Abb. 168 sind die Analyseergebnisse der LGRB-Rohstofferkundungsbohrung Ro7228/B3 grafisch dargestellt.

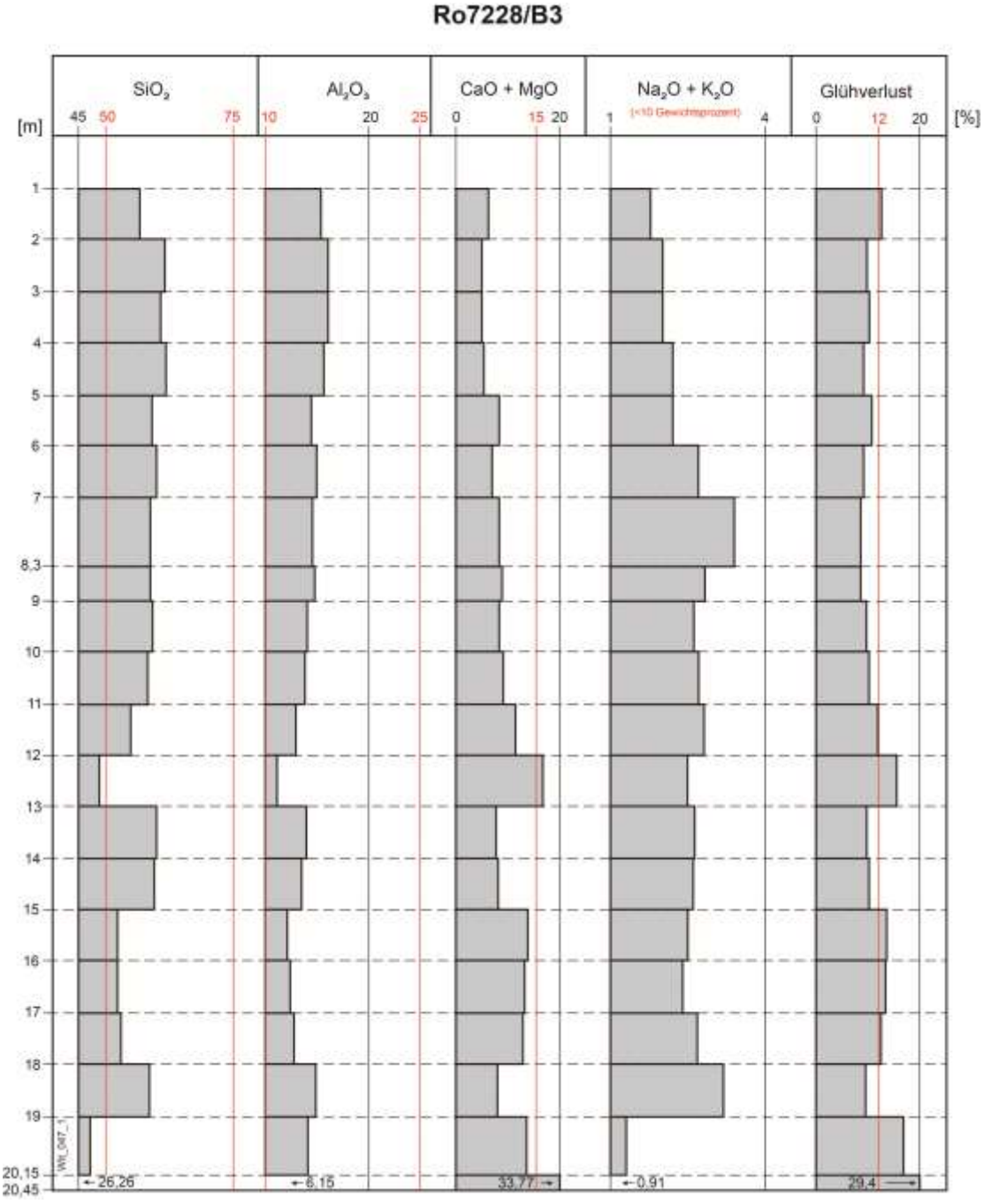


Abb. 168: Grafische Darstellung der Analyseergebnisse der Ries-Suevitproben der LGRB-Rohstofferkundungsbohrung Ro7228/B3 mit den Kennwerten bzw. Kennwertbereichen (rote Linien) zur Bestimmung der Puzzolanität nach DIN 51043.

Die Analyseergebnisse zeigen, dass alle untersuchten Ries-Suevitproben grundsätzlich als Trassrohstoffe für die Herstellung von Bindemittel geeignet sind. Nur wenige Proben weisen erhöhte CaO + MgO- und Glühverlustwerte sowie zu geringe SiO_2-Werte auf, was auf Kalksteinbruchstücke im Ries-Suevit zurückzuführen ist.

Zur Bestimmung des Glasanteils wurden die Ries-Suevitproben mittels Röntgendiffraktometer und nachgeschalteter Rietveld-Analyse untersucht. Hierbei handelt es sich um eine mathematische Methode zur Quantifizierung der Analyseergebnisse aus der Röntgendiffraktometrie. Untersucht wurden folgende Minerale: Albit, Anorthit, Quarz, Montmorillonit, Calcit, Illit, Dolomit, Muskovit, Aktinolith, Fluoropargasit und Clinochlor. Zur Ermittlung des röntgenamorphen Anteils, welcher dem Glasgehalt entsprechen soll, wird unter Zugabe eines Standards mit bekanntem Mengenanteil die Summe aus den gemessenen Bestandteilen in Gew.-% gebildet und von 100 % subtrahiert.

Nach ENGELHARDT (1995) besteht der Ries-Suevit aus 70–80 % Grundmasse, 10–20 % Gesteinsglas, 2–10 % Kristallingesteinsklasten und 0,2–1 % Sedimentgesteinsklasten. Die Grundmasse setzt sich aus 30–50 % Gesteinsglaspartikel, 30–40 % Montmorillonit, 12–14 % Quarzkörner und geringe Gehalte an Feldspat, Biotit und Karbonatmineralen zusammen. Für das Gesamtgestein können somit ca. 50–70 % Gesteinsgläser und -partikel angenommen werden. Die röntgendiffraktometrischen Untersuchungen mit nachgeschalteter Rietveld-Analyse ergeben für die Proben der LGRB-Bohrungen gemittelte Gesteinsglasgehalte von 68–77 %.

Betriebserhebungen, Kartier- und Erkundungsergebnisse

Anstelle der zur Rohstoffkartierung erforderlichen Betriebserhebungen fanden Gespräche mit der in Bayern tätigen Industrie statt, um einen Einblick in Abbaumethoden, gewonnene Mengen und Produkte aus dem Trassrohstoff Suevit zu erhalten.

Da wie oben beschrieben eine Lesesteinkartierung nicht möglich war und eine systematische Bohrstockkartierung aus zeitlichen Gründen nicht in Frage kam, wurden die von HÜTTNER (1958) kartierten Ries-Suevitflächen auch für die Karte der mineralischen Rohstoffe übernommen (Abb. 169). Diese kombinierte Lesestein- und systematische Bohrstockkartierung liefert bis heute die aussagekräftigsten Ergebnisse und wurde daher in zahlreichen geologischen Karten des Landes verwendet. Auf der Karte der mineralischen Rohstoffe von Baden-Württemberg sind alle geologisch kartierten Ries-Suevitflächen als Vorkommen ausgewiesen. Sie weisen Flächengrößen von 1–25,5 ha auf. Dieses Vorgehen ist mit der Seltenheit und Einzigartigkeit der Ries-Suevite zu begründen. Bei einer ausreichenden Mächtigkeit kann auch eine kleine Fläche eine bedeutende Lagerstätte sein. Nicht nutzbare Gesteine oder ungünstige Materialeigenschaften wie z. B. die Bunte Brekzie sind in der Abb. 169 mit Steinsymbolen versehen.

Zur Bewertung und Vergleichbarkeit von Vorkommen durch den Nutzer stehen die Aussagesicherheit und das Lagerstättenpotenzial zur Verfügung. Die vierstufige Aussagesicherheit bezieht sich auf den Erkundungsgrad eines Vorkommens. Die in Abb. 169 dargestellten vollfarbigen Vorkommen sind „nachgewiesen“ und nach den Erkundungsdaten rohstoffwirtschaftlich bedeutsam (Aussagesicherheit 1–2). Prognostizierte Vorkommen mit der Aussagesicherheit 3, welche rohstoffwirtschaftlich interessant sein können, werden durch eine breite Horizontalschraffur dargestellt. Zu den „vermuteten“ Ries-Suevitvorkommen (Aussagesicherheit 4) liegen zurzeit nur sehr wenige rohstoffgeologisch verwertbare Daten vor. Sie sind lediglich durch die geologische Kartierung indiziert. Diese Vorkommen werden mit einer dünnen Horizontalschraffur gekennzeichnet.

Auf die Vergabe eines Lagerstättenpotenzials wurde für die Ries-Suevite bewusst verzichtet, weil es sich um einmalige Bildungen in Süddeutschland handelt. Zwei wichtige Kriterien zur Bewertung nach Lagerstättenpotenzialen sind die Flächengröße und die nutzbare Mächtigkeit. Wie oben schon beschrieben, kann die nutzbare Mächtigkeit auf kurzen Distanzen deutlich schwanken, und es können auch wirtschaftlich gewinnbare Lagerstätten in kleinen Vorkommen auftreten.

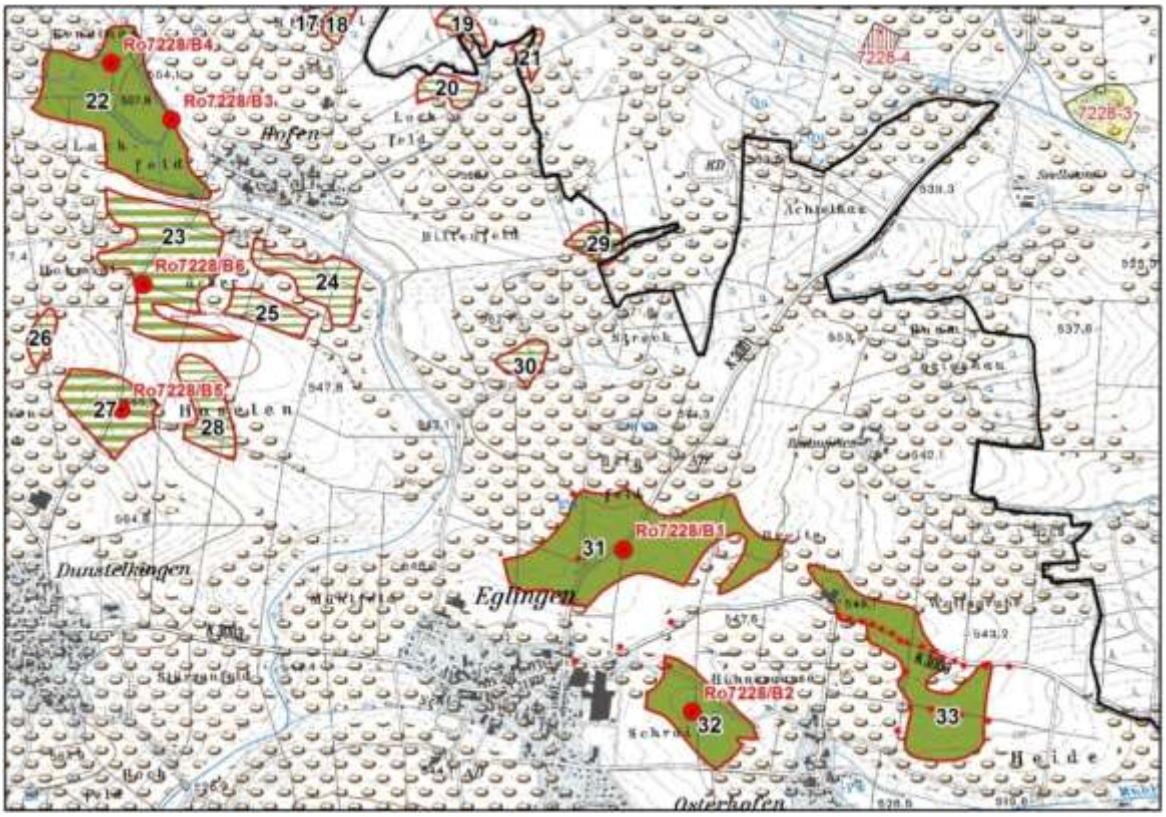


Abb. 169: Ausschnitt aus der KMR 50 Blatt L 7326/L 7328 Heidenheim a. d. Brenz/Höchstädt a. d. D. Signaturen: Rohstoffvorkommen des Trasszementrohstoffs Suevit: grünliche Vollfarbe: nachgewiesen, dicke Schraffur: prognostiziert, dünne Schraffur: vermutet, Rieströmmermassen: braune Steinsymbole, Bohrungen: rote Punkte.

Zusammenfassung

Die Ries-Suevite sind ein einzigartiger Rohstoff in Baden-Württemberg. Sie treten nur in der unmittelbaren Umgebung der Impaktstruktur des Nördlinger Rieses auf. Aufgrund der puzzolanischen Eigenschaften geht das gemahlene Gestein mit Kalk wasserbeständige Zementverbindungen ein und wird daher als Trassrohstoff eingestuft.

Zur Erläuterung der Vorgehensweise zur Ausweisung von Ries-Suevitvorkommen wurde das Gebiet um Hofen–Eglingen–Osterhofen ausgewählt. Eine Abgrenzung der Rohstoffvorkommen mittels Lesesteinkartierung gestaltete sich aufgrund der Verwitterung der Ries-Suevite schwierig. Im Fallbeispiel sind keine Aufschlüsse vorhanden. Glücklicherweise lag die Bohrstockkartierung von R. HÜTTNER (1958) vor, welche bereits Grundlage der geologischen Karten war. Um die Ries-Suevite rohstoffgeologisch bewerten zu können, fanden zunächst eine Befahrung der in Betrieb befindlichen Steinbrüche bei Seelbronn (Bayern) sowie Gespräche mit den Betreibern statt. Dann wurde ein Bohrprogramm in Gebieten durchgeführt, für welche noch keine Informationen zu nutzbarer Mächtigkeit, Abraum und Zusammensetzung der Ries-Suevite aus den Bohrstockkartierungen oder von anderen Bohrungen vorlagen. Die Auswertung der sechs LGRB-Rohstofferkundungsbohrungen sowie weiterer Bohrungen ergab, dass der Suevit auf kurzen Distanzen sehr deutliche Mächtigkeitsschwankungen aufweist. Dies hat mit der Entstehung der Gesteine zu tun: Die aus der kollabierenden Eruptionssäule auf die Erdoberfläche zurückfallenden Auswurfsmassen trafen eine sehr unregelmäßige Landoberfläche an; in der Folgezeit wurde die Impaktit-Decke ungleichmäßig abgetragen. Zur Erkundung einer Lagerstätte des Suevits ist daher ein engmaschiges Bohrraster zur empfehlen. Chemische Untersuchungen des Kernmaterials, wie z. B. die Prüfung der Puzzolanität nach DIN 51043, ergaben eine uneingeschränkte Nutzbarkeit der angetroffenen Ries-Suevite als Trassrohstoff.

Für die Karte der mineralischen Rohstoffe wurden alle geologisch kartierten Ries-Suevitflächen als Vorkommen ausgewiesen. Da aufgrund der stark wechselnden Mächtigkeiten auch kleine Vorkommen

eine wirtschaftlich nutzbare Lagerstätte enthalten können, sollte kein Vorkommen ausgeschlossen werden, bis detailliertere Erkundungsdaten vorliegen. Mit den unterschiedlichen Aussagesicherheiten wurde die Informationslage zu den einzelnen Vorkommen gekennzeichnet. Die Darstellung aller Ries-Suevitvorkommen in der Karte der mineralischen Rohstoffe soll sicherstellen, dass diese seltenen Rohstoffe bei der Regionalplanung berücksichtigt und möglichst geschützt werden.

Literatur zu Kap. 6.10

BAIER, J. (2012): Die Bedeutung von Wasser während der Suevit-Bildung (Ries-Impakt, Deutschland). – Jber. Mitt. Oberrhein. Geol. Ver., N. F. **94**: 55–69; Stuttgart.

BUCHNER, E. & SCHMIEDER, M. (2009): Suevit – Entstehung und Auftreten in den Meteoritenkratern der Erde. – In: ROSENDAHL, W. & SCHIEBER, M. (Hrsg.): Der Stein der Schwaben. Natur- und Kulturgeschichte des Suevits. – Kulturgestein, 4: 19−23; Stuttgart (Staatsanzeiger-Verlag).

BUCHNER, E., SCHMIEDER, M., SCHWARZ, W., H. & TRIELOFF, M. (2013): Das Alter des Meteoritenkraters Nördlinger Ries – eine Übersicht und kurz Diskussion der neueren Datierungen des Riesimpakts. Z. Dt. Ges. Geowiss, **164 (3)**: 433–445, 1 Abb., 2 Tab.: Stuttgart.

EBEL, R., DOBNER, A., LEIBER, J., MÜLLER, W., NÄHER, U., POSCHLOD, K., SCHLEGEL, M. & WEINIG, H. (1996): Erläuterungen zu Blatt CC 7926 Augsburg. – Karte der oberflächennahen Rohstoffe der Bundesrepublik Deutschland 1 : 200 000: 78 S., 7 Abb., 1 Kt.; Hannover (Geologische Landesämter in der Bundesrepublik Deutschland und Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hrsg.) – [KOR 200].

ENGELHARDT, W. V., ARNDT, J., FECKER & PANKA, H. G. (1995): Suevite breccia from the Ries crater, Germany: Origin, cooling history and devitrification of impact glasses. – Meteoritics, **30**: 279−293; Hoboken, USA.

FÜCHTBAUER, H., VON DER BRELIE, G., DEHM, R., FÖRSTNER, U., GALL, H., HÖFLING, R., HOEFS, J., HOLLERBACH, A., HUFNAGEL, H., JANOWSKI, B., JUNG, W., MALZ, H., ROTHE, P., SALGER, M., WEHNER, H. & WOLF, M. (1977): Tertiary lake sediments of the Ries, research borehole Nördlingen 1973 – a summery. – Geologica Bavarica, **75**: 13–19, 1 Abb.; München (Bay. Geol. Landesamt, Hrsg.).

GALL, H., HÜTTNER, R. & MÜLLER, D. (1977) mit Beiträgen von DEHM, R., GRAUP, G. & POHL, J. und einem Vorwort von VIDAL, H.: Erläuterungen zur Geologischen Karte des Rieses 1 : 50 000. – Geologica Bavarica, **76**: 191 S., 34 Abb. 1 Kt.; München. (Bay. Geol. Landesamt, Hrsg.).

GENTNER, W. & WAGNER, G. A. (1969): Altersbestimmungen an Riesgläsern und Moldaviten. – Geologica Bavarica, **61**: 296−303; München.

HÜTTNER, R. (1958): Geologische Untersuchungen im SW-Vorries auf Blatt Neresheim und Wittislingen. – Diss. Univ. Tübingen, 347 S., 74 Abb., 2 Tab., 10 Taf.; Tübingen – [unveröff.].

HÜTTNER, R. & SCHMIDT-KALER, H. (1999) mit Beiträgen von LINHARDT, E. DITTRICH, R. SEIDEL, M. & UNGER, H. J.: Die Geologische Karte des Rieses 1 : 50 000, Erläuterungen zu Erdgeschichte Bau und Entstehung des Kraters sowie zu den Impaktgesteinen. – Geologica Bavarica, **104**: 7–76, 14 Abb., 1 Tab, 1 Kt.; München – [2., überarb. Aufl.].

LIEBEL, J. & HEUSCHKEL, S. (2009): Der Schwabenstein und seine industrielle Nutzung. – In: ROSENDAHL, W. & SCHIEBER, M. (Hrsg.): Der Stein der Schwaben. Natur- und Kulturgeschichte des Suevits. – Kulturgestein, **4**: 25–27, 4 Abb.; Stuttgart (Staatsanzeiger Verlag)

MÜNCHEBERG, C., BOCK, H., GILG, R., POSCHLOD, K. & WERNER, W. (2010): Erläuterungen zu Batt CC7126 Nürnberg. – Karte der oberflächennahen Rohstoffe 1 : 200 000: 120 S., 6 Ab. 1Kt.; Hannover (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) und den Staatlichen Geologischen Diensten in der Bundesrepublik Deutschland (SDG), Hrsb.) – [KOR 200].

RPF/LGRB – Regierungspräsidium Freiburg, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (Hrsg.) (2013): Geologische Karte 1 : 50 000, Geodaten der Integrierten geowissenschaftlichen Landesaufnahme (GeoLa). http://lgrb-bw.de/aufgaben_lgrb/geola/produkte_geola – [02.01.2013].

PAA, W. (2009): Ausreichend vorhanden und nicht zu hart – Der Suevit als historischer Baustein. In: ROSENDAHL, W., & SCHIEBER, M. (Hrsg.): Der Stein der Schwaben. Natur- und Kulturgeschichte des Suevits. – Kulturgestein, **4**: 41–45, 11 Abb.; Stuttgart (Staatsanzeiger-Verlag).

REICHERTER, K. & HÜTTNER, R. (2001): Blatt 7228 Neresheim-Ost. – Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000; Freiburg i. Br. (L-Amt Geol. Rohst. Bergb. Baden-Württ., Hrsg.) – [2., erg. Ausg.].

REICHERTER, K. & MÜNZING, K. (2001): Blatt 7128 Nördlingen. – Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000; Freiburg i. Br. (L-Amt Geol. Rohst. Bergb. Baden-Württ., Hrsg.) – [2., erg. Ausg.].

SEIBOLD, E. (1950): Der Bau des Deckgebirges im oberen Rems-, Kocher-, Jagst-Gebiet. – N. Jb. Geol. Paläont. Abh. **92**: – 243–336, 17 Abb., 12 Tab., 3 Taf., 5 Beil.; Stuttgart.

WERNER, W., WITTENBRINK, J., BOCK, H. & KIMMIG, B. (2013), mit Beiträgen von GRÜNER, F., STEIN, K.-J., KOCH, R.,

HILDEBRANDT, L. & REIFF, W.: Naturwerksteine aus Baden-Württemberg – Vorkommen, Beschaffenheit und Nutzung. – 765 S.; Freiburg i. Br. (L.-Amt. Geol. Rohst. Bergb. Baden-Württ., Hrsg.).

WITTENBRINK, J. (2015) mit Beiträgen von WERNER, W.: Erläuterungen zu den Blättern L 7126/L 7128 Aalen / Nördlingen (Südteil) und L 7326/L 7328 Heidenheim a. d. Brenz/Höchstädt a. d. Donau. – Kt. mineral. Rostoffe Baden-Württ. 1 : 50 000: 207 S., 41 Abb., 10 Tab., Anh. 2 Kt.; Freiburg i. Br. (RP Freiburg – L.-Amt Geol., Rohst. Bergb. Baden-Württ., Hrsg.) – [KMR 50].

6.11 Naturwerkstein – Erkundungsbeispiel Angulatensandstein

[WOLFGANG WERNER]

Übersicht, Vorbemerkungen

Naturwerksteine sind in der rohstoffgeologischen Systematik eine Untergruppe der großen Gruppe der Natursteine. Werksteine sind zu unterscheiden von den Natursteinen für den Verkehrswegebau, für Baustoffe und als Betonzuschlag, die in gebrochener Form zum Einsatz kommen; diese werden auch oft als Hartgesteine bezeichnet. Die allgemeine Bezeichnung „Naturstein“ soll verdeutlichen, dass dieses in Farben und Strukturen variable Naturmaterial gegenüber dem nach Industrienormen einheitlich herstellbarem Kunststein wie Terrazzo, Betonstein oder künstlichem Kalksandstein abzugrenzen ist[12].

Folgende Kriterien müssen erfüllt sein, damit ein Gestein als Naturwerkstein bezeichnet werden kann: (1) Es ist aufgrund seiner mineralischen Zusammensetzung, Festigkeit und des gewinnbaren Blockvolumens geeignet, um von einem Steinmetz oder einem Bildhauer zu unterschiedlichsten Werkstücken verarbeitet zu werden. (2) Das Gestein ist zugleich wegen seines Aussehens und seiner architektonischen Attraktivität nachgefragt. Bei der Erstellung einer Rohstoffkarte, welche als Grundlage der Regionalplanung und/oder für die betriebliche Rohstoffsicherung dienen soll, ist zusätzlich folgende Voraussetzung wichtig: (3) Es besteht aufgrund der Lagerstättenbeschaffenheit und der Lagerstättenvorräte die Möglichkeit, das Gestein wiederholt und über längere Zeiträume zu verwenden. Bei der Erstellung von Rohstoffkarten spielen also nicht nur die vielfältigen Eigenschaften von Naturwerksteinvorkommen eine Rolle, sondern auch die Größe, Ergiebigkeit und Gewinnbarkeit des Vorkommens, also seine voraussichtliche Wirtschaftlichkeit.

Das LGRB verwendet daher für die Werksteinvorkommen folgende Definition (nach: WERNER et al. 2013): „*Ein Naturwerkstein ist ein natürliches Gestein, aus dem nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten Rohblöcke in den erforderlichen Mengen und Dimensionen gewonnen werden können, welche hinsichtlich Bearbeitbarkeit, Festigkeit, Verwitterungsbeständigkeit und visueller bzw. architektonischer Attraktivität alle Voraussetzungen mitbringen, um in oder an einem Bauwerk langfristig und wiederholt Verwendung finden zu können.*“

Allgemeines zur Naturwerksteinerkundung

Vor Bewertung eines noch unerschlossenen Werksteinvorkommens sind rohstoffgeologische Erkundungsarbeiten durchzuführen, die sich hinsichtlich Art und Umfang nach der erwarteten Größe und Komplexität bzw. Wechselhaftigkeit der Lagerstätte richten. Sie sollten auch erbringen, für welche der zahlreichen denkbaren Verwendungsmöglichkeiten von Naturwerksteinen (Garten- und Landschaftsbau, Mauerbau, Fassaden- und Bodenplatten, Steinmetz- oder Bildhauerarbeiten usw.) sich die untersuchte Lagerstätte eignen könnte. Durch rohstoffgeologische Erkundung sind daher folgende Daten zu ermitteln:

1. Ausdehnung des geologischen Körpers mit Werksteineigenschaften im oberflächennahen Bereich.

[12] *Zu den Natursteinen zählen auch alle Festgesteine, die man in gebrochener Form als Splitt- und Schotterkörnungen, Brechsande sowie Mehle für den Verkehrswegebau, für vielfältige Baustoffe und für Betonzuschlag oder in unbearbeiteter Form z. B. als Blöcke für den Hang- und Uferverbau verwenden kann.*

2. Nutzbare Mächtigkeit bzw. Volumen der Lagerstätte (geologische Vorräte); Ermittlung der Mächtigkeit des Werksteinlagers bzw. des Volumens des nach Zusammensetzung und Trennflächenabstand geeigneten Gesteins.
3. Abraummächtigkeit, Abraummenge, Abraumbeschaffenheit.
4. Lagerungsverhältnisse und Tektonik (Kluft- und Störungszonen).
5. Abbauerschwernisse oder Lagerstättenminderung durch Verwitterung, Zerklüftung, Verkarstung, Verlehmung, Vergrusung und sonstige Entfestigung des Korngefüges oder durch andere Überprägungserscheinungen.
6. Gesteinszusammensetzung, Art der Kornbindung.
7. Physikalisch-technische Eigenschaften sowie Verhalten gegenüber chemisch-physikalischen Einflüssen (Technik, moderne Architektur) bzw. Umwelteinflüssen (Renovierung).
8. Variationsbreite der Gesteinsqualitäten (wichtig auch für die richtige Probenahme und Durchführung mineralogischer und technischer Untersuchungen).
9. Dichte und Raumlage natürlicher Trennflächen wie Klüfte („Abgänge“ in der Steinmetzsprache), Schichtflächen („Lager“) und von Absonderungsflächen durch Mineralregelungen im Granit, Porphyr und Metamorphit.
10. Abschätzung des Anteils gewinnbarer Rohblöcke und deren Verwendungsmöglichkeiten.
11. Durch wirtschaftlich durchführbaren Abbau erreichbares Gesteinsvolumen (bergmännische bzw. bergbauliche Vorräte).

Die Bildungsbedingungen eines Gesteins, das sich (überwiegend oder in Teilbereichen) zur Gewinnung von Werksteinblöcken eignet, bestimmen die Ausdehnung, Mächtigkeit, Komplexität bzw. Variabilität und Zusammensetzung der Vorkommen. Abb. 170 zeigt, wie sich nach dem Lagerstättentyp die Komplexität der Gesteinskörper verändert und damit der Erkundungsaufwand.

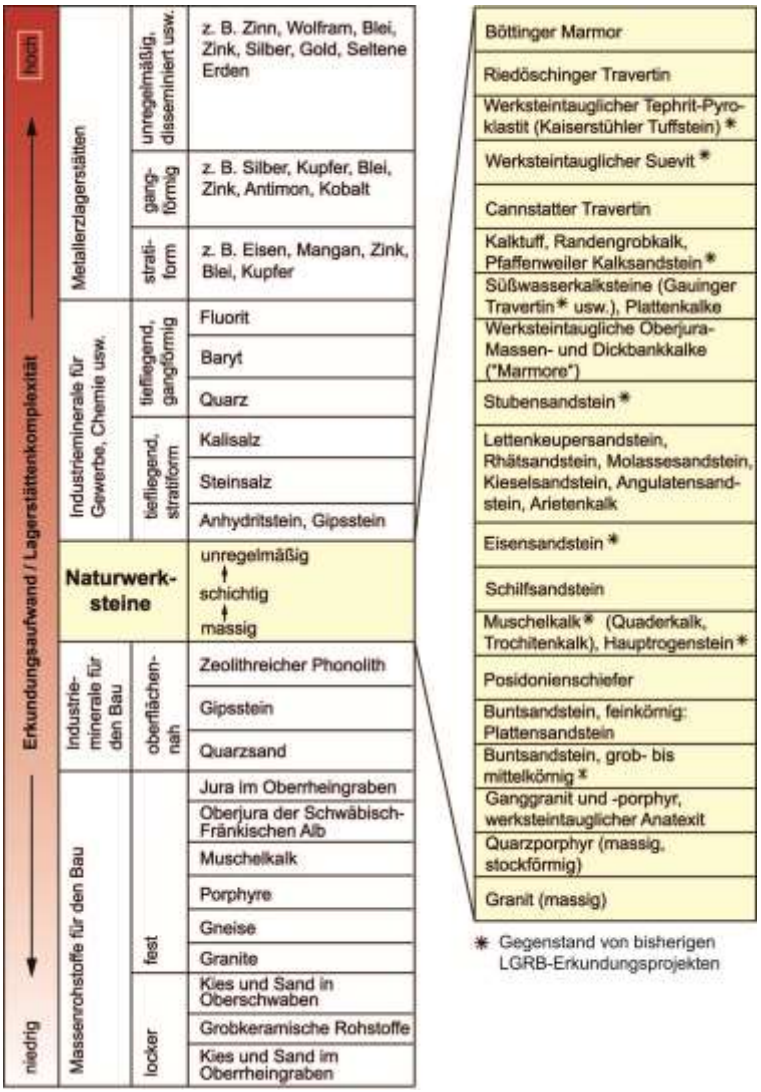


Abb. 170: Darstellung der relativen Komplexität bzw. des Erkundungsaufwands unterschieden nach wichtigen Lagerstättentypen, Lagerstättengeometrien und Hauptrohstoffen.

Je nach Umfang und Detaillierungsgrad der Erkundungsarbeiten können entweder Abschätzungen in Bezug auf die Erschließungsmöglichkeiten, die Gewinnbarkeit und auf den wahrscheinlichen Wertinhalt der Werksteinlagerstätte gemacht werden oder sogar schon Vorratsberechnungen und Machbarkeitsstudien durchgeführt werden. Reihenfolge und Aufwand in den einzelnen Abschnitten sind vom Kenntnisstand, vom Lagerstättentyp und von der Komplexität der Lagerstätte abhängig (Abb. 170). Zeitlich und technisch aufwändige gesteinsphysikalische Analysen sind dann sinnvoll, wenn ausreichende Lagerstättenmächtigkeiten und Blockgrößen nachgewiesen sind.

Die gewinnbare Rohblockgröße, die möglichst im Bereich über 2 m^3 liegen sollte, gehört zu den wichtigen Voraussetzungen für eine wirtschaftliche Nutzung. Im anschließend erläuterten Beispiel „Angulatensandstein" trifft dies nicht zu, weil hier Mauerquader nach historisch verwendeten Formaten für die Sanierung der Burg Hohenzollern benötigt werden – davon allerdings sehr viele. Benötigt man überwiegend große Werkblöcke (der Regelfall!), reicht die Prüfung von Bohrproben zur Beurteilung eines Werksteinvorkommens nicht aus. Beispiele zur Erkundung solcher Werksteinvorkommen, vor allem von Sandsteinen, sind in WERNER et al. (2013) zu finden.

Nur ein guter Aufschluss kann die notwendige Sicherheit geben (Abb. 170). Bieten alte Steinbrüche gute Aufschlüsse bis auf die ehemals genutzte tiefste Sohle, so erübrigt sich meist ein Probeabbau. Unter den in unseren Breiten herrschenden humiden Klima- und Erosionsverhältnissen ist dies allerdings selten der Fall, weil Bodendecken und tonig-lehmige Verwitterungsmassen schon nach kurzer Zeit nachrutschen; dichte Vegetation oder künstliche Auffüllungen verhüllen zumeist die noch verbliebenen alten Bruchwände.

Eine **sorgfältige Probenahme** für die gesteinsphysikalischen Untersuchungen (Tab. 12) sollte folgende Gesichtspunkte berücksichtigen (nach F. GRÜNER, MPA Univ. Stuttgart, in: WERNER et al. 2013):

- Die Probenahme aus der Steinbruchwand oder von genau zugeordneten Rohblöcken richtet sich nach der Art der geplanten Gesteinsprüfungen (Anzahl und Größe der Proben) – vgl. hierzu Ausführungen in Kap. 4.5.
- Die Anzahl der Proben ist darüber hinaus abhängig von der Homogenität des in der Lagerstätte aufgeschlossenen Natursteines; viele Prüfnormen verlangen mindestens fünf gleichartige bzw. vergleichbare Proben.
- Die Proben müssen einen repräsentativen Querschnitt des abzubauenden Natursteines erfassen; die ausschließliche Prüfung von besonders guten Mustern ermöglicht keine Lagerstättenbewertung.
- Ist eine Anisotropie des Natursteines (z. B. Schichtung) vorhanden, so müssen die Prüfungen entlang den verschiedenen Anisotropierichtungen durchgeführt werden. Dazu ist es erforderlich, dass die Gefügerichtung und Orientierung auf die entnommenen Proben übertragen werden.
- Die Probengröße ist abhängig vom Größtkorn des Gesteines, für magmatische Gesteine mit größeren Einsprenglingen oder insgesamt sehr grobkörnig kristallisierten Mineralen sind größere Probenstücke bzw. Bohrkerndurchmesser erforderlich als für feinkörnige Gesteine (z. B. Sandsteine, Basalt oder dichter Kalkstein).

Besonders wichtig sind bei **Sandsteinen** neben der Bestimmung der Druckfestigkeit und Biegezugfestigkeit als mechanische Festigkeitsparameter vor allem die Parameter Dichte, zugängliche Gesamtporosität, kapillares Wasseraufnahmevermögen und Verhalten gegenüber Frost-/Tau-Wechsel. Zusätzlich sollten, besonders bei tonig gebundenen Sandsteinen, die hygrische Längenänderung und der Salzkristallisationstest mit Natriumsulfat geprüft werden. Eine petrographische Prüfung sollte in jedem Fall durchgeführt werden, um die Gefügeeigenschaften, den Mineralbestand und unter Umständen vorhandene Verwitterungserscheinungen (z. B. Feldspatverwitterung), störende Einschlüsse, Rissbildungen und Trennflächen im Gestein usw. zu erkennen (F. GRÜNER in: WERNER et al. 2013).

Bei **Karbonatgesteinen** (Kalksteine, sandige Kalksteine, Kalksandsteine/Arenite, Dolomitsteine, Travertin) sind neben der Bestimmung der Druckfestigkeit, Biegezugfestigkeit und des dynamischen E-Moduls als mechanische Festigkeitsparameter vor allem die Dichte, die zugängliche Gesamtporosität, der Sättigungswert und das Verhalten gegenüber Frost-/Tau-Wechsel von großer Bedeutung. Daneben existieren weitere Prüfungen, die in speziellen Produktnormen oder Technischen Lieferbedingungen gefordert werden (Tab. 12).

Tab. 12: Qualitätsanforderungen und Prüfnormen für Naturwerkstein (nach F. GRÜNER in: WERNER et al. 2013).

Norm	Titel/Stichwort	Hinweise
DIN EN 12407	Prüfverfahren für Naturstein: Petrographische Prüfung	Grundlage für die Analyse der mineralogischen Zusammenetzung und die Homogenität (Klüfte, Fossileinschlüsse, Intraklasten wie z. B. Tongallen, Erzpartikel, kohlige Einschlüsse), empfohlen für alle Gesteinsarten
DIN EN 12440	Naturstein-Kriterien für die Bezeichnung	Bestimmung, Identifikation und Einordnung von Naturstein
DIN EN 1925, 1936, 13755	Dichte, Porosität, Wasseraufnahme, kapillare Wasseraufnahme	Eine Parametergruppe, die in gegenseitiger Abhängigkeit voneinander steht, besonders bei porösen Werksteinen wie Sandstein und Kalkstein
DIN EN 1926	Bestimmung der Druckfestigkeit	Grundlegender mechanischer Parameter, zu beachten ist die häufige Anisotropie von Naturstein (z. B. Sandstein), für alle Gesteinsarten empfohlen
DIN EN 12372	Bestimmung der Biegefestigkeit unter Mittellinienlast	Grundlegender mechanischer Parameter, zu beachten ist die häufige Anisotropie von Naturstein (z. B. Sandstein), für alle Gesteinsarten empfohlen
DIN EN 14146	Bestimmung des dynamischen Elastizitätsmoduls	Beschreibt den Zusammenhang zwischen Spannung und Dehnung bei der Verformung fester Körper, Maß für die Verformbarkeit „Steifigkeit“ eines Materials
DIN EN 12371	Frost – Tau – Wechsel Beanspruchung	Wichtiges Prüfverfahren für die Beurteilung der Verwitterungsresistenz von Naturstein, empfohlen besonders bei porösen Natursteinen wie Sandstein, Kalkstein und vorgesehener Verwendung im Außenbereich
DIN EN 12370	Bestimmung des Widerstandes gegen die Kristallisation von Salzen	Zeitraffendes Prüfverfahren für die Beurteilung eines Natursteines gegenüber dem Einfluss von Salzen und der Salzverwitterung, besonders bei porösen Natursteinen wie Sandstein und Kalkstein
DIN EN 14581	Bestimmung des linearen thermischen Ausdehnungskoeffizienten	Die thermische Ausdehnung ist eine wichtige Stoffeigenschaft, die bei Materialkombinationen beachtet werden muss
DIN EN 13364	Ausbruchslast am Ankerdorn	Von zentraler Bedeutung für die Verwendung von Platten aus Naturstein als hinterlüftete Fassadenbekleidungen
DIN EN 14157	Bestimmung des Widerstandes gegen Verschleiß	Bedeutsam für die Eignung des Natursteins als Bodenbelag und für Treppen
DIN 52008	Prüfverfahren für Naturstein: Beurteilung der Verwitterungsbeständigkeit	Ergänzende Deutsche Norm für die Beurteilung der Eignung von Naturstein unter den klimatischen und zusätzlichen Beanspruchungsbedingungen von Mitteleuropa, besonders für poröse Natursteine (Sandstein und Kalkstein) zu empfehlen
DIN 52450	Prüfung anorganischer nichtmetallischer Baustoffe Bestimmung des Schwindens und Quellens an kleinen Probekörpern	Die Prüfung der hygrischen Dilatation ist besonders wichtig bei tonhaltigen Sandsteinen (z. B. Schilfsandstein)

Kartier- und Erkundungsbeispiel Angulatensandstein

Im LGRB-Nachschlagewerk „Naturwerksteine aus Baden-Württemberg – Vorkommen, Beschaffenheit und Nutzung“ (WERNER et al. 2013) sind zahlreiche Beispiele von Erkundungsarbeiten ausgeführt, welche zur Wiedererschließung von historisch genutzten Werksteinlagerstätten ausgeführt wurden (besonders S. 568 ff und S. 673 ff). Eine zum Erscheinungsjahr dieses Buches noch nicht begonnene Erkundung ist die auf Angulatensandstein, welche zur bevorstehenden Sanierung der Burg Hohenzollern bei Hechingen (Zollernalbkreis) ab dem Jahr 2014 im Auftrag der Denkmalpflege und des Hauses Hohenzollern ausgeführt wurde.

Anlass: Burg Hohenzollern, Schäden am Angulatensandstein: Hauptgründe für die starke und rasch voranschreitende Schädigung dieses karbonatisch gebundenen, feinkörnigen Quarzsandsteins (Abb. 171) sind vom Burghofareal ausgehend durchs Mauerwerk und durch undichte Drainagesysteme eindringende salzhaltige Wässer sowie die Abdichtung des Mauerwerks durch einen stark zementhaltigen Mörtel, der den Abtransport der Feuchtigkeit aus dem Mauerwerk behinderte. Die durch Wintersalzungen eingetragenen Natriumchlorid-Salze lösen das karbonatische Bindemittel und führen zu Abplatzungen durch Kristallisationsdruck der sich aus der Lösung neu bildenden NaCl-Kristalle.

Abb. 171: Durch Feuchtigkeit und Salzeinwirkung stark geschädigtes Mauerwerk aus Angulatensandstein an der Auffahrtsrampe der Burg Hohenzollern. Erst durch Bohrungen in das Mauerwerk kann ermittelt werden, welche Mindestgesteinsmenge zur Sanierung des Mauerwerks (Gesteinsaustausch) erforderlich ist.

(A) Kartierung

Beim Angulatensandstein handelt es sich um eine nur 2–3 m mächtige karbonatische Sandsteinschicht innerhalb der nach ihm benannten Angulatensandstein-Formation des Unter- oder Schwarzjuras. Der Angulatensandstein wechselt in der Farbe, je nach Oxidationsgrad der enthaltenen Eisenkarbonate und Dolomite, von hellgrau bis kräftig braun (Abb. 171). Die geringe Mächtigkeit dieser für das betrachtete Gebiet historisch wichtigen Sandsteinschicht und ihre Einbettung in eine mächtige, überwiegend tonige Abfolge führen dazu, dass natürliche Aufschlüsse unter den gegebenen Klima- und Witterungsbedingungen selten sind. Im Erkundungsgebiet konnten keine erkannt werden; Anschnitte in alten Steinbrüchen oder an Wegen und Straßen sind verbrochen und mit Hangschutt überdeckt. Morphologisch ist der Ausstrich des Angulatensandsteins und des ihn unmittelbar überlagernden, harten Arietenkalks jedoch durch die Bildung von Hangkanten gut gekennzeichnet (Schnitt: Abb. 172 und geologische Karte: Abb. 173).

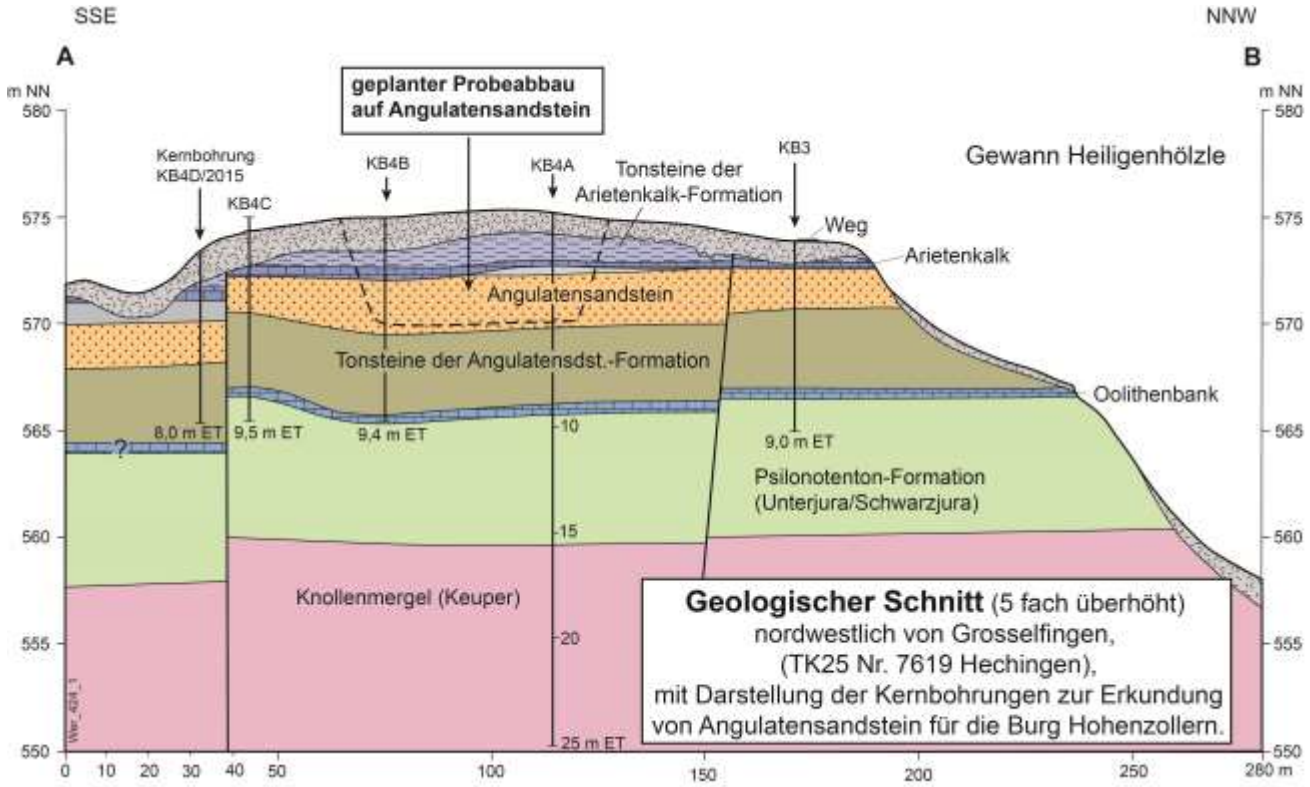


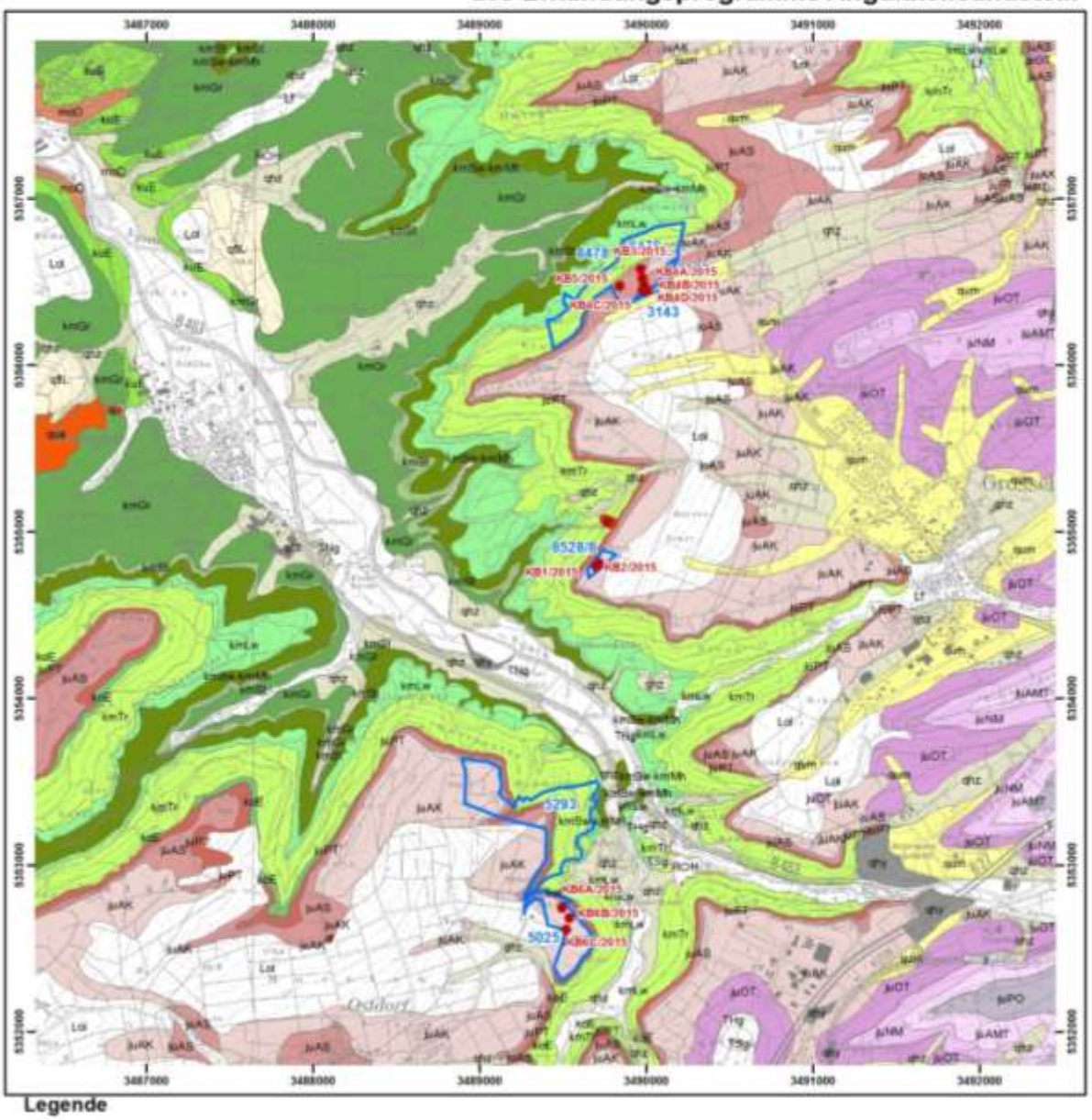
Abb. 172: Geologischer Schnitt im Bohrgebiet „Heiligenhölzle“ mit Kennzeichnung des vorgeschlagenen Probeabbaus.

Grundlage für die Geländeaufnahme zur Festlegung von Bohrgebieten waren analog wie digital verfügbare geologische Karten (Abb. 173), Topographische Karten unterschiedlicher Ausgabejahre (z. B. mit Steinbrüchen, die in späteren Ausgabejahren nicht mehr dargestellt wurden) und das digitale Höhenmodell. In diesem mittels Laserscanning vom Flugzeug aus erzeugten Bild der Geländeoberfläche sind Halden, Entnahmestellen, Rutschungs- und Störungszonen gut zu erkennen.

Durch Vergleich der aus dem Jahr 1912–1915 stammenden geologischen Karte von H. MÜLLER & TH. SCHMIERER, der in den 1960er Jahren ausgegebenen Topographischen Karten (beide mit Einzeichnung von Steinbrüchen und Sandgruben) und der heutigen Topografie konnten Bereiche mit ehemaliger Gewinnungsaktivität im Niveau der Angulatensandstein-Formation eingegrenzt und aufgesucht werden. Auf der recht detaillierten Karte von MÜLLER & SCHMIERER werden im Ausstrich des Lias alpha (heute: Angulatensandstein-Formation) auch sandige Bereiche ausgehalten, die als „Malbstein“ = Angulaten-Sandstein gekennzeichnet sind (Erläuterungen in: SCHMIERER 1995). Bohrprofile lagen aus den grundsätzlich infrage kommenden Arealen (sandige Fazies in der Angulatensandstein-Formation) nicht vor.

Die früheren Kartierer konnten sich auf Gesteinsaufschlüsse in zahlreichen kleinen damals noch genutzten Steinbrüchen und Seitenentnahmen, vor allem aber auf eine noch weitgehend unverfälschte Lesesteinbestreu auf den Äckern stützen. Heute sind alle Entnahmestellen verfüllt oder verbrochen, auf den Äckerflächen ist häufig angefahrenes Fremdmaterial (Bauaushub usw.) festzustellen. Größere Fragmente oder gar Blöcke von Angulatensandstein, die entlang der Hänge aufgefunden wurden, wurden als verwertbarer Hinweis auf einen (heute verdeckten) Abschnitt dieser Schicht gewertet. Als grundsätzlich höffig betrachtet wurden Areale, in denen früher Abbauaktivitäten umgingen und heute noch reichlich grobes Lesesteinmaterial von Angulatensandstein auf den Äckern und an den Hangkanten zu finden ist.

Geologische Übersichtskarte mit den geplanten Bohrpunkten des Erkundungsprogramms Angulatensandstein



Legende

- Bohrpunkt_20150706
- Flurstücke mit Nummern

Geologische Einheiten

- Bohrpunkt_20150706
- Rohstoffabbaufläche, ROH
- Arietenkalk-Fm., juAK
- Amaltheenton-Fm., juAMT
- Angulatensandstein-Fm., juAS
- Numismalismergel-Fm., juNM
- Obtususton-Fm., juOT
- Posidonienschiefer-Fm., juPO
- Psilonotenton-Fm., juPT
- Grabfeld-Fm. (Gipskeuper), kmGr
- Löwenstein-Fm., kmLw
- Stuttgart-Fm. (Stubensandstein), kmSt
- Steigerwald bis Mainhardt-Fm., kmSw-kmMh
- Trossingen-Fm., kmTr
- Exter-Fm. (Rhätkeuper), koE
- Erfurt-Fm. (Lettenkeuper), kuE
- Trigonodusdolomit, moD
- Plattenkalk, moP
- Löß/führende Fließerde, qfL
- Anthropoge Auffüllung, qhy
- Holozäne Abschwemmmassen, qhz
- Rutschmasse, qr
- Hangschutt, qu
- Reste alter Schuttdecken, qua
- Verwitterungs-/Umlagerungsbildung, qum

0 1 2 3 km

Baden-Württemberg
REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau
Az.: 96-4704//14_7462, Datum: 20.08.2014, Zeicher: Wit

Abb. 173 (→ vorige Seite): Digitale geologische Karte des Erkundungsgebiets westlich von Grosselfingen mit Darstellung der Bohrpunkte zur Erkundung auf Angulatensandstein. Die Bohrungen waren im Bereich des Arietenkalk-Ausstrichs anzusetzen. Daher konzentrierte sich die Geländeaufnahme (vor allem Haldenaufnahme, Lesesteinkartierung und Begehung der steilen Hänge) auf die morphologisch markante Übergangszone zwischen Arietenkalk-Formation (juAK) und Trossingen-Formation (kmTr, besser bekannt als Knollenmergel), einer dunkelroten, zur Rutschung neigen Tonsteinfolge.

(B) Auswahl von Bohrgebieten, Planung des Bohrprogramms

Zu berücksichtigen war bei der Auswahl von Bohrgebieten, dass das Schichtpaket leicht nach Süden und Südosten einfällt, weshalb Schichtwässer, die sich auf den liegenden Tonsteinen stauen, an in südliche Richtungen geneigten Hängen austreten und dort zu Rutschungen führen. Diese Bereiche sind aus geotechnischen Gründen für Aufschlussmaßnahmen auszusparen. Ferner wurden die Zugänglichkeit für schwere Fahrzeuge und die Grundeigentümerverhältnisse für die Auswahl von Bohrgebieten berücksichtigt.

Zum Bohrprogramm ausgewählt wurden schließlich zwei Flächen, die sich im Besitz des Hauses Hohenzollern befinden, sowie ein Gemeindegrundstück (Abb. 174). Alle liegen nahe an nach Norden bzw. Nordwesten gerichteten Hangkanten, auch weil ein am Hang ansetzender Abbau („Hangabbau“) i. d. R. leichter durchzuführen ist als ein reiner Kesselabbau. Durch Kartierung nicht vorhergesagt werden konnte, wieviel vom Arietenkalk bzw. vom Angulatensandstein bereits abgetragen ist und wie stark die Durchklüftung das Fortschreiten der Verwitterung begünstigt hat. Wegen der zu erwartenden raschen Wechsel der Gesteins-, Mächtigkeits- und Verwitterungsverhältnisse wurden daher stets mehrere, nur ca. 50 m auseinander liegende flache Kernbohrungen vorgesehen. Auch Ausweichbohrpunkte wurden genehmigungsrechtlich und technisch (Prüfung auf Versorgungsleitungen und geeignete Zufahren) vorbereitet.

(C) Erkundungsbohrprogramm

Die Kernbohrungen wurden dort abgeteuft, wo durch Kartierung im oberflächennahen Ausstrich der Angulatensandstein-Formation auf großer Fläche und im Hanganschnitt sehr zahlreiche Sandsteinlesesteine in Faust- bis Blockgröße nachgewiesen werden konnten. Die Kernbohrungen wurden im Rotaryverfahren mit 135 mm Kerndurchmesser (statt der sonst üblichen 101 mm) ausgeführt (Abb. 175), um möglichst aussagekräftiges und ungestörtes Bohrkernmaterial erhalten zu können; die oberen Meter wurden bis zum Erreichen des festen Gebirges mit Rammkernrohr durchörtert. Das Bohrprogramm wurde im Gebiet „Heiligenhölzle“ nordwestlich von Grosselfingen begonnen und in südliche Richtung fortgesetzt.

Im Gebiet „Heiligenhölzle“ zeigte sich schon nach den ersten beiden Bohrungen eine rasche Wechselhaftigkeit der geologischen Verhältnisse, jedoch deutete sich auch an, dass die Schicht- und Lagermächtigkeiten des dortigen Angulatensandsteins günstig für Abbaumaßnahmen sein könnten. Daher wurden statt der zuerst geplanten drei Bohrungen schließlich insgesamt sechs abgeteuft (Abb. 174).

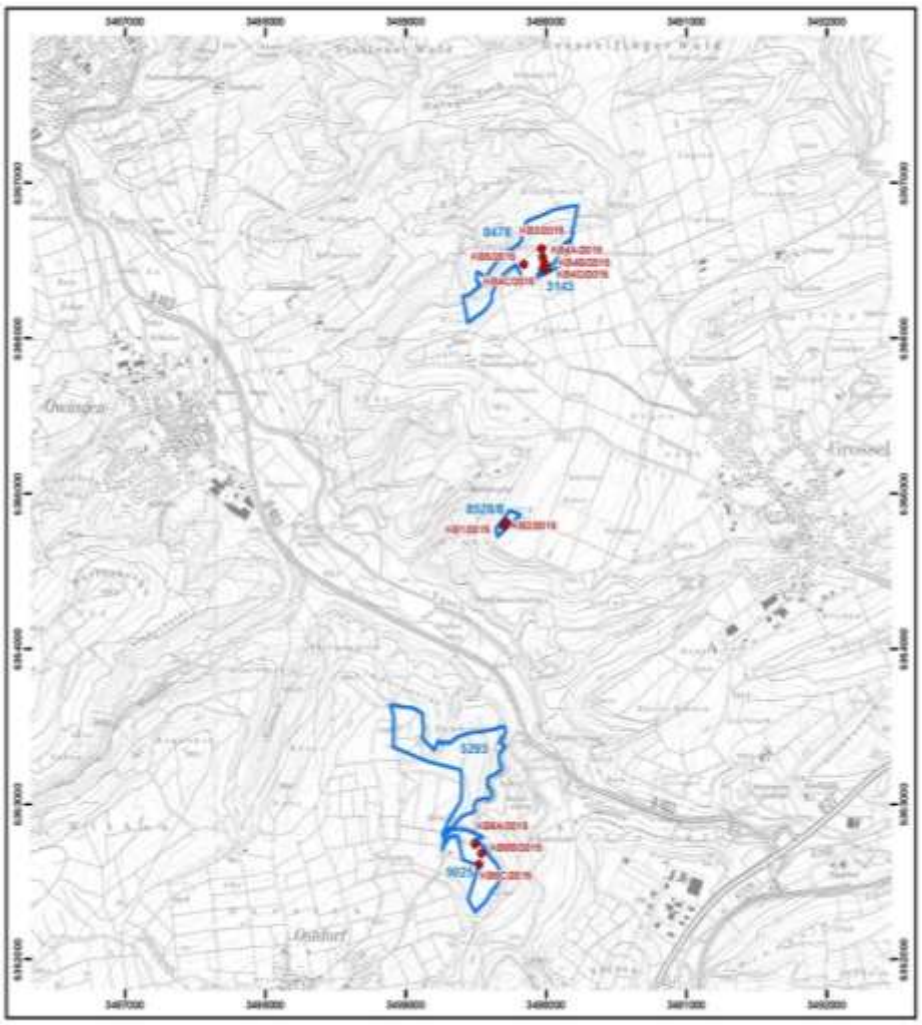


Abb. 174: Übersichtskarte der nach Detailkartierung ausgewählten Bohrgebiete W von Grosselfingen zur Erkundung von Angulatensandstein mit Darstellung der Bohrpunkte (rot mit Bezeichnung) und der relevanten Grundstücke (blau: Grundstücksnummern). Die Distanz zwischen den angegebenen Gitterlinien beträgt jeweils 1 km. Rechts: Ortschaft Grosselfingen, ca. 6 km westlich der Burg Hohenzollern gelegen.

Abb. 175: Links: Bohrgerät der Fa. Terrasond an der Bohrung KB 3/2015, d. h. am Rand des flachen Geländerückens im „Heiligenhölzle“, Blick Richtung Süd (Gebiet des geplanten Probeabbaus). Rechts: Abtransport der Bohrkerne der KB 4A/2015 ins LGRB nach Freiburg.

Abb. 176: Bohrkerne der Bohrung KB 4A/2015 im „Heiligenhölzle“: Links: 2,7 m mächtiger Angulatensandstein (ockerbraun), im oberen Teil (Bildmitte) durch das rammende Bohrverfahren in Stücke zerbrochen. Rechts: Dunkelgraue Tonsteine der Angulatensandstein-Formation, welche den Angulatensandstein unterlagern.

Die erste Bohrung im ersten Bohrgebiet (KB4A/2015) wurde bis auf die Knollenmergel des Keupers zum Erhalt eines Richtprofils für das Erkundungsgebiet bis zu einer Teufe von 25,0 m ausgeführt (Abb. 176). An dem Ergebnis dieser Richtbohrung, insbesondere den dabei angetroffenen Schichtmächtigkeiten und Leithorizonten, wurden die folgenden Bohrungen ausgerichtet. Insgesamt wurden in den drei Bohrgebieten (Abb. 174) 11 Bohrungen durchgeführt. Abgesehen vom Richtprofil waren zur Erkundung, je nach Gebiet und Restmächtigkeit des Angulatensandsteins, Teufen zwischen 4,5 und 10,5 m erforderlich. Die Bohrlöcher wurden kurz nach Fertigstellung mit Splitt verfüllt und nach oben mit Quelltonkugeln abgedichtet.

(D) Ergebnisse des Erkundungsbohrprogramms

Im Bohrgebiet NE von Ostdorf, in dessen unmittelbarer Nähe an mindestens vier Stellen Angulatensandstein früher abgebaut wurde, und im Gebiet W von Grosselfingen wurde der Angulatensandstein in insgesamt fünf Kernbohrungen nur in geringer Restmächtigkeit (1,5–2 m) ohne den schützenden Arietenkalk angetroffen. Der Angulatensandstein ist dort stark aufgewittert und kleinstückig zerfallen. Die früheren Abbauaktivitäten entlang der nahe gelegenen Hangkanten waren kleinräumig und vermutlich vor allem für (heute überwiegend verputztes) Profanmauerwerk gedacht.

Im Gebiet „Heiligenhölzle“ hingegen wurde auf dem im Eigentum des Hauses Hohenzollern befindlichen Grundstück in drei Bohrungen nach Beschaffenheit und Mächtigkeit interessanter Angulatensandstein unterhalb des dort noch erhaltenen Arietenkalks erbohrt. Abbildung 177 zeigt geschnittene Bohrkerne aus der Bohrung KB 4D/2015. Wie im Burgmauerwerk selbst ist in diesen erkennbar, dass hellgraue (nicht oxidierte) und gelbliche bis rotbraune (oxidierte) Sandsteine im Angulatensandstein-Horizont nebeneinander vorkommen.

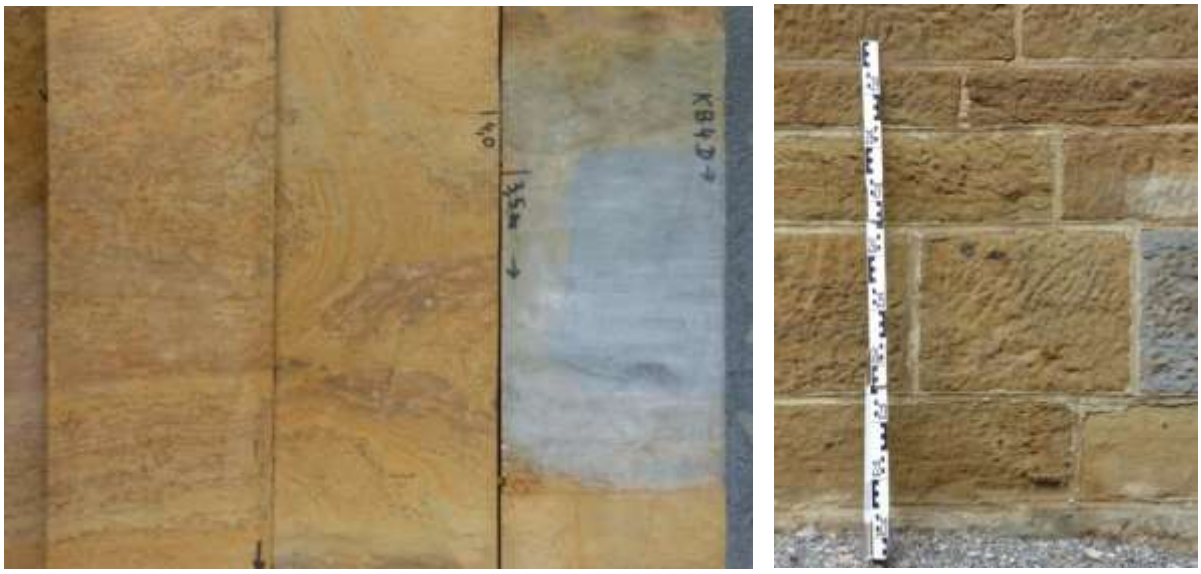


Abb. 177: Links: Geschnittene Bohrkernsegmente aus der Bohrung KB 4D im Heiligenhölzle bei Grosselfingen (Breite eines Bohrkerns = 13 cm). Beschaffenheit und Aussehen des angetroffenen Angulatensandsteins entsprechen genau den auf der Burg Hohenzollern verwendeten Gesteinen, wie das Vergleichsbild rechts zeigt. Die geforderten Quaderformate können ebenfalls geliefert werden (s. Probeabbau).

Interessante Mächtigkeiten und Bankstärken wiesen die Bohrungen KB 4A, 4B und 4D nach. Die Bohrungen KB 3 und 5, nahe der Hangkante gelegen, trafen hingegen vorwiegend aufgewittertes Gestein an. Ein ursprünglich angedachter Abbau von der Hangkante her (sog. Hangabbau) erschien daher wenig sinnvoll. Schwieriger interpretierbar war das Ergebnis der Bohrung KB 4C; offensichtlich durchzieht eine parallel zur SW–NE verlaufenden Hangkante streichende Störung oder Zerrüttungszone dort das Plateau. Darauf deuten die morphologischen Verhältnisse hin, welche ihre Ursache primär in der Witterungsanfälligkeit der Gesteine haben. Das geologische Profil der Abb. 172 zeigt ein geologisches Modell, das diesen Beobachtungen Rechnung trägt.

Der Abb. 178 ist zu entnehmen, dass der vorgeschlagene Probeabbau am Weg und auf der flachen Erhebung liegt und dass er sich vom Weg aus Richtung Westen erstreckt. Im Falle guter Ergebnisse des Probeabbaus hinsichtlich Gesteinsbeschaffenheit, nutzbaren Mächtigkeiten, Lager- bzw. Bankstärken sowie gewinnbaren Rohblockgrößen soll sich der Abbau Richtung Westen ausdehnen.

Der geologische Schnitt durch die Bohrungen KB 4D bis KB 3 (Bohrung KB 4C projiziert) zeigt, dass unterhalb der kleinen Erhebung, auf welcher der Arietenkalk noch erhalten ist, Angulatensandstein in einer Mächtigkeit von ca. 2,5–3 m zu erwarten ist (Abb. 172).

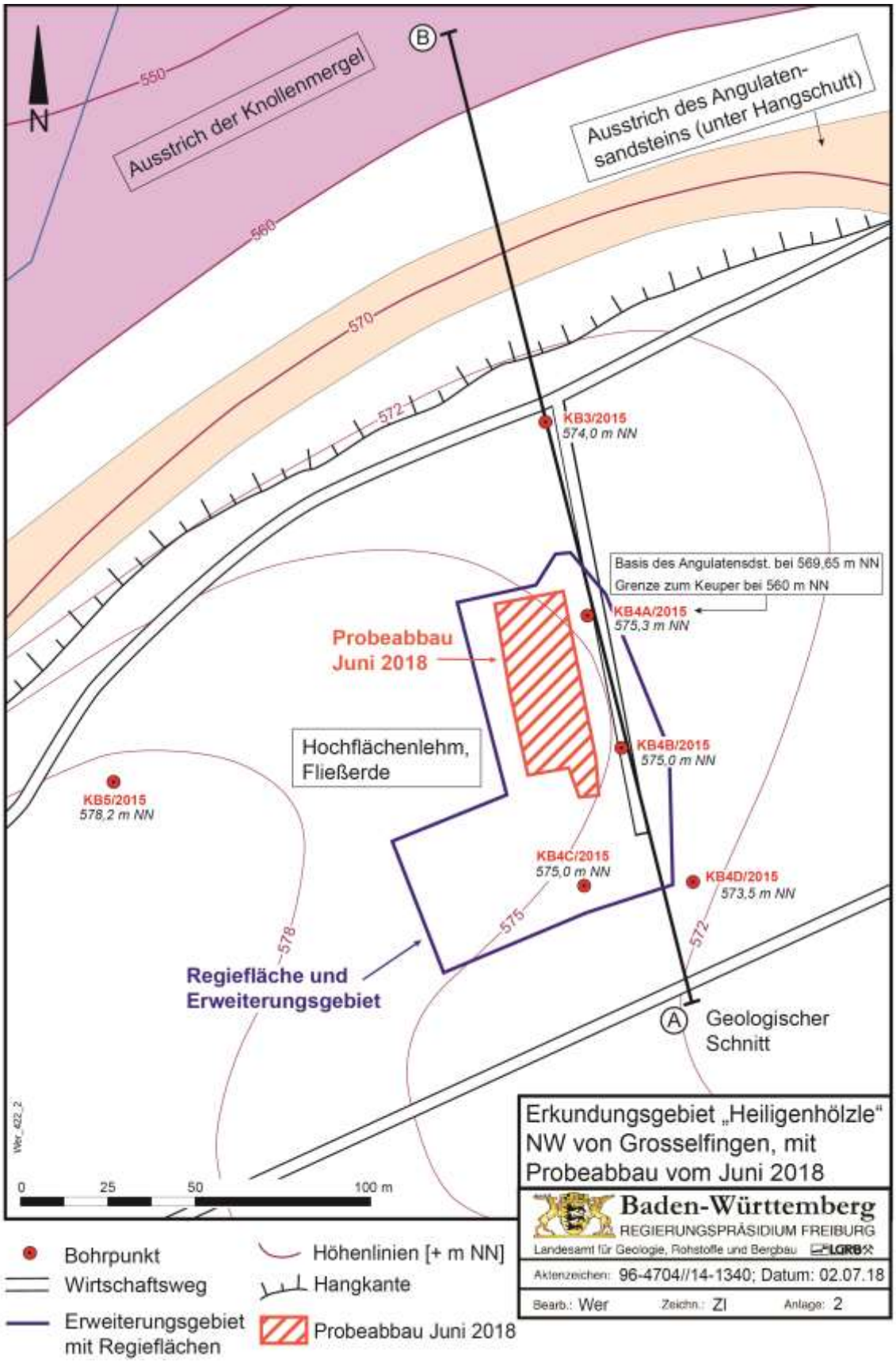


Abb. 178: Bohrgebiet „Heiligenhölzle“ mit Bohrpunkten, Höhenlinien, Ausstrich des Angulaten-sandsteins am Hang (konstruktiv) und dem vorgeschlagenen Probeabbau; Verlauf des geologischen Schnittes von Abb. 172.

Probeabbau und Bewertung der Erkundung auf Angulatensandstein

Im geologischen Schnitt von Abb. 172 sind Lage und Tiefe des vorgeschlagenen Probabbaus eingezeichnet. Aufgrund der in den Bohrkernen zu erkennenden Absonderung des Angulatensandsteins in dicke Platten und geringmächtige Bänke erschien anfangs ein schneidendes Gewinnungsverfahren (Schwertsäge) am effektivsten und am schonendsten. Der erste Eingriff in das anstehende Gestein zeigte jedoch bereits, dass aufgrund der engständigen, fast orthogonalen Durchklüftung eine Gewinnung des Angulatensandsteins mittels Hydraulikbagger bis auf die schwarzgrauen Tonsteine möglich ist (Abb. 179). Zwei steil stehende Kluftsysteme (145–155/90° und 70–80/90°) zerlegen die 0,35 m bis 0,5 m dicken Bänke in Quader (Abb. 180), die gut mit dem Schaufelbagger gelöst und verladen werden können.

Aus jeder der fünf Werksteinbänke (siehe Abb. 179) wurden mit Hilfe eines tragbaren Kernbohrgeräts der MPA Stuttgart je vier bis fünf Bohrkerne mit einem Durchmesser von 6 cm gewonnen. An diesen wurden durch die MPA Stuttgart gesteinsphysikalische Tests zur Ermittlung der Witterungsbeständigkeit, Druckfestigkeit, Wasseraufnahmefähigkeit und des Ausdehnungsverhaltens durchgeführt. An einer Auswahl von Blöcken aus jeder Bank sollen außerdem probeweise Bearbeitungen durch den Steinmetz ausgeführt werden. Insgesamt wurden während der 6-wöchigen Dauer des Probeabbaus auf einer Abbaufläche von 440 m^2 rund 1000 m^3 Gestein gelöst, von dem rd. 40 % als Rohblockmaterial verwertbar sein dürften.

Anhand des neu geschaffenen Aufschlusses (RG 7619-1) ist als Fazit zu ziehen, dass rohstoffgeologische Kartierung und Erkundung inkl. Probeabbau für das Sanierungsvorhaben erfolgreich waren. Die gesteinsphysikalischen Daten der entnommenen Kernproben aus den verschiedenen Bänken können dazu dienen, für besonders belastete Abschnitte am hochaufragenden Sichtmauerwerk der Burg die am besten geeignete Schicht zu identifizieren (hohe Druckfestigkeit, geringe Wasseraufnahme usw.). Ansonsten werden Quaderformat und Farbe der historischen Mauerquader entscheidend dafür sein, welche Schichten und Schichtabschnitte für den Austausch verwendet werden.

Abb. 179: Probeabbau im Angulatensandstein NW von Grosselfingen im Juni 2018. Die 2,5–3 m mächtige Abraumschicht wurde abgeböscht und das gelöste Material auf 2 Mieten gefahren (Boden, Abraum zur Wiederverfüllung), alle 5 Werksteinbänke von Angulatensandstein wurden stufenweise freigelegt und in einem kleinen Schurf im zentralen Bereich der Fläche geprüft, wie die liegenden Bänke über den schwarzgrauen Tonsteinen beschaffen sind. Fünf Bänke mit Mächtigkeiten von 0,3 bis 0,5 m können über die gesamte Fläche ausgehalten werden, aus den Schichten 2–5 wurden Bohrkerne zur gesteinsphysikalischen Untersuchung entnommen.

Abb. 180: Die Durchtrennung durch steilstehende Klüfte in einem orthogonalen Kluftmuster ermöglicht die Gewinnung von plattigen Rohblöcken mittels Hydraulikbagger; der geplante Einsatz einer Schwertsäge war somit nicht erforderlich.

Literatur zu Kap. 6.11

ACHENBACH, A. (1856): Geognostische Beschreibung der Hohenzollernschen Lande. – Z. Dt. geol. Ges., VIII Bd.: 331–482; Berlin.

BARTEL & MAUS, Beratende Ingenieure GmbH (2013): Burg Hohenzollern. Bastionärbefestigung mit Auffahrt. Gutachten über den statisch-konstruktiven Zustand und notwendige Instandsetzungsmaßnahmen. – Textteil: 27 S. + Anhang; Anlagenteil: 128 S. (A3); München (unveröff.).

BBS – Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e.V. (Hrsg.) (2008): Ein volkswirtschaftliches Porträt der deutschen Baustoffindustrie. – 39 S., zahlr. Abb.; Berlin – [3. Aufl.].

LGRB – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (Hrsg.) (2013): Rohstoffbericht Baden-Württemberg 2012/2013. Bedarf, Gewinnung und Sicherung von mineralischen Rohstoffen – Dritter Landesrohstoffbericht. – LGRB-Informationen, **27**: 204 S., 228 Abb., 7 Tab.; Freiburg i. Br. [Bearbeiter: WERNER, W., KIMMIG, B., TSCHERNAY, P., WITTENBRINK, J., BOCK, H. & KLEINSCHNITZ, M.].

LGRB – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (Hrsg.) (2015): Zwischenbericht zur Erkundung auf Angulatensandstein für die Renovierung der Burg Hohenzollern (Az. 96-4704//14_1340): 27 S., 12 Abb.; Freiburg i. Br. [Bearbeiter: WERNER, W.].

LORENZ, W. & GWOSDZ, W. (2003a): Bewertungskriterien für Industrieminerale, Steine und Erden, Teil 6: Naturwerksteine und Dachschiefer. – Geol. Jb., **H 9**: 3–70, 9 Abb., 34 Tab.; Hannover.

LORENZ, W. & GWOSDZ, W. (2003b): Handbuch zur geologisch-technischen Bewertung von mineralischen Baurohstoffen. – Geol. Jb., Sonderhefte Reihe H, **SH 16**: 498 S., 103 Abb., 301 Tab.; Hannover.

SCHMIERER, TH. (1995): Erläuterungen zu Blatt 7619 Hechingen. – Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ.: 91 S., 10 Abb.; Freiburg, Stuttgart – (Geol. Landesamt Baden-Württemberg, Hrsg.).

SINGEWALD, C. (1992): Naturwerkstein – Exploration und Gewinnung: Untersuchung, Bewertung, Verfahren, Kosten. – 260 S., 244 Abb., 42 Tab.; Köln (Verl.-Ges. Müller).

WERNER, W., WITTENBRINK, J., BOCK, H. & KIMMIG, B. (2013), unter Mitarbeit von GRÜNER, F., STEIN, K. J., KOCH, R., HILDEBRANDT, L. & REIFF, W.: Naturwerksteine aus Baden-Württemberg – Vorkommen, Beschaffenheit und Nutzung. – 765 S., 1248 Abb., 45 Tab.; Freiburg i. Br. (L.-Amt. Geol., Rohst. Bergbau, Hrsg.). – ISBN 978-3-00-041100-7.

7 Zusammenfassung und Ausblick

[WOLFGANG WERNER & JENS WITTENBRINK]

Der vorliegende LGRB-Fachbericht befasst sich mit der Erstellung von amtlichen Rohstoffkarten in Baden-Württemberg und die in diesem Zusammenhang gesammelten Erfahrungen und Resultate aus rund drei Jahrzehnten. Das wichtigste Ziel dieser Karten und ihren zugehörigen analogen sowie digitalen Beschreibungen ist die rohstoffgeologische Beratung der staatlichen und betrieblichen Planungen zur Rohstoffsicherung. Ziel des Fachberichts ist es, die zwischenzeitlich bewährten Verfahren zu beschreiben und so die einheitliche Fortführung des Kartenwerks zu gewährleisten.

Ausgelöst wurde der Beginn der Arbeiten (1989) am damaligen Geologischen Landesamt durch das Rohstoffsicherungskonzept der Landesregierung aus dem Jahr 1982. Zwar waren die Orte der Rohstoffgewinnung im Land, also Steinbrüche, Gruben und Bergwerke, schon zuvor Ziel der Aufnahmen durch Landesgeologen, besonders weil dort die besten Einblicke in den Untergrund des Landes möglich sind. Doch handelte es sich dabei meist um Einzelfallbetrachtungen im Rahmen der allgemeinen Landesaufnahme, selten waren vorausschauende Planungen Ziel der Aufnahmen.

Mit der systematischen, landesweiten Erfassung und Bewertung der Rohstoffvorkommen, welche langfristig wirtschaftliche und zugleich aufgrund ihrer Größe regionalplanerische Bedeutung erlangen können, wurde Neuland betreten. Rasch war klar, dass die am Geologischen Dienst vorhandenen Daten nicht ausreichend sind, um fachlich fundierte Empfehlungen für weitreichende Planungen zur Rohstoffgewinnung geben zu können.

Um die erforderlichen Erkenntnisse zu erlangen, wurden vier verschiedene, zeitlich ineinandergreifende Maßnahmen in Angriff genommen:

(1) Verfügbarmachung verstreuter Daten aus geologischer Kartierung, aus Bohrarbeiten von staatlichen und betrieblichen Vorhaben, geologischen Gutachten und Forschungsarbeiten vorausgegangener Jahrzehnte
(2) Erhebung von Daten zur Rohstoffgewinnung und -verwendung, zur genehmigungsrechtlichen Situation und betrieblichen Planungen in über 600 Gewinnungsstellen; Erhebung historischer Gewinnungstätigkeit („Altabbaue“)
(3) Systematische rohstoffgeologische Kartierung im Maßstab 1 : 25.000 unter Zugrundelegung landesweit einheitlicher Verfahren und Bewertungskriterien
(4) Durchführung von – oft aufwändigen – Erkundungsarbeiten mittels Kernbohrungen, Geophysik und Gesteinsanalytik.

Im ersten Kapitel des Fachberichts wird zunächst das Kartenwerk KMR 50 hinsichtlich Zielsetzung und Aufbau und mit Kartenbeispielen erläutert dargestellt und die effektive Bedeutung für die Rohstoffsicherung beleuchtet. Kapitel 2 umreißt die Entwicklungsgeschichte der amtlichen Rohstoffkarten beginnend mit den politischen und regionalplanerischen Hintergründen, die zum Rohstoffsicherungskonzept geführt haben. Die Kartenwerke Prognostische Rohstoffkarte und Lagerstättenpotenzialkarte werden anhand zahlreicher Ergebnisbeispiele beschrieben. Beide Kartenwerke stellten sich für die Veröffentlichung als wenig geeignet heraus, liefern aber heute noch wertvolle Grundlagendaten für die KMR 50-Bearbeitung.

Kapitel 3 geht auf die zur analogen und digitalen Publikation gelangenden Komponenten des Kartenwerks KMR 50 ein und erläutert die verwendeten Bewertungsmaßstäbe und -werkzeuge.

Kapitel 4 gibt konkrete Handreichungen für die Rohstoffkartierung – von der Vorbereitung im Büro, über die Geländeaufnahmen, Betriebserhebungen bis zur Durchführung von Erkundungsarbeiten einschließlich Bohrungen, Probenahme und Geophysik. Eine praktische Handlungsanleitung für die mineralogisch-petrographische Analytik gibt Kapitel 5. Mit Fallbeispielen aus der Kartierung und Bewertung von oberflächennahen Rohstoffvorkommen im Kapitel 6 schließt der Fachbericht ab; dazu wurden 11 verschiedene Rohstoffgruppen aus verschiedenen Landesteilen ausgewählt.

Ausblick

Die Erfassung und einheitliche Bewertung der oberflächennahen Rohstoffvorkommen in Baden-Württemberg ist zwischenzeitlich weit vorangeschritten. Im vergangenen Jahr waren bereits mehr als 50 % der Landesfläche mit Karten vom Detaillierungsgrad der KMR 50 überdeckt. In den kommenden Jahren sind neben der weiteren Rohstoffkartierung im Stil der KMR 50 noch unbearbeiteter Gebiete bereits die ersten Neuauflagen bzw. Datenaktualisierungen vorzunehmen.

Wachsende Bedeutung erlangt die Publikation der Ergebnisse im Internet, so z. B. im LGRB-Mapserver (http://maps.lgrb-bw.de/) und im neuen Portal „LGRBwissen“.

Die Bedeutung der rohstoffgeologischen Bewertungen für die Regionalplanung steigt kontinuierlich an. Betriebliche Anträge zu Erweiterung oder Neuaufschluss sind seit vielen Jahren nur mehr dort aussichtsreich, wo zuvor im Regionalplan Vorranggebiete für den Rohstoffabbau ausgewiesen wurden. Diese Vorranggebiete liegen heute fast ausschließlich in solchen Arealen, für welche das LGRB die rohstoffgeologische bzw. rohstoffwirtschaftliche Eignung bestätigt hat.

Aufgrund der langjährigen Erfahrungen und zahlreichen positiven Beispiele bei den Verfahren zur Rohstoffsicherung könnte sich das „Produkt KMR 50“ auch für andere Bundesländer als geeignet erweisen.

Anhang

Bisher erschienene Karten und Erläuterungen zur *Karte der mineralischen Rohstoffe von Baden-Württemberg 1 : 50 000* (KMR 50)

(in seit 2016 vorgegebener Zitierweise, gelistet nach aufsteigender Blattnummer der TK 50)

LGRB – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, RP Freiburg (2012): Erläuterungen zu Blatt **L 6516 Mannheim, L 6518 Heidelberg-Nord und L 6716 Speyer** mit Anteilen von L 6316 Worms und L 6318 Erbach. – Kt. mineral. Rohst. Baden-Württ. 1 : 50 000: 167 S., 32 Abb., 7 Tab., 1 Kt.; Freiburg i. Br. – [Bearbeiter: KLEINSCHNITZ, M., mit Beiträgen von WERNER, W.].

LGRB – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, RP Freiburg (2007): Erläuterungen zu Blatt **L 6716/L 6916 Speyer/Karlsruhe-Nord** (Anteil Baden-Württemberg). – Kt. mineral. Rohst. Baden-Württ. 1 : 50 000: 278 S., 24 Abb., 4 Tab., 2 Kt.; Freiburg i. Br. – [Bearbeiter: KLEINSCHNITZ, M. & KESTEN, D., mit Beiträgen von WERNER, W. & KILGER, B.-M.].

LGRB – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, RP Freiburg (2009): Erläuterungen zu Blatt **L 6718 Heidelberg-Süd.** – Kt. mineral. Rohst. Baden-Württ. 1 : 50 000: 242 S., 33 Abb., 8 Tab., 1 Kt.; Freiburg i. Br. – [Bearbeiter: KLEINSCHNITZ, M., mit einem Beitrag von ENGESSER, W.].

LGRB – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (2003): Erläuterungen zu Blatt **L 6924 Schwäbisch Hall**. – Kt. mineral. Rohst. Baden-Württ. 1 : 50 000: 181 S., 28 Abb., 6 Tab., 1 Kt.; Freiburg i. Br. – [Bearbeiter: BOCK, H. & KOBLER, H.-U., mit Beiträgen von BOCK, W.-D., PATZELT, A., REIMANN, M., SIMON, T., WALDHÖR, M. & WERNER, W.].

LGRB – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, RP Freiburg (2005): Erläuterungen zu Blatt **L 6926 Crailsheim.** – Kt. mineral. Rohst. Baden-Württ. 1 : 50 000: 132 S., 20 Abb., 5 Tab., 1 Kt.; Freiburg i. Br. – [Bearbeiter: BOCK, H.].

LGRB – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, RP Freiburg (2010): Erläuterungen zu Blatt **L 7114/L 7116 Rastatt/Karlsruhe-Süd**. – Kt. mineral. Rohst. Baden-Württ. 1 : 50 000: 237 S., 30 Abb., 9 Tab., 3 Kt.; Freiburg i. Br. – [Bearbeiter: KIMMIG, B. & KESTEN, D., mit Beiträgen von WERNER, W. & KILGER, B.-M.].

LGRB – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (2004): Erläuterungen zu Blatt **L 7118 Pforzheim**. – Kt. mineral. Rohst. Baden-Württ. 1 : 50 000: 225 S., 33 Abb., 4 Tab., 1 Kt.; Freiburg i. Br. – [Bearbeiter: KNAAK, M., mit Beiträgen von WERNER, W., KILGER, B.-M. & WALDMANN, F.].

LGRB – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, RP Freiburg (2008): Erläuterungen zu Blatt **L 7120/L 7122 Stuttgart-Nord/Backnang**. – Kt. mineral. Rohst. Baden-Württ. 1 : 50 000: 242 S., 24 Abb., 6 Tab., 2 Kt.; Freiburg i. Br. – [Bearbeiter: HOFFMANN, B. & KIMMIG, B., mit einem Beitrag von PRESTEL, R.].

LGRB – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, RP Freiburg (2015): Erläuterungen zu Blatt **L 7126/L 7128 Aalen/Nördlingen (Südteil) und L 7326/L 7328 Heidenheim a. d. Brenz/Höchstädt a. d. Donau**. – Kt. mineral. Rohst. Baden-Württ. 1 : 50 000: 207 S., 41 Abb., 10 Tab., 2 Kt.; Freiburg i. Br. – [Bearbeiter: WITTENBRINK, J., mit Beiträgen von WERNER, W.].

LGRB – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, RP Freiburg (2011): Erläuterungen zu Blatt **L 7312/L 7314 Rheinau/Baden-Baden**, mit Westteil des Blattes L 7316 Bad Wildbad. – Kt. mineral. Rohst. Baden-Württ. 1 : 50 000: 243 S., 36 Abb., 9 Tab., 3 Kt.; Freiburg i. Br. – [Bearbeiter: ANDERS, B. & KIMMIG, B., mit Beiträgen von WERNER, W. & KILGER, B.-M.].

LGRB – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (2001): Erläuterungen zu Blatt **L 7324 Geislingen a. d. Steige**. – Kt. mineral. Rohst. Baden-Württ. 1 : 50 000: 91 S., 7 Abb., 5 Tab., 1 Kt.; Freiburg i. Br. – [Bearbeiter: WAGENPLAST, P. & WERNER, W.].

LGRB – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, RP Freiburg (2011): Erläuterungen zu Blatt **L 7512/L 7514 Offenburg/Oberkirch (Westteil) und Blatt L 7712 Lahr i. Schwarzwald**. – Kt. mineral. Rohst. Baden-Württ. 1 : 50 000: 362 S., 55 Abb., 15 Tab., 3 Kt.; Freiburg i. Br. – [Bearbeiter: POSER, C. & KLEINSCHNITZ, M., mit Beiträgen von BAUER, M. & WERNER, W.].

LGRB – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, RP Freiburg (2006): Erläuterungen zu Blatt **L 7516/L 7518 Freudenstadt/Rottenburg am Neckar**. – Kt. mineral. Rohst. Baden-Württ. 1 : 50 000: 260 S., 33 Abb., 6 Tab., 2 Kt.; Freiburg i. Br. – [Bearbeiter: KESTEN, D. & WERNER, W., mit Beiträgen von KILGER, B.-M. & SELG, M.].

LGRB – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (2000): Erläuterungen zu Blatt **L 7524 Blaubeuren**. – Kt. mineral. Rohst. Baden-Württ. 1 : 50 000: 101 S., 5 Abb., 14 Tab., 1 Kt.; Freiburg i. Br. – [Bearbeiter: MAUS, B., mit Beiträgen von WERNER, W., KIMMIG, B., WAGENPLAST, P., FRANZ, M. & BOCK, H.].

LGRB – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (2001): Erläuterungen zu Blatt **L 7526 Günzburg** (Anteil Baden-Württemberg). – Kt. mineral. Rohst. Baden-Württ. 1 : 50 000: 69 S., 11 Abb., 12 Tab., 1 Kt.; Freiburg i. Br. – [Bearbeiter: MAUS, B. & BOCK, H., mit Beiträgen von KIMMIG, B. & WERNER, W.].

LGRB – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (1999): Erläuterungen zu Blatt **L 7718 Balingen**. – Kt. mineral. Rohst. Baden-Württ. 1 : 50 000: 48 S., 4 Abb., 11 Tab., 1 Kt.; Freiburg i. Br. – [Bearbeiter: KIMMIG, B., BOCK, H., LEIBER, J. & WERNER, W.].

LGRB – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (2001): Erläuterungen zu Blatt **L 7724/L 7726 Ulm/Neu-Ulm** (Anteil Baden-Württemberg). – Kt. mineral. Rohst. Baden-Württ. 1 : 50 000: 116 S., 2 Abb., 14 Tab., 1 Kt.; Freiburg i. Br. – [Bearbeiter: BOCK, H., mit Beiträgen von KIMMIG, B., WERNER, W. & SZENKLER, C.].

LGRB – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, RP Freiburg (2010): Erläuterungen zu Blatt L 7910/L 7912 **Breisach am Rhein/Freiburg i. Br.-Nord**. – Kt. mineral. Rohst. Baden-Württ. 1 : 50 000: 258 S., 35 Abb., 10 Tab., 2 Kt.; Freiburg i. Br. – [Bearbeiter: WITTENBRINK, J. & WERNER, W., mit einem Beitrag von SELG, M.].

LGRB – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, RP Freiburg (2005): Erläuterungen zu Blatt L 7920 **Sigmaringen**. – Kt. mineral. Rohst. Baden-Württ. 1 : 50 000: 151 S., 19 Abb., 6 Tab., 1 Kt.; Freiburg i. Br. – [Bearbeiter: WERNER, W. & KLEINSCHNITZ, M.].

LGRB – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (2004): Erläuterungen zu Blatt **L 7922 Bad Saulgau**. – Kt. mineral. Rohst. Baden-Württ. 1 : 50 000: 190 S., 23 Abb., 11 Tab., 1 Kt.; Freiburg i. Br. – [Bearbeiter: WERNER, W. & KIMMIG, B., mit Beiträgen von KOSINOWSKI, M.].

LGRB – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (2000): Erläuterungen zu Blatt **L 7924/L 7926 Biberach a. d. Riß/Babenhausen** (Anteil Baden-Württemberg). – Kt. mineral. Rohst. Baden-Württ. 1 : 50 000: 156 S., 6 Abb., 10 Tab., 1 Kt.; Freiburg i. Br. – [Bearbeiter: SZENKLER, C. & WERNER, W., mit einem Beitrag von KOSINOWSKI, M.].

LGRB – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, RP Freiburg (2017): Erläuterungen den Blättern **L 8110/L 8112 Müllheim/Freiburg im Breisgau Süd und L 8310/L 8312 Lörrach/Schopfheim** mit Anteilen von L 8510 Weil am Rhein und L 8512 Bad Säckingen. – Kt. Mineral. Rohstoffe Baden-Württ. 1 : 50 000: 432 S., 196 Abb., 18. Tab., 4 Kt.; Freiburg i. Br. – [Bearbeiter: KIMMIG, B., WERNER, W., ELSÄßER, L., & SCHMITZ, M.].

LGRB – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, RP Freiburg (2016): Erläuterungen zu Blatt **L 8118/L 8318 Tuttlingen/Singen** (Hohentwiel). – Kt. mineral. Rohst. Baden-Württ. 1 : 50 000: 273 S., 49 Abb., 9 Tab., 1 Kt.; Freiburg i. Br. – [Bearbeiter: KLEINSCHNITZ, M., mit Beiträgen von BOCK, H. & WERNER, W.].

LGRB – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, RP Freiburg (2013): Erläuterungen zu Blatt **L 8120 Stockach**. – Kt. mineral. Rohst. Baden-Württ. 1 : 50 000: 132 S., 23 Abb., 6 Tab., 1 Kt.; Freiburg i. Br. – [Bearbeiter: KLEINSCHNITZ, M. & KIMMIG, B.].

LGRB – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (2003): Erläuterungen zu Blatt **L 8122 Weingarten**. – Kt. mineral. Rohst. Baden-Württ. 1 : 50 000: 99 S., 18 Abb., 8 Tab., 1 Kt.; Freiburg i. Br. – [Bearbeiter: HEINZ, J., mit Beiträgen von BABIES, H. G., KIMMIG, B., KOSTIC, B., SCHUH, M. & WERNER, W.].

LGRB – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (2002): Erläuterungen zu Blatt **L 8124/L 8126 Waldsee/Memmingen** (Anteil Baden-Württemberg). – Kt. mineral. Rohst. Baden-Württ. 1 : 50 000: 147 S., 9 Abb., 6 Tab., 1 Kt.; Freiburg i. Br. – [Bearbeiter: HEINZ, J., SZENKLER, C. & WERNER, W., mit Beiträgen von BABIES, H. G. & BOCK, W.-D.].

LGRB – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (2002): Erläuterungen zu Blatt **L 8316/L 8516 Stühlingen/Hohentengen am Hochrhein** (Anteil Baden-Württemberg). – Kt. mineral. Rohst. Baden-Württ. 1 : 50 000: 162 S., 25 Abb., 7 Tab., 1 Kt.; Freiburg i. Br. – [Bearbeiter: BUTSCHER, C., mit Beiträgen von WERNER, W. & HEINZ, J.].

LGRB – Fachberichte

1/2006	(2006)	Mineral-, Heil- und Thermalwässer, Solen und Säuerlinge in Baden-Württemberg (1. Ausg. 03-2002/überarb. Ausg. 06-2006); *20 S., 1 Abb., 1 Tab., 1 Kt.*	10,– €
1/2006	(2006)	Hydrogeologische Untersuchungen zur Beurteilung von Tiefbaggerungen durch den Oberen Zwischenhorizont in der Rheinniederung nördlich von Karlsruhe; *66 S.,37 Abb.37, 7 Tab.*	10,– €
1/2007	(2007)	Hochauflösende Reflexionsseismik auf dem Rhein und dem Rheinseitenkanal zwischen Mannheim und Rheinfelden; *60 S., 32 Abb., 7 Tab., 1 CD-ROM*	18,– €
1/2008	(2008)	Verweilzeiten des Grundwassers in oberflächennahen Grundwasserleitern in Baden-Württemberg; *31 S., 4 Abb., 5 Tab.*	10,– €
2/2008	(2008)	Untergrundtemperaturen in Baden-Württemberg; *28 S., 14 Abb., 2 Tab.*	10,– €
2015/1	(2015)	Organische Kohlenstoffvorräte der Böden in Baden-Württemberg; *64 S., 28 Abb., 17 Tab.*	*
2015/2	(2015)	Ermittlung langjähriger CO_2-Emissionen und Beurteilung der Moore Oberschwabens auf Basis historischer und aktueller Höhennivellements; *44 (+69) S., 15 (+107) Abb., 24 (+3) Tab. (Angaben zum Anhang in Klammern)*	*
2015/3	(2015)	Identifikation kleinräumiger Risikogebiete zur Reduzierung der diffusen Phosphateinträge in Oberflächengewässer; *37 S., 27 Abb., 13 Tab.*	*
2015/4	(2015)	Lithostratigraphische Entwicklung des baden-württembergischen Rheingletscher-gebiets: Übertiefe Becken- und Moränenlandschaft; *86 (+19) S., 0 (+16) Abb., 4 Tab. (Angaben zum Abbildungsteil in Klammern)*	*
2016/1	(2016)	Paläoböden in quartärgeologischen Sequenzen und als Bestandteil des Solumns rezenter Oberflächenböden (... Schichtstufenlandschaft und Alpenvorland ...); *63 S., 19 Abb., 16 Fot., 6 Tab.* [Exkursionsführer 35. Jahrestagung AG Paläopedologie]	*
2017/1	(2017)	Periglaziäre Lagen – Ansprache und Gliederung in der feldbodenkundlichen Praxis und ihre Bedeutung für die Bodenbildung; *78 S., 11 Abb., 35 Fot., 22 Tab.* [Exkursionsführer zum Geländeworkshop der DBG]	*
2017/2	(2017)	Bodenhydrologische Karte Baden-Württemberg *25 (+9) S., 9 (+16) Abb., 5 Tab. (Angaben zum Anhang in Klammern)*	*

LGRB – Informationen

...	...	...	
Heft 18	(2006)	Rohstoffbericht Baden-Württemberg 2006 – Gewinnung, Verbrauch und Sicherung von mineralischen Rohstoffen; *202 S., 209 + 12 Abb., 15 Tab., 1 Kt.*	*
Heft 19	(2007)	Hydrogeologischer Bau und Aquifereigenschaften der Lockergesteine im Oberrheingraben (Baden-Württemberg); *130 S., 118 Abb., 12 Tab.*	10,– €
Heft 20	(2008)	Hydrogeologische Einheiten in Baden-Württemberg; *106 S., 79 Abb., 21 Tab., 1 Kt.*	15,– €
Heft 21	(2008)	Das Geologische Landesmodell von Baden-Württemberg: Datengrundlagen, technische Umsetzung und erste geologische Ergebnisse; *82 S., 36 Abb., 3 Tab. im Anh.), 10 Beilage.*	15,– €
Heft 22	(2009)	Beiträge zur Lithostratigraphie in Baden-Württemberg; *146 S., 53 Abb., 5 Tab.*	15,– €
Heft 23	(2009)	Natürliche Geogene Grundwasserbeschaffenheit in den hydrogeochemischen Einheiten von Baden-Württemberg; *192 S., 43 Abb., 55 Tab., 48 Kt.*	15.– €
Heft 24	(2009)	Geogene Grundgehalte (Hintergrundwerte) in den petrogeochemischen Einheiten von Baden-Württemberg; *98 S., 62 Abb., 22 Tab., 40 Kt.*	15,– €
Heft 25	(2010)	Beiträge zur Geologie und Bodenkunde in Baden-Württemberg; *142 S., 78 Abb., 17 Tab., 1 Beil.*	15,– €
Heft 26	(2012)	Die Forschungsbohrung Heidelberg und Beiträge zum Quartär in Baden-Württemberg; *216 S., 107 Abb., 35 Tab., 1 Beil.*	20,– €
Heft 27	(2013)	Rohstoffbericht Baden-Württemberg 2012/2013 Bedarf, Gewinnung und Sicherung von mineralischen Rohstoffen – Dritter Landesrohstoffbericht; *204 S., 228 Abb., 7 Tab.*	10,– €
Heft 28	(2013)	Geopotenziale des tieferen Untergrundes im Oberrheingraben – Fachlich-Technischer Abschlussbericht des INTERREG-Projektes GeORG; *103 S., 49 Abb., 7 Tab.*	10,– €
Heft 29	(2014)	Geologische Ergebnisse der Geothermiebohrungen Urach 1, Urach 3 und Urach 4; *152 S., 38 Abb., 3 Tab., 2 Anh.*	15,– €
Heft 30	(2015)	GeoMol LCA Projektteam (2015): GeoMol – Geopotenziale für die nachhaltige Nutzung des tieferen Untergrundes in den alpinen Vorlandbecken; *142 S., 78 Abb., 22 Tab.*	10,– €

Alle oben aufgeführten Schriften sind im LGRB-Online-Shop käuflich zu erwerben.
Preise zuzüglich Versandkosten. Nicht aufgeführte Titel sind zurzeit vergriffen.
* = diese Produkte sind kostenlos downloadbar unter *https://produkte.lgrb-bw.de/schriftensuche*