



2 Erkundung und Kartierung der mineralischen Rohstoffe Baden-Württembergs

2.1 Überblick über die mineralischen Rohstoffe des Landes

Das Land Baden-Württemberg verfügt über eine große Zahl verschiedenartiger mineralischer Rohstoffe. Aktuell werden sie in 516 Abbaubetrieben meist über Tage, z. T. aber auch unter Tage gewonnen und in unmittelbarer Nähe des Gewinnungsorts zu einer beeindruckenden Anzahl von Produkten für alle Gewerbe- und Industriezweige verarbeitet. Über den Umfang der Gewinnung bzw. des Verbrauchs informiert Kap. 3.

Mineralische und energetische Bodenschätze lassen sich in vier Hauptgruppen gliedern:

(1) Steine und Erden, (2) Industriemineralien, (3) Metallrohstoffe und (4) Energierohstoffe. Die Auflistung entspricht in ihrer Reihenfolge auch dem in Baden-Württemberg anzutreffenden natürlichen Dargebot: Steine- und Erden-Vorkommen weisen immense geologische Vorräte auf, bei Steinsalz, Fluss- und Schwerspat sowie Quarzsanden sind beachtliche Industriemineralagerstätten bekannt oder zu erwarten, Metallerze und Energierohstoffe sind für die Eigenversorgung nicht im ausreichenden Umfang vorhanden, obgleich noch Erschließungspotenzial besteht.

Eine ausführliche Übersichtsdarstellung für die Rohstoffe des Landes und ihre Verwendung bietet der LGRB-Rohstoffbericht von 2006 (WERNER et al. 2006)³. Eine an die breite Öffentlichkeit gerichtete Darstellung ist in der *Geologischen Übersichts- und Schulkarte von Baden-Württemberg* von 2011 zu finden (VILLINGER & WERNER 2011). Eine übersichtliche Beschreibung aller wichtigen Baumassenrohstoffe Gesamtdeutschlands, inklusive der aus Baden-Württemberg, ist jüngst in der *Mono-graphie der Steine- und Erden-Rohstoffe in der Bundesrepublik Deutschland* erschienen (BÖRNER et al. 2012). Der vorliegende Bericht konzentriert sich daher, wie eingangs dargelegt, auf die Entwicklungen in Rohstoffgewinnung und Planung.

Der aktuelle Kenntnisstand über die tiefliegenden Rohstoffe des Landes ist in der Arbeit von WERNER (2012) zusammengefasst.

Im Rohstoffbericht stehen die Verbrauchs- und Vorratsmengen im Zusammenhang mit den staatlichen Planungs-, Beratungs- und Genehmigungsverfahren im Vordergrund. Gliedert man die mineralischen Rohstoffe Baden-Württembergs **nach den in 2011 erzielten Fördermengen**, so ergibt sich folgende Reihung:

- (1) Natursteine für Verkehrswegebau, Baustoffe und Betonzuschlag, Untergruppe Kalksteine
- (2) Kiese für Verkehrswegebau, Baustoffe und Betonzuschlag
- (3) Sande/Bausande
- (4) Zementrohstoffe inkl. Energierohstoff Ölschiefer
- (5) Hochreine Kalksteine
- (6) Steinsalz und Sole
- (7) Natursteine für Verkehrswegebau, Baustoffe und Betonzuschlag, Untergruppe Metamorphite
- (8) Natursteine für Verkehrswegebau, Baustoffe und Betonzuschlag, Untergruppe Plutonite
- (9) Sulfatgesteine
- (10) Ziegeleirohstoffe/grobkeramische Rohstoffe
- (11) Quarzsande und -kiese
- (12) Natursteine für Verkehrswegebau, Baustoffe und Betonzuschlag, Untergruppe Vulkanite
- (13) Fluss- und Schwerspat („Spate“)
- (14) Naturwerksteine
- (15) Sonstige Rohstoffe: Gruse aus Graniten und Metamorphiten, Torf, gebrochene Sandsteine für den Wegebau, Silber- und Kupfererz, Kohlendioxid (CO₂).

Eine Übersicht über diese hinsichtlich der Fördermengen wichtigsten mineralischen Rohstoffe liefert die Darstellung auf den folgenden Seiten 24–28.

³ http://www.lgrb.uni-freiburg.de/lgrb/Produkte/schriften/online-publikationen/informationen_18



Jura-Kalkstein

(1) Kalkstein – ein überwiegend aus Calciumkarbonat bestehendes Sedimentgestein.

Wichtige Lagerstättengebiete: Muschelkalk im Neckargebiet und Kraichgau, Oberjura der Schwäbischen Alb, Ober- und Mitteljura der Vorbergzone am südlichen Oberrhein.

Fördermenge in Baden-Württemberg 2011: 30,2 Mio. t; durchschnittliche Fördermenge im Zeitraum 1992–2012: 32,1 Mio. t.

Hauptverwendungsbereiche: Als druckfester und beständiger, im gemahlenen Zustand jedoch gut reaktionsfähiger Naturstein wird er besonders für den Verkehrswegebau, für die Herstellung von Baustoffen (Zemente,

Putze, Mörtel) und als Betonzuschlag verwendet; auch im Düngemittelbereich wird er eingesetzt. Hauptprodukte der Steinbrüche sind Gesteinsmehle, Splitte und Brechsande, Edelsplitte und Edelbrechsande, Schotter, kornabgestufte Gemische und Wasserbausteine.

Hinweis: Die Bedeutung dieses Baurohstoffs wird im Land wahrscheinlich weiter steigen, weil Kieslagerstätten besonders durch Konflikte mit dem Grundwasserschutz immer weniger genutzt werden können.



Grobkies

(2) Kiese – aus gerundeten Gesteinskörnern zwischen 2 und 60 mm Größe aufgebaute Lockersedimente der quartären Ablagerungen.

Wichtige Lagerstättengebiete: Oberrheingraben, Alpenvorland (Molassebecken), Flusstäler.

Fördermenge in Baden-Württemberg 2011: 26,2 Mio. t; durchschnittliche Fördermenge im Zeitraum 1992–2012: 31,3 Mio. t.

Hauptverwendungsbereiche: Erzeugung von Gesteinskörnungen (Schotter, Splitte, Brechsande) für den Verkehrswegebau, für Baustoffe und als Betonzuschlag: Hochbau (Betonzuschlag, Mörtelzuschlag), Straßen- und Gleisbau, Tiefbau (Frostschutz-, Tragschichtkies, Beton

und Decken), Transportbeton, Beton- und Fertigteilindustrie, Werkmörtel, Garten- und Landschaftsbau.

Hinweise: (1) Sehr hochwertiger Baurohstoff, besonders für hochbelastbare Straßen und Betonarten wichtig; der weite Transport der Kiesgerölle durch eiszeitliche Schmelzwässer führte zur Anreicherung besonders stabiler Gesteine. (2) Beim Oberrheingraben handelt es sich um die größte Kieslagerstätte Europas.



Rheinsand

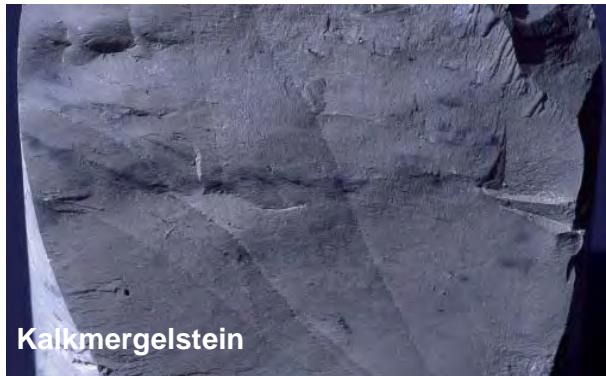
(3) Sande/Bausande – Lockersedimente, die aus Kornmengen zwischen Kies- und Schluffkorngröße (0,063 und 2 mm) bestehen; sie treten häufig auf selber Lagerstätte wie die Kiese auf.

Wichtige Lagerstättengebiete: Oberrheingraben, Alpenvorland (Molassebecken), große Flusstäler, im Keuperbergland (Stubensandstein) sowie im Tertiär und Quartär der Ostalb (Goldshöfer Sande, Grimmelfinger Graupensande).

Fördermenge in Baden-Württemberg 2011: rund 11,2 Mio. t; durchschnittliche Fördermenge im Zeitraum 1992–2012: 13,4 Mio. t.

Hauptverwendungsbereiche: Bettungs-, Fugen- und

Verfüllsande (Pflastersande, Kabelsande), Beton-, Mörtel- und Estrichsande, Filtersande, Magerungsmittel in grobkeramischen Massen, Herstellung von Kalksandstein, Industriesande in der Gießerei-, Eisen-, Glas-, Feuerfest- und Chemischen Industrie (vgl. Quarzsande).



Kalkmergelstein

(Quarzsand, Gips und/oder Anhydrit, Eisenerz, Hüttensanden, Flugaschen) wird Zement, also ein hydraulisch erhärtender Baustoff, hergestellt. Der wichtigste ist der Portlandzement. Zement wird vor allem für die Erzeugung von Beton verwendet. Beton ist ein künstlicher Stein, der aus Zement, Wasser und Zuschlagstoffen wie Sand, Kies und Splitt erzeugt wird. **Hinweis:** Baden-Württemberg gilt als die „Wiege der Zementindustrie“, erstmals wurde bei Ulm 1838 Portlandzement hergestellt; heute sind sechs große Werke der Firmen HeidelbergCement, Schwenk, Holcim und Lafarge in Betrieb.

(4) Zementrohstoffe – sind Sedimentgesteine aus den mineralischen Hauptkomponenten Kalk, Ton und Quarz, welche die Grundlage der Portlandzementherstellung darstellen.

Wichtige Lagerstättengebiete: Oberjura der Schwäbischen Alb, Unterjura bei Dotternhausen, Muschelkalk im Kraichgau.

Fördermenge in Baden-Württemberg 2011: 7,0 Mio. t, davon 6,6 Mio. t aus Mergelsteinen und 0,4 Mio. t aus energiereichem Ölschiefer (Posidonienschiefer); durchschnittliche Fördermenge 1992–2012: 7,0 Mio. t.

Hauptverwendungsbereiche: Aus den Hauptrohstoffen Kalkstein und Mergelstein sowie den Zuschlagstoffen



Steinsalz

von Speisen (Soßen, Suppen, Frühstücksei usw.), der Erzeugung von Medikamenten und Heilmitteln bis hin zum Mikroprozessor im Computer, dessen hochreines Silizium nicht ohne NaCl erzeugt werden kann. Als Haupteinsatzbereiche werden unterschieden (a) Industriesalz z.B. für Soda, PVC, Natronlauge, pharmazeutische Produkte, (b) Auftausalz, (c) Gewerbesalz z. B. zur Wasserenthärtung durch Ionenaustausch, in der Landwirtschaft, zum Textilfärben und Konservieren, (d) Speisesalz, (e) als Sole findet es in Mineralbädern und für die Erzeugung von Siedesalz Verwendung.

Hinweise: (1) Baden-Württemberg ist durch die Bergwerke bei Heilbronn und Haigerloch das größte Steinsalzförderland Europas. (2) Die Muschelkalk-Steinsalzlager zeichnen sich aufgrund des Fehlens von Kalium- und Magnesium-Beimengungen durch besonders günstige Zusammensetzung aus.

(5) Steinsalz – aus Natriumchlorid und Beimengungen von Anhydrit und Ton bestehendes sedimentäres Festgestein, das durch Ausfällung aus Meerwasser entstanden ist.

Wichtige Lagerstättengebiete: Mittlerer Muschelkalk zwischen Schwäbisch Hall, Heilbronn und Rheinfeldern am Hochrhein (Abb. 48).

Fördermenge in Baden-Württemberg 2011: 5,0 Mio. t; durchschnittliche Fördermenge im Zeitraum 1992–2012: 3,8 Mio. t.

Hauptverwendungsbereiche: Der Segen von Stein- oder Kochsalz (NaCl) reicht von der Haltbarmachung von Lebensmitteln (z. B. Brot, Wurst, Fisch, Käse), dem Würzen



Kalkoolith

Wasseraufbereitung, Futtermittelindustrie etc., Mehle für chemische und sonstige weiterverarbeitende Industrie (Kunststoff, Farben, Lacke etc., Papierindustrie, Rauchgasentschwefelung), Weißfeinkalk (gemahlener gebrannter Kalkstein) z. B. für Kalksandstein, Porenbetonstein und zur Rauchgasentschwefelung, Weißkalkhydrat z. B. für Baustoffindustrie (Putz- und Maurermörtel) und als Kalkmilch z. B. für Wasseraufbereitung.

Hinweis: Reine Calciumkarbonatgesteine sind für die genannten Industrieprozesse und Anwendungen unverzichtbar und durch andere Stoffe nicht substituierbar.

(6) Hochreine Kalksteine – sind Kalkgesteine mit mehr als 98,5 % CaCO₃-Gehalt, somit von besonderer Reinheit; fehlen auch färbende Beimengungen wie Eisen-, Mangan- und Tonminerale, so spricht man von „Weißkalken“; hochreine Kalke zählen zu den Industriemineralen.

Wichtige Lagerstättengebiete: Oberjura der Schwäbischen Alb, Ober- und Mitteljura der Vorbergzone am südlichen Oberrhein.

Fördermenge in Baden-Württemberg 2011: 5,6 Mio. t; durchschnittliche Fördermenge im Zeitraum 1992–2012: 5,1 Mio. t.

Hauptverwendungsbereiche: Körnungen für Baustoffindustrie (Putze, Mörtel, Terrazzo etc.), Glasindustrie,



Grobschotter für Gabionen und Blöcke für den Wasserbau (Flussbausteine) sowie den Garten- und Landschaftsbau; trotz hervorragender Eignung werden die grauen und rötlichen Granite des Schwarzwalds mit ihren großen Feldspatkristallen wegen der fernöstlichen Billigimporte derzeit nur selten als Werksteine verwendet.

Hinweis: Mit den großen Granitplutonen des Schwarzwalds verfügt das Land über fast unerschöpfliche Natursteinressourcen, die zur Substitution anderer Baustoffe für den Verkehrswegebau künftig eine große Bedeutung erlangen können.

(7) Tiefengesteine – auch als Plutonite bezeichnete, aus einem Magma erstarrte, überwiegend richtungslos körnige und eng verzahnte Kristallingesteine.

Wichtige Lagerstättengebiete: Kristallingebiete von Schwarzwald und Odenwald, vor allem Nord- und Südschwarzwald.

Fördermenge in Baden-Württemberg 2011: 1,4 Mio. t; durchschnittliche Abbaumenge im Zeitraum 1992–2012: 1,2 Mio. t.

Hauptverwendungsbereiche: Natursteine für den Verkehrswegebau und als Betonzuschlag; aus den heimischen Graniten werden Brechsande, Betonsplitt sowie Schotter und Mineralbetonkörnungen erzeugt, ferner



auch Schropfen für den Hang- und Uferverbau werden erzeugt. Je nach Beschaffenheit des Vorkommens lassen sich Gemische, Brechsand-Splittgemische und „Mineralbeton“ herstellen, welche vor allem zur Befestigung von Wirtschaftswegen eingesetzt werden.

(8) Metamorphe Gesteine – auch als Metamorphite bezeichnete, bei der variszischen Gebirgsbildung aus anderen Gesteinen bei hohen Drucken und Temperaturen entstandene Kristallingesteine, meist vergesellschaftet mit Granitgängen (Foto).

Wichtige Lagerstättengebiete: kristallines Grundgebirge des Schwarzwalds.

Fördermenge in Baden-Württemberg 2011: 1,5 Mio. t; durchschnittliche Fördermenge im Zeitraum 1992–2012: 1,3 Mio. t.

Hauptverwendungsbereiche: Als Natursteine für den Verkehrswegebau, für Baustoffe und als Betonzuschlag dienen sie der Produktion von Schottern und Splitten,



durchschnittliche Fördermenge im Zeitraum 1992–2012: 1,2 Mio. t.

Hauptverwendungsbereiche: Bauindustrie, Chemie, Handwerk, Medizin. Wichtige Produkte: Putze und Spachtelmassen, Stuck- und Putzgipse für Gipskartonplatten, Gips-Wandbauplatten und Innenputze, Estriche, Formgipse (Zahnmedizin, Unfallmedizin, Kunst, Handwerk). Auch als Abbindeverzögerer für Zemente, als Düngemittel und als Chemierohstoff wird Gips eingesetzt.

Hinweise: (1) Sulfatgesteine sind für die Bauindustrie ebenso unverzichtbar wie Kalkstein; ein Teil des Bedarfs kann durch REA-Gips gedeckt werden. (2) Aufgrund der intensiven Nutzung und der starken Nutzungskonkurrenzen stehen in Baden-Württemberg nur noch Vorräte für ca. 50 Jahre zur Verfügung.

(9) Sulfatgesteine – bei Eindampfung von Meerwasser wurde erst Gips gebildet, im Verlauf der Erdgeschichte entstand daraus durch Entwässerung Anhydrit; durch erneuten Wasserzutritt entstanden in Oberflächennähe wiederum Gipslagerstätten; Hauptkomponenten sind die Minerale Gips ($\text{CaSO}_4 \times 2 \text{H}_2\text{O}$) und Anhydrit (CaSO_4).

Wichtige Lagerstättengebiete: Gips- und Anhydritstein treten gemeinsam im Gipskeuper der Regionen Schwarzwald-Baar-Heuberg, Stuttgart, Neckar-Alb und Heilbronn-Franken auf; Anhydritlager sind im Mittleren Muschelkalk in allen Muschelkalkgebieten des Landes verbreitet; ihre Gewinnung erfolgt im Untertageabbau.

Fördermenge in Baden-Württemberg 2011: 1,1 Mio. t;



Historischer Mauerziegel

Muschelkalks, Röttone, Tonsteine des Oberrotliegenden.

Fördermenge in Baden-Württemberg 2011: 0,9 Mio. t; durchschnittliche Fördermenge im Zeitraum 1992–2012: im Mittel 1,9 Mio. t.

Hauptverwendungsbereiche: Grobkeramische Rohstoffe werden für Hinter- und Vormauerziegel, Klinker, Dach- und Deckenziegel, Feuerfeststeine, Schamotte, Dichtungstone (z. B. für Deponieabdeckungen), als Bindeton von Gießereisanden und für Leichtbetonzuschläge (Blähtone) verwendet.

Hinweise: (1) Besonders für ökologisches Bauen langfristig wichtiger Rohstoff. (2) Durch die Konzentration auf immer größere Ziegelwerke (Norddeutschland, Bayern, Polen usw.) geht die Gewinnung in Baden-Württemberg seit Jahren stark zurück.



Quarzkies

Sand). Ein erheblicher Teil der Quarzsandproduktion wird für die Herstellung von Gläsern eingesetzt. Quarzsande werden zur Herstellung von Schleif- und Putzmitteln, Gießereisanden, Keramik, Füllstoffen, Strahlsanden und Kalksandsteinen verwendet.

(11) Quarzsande und -kiese – fast vollständig aus Quarz bestehende Lockergesteinsablagerungen.

Wichtige Lagerstättengebiete: Oberrheingraben (Quartär und Jungtertiär), Keuperbergland, Ostalb, Gebiet Ulm-Grimmelfingen.

Fördermenge in Baden-Württemberg 2011: 0,8 Mio. t; durchschnittliche Fördermenge im Zeitraum 1992–2012: 1,0 Mio. t.

Hauptverwendungsbereiche: Die Quarzsandindustrie unterscheidet Quarzsande für die Bauindustrie (Bauchemie-Sand), Quarzsande als Füllstoff, für den Bau (Bauindustrie-Sand), für Gießereien (Gießerei-Sand), für höchste Gussqualität und für die Glasherstellung (Glas-



Rhyolith mit Fließgefüge

(12) Vulkanische Gesteine bzw. Vulkanite – durch vulkanische Eruptionen entstandene Fest- und Lockergesteine (Laven, Lapilli, Tuffe, Gänge usw.), in Baden-Württemberg permischen und tertiären Alters.

Wichtige Lagerstättengebiete: Bergsträßer Odenwald, Nord-, Zentral- und Südschwarzwald, Kaiserstuhl, Hegau.

Fördermenge in Baden-Württemberg 2011: 0,8 Mio. t; durchschnittliche Fördermenge 1992–2012: 1,2 Mio. t.

Hauptverwendungsbereiche: Verkehrswegebau, Baustoffe, Betonzuschlag: Quarzporphyre vor allem für Schottertragschichten, Gleisschotter, Wasserbausteine, Mineralbeton für Wirtschaftswege, Zuschlag für die Steinzeug- und Ziegelherstellung; Phonolithmehle

werden verwendet z. B. für Kompositzemente, Abbindeverzögerer in Putzen, zur Rauchgasreinigung in Müllverbrennungsanlagen, für Forst- und Landwirtschaft zur Bodenverbesserung und Düngung, als Naturfango, Füllstoff in Arzneimitteln, Zusatzstoff in Futtermitteln, Glasindustrie, als versteifender Füller in Bitumenmassen, zur Herstellung von Dämmstoffen.



Flussspat



Schwerspat mit Silberfahlerz

(13) Fluss- und Schwerspat – auch als Fluorit (CaF_2) und Baryt (BaSO_4) bezeichnete, in Gangspalten aus heißen Wässern, d. h. hydrothermal entstandene Industrieminerale.

Wichtige Lagerstättengebiete: Schwarzwald, besonders in den Revieren Pforzheim-Neuenbürg, Freudenstadt, Kinzigtal, Suggental-Glottertal, Münstertal, Wieden-Todtnau und St. Blasien.

Fördermenge in Baden-Württemberg 2011: vertraulich (nur ein Bergwerk); durchschnittliche Fördermenge 1992–2012: unter 0,2 Mio. t.

Hauptverwendungsbereiche: (1) Flussspat: Erzeugung von Flusssäure und Fluorkohlenwasserstoffen, synthetischem Kryolith (zur Aluminiumherstellung), Einsatz in der Glas-, Keramik- und Metallverarbeitung (Schweißtechnik) und der Erdölchemie, als Zusatzstoff in Zahnpflegemitteln. (2) Schwerspat: Füllstoffe, Schallschutzmassen (textile Bodenbeläge, Automobilindustrie), Spachtelmassen, Farbenindustrie (stabile Anstrichfarben), chemische und Kunststoffindustrie (nicht brennbare Kunststoffe), Scherbeton, Dichteregulator für Bohrspülungen (Erdöl-/Erdgasbohrungen). Schwerspatmehle der Grube Clara (Schwarzwald) werden u. a. in Korrosionsschutzlacken, Grundierungen, Gummiprodukten sowie bei der Herstellung hochwertiger Fußbodenbeläge, in Kittungen und Bremsbelägen eingesetzt.

Hinweise: (1) Der Schwarzwald ist vermutlich eines der größten Ressourcengebiete Europas für diese Industriemineralien; tiefreichende Explorationsprogramme stehen noch aus. (2) Die Spatgänge enthalten „beibrechend“ auch Zink-, Blei-, Kupfer- und Silbererze.



Maulbronner Schilfsandstein

(14) Naturwerksteine – natürliche Gesteine, die hinsichtlich Bearbeitbarkeit, Festigkeit, Witterungsbeständigkeit und visueller bzw. architektonischer Attraktivität alle Voraussetzungen mitbringen, um in oder an einem Bauwerk langfristig und wiederholt Verwendung finden zu können.

Wichtige Lagerstättengebiete: Schwarzwald und seine Vorberge, Odenwald, Keuperbergland, Muschelkalkgebiet entlang des Neckars und in Franken, Schwäbische Alb, Hochrheingebiet.

Fördermenge in Baden-Württemberg 2011: 110 000 t; durchschnittliche Fördermenge im Zeitraum 1992–2012: 130 000 t.

Hauptverwendungsbereiche: Massivbauten und Mauerwerk, Grab- und Denkmale, figürliche Arbeiten und Plastiken, Fassaden- und Bodenplatten, Innenarchitektur, Pflaster, Treppen, technische Steinkörper, Kunstgewerbe, Werkstücke zur Renovierung.

Hinweise: (1) Baden-Württemberg verfügt über eine besonders große Vielfalt an Naturwerksteinen (vor allem Sandsteine, Kalksteine, Travertine, Granite). (2) Wichtigster Baustoff für mehrere Zehntausend denkmalgeschützter Bauwerke; hochwertige Werksteine aus Originallagerstätten sind daher langfristig zum Erhalt dieser Bauwerke erforderlich.



2.2 Rohstofferkundung und -kartierung in Baden-Württemberg, aktuelle Ergebnisse

2.2.1 Zum Stand der Arbeiten, Begriffsdefinitionen

Die Bestandsaufnahme der verschiedenartigen Vorkommen und Lagerstätten mineralischer Rohstoffe ist seit jeher eine wichtige Aufgabe eines Geologischen Landesdienstes⁴. Dazu gehören die systematische Aufnahme und Beprobung von Locker- und Festgesteinsaufschlüssen, wo möglich auch die Kartierung untertägiger Aufschlüsse in betriebenen und auflässigen Bergwerken, die Aufnahme von Bohrungen Dritter sowie die Durchführung von eigenen Bohrprogrammen und anderen Erkundungsarbeiten, z. B. mittels geophysikalischer Methoden (Abb. 14–19).

Zahl, Ausdehnung und Komplexität der werthaltigen geologischen Körper bedingen, dass Erkundungs-, Auswertungs- und Dokumentationsarbeiten Generationen von Rohstofffachleuten beschäftigen. Weil sich in Abhängigkeit von der Entwicklung von Wirtschaft und Technik, Nachfrage oder Rohstoffverknappung die Einschätzung hinsichtlich der Bedeutung bzw. wertmäßigen Einstufung von Rohstoffvorkommen verändert, verschieben sich auch Bewertungsmaßstäbe; dies kommt auch im Gebrauch des Begriffs „Lagerstätte“ zum Ausdruck (s. u.). Die Daten über Rohstoffvorkommen müssen daher nicht nur fortlaufend aktualisiert, sondern auch neu bewertet werden. Lange Zeit waren Energierohstoffe wie Erdöl, Kohle, Torf und Uran besonders gefragt, ab Ende der 1980er Jahre trat die Suche nach möglichst hochwertigen Massenrohstoffen in den Vordergrund, seit einigen Jahren interessiert man sich immer mehr für die heimischen Lagerstätten der Naturwerksteine, der Industriemineralien und der seltenen Metallerze.

Als **Lagerstätte** bezeichnet man in der Rohstoffindustrie und in den angewandten Geowissenschaften eine natürliche Anhäufung nutzbarer Minerale und Gesteine, deren Ausdehnung, Qualität, bergbautechnische und wirtschaftliche Nutzbarkeit durch Erkundungsarbeiten hinreichend geklärt ist. Eine Lagerstätte ist ein *abbauwürdiges* Vorkommen mineralischer oder energetischer Rohstoffe.

Wie zuvor angedeutet, ist die Einschätzung eines über- oder untertägigen Vorkommens als Lagerstätte abhängig von den wirtschaftlichen Verhältnissen und damit zeitlich veränderlich.

Mit dem Begriff **Rohstoffvorkommen** wird hingegen zum Ausdruck gebracht, dass es sich um einen räumlich begrenzten geologischen Körper handelt, in dem mineralische Rohstoffe angereichert sind; es wird keine Aussage gemacht, ob die Minerale oder Gesteine dieses Vorkommens auch gegenwärtig wirtschaftlich gewinnbar sind oder sein können.

Auf den Rohstoffkarten des LGRB (Kap. 2.3) werden deshalb auch keine Lagerstätten, sondern **wirtschaftlich interessante Rohstoffvorkommen** ausgewiesen. Es werden damit die Gebiete eingeeignet, die für regionalplanerische und industrielle Planungen in Frage kommen. Den Nachweis der wirtschaftlichen Gewinnbarkeit eines Rohstoffs für einen bestimmten Verwendungsbereich kann nur die Rohstoffindustrie selbst durch geeignete weiterführende Untersuchungen und Berechnungen erbringen. Das LGRB ist mit seinen Erkundungsarbeiten, über die nachfolgend anhand

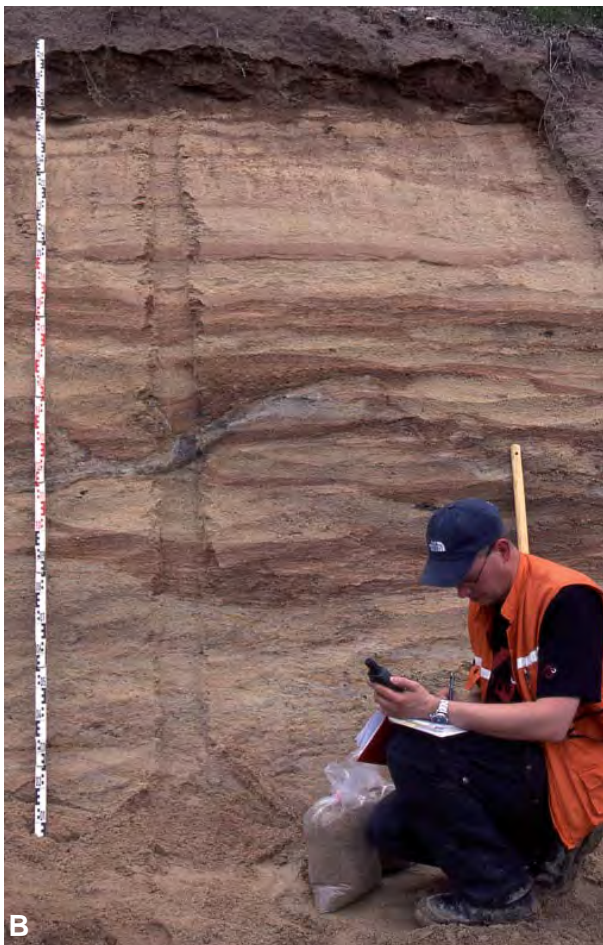


Abb. 14: Eine große Rolle bei der Aufnahme von Steinbrüchen spielt neben der Untersuchung des gewonnenen Rohstoffs auch die Ermittlung der nutzbaren Mächtigkeiten und der Abraumschichten, die im gezeigten Beispiel kräftig braun erscheinen. Kalksteinbruch im Oberjura bei Hülen, Ostalb (RG 7127-1).

⁴ Lagerstättengesetz: <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/lagerstg/gesamt.pdf>



◀ **Abb. 15:** Rohstoffgeologische Kartierung in Gewinnungsstellen: (A) Bestimmung von Sedimentmächtigkeiten sowie von sedimentologischen und tektonischen Gefügen in einem Sandsteinbruch (RG 6719-1). (B) Aufnahme und Beprobung einer Quarzsandlagerstätte im Goldshöfe-Sand bei Abtsgemünd (RG 7025-3), Ostalbkreis. Die Lage eines Probenahmepunkts wird mittels GPS genau lokalisiert, wodurch Analysedaten auch mit kartographischen Daten verknüpft werden können.



der Landesregierung aus den 1980er Jahren und das RSK 2 von 2004 zielen auf die Erfassung und Bewertung von raumplanungsrelevanten Massenrohstoffen und Naturwerksteinlagerstätten für die Baudenkmalpflege.

Stand der Erkundung

In Baden-Württemberg haben Erfassung und Bewertung der mineralischen Rohstoffe und Ermittlung des Bedarfs der heimischen Rohstoffindustrie seit 1990 erhebliche Fortschritte gemacht. Wichtigstes Publikationsmedium für die Ergebnisse sind Rohstoffkarten mit textlichen Erläuterungen (Kap. 2.3); diese haben ihren Schwerpunkt wegen der wichtigen Aufgabe der Unterstützung der regionalplanerischen Rohstoffsicherung (siehe Kap. 4) bei den oberflächennahen Rohstoffvorkommen. Der Zielmaßstab der LGRB-Rohstoffkarten ist $M = 1 : 50\,000$ (1 cm auf der Karte entspricht 500 m in der Natur). Somit sind nur Vorkommen darstellbar, die große Ausdehnung haben und deshalb regionalplanerische Bedeutung besitzen können.

Einige besonders wichtige und hochwertige Gesteinskörper konnten in den letzten 20 Jahren durch Bohrungen auch in der dritten Dimension für regionale und betriebliche Rohstoffsicherung hinreichend gut erkundet werden (Kap. 2.2.2), bei anderen – wie den Karbonatgesteinsvorkommen der Schwäbischen Alb oder den Sulfatgesteinsvorkommen Frankens – sind die Erkundungsarbeiten fortgeschritten (z. B. GLA 1995 b, GIESE & WERNER 1997), aber nicht abgeschlossen.

aktueller Beispiele berichtet wird, im „Vorfeld“ der Industrie und der Raumplanung unterwegs. Grundlage der Arbeiten ist das Lagerstätten-gesetz⁴. Das Rohstoffsicherungskonzept (RSK)



Bei der Erkundung kleinerer, jedoch besonders hochwertiger Naturwerksteinvorkommen wurden in den letzten 10 Jahren ebenfalls Fortschritte erzielt: Nachweis, Untersuchung und Bewertung solcher Gesteinslagerstätten sind zur Unterstützung der Baudenkmalpflege so vorangekommen, dass neue Steinbrüche erschlossen werden können, aus denen Bau- und Renovierungsmaterial gewonnen und an wichtigen denkmalgeschützten Bauwerken eingesetzt werden kann (Kap. 2.2.3).

Der Stand der Kenntnisse zu den tief liegenden Rohstoffen wird beispielhaft anhand der Steinsalzlagerstätten und der Mineralgänge im Schwarzwald erläutert (Kap. 2.3.4 und 2.5.5). Die Entstehung der bedeutenden Steinsalzlagerstätten im Mittleren Muschelkalk ist grundsätzlich geklärt, ihre Verbreitung durch Bergbau und Bohrungen in Grundzügen bekannt. Die Vorhersage wichtiger Phänomene, die auf sedimen-

täre, diagenetische und tektonische Prozesse sowie auf erdgeschichtlich junge Subrosion zurückgehen und ganz wesentlich die Lagerstättenmächtigkeit und die Wasserführung im Gebirge kontrollieren, ist aber noch immer, trotz langjähriger Untersuchungen in den Steinsalzlagerstätten bei Heilbronn und bei Haigerloch, nicht möglich. Leistungsfähige geophysikalische Erkundungsmethoden müssen entwickelt werden.

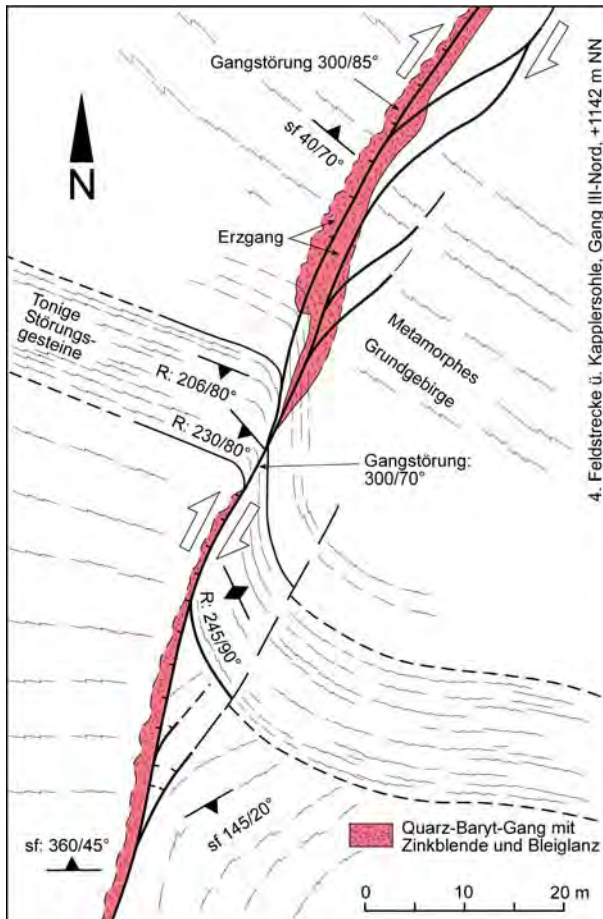


Abb. 16: Beispiel für das Ergebnis einer Untertagekartierung in einem auflässigen Bergwerk: Aufsicht auf eine verzerte Störung. Die Ermittlung von Bruchkinematik und Mineralisierungsablauf ermöglicht, künftige Erkundungsprogramme zielgerichtet durchzuführen. Die chemische Untersuchung noch zugänglicher Lagerstättenteile gibt Auskunft darüber, welche Metalle vorhanden sind und ob sie möglicherweise wirtschaftlich interessante Gehalte aufweisen. Ausschnitt aus der Gangkartierung am Schauinsland bei Freiburg.



Abb. 17: (A) Kernbohrung zur Erkundung eines Vorkommens hochreiner Kalksteine südlich von Aalen-Ebnat, Kreis Heidenheim. (B) Rohstofferkundungsbohrungen werden häufig zu Pegeln ausgebaut und für die Grundwasserüberwachung genutzt.

Bisherige bohrtechnische Untersuchungen des Landesamts zur Rohstofferkundung

Bohrungen spielen für die Bereitstellung belastbarer Daten über die Lagerstätten des Landes eine große Rolle. Der Geologische Landesdienst

begann schon in den 1950er Jahren mit bohrtechnischen Untersuchungen zur lagerstättengeologischen Erforschung, vor allem von Erz- und Industriemineralagerstätten im Schwarzwald. Mit gemeinsamen Mitteln des Bundes und des Landes wurden im Rahmen des Programms

Erkundungsbohrungen zur Rohstoffsicherung

- des LGRB
- in Zusammenarbeit mit der Industrie, Gemeinden und der Denkmalpflege

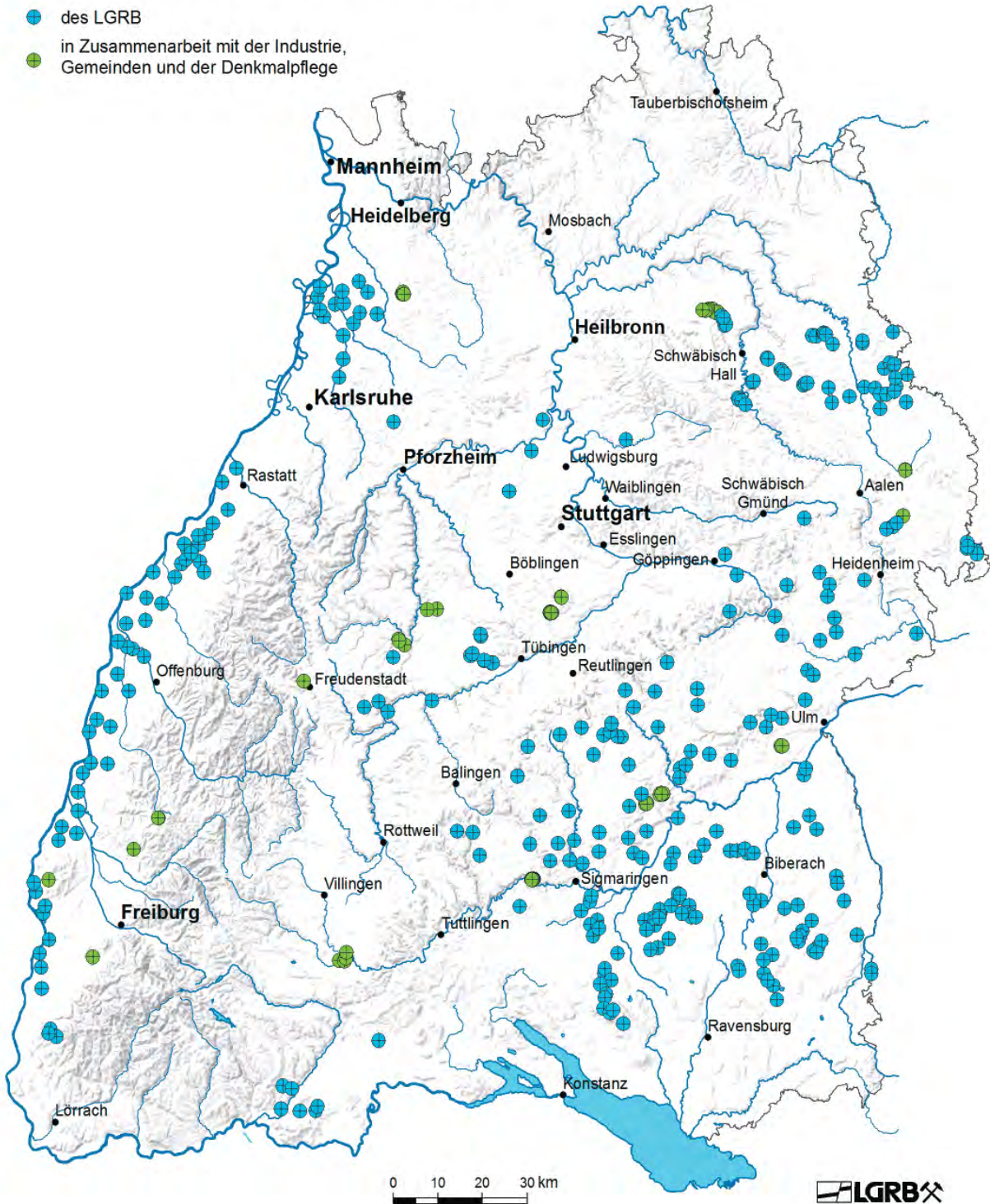


Abb. 18: Übersichtskarte mit Darstellung der im Rahmen des Rohstoffsicherungskonzepts auf Steine- und Erden-Rohstoffe, Industriemineralien und Naturwerkstein durchgeführten Erkundungsbohrungen des LGRB, Stand Feb. 2013 (vgl. Tab. 2).

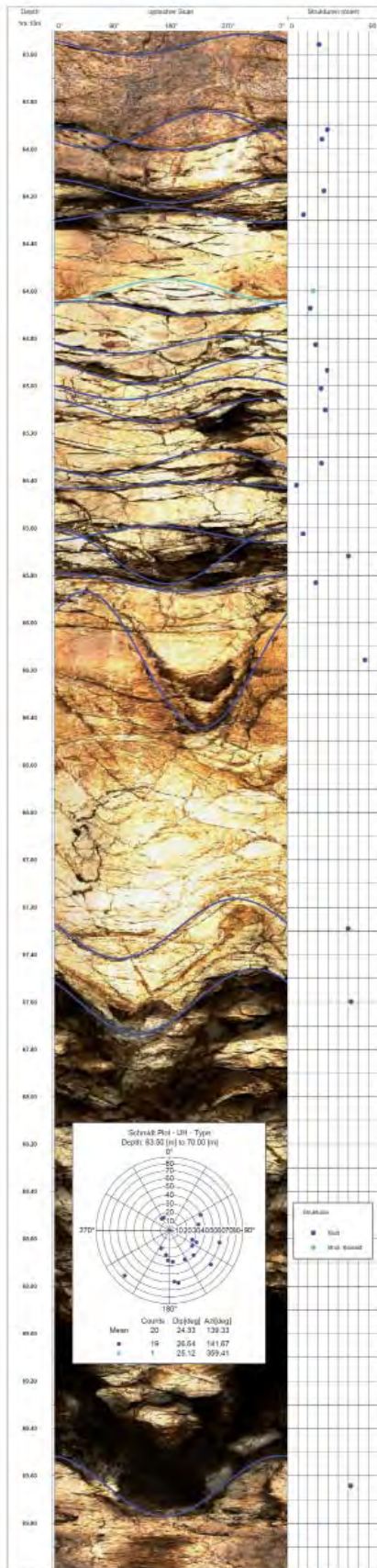


Abb. 19: Abgerollte Aufnahme einer Bohrlochwandung im Kalkstein, aufgenommen mit dem optischen Bohrlochscanner. Mit diesem können am Bildschirm auch geologische Flächen wie Schichtflächen und Klüfte eingemessen werden (Richtungsrose).

„Forschung und Entwicklung zur Sicherung der Rohstoffversorgung“ („Bundesbohrprogramm“ 1979–1983) Anfang der 1980er Jahre weitere Kernbohrungen im Schwarzwald, vor allem bei Pforzheim, Oberwolfach, Münstertal, Fahl bei Todtnau und Waldshut sowie im Hegau durchgeführt. Mehrere Bohrungen führten zum Nachweis wirtschaftlich interessanter Fluss- und Schwespatvorkommen und lösten umfangreiche weiterführende Untersuchungen von Bergbaufirmen aus. Hier sind besonders die Schwespat-Flusspat-Grube Clara bei Oberwolfach und die Grube Käfersteige bei Pforzheim zu nennen. Das zum Jahresbeginn 2013 von der Bundesregierung für eine Laufzeit von nur drei Jahren aufgelegte Explorationsförderprogramm richtet sich bislang nur an die Firmen der Rohstoffindustrie.

Tab. 2: Zusammenstellung der vom LGRB im Zeitraum 1990 bis 2013 zur Rohstofferkundung durchgeführten Erkundungsbohrungen (vgl. Karte der Abb. 18). 296 Bohrungen wurden zur Erstellung rohstoffgeologischer Karten und Gutachten durch das Land Baden-Württemberg im Rahmen des Rohstoffsicherungskonzepts finanziert, zusätzliche 71 Bohrungen wurden ganz oder teilweise von Partnern (Gemeinden, Denkmalpflege, Industrie) finanziert, vom LGRB aber betreut und ausgewertet.

		Anzahl der Bohrungen	Bohrmeter [m]
1	Rohstoffgeologische Erkundung, Auftraggeber LGRB, bis 2013	296	18 792
2	Erkundung im Joint Venture mit der Industrie, Gemeinden und der Baudenkmalpflege	71	2 835
	Summe	367	21 627

Zur Umsetzung des Rohstoffsicherungskonzepts begann im Jahr 1990 die **größte Bohrkampagne des Landesamts** (Abb. 17, Abb. 18). Sie wird auch heute fortgeführt und ist in ein Kartier- und geochemisch-mineralogisches Analyseprogramm zur Untersuchung und Bewertung der Rohstoffvorkommen eingebunden. Seit 1990 hat das Referat Landesrohstoffgeologie zur Erstellung von Rohstoffkarten und zur Beratung der Regionalverbände **296 Bohrungen** vorbereitet, betreut und ausgewertet. Weitere Bohrungen wurden gemeinsam mit der Rohstoffindustrie durchgeführt; im Zusammenhang mit der Suche nach Originalgesteinen für die Restaurierung herausragender Baudenkmäler wurden zudem in den Jahren 2001, 2008, 2010 und 2012/2013 in Zusammenarbeit mit der Denkmalpflege, den Eigentümern bzw. Bauwerksverantwortlichen und Werkstofffirmen zusätzliche Bohrungen



Abb. 20: Untersuchung von Rohstoffproben und Datenauswertung am LGRB, Freiburg: (A) Bohrkernaufnahme. (B) Präparation. (C) Mikroskopie. (D) Geochemie. (E) Einarbeitung der Ergebnisse in digitale Karten.

niedergebracht. Insgesamt wurden somit über 367 Erkundungsbohrungen durchgeführt und ausgewertet (Abb. 19, 20). Die Bohrkern aller Bohrungen zur lagerstättegeologischen Untersuchung addieren sich (seit 1990) zu einer Kernstrecke von insgesamt 21 627 m (Tab. 2).

Komplexer und daher nicht nur mit Bohrungen zu erkunden, sind die geologisch-tektonischen Verhältnisse bei den zwischen 160 und 20 Mio. Jahren alten Ganglagerstätten, die wegen ihrer Entstehung auf großen, im Verlauf der Erdgeschichte häufig reaktivierten, tektonischen Störungszonen in Geometrie, Größe und Inhalt stark variieren. Strukturgeologische und geochemische Untersuchungen (Abb. 16), die das LGRB auch in Zusammenarbeit mit Universitäten durchführt (Diplomarbeiten, Dissertationen), haben in den letzten 20 Jahren viele Gesetzmäßigkeiten erkennen lassen, welche es erlauben, künftige Prospektionsprogramme gezielter durchzuführen. Die Erkundung bei Freudenstadt ist dafür ein gutes Beispiel (Kap. 2.2.5).



Bislang galt das Hauptaugenmerk der Erkundung durch das LGRB den Steine- und Erden-Vorkommen, weil ihre Gewinnung meist Flächen mit regionalplanerisch relevanter Größe, also von > 10 ha Fläche, benötigt. Die Diskussion um die Versorgungssicherheit Deutschlands mit industriell wichtigen Rohstoffen rückte die wertvollen Industriemineralvorkommen in den Fokus der weiteren Planung. In Kap. 2.2.6 wird über den Beginn der Trassrohstoff- und Weißkalkerkundung auf der Ostalb berichtet.

2.2.2 Karte der nutzbaren Kiesmächtigkeiten im Oberrheingraben

Unter allen mineralischen Rohstoffen Deutschlands besitzen die Kiese und Sande (Kurzdarstellung Kap. 2.1) mengenmäßig die größte Bedeutung. Beispielsweise wurden in den Jahren 2008/2009 in Deutschland über 330 Mio. t Kiese und Sande gewonnen und zu Produkten verarbeitet, im Jahr 2011 waren es 253 Mio. t (Kap. 3.1, Abb. 61). Im langjährigen statistischen Mittel nehmen sie mit ca. 40 % des Rohstoffbedarfs eines Bundesbürgers die Spitzenposition unter den mineralischen Rohstoffen ein (WERNER et al. 2006, BÖRNER et al. 2012).

Mit „**Kies**“ wird ein Lockersediment bezeichnet, das zu mehr als 50 % aus gerundeten Gesteinskomponenten mit Korngrößen zwischen 2 und 63 mm Durchmesser besteht (zwischen Sand- und Steinkorngrößen). **Sande** sind lockere Sedimente mit Korngrößen zwischen 0,063 und 2 mm. Sie treten einerseits innerhalb der Schotterkörper, andererseits aber auch in vielen tertiärzeitlichen Sedimenten in Wechsellagerung mit Tonen und Schluffen auf.

Der im Tertiär entstandene Oberrheingraben (Abb. 21) beinhaltet zwischen Basel und Mainz die größte Kieslagerstätte Europas. In diesem durch kontinuierliche Krustensenkungen entstandenen Ablagerungsraum, in dem sich die besonders widerstandsfähigen Gesteine aus den Alpen und den Randgebirgen des Grabens angereichert haben, findet seit fast 100 Jahren industrielle Kiesgewinnung statt (Abb. 22). Wegen des meist hohen Grundwasserstandes, der dichten Besiedlung und der intensiven Landnutzung im Oberrheingraben ist die überwiegende Form der Gewinnung, die Nassbaggerung, fast überall konfliktbehaftet. Der Ausweisung neuer Abgrabungsgebiete gehen daher besonders umfangreiche Prüfungs- und Planungsverfahren voraus.

Ergänzend zu den vielen Tausend Bohrungen, deren Ergebnisse hinsichtlich der angetroffenen Schichten verwendet wurden, führte das LGRB eigene Materialbohrungen bis auf die sog. Kiesbasis durch (Abb. 23). Die Rohstoffkarten des LGRB, in welcher die nutzbaren Mächtigkeiten in den quartären Ablagerungen dargestellt sind, zeigen die Gebiete, welche besonders mächtige Kiesablagerungen aufweisen (Kap. 2.3). Eine bevorzugte Nutzung dieser Areale mit mächtigen Lagerstätten würde die Flächeninanspruchnahme durch Kiesgewinnung deutlich reduzieren.

Die Kies- und Sandlagerstätten im Oberrheingraben bestehen aus mehreren Kieslagern, die in den vergangenen über 2 Mio. Jahren entstanden sind; sie werden von Einschaltungen von feinkörnigen Sedimentschichten, den sog. Zwischenhorizonten, unterbrochen (Abb. 24). Die dm- bis m-mächtigen, tonig-schluffig-sandigen Sedimente der Zwischenhorizonte sind vorwiegend während der Warmzeiten und Interstadiale zur Ablagerung gekommen. Ihre Sedimentation erfolgte jedoch nicht flächendeckend. Außerdem wurden die abgelagerten Feinsedimente – insbesondere im südlichen Oberrheingraben – in großem Umfang wieder erosiv entfernt, als hochenergetische sand- und kiesbeladene Suspensionsströme während der Abschmelzphasen der eiszeitlichen Gletscher in den Oberrheingraben strömten. Durch die in den letzten Jahren stark angestiegene Zahl an Bohrungen wurde deutlich, dass auch der mächtigste und am weitesten verbreitete Zwischenhorizont, welcher meist in Tiefen zwischen 15 und 35 m angetroffen wird⁵, wegen der erosiven Wirkung dieser Wassermassen zahlreiche große Lücken aufweist.

Aus rohstoffgeologischer Sicht sind Zwischenhorizonte dann von Bedeutung, wenn sie in einem großen Gebiet mehr als 3 m mächtig sind und aus nicht nutzbaren Feinsedimenten wie Ton, Schluff und Feinsand bestehen (Abb. 24 und 25). Ihre technische Entfernung mittels Greifer ist außerordentlich schwierig.

In Bereichen ohne trennende Zwischenhorizonte können sich Grundwasserströme unterschiedlicher Alter und Zusammensetzungen mischen. Ob und inwieweit durch vorgesehenen Kiesabbau, der bis in das Mittlere oder sogar Untere Kieslager reicht, Veränderungen hydrochemischer Art auftreten können (z.B. Eintrag geogener Schwermetalle oder Chloride), ist auch in Gebieten ohne trennende Zwischenhorizonte durch Grundwasser-

⁵ „Oberer Zwischenhorizont (OZH)“, „Oberer Ton“ oder „OZH 2“, in der neueren Literatur auch als „Ladenburg-Horizont (LA)“ bezeichnet.

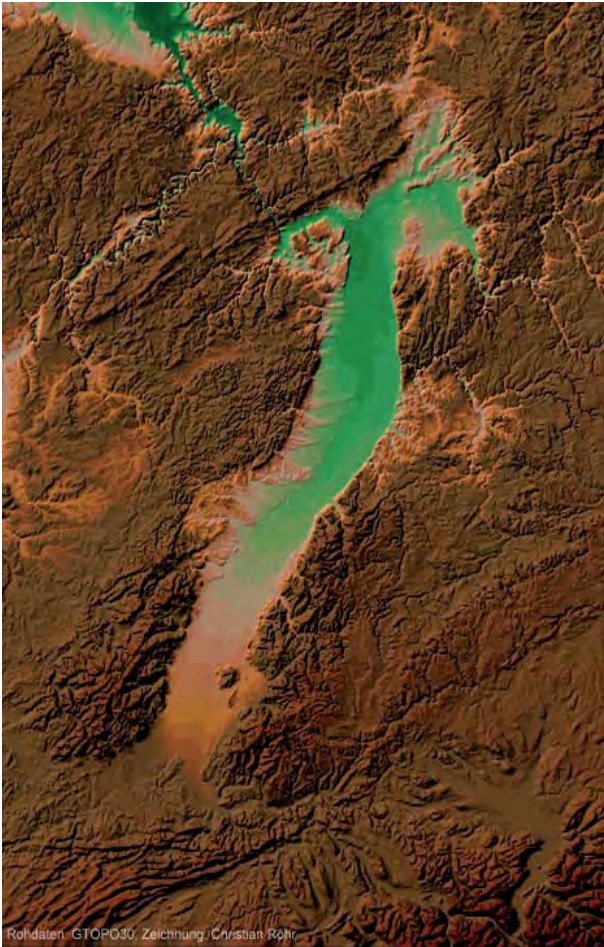


Abb. 21: Der Oberrheinigraben schneidet sich auffällig in die Mittelgebirge ein. In dieser Reliefkarte, die auf Satellitengestützte Vermessung der Erdoberfläche zurückgeht (GTO-PO30-Daten, US Geological Survey), wird besonders deutlich, dass es sich um ein riesiges Sedimentbecken handelt.



Abb. 22: Aufgrund des hohen Grundwasserstands in diesem großen kies- und sanderfüllten Sedimentbecken (Abb. 21) führt die Kiesgewinnung fast immer zur Anlage von Baggerseen. Der Abbau erfolgt heute mit Schwimmbaggern, die aus Tiefen von 80 m und mehr Kies fördern können.

► **Abb. 23:** Kieserkundung im Oberrheinigraben: (A) Gewinnung von Bohrproben mittels „Kiesbüchse“, Bohrung Ro8011/B1 bei Breisach-Grezhausen. (B) In Kernkisten ausgelegte sandige Grobkiese, Bohrung Ro7513/B1 bei Schutterwald nahe Offenburg. (C) Entnahme von Laborproben an einer Erkundungsbohrung.



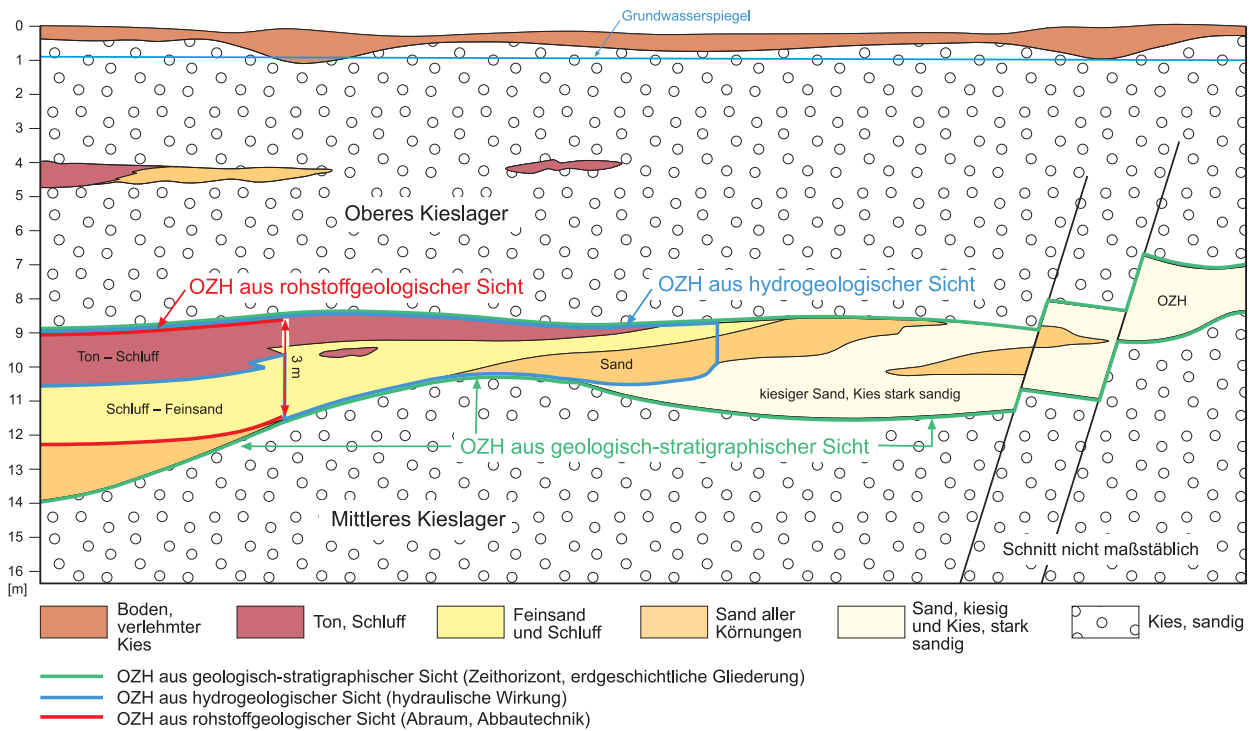


Abb. 24: Schematischer geologischer Schnitt mit Darstellung des in die Kieslager eingeschalteten feinkörnigen Ladenburg-Horizonts (auch „Oberer Zwischenhorizont“, OZH). Die Graphik verdeutlicht, dass die unterschiedlichen fachlichen Kriterien zu verschiedenen Ergebnissen hinsichtlich Mächtigkeiten und Ausdehnungen führen. Die Betrachtungen der rohstoffgeologischen Nutzbarkeit und der hydrogeologischen Wirksamkeit resultieren in unterschiedlichen Teilmengen des geologisch-stratigraphisch abgrenzbaren Gesteinskörpers OZH.

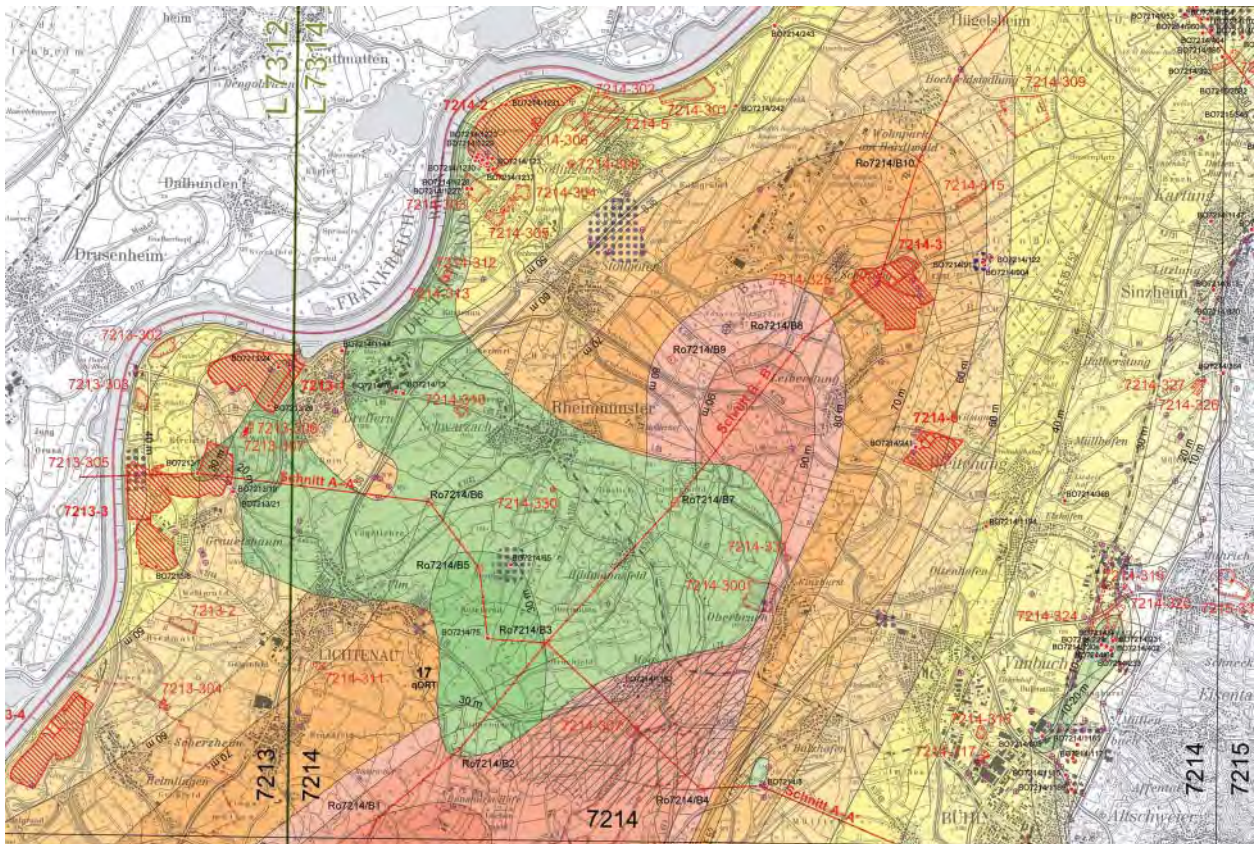


Abb. 25: Ausschnitt aus der Kiesmächtigkeitskarte zur KMR 50 Blatt Rheinau mit Darstellung der nutzbaren Kiesmächtigkeiten und den bestehenden Kiesgruben (rote Schraffur). Je höher die nutzbare Kiesmächtigkeit, desto geringer ist der zur Kiesgewinnung erforderliche Flächenanteil. Für die Anlage der meisten Gruben spielte die Nähe zum Transportweg Rhein die größere Rolle, es liegt nur eine Kiesgrube im Bereich großer Mächtigkeiten mit über 70 m. Es besteht somit noch ein hohes Potenzial, die Flächeninanspruchnahme durch Kiesabbau zu optimieren.

beobachtung zu prüfen. In jedem Fall sollte im Zusammenhang mit der Planung eines Abbauvorhabens zuvor der Ist-Zustand, z. B. hinsichtlich der Durchlässigkeiten in den verschiedenen Kieslagern, der hydraulischen Potenziale und der hydrochemischen Eigenschaften, festgestellt werden.

Die Kieslager werden vorwiegend von stark steinigen Mittel- bis Grobkiesen sowie von Fein- bis Grobkiesen aufgebaut, deren Sandgehalt im Oberen und Mittleren Kieslager zumeist zwischen 20 und 25 % liegt (Abb. 23 B und 26, unten). Zur Tiefe hin ist ein Übergang in Kieslager mit höherem Sandgehalt festzustellen. Entlang des Oberrheingrabens ist von Süd nach Nord eine kontinuierliche Veränderung der Korngrößen und der Sedimentzusammensetzung feststellbar (Abb. 26); bei zunehmenden Transportwegen reicherten sich die besonders widerstandsfähigen Gesteinskomponenten an, die Korngrößen nehmen generell ab. Gemittelt über die Ablagerungen der pleistozänen Kiese und Sande erfolgt die Zu- bzw. Abnahme der Korngrößen bspw. zwischen Neuenburg a. Rhein und Rheinau (Süd–Nord-Distanz von 100 km) folgendermaßen: Der Anteil an Ton und Sand nimmt von Süd nach Nord von rd. 18 % auf rd. 29 % zu; der Fein- und Mittelkiesanteil steigt von unter 42 % auf rd. 53 % an; der Grobkiesanteil hingegen reduziert sich von rd. 27 % auf rd. 18 %, und der Anteil an Steinen und Blöcken in den Kieslagern geht von 14 % im Süden auf 1 % im Norden zurück (POSER & KLEINSCHNITZ 2011).

Aus diesem Grund steigt auch der Anteil des sehr beständigen Minerals Quarz kontinuierlich in nördliche Richtung an, der Anteil der weniger resistenten Kalkkörner nimmt ab (Abb. 27). Dies hat unmittelbare Auswirkung auf die Lagerstättenqualität und kann auch genehmigungsrechtliche Konsequenzen haben, nämlich z. B. dann, wenn ein Antrag auf Gewinnung nach Bundesberggesetz (BBergG) gestellt wird. Gängige Verwaltungspraxis ist in Baden-Württemberg, dass der zur Gewinnung beantragte Lagerstättenkörper in mehr als 50 % seiner Masse mindestens 80 % Quarz enthält (vgl. obere Linie in Abb. 27).

Von besonderer Bedeutung für die Beurteilung der Rohstoffqualität eines Kiesvorkommens ist der Anteil an Gesteinskomponenten aus den Alpen und den Randgebirgen Schwarzwald und Vogesen; Granite, Gneise, Mittel- und Grobsandsteine des Buntsandsteins usw. besitzen in der Regel geringere mechanische und chemische Beständigkeit, als die bis in den Oberrheingraben transportierten Gerölle aus den Alpen, die vor allem aus Quarziten, hochmetamorphen Gneisen, Kieselchiefern, dichten Kalksteinen und feinkörnigen silika-

tisch oder karbonatisch gebundenen Sandsteinen bestehen.

Der hohe Anteil widerstandsfähiger Gesteine mit rd. 88 % ist ein besonderes Qualitätsmerkmal der Kiese des südlichen Oberrheingrabens (WERNER et al. 1997; POSER & KLEINSCHNITZ 2011). Zum Vergleich: Die Schotter des Alpenvorlandes enthalten meist zwischen 20 und 43 % Kieskomponenten mit geringer mechanischer Widerstandsfähigkeit, die Kiese der Flusstäler wie Neckar, Wutach, Enz usw. noch darüber.

Bei einer Verwendung der Kiese als Betonzuschlag kann die Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR) zwischen den Alkalien des Zements (Natrium, Kalium) und amorpher oder feinkristalliner Kieselsäure, wie sie in Hornsteinen und besonders in Flintsteinen enthalten ist, zur Volumenveränderung und damit zu Rissen im Beton führen (WACHUTKA et al. 2009). Gesteine mit feinkristalliner oder amorpher Kieselsäure in den SiO_2 -Modifikationen Chalcedon oder Opal sind vor allem stark kieselige Gesteine wie Kieseliefer und Grauwacken alpiner Herkunft, aber auch Hornsteine aus den Randschollen des Oberrheingrabens und Quarzporphyre des Schwarzwalds. Der Anteil solcher Gesteinskomponenten im Kies ist daher vor einer Verwendung der Kiese als Betonzuschlag zu prüfen (Alkalirichtlinie der DIN EN 932-2, 1999). Eine Darstellung aktueller Prüfverfahren ist in Kap. 5 zu finden.

Die Übersichtsdarstellung der **nutzbaren Kiesmächtigkeiten** in Abb. 28 zeigt, dass die großen, 120 m überschreitenden Kiesmächtigkeiten westlich des Markgräflerlands bei Bad Krozingen erstmals auftreten; nördlich des Kaiserstuhls bis nach Kehl sind auf der deutschen Rheinseite Mächtigkeiten von 100 m und mehr häufiger anzutreffen. Danach gehen die nutzbaren Kiesmächtigkeiten auf 40–50 m zurück. Nördlich von Karlsruhe sind durch die großflächige Verbreitung des Oberen Zwischenhorizonts und eine nördlich von Bruchsal auftretende tiefe „Kiesrinne“ die Mächtigkeitsvariationen auf kurzer Distanz besonders ausgeprägt. Durch Berücksichtigung dieser lagerstättengeologischen Ergebnisse bei der Ausweisung künftiger Vorranggebiete für den Kiesabbau könnte besonders in diesem Gebiet die erforderliche Flächeninanspruchnahme für Kiesgewinnung stark reduziert werden.

Fazit

Im Jahr 1990 wurden vom LGRB im Rahmen der Beratung der Träger der Regionalplanung beim Aufstellen der Regionalpläne Erkundungsarbeiten begonnen und im Jahr 2011 im Zusammenhang mit der Fortschreibung der Regionalpläne in den Regionen Rhein-Neckar, Mittlerer Oberrhein und

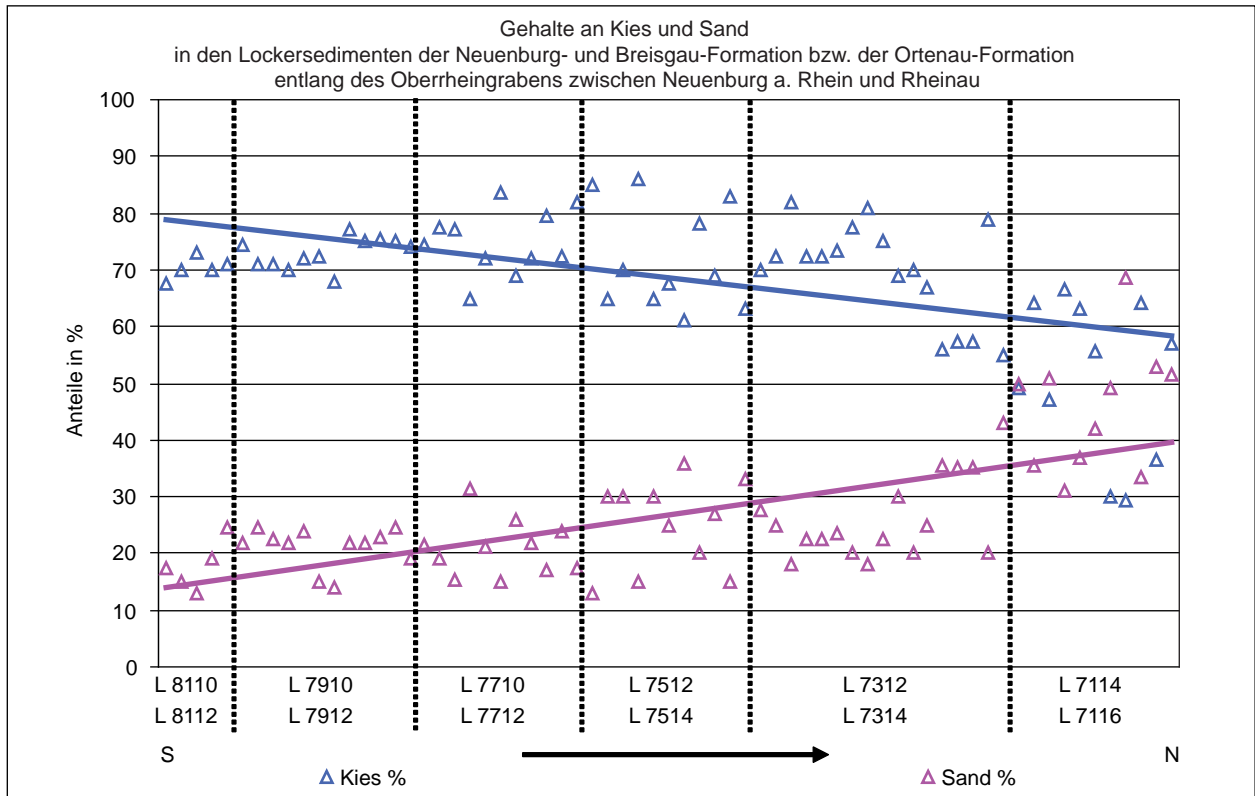


Abb. 26: Entwicklung des Kies- und Sandanteils in den quartärzeitlichen Kieslagern des südlichen Oberrheingrabens zwischen Neuenburg a. R. und Rheinau. Die Analysen (Dreiecke) wurden an großen Mischproben aus den Rohstofferkundungsbohrungen des LGRB durchgeführt (Abb. 23). Der Kiesanteil geht von Süden nach Norden von ca. 80 % auf ca. 60 % zurück, der Feinanteil (Sand, Schluff, Ton) nimmt von ca. 15 % auf 40 % zu.

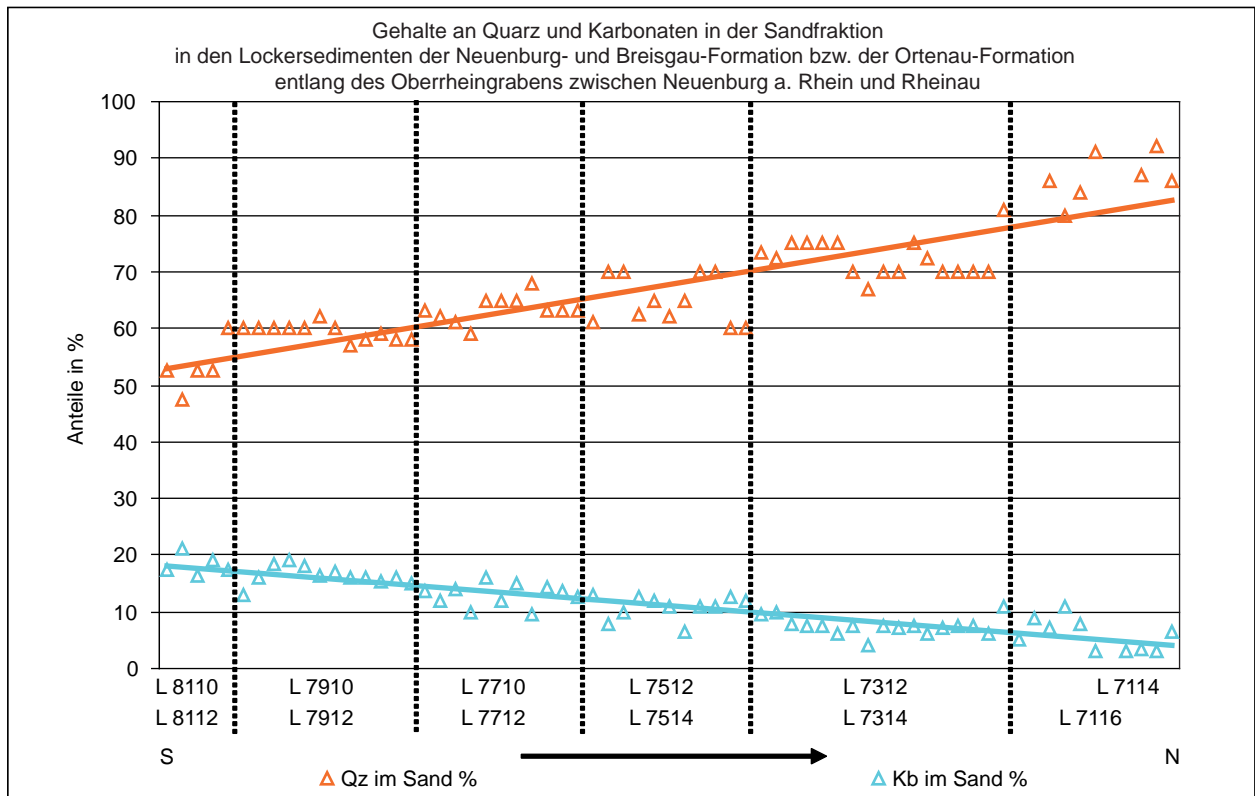


Abb. 27: Gehalte an Quarz (Qz) und Karbonaten (Kb) in der Sandfraktion der in Abb. 26 dargestellten LGRB-Erkundungsbohrungen in den quartärzeitlichen Kieslagern zwischen Neuenburg a. Rhein und Rheinau. Der Quarzanteil im Sand nimmt von Süden nach Norden von rd. 50 % auf fast 90 % zu, der Karbonatanteil geht von 20 % auf unter 5 % zurück.

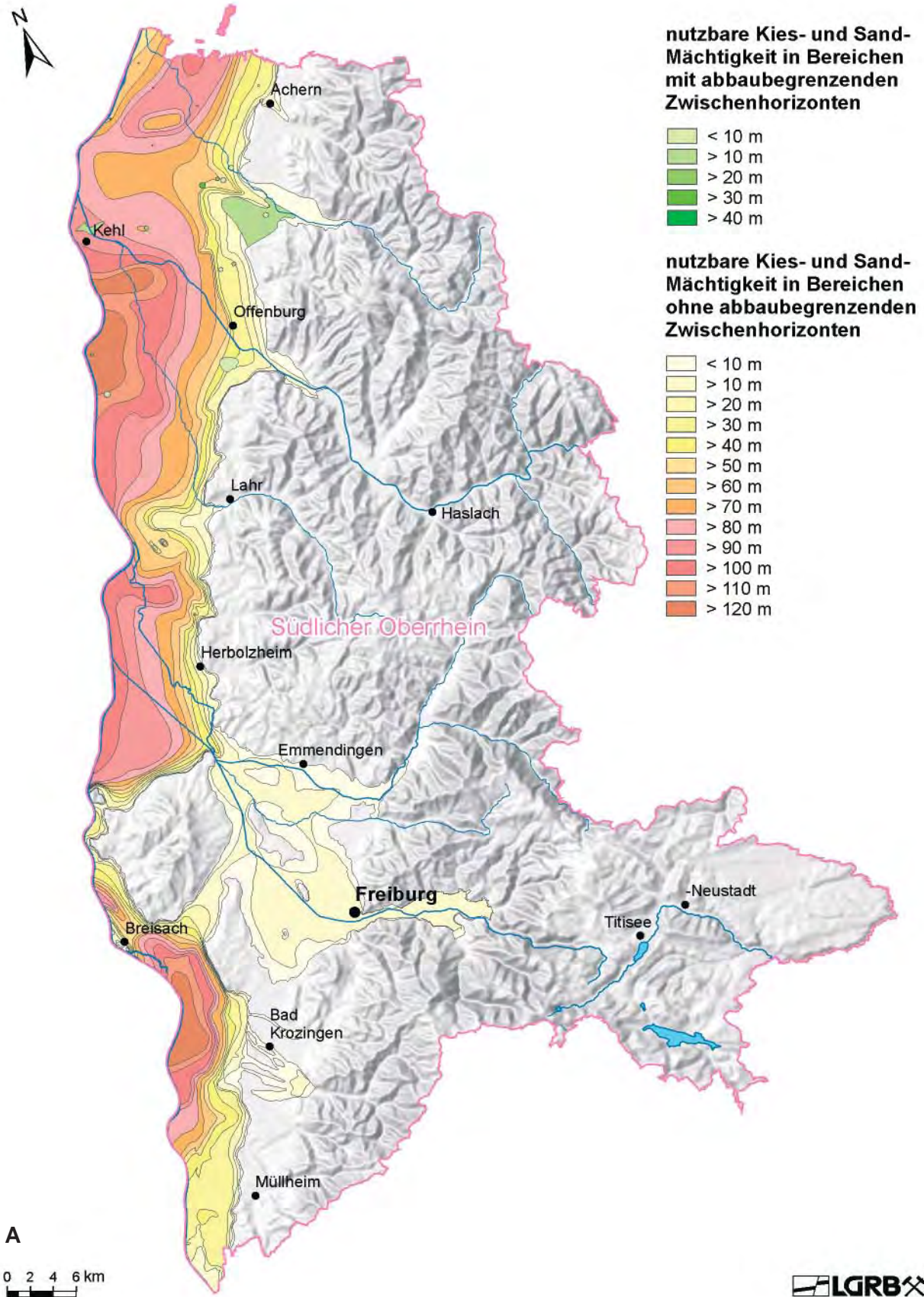
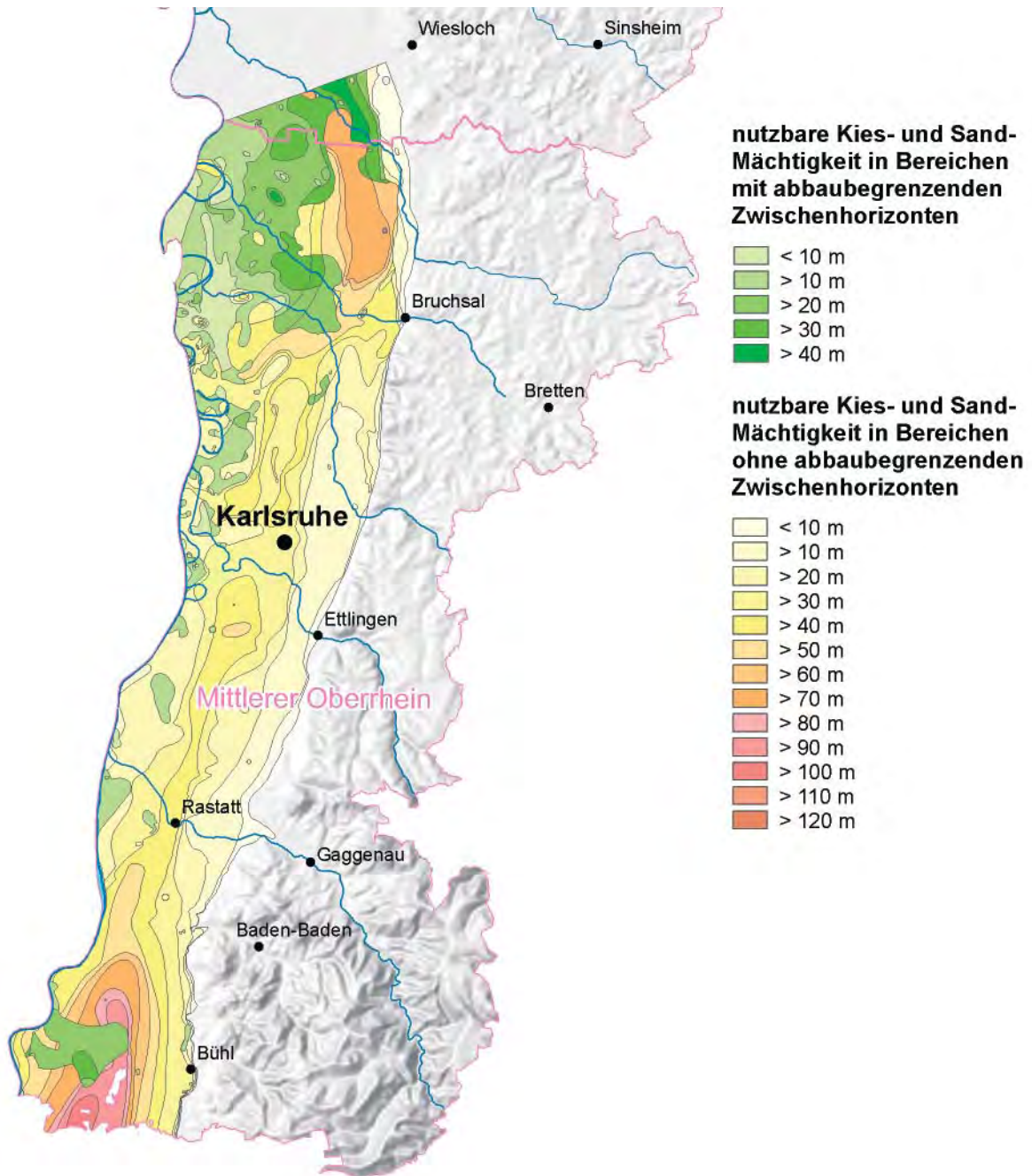


Abb. 28: Aus dem digitalen Gesamtdatensatz erstellte Karte der nutzbaren Kiesmächtigkeiten (A) in der Region Südlicher Oberrhein und (B) der Region Mittlerer Oberrhein. Es wird deutlich, dass die mächtigsten Kieslagerstätten südlich von Breisach und im Gebiet nördlich des Kaiserstuhls bis Bühl auftreten. Im Raum nördlich von Karlsruhe gehen die Gesamtmächtigkeiten deutlich zurück und die feinkörnigen Sedimente des Oberen Zwischenhorizonts nehmen große Gebiete ein (grüne Flächen).



Südlicher Oberrhein sowie im Zuge der Erarbeitung der KMR 50 abgeschlossen. Die Ergebnisse dieser Erkundungsarbeiten resultierten in belastbaren Karten mit Darstellung der rohstoffgeologisch nutzbaren Mächtigkeiten der auch im europäischen Maßstab bedeutenden Kieslagerstätten im Oberrheingraben. Zu allen Einzelvorkommen liegen Daten zum Gesteinsaufbau vor. Diese

Grundlagen, publiziert in der KMR 50, bieten der Regionalplanung und den Firmen der Rohstoffindustrie wesentliche Informationen über die geologischen Vorräte. Durch künftige Nutzung der besonders mächtigen Lagerstättenabschnitte könnte die Flächeninanspruchnahme bei gleichbleibender Abbaumenge deutlich reduziert werden.



B

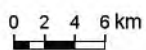


Abb. 28: – Fortsetzung.



2.2.3 Erkundung auf Naturwerksteinlagerstätten für die Baudenkmalpflege

Naturwerksteine sind eine Gruppe innerhalb der Natursteine (Abb. 29). Eine Naturwerksteinlagerstätte ist ein wirtschaftlich nutzbares Vorkommen, welches Gesteinsrohblöcke in den erforderlichen Mengen und Dimensionen für Steinmetze, Bildhauer und die maschinelle Produktion von z. B. Fassaden- oder Bodenplatten liefern kann. Die Rohblöcke müssen hinsichtlich Bearbeitbarkeit, Festigkeit, Witterungsbeständigkeit und visueller bzw. architektonischer Attraktivität alle Voraussetzungen mitbringen, um in oder an einem Bauwerk Verwendung finden zu können (Abb. 30).

Die verschiedenartigen heimischen Naturwerksteinlagerstätten spielen für die heutige Baudenkmalpflege eine wachsende Rolle. Als **Denkmalpflege** werden Maßnahmen bezeichnet, die zur Er- und Unterhaltung von Kulturdenkmalen erforderlich sind. Seit Jahren steigt der Bedarf an hochwertigem Naturwerksteinmaterial aus heimischen Originallagerstätten, doch wenige Werksteinbrüche stehen noch in regelmäßigem Abbau (Abb. 31). Um den

wachsenden Bedarf an hochwertigem, dem Original identischem Austauschmaterial decken zu können, ist verstärkt Expertenwissen der angewandten Geowissenschaften gefordert. Für den denkmalgeschützten Baubestand des Landes sind besonders die nachfolgend genannten Sandsteintypen aus Buntsandstein, Keuper und Mitteljura von Bedeutung. Diesem haltbaren Werkstoff und der hohen Kunst der mittelalterlichen Steinmetze und Bildhauer verdanken wir u. a. die große Zahl beeindruckender romanischer und gotischer Bauwerke (Abb. 30).

Naturwerksteine in Baden-Württemberg: Die ältesten für Bauzwecke genutzten Gesteine des Landes sind die Gneise, Granite und Porphyre im Schwarzwald und im Odenwald, welche 500 bis 290 Mio. Jahre alt sind. Die jüngsten Naturwerksteine sind die Kalktuffe, welche seit mehreren Hunderttausend Jahren in den kalkreichen Fließgewässern der Schwäbischen Alb und der Muschelkalkgebiete entstanden sind und noch immer entstehen. Listet man die Naturwerksteine des Landes Baden-Württemberg nach ihren in der Natursteinindustrie und im Steinhandwerk bekannten Bezeichnungen in alphabetischer Reihenfolge auf, so ergibt sich nachfolgende Aufstellung:

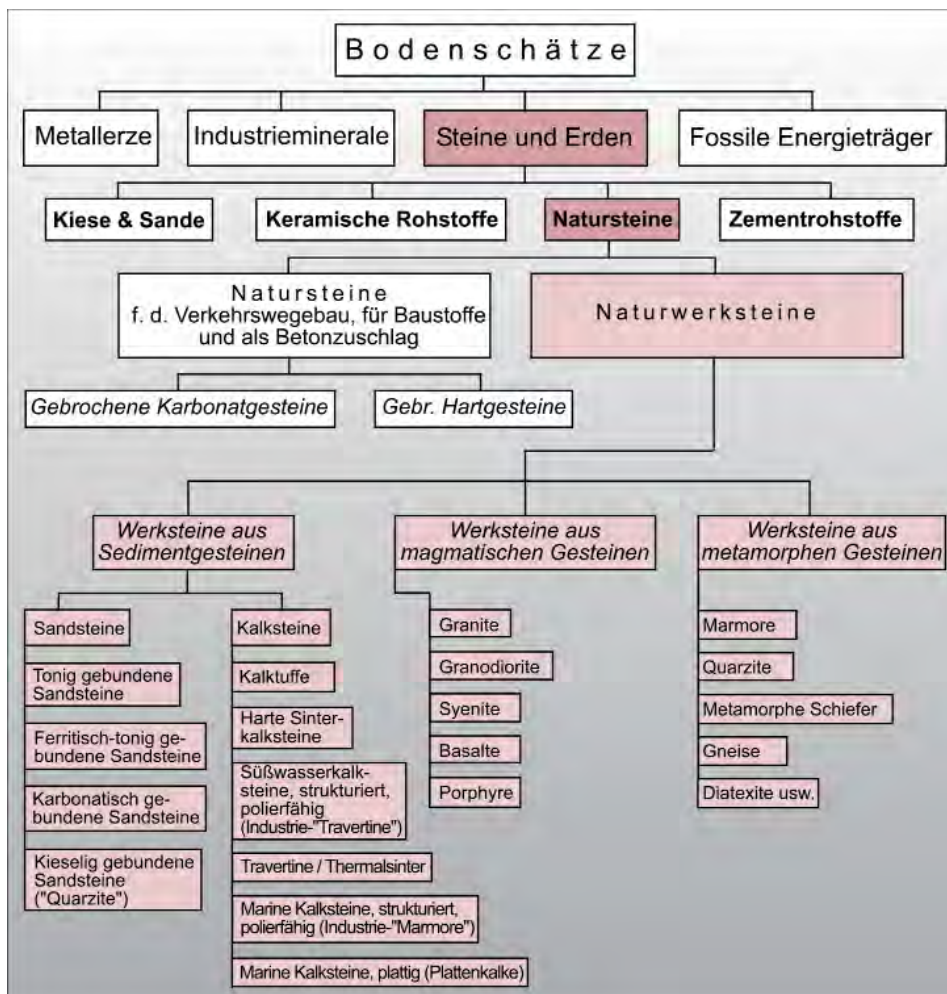


Abb. 29: Systematik der Bodenschätze: Naturwerksteine gehören zu den Steine- und Erden-Rohstoffen und zu deren bedeutender Gruppe der Natursteine. Naturwerksteine lassen sich selbst in eine große Zahl verschiedener sedimentärer, magmatischer und metamorpher Gesteine unterteilen.

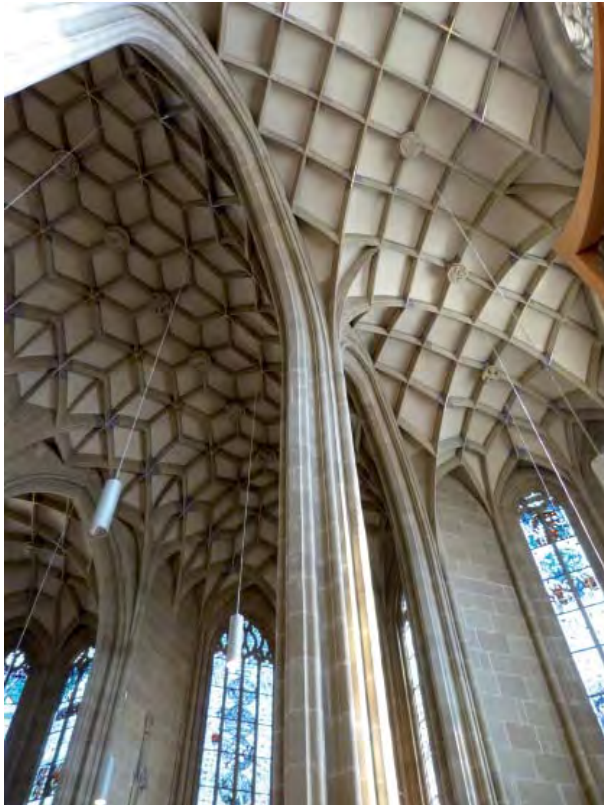


Abb. 30: Gotischer Chor der Heilbronner St. Kiliankirche mit Pfeilern und beeindruckendem Gewölbe aus Heilbronner Sandstein.

- Angulatensandstein (Unterjura / Schwarzer Jura)
- Arietenkalk (Unterjura / Schwarzer Jura)
- Böttinger Marmor (Jungtertiär)
- Buntsandstein (Untertrias), darunter die Varietäten Neckartäler Hartsandstein, Roter Main-sandstein, Pfnztäler Sandstein, Loßburger Sandstein, Seedorfer Sandstein, Lahrer Sandstein usw.
- Cannstatter Travertin (Pleistozän)
- Eisensandstein (Mitteljura bzw. Brauner Jura)
- Gauinger, Sonderbacher und Riedlinger Travertin (Jungtertiär)
- Hauptrogenstein (Mitteljura bzw. Brauner Jura)
- Kaiserstühler Tuffstein, Phonolith und Karbonatit (Jungtertiär)
- Kalktuff (Quartär)
- Kieselsandstein (Mittelkeuper)
- Leisberg-Porphyr (Perm)
- Lettenkeuper-Sandstein (Unterkeuper)
- Muschelkalk (Mitteltrias), darunter die Varietäten Crailsheimer Muschelkalk und Krensheimer Quaderkalk
- Pfaffenweiler Kalksandstein (Alttertiär)
- Plattenkalkstein von Kolbingen und Steinweiler (Oberjura / Weißer Jura)
- Posidonienschiefer von Holzmaden (Unterjura / Schwarzer Jura)

- Randengrobkalk und Molassesandstein (Jungtertiär)
- Pfrondorfer Sandstein (Rhätsandstein, Oberkeuper)
- Riedöschinger Travertin (Jungtertiär)
- Schilfsandstein (Mittelkeuper), darunter die Varietäten Weiler Sandstein, Mühlbacher Sandstein, Niederhofener Sandstein, Pfaffenhofener Sandstein, Maulbronner Sandstein, Freudentaler Sandstein, Heilbronner Sandstein, Trichtinger, Renfrizhauser und Wendelsheimer Sandstein
- Schwarzwälder Granite (Karbon), darunter die Varietäten Bühlertal-Granit (Gertelbach- oder Rotenberg-Granit), Raumünzach- bzw. Forbach-Granit, Oberkirch-Granit (Kappelrodeck- und Achertal-Granit), Seebach-Granit, Triberg- und Elztal-Granite, Malsburg-Granit, Albtal-Granit und St. Blasien-Granit
- Stubensandstein (Mittelkeuper), darunter Dettenhauser, Schlaitdorfer und Pliezhauser Stubensandstein
- Weißjura-Kalkstein (Oberjura / Weißer Jura).

Eine ausführliche monographische Darstellung dieser heimischen Naturwerksteinarten, ihrer Verbreitung, Beschaffenheit und Nutzung geht Ende 2013 in Druck (WERNER et al. 2013).

Beispiele für Erkundung historisch genutzter Werksteinlagerstätten in Baden-Württemberg

Alte Werksteinbrüche sind heute überwiegend verfüllt oder verbrochen, und ausreichend genaue und verwertbare Beschreibungen aus den früheren Betriebszeiten fehlen in der Regel. Es muss daher mit modernen technischen und geophysikalischen Methoden erkundet werden, ob eine früher genutzte Lagerstätte noch verwertbare Vorräte enthält.

Zur Erkundung von Werksteinlagerstätten gehören die wesentlichen Schritte: (1) Karten- und Archivrecherche, (2) Kartierung und Probenahme sowie (3) Erkundung mittels Bohrungen, Schürfarbeiten und Probeabbauen, z.T. auch mit geophysikalischen Methoden. Im Erfolgsfall können sich der Hauptabbau für ein Renovierungsprojekt oder das Antragsverfahren für eine kommerzielle Gewinnung – aus der auch Material für die Denkmalpflege bezogen werden soll – unmittelbar anschließen.

Das LGRB hat bisher im Rahmen seiner allgemeinen rohstoffgeologischen Erkundungs- und Kartierarbeiten und im Auftrag der Denkmalpflege eine Reihe historisch genutzter Werksteinlagerstätten erkundet:

Naturwerksteinbrüche in Baden-Württemberg 2012

Derzeit betriebene Naturwerksteinbrüche

- Granit
- Travertin, Kalktuff
- Kalkstein
- Ölschiefer
- Sandstein

Steinbrüche mit gelegentlicher Naturwerksteingewinnung

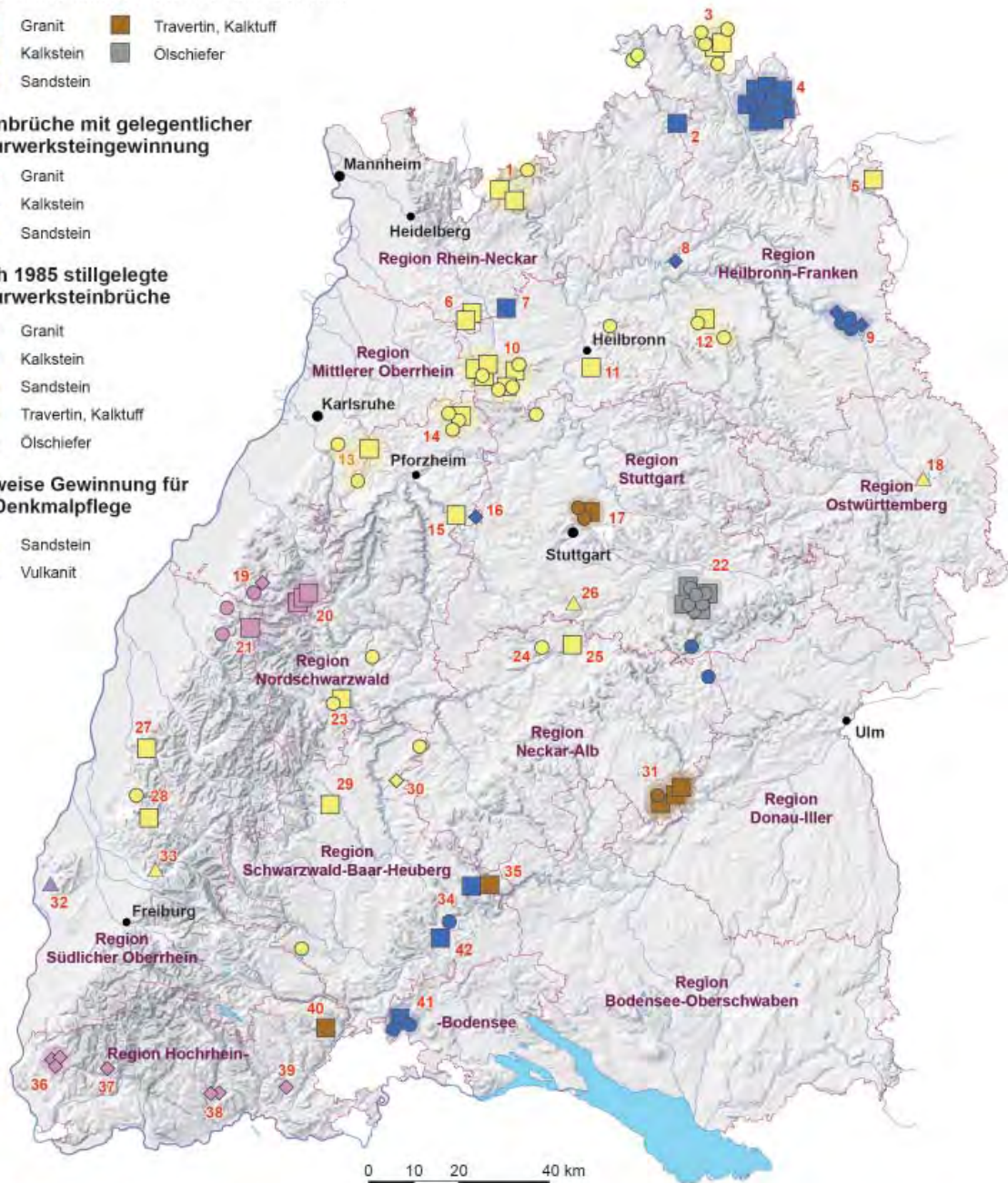
- Granit
- Kalkstein
- Sandstein

Nach 1985 stillgelegte Naturwerksteinbrüche

- Granit
- Kalkstein
- Sandstein
- Travertin, Kalktuff
- Ölschiefer

zeitweise Gewinnung für die Denkmalpflege

- Sandstein
- Vulkanit



Steinbrüche bzw. Abbaugelände:

- | | | |
|--|--|--|
| 1 Eberbach (Odenwald) (Buntsandstein) | 15 Tiefenbronn (Buntsandstein) | 29 Schramberg (Buntsandstein) |
| 2 Hardheim-Bretzingen (Mittlerer Muschelkalk) | 16 Heimsheim (Oberer Muschelkalk) | 30 Trichtingen (Schilfsandstein) |
| 3 Wertheim (Buntsandstein) | 17 Bad Cannstatt (Travertin) | 31 Zwiefalten (Travertin / Süßwasserkalkstein) |
| 4 Grünsfeld-Krenshelm (Oberer Muschelkalk) | 18 Lauchheim (Eisensandstein) | 32 Achkarren (Vulkanit) |
| 5 Freudenbach (Lettenkeuper) | 19 Bühlertal (Granit) | 33 Tennenbach (Buntsandstein) |
| 6 Sinsheim-Weiler (Schilfsandstein) | 20 Raumünzach (Granit) | 34 Kolbingen (Plattenkalk, Oberjura) |
| 7 Bad Rappenau-Grombach (Oberer Muschelkalk) | 21 Seebach (Granit) | 35 Bärenthal (Kalktuff) |
| 8 Schöntal-Berlichingen (Oberer Muschelkalk) | 22 Ohmden (Posidonienschiefer, Fleins) | 36 Malsburg-Marzell (Granit) |
| 9 Kirchberg + Satteldorf-Neidenfels (Oberer Muschelkalk) | 23 Freudenstadt (Buntsandstein) | 37 Tegernau (Granit) |
| 10 Eppingen-Mühlbach + Güglingen (Schilfsandstein) | 24 Tübingen-Pfrondorf (Rhätsandstein) | 38 Albruck (Granit) |
| 11 Heilbronn (Schilfsandstein) | 25 Pleizhausen (Stubensandstein) | 39 Waldshut-Tiengen (Granitporphyr) |
| 12 Neuenstein (Lettenkeuper) | 26 Waldenbuch (Stubensandstein) | 40 Wulach-Lembach (Kalktuff) |
| 13 Remchingen-Wilferdingen (Buntsandstein) | 27 Lahr-Kuhbach (Buntsandstein) | 41 Tengen (Randengrobkalk) |
| 14 Maulbronn (Schilfsandstein) | 28 Kenzingen (Buntsandstein) | 42 Tuttlingen (Dickbankkalk, Oberjura) |

Abb. 31: Wichtige Naturwerksteinbrüche in Baden-Württemberg, unterschieden nach Gesteinsart und Betriebszustand. Die mit Nr. 18, 26, 32 und 33 gekennzeichneten Gewinnungsstellen wurden im Rahmen der LGRB-Beratung der Baudenkmalpflege neu erschlossen.



A



B

Abb. 32: Das Münster St. Stephan, bedeutende romanisch-gotische Basilika auf dem Breisacher Münsterberg über dem Rhein: (A) Totalansicht von Westen, nach der vollständigen Sanierung (Foto 2011). (B) In Folge von Kriegseinwirkungen und durch Frost stark geschädigter Strebe Pfeiler aus Kaiserstühler Tuffstein, Breisacher Münster vor der Sanierung (Foto 2003).



Abb. 33: Arbeiten am Achkarrener Schlossberg zur Gewinnung von Kaiserstühler Tuffstein für das Breisacher Münster, März 2004. Die für die Steinmetzarbeiten benötigten 120 Kubikmeter konnten in wenigen Wochen abgebaut werden.

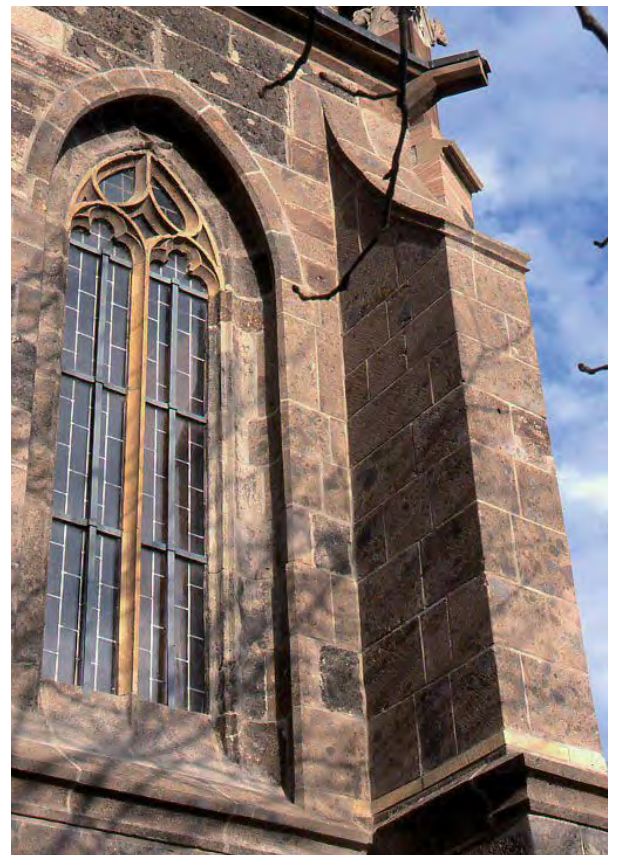


Abb. 34: Der im Foto der Abb. 32 B dargestellte Strebe Pfeiler nach dem Austausch der geschädigten Mauerquader gegen frischen vulkanischen Tuffstein aus dem Steinbruch Achkarren im Kaiserstuhl.

Süßwasserkalkstein: Gauinger Travertin bei (1) Gauingen und (2) Sonderbuch, Mittlere Schwäbische Alb; Auftraggeber Stadt Zwiefalten und Natursteinindustrie, (3) Riedlinger Travertin bei Langenenslingen im Rahmen der Rohstoffkartierung des LGRB **Schilfsandstein:** (4) Wendelsheimer Schilfsandstein im Rahmen der Rohstoffkartierung des LGRB, Gebiet Rottenburg a. N.

Kaiserstühler Tuffstein: Der Tephrit-Pyroklastit bei (5) Oberrotweil und bei (6) Achkarren im Kaiserstuhl, Auftraggeber Erzbischöfliches Bauamt Freiburg und Münstergemeinde Breisach.

Kalksandstein: (7) Pfaffenweiler Kalksandstein, Markgräflerland, Auftraggeber Gemeinde Pfaffenweiler auf Anregung des Landesamts für Denkmalpflege.

Buntsandstein: (8) Buntsandstein der Emmendinger Vorberge nördlich von Freiburg, Auftraggeber Natursteinindustrie auf Nachfrage der Münsterbauhütte Freiburg.

Eisensandstein: (9) Donzdorf und (10) Lauchheim, Ostalb; Auftraggeber Münsterbauamt Ulm.

Stubensandstein: Schlaitdorfer bzw. Dettenhauser Stubensandstein bei (11) Plattenhardt und (12) Waldenbuch im Schönbuch, Auftraggeber Münsterbauamt Ulm.

Naturwerksteinerkundung mit Gewinnungsarbeiten für die Baudenkmalpflege, Beispiele aus den vergangenen Jahren:

(A) Breisacher Münster (Abb. 32 bis 34): Für die umfangreiche Außenrenovierung dieser bedeutenden romanisch-gotischen Basilika bestand großer Bedarf an Originalgesteinen aus dem Kaiserstuhl-Vulkanmassiv und an besonders witterungsstabilen Sandsteinsorten. Die Sucharbeiten des LGRB im Auftrag des Erzbischöflichen Bauamts Freiburg begannen im Jahr 2002. Sie konnten 2004 erfolgreich beendet werden (Beschreibung bei: WERNER 2008). Nach der Gewinnung des historisch verwendeten Kaiserstühler Tuffsteins wurde in den Folgejahren die Sanierung durchgeführt. Das 2010 erfolgreich abgeschlossene Projekt ermutigte die Denkmalpflege, auch an anderen Orten des Landes eine Erkundung auf historisch verwendete Gesteine anzuregen.



Abb. 36: Probeentnahme am Ulmer Münster zum petrographischen und geochemischen Vergleich geschädigter und intakter Eisensandsteine aus der mittelalterlichen Bauphase.

◀ **Abb. 35:** Das Ulmer Münster mit dem höchsten Kirchturm der Welt. Die am meisten verwendeten Naturwerksteine sind Süßwasserkalkstein, Eisensandstein, Stubensandstein und Muschelkalk. Besonders kalkig gebundener Eisensandstein am mittelalterlichen Teil des Hauptturms, in Folge der Einwirkung der schwefelhaltigen Niederschläge („saurer Regen“) stark geschädigt, muss ausgetauscht werden. Einen in Betrieb befindlichen Eisensandsteinbruch gab es weder in Baden-Württemberg noch in Bayern.

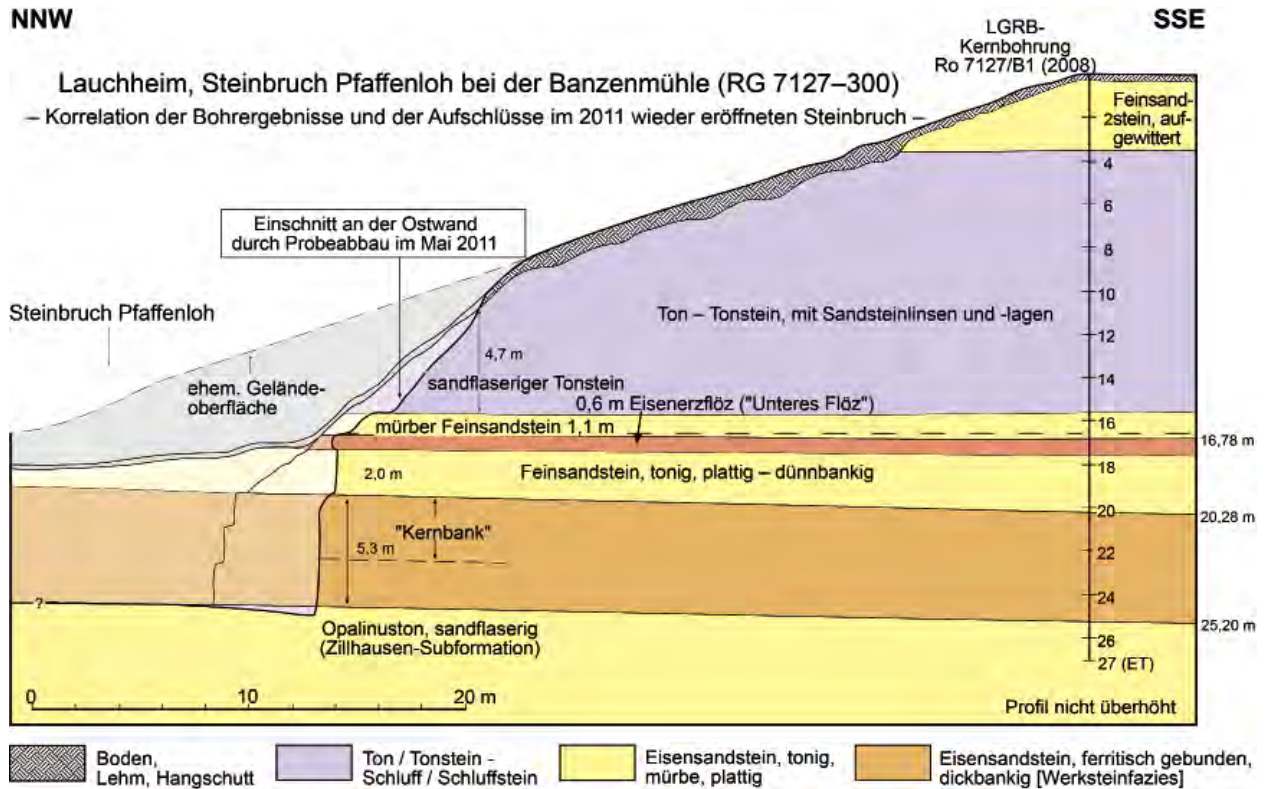


Abb. 37: Geologischer Schnitt durch das Eisensandsteinvorkommen im Gewinn Pfaffenloh bei Lauchheim, konstruiert nach den Ergebnissen der LGRB-Erkundungsbohrung (2008) und dem Probeabbau für das Ulmer Münster (2011); Schichtenfolge im Niveau Top Opalinuston und Unterer Donzdorf-Sandstein mit 5,3 m mächtiger Werksteinbank.

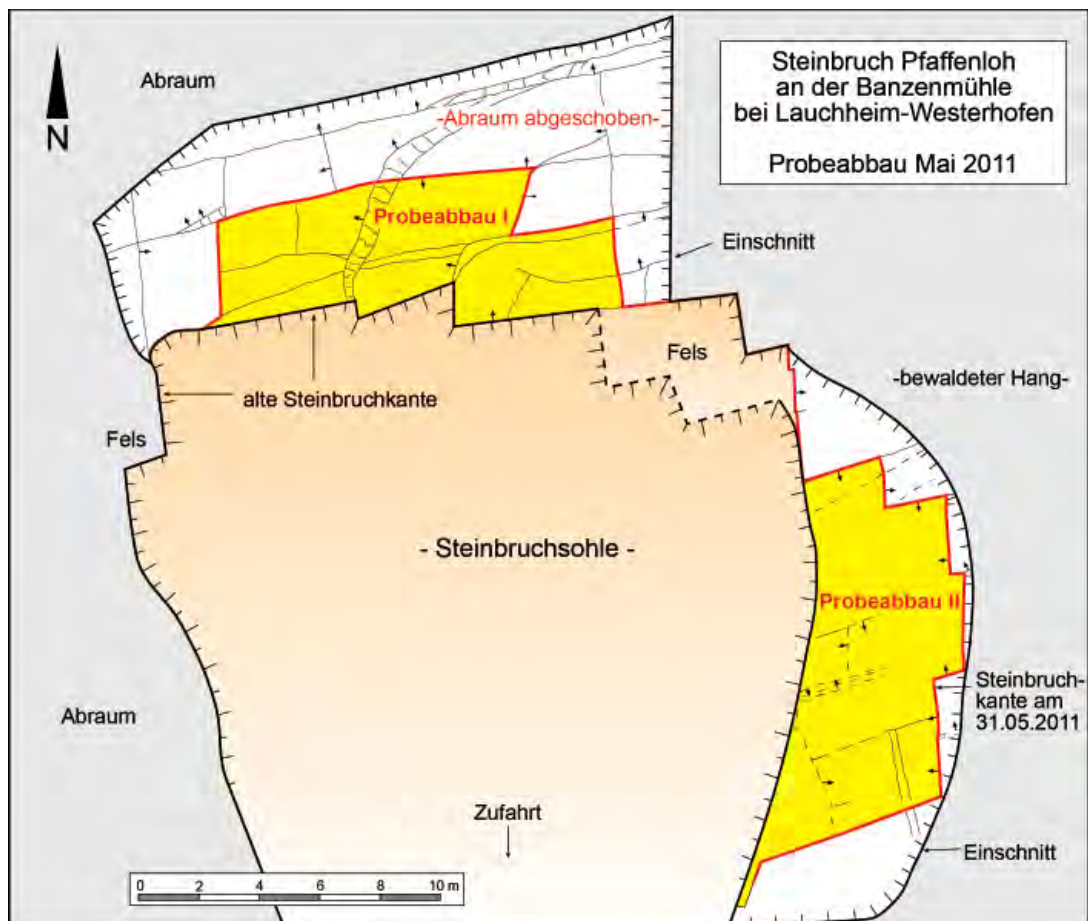


Abb. 38: Alter Steinbruch im Eisensandstein bei Lauchheim (Ostalb) mit Lage der Probeabbauflächen (gelb).



◀ **Abb. 39:** Probeabbau im Eisensandstein-Vorkommen der Banzenmühle bei Lauchheim, Mai 2011; nach Entfernen der tonigen Abraumschichten wurden Blöcke aus dem weitständig geklüfteten, 5 m mächtigen Eisensandsteinlager gelöst.

(B) Ulmer Münster: Zur Renovierung dieser Großkirche mit dem höchsten Kirchturm der Erde (Abb. 35–40) fehlten die im Mittelalter verwendeten feinkörnigen Eisensandsteine aus dem Mitteljura der Ostalb und die besonders im 19. Jahrhundert eingesetzten groben Stubensandsteine aus dem Gebiet um Schlaitdorf (Abb. 41). Auch in Bayern wird der Eisensandstein nicht mehr abgebaut, obwohl dort viele Bauwerke wie z. B. das Kloster Banz und die Wallfahrtskirche

Vierzehnheiligen daraus errichtet worden waren. Weil zahlreiche weitere Bauwerke der „schwäbischen Gotik“ aus Stubensandstein erbaut sind, wird seitens der Denkmalpflege großer Wert auf die Schaffung einer neuen Versorgungsquelle mit Originalmaterial an Stubensandstein gelegt. Auch am Kölner Dom werden erhebliche Mengen von witterungsbeständigem Stubensandstein benötigt.



Abb. 40: Rohblöcke aus Lauchheimer Eisensandstein: (A) Blocklager im Werk der Bamberger Natursteinwerke Hermann Graser; dort erfolgte zunächst die Probenahme für die gesteintechnischen Untersuchungen, dann die Vorfertigung der Blöcke für die Münsterbauhütte Ulm. (B) In der Münsterbauhütte Ulm im Jahr 2012 erstellte Werkstücke aus Lauchheimer Eisensandstein kurz vor dem Einbau am Chorbau des Ulmer Münsters.



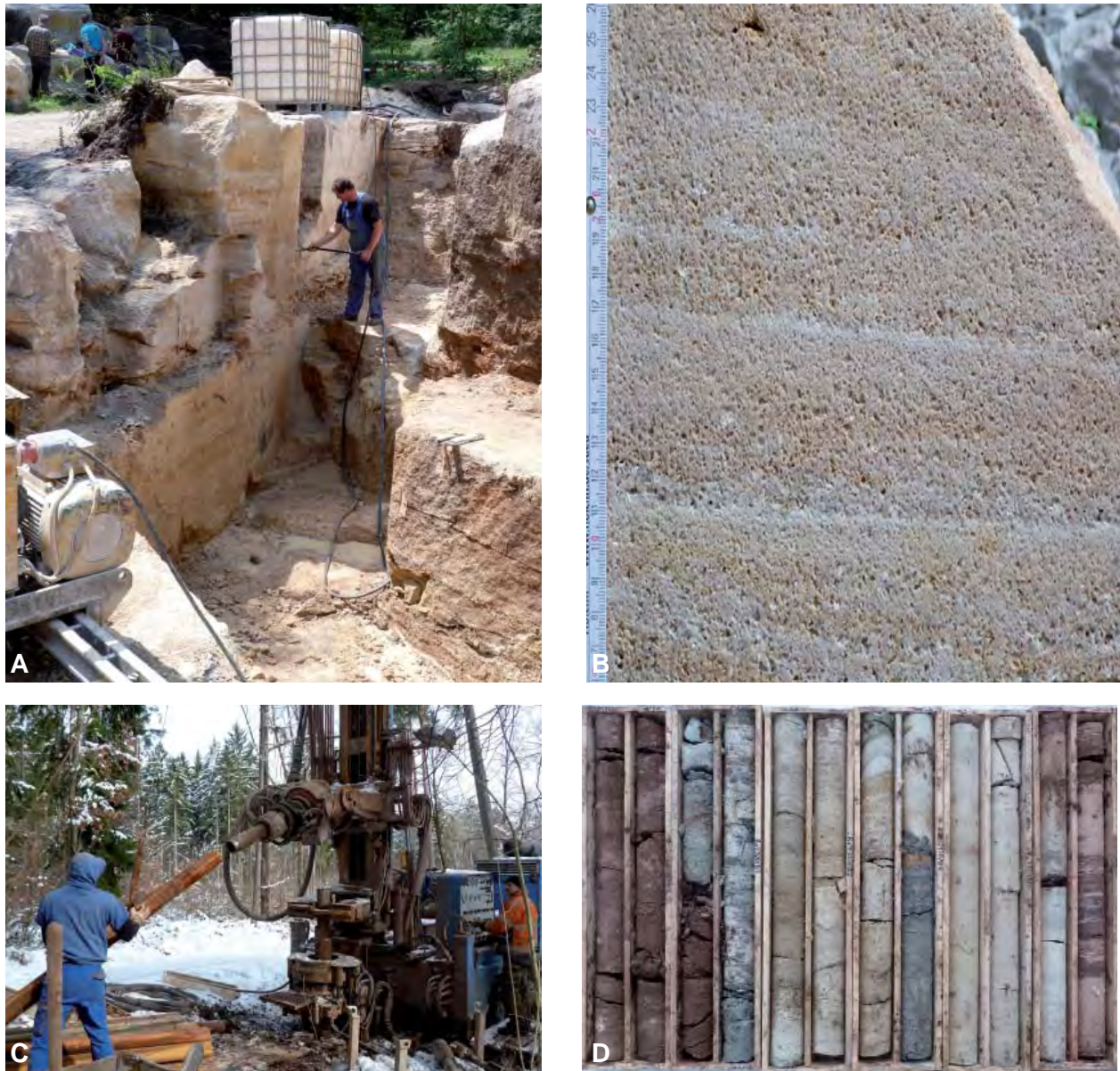


Abb. 41: Erkundung auf Stubensandstein für das Ulmer Münster: (A) Probeabbau bei Waldenbuch, 2012. (B) Problock aus kieselig gebundenem Stubensandstein vor der gesteinsphysikalischen Analyse. (C) Zweiter Teil der Erkundung durch Kernbohrungen bei Waldenbuch im Februar 2013 (Bohrung Ro7320/B12). (D) Gekerkte Schichtenabfolge im Stubensandstein mit raschen Fazies- und Farbwechseln, Rohstofferkundungsbohrung Ro7320/B7.

Das wichtigste Natursteinmaterial für den Hauptturm waren die aus dem Raum Donzdorf–Lauchheim stammenden Eisensandsteine, die vor allem in der Zeit zwischen dem ausgehenden 14. Jh. und ca. 1534 verwendet wurden (WERNER & HELM-ROMMEL 2011). Die Untersuchung der am Turm verbauten Gesteine (Abb. 36) ergab, dass der karbonatfreie, ferritisch gebundene Eisensandstein nach rd. 600 Jahren Standzeit keine oder nur geringe Schäden aufweist, weil in diesem keine Gipsbildung infolge Schwefeleintrags aus der Luft erfolgen konnte.

Die geologische Erkundung richtete sich deshalb auf den Nachweis von Lagerstätten von karbo-

natfreiem Eisensandstein „Typus Lauchheim“. Im Mai 2011 konnte nach mehrjährigen Erkundungs- und Genehmigungsverfahren der Probeabbau bei Lauchheim stattfinden (Abb. 37–39). Durch diesen wurde eine fast 7 m mächtige, hochwertige Lagerstätte eines karbonatfreien, gut zu bearbeitenden und witterungsbeständigen Eisensandsteins nachgewiesen. Eine beim Probeabbau gewonnene Rohblockmenge von fast 150 m³ wurde ins Natursteinwerk transportiert, um dort untersucht und anschließend nach Maßgabe des Münsterbauamts zu Sägestücken verarbeitet zu werden; die Endbearbeitung erfolgt in der Ulmer Münsterbauhütte (Abb. 40 B).



Abb. 42: Turmbaustelle am Freiburger Münster.

Weitere Erkundungsmaßnahmen auf Stubensandstein wurden im Schönbuchgebiet (Abb. 41 A und B) im Auftrag des Ulmer Münsterbauamts 2012 mit drei Kernbohrungen und einem bis 4 m tiefen Probeabbau begonnen (Abb. 41 C und D). Im Februar 2013 gelang es mit weiteren acht Kernbohrungen ein Gebiet einzugrenzen, in dem werksteinfähiger, kieselig gebundener und witterungsbeständiger Stubensandstein unter einer nur 3–5 m mächtigen Bedeckung vorhanden ist. Durch gesteinsphysikalische Untersuchung der Bohrkerns und geophysikalische Erkundung im Gelände soll nun der Bereich eingegrenzt werden, in dem ein weiterer Probeabbau lohnenswert wäre. Gelingt der vom Grundeigentümer, Gemeinde und Landratsamt unterstützte Neuaufschluss, so könnte in einigen Jahren bald wieder haltbarer Stubensandstein für die vielen Bauwerke der „Schwäbischen Gotik“ zur Verfügung stehen.

(C) Freiburger Münster: Für das Freiburger Münster mit seinem „schönsten Turm auf Erden“ sucht man ebenfalls nach hochwertigem Stein, der, wie der im Mittelalter verwendete Buntsandstein aus den Emmendinger Vorbergen, Jahrhunderte lang



Abb. 43: Stark geschädigte Krabbe am Turmhelm des Freiburger Münsters; dieser unter den herrschenden Witterungsbedingungen nicht geeignete Feinsandstein aus Steinbrüchen bei Freudstadt war erst in der Mitte des 20. Jh. eingebaut worden; der umgebende Sandstein aus den Steinbrüchen bei Tennenbach zeigt sich hingegen seit über 700 Jahren stabil gegen Witterung und statische Beanspruchung.

Wind und Wetter trotzen und die enormen Druck- und Zugspannungen am filigranen Turmhelm aufnehmen kann. Seit vielen Jahren sind umfangreiche Sanierungs- und Austauschmaßnahmen besonders am Turmhelm erforderlich (Abb. 42). Im letzten Jahrhundert wurden aus der Mangel-situation heraus – seit dem 2. Weltkrieg war kein Buntsandsteinbruch im Freiburger Umland mehr in Betrieb – Gesteine für Renovierungsarbeiten am Hauptturm verwendet, die dem Wetter nicht standhalten (Abb. 43) und deshalb heute in einem sehr aufwändigen, kostspieligen Sanierungsprojekt ausgetauscht werden müssen. Derzeit werden für das Münster Sandsteinblöcke aus dem Odenwälder Neckartal über eine Entfernung von mehr als 200 Kilometern herantransportiert, obwohl nur wenige Kilometer im Norden von Freiburg 60 Buntsandsteinbrüche verlassen liegen. Der vom LGRB empfohlene und seit 2009 für besonders beanspruchte Teile eingesetzte Neckartäler Hartsandstein weist aufgrund seiner durchgehend starken Verkieselung besondere Witterungsbeständigkeit

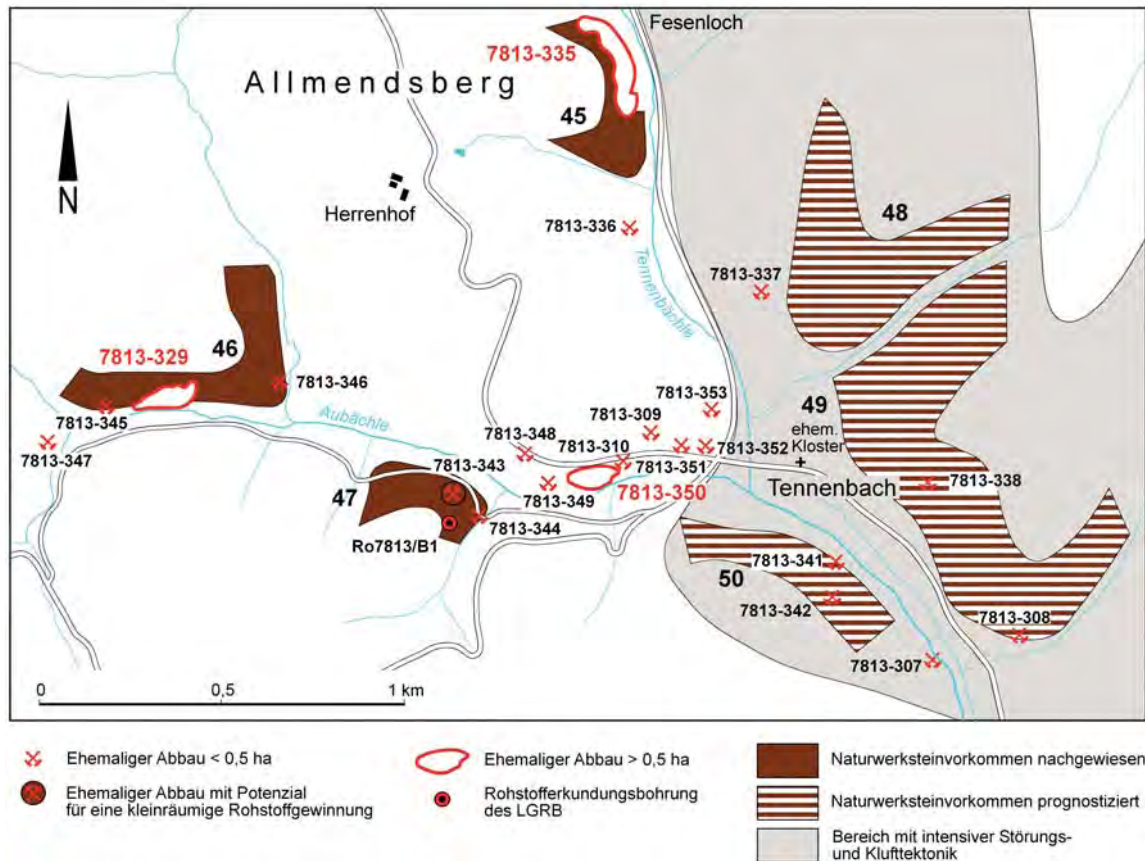


Abb. 44: Durch rohstoffgeologische Erkundung des LGRB eingegrenzte Gebiete (braune Flächen) mit Werksteinvorkommen im Mittleren Buntsandstein bei Tennenbach, nordöstlich von Emmendingen. Ausschnitt aus der KMR 50 Breisach/Freiburg-Nord.

und besonders hohe Druckfestigkeiten auf. Für das Freiburger Münster ist sein Einsatz jedoch ein Novum, und seine langfristige gesteinsphysikalische Verträglichkeit neben dem Originalmaterial ist noch unbekannt. Als besonders günstig aus denkmalpflegerischer und bauphysikalischer Sicht wird die Verwendung des Originalmaterials aus den mittelalterlichen Steinbrüchen angesehen, das, nach Mitteilung der Münsterbauhütte Freiburg, noch über 80 % der heutigen Bausubstanz ausmacht und nach über 700 Jahren noch hervorragende Stabilität aufweist (FALLER et al. 2012).

Im Zuge der amtlichen Rohstoffkartierung zur KMR 50 (Abb. 44) wurden im Norden von Freiburg Buntsandsteinvorkommen mit beachtlichen Bankmächtigkeiten, hoher Verbandsfestigkeit und geringer tektonischer Beanspruchung abgegrenzt (WITTENBRINK & WERNER 2010). Die KMR 50 dient als Grundlage für die weitere Erkundung. Aufgrund des Bedarfs am Freiburger Münster und anderen Bauwerken der Region konnte die heimische Natursteinindustrie für eine Neuerschließung eines früheren Steinbruchs gewonnen werden. Zuerst wurde eine Erkundungsbohrung zur Untersuchung der Werksteinschichten hinsichtlich Mächtigkeiten und Gesteinsaufbau abgeteuft (Abb. 45 A). Die

petrographischen und gesteinsphysikalischen Untersuchungen am Bohrkernmaterial (Abb. 45 B) belegen die Eignung der angetroffenen Werksteinbänke; der Tennenbacher Sandstein erwies sich als druckfest und frostbeständig. Nach dem Genehmigungsverfahren zum Probeabbau wurden Forstarbeiten im völlig zugewachsenen Steinbruch durchgeführt. Abbildung 47 A zeigt den über Hundert Jahre ungenutzten Steinbruch unmittelbar vor Beginn der Arbeiten im Mai 2012.

Über mehrere Monate hinweg wurde dieser Steinbruch schrittweise erschlossen; zum Lösen der Sandsteinblöcke wurden ausschließlich schonende schneidende Methoden mit Seil- und Schwertsägen eingesetzt. Nach drei Monaten erwies sich, dass der Probeabbau erfolgreich war: Neben Mauersteinen und großformatigen Blöcken für den Garten- und Landschaftsbau kann der Steinbruch auch hochwertigen Bildhauerstein liefern (Abb. 47 B und C). Am 20. November 2012 präsentierten das Landratsamt Emmendingen, die Fa. Lauster Steinbau (Stuttgart) und das LGRB den Vertretern der Forstdirektion, des Münsterbauvereins Freiburg sowie Presse- und Fernsehjournalisten Stand und Ergebnisse der Arbeiten (Abb. 46).

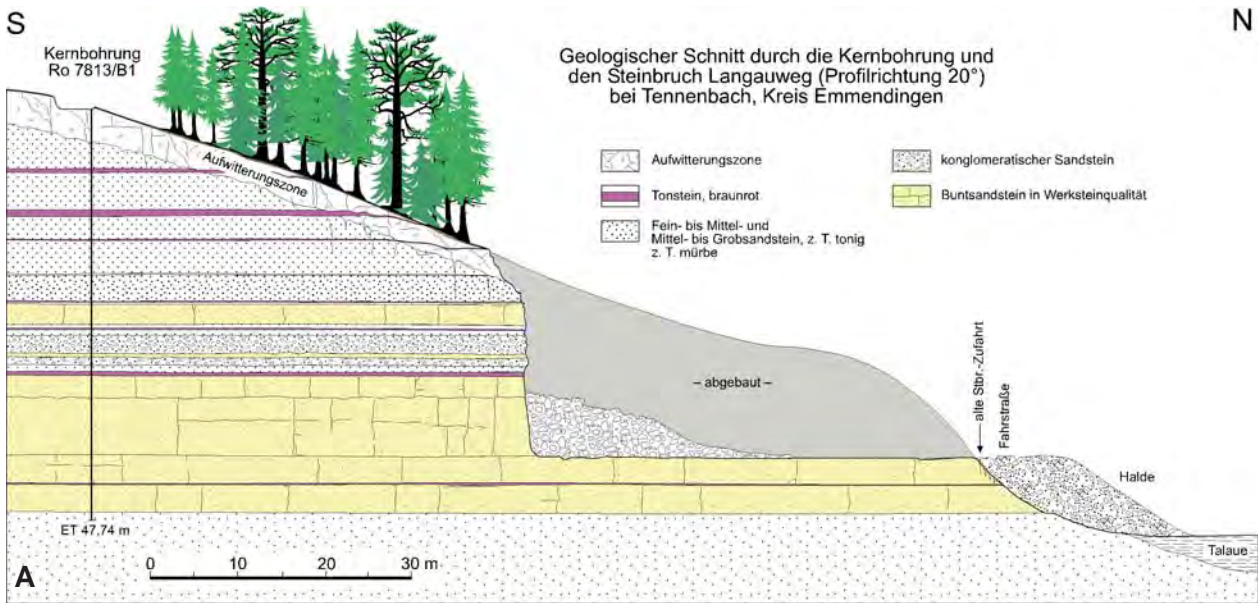


Abb. 45: Erkundungsbohrung am Steinbruch Langauweg bei Tennenbach, nördlich von Freiburg: (A) Aus Erkundungsbohrung und Steinbruchkartierung erstelltes geologisches Profil; gelb dargestellt sind Sandsteine mit Werksteinqualität. (B) Bohrkern aus der Erkundungsbohrung; deutlich wird die Vielfalt der dabei angetroffenen Sandsteintypen. Homogene Typen sind als Bildhauerstein geeignet, solche mit Geröllen aus Quarz oder Tonstein hingegen nicht.



Abb. 46: Pressetermin im Steinbruch Tennenbach am 20. Nov. 2012 mit Vertretern des Münsterbauverein Freiburg, des Landratsamts Emmendingen, der Forstdirektion Freiburg, des LGRB und der Fa. Lauster Steinbau, Stuttgart.

Fazit

Im Zusammenhang mit gutachterlichen Tätigkeiten und der Erstellung von Rohstoffkarten wurden vom LGRB ab Mitte der 1990er Jahre bereits einige wertvolle Werksteinvorkommen durch Bohrungen erkundet. Die dabei sowie durch Betriebserhebungen gewonnene Expertise wurde ab 2002 vom Landesamt für Denkmalpflege und Restaurierungsfirmen immer häufiger abgefragt, weil der Bedarf an witterungsbeständigem, statisch belastbarem Originalgestein für denkmalgeschützte Bauwerke deutlich anstieg. In der Folge kamen Aufträge von kirchlichen Bauämtern und Münsterbauhütten hinzu. Umfangreiche, meist mehrjährige Kartier- und Bohrprogramme

fürten zum Nachweis von interessanten Werksteinvorkommen mit den benötigten Gesteinstypen und -qualitäten. Durch Probeabbauarbeiten konnten seit 2004 schließlich auch Lagerstätten nachgewiesen werden, aus denen nun Material für bedeutende Bauwerke gewonnen wurde bzw. gewonnen wird. Die Sanierung des Breisacher Münsters mit Originalmaterial ist abgeschlossen, am Ulmer Münster und am Freiburger Münster laufen umfangreiche Sanierungsarbeiten. Die erfolgreiche Zusammenarbeit von Geologischem Landesdienst, Denkmalpflege, Bauämtern und Natursteinindustrie stoßen bundesweit auf ein positives Echo.



Abb. 47: Neuer „Münstersteinbruch“ bei Tennenbach: (A) Kurz vor Beginn des Probeabbaus im Mai 2012. (B) Gegen Ende des ersten Abschnitts des Probeabbaus im Jahr 2012. (C) Seilsägearbeiten der Fa. Lauster Steinbau.

2.2.4 Die Karte der Steinsalzverbreitung in Baden-Württemberg

Deutschland ist eines der bedeutendsten Salzbergbaugebiete der Welt. Baden-Württemberg gehört mit einer Fördermenge von über 5 Mio. Tonnen zur Spitzengruppe der deutschen Stein-

salzproduzenten. Die industrielle und wirtschaftliche Bedeutung des Muschelkalk-Steinsalzes resultiert aus der Mächtigkeit und günstigen Zusammensetzung der Steinsalzablagerungen. Das Muschelkalksalinar in Südwestdeutschland und der Nordschweiz ist durch seine Reinheit gekennzeichnet, was für die chemische und Lebensmittel-Industrie sowie für die Herstellung von Speisesalz von Bedeutung ist. Der Abbauhorizont in Heilbronn, Kochendorf, Stetten bei Haigerloch und der durch Solung genutzten Abschnitte am Hochrhein ist das Untere Salzlager, auch „Unteres Steinsalz“ genannt.

Verbreitung: Wirtschaftliche interessante Steinsalzvorkommen sind aufgrund der Ablagerungsbedingungen während der Trias und der späteren erdgeschichtlichen Entwicklung in Südwestdeutschland in einem breiten, SW–NE verlaufenden Streifen zu finden, der das Land vom Hochrhein über Bad Dürkheim, Stetten bei Haigerloch, Stuttgart und Schwäbisch Hall bis Crailsheim durchzieht (Abb. 48). Die letzte Kartendarstellung zur Verbreitung des Steinsalzes im Mittleren Muschelkalk Baden-Württembergs wurde von WILD (1968) publiziert. Diese auf Grundlage von Bohrergebnissen und daraus abgeleiteten geologischen Kriterien erstellte Karte war Grundlage für viele spätere Arbeiten. Seitdem hat sich der Kenntnisstand durch neue Bohrungen und durch die heutige Verfügbarkeit damals unzugänglicher oder nicht bekannter alter Erkundungsdaten erweitert.

Der Karte von Abb. 48 liegen folgende Daten und geologische Kriterien zu Grunde:

Zur Konstruktion der Karte konnten insgesamt 688 tiefe Bohrungen verwendet werden. 335 Bohrungen haben das Steinsalzlager erbohrt. Außerdem konnten 353 „nichtfündige“ Bohrungen verwendet werden, die sicher das Liegende der Salinar-Formation erreicht haben; an diesen Punkten ist somit nachgewiesen, dass kein Steinsalz vorhanden ist. Die fündigen Bohrungen sind vorwiegend industrielle Erkundungsbohrungen und daher dort konzentriert, wo Salzgewinnung früher umging oder heute noch umgeht. Außerhalb dieser Gebiete gibt es nur wenige verwertbare Bohrungen. Im Hochrheingebiet standen auf Schweizer Seite wenige publizierte Erkundungsdaten aus den Solefeldern sowie weitere publizierte Daten (DRONKERT et al. 1990) zum grenzübergreifenden Abgleich zur Verfügung. Berücksichtigt wurden auch die Salzmächtigkeitskarten der LGRB-Gutachten über die Steinsalzlagerstätten Kochendorf, Heilbronn (1992, 1994) und Stetten (2005).

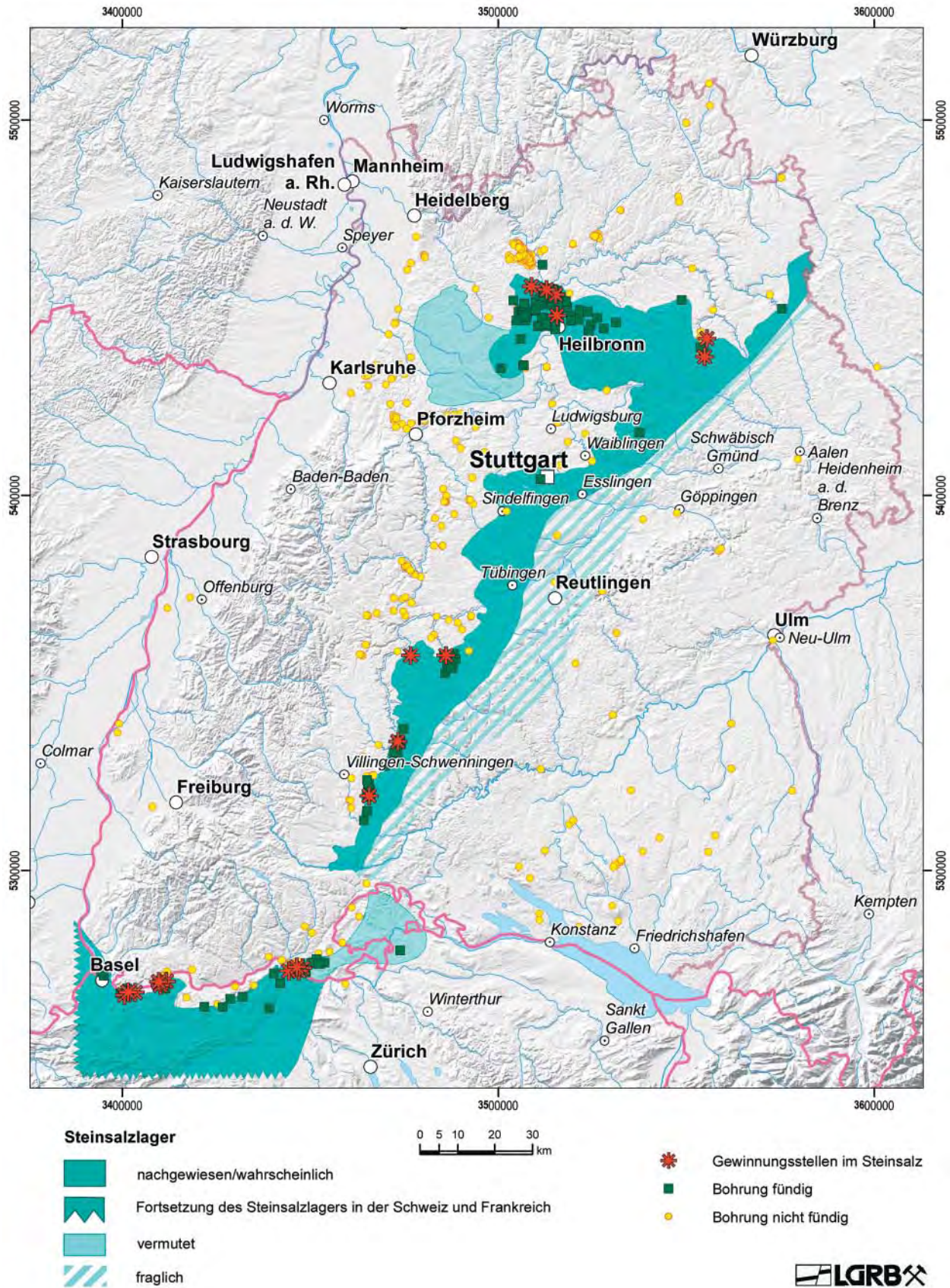


Abb. 48: Verbreitung des Muschelkalk-Stearnsalzes in Baden-Württemberg und der angrenzenden Schweiz. In der Karte sind auch die Gewinnungsstellen von Steinsalz (frühere und in Betrieb befindliche Bergwerke, Solebohrungen) und die zur Konstruktion der Karte verwendeten Bohrungen dargestellt.



Die Karte der Abb. 48 macht deutlich, dass vor allem zwischen Villingen-Schwenningen und Stuttgart sowie im Gebiet um Heilbronn ausgedehnte Gebiete nicht untersucht sind. Besonders in dem östlich von Heilbronn liegenden Raum sind große Steinsalzmächtigkeiten zu erwarten. Die Karte der Abb. 49 für das Umfeld der Bergwerke Heilbronn und Kochendorf zeigt, welchen Mächtigkeitsschwankungen das Steinsalzlager des Mittleren Muschelkalks im Einzelnen unterworfen ist. Mächtigkeitsminima stehen ganz überwiegend mit natürlichen Ablagungsprozessen im Zusammenhang (SIMON 1995, 2003). Seit dem Erdmittelalter findet Subrosion im Muschelkalk statt. Eine Erkundung auf die „Steinsalzlagerstätten der Zukunft“ muss diese Mächtigkeitschwankungen im Salinar berücksichtigen.

Steinsalzerkundung: Das im Zechsteinsalz Mitteleuropas häufig und erfolgreich angewendete geophysikalische Erkundungsverfahren des elektromagnetischen Radars (EMR) führte in den Bergwerken Kochendorf und Heilbronn nicht zum Erfolg. Aufgrund der grobspätigen Steinsalzstruk-

tur und der damit verbundenen starken Streuung bzw. Dämpfung der elektromagnetischen Wellen eignet sie sich auch bei Verwendung niedriger Frequenzen nicht für eine Vorfelderkundung (GLA 1995a). Auch hybridseismische Verfahren erlauben wegen sehr ähnlicher Laufzeiten der seismischen Wellen im Steinsalz und im umgebenden Anhydritstein der Sulfatschichten noch keine klare Unterscheidung dieser Schichtglieder und damit auch keine Vorhersage der Steinsalzmächtigkeiten. Von über Tage abgeteuft Bohrungen sind wegen der Unsicherheit, ob das Bohrloch dauerhaft gegen eindringendes Süßwasser abgedichtet werden kann, nur in großen Abständen sinnvoll. Um Bohrlöcher, die bis in das Salinar reichen, müssen beim Bergbau Sicherheitspfeiler von rd. Hundert Metern Durchmesser eingehalten werden (nach alter Württembergischer Polizeiverordnung; Mitt. R. PAUSE, SWS AG Heilbronn). Die Steinsalzerkundung wird im Salzbergbau bei Heilbronn daher bergmännisch, d.h. durch Erkundungsstrecken und kurze Bohrungen, innerhalb des Salinars vorgenommen.

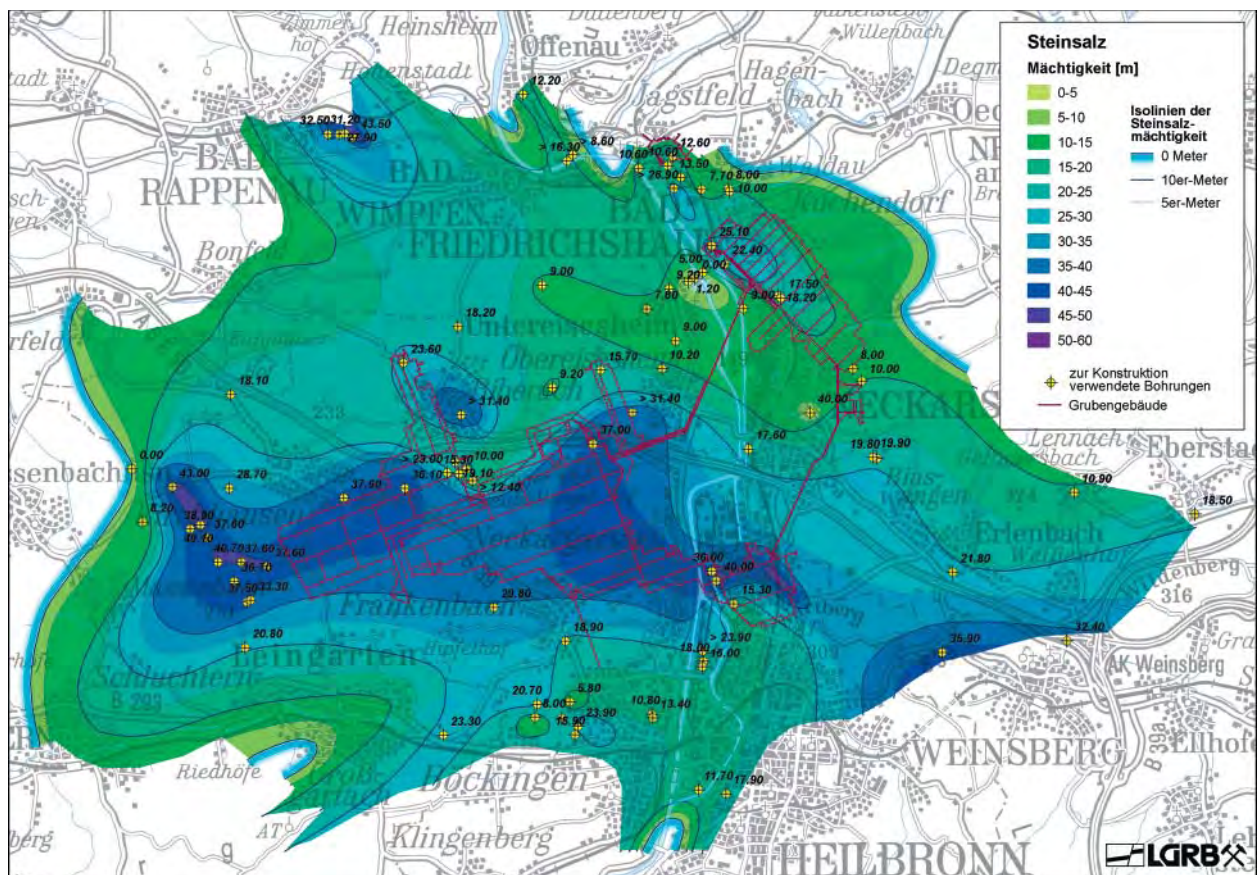


Abb. 49: Karte der Steinsalzmächtigkeiten im Gebiet Bad Rappenau – Bad Friedrichshall – Heilbronn, konstruiert anhand der Daten aus Bohrungen (gelbe Punkte). Rot: Umriss der Steinsalzbergwerke Kochendorf und Heilbronn; Abbaustand 2011. Isolinienkonstruktion: T. SIMON & E. ROGOWSKI, LGRB.

Die Erkundungsmethoden sind also noch erheblich weiter zu entwickeln, um das Potenzial für den künftigen Steinsalzbergbau ermitteln zu können. Am aussichtsreichsten erscheint eine Kombination aus weitständigen Kernbohrungen und seismischen Verfahren. Wie bei der Suche nach Erdöllagerstätten könnten durch 3-D-Modellierung gewonnene Strukturmodelle Bereiche mit mächtigen Steinsalzlagerstätten einengen.

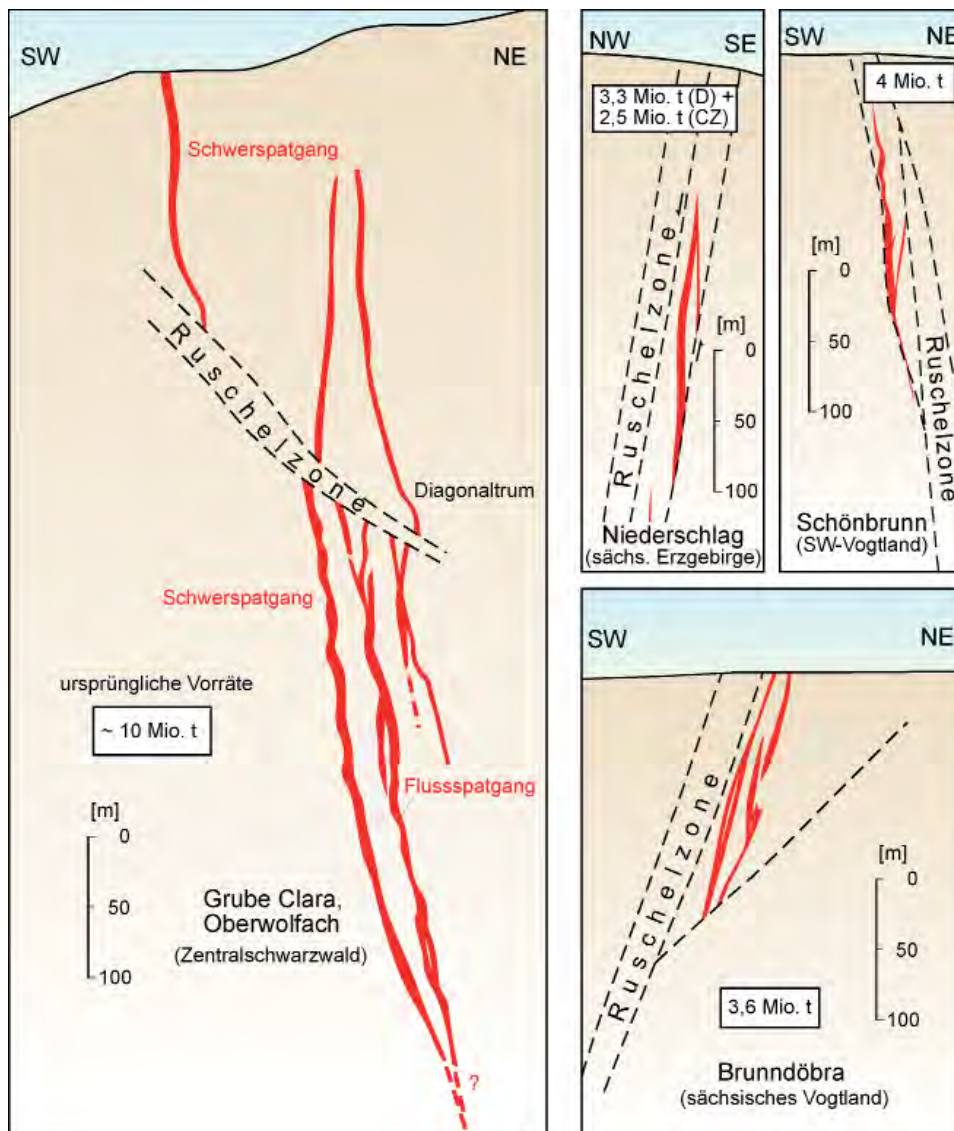
Fazit

Die Steinsalzlagerstätten im Mittleren Muschelkalk gehören zu den wichtigsten tiefliegenden Rohstoffen Baden-Württembergs. Durch kontinuierliche Erfassung und Auswertung von historischen Bohrungsdaten seit Bestehen des Geologischen Landesamts konnte eine Übersichtskarte für die Verbreitung und Tiefenlage des Muschelkalksalinars erstellt werden. Wegen der starken Wechselhaftigkeit der Steinsalzlagerstätten besonders hinsichtlich der verwertbaren Lagerstättenmächtig-

keiten sind noch Fragen zu klären, sobald neue Areale für den Bergbau erschlossen werden sollen. Hierzu bedarf es der Weiterentwicklung von technischen und geophysikalischen Erkundungsmethoden.

2.2.5 Erkundung auf Schwer- und Flussspatgänge im Schwarzwald

Im Schwarzwald sind viele Hundert Mineralgänge mit Mächtigkeiten von 1 m und mehr bekannt, doch i. d. R. nur in Oberflächennähe untersucht. Die größten Gänge sind zwischen 3 und 30 m breit und reichen mindestens 900–1000 m tief (Abb. 50). Sie enthalten in disperser Form auch Metallerze. Weil die Entstehung dieser Gänge auf hoch mineralisierte, heiße Wässer zurückzuführen ist, werden sie auch als „Hydrothermalgänge“ bezeichnet. Die Nutzung der auf diesen Gängen auftretenden Erze z. B. von Eisen, Kupfer, Blei und Silber geht bis in die keltische Zeit zurück.



◀ **Abb. 50:** Schematischer Größen- und Vorratsvergleich der Gänge der Grube Clara im Mittleren Schwarzwald mit großen Spatgängen aus dem Erzgebirge und dem Vogtland. Alle Graphiken sind im gleichen Maßstab dargestellt. Sie zeigen, dass die im Schwarzwald am besten untersuchte Ganglagerstätte (Grube Clara) deutlich größer ist, als geologisch ähnliche Mineralgänge im Erzgebirge und im Vogtland.



Sie hatte besonders im Mittelalter, der frühen Neuzeit sowie im 18. Jahrhundert große wirtschaftliche und politische Bedeutung. Mitte des 19. Jahrhunderts stieg das Interesse an Schwespat, weil das weiße, chemisch beständige Mineral die Herstellung lichtechter Farben ermöglicht. Schließlich erlangte im 20. Jahrhundert der meist auf gleicher Lagerstätte vorkommende Flußspat (CaF_2) als Grundstoff für die Chemische Industrie Bedeutung. Somit sind die Schwarzwälder Mineralgänge zugleich Lieferant für Industriemineralien als auch für Metallerze.

Wegen der wachsenden Sorge um die Versorgungssicherheit an industriell wichtigen Grundstoffen werden seit einigen Jahren – auch in den südwestdeutschen Medien – die Aktivitäten zur Wiedererschließung von tiefliegenden Erz- und Industriemineralallagerstätten des Sächsischen Erzgebirges regelmäßig thematisiert. Wie sind die Schwarzwälder Hydrothermalgänge im Vergleich zu einem der größten Lagerstättenreviere Europas, dem Erzgebirge und seinem Umfeld, zu bewerten? Nach Firmenangaben und aus der Literatur, in der aber nur selten konkrete Zahlen zu Vorräten zu finden sind, lassen sich einige Angaben zu gesicherten, wahrscheinlichen bis möglichen Vorräten in den Erz- und Mineralgängen im Schwarzwald zusammenstellen:

- **Käfersteige** bei Pforzheim (Nordschwarzwald): 1935–1996 Förderung von 2 Mio. t Flußspathaufwerk, bergmännische Vorräte > 5 Mio. t mit 50 % CaF_2 , Gangmächtigkeiten 5–30 m, geologische Vorräte vermutlich >> 10 Mio. t Flußspat.
- **Clara** bei Oberwolfach (nördlicher Zentralschwarzwald): mindestens 10 Mio. t Fluß- und Schwespat mit beibrechenden Kupfer-Silber-Erzen, davon seit 1903 abgebaut 7 Mio. t.
- **Schauinsland** (südlicher Zentralschwarzwald): 1,2 Mio. t abgebaut, 0,5 Mio. t bergbauliche Vorräte (19. und 20. Jh.), zzgl. historischem Abbau. Gesamt-vorräte > 2 Mio. t Zink-Blei-Silber-Erz.
- **Revier Wieden** (Südschwarzwald): 0,62 Mio. t erkundete Restvorräte + abgebaute 1,26 Mio. t = 1,88 Mio. t, geschätzte geologische Vorräte: >> 10 Mio. t Fluß- und Schwespat mit beibrechenden Erzen.

Die Beispiele zeigen, dass bei den Schwarzwälder Spatlagerstätten jeweils mit Vorräten um bzw. über 10 Mio. t zu rechnen ist. In Abb. 50 ist ein graphischer Vergleich zwischen einigen bedeu-

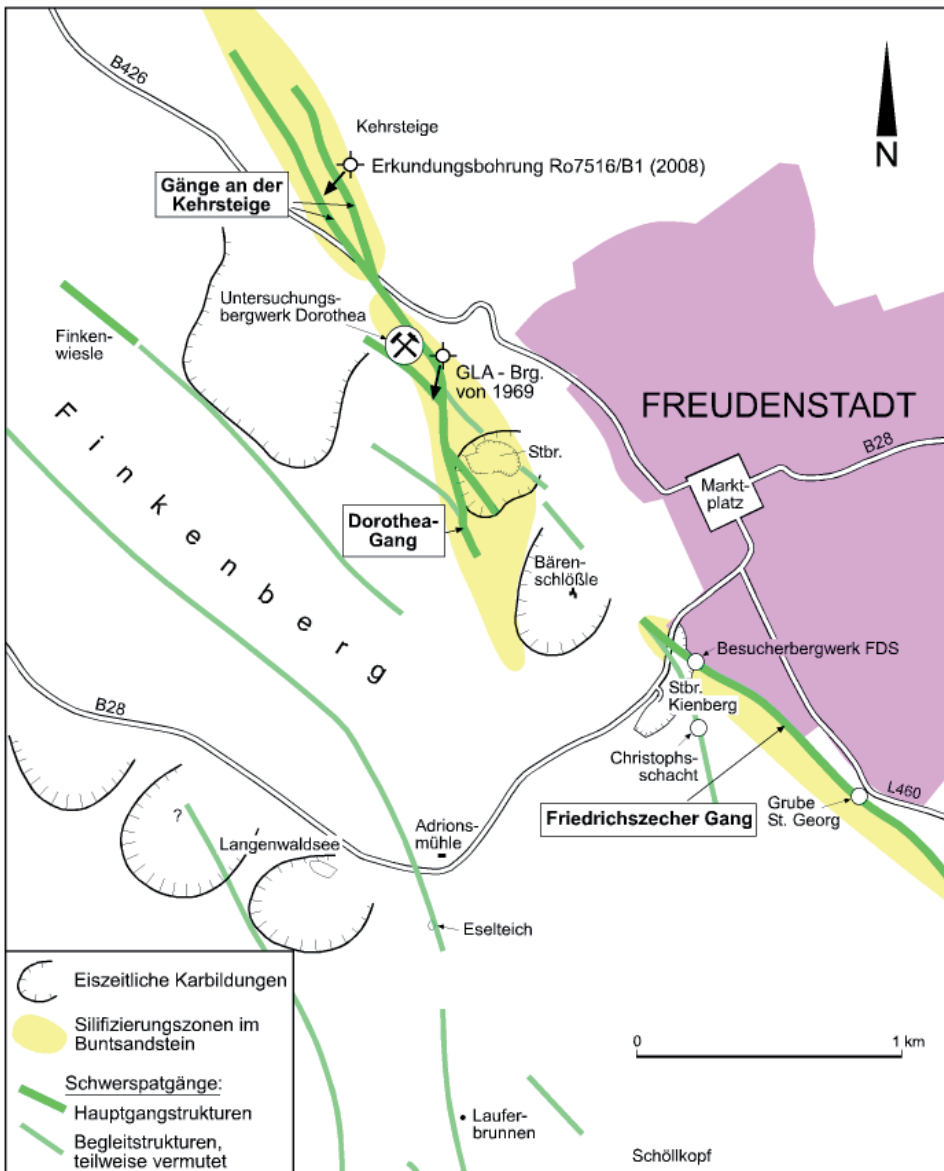
tenden Spatgruben des Erzgebirges sowie des Vogtlands und der am besten bekannten Gangstruktur des Schwarzwalds, der Grube Clara, vorgenommen. Nach HÖSEL et al. (1997) liegen die Gesamtspatvorräte der Gruben Schönbrunn und Bösenbrunn bei 4 Mio. t (davon 2 Mio. t abgebaut), in Brunndöbra bei 3,6 Mio. t (davon 0,9 Mio. t abgebaut) und in Niederschlag bei 3,3 Mio. t, in der Fortsetzung der Lagerstätte auf tschechischem Gebiet sind weitere 2,5 Mio. t nachgewiesen. Die Spatgrube Niederschlag befindet sich in Herrichtung; im Oktober 2010 wurde mit dem Bau der Rampe begonnen.

Die tektonischen und lithologischen Verhältnisse sind im Schwarzwälder Kristallin offenbar besonders günstig für die Bildung zahlreicher tiefreichender Spatgänge, wie nachfolgende Beispiele zeigen. **Die Gänge der Grube Clara** bei Oberwolfach im Mittleren Schwarzwald (Ortenaukreis) gehören zu den größten deutschen Ganglagerstätten. Im Jahr 1850 nahm der Kinzigtäler Bergwerksverein auf der seit dem Mittelalter bekannten Grube den Schwespatabbau auf. Mit Gründung der Schwarzwälder Barytwerke im Jahr 1898 begann die bis heute andauernde Bergbauaktivität. Seit der Inbetriebnahme der Flußspatflotation bei Wolfach im Jahr 1978 wird zusätzlich regelmäßig Fluorit auf der Grube Clara gewonnen. In dem bereits 850 m tiefen Bergwerk werden heute sowohl Fluß- und Schwespat als auch Silberfahlerze abgebaut. Nach Angaben der Sachtleben Bergbau GmbH & Co. KG werden von etwa 100 Mitarbeitern jährlich im Mittel 160 000 t Roherz gefördert und daraus 50 000 t Schwespat (Mahlspat) und 25 000–30 000 t Flußspat produziert und verkauft. Seit Beginn der regelmäßigen Produktionsaufzeichnungen im Jahr 1903 wurden bis Ende 2011 genau 6 971 394 t Spat abgebaut (mdl. Mitt. M. NELLES, Fa. Sachtleben Bergbau, Jan. 2012).

Eine wichtige Frage ist, ob die Lagerstätte des seit 1898 ohne Unterbrechung betriebenen Spatbergwerks Clara eine Ausnahme im Schwarzwald ist oder ob es noch mehr Lagerstätten dieser Größe und Qualität gibt. Aus strukturgeologischer Sicht ist eine Situation wie bei den Clara-Gängen oder wie im Bereich der Grube Käfersteige – der bislang größten, erkannten Flußspatlagerstätte Europas – auch an anderen Stellen im Schwarzwald anzutreffen. Möglicherweise wirtschaftlich interessante Vorkommen sind bei Haslach im Kinzigtal, bei Wildschapbach, Ödsbach oder Reinerzau zu finden, weitere bei Neuenbürg, Freudenstadt, im Glottertal und Suggental, im Münstertal, im Revier Wieden-Todtnau und bei St. Blasien.

Oft waren die früher im Schwarzwald tätigen Gruben nur einige Jahrzehnte in Betrieb, auch der Erzbergbau des Mittelalters und des 18./19. Jh. drang meist nicht weit vor (STEEN 2004, WERNER & DENNERT 2004) – doch die zahlreichen Untertageaufschlüsse aus diesen Jahrhunderten lassen unter Anwendung moderner geowissenschaftlicher Methoden erkennen, dass in zahlreichen Fällen nur der „obere Zipfel der Lagerstätte“ bergmännisch erschlossen wurde. In der Regel handelte es sich auch im 20. Jh. um kleine, kapitalschwache Unternehmen mit veralteter Technik, für die ein Vordringen unter den Grundwasserspiegel kaum möglich war. Geringe Schwankungen im Marktpreis oder bei den Materialkosten reichten zumeist aus, dass die Gewinnungstätigkeiten eingestellt werden mussten. Geologische Erkundung wurde praktisch nirgends betrieben, und das wenige Wissen um die Lagerstätten aus den Untertageaufschlüssen ging mit der Grubenschließung rasch verloren.

Wegen der bislang überwiegend schlechten Datenlage über die Schwarzwälder Erz- und Mineralgänge hinsichtlich ihres Potenzials unterhalb der historischen Abbauniveaus und im Umfeld der alten Gruben ist es für den Landesdienst erforderlich, sich durch Kartierung und eigene Erkundung Informationen zum Lagerstättenpotenzial zu verschaffen. Entsprechend der Haushaltsmittel kann dies jedoch nur in kleinen Schritten erfolgen. Der Geologische Landesdienst begann schon in den 1950er Jahren mit bohrtechnischen Untersuchungen zur lagerstättengeologischen Erforschung der hydrothermalen Gänge im Schwarzwald. Mit gemeinsamen Mitteln des Bundes und des Landes wurden z.B. im Rahmen des Programms „Forschung und Entwicklung zur Sicherung der Rohstoffversorgung“ (sog. Bundesbohrprogramm, 1979–1983) Kernbohrungen im Schwarzwald, vor allem bei Pforzheim, Oberwolfach, Münstertal, Fahl bei Todtnau und Walds-



◀ **Abb. 51:** Übersichtskarte für das Gebiet südwestlich von Freudenstadt mit den wichtigsten schwerspatmineralisierten Störungen. Wie die Erkundung durch die LGRB-Bohrung zeigte, werden sie zur Tiefe hin flussspatreich. Der Buntsandstein entlang der Randstörung des Freudenstädter Grabens ist präbarytisch intensiv verkiezelt. Lage der Erkundungsbohrungen des GLA bzw. LGRB.



hut durchgeführt. Mehrere Bohrungen führten zum Nachweis wirtschaftlich interessanter Fluss- und Schwerspatvorkommen und lösten umfangreiche weiterführende Untersuchungen von Bergbauunternehmen aus. Hier sind besonders die Schwerspat-Flussspat-Grube Clara bei Oberwolfach und die Grube Käfersteige bei Pforzheim zu nennen.

Im Zuge der Aufnahmen zur KMR 50 Blatt Freudenstadt bot es sich an, einen weiteren Test „im Vorfeld der Industrie“ durchzuführen, da es sich beim Revier Freudenstadt um ein besonders lagerstättenhöfliches Gebiet handelt. Das durch den tertiärzeitlichen, NW–SE verlaufenden Freudenstädter Graben gekennzeichnete Gangrevier erstreckt sich über eine Fläche von 9,5 x 22 km und beinhaltet mindestens 29 Gangstrukturen mit Schwer- und Flussspat, die im Bereich des Grabens überwiegend in NW–SE-Richtung streichen. Die Karte der Abb. 51 zeigt die Gangstrukturen am SW-Rand des Freudenstädter Grabens. Seit einer ersten Forschungsbohrung des damaligen Geologischen Landesamts im Jahr 1969 weiß man, dass die durch den alten Bergbau erschlossenen, im Buntsandstein aufsetzenden Gänge mindestens 300 m tief bis in den Triberger Granit hinabreichen.

Der Bergbau auf Silber-, Kupfer- und Eisenerze bei Freudenstadt, Hallwangen und Baiersbronn geht mindestens in das 13. Jahrhundert zurück. Um 1830 erlangte hier erstmals das Mineral Schwerspat wirtschaftliche Bedeutung. Abbau erfolgte in der Grube Himmlisch Heer bei Hallwangen von 1908 bis 1912 (WERNER & DENNERT 2004, KESTEN & WERNER 2006). Warum der Abbau dort beendet wurde, ist unbekannt. Mögliche Gründe sind: Ansteigen des Quarzgehalts im Schwerspatgang, ein Auskeilen des Ganges, Wasserhaltungsprobleme oder/und Preisschwankungen. Im Raum Freudenstadt ist das Schwerspatpotenzial im Vergleich mit anderen Gangrevieren Deutschlands als erheblich einzustufen, worauf schon Erkundungsarbeiten der Fa. Sachtleben in den 1970er und 80er Jahren hindeuteten (Mitt. K. H. HUCK).

Trotz der schlechten Aufschlussverhältnisse war es durch Halden- und Lesesteinkartierung sowie durch Aufnahme von unter Tage aufgeschlossenen Gangabschnitten (Altbergbau) möglich, den Verlauf der Mineralgänge einzuengen und ein strukturgeologisches Modell zu entwickeln, das eine Vorhersage über die Fortsetzung der Gänge erlaubt. Durch die Gangkartierung im Zuge der Erstellung der KMR 50 Freudenstadt und die Prospektionsarbeiten der Fa. Sachtleben in den Jahren 1989–1996 konnte der Verlauf der Gangstruktur Friedrichszeche–Dorothea–Kehrsteige (Karte der Abb. 51) am genauesten ermittelt werden. Auf

dieser Struktur befindet sich das Untersuchungsbergwerk Dorothea der Sachtleben Bergbau GmbH und das Besucherbergwerk Freudenstadt, mehrere kleine Gruben und Tagesaufschlüsse geben weiteren Einblick in die strukturgeologischen Verhältnisse. Im Untersuchungsbergwerk ist der Gang 1,5–5 m mächtig angetroffen worden (vgl. KESTEN & WERNER 2006).

Forschungs- und Erkundungsbohrung Freudenstadt: Zur Erkundung des weiteren Verlaufs der Mineralgänge und ihrer Zusammensetzung unterhalb des Grundwasserspiegels wurde vom LGRB nordwestlich von Freudenstadt eine Schrägbohrung auf die Grabenrandstörungszone angesetzt (Abb. 52 A bis Abb. 53). Die Schrägbohrung mit der Bezeichnung Ro7516/B1 (Richtung 234°, Neigung 50°) wurde im Jahr 2008 abgeteuft. Als wichtigste Ergebnisse der 292 m langen Kernbohrung, die gemeinsam vom Land (LGRB) und der Fa. Sachtleben finanziert und von der Fa. H. Anger's Söhne (Hess. Lichtenau) durchgeführt wurde, sind hervorzuheben:

- Der im Bohrgebiet 170 m mächtige Buntsandstein (Alter ca. 250 Mio. J.) wird unterlagert vom Triberger Granit (Alter ca. 340 Mio. Jahre); die Sandsteine überlagern das granitische Grundgebirge über einer Erosionsdiskordanz.
- Der Granit selbst ist schon vor der Trias mehrfach stark tektonisch beansprucht und hydrothermal alteriert worden. Es handelt sich um eine Randfazies des Triberger Granitplutons; schon 1 km nordwestlich der Bohrung besteht das Grundgebirge aus Paragneisen (historische Grube Untere Sophia).
- Die Bohrung durchörterte eine rd. 200 m breite Störungszone, die der südwestlichen Randstörungszone des Freudenstädter Grabens zuzuordnen ist.
- Diese Störungszone ist stark mineralisiert: Die ersten schmalen Schwerspatgängchen wurden bei Kernmeter 105, besonders aber im Abschnitt 127–133 m angetroffen; der erste mächtigere Gang wurde bei 168,6–169,2 m durchörtert, zwei weitere Gänge folgten bei 172,6–173,6 m und 176,3–178,1 m.
- Überraschend war, dass neben Schwerspat auch reichlich Flussspat vorhanden ist (Abb. 52 B); dieser ist offensichtlich in Oberflächennähe durch oxidierende Tageswässer aufgelöst worden, da er auf den Halden und Ganganschnitten nur in Spuren auftritt.



Abb. 52: LGRB-Forschungs- und Erkundungsbohrung Ro7516/B1, Gewinn Hüttenteich, bei Freudenstadt: (A) Bohranlage. (B) Bohrkern aus der Erkundungsbohrung, Abschnitt 177,8–178,0 m. Knapp unterhalb der Oxidationszone, d. h. ca. 30 m unterhalb der mittleren Grundwasseroberfläche (vgl. Abb. 53), wird der Baryt der Gänge zunehmend reiner; außerdem tritt reichlich Fluorit auf (hellgrau bis bläulich).

- Eine zweite mineralisierte Zone wurde im Abschnitt 247,4–257,5 m angetroffen (Abb. 53).
- Bei 272,5 m wurde eine Störung durchfahren, an der auch ein markanter Gesteinswechsel innerhalb des Granits feststellbar ist; wahrscheinlich handelt es sich um die Grabenrandstörung.

Bearbeitung der Bohrkern: Vor allem zur Weiterentwicklung der Erkundungsmethoden wurden die Bohrkern am LGRB und der Universität Tübingen, Fachbereich Mineralogie & Geodynamik, einem umfangreichen strukturgeologischen, petrographisch-mineralogischen und geochemischen Untersuchungsprogramm unterzogen (DEMEL 2012, WERNER 2012). Es zeigte sich, dass Lösungen, die das Gebirge vor der Abscheidung der Spate durchströmten, das Nebengestein durch Quarz und Illit abgedichtet hatten. Später angelieferte gelöste Stoffe konnten das Nebengestein daher nicht infiltrieren. Derartige Prozesse begünstigen die Bildung wirtschaftlich interessanter Anreicherungen: Die hydrothermale Mineralisation wird nicht über den Porenraum des Nebengesteins verteilt, sondern wird weitgehend auf die Thermalspalte konzentriert.

Ganz offensichtlich sind am westlichen Grabenrand die Gänge in wirtschaftlich interessanter Mächtigkeit häufig, sodass bereits mit einer weiteren Erkundungsbohrung drei Flussspat führende Gänge nachgewiesen werden konnten (Abb. 53). Ein weiteres Fazit aus den Untersuchungen bei Freudenstadt ist, dass eine Kombination aus Kartierarbeiten, strukturgeologischer Analyse und daraufhin angesetzten gekernten Schrägbohrungen am schnellsten zum Nachweis von Mineralgängen führen kann. Geochemische Untersuchungen im Nebengestein erwiesen sich trotz großen Aufwands und genauer Analytik als nicht zielführend.

Lagerstättengeologisch wichtigste Ergebnisse der Bohrung sind, dass die in Oberflächennähe Brauneisen führenden Strukturen ab etwa 30 m unterhalb des heutigen Grundwasserspiegels in reinweiße Schwer-spatgänge übergehen, die zudem große Mengen an Flussspat enthalten (Abb. 52 B). Der 2008 nochmals erweiterte Explorationsstollen der Fa. Sachtleben Bergbau auf der Grube Dorothea (Lage s. Abb. 51) reicht nicht bis unter den Grundwasserspiegel, so dass in diesem nur überwiegend verbrauchter Schwer-spat und kein Flussspat angetroffen wurde. Daher wurden die Arbeiten dort eingestellt.

Die Erkundung des LGRB könnte Anreiz sein, die für wenig aussichtsreich gehaltenen Explorationsarbeiten mit modifiziertem Verfahren wieder aufzunehmen.

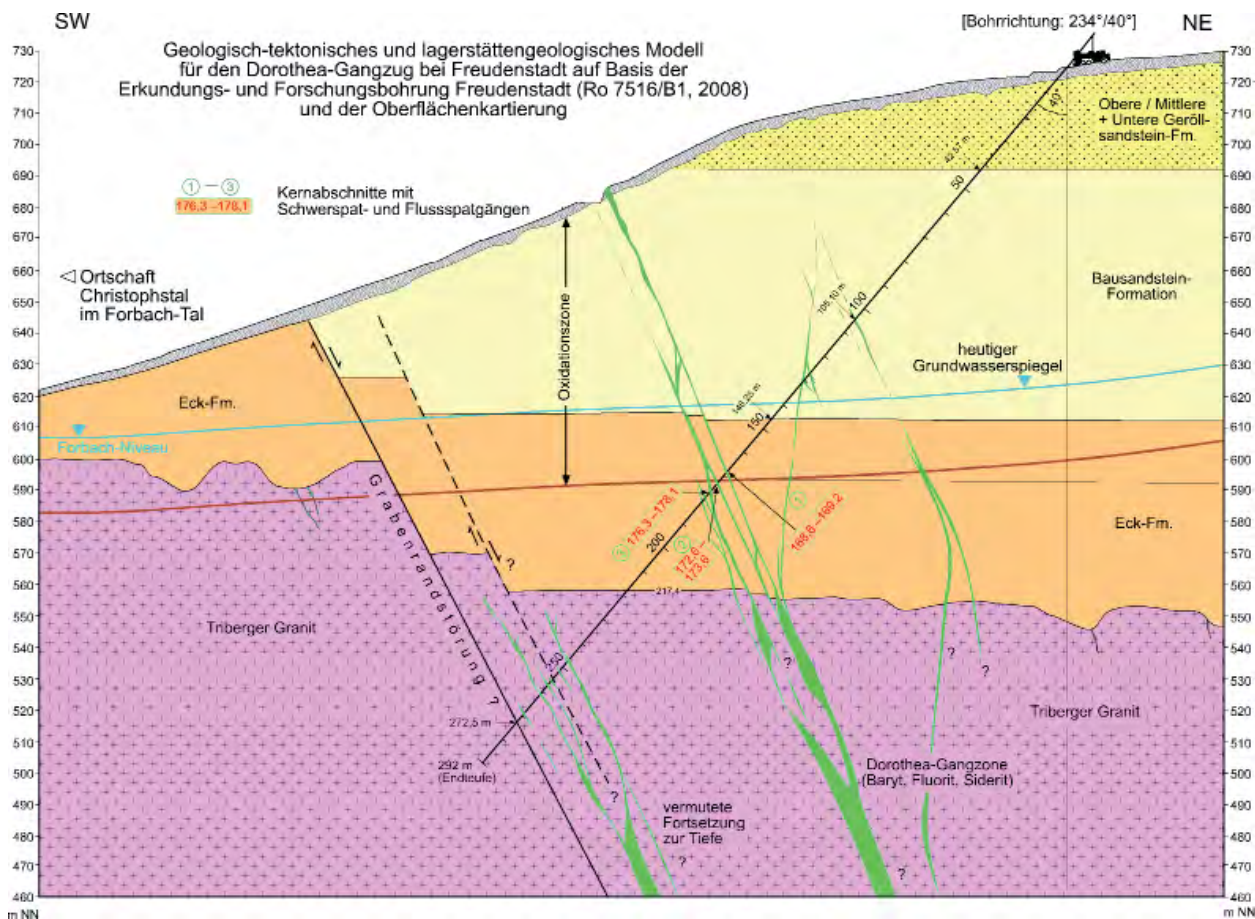


Abb. 53: Geologischer Schnitt durch die südwestliche Randstörung des Freudenstädter Grabens im Bereich der Mineralgänge „Dorothea“ und „Gang an der Kehrsteige“ auf Basis der Bohrergebnisse der LGRB-Bohrung Ro7516/B1 von 2008 und der geologischen Kartierung.

Fazit

Alle bisherigen Informationen und lagerstättengeologischen Modelle deuten daraufhin, dass der kristalline Schwarzwald große, bis mindestens 1000 m tief reichende Mineralgänge von Fluss- und Schwespat enthält. Möglicherweise handelt es sich dabei um die größten Ganglagerstätten dieses Typs in Mitteleuropa, wie die seit 160 Jahren betriebene, bereits 800 m tiefe Grube Clara im Mittleren Schwarzwald eindrucksvoll belegt. Wirtschaftlich zunehmend interessant können der hohe Flusspat- und der „beibrechende“ Metallerggehalt der Schwarzwälder Gänge werden. Der frühere Bergbau ist nur in wenigen Gebieten mehrere Hundert Meter tief vorgedrungen, meist ging der Abbau nur über dem Grundwasserspiegel um. Die pilothaften Erkundungsarbeiten des LGRB bei Freudenstadt haben gezeigt, dass strukturgeologische Kartierarbeiten über und unter Tage geeignet sind, Prospektionsbohrungen zielgenau anzusetzen. Wie schon in vergangenen Jahrzehnten können diese Arbeiten des Geologischen Landesdienstes geeignet sein, neue Lagerstätten zu erschließen.

2.2.6 Erkundung auf oberflächennahe Industriemineralagerstätten in Ostwürttemberg

In der Region Ostwürttemberg sind als wichtige oberflächennahe mineralische Rohstoffe zu nennen: (1) Kalksteine als Natursteine für den Verkehrswegebau, (2) hochreine Kalksteine, (3) Zementrohstoffe, (4) Ziegeleirohstoffe, (5) Naturwerksteine vom Typus der Eisensandsteine sowie (6) Quarzsande und (7) Trassvorkommen vom Typus des Ries-Suevits. **Trass** ist ein natürliches Puzzolan (Tonerdesilikat), das zu Trasszement verarbeitet und wegen seiner hohen Wasserdichtigkeit v. a. im Wasserbau verwendet wird. Es gibt vulkanische Aschen wie den „rheinischen Trass“ des Neuwieder Beckens bei Koblenz, den schwäbisch-bayerischen Suevit-Trass aus dem Nördlinger Ries mit beim Impakt entstandenen hochreaktivem Gesteinsglas und den Phonolith-Trass aus dem Kaiserstuhl, dessen Puzzolaneigenschaften auf hohe Zeolithanteile zurückgehen. Hochreinkalke, Quarzsande und Trassrohstoffe zählen zu den Industriemineralen; sie sind im Vergleich zu den grobkeramischen Rohstoffen, den Zement-

und den Kalksteinen für den Verkehrswegebau selten und werden industriell hochwertig eingesetzt. Zum Umfang von Gewinnung und Produktion an mineralischen Rohstoffen in dieser Region berichtet Kap. 3.3.5.

Im August 2010 erteilte der Regionalverband Ostwürttemberg den Auftrag, die rohstoffgeologischen Bewertungsgrundlagen für die Fortschreibung des Regionalplans, Kapitel „Rohstoffsicherung“, zu erarbeiten (vgl. Beitrag von VD Thomas EBLE in Kap. 4.3.3). Bis August 2011 wurden vom LGRB die Betriebserhebungen und ein Großteil der rohstoffgeologischen Kartierarbeiten durchgeführt, Ende des Jahres 2011 wurde dem Verband ein umfangreicher Zwischenbericht zur Rohstoffnutzung in der Region vorgelegt (Kap. 3.3.5).

Industrieminerale der Ostalregion: Während die Quarzsandvorkommen im Gebiet Crailsheim–Aalen aufgrund von natürlichen Verunreinigungen (Ton, Eisenminerale) keine oder nur geringe Eignung für hochwertigen industriellen Einsatz z. B. in der Glas-, Solar- oder Keramikindustrie aufweisen, gehören die mächtigen Hochreinkalklagerstätten der Ostalb zu den bedeutendsten Vorkommen dieser Art in Deutschland (Abb. 54). Der Ries-Suevit kommt innerhalb Baden-Württembergs nur in dieser Region vor (Abb. 55 A).

Die bohrtechnische Erkundung der Hochreinkalkvorkommen bei Heidenheim a. d. Brenz wurde 2012 vorbereitet, aber erst im Sommer 2013



Abb. 54: Die hochreinen Kalksteine der Ostalb bilden ausgedehnte und mächtige Körper; sie werden von 8–12 m dicken, verbräunten Abraumschichten überlagert. Entlang von Klüften und Spalten greifen lokal auch auf Verkarstung zurückzuführende Verbraunungszonen in die Hochreinkalke ein. Die Oberjura-Kalksteine mit einem Kalkgehalt von über 99 % werden derzeit vorwiegend in der chemischen Industrie, Papier-, Pharma-, Bau- und Nahrungsmittelindustrie sowie zur Glasherstellung und Trinkwasserbehandlung verwendet. Blick auf die Nordwand im Stbr. Waibertal (RG 7227-3, Foto 2011); links im Bild die zur Auffüllung des Steinbruchs bereits eingebrachten Abraummassen und Vorsiebungen.

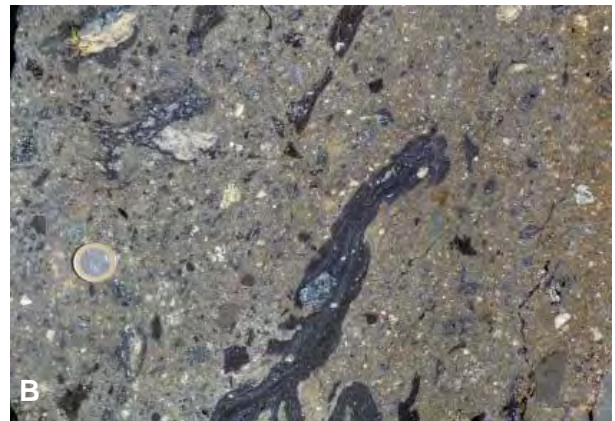
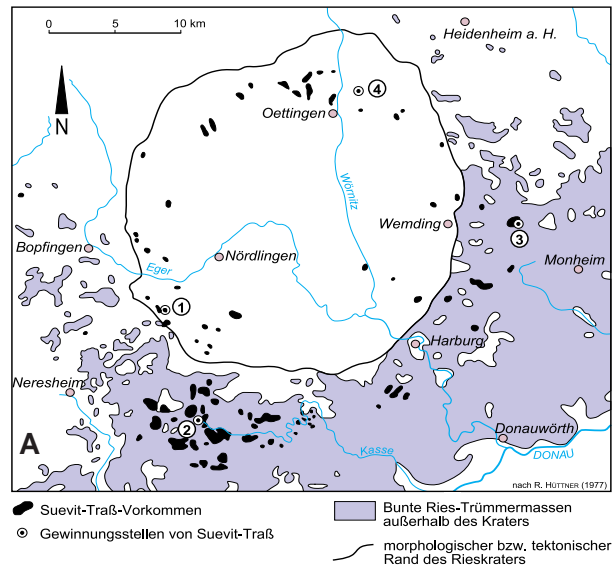


Abb. 55: Der Ries-Suevit, Verbreitung und Gesteinsbeschaffenheit: (A) Übersichtskarte des Nördlinger Rieskraters mit Vorkommen von Suevit und Bunten Ries-Trümmermassen außerhalb des Kraters (nach: HÜTTNER 1977, verändert). Wichtige Suevit-Abbaugelände: (1) Altenbürg, (2) Gebiet Dischingen (BW) – Seelbronn (BY), (3) Otting, (4) Aumühle. (B) Ein gesteinsglasreicher Suevit aus dem Steinbruch Seelbronn.

realisiert. Die im Herbst/Winter 2012 durchgeführte Bohrkampagne auf **Suevit** lieferte bereits erste wichtige Erkenntnisse über dieses seltene Gestein. Das industrielle Interesse an diesem Trassrohstoff kommt aus dem Bereich der Zementindustrie, da sich der Suevit zur Herstellung von Puzzolan-Zementen eignet. Durch das in den Glaskomponenten („Glasfladen“, Abb. 55 B) enthaltene hochreaktive Siliziumoxid geht der gemahlene Trass mit Kalk wasserbeständige Zementverbindungen ein. Beim langsamen und gleichmäßigen Abbinden des Trasszements erreicht der Beton höhere Elastizität, geringere Rissanfälligkeit und Wasserdurchlässigkeit sowie höhere Stabilität gegenüber Säuren und Umweltschadstoffen (LIEBL & HEUSCHKEL 2009).

Suevitmächtigkeiten erreichen ab etwa 5 m wirtschaftliche Bedeutung; die mächtigsten oberfläch-



chennahen Vorkommen glasreicher Suevite erreichen im Ries 14 m. Im Rieskrater sind unter sehr mächtigen Deckschichten durch die Forschungsbohrung Nördlingen des Bayerischen Landesamts für Umwelt (LfU) mehrere hundert Meter mächtige Suevit-Ablagerungen nachgewiesen worden. Bei den oberflächennahen Vorkommen (Abb. 55 A) dürfte es sich um Erosionsreste ehemals wesentlich mächtiger Ablagerungen handeln. Vor allem in Einsenkungen des Untergrunds der Suevite sind diese in Resten erhalten geblieben.

Erkundung: Industriefirmen brachten schon in den Jahren 1983/84 Vollbohrungen nieder, die u. a. zum Nachweis des Vorkommens Seelbronn führten. Seit 1989 steht diese Suevitlagerstätte durch die Fa. Schwenk Zement (Ulm) in Abbau. Ein umfangreiches Erkundungsbohrprogramm wurde vom damaligen Bayerischen Geologischen Landesamt (heute Bayer. LfU) in den Jahren 1996/1997 auf noch nicht erschlossene Suevitvorkommen im Ries durchgeführt; Ergebnisse wurden noch nicht veröffentlicht. Die Suevitvorkommen auf baden-württembergischer Seite sind Gegenstand der laufenden Erkundungsarbeiten des LGRB für die KMR 50, Blatt L 7326 /L 7328 Heidenheim a. d. Brenz/Hochstädt a. d. Donau. Es handelt sich beim Suevit um eine mäßig verfestigte, aber zähe, graue bis braungraue, tuffartige und glasreiche Brekzie. Besonders auffallend sind die bis handtellergroßen, schwarzen Glasfladen (Abb. 55 B). Der Suevit liegt im Untersuchungsgebiet Dischingen–Seelbronn (Nr. 2 in Abb. 55 A) direkt über den ebenfalls beim Meteoriteneinschlag gebildeten Bunten Trümmermassen, wie die Rohstoffbohrungen bestätigen konnten.

Im Jahr 2012 wurden im Auftrag des LGRB sechs Kernbohrungen mit Tiefen zwischen 11,5 und 22 m abgeteuft (Abb. 56), wobei ältere Forschungs- und Erkundungsbohrungen der Industrie bereits berücksichtigt wurden. Die wichtigste Grundlage für die Planung des Erkundungsbohrprogramms war die geologische Kartierung von HÜTTNER & SCHMIDT-KALER (2005). Die Bohrungen trafen folgende Verhältnisse an (mit Mächtigkeitsangaben, ET = Endteufe der Bohrung):

- Bohrung Ro7228/B1 (ET: 20 m) bei Dischingen-Eglingen (Lkr. Heidenheim): Abraum: 4,0 m, Suevit: 2,8 m stark verwittert, Bunte Brekzie: 13,2 m
- Bohrung Ro7228/B2 (ET: 14,5 m) bei Dischingen-Eglingen: Abraum: 1,7 m, Suevit: gesamt 8,8 m, 1,95 m verwittert, 6,85 m fest bis porös, Bunte Brekzie: 4 m
- Bohrung Ro7228/B3 (ET: 22 m) bei Dischingen-Hofen: Abraum: 1 m, Suevit: gesamt 19,45 m, 9,65 m verwittert, 3,1 m fest und porös, 6,7 m fest und kompakt, Bunte Brekzie: 1,55 m
- Bohrung Ro7228/B4 (ET: 11,5 m) bei Dischingen-Hofen: Abraum: 2,5 m, Suevit: 1,1 m stark verwittert, Bunte Brekzie: 3,8 m, Ton- bis Schluffsteine und Kalksteine: 4,1 m
- Bohrung Ro7228/B5 (ET: 20 m) bei Dischingen-Dunstelkingen: Abraum: 2,55 m, Suevit: 5,65 m stark verwittert, 11,8 m Bunte Brekzie.
- Bohrung Ro7228/B6 (ET: 20 m) bei Dischingen-Hofen: Abraum: 1,5 m, Suevit: 1,8 m stark verwittert, 9,1 m Ton Schluff Abfolge, 7,6 m Kalkstein.

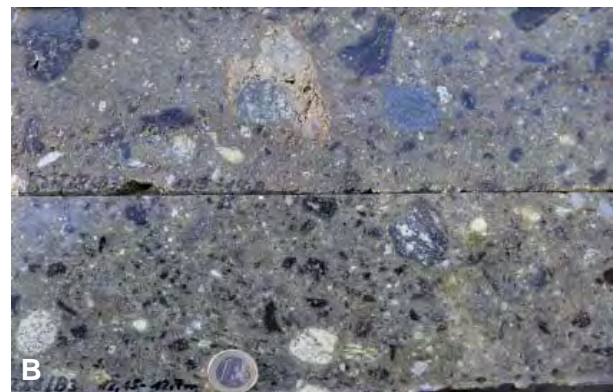


Abb. 56: LGRB-Erkundungsbohrungen auf Ries-Suevit, 2012: (A) Bohrergerät im Einsatz kurz nach Wintereinbruch. Damit Flurschäden vermieden werden können, wird bevorzugt auf Wirtschaftswegen innerhalb der durch HÜTTNER & SCHMIDT-KALER (2005) abgegrenzten Suevitvorkommen gebohrt, um die Mächtigkeit und Gesteinszusammensetzung (Rohstoffqualität) zu ermitteln. (B) Suevitbohrkerne aus der Bohrung Ro7228/B3 bei Dischingen-Hofen; deutlich erkennbar ist der hohe Anteil an Gesteinsglas (schwarz) und Grundgebirgsbruchstücken (weißlich bis hellgrau).

Die über dem Suevit liegende, als „Abraum“ bezeichnete Deckschicht besteht aus Lösslehm und Suevit-Verwitterungslehm. Alle Bohrungen haben Suevit angetroffen, was zeigt, wie zuverlässig die

geologische Kartierung trotz der intensiven landwirtschaftlichen Nutzung der fruchtbaren Böden ist.

Chemisch-mineralogische Analysen zur Quantifizierung des Anteils an Gesteinsglas und an Zeolithen (s. Abb. 55 B) finden derzeit im LGRB-Labor statt. Weitere Erkundungsbohrungen sind seitens der Zementindustrie im Joint Venture mit dem LGRB geplant. Die Ergebnisse und ihre rohstoffgeologische Bewertung werden in der KMR 50 veröffentlicht.

Fazit

Die bisherigen Erkundungsarbeiten auf Suevit, einem für die Zementherstellung wichtigen Gestein, konnten in mehreren kartierten Bereichen interessante Vorkommen dieses Trassrohstoffs nachweisen. Durch die angestrebte Kooperation mit dem bayerischen geologischen Landesdienst und Industriefirmen soll ein Bild des gesamten oberflächennahen Potenzials des Nördlinger Meteoritenkraters auf Suevit erhalten werden. Die Untersuchungen auf ein weiteres wichtiges Industriemineral, den hochreinen Kalk der Ostalb, sind noch nicht abgeschlossen.

2.3 Karte der mineralischen Rohstoffe von Baden-Württemberg 1 : 50 000 mit Erläuterungen – Stand der Arbeiten

Die amtliche Rohstoffkartierung ermittelt Lage, Ausdehnung, Art und Zusammensetzung sowie Verwendungsmöglichkeiten von wirtschaftlich bedeutsamen Rohstoffvorkommen. Rohstofferkundung und -kartierung sowie Veröffentlichung der Ergebnisse sind Grundaufgaben des LGRB. Vor Publikation der KMR 50 wurden die rohstoffgeologischen Kartiererergebnisse in Form von unveröffentlichten Gutachten der regionalen Raumplanung zur Verfügung gestellt. Neben der anhand einiger Beispiele zuvor erläuterten Erkundungsarbeiten (Kap. 2.2) werden auch die Aufsuchungsergebnisse der Rohstoffindustrie bei der Erstellung der Karten berücksichtigt.

Auf der Karte der mineralischen Rohstoffe von Baden-Württemberg 1 : 50 000 (KMR 50) werden die oberflächennahen Rohstoffvorkommen und, soweit graphisch möglich, wichtige tiefliegende Vorkommen dargestellt (Abb. 57). Ältere, heute nicht mehr fortgeführte Kartenwerke sind die bis 1999 angefertigte Prognostische Rohstoffkarte

(PRK), bei der es sich um eine erste Bestandsaufnahme handelte, und die für besonders wichtige Rohstoffkörper erstellte Lagerstättenpotenzialkarte (LPK), zu deren Erarbeitung seit 1990 auch umfangreiche Bohr- und Analytikprogramme durchgeführt worden waren. Die Ermittlung der Kiesmächtigkeiten im Oberrheingraben, über die zuvor berichtet wurde (Kap. 2.2.2), ist ein Ergebnis mehrerer Bohrprogramme für die Erstellung der LPK.

Unabhängig davon wird seit 1987 von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR, Hannover) in enger Zusammenarbeit mit den Staatlichen Geologischen Diensten das bundesweite Kartenwerk „Karte der oberflächennahen Rohstoffe im Maßstab 1:200 000“ (KOR 200) herausgegeben. In der KOR 200 werden überwiegend die im Nahbereich von Gewinnungsstellen liegenden Steine- und Erden-Vorkommen erfasst und ihre Ausdehnung unter Nutzung geologischer Karten prognostiziert. Die KOR 200 ist für Baden-Württemberg seit 2010 flächendeckend vorhanden. Sie dient im bundesweiten Kontext einem ersten Überblick über die Lage der Abbauzentren und der benachbarten oberflächennahen Rohstoffvorkommen.

Der Publikationsmaßstab aller vom LGRB erstellten Rohstoffkarten wie auch der Kartenwerke der Regionalplanung und der geplanten europäischen Kartenwerke ist $M = 1:50\,000$, somit 16fach detaillierter als in der KOR 200. Aber auch dieser Maßstab erlaubt nur die Darstellung größerer Vorkommen – solcher mit „regionalplanerischer Größe“. Wichtige, kleinere Vorkommen werden mit Punktsymbolen markiert. Die auf der Karte ausgewiesenen Rohstoffvorkommen (Abb. 58 A bis D) werden im zugehörigen Erläuterungsheft beschrieben.

Die meisten oberflächennahen mineralischen Rohstoffe zählen zu den Steinen und Erden, andere zu den Industriemineralen, seltene zu den Metall- und Energierohstoffen. Für die rohstoffgeologische Landesaufnahme in Baden-Württemberg (Abb. 57) hat sich nachfolgend genannte Gliederungs- und Darstellungssystematik als sinnvoll erwiesen:

Steine-Erden-Rohstoffe:

- Kiese und Sande für den Verkehrswegebau, für Baustoffe und als Betonzuschlag
- Natursteine für den Verkehrswegebau, für Baustoffe und als Betonzuschlag (mit den Untergruppen A–D)



- (A) Untergruppe Karbonatgesteine
- (B) Untergruppe Vulkanite
- (C) Untergruppe Plutonite
- (D) Untergruppe Metamorphite

- Zementrohstoffe
- Energierohstoff Ölschiefer
- Ziegeleirohstoffe (Grobkeramische Rohstoffe)
- Naturwerksteine

Industrieminerale:

- Hochreine Kalksteine für Weiß- und Branntkalk
- Quarzsande und Quarzkiese
- Sulfatgesteine (Gips- und Anhydritstein)
- Salzgesteine
- Fluss- und Schwerspat.

Metallerze

Torf.

Die Darstellung der Steine- und Erden-Rohstoffe und oberflächennahen Vorkommen von Industriemineralen erfolgt auf der KMR 50 unter Verwendung verschiedener, landesweit standardisierter Farben. Die Erstellung einer sog. Generallegende (Abb. 57) setzt voraus, dass man das Gesamtinventar an Rohstoffen des Landes grundsätzlich kennt. Hierfür wurde auf die GK 25, die Prognostische Rohstoffkarte (PRK) und die Lagerstättenpotenzialkarte (LPK) zurückgegriffen.

Der Grad der Aussagesicherheit wird auf der KMR 50 durch vollflächige bzw. schraffierte Darstellungen auf der Karte symbolisiert (s. Kartenbeispiele, Abb. 58 A–D). Aufgrund des Erkundungsstandes gut abgrenzbare tiefliegende Rohstoffkörper werden auf der Karte ebenfalls dargestellt. Beispiele zeigen Abb. 58 (A) für die Blei-Zink-Vorkommen von Wiesloch, Abb. 58 (C) für die Steinsalzverbreitung bei Schwäbisch Hall und Abb. 58 (D) für Erdöl- und Erdgas-führende Strukturen im Alpenvorland bei Ochsenhausen. Wo dies nicht möglich ist, werden zumindest die Umrisse von Grubengebäuden wiedergegeben, um den Bezug zwischen der textlichen Erläuterung und der Karte herzustellen.

Stand der Rohstoffkartierung, Ausblick

Abbildung 59 zeigt den aktuellen Stand der Verfügbarkeit von publizierten Rohstoffkarten. Die Bearbeitungsreihenfolge richtet sich vorrangig nach den Zeitplänen der regionalen Raumpla-

nung; Gebiete mit umfangreicher Rohstoffgewinnung werden dabei bevorzugt erfasst. Wo noch keine Rohstoffkarten vorliegen, werden als Übergangslösung am Stil und an der Aussagetiefe der KMR 50 angelehnte Gutachten für die Regionalverbände erstellt. In diesen sind die rohstoffgeologischen Kartier- und Erkundungsergebnisse aus dem Umfeld der Abbauggebiete bzw. im Bereich der geplanten Vorranggebiete dargestellt und erläutert (gelbe Flächen in Abb. 59). Nach Abschluss der derzeit in Bearbeitung befindlichen Gebiete (schraffiert in Abb. 59) sind rd. 50 % der Landesfläche durch KMR 50-Blätter überdeckt.

Mittelfristiges Ziel der Rohstoffkartierung des LGRB ist die Bearbeitung aller Gebiete mit umfangreicher Rohstoffgewinnung. Daher sollen zunächst die noch ausstehenden Gebiete zwischen südlichem Oberrhein und dem Bodensee bearbeitet werden, danach Gebiete in der Region Heilbronn-Franken.

In Gebieten, für die noch keine KMR 50 vorliegen, wird für Beratungen oder Übersichtspublikationen zunächst auf die geologischen Karten, die zuvor genannten Vorgängerwerke PRK und LPK, auf die Betriebserhebungen und eine umfangreiche Gutachtensammlung des LGRB zurückgegriffen und diese Basisdaten durch spezielle Kartierarbeiten und Betriebserhebungen ergänzt. Da alle Kartendaten digital zur Verfügung stehen, können bei Bedarf Übersichtskarten erstellt werden, so z. B. für Landesentwicklungsplan, Landschaftsrahmenpläne, Wasser- und Bodenatlas Baden-Württemberg, Buchpublikationen, WMS-Dienste usw. Die vier „Kacheln“ der Abb. 60 geben den aktuellen Stand der landesweiten Rohstoffkarte wieder.

Der in Abb. 60 verwendete Datensatz enthält neben den Daten aus der KMR 50 auch Rohstoffvorkommen, die im Rahmen von LGRB-Gutachten für die Regionalplanfortschreibung abgegrenzt wurden. Der so erstellte landesweite Datensatz ist als kostenfreie rohstoffgeologische Übersichtskarte verfügbar unter www.lgrb.uni-freiburg.de/lgrb/lgrb_mapserver/mapserver.

Die Themen der KMR 50 werden außerdem auf der Homepage des LGRB als gebührenpflichtige Datensätze einschließlich der detaillierten Vorkommensbeschreibungen angeboten (WMS-Dienst). Mittelfristig soll auch der allgemeine Teil der Erläuterungen zur KMR 50 im Internet verfügbar sein. Die Themen der KMR 50 sind Bestandteil der integrierten geowissenschaftlichen Landesaufnahme (Projekt „GeoLa“, www.lgrb.uni-freiburg.de/lgrb/Ueber_uns/integrierte_geowissenschaftliche_landesaufnahme).

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

Rohstoffgruppen

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

- Kiese, sandig
- Sande, z. T. kiesig
- Sande aus verwitterten Sandsteinen

Natursteine für den Verkehrswegebau, für Baustoffe und als Betonzuschlag

- Kalksteine
- Vulkanite
- Plutonite inkl. Ganggesteine
- Metamorphite inkl. Metagrauwacken und Metapelite
- Sandstein

Naturwerksteine



Zementrohstoffe (aus Sedimentgesteinen)



Hochreine Kalksteine für Weiß- und Branntkalke



Ziegeleirohstoffe



Energierohstoff - Ölschiefer



Torf



Sulfatgesteine (Gips, Anhydrit)

- G - Gipsstein
- A - Anhydritstein

Salzgesteine

- NaCl - Steinsalz
- KCl - Kalisalz

Kombinierte Nutzungsmöglichkeiten (Beispiele)

- Zementrohstoffe/Natursteine für den Verkehrswegebau, für Baustoffe und als Betonzuschlag
- Vorkommen mit kombinierter Nutzungsmöglichkeit prognostiziert (Beispiel: Zementrohstoff und Naturstein für Verkehrswegebau usw.)
- Vermutetes Rohstoffvorkommen (Beispiel Ziegeleirohstoffe) über nachgewiesenen Vorkommen (Beispiel Kiese)
- Vermutetes Rohstoffvorkommen (Beispiel Ziegeleirohstoffe) unter nachgewiesenen Vorkommen (Beispiel Kiese)
- Verbreitungsgebiet zahlreicher kleiner Vorkommen

Aussagesicherheit

- Vorkommen nachgewiesen - Bauwürdigkeit wahrscheinlich
- Vorkommen prognostiziert - Bauwürdigkeit vermutet
- Vorkommen vermutet
- Vorkommen vermutet

Vorkommen von Gesteinen mit ungünstigen Materialeigenschaften

- Dedolomitstein/Zuckerkorndolomit, 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

Bereiche mit intensiver Störungs- und Klufftektonik



Stratigraphische Einstufung

(Kürzel nach LGRB 2011: Symbolschlüssel Geologie Baden-Württemberg)

qlo Lösssediment Pleistozän

Kennziffer des Vorkommens

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

Rohstoffgewinnung

Gewinnung mineralischer Rohstoffe im Tagebau (Konzessionsfläche)

- Abbaugelände (abgebaute oder in Abbau befindliche Fläche)
- Erweiterungsgebiet (genehmigtes, unverritztes Abbaugelände)

7618-4 Betriebs-ID des LGRB

Ehemalige Gewinnung mineralischer Rohstoffe im Tagebau (nicht mehr konzessioniert)

- abgebaute oder durch Verfüllung, Überbauung u. ä. unzugängliche Rohstoffvorkommen (großflächig)
- a) ehemaliges Abbaugelände, Rohstoffvorkommen nicht vollständig abgebaut, bauwürdig b) ehemaliges Abbaugelände, Rohstoffvorkommen nicht vollständig abgebaut, derzeit nicht bauwürdig
- 7618-2** Betriebs-ID, stillgelegte Gewinnungsstellen
- ⁸²¹⁶⁻¹⁵⁷ Ehemaliger Abbau mit erkennbarem Potenzial für eine künftige, kleindimensionierte Rohstoffgewinnung (Bsp: Kiese und Sande) (mit LGRB-Archivnummer aus der Gewinnungsstellendatenbank)
- ⁸²¹⁶⁻¹¹¹ Aufschlussprofil in ehemaligem überflächigem Abbau (mit LGRB-Archivnummer aus der Gewinnungsstellendatenbank)
- Aufschlussprofil in ehemaligem unterflächigem Abbau
- ehemalige verarbeitende Betriebe (z.B. Ziegelei)

Fluss- u. Schwertespatgänge

- Hauptstrukturen nachgewiesen
- untergeordnete Strukturen
- Ba13** Kurzbezeichnung einer Gangzone

Abb. 57: Generallegende der Karte der mineralischen Rohstoffe von Baden-Württemberg 1 : 50 000 (KMR 50). Sie ist Basis für die einheitliche und blattschnittsfreie Darstellung der KMR 50.



Rohstoffe unter Tage - flächenhafte Verbreitung

- Erdöl
- Erdgas
- Anhydrit
- Salzgesteine

Gewinnung mineralischer Rohstoffe unter Tage

- Bergbau (unter Tage) (z.B.: Flußspat)
- Bergbau (unter Tage), geplant
- Bergbau (unter Tage), aufgelassen
- Altbergbaugesamt

Bergbauberechtigungen

Bergbauberechtigungen nach dem Bundesberggesetz (BBergG) vom 13.08.1980

- Ölschiefer
- Erdöl, Erdgas
- CO₂
- Salze, Sole
- Gips, Anhydrit
- Flußspat, Schwespat
- Metallerze
- Kombination (Bsp.: Flußspat, Schwespat und Metallerze)
- erloschene Bergbauberechtigung (Bsp.: Salze, Sole)

Rohstoffgeologisch bedeutsame Aufschlüsse und Profile

- LGRB-Erkundungsbohrung mit Nachweis eines tiefliegenden Rohstoffvorkommens (Bsp.: Sulfatgesteine)
- Förder- oder Explorationsbohrung für Erdöl, Erdgas oder CO₂ (mit LGRB-Archivnummer)
- Sonstiger rohstoffgeologisch oder lagerstättenkundlich wichtiger Aufschlusspunkt (mit LGRB-Archivnummer)
- Geologischer Schnitt (auf Karte oder in Erläuterungsheft)

Wichtige geologische Grenzen

- Begrenzung großräumiger Faziesseinheiten in Silizitklastika
- Begrenzung großräumiger Faziesseinheiten 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 Schwespatgängen
- Störung (gestrichelt)
- Verbreitungsgebiet von Schwespatgängen (vermutet)
- Grenze Deckgebirge/Kristallin (gesichert bzw. vermutet)

Sonstige Grenzen und wichtige Linien

- wichtige Rohrleitungssysteme
- Regionsgrenze
- Landesgrenze
- Staatsgrenze
- Kartenerläuterungsfeld

Nutzbare Kies- und Sand-Mächtigkeiten im OKL

- < 10 m
- > 10 m
- > 20 m
- > 30 m
- > 40 m
- ≥ 50 m

Nutzbare Kies- und Sand-Mächtigkeiten im OKL bis MKL

- < 10 m
- > 10 m
- > 20 m
- > 30 m
- > 40 m
- > 50 m
- > 60 m
- > 70 m
- > 80 m
- ≥ 90 m
- > 100 m

- Isolinie Mächtigkeit
- Zwischenhorizont im Niveau des ZH1 > 3 m feinkörnig
- OZH > 3 m feinkörnig
- Rasche Sprünge in den nutzbaren Kiesmächtigkeiten (hauptsächlich auf Grund tect. Verhältnisse)
- Gesamtmächtigkeit in Bereichen mit OZH > 3 m

Eigenschaften von Kies- und Sand-Vorkommen

- Verbreitung und Mächtigkeit des OZH unklar
- Mittleres Kieslager v. a. stark sandig (> 50% Sand)
- Oberer Bereich (der nutzbaren Kiese und Sande), stark sandig
- feinkörnige Deckschichten > 5 m

Abb. 57: – Fortsetzung.

Zentrales Ziel ist die landesweite Flächendeckung mit digitalen Fachthemen und digitalen Erläuterungen auf der Daten- und Produktebene.

Alle Rohstoffvorkommen werden im zugehörigen **Erläuterungsheft** nach einem einheitlichen Verfahren hinsichtlich ihrer Ausdehnung, Mächtigkeit, Zusammensetzung, des Kenntnisstandes, der Abgrenzungskriterien usw. beschrieben. Im

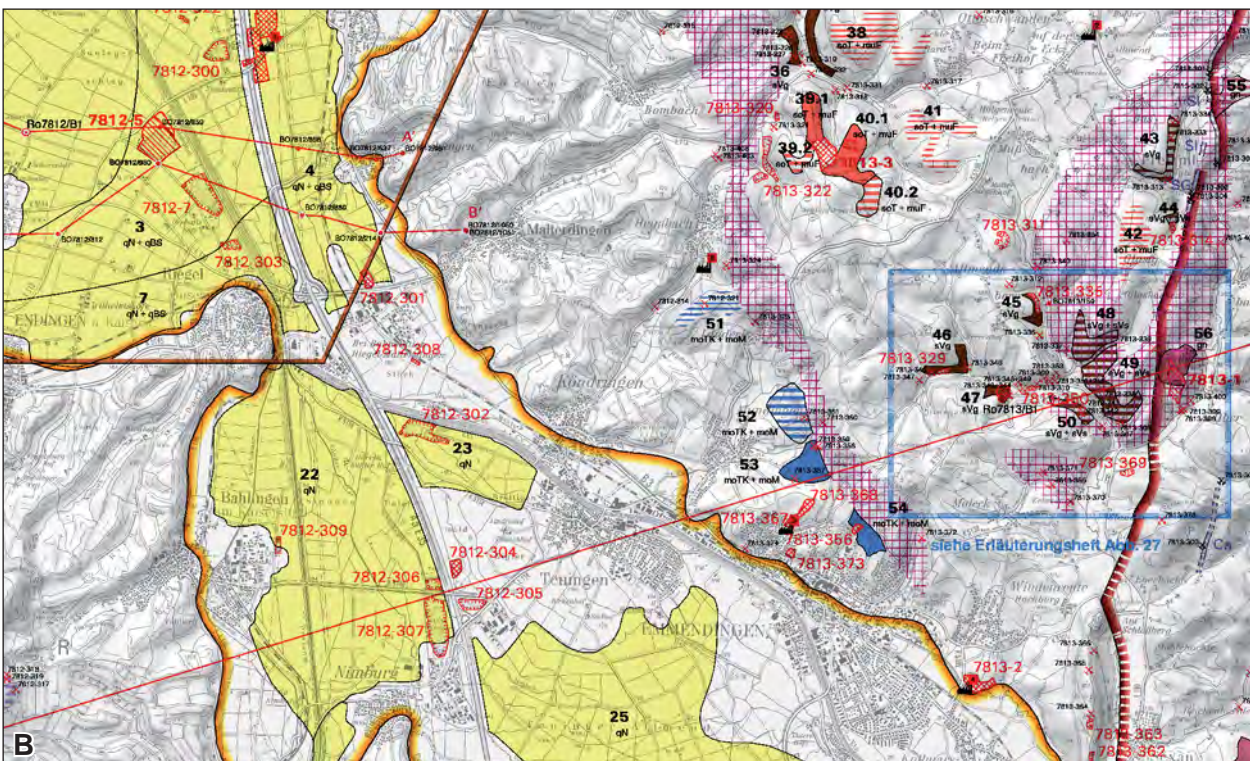
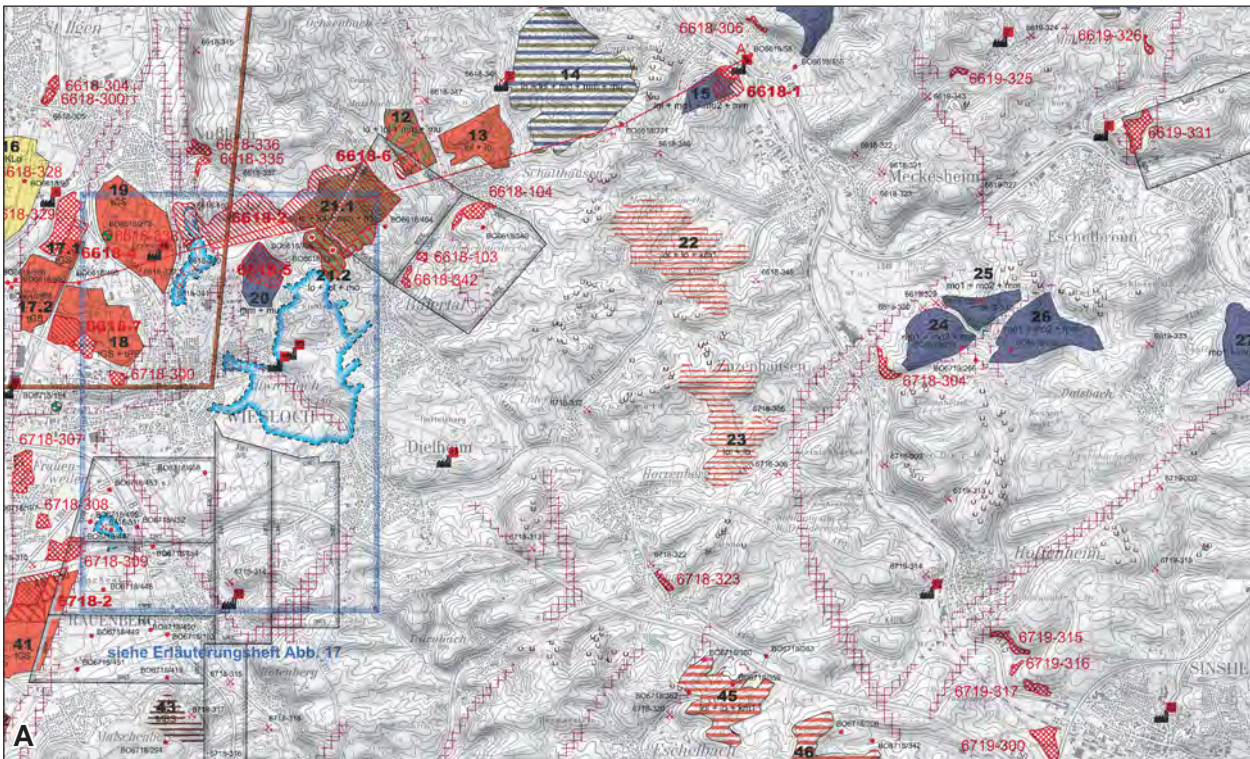


Abb. 58: Ausschnitte aus der Karte der mineralischen Rohstoffe von Baden-Württemberg (für Farben und Signaturen s. Generallegende in Abb. 57): (A) KMR 50 Heidelberg-Süd (2009), Gebiet bei Wiesloch. (B) KMR 50 Breisach a. R./Freiburg i. Br.-Nord. (2010), Gebiet nördlich von Emmendingen. (C) KMR 50 Schwäbisch Hall (2003). (D) KMR 50 Biberach a. d. Riß/Babenhausen (2000), Gebiet westlich von Tannheim.



Vorspann wird auf die Datengrundlage und die Aussagekraft der graphischen und textlichen Darstellungen ausführlich eingegangen. Die einzelnen Rohstofftypen und ihre Verwendung werden zusammenfassend vorgestellt. Die Kurzbeschrei-

bung der verschiedenen Rohstoffgruppen erfolgt seit 2012 in Form von sogenannten Rohstoffsteckbriefen, welche auch über die LGRB-Homepage zur Verfügung gestellt werden.

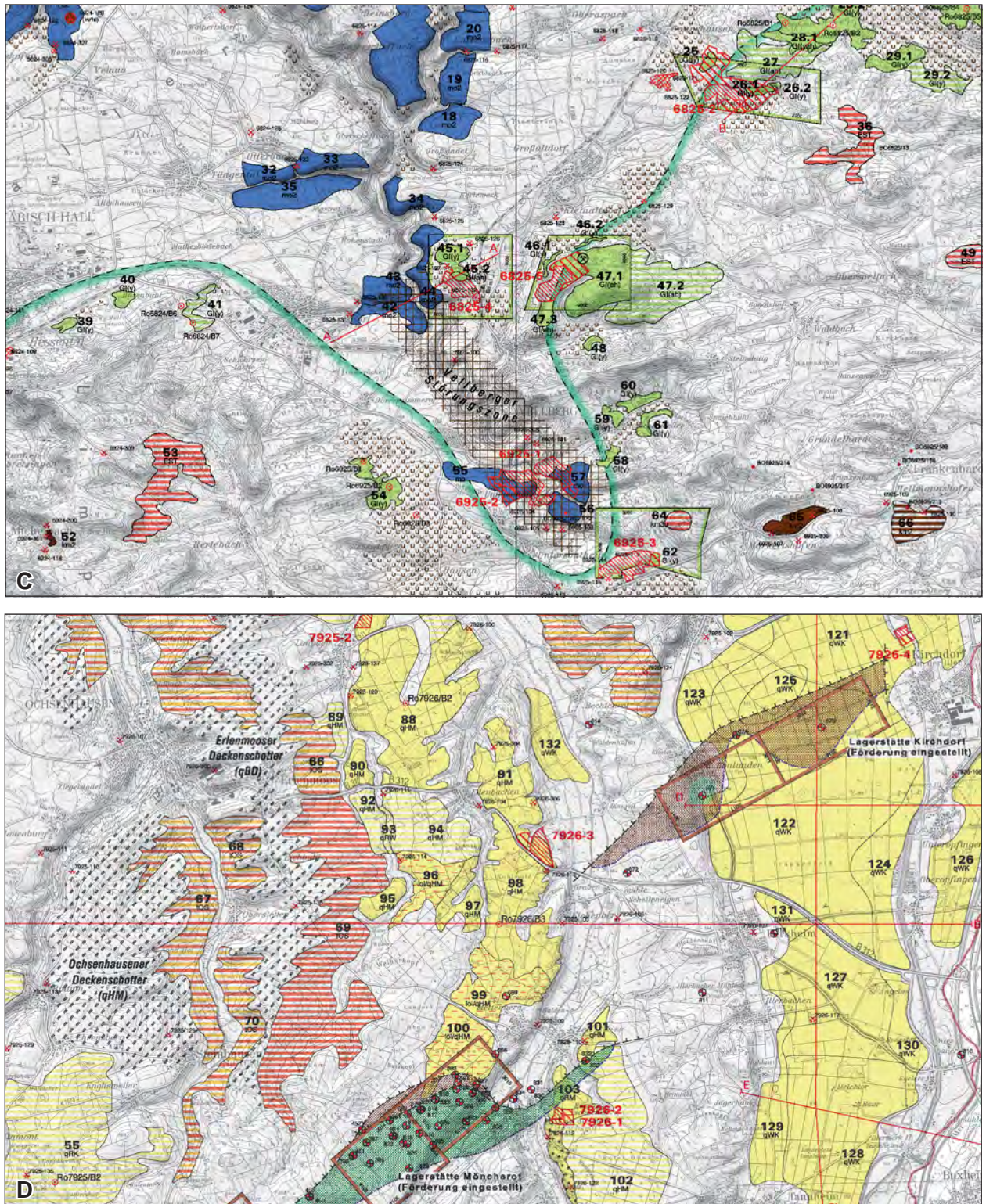


Abb. 58: – Fortsetzung.

Stand der Rohstoffkartierung

Lieferbar
 In Bearbeitung
 Region mit Rohstoffkartierung im Umfeld der Betriebe

Lieferbar:

L 6516 Mannheim, L 6518 Heidelberg-Nord und L 6716 Speyer
 L 6716/L 6916 Speyer/Karlsruhe-Nord
 L 6718 Heidelberg-Süd
 L 6924 Schwäbisch Hall
 L 6926 Crailsheim
 L 7114 Rastatt und L 7116 Karlsruhe-Süd
 L 7118 Pforzheim
 L 7120 Stuttgart-Nord und L 7122 Backnang
 L 7312 Rheinau und L 7314 Baden-Baden mit Westteil des Blattes L 7316 Bad Wildbad
 L 7324 Geislingen an der Steige
 L 7512/L 7514/L 7712 Offenburg/Oberkirch (Westteil) und L 7712 Lahr im Schwarzwald
 L 7516 Freudenstadt und L 7518 Rottenburg am Neckar
 L 7524 Blaubeuren
 L 7526 Günzburg
 L 7718 Balingen
 L 7724/L 7726 Ulm/Neu-Ulm
 L 7910/L 7912 Breisach am Rhein/Freiburg i. Br.-Nord
 L 7920 Sigmaringen
 L 7922 Bad Saulgau
 L 7924/L 7926 Biberach an der Riß/Babenhausen
 L 8120 Stockach
 L 8122 Weingarten
 L 8124/L 8126 Bad Waldsee/Memmingen
 L 8316/L 8516 Stühlingen/Hohentengen

In Bearbeitung:

L 7126/L 7128 Aalen/Nördlingen
 L 7326/L 7328 Heidenheim an der Brenz/Hochstädt a. d. Donau
 L 8110/L 8112 Müllheim/Freiburg i. Br.-Süd



Abb. 59: Übersichtskarte mit Darstellung des aktuellen Stands der Rohstoffkartierung in Baden-Württemberg. Die veröffentlichte Karte der mineralischen Rohstoffe 1 : 50 000 (KMR 50) liegt bislang in 24 Ausgaben (oft mit mehreren Karten) mit Erläuterungsheften vor; die jeweiligen Titel der Karten sind angegeben. Schwerpunkte der aktuellen Kartierarbeiten sind die Region Ostwürttemberg und das Gebiet Stockach. In den gelb dargestellten Gebieten wurden anlässlich der Vorbereitungen zu neuen Regionalplänen Kartierungen für das Umfeld der Abbaugelände angefertigt. Für die Regionen Hochrhein-Bodensee, Schwarzwald-Baar-Heuberg und Heilbronn-Franken liegen überwiegend gutachterliche Beurteilungen für geplante Vorrang- und Vorbehaltsgebiete vor.

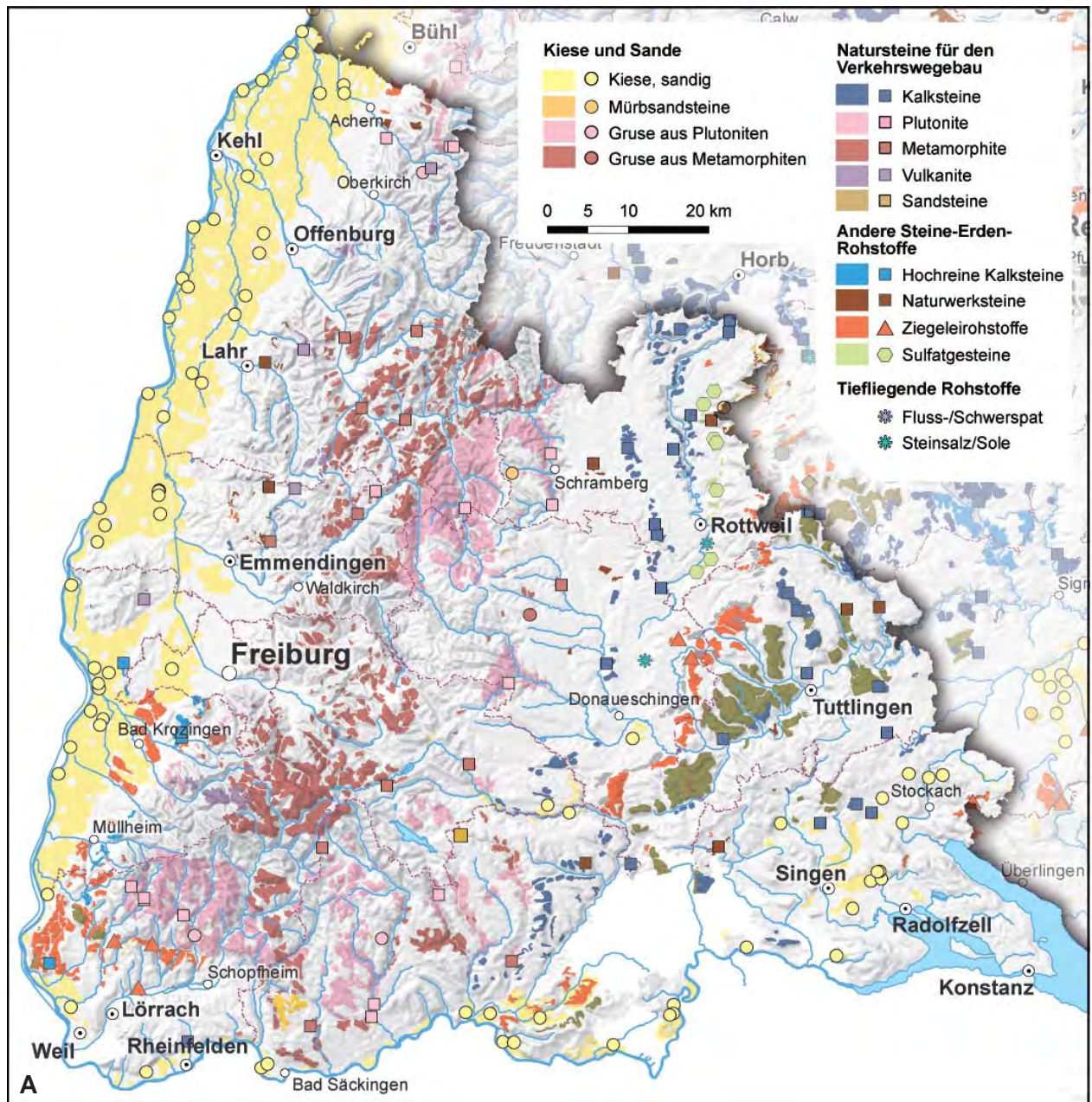


Abb. 60: Rohstoffgeologische Übersichtskarten für die vier Regierungsbezirke, zusammengestellt aus den digitalen Daten der in Abb. 59 gezeigten Karten, der PRK und aus gutachterlichen Einzelbearbeitungen: (A) Rohstoffvorkommen und Gewinnungsstellen im Regierungsbezirk Freiburg.

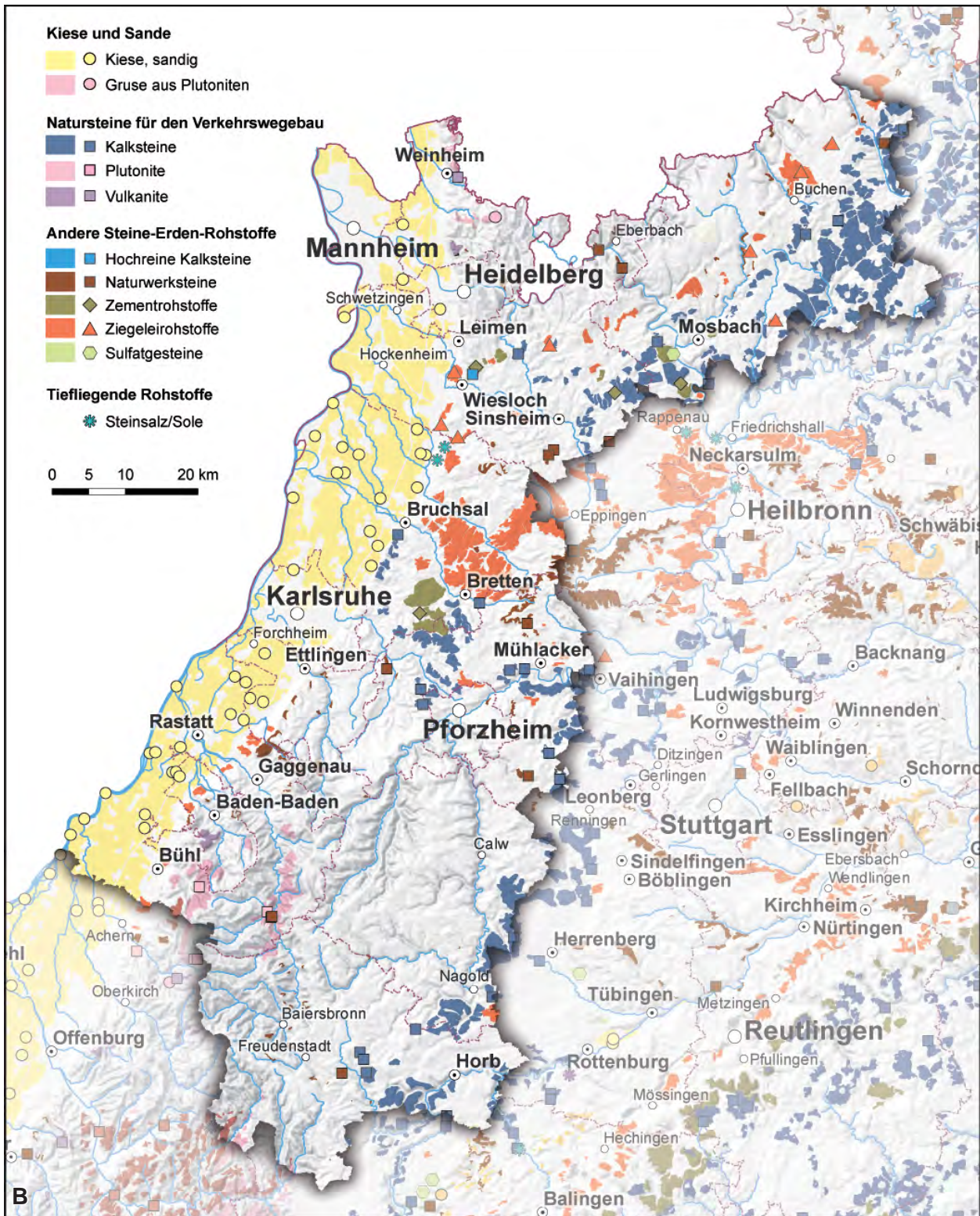


Abb. 60 – Fortsetzung: (B) Rohstoffvorkommen und Gewinnungsstellen im Regierungsbezirk Karlsruhe.

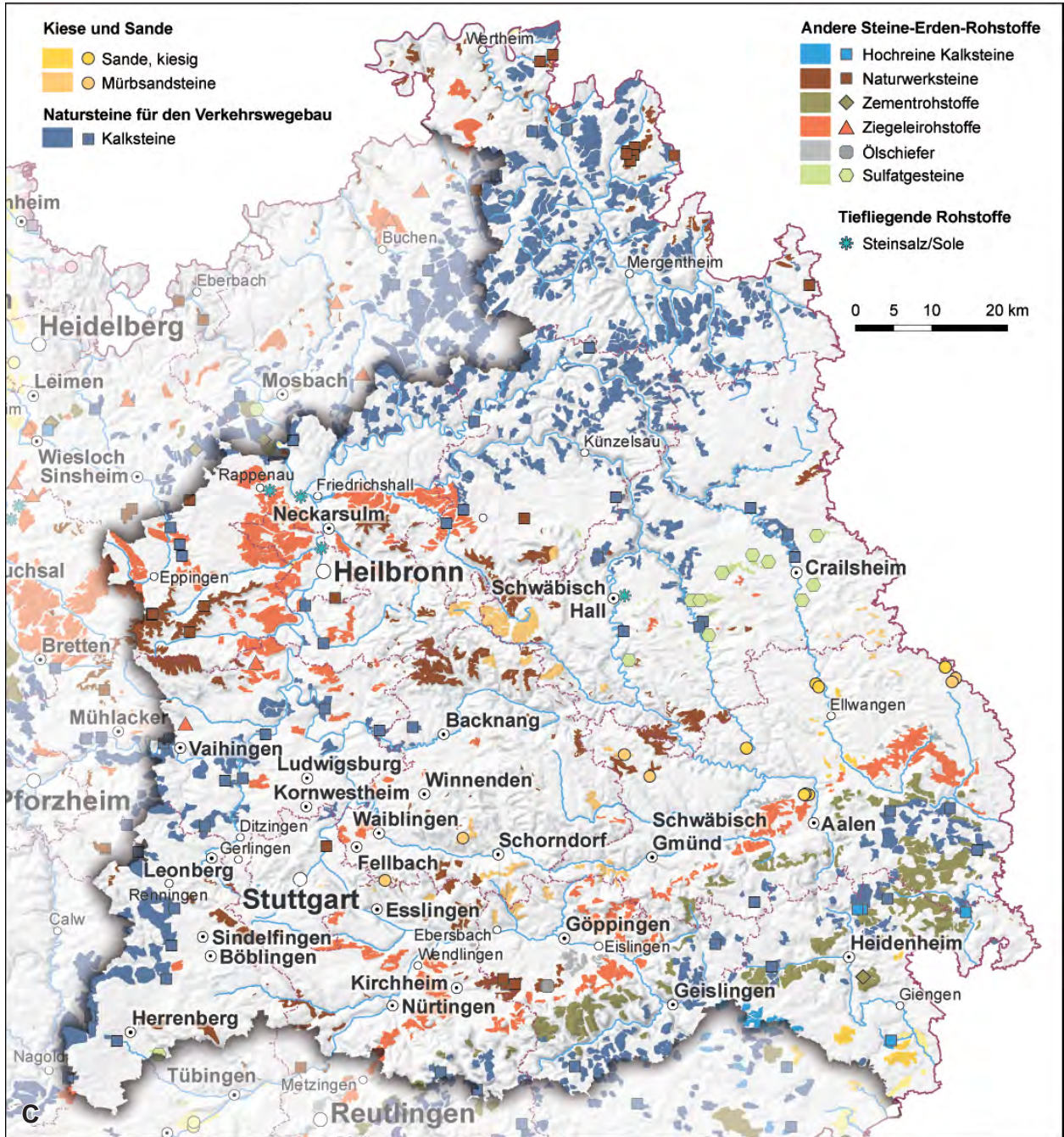


Abb. 60 – Fortsetzung: (C) Rohstoffvorkommen und Gewinnungsstellen im Regierungsbezirk Stuttgart.

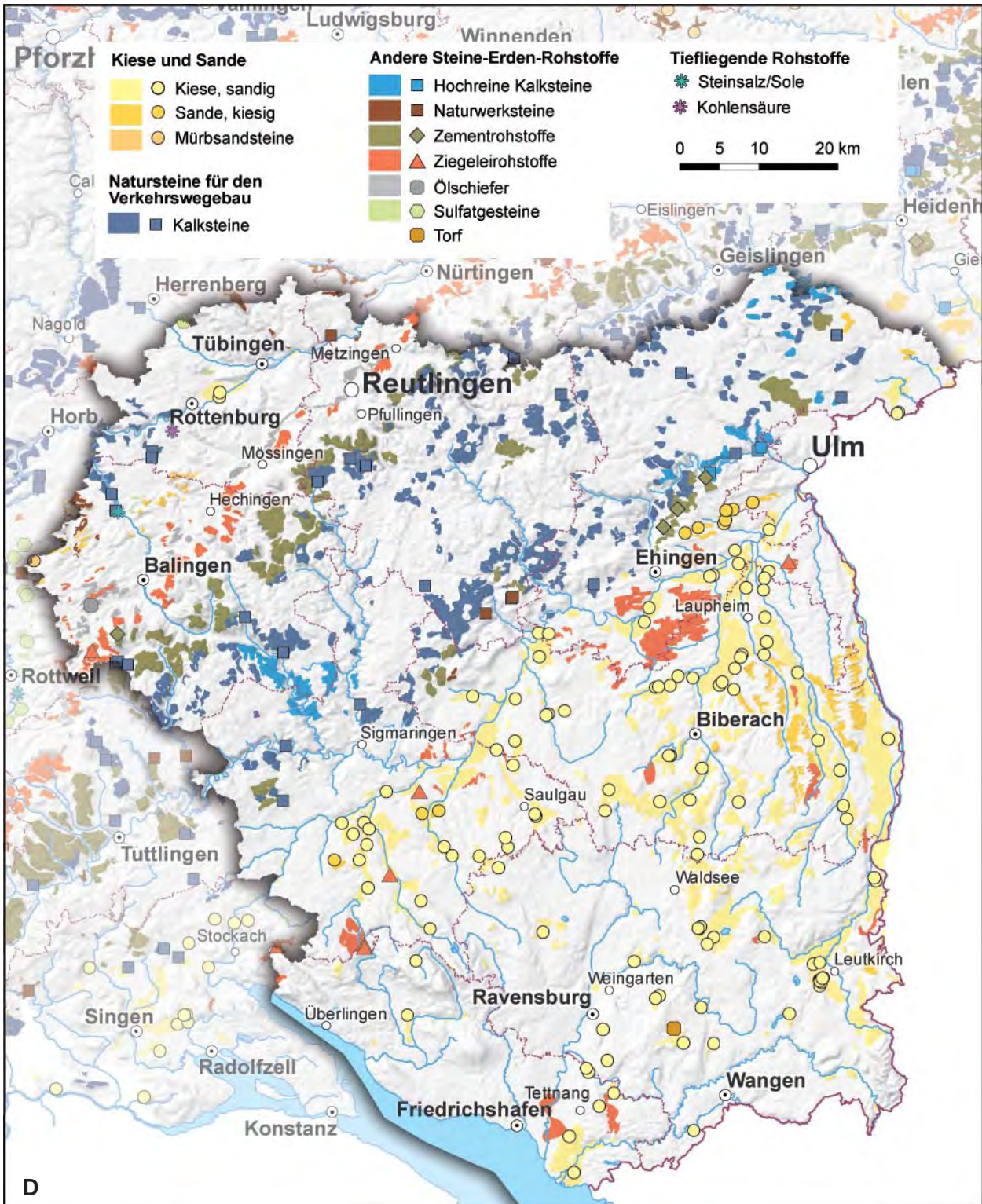


Abb. 60 – Fortsetzung: (D) Rohstoffvorkommen und Gewinnungsstellen im Regierungsbezirk Tübingen.