

Erkundung von hochreinen Weißkalken in der Riesalb und der südlichen Frankenalb



geologie



Bayerisches Landesamt für
Umwelt



Erkundung von hochreinen Weißkalken in der Riesalb und der südlichen Frankenalb

Bearbeiter:
A. Zwerger, K. Poschlod

73 Seiten, 80 Abbildungen, 8 Tabellen, Augsburg 2012

UmweltSpezial

Impressum

Erkundung von hochreinen Weißkalken in der Riesalb und der südlichen Frankenalb

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)

Bürgermeister-Ulrich-Straße 160

86179 Augsburg

Tel.: 0821 9071-0

Fax.: 0821 9071-5556

E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de

Internet: www.lfu.bayern.de

Bearbeitung/Text/Konzept:

LfU, 105, A. Zwerger, Dr. K. Poschlod

Redaktion:

LfU, 105, A. Zwerger, Dr. K. Poschlod

Bildnachweis:

LfU; K. Poschlod, Türkenfeld: Titelbild, Abb. 2-1, 2-2, 2-3, 2-6, 4-38, 4-58

Stand:

September 2012

Diese Druckschrift wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Sofern in dieser Broschüre auf Internetangebote Dritter hingewiesen wird, sind wir für deren Inhalte nicht verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	5
2	Zielsetzung und Sachstand	6
3	Durchgeführte Arbeiten	10
3.1	Untersuchungsgebiet	10
3.2	Vorarbeiten und Vorerkundung	11
3.3	Bohrungen	12
3.4	Makroskopische und Mikroskopische Untersuchung, Mineralogie, Chemie und Weißgrad	14
4	Ergebnisse	17
4.1	Erkundungsgebiet 1, Haunsheim - Ziertheim	17
4.2	Erkundungsgebiet 2, Forheim - Mönchsdeggingen	25
4.3	Erkundungsgebiet 3, Mündling - Sulzdorf	37
4.4	Erkundungsgebiet 4, Wolferstadt - Auernheim	41
4.5	Erkundungsgebiet 5, Pappenheim	42
4.6	Erkundungsgebiet 6, Eichstätt Ost	44
4.7	Erkundungsgebiet 7, Kelheim - Nittendorf	47
4.8	Überblick aller ermittelten Messwerte	55
5	Rohstoffgeologische Bewertung	58
6	Verwendungsmöglichkeiten	61
6.1	Verwendung als Rohstoff für die Papierindustrie	61
6.1.1	Füllstoffe	62
6.1.2	Streichpigmente	63
6.2	Alternative Verwendungsmöglichkeiten von weißen Kalkgesteinen	63
7	Zusammenfassung	66
8	Literatur	67
	Verzeichnis der Abbildungen	69
	Verzeichnis der Tabellen	73

Ziel des Erkundungsprogramms „WEIKA“ war,

Lagerstätten mit hochreinem Weißkalk insbesondere für die Papierindustrie zu finden. 39 Bohrungen mit insgesamt 1 935 Bohrmeter wurden im Hauptverbreitungsgebiet des gesuchten Rohstoffs, den Massenkalken der Riesalb und der Südlichen Frankenalb, niedergebracht. In 7 Bohrungen wurde hervorragender Weißkalk angetroffen, in 3 weiteren Bohrungen ist noch ausreichend gutes Material vorhanden. Die abbaubare Kubatur beträgt mehrere Millionen Kubikmeter. Als „Nebenprodukte“ der Bohrkampagne wurden ein Vorkommen mit „Treuchtlinger Marmor“ (ein sogar in China gefragter Naturwerkstein) erbohrt sowie eine bis dato unbekannte Ablagerungswanne (analog den Wannen der Solnhofener Plattenkalke) angetroffen.

1 Einführung

Das Erkundungsprogramm WEIKA (von **WEIßKAlk**) wurde im Auftrag und mit Mitteln des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie dem Geologischen Dienst am Bayerischen Landesamt für Umwelt zur mittel- bis längerfristigen Rohstoffsicherung von Weißkalken übertragen.

Die Erkundung der reinen und hochreinen Kalksteine des Jura in der Südlichen Frankenalb dient der langfristigen Sicherung und nachhaltigen Versorgung des Landes mit diesem hochwertigen Rohstoff vor allem für die Papierindustrie. Als betriebliche Rohstoffbasis und damit dem Erhalt weiterverarbeitender Produktionszweige sichert der Rohstoff die damit verbundenen Arbeitsplätze.

Aufgrund seiner Vielseitigkeit, seiner wirtschaftlichen Bedeutung und seines Nutzens für die Natur wurde Kalkstein im Jahr 2010 vom Berufsverband Deutscher Geowissenschaftler zum Gestein des Jahres gekürt.

Jeder Bundesbürger „verbraucht“ täglich etwa 250 g gebrannte und 5,5 kg ungebrannte Kalk- und Dolomiterzeugnisse. Er ist sich dieser Tatsache meist nicht bewusst, da der mineralische Grundstoff Kalk in vielen verschiedenen Produkten, wie z. B. in Farben und Kunststoffen aufgeht.

Hochreiner Kalkstein (Calcitgehalt über 98,5 %) wird zumeist aus massigem Riffkalkstein gewonnen. Vor allem die mineralogische Zusammensetzung bestimmt die Anwendung in speziellen Industriezweigen wie z. B. bei der Papierherstellung, in der chemischen und bauchemischen Industrie, wie auch in der Zementindustrie, in der Umwelttechnik (Rauchgas- und Wasserreinigung), bei der Lebensmittelherstellung, in der Dünge- und Futtermittelindustrie, bei der Werksteinproduktion und als gebrochener Bau- und Zuschlagstoff.

2 Zielsetzung und Sachstand

Weißkalk, der direkt für die Papierindustrie, also ungebrannt, verwertbar ist, wird derzeit nur noch in einem Steinbruch bei Haunsheim (siehe Abb. 2-1) gewonnen. Alle anderen Abbaue sind inzwischen aufgelassen, z. T. aus geologischen Gründen (zu große Abraummengen etc.) oder aufgrund konkurrierender Nutzungen (Wasser- bzw. Naturschutzgebiete). Ziel der Erkundung war das Auffinden weiterer geeigneter Flächen zum wirtschaftlich lohnenden Abbau hochreiner Weißkalke. Alle bisher abgebauten hochwertigen Weißkalkvorkommen lagen im Massenkalk von Schwamm-Riffen des Malm Epsilon. In die nähere Betrachtung der Erkundungskampagne wurden zudem auch andere Faziestypen der Massenkalk-Vorkommen einbezogen. Die viel häufiger auftretenden Bankkalke eignen sich aufgrund ihrer mineralogisch-chemischen Zusammensetzung nicht für die Herstellung von „Papierkalk“ (vgl. Kap. 6.1).

Der hochreine Kalkstein kann teilweise den (teureren) weißen Kaolin bei der Papierherstellung als Füllstoff und Streichpigment ersetzen. Bei einem größeren Angebot an hochreinem Weißkalk könnte man die in Bayern vorkommenden Ressourcen an Kaolin mit hohem Weißgrad (vgl. Kap. 6.1), die bestenfalls noch wenige Jahrzehnte reichen (BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, VERKEHR UND TECHNOLOGIE 2002), deutlich schonen.



Abb. 2-1: Weißkalkgewinnung bei Haunsheim

„Unreinere“ Massenkalksteine werden teilweise auch zu Kalk für die Papierindustrie verarbeitet, allerdings durch einen teuren, da energieaufwändigen Brennprozess. Als gebranntes Produkt für die Papierindustrie wird Weißkalk u. a. in Harburg (siehe Abb. 4-38) abgebaut.

In fünf weiteren, größeren Brüchen in Bayern stehen auch Massenkalk bzw. Riffschuttkalke an, deren Reinheitsgrad schwankt, aber möglicherweise doch für die Papierindustrie geeignet wäre. Meist historisch bedingt, werden aus dem Kalkstein dieser Brüche andere Produkte hergestellt: Im Steinbruch Saal an der Donau (siehe Abb. 2-4) werden Massenkalk und Riffschuttkalke überwiegend für die chemische Industrie abgebaut. In den Abbauen in Essing (Schwamm- und Korallenriffkalke, Riffschutt, siehe Abb. 2-5) und Marching (schuttführende Korallenkalke, Schwammkalke und Algenrasenkalke, siehe Abb. 2-2) werden Naturwerksteine gewonnen. In den Steinbrüchen in Wittislingen (Abb. 2-5) und am Hesselesberg (Abb. 2-3) wird ungeachtet besserer, hochwertigerer Verwertungsmöglichkeiten Schotter und Splitt hergestellt.

Die insgesamt 7 in Abbau befindlichen Massenkalk-Steinbrüche (Stand 2011) liegen im Bereich der Riesalb und Südlichen Frankenalb (vgl. Tab. 2-1).

Tab. 2-1: Koordinaten der Abbaulokalitäten in denen Massenkalk bzw. Riffschuttkalke anstehen

Abbaulokalität	Rechtswert	Hochwert	Höhe (mNN)
Essing	4487960	5421180	440
Harburg	4404300	5404780	427
Haunsheim	4380060	5386690	455
Hesselesberg	4398940	5401140	495
Marching	4479400	5410300	380
Saal a.d.Donau	4495500	5417000	350
Wittislingen	4380720	5389500	455



Abb. 2-2:
Naturwerksteingewinnung bei
Marching

Die o. a. unterschiedlichen Kalkstein-Typen werden für die Weißkalkgewinnung als geeignet eingestuft. Doch es zeigt sich, dass kleinräumig sehr große Unterschiede auftreten können, die die Materialeigenschaften sehr negativ beeinflussen können. In Essing ist z. B. ca. 10 Prozent des anstehenden Kalksteins aufgrund erhöhter Eisenanteile rötlichbraun verfärbt und somit für die Papierindustrie absolut nicht geeignet. Als weiterer negativer Faktor muss die Dolomitisierung angesehen werden. Sie tritt teilweise sehr lokal begrenzt auf; bisweilen sind durch sie bereichsweise auch große Mächtigkeiten sekundär überprägt.

Schon bei der Gewinnung muss deshalb das Material grob vorsortiert werden. Unter allen Kalksteintypen (Massenkalk, Plattenkalk, Bankkalk) ist der Massenkalk derjenige, der am stärksten verkarstet und damit auch verlehmt ist. Diese Partien müssen bei der Gewinnung anderen Nutzungen zugeführt werden. Durch täglich durchgeführte chemische Analysen werden die Kalksteine in den jeweiligen Steinbruchbereichen mit unterschiedlichen Eigenschaften separiert und zur Weiterverarbeitung entweder in geeigneter Weise gemischt oder für eine geringerwertige Verwendung abgetrennt.

Ein Abbau von hochreinem Weißkalk lohnt sich i. d. R. bei einem Gehalt ab 20 %, d. h. 5 Tonnen im Steinbruch anstehendes bzw. bewegtes Gestein sollte 1 Tonne hochwertigen Weißkalkstein beinhalten.



Abb. 2-3: Schotter- und Splittgewinnung am Hesselesberg



Abb. 2-4: Kalksteinbruch Saal an der Donau



Abb. 2-5: Schotter- und Splittgewinnung bei Wittislingen



Abb. 2-6: Naturwerksteingewinnung in Essing

3 Durchgeführte Arbeiten

3.1 Untersuchungsgebiet

Im Untersuchungsgebiet entstanden vor 150 Millionen Jahren im Oberjura, der auch als Malm oder Weißer Jura bezeichnet wird, in der Südlichen Frankenalb und der Riesalb mächtige Abfolgen von Karbonatgesteinen. Abhängig vom Ablagerungsbereich wurden überwiegend geschichtete Abfolgen aus Bank- und Plattenkalken sedimentiert, die unterschiedlich mächtige mergelige Bereiche enthalten. Sie entstanden in ruhiger See durch Ablagerung von Kalkschlamm in unterschiedlich tiefen Wannen. Weniger stark verbreitet gibt es innerhalb bzw. zwischen der sog. Schichtfazies Bereiche die wenig bis nicht strukturiert sind und als Massenkalken bezeichnet werden. Sie entstanden aus Riffen und enthalten Schwämme und Korallen. Neue Forschungen gehen zudem von Ablagerungen in stark bewegtem Milieu aus, wobei gröbere Ablagerungen in ruhigen Phasen von Schwämmen zusammengehalten wurden. Die Sedimente des Oberjura wurden nach ihrer Ablagerung noch stark verändert. Es fanden gesteinsbildende Prozesse statt, z. B. wurde Kalk teilweise durch Dolomit ersetzt. Die postsedimentäre Kippung der Alpenscholle verursachte ein generelles leicht südliches Einfallen der Sedimentgesteine. In der Riesalb kam dann noch vor 15 Millionen Jahren die kosmische Katastrophe – der Meteoriteneinschlag veränderte hier die Oberfläche, das Ergebnis war „chaotisch“. Erosion und Verkarstung schnitten immer wieder in die Oberfläche ein und höhlten das Karbonatgestein lokal aus.

All diese Ereignisse machen eine genaue Vorhersage der geologischen Gegebenheiten sehr schwer. Besonders im Bereich des Nördlinger Rieses kann schon das Gestein der näheren Umgebung einer Bohrung eine völlig andere Zusammensetzung haben.



Abb. 3-1: Lage des Untersuchungsgebiets

Das Untersuchungsgebiet (Abb. 3-1) erstreckt sich über 5 Regierungsbezirke, 9 Landkreise bzw. auf 35 Blätter der TK25 (siehe Tab. 3-1).

Das Gebiet wurde großräumig anhand der geologischen Übersichtskarten auf den Ausstrich der Malmkalke eingegrenzt. Den Westrand bildet der Rieskrater, den West- und Südrand stellen die anstehenden Malmvorkommen der Fränkischen Alb dar. Als Nordgrenze wurde die Linie Weißenburg - Regensburg festgelegt, da nördlich davon mit gehäuft auftretendem Dolomit zu rechnen ist.

Tab. 3-1: Aufstellung der im Untersuchungsgebiet liegenden Regierungsbezirke auf folgenden 35 TK25 – Blättern: 6929 bis 6937; 7030 bis 7037; 7130 bis 7137; 7227 bis 7232; 7327 bis 7330

Regierungsbezirk Nr.	Regierungsbezirk	Landkreis Nr.	Landkreis
1	Oberbayern	176	Eichstätt
1	Oberbayern	185	Neuburg-Schrobenhausen
2	Niederbayern	273	Kelheim
3	Oberpfalz	373	Neumarkt in der Oberpfalz
3	Oberpfalz	375	Regensburg
5	Mittelfranken	576	Roth
5	Mittelfranken	577	Weißenburg-Gunzenhausen
7	Schwaben	773	Dillingen an der Donau
7	Schwaben	779	Donau-Ries

3.2 Vorarbeiten und Vorerkundung

Vor Beginn und im Laufe der Bohrkampagne (Beginn der Bohrungen war im Jahr 2000) wurden zuerst Gebiete mit dem geeignet erscheinenden Massen-Kalk-Gestein des Malm Epsilon durch Recherchen in der ZDB (Zentralen Datenbank des ehemaligen Bayerischen Geologischen Landesamtes) und später im BIS (Bodeninformationssystem des GLA und LfU) separiert. Neben der Literatur (u. a. MEYER & SCHMIDT-KALER 1983) und den Unterlagen des Lagerstättenarchivs des LfU waren auch die vorhandenen Geologischen Karten im Maßstab 1 : 25 000 des Untersuchungsgebietes sowie die Geologischen Karten des Nördlinger Rieses (1 : 50 000) und des Altmühltales (1 : 100 000), sowie die Rohstoffgeologische Karte der Region Ingolstadt (DOBNER ET. AL. 2002) sehr hilfreich. Bereits vorhandene chemische und mineralogische Analysen-Ergebnisse wurden als Anhaltspunkte mit einbezogen. Als wirtschaftliches Kriterium wurde versucht, Gebiete mit mehr als 10 m Überdeckung auszugrenzen und in der Morphologie eine Lage geeignet für einen Hangabbau als zukünftige Nutzung zu finden. Die so ermittelten, relevanten Gebiete mussten jedoch für die Möglichkeit eines späteren Abbaus auch über eine ausreichend große Fläche verfügen. Es wurden zudem Gebiete ausgesondert, deren Lage den Konflikt mit konkurrierenden Nutzungen (Bebauung, Wasserschutz, Naturschutz etc.) erwarten ließen. Im Bereich der verbliebenen Flächen wurden sodann im Rahmen der Vorerkundung „aktive“

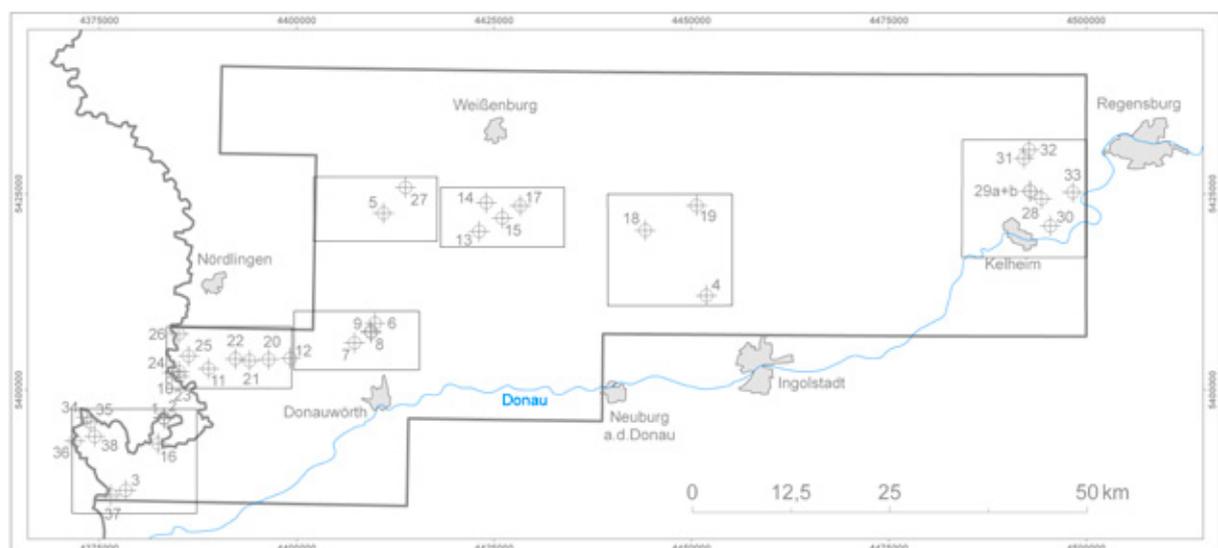


Abb. 3-2: Lage der Erkundungsgebiete und der einzelnen Bohrpunkte (vgl. Kap. 3.3 und 4)

sowie nicht mehr in Abbau befindliche Steinbrüche und andere geologische Aufschlüsse befahren und beprobt. Die Ergebnisse der Analysen aus dem Labor des Landesamtes grenzten die Gebiete weiter ein. In diesen „Restflächen“, die auf 7 Erkundungsgebiete (vgl. Abb. 3-2 und Kap. 4) aufgeteilt wurden, sind dann die Punkte für die jeweiligen Bohrmaßnahmen abgeklärt worden. Notwendig ist das Einverständnis des jeweiligen Grundeigentümers, bis auf eine Ausnahme wurde es auch immer erteilt.

Die gesamte WEIKA-Erkundungskampagne erfolgte neutral „im Vorfeld der Wirtschaft“, ohne eine Firma oder einen Grundeigentümer zu bevorzugen.

3.3 Bohrungen

Im Zeitraum von 7 Jahren wurden insgesamt 39 Bohrungen niedergebracht (vgl. Tab. 3-2). Die Gesamtlänge des 100 mm starken Bohrkerns belief sich auf nahezu 2 km. Die Rechts- und Hochwerte der einzelnen Bohrpunkte sind Tab. 3-3 zu entnehmen. Die rohstoffgeologischen Gegebenheiten sowie die Bohrungen in den einzelnen Erkundungsgebieten werden in Kap. 4 dargestellt.

Tab. 3-2: Allgemeine Bohrdaten

Bohrjahr	Anzahl	Bohrmeter	Proben
2000	3	168,2	69
2001	7	411,7	184
2002	5	257,9	136
2003	4	213,8	76
2004	8	414,0	226
2005	7	230,0	106
2006	5	239,0	134
7 Jahre	39	1 934,6	931

Tab. 3-3: Liste der Erkundungsbohrungen

Bohrung	Nr Erk.*	BIS-Nummer	Rechtswert	Hochwert	Ansatz**	ET***
WEIKA 1, Erzberg (2000)	1	7328BG000003	4383163	5396505	571	67,0
WEIKA 2, Erzberg Süd (2000)	1	7328BG000004	4383209	5396379	561	50,7
WEIKA 3, Unterbechingen (2000)	1	7328BG000002	4378329	5387251	478	50,5
WEIKA 4, Lippertshofen (2001)	6	7134BG000569	4451881	5412051	438	86,0
WEIKA 5, Rothenberg (2001)	4	7030BG000001	4410995	5422550	583	59,0
WEIKA 6, Sulzdorf (2001)	3	7130BG000012	4409898	5408526	506	57,6
WEIKA 7, Mündling (2001)	3	7230BG000001	4407304	5406034	503	50,1
WEIKA 8, Zanner (2001)	3	7230BG000002	4409386	5407509	523	34,5
WEIKA 9, Zanner Süd (2001)	3	7230BG000003	4409448	5407324	518	59,3
WEIKA 10, Forheim (2001)	2	7228BG000005	4386301	5404371	569	65,2
WEIKA 11, Bollstadt (2002)	2	7228BG000006	4388820	5402727	558	49,0
WEIKA 12, Schaffhausen (2002)	3	7229BG000008	4399180	5404068	547	52,9
WEIKA 13, Übermatzhofen (2002)	5	7031BG000047	4423088	5420229	556	50,5
WEIKA 14, Osterdorf (2002)	5	7031BG000046	4423988	5423895	526	55,0
WEIKA 15, Zimmern (2002)	5	7031BG000048	4426034	5421925	563	50,5
WEIKA 16, Ziertheim (2003)	1	7328BG000005	4382422	5393199	460	53,9
WEIKA 17, Zwieselberg (2003)	5	7032BG000038	4428320	5423520	548	53,0
WEIKA 18, Buchenhüll (2003)	6	7033BG000134	4444150	5420370	518	55,0
WEIKA 19, Pfahldorf (2003)	6	7033BG000135	4450630	5423540	512	51,9
WEIKA 20, Steinberg (2004)	2	7229BG015001	4396435	5403933	580	50,0
WEIKA 21, Blossenberg (2004)	2	7229BG015002	4394016	5403747	537	50,0
WEIKA 22, Altenhau (2004)	2	7229BG015003	4392220	5403998	565	100,0
WEIKA 23, Hofen (2004)	2	7228BG015004	4385106	5401766	580	23,0
WEIKA 24, Kösing (2004)	2	7228BG015001	4384237	5402273	592	62,0
WEIKA 25, Forheim SW (2004)	2	7228BG015002	4385075	5402356	587	29,0
WEIKA 26, Schweindorf (2004)	2	7228BG015003	4385035	5407180	618	60,0
WEIKA 27, Auernheim (2004)	4	7030BG015001	4413761	5425818	626	40,0
WEIKA 28, Seekreuz (2005)	7	7037BG015001	4494348	5424403	455	35,0
WEIKA 29a, Frauenforst (2005)	7	7037BG015002	4492924	5425356	481	25,0
WEIKA 29b, Frauenforst (2005)	7	7037BG015003	4492875	5425364	481	17,0
WEIKA 30, Heindlberg (2005)	7	7037BG015004	4495462	5420922	400	30,0
WEIKA 31, Haugenried (2005)	7	6937BG015001	4492117	5429544	475	15,0
WEIKA 32, Irgertshofen (2005)	7	6937BG015002	4492750	5430654	463	42,0
WEIKA 33, Saxberg (2005)	7	7037BG015005	4498304	5425224	449	66,0
WEIKA 34, Reute (2006)	1	7327BG015003	4373371	5396547	601	35,0
WEIKA 35, Kreuzbuche (2006)	1	7327BG015004	4373823	5395933	610	70,0
WEIKA 36, Staufen (2006)	1	7327BG015001	4371903	5393523	570	56,0
WEIKA 37, Viehhof (2006)	1	7327BG015002	4376465	5386619	485	30,0
WEIKA 38, Syrgenstein (2006)	1	7327BG015005	4374405	5394096	565	48,0

*Nummer des Erkundungsgebietes

**Ansatzhöhe in Meter über NN

***Endteufe in Meter unter Geländeoberkante

3.4 Makroskopische und Mikroskopische Untersuchung, Mineralogie, Chemie und Weißgrad

Alle Bohrungen wurden durchgehend chemisch und mineralogisch untersucht. Dazu erfolgte eine Beprobung der oberflächennahen Kalkstein-Bereiche (bis ca. 30 m Teufe) jeweils jeden Meter und dann abhängig vom Material alle 2 bis 3 Meter. Zudem wurden für einzelne Bohrungen Dünnschliffe und Ansliffe angefertigt und durchgehend der Weißgrad ermittelt.

Die Brauchbarkeit des Materials lässt sich in der Bohrung meist nicht sofort erkennen. Der mit dem Hammer angeschlagene Massenkalk hat wie der Bankkalk einen hellen Klang. Im Steinbruch ist der Bankkalk durch die stärkere Verwitterung der weicheren Mergelzwischenlagen gut zu erkennen. Die Bohrkern zeigen ähnlich wie im Massenkalk im Bankkalk – mangels Verwitterung – jedoch oft einen durchgehenden stabilen Kern. Die Bankung kann nur durch cm- bis mm-weises Anschlagen der gesamten Kerne mit dem Hammer ermittelt werden.

Für die Eignung als Kalkstein (Abb. 3-3) in der Papierindustrie sind gewisse Mindestanforderungen zu erfüllen, die nachfolgend erläutert werden. Die chemischen Untersuchungswerte wurden mittels Röntgenfluoreszenz-Analyse (RFA) ermittelt, die Mineralogie wurde mit Röntgen-Diffraktometrie (XRD) und Rietveld-Programmen bestimmt. Die Validierung der mineralogischen Ergebnisse erfolgte mittels stöchiometrischer Verfahren auf Grundlage der RFA- und XRD- Analysenwerte. Um einen Kalkstein als hochreinen Kalkstein bezeichnen und somit für die Papierverarbeitung verwenden zu können, muss er einen CaCO_3 -Gehalt (Calciumcarbonat in Form von Calcit) von größer 98,5 % aufweisen (WERNER ET AL. 2006). Als reinen Kalkstein bezeichnet man übrigens einen Kalkstein mit 97,0–98,5 % CaCO_3 -Gehalt. Abhängig von der Verwendung muss der Fe_2O_3 -Gehalt (Eisenoxid) $< 0,3\%$ sein, da sich ein höherer Anteil dunkelfärbend auswirkt. In der Literatur (u. a. KIMMIG 2000) wird darauf hingewiesen, dass schon ein Fe_2O_3 -Gehalt $> 0,05\%$ eine deutlich erkennbare Färbung hervorrufen kann. Betrachtet man die in den Produktblättern abbauender Firmen (Tab. 4 1) genannten Werte, so werden jedoch Kalke mit einem Fe_2O_3 -Gehalt bis $0,3\%$ als Weißkalke für die chemische bzw. Papier-Industrie angeboten. Fe_2O_3 -Werte über $0,2\%$ sind vermutlich nicht nur auf syndimentär gebildete eisenhaltige Minerale zurückzuführen, sondern auch auf anhaftende kleinste Lehm-Partikel (aus den Karstfüllungen) der Proben. Als wichtiger dritter Grenzwert ist in Tab. 4-1 der SiO_2 -Gehalt aufgeführt, der die 1% -Grenze nicht überschreiten sollte. Der SiO_2 -Gehalt stammt zum einen von einem geringen Anteil an Feldspäten, Tonmineralien oder anderen Silikaten (z. B. Illit $\text{K}_{0,65} \text{Al}_2 [\text{Al}_{0,65} \text{Si}_{3,35} \text{O}_{10} (\text{OH})_2]$), die im Gefüge des Kalksteins vorhanden sein können (siehe auch Al_2O_3 -Gehalte in Tab. 4-1). Ist das Gestein deutlich bankig (im dm-Bereich) oder sogar plattig (im cm-Bereich) ausgebildet, wurden zwischen den Kalklagen nicht nur Tone eingespült, sondern hier können auch feinste Quarzkörnchen eingelagert sein. Möglicherweise kommt es in diesen Zwischenlagen bereichsweise auch sekundär zur Bildung von kleinen Quarzkristallchen oder Hornsteinen. Nur so lässt sich die deutliche Zunahme des SiO_2 -Gehaltes in geschichteten Kalksteinen erklären. Da diese Quarzkörner stark abrasiv auf die Walzen bei der Papierherstellung wirken, sind höhere SiO_2 - bzw. Quarz-Anteile im Kalkmehl unerwünscht, d. h. Bank- oder gar Plattenkalke scheidet damit als Rohstoffvorkommen von vornherein aus.

Neben dem Chemismus ist auch die Farbe ein entscheidender Faktor für die Papierherstellung. Die Farbwerte bzw. der Weißgrad werden meist in $L^*a^*b^*$ -Werten angegeben. L^* entspricht dabei der Helligkeit, $(+)a^*$ dem Rotwert und $(+)b^*$ dem Gelbwert. Der Helligkeitsgrad von „Papierkalk“ sollte möglichst > 91 , der a^* -Wert (Rotwert) $< 0,6$ und der b^* -Wert (Gelbwert) $< 7,0$ sein (siehe Abb. 3-5 und Abb. 3-6). Die Farbwerte werden im LfU-Rohstofflabor mit einem Spektralphotometer (Abb. 3-4) jeweils am glattgestrichenen Gesteinsmehl gemessen und zwar immer an einem Substrat mit der gleichen Mahlfineinheit, da die Helligkeit stark von der Korngröße abhängig ist. In anderen Labors wird die Farbe direkt am Slurry, d. h. an einer flüssigen Wasser-Pulver-Mischung ermittelt. Mehrere

Versuchsreihen haben gezeigt, dass Messwerte von Trockensubstanz und flüssigem Material eine lineare Abhängigkeit zeigen. Um vergleichbare objektive Werte zu erhalten, werden nach DIN 5033-3 (1992) drei verschiedene spektrale Empfindlichkeitsfunktionen gemessen, die sich zur Farbvalenz zusammensetzen (siehe Abb. 3-5 und Abb. 3-6). Interessanterweise sieht das menschliche Auge die Farbwerte teilweise anders als das Spektralphotometer. Das menschliche Auge sieht z. B. ein bläustichiges Weiß weißer an als ein gelbstichiges; deshalb wird gelbes Eisenoxid unverhältnismäßig stark gewichtet.

Grenzwerte für Kalksteine im Rohzustand, die nur gebrannt für die Papierindustrie zur Verwendung kommen, existieren nicht. Hier wird das gebrannte Produkt auf seine Eignung geprüft. In der Industrie wird die Helligkeit am Endprodukt gemessen. Dabei ergeben sich Unterschiede zwischen gebrannten und natürlichen Karbonaten, da beim Brennvorgang volatile bzw. organische Stoffe entweichen.

Des Weiteren wurden von einem Teil der Bohrproben auch Dünnschliffe und Anschliffe angefertigt.

Aus den 39 Bohrungen wurden insgesamt ca. 700 Proben entnommen und nach o. g. Parametern analysiert (vgl. Tab. 3-2).



Abb. 3-3: Weißkalk-Gesteinsbrocken



Abb. 3-4: Verwendetes Weißgradmessgerät (Spektralphotometer) der Firma X-Rite

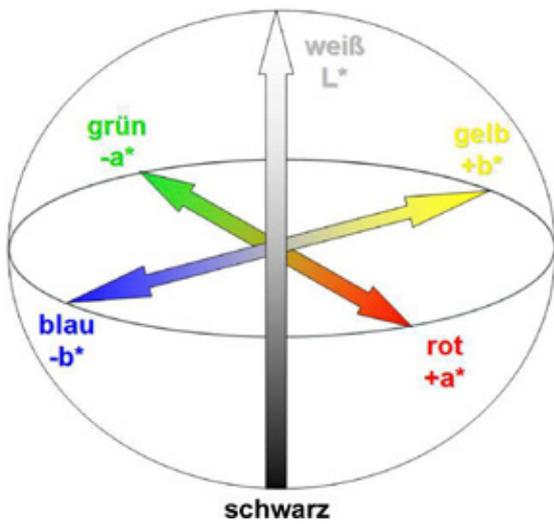


Abb. 3-5: L*a*b*-Farbsystem (BRADO 2006)

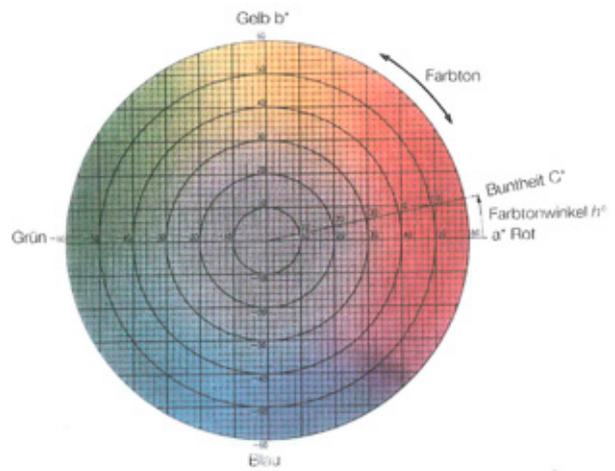


Abb. 3-6: L*a*b*-Farbsystem (KIMMIG 2000)

4 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden alle 39 Bohrungen zunächst kurz rohstoffgeologisch beschrieben, geordnet nach den 7 Untersuchungsgebieten von West nach Ost.

In den Übersichts- und Detailkarten (Erkundungs- und Untersuchungsgebiete) sind zur besseren Übersichtlichkeit folgende Merkmale vereinfachend dargestellt:

- In den Übersichtskarten: Punkte der WEIKA-Bohrungen mit Nummer
- In den Detailkarten: Punkte der WEIKA-Bohrungen klassifiziert in Abhängigkeit von ihrer Verwendbarkeit als Weißkalk
- In den Übersichtskarten: Weißkalk-Abbaue, die 2012 in Betrieb waren
- In den Übersichtskarten: Kalkstein-Vorranggebiete aus den derzeit rechtsverbindlichen Regionalplänen
- In den Übersichtskarten: Konkurrierende Nutzungen (Naturschutzgebiete, Wasserschutzgebiete, Wasserwirtschaftliche Vorrang- und Vorbehaltsgebiete)
- In den Detailkarten: Punkte von anderen Bohrungen, geologischen Aufschlüssen, Einzelfunden und geologischen Profilen (die eine Klassifizierung für die Verwendbarkeit als Weißkalk zulassen), basierend auf Geländebegehungen und nach Interpretation der Angaben im Bayerischen Bodeninformations-System (BIS)

Die Bohrkern- der 10 Bohrungen, die sich sehr gut bis gut für die Herstellung von hochreinen Kalken für die Papierindustrie eignen, werden am Ende jeden Untersuchungsgebietes näher erläutert und interpretiert. Sie werden zudem fotografisch dargestellt. Es handelt sich um die Bohrungen WEIKA 1, 2, 7, 11, 22, 24, 28, 30, 32 und 33. In den Bohrkern-Bildern werden die CaCO_3 -Analysen-Werte der mineralogisch diffraktometrischen Untersuchungen (teils mit chemischen RFA-Werten korrigiert) in Prozent angegeben. Die am Rand abgebildete Linie gibt einen schnellen Überblick über die Qualität des erbohrten Materials:

Grüne Linie: hochreiner Weißkalk
 Rote Linie: unbrauchbares Material
 ohne Linie: „normaler“ Kalkstein

Eine grün gestrichelte Linie weist auf Abschnitte eingeschränkter Qualität hin (z. B. Verkarstung, dolomitische Bereiche, zerbrochenes Material), siehe auch Tab. 5-1.

Ergänzt werden die Fotos der erbohrten Kalksteinkerne mit Abbildungen von ca. 20 Anschliffen und ca. 50 Dünnschliffen, um die unterschiedlichen Varietäten der geeigneten Kalksteine (vgl. FLÜGEL 2004) darstellen zu können.

4.1 Erkundungsgebiet 1, Haunsheim - Ziertheim

Im Grenzgebiet zu Baden-Württemberg wurde im Jahr 2000 die Weißkalk-Erkundung begonnen. Die Bohrungen WEIKA 1 und WEIKA 2 (Abb. 4-2) am Erzberg nördlich Reistingen liegen im Massenkalk (vgl. GALL 1971) und enthalten durchgehend hochreinen, aber verkarsteten Weißkalk. Aufgrund der Bohrergebnisse wurde im Rahmen der Fortschreibung des Regionalplans der Region 9 (Augsburg) der Erzberg als Vorranggebiet für Kalksteinabbau vom damaligen Bayerischen Geologischen Landesamt vorgeschlagen. Durch Einspruch der Wasserbehörden wurde dieser Bereich des Erzberges nur als Vorbehaltsgebiet (824 CA) in den rechtlich verbindlichen Regionalplan übernommen. Diese Fläche (824 CA) zur Gewinnung und Sicherung von Bodenschätzen (hier: hochwertiger Kalkstein) wird

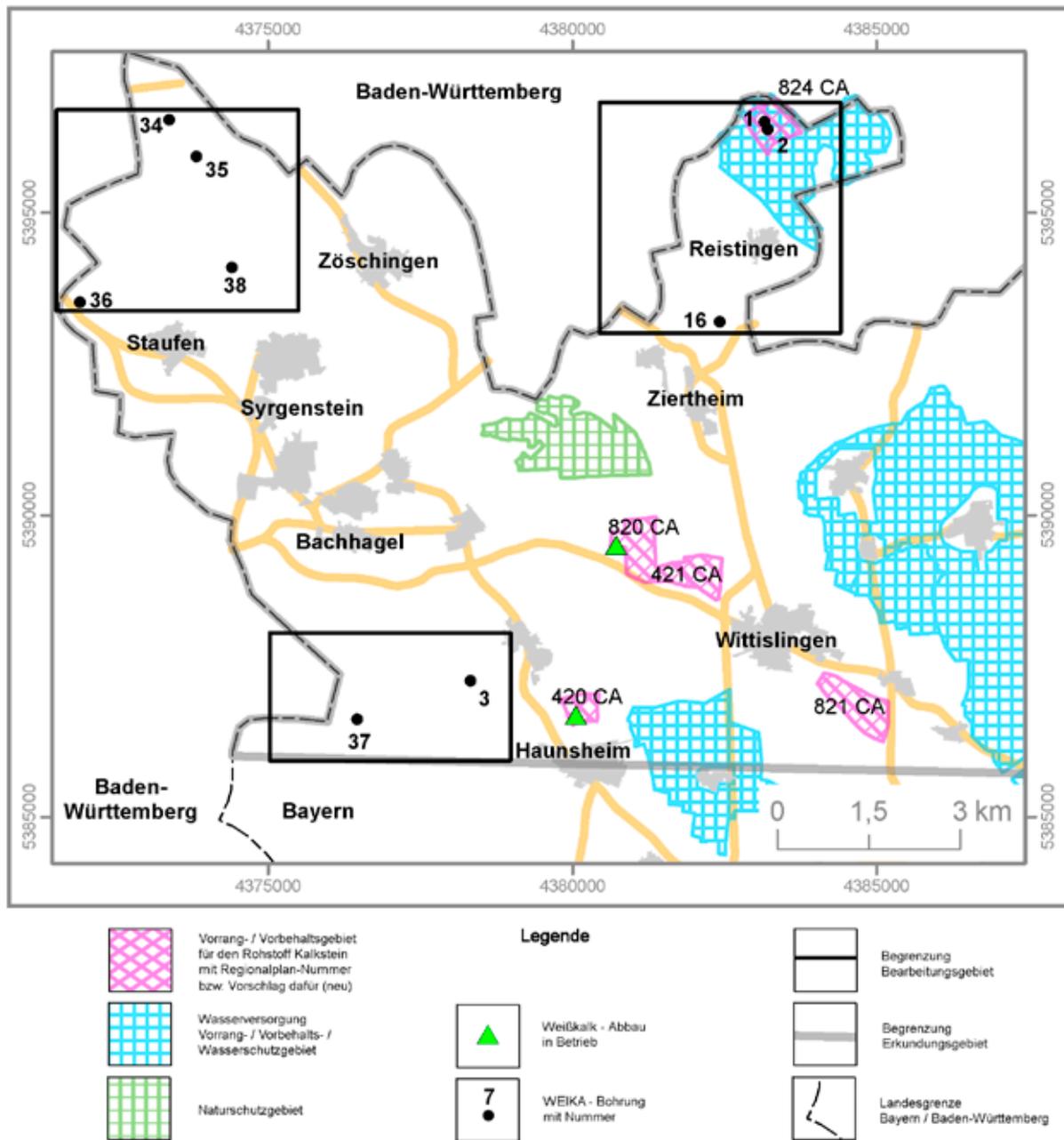


Abb. 4-1: Karte Erkundungsgebiet 1, Haunsheim – Ziertheim

allerdings von einem wasserwirtschaftlichen Vorbehaltsgebiet überlagert, das aber bei Einhaltung aller Abbau-Auflagen eine Kalkstein-Gewinnung zulässt (vgl. Abb. 4-1). Eingehende Informationen zu den Bohrungen WEIKA 1 und 2 sind untenstehend dargestellt (vgl. auch Abb. 4-5 und Abb. 4-6).

In der Nähe von Wittislingen und Ziertheim befinden sich Kalkstein-abbauende Betriebe (Abb. 4-1). Nördlich Ziertheim bzw. südlich Reistingen ergab die Bohrung WEIKA 16 im kartierten Massenkalk eine Überdeckung des Kalkes mit ca. 26 m Riestrümmernmassen, was derzeit einem ökonomisch sinnvollen Abbau entgegen steht. Weitere im Regionalplan verzeichnete Vorranggebiete für Kalksteinabbau sind 421 CA, 820 CA und 821 CA (vgl. Abb. 4-1). Diese Gebiete sichern Kalksteine, die für die Herstellung von Mauerputzen geeignet sind. Ein Bankkalkvorkommen, in dem Kalkschotter produziert wird, liegt am südlichen Rand des Naturschutzgebietes zwischen Oberbechingen und Ziertheim.

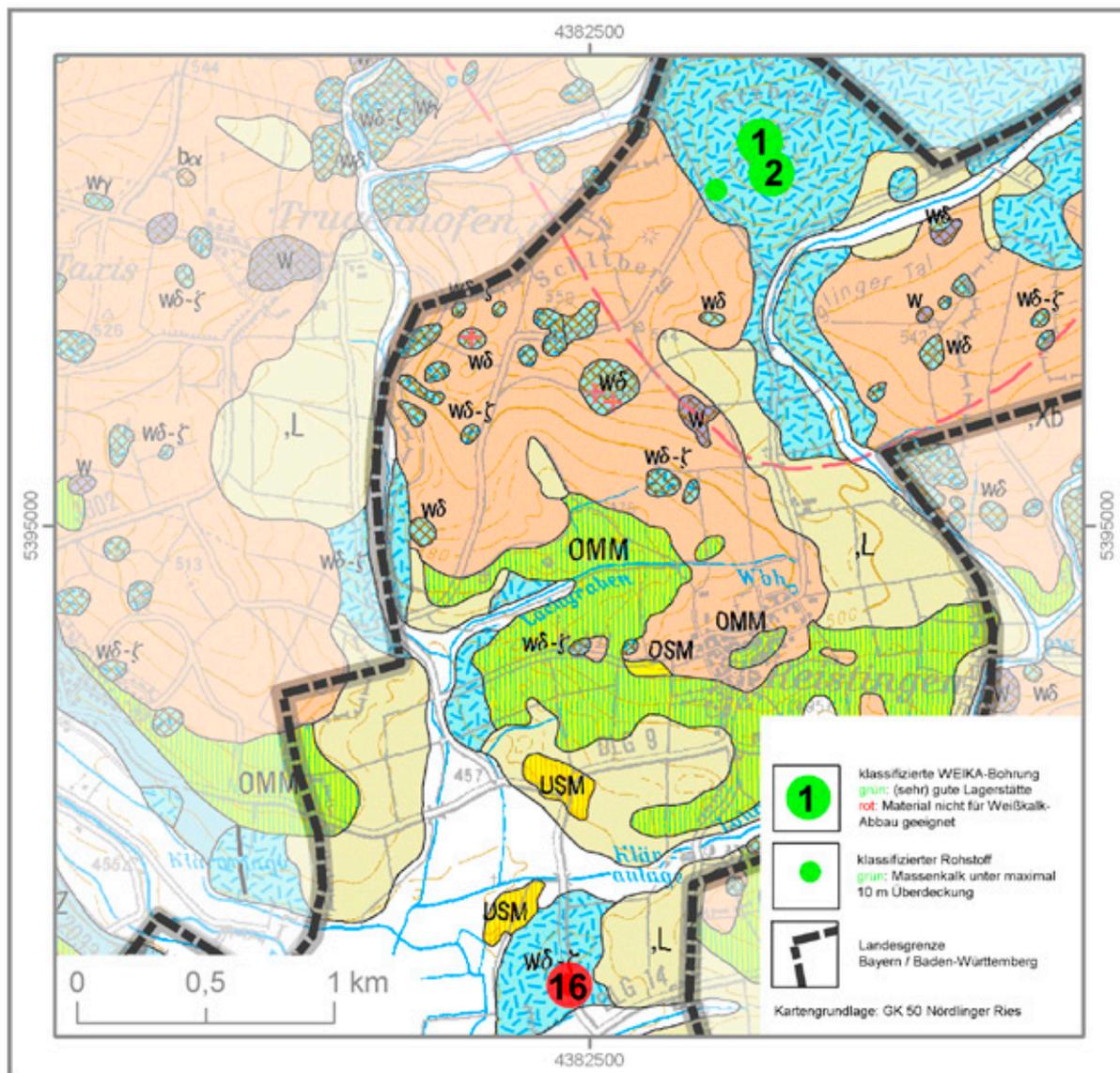


Abb. 4-2: Teilgebiet, WEIKA 1, 2 und 16

In dem nördlich von Haunsheim ausgewiesenen Vorranggebiet für Kalksteinabbau im Malm Epsilon – Massenkalk (420 CA) liegt der derzeit einzig betriebene Steinbruch, in dem echter Weißkalk abgebaut wird. Nordwestlich dieses Steinbruchs bei Haunsheim erbrachte die Bohrung WEIKA 3 Schichtfazies (Zementmergelfazies), das vermutete Riff setzt sich somit nicht westwärts fort (vgl. Abb. 4-3). Im Jahr 2006 erbrachte auch die Bohrung WEIKA 37 bei Viehhof Kalkstein in Schichtfazies. In der weiteren Umgebung ist kein weiterer Massenkalk zu erwarten. Im Jahr 2006 erbrachten die Bohrungen WEIKA 34, 35, 36, 38 bei Zöschingen (Abb. 4-4) durchgehend helle Kalksteine zu Tage. Erst die Analysen zeigten einen zu hohen SiO_2 -Gehalt, es handelt sich hierbei auch um Kalke in Schichtfazies. Dieser Bereich ist deshalb auch für den Abbau von hochreinem Weißkalk ungeeignet.

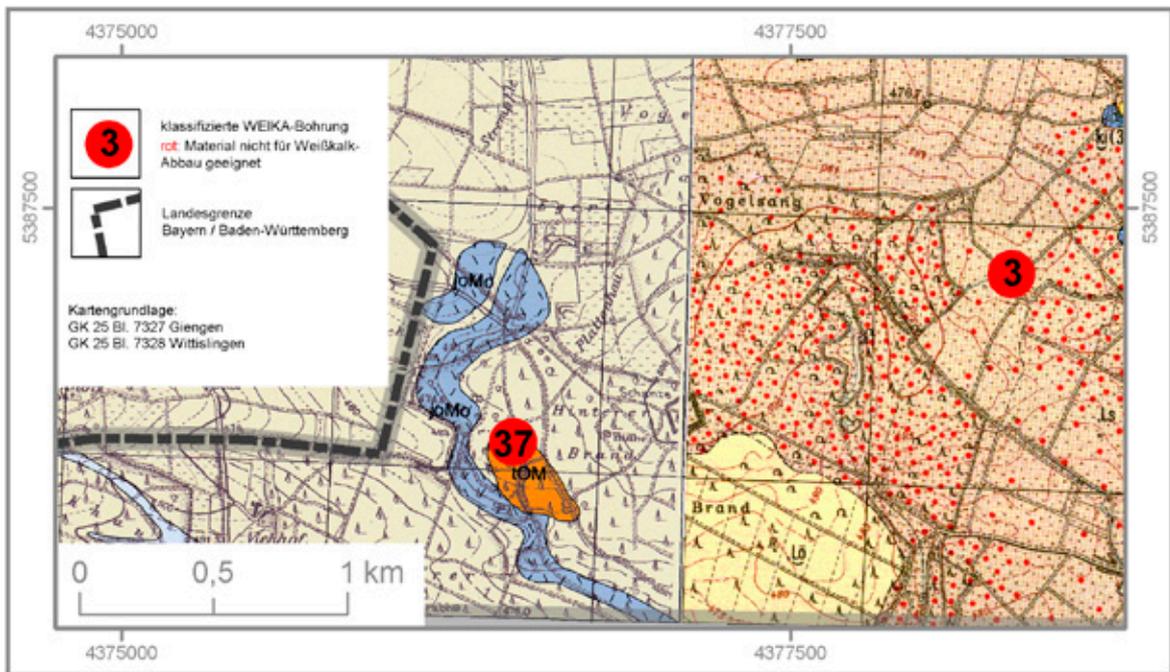


Abb. 4-3: Teilgebiet, WEIKA 3 und 37

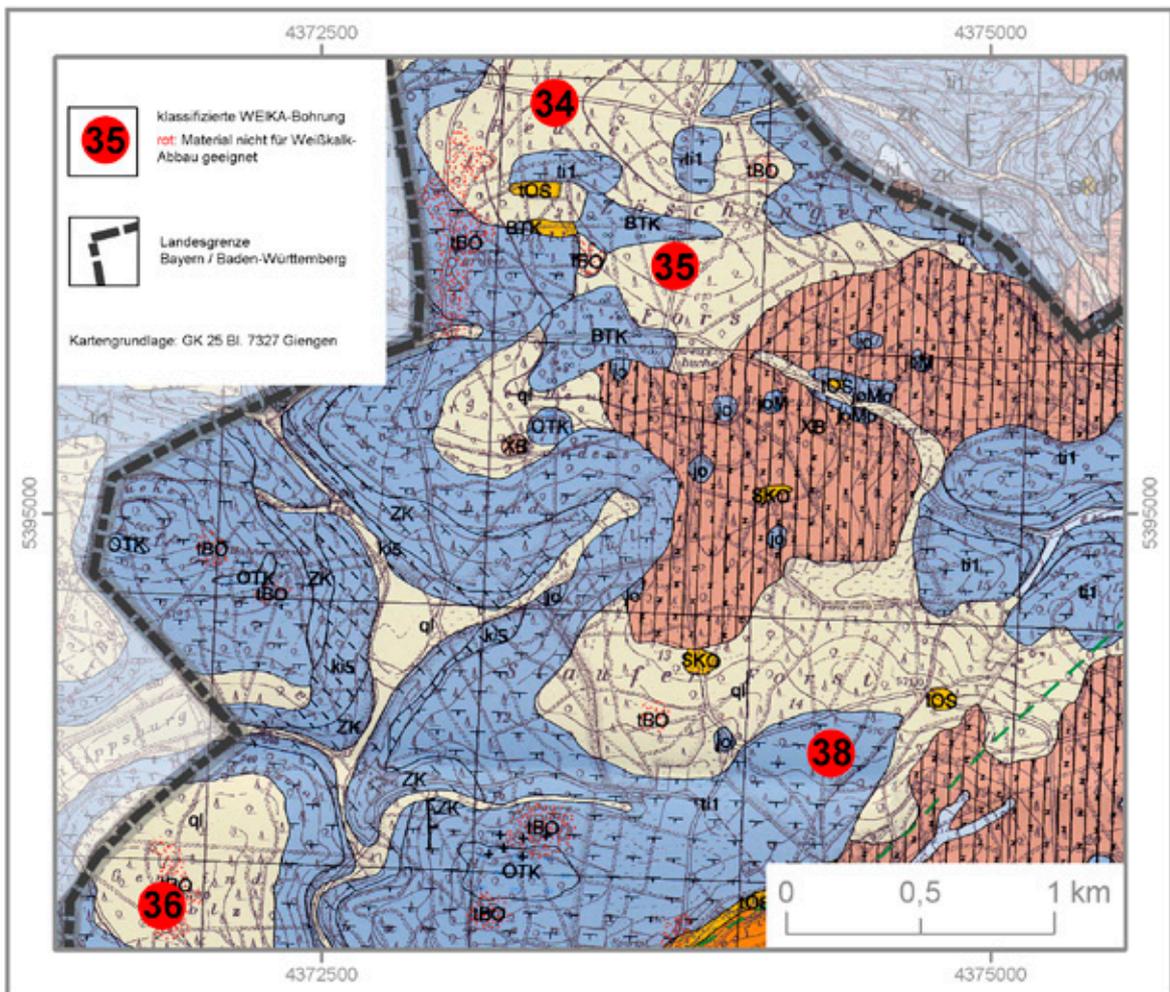


Abb. 4-4: Teilgebiet, WEIKA 34, 35, 36 und 38

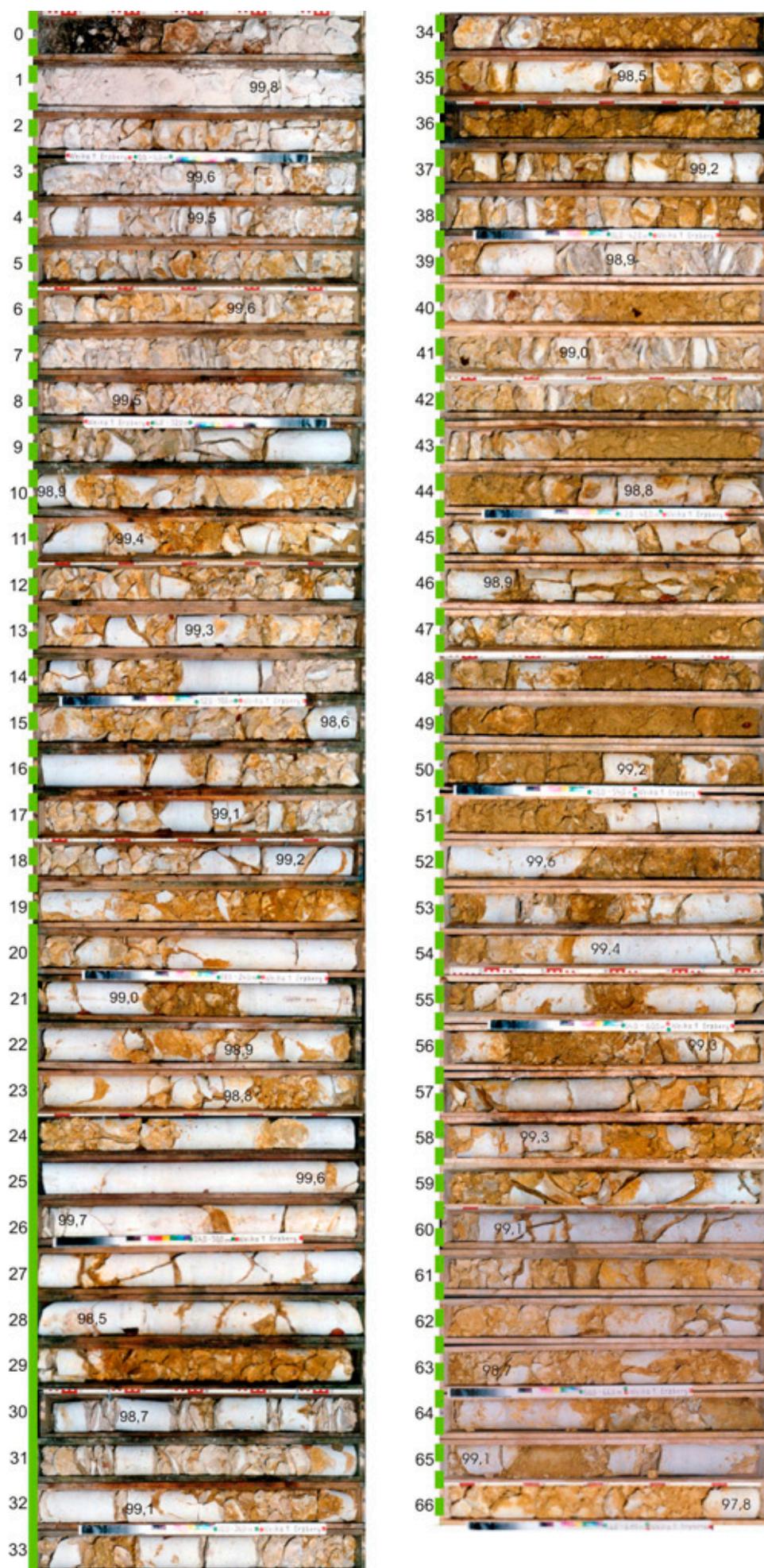


Abb. 4-5: Bohrkern WEIKA 1 (die Zahlen auf den Bohrkernen geben den Calcitgehalt an den entsprechenden Stellen wieder)



Abb. 4-6: Bohrkern WEIKA 2

Nachfolgend sind die Anschliffe ausgewählter Proben der Bohrungen WEIKA 1 und 2 dargestellt, ergänzt mit dem entsprechenden CaCO_3 -Gehalt und ggf. dem L^*a^*b -Wert. Der Anschliff des Kalksteins WEIKA 1 vom Erzberg (Abb. 4-7) entspricht dem typischen Malm Epsilon – Massenkalk aus Haunsheim, der ungebrannt als „Papierkalk-Slurry“ verarbeitet werden kann (vgl. Kap. 6). Gegenüber den Kalksteinen der Bohrung WEIKA 1 weisen diejenigen der WEIKA 2 deutliche Einlagerungen von Eisen- und Manganoxiden auf (Abb. 4-8), die ab 39 m drastisch zunehmen (Abb. 4-9).

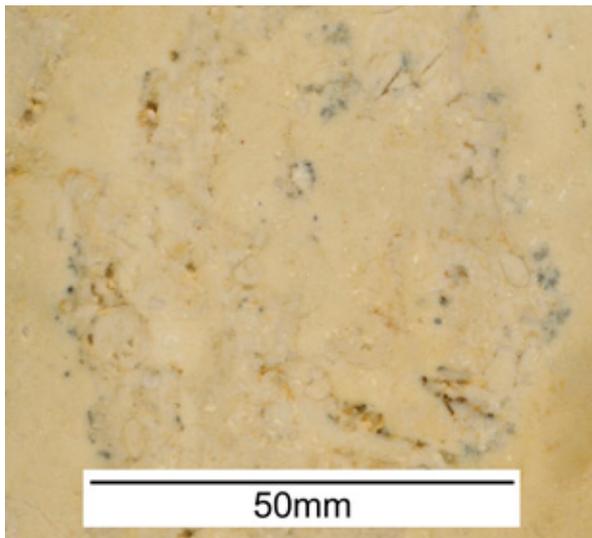


Abb. 4-7: Anschliff WEIKA 1, 16,4 m Teufe,
CaCO₃-Gehalt: ca. 99 %;
L*: ca. 94,5; a*: ca. 0,8; b*: ca. 4,5

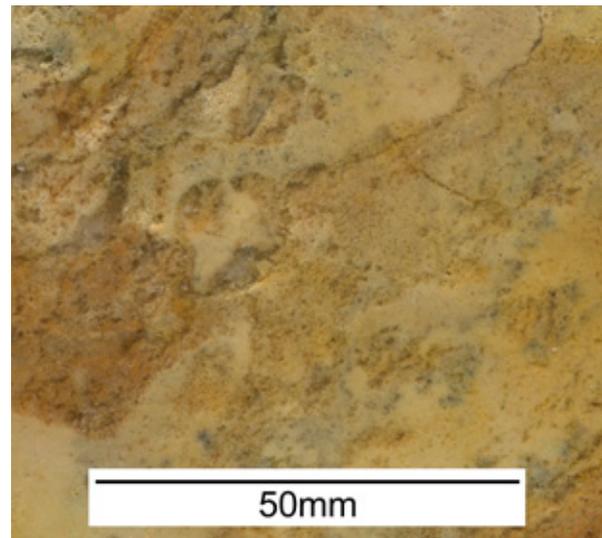


Abb. 4-8: Anschliff WEIKA 2, 16,9 m Teufe,
CaCO₃-Gehalt: ca. 98,8 %;
L*: ca. 93,9; a*: ca. 0,8; b*: ca. 6,2

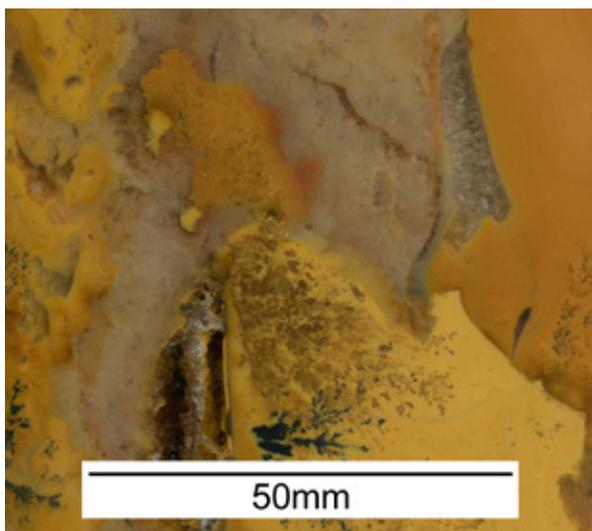


Abb. 4-9: Anschliff WEIKA 2, 39,2 m Teufe,
CaCO₃-Gehalt: ca. 99 %

In den folgenden Abbildungen (Abb. 4-10 bis Abb. 4-17) wird der typische Malm Epsilon-Massenkalk aus der Bohrung WEIKA 1 im Dünnschliff (in ca. 50-facher Vergrößerung) in sämtlichen Varietäten gezeigt. Die beiden nachfolgenden Dünnschliff-Fotos charakterisieren den Kalkstein der Bohrung WEIKA 2. Wie bei den Anschliffen wird hier auch auf den jeweiligen CaCO₃-Gehalt und ggf. den L*a*b-Wert eingegangen. Die CaCO₃-Gehalte und auch die Helligkeitswerte L* liegen bei allen Proben im Bereich für geeigneten Weißkalk für die Papierherstellung.

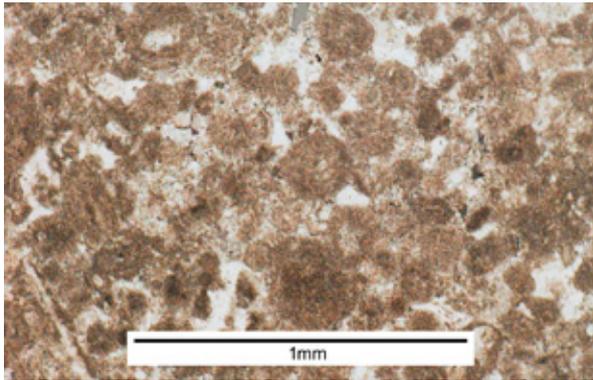


Abb. 4-10: WEIKA 1, 16,4 m Teufe,
CaCO₃-Gehalt: ca. 99 %;
L*: ca. 94,5; a*: ca. 0,8; b*: ca. 4,5;
Ooid- / Peloid-Kalkstein

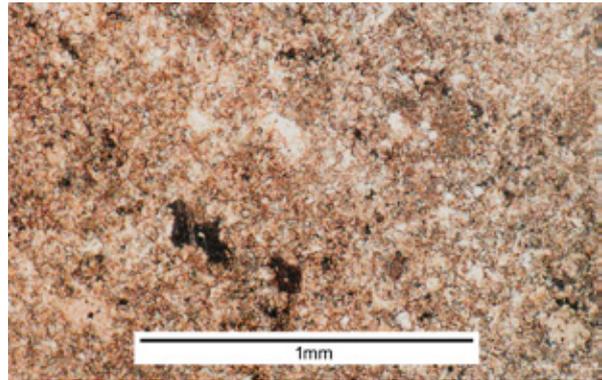


Abb. 4-11: WEIKA 1, 27,5 m Teufe,
CaCO₃-Gehalt: ca. 99 %;
L*: ca. 95; a*: ca. 0,6; b*: ca. 4,9;
Rekristallisierter feinkörniger Calcit

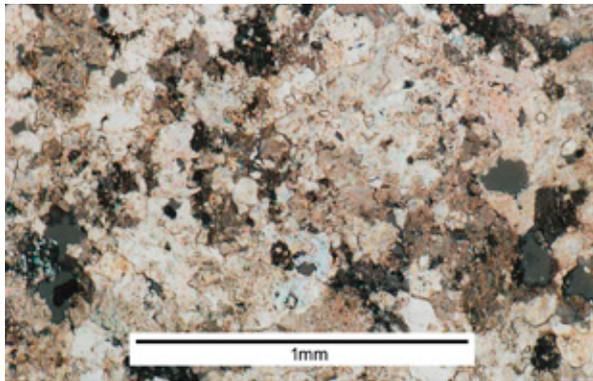


Abb. 4-12: WEIKA 1, 33,5 m Teufe,
CaCO₃-Gehalt: ca. 99 %;
L*: ca. 95,2; a*: ca. 0,8; b*: ca. 5,3;
Sparit / Rekristallisierter Calcit

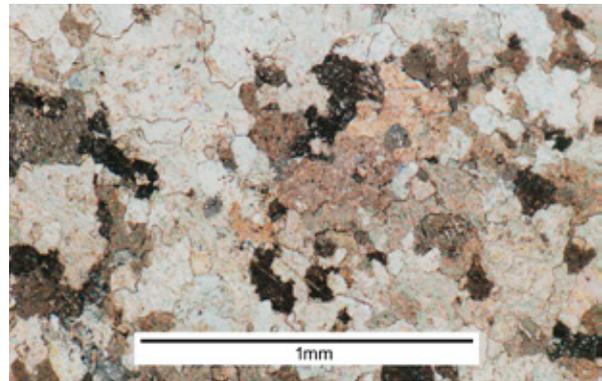


Abb. 4-13: WEIKA 1, 45,5 m Teufe,
CaCO₃-Gehalt: ca. 98,5 %;
L*: ca. 95; a*: ca. 0,8; b*: ca. 6,1;
Sparit

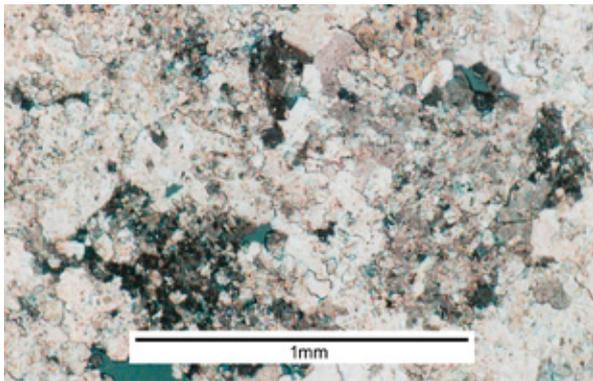


Abb. 4-14: WEIKA 1, 52,2 m Teufe,
CaCO₃-Gehalt: ca. 99 %;
L*: ca. 93; a*: ca. 1; b*: ca. 7,3;
Rekristallisierter Calcit

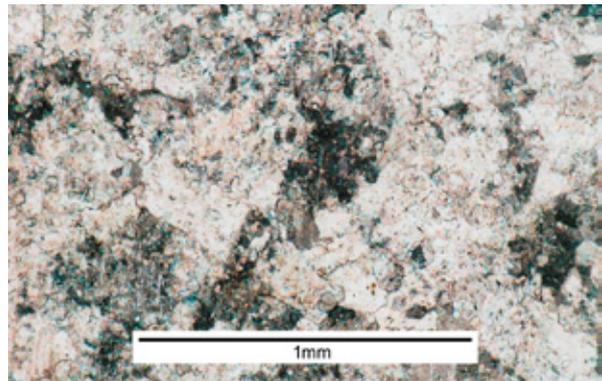


Abb. 4-15: WEIKA 1, 65,7 m Teufe,
CaCO₃-Gehalt: ca. 98,5 %;
L*: ca. 95; a*: ca. 0,9; b*: ca. 6,9;
Rekristallisierter Calcit

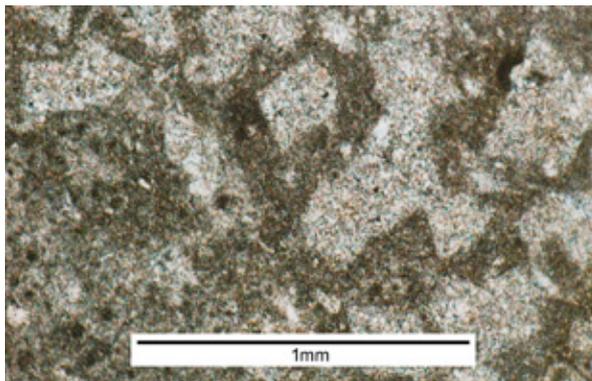


Abb. 4-16: WEIKA 2, 6,4 m Teufe,
CaCO₃-Gehalt: ca. 98,8 %;
L*: ca. 96; a*: ca. 0,4; b*: ca. 3,6

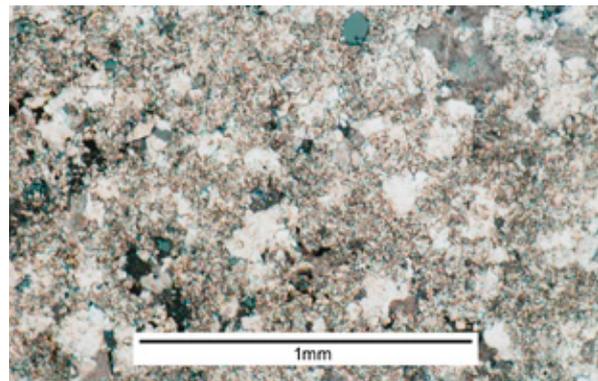


Abb. 4-17: WEIKA 2, 16,9 m Teufe,
CaCO₃-Gehalt: ca. 98,8 %;
L*: ca. 93,9; a*: ca. 0,8; b*: ca. 6,1

Die Bohrungen WEIKA 1 und 2 liegen räumlich nahe zusammen. Auf den Bohrkernfotos kann man bei beiden Bohrungen überwiegend Massenkalk, bereichsweise mit „Lochfelsfazies“, erkennen. Große Bereiche sind sehr stark verkarstet. Die Analysen der Kalkstein-Bereiche ergaben meist sehr gute Werte (> 98,5 % CaCO₃), also hochreinen Massenkalk. Im Jahr 2006 wurden dort im Bereich der Bohrungen WEIKA 1 und 2 von einer Firma 15 weitere Sondierungsbohrungen abgeteuft. Die Reinheit des Kalkes erwies sich wie auch bei den beiden Großbohrungen als sehr gut, durch die starke Verkarstung des Untergrundes ist aber ein selektiver Abbau vonnöten, ähnlich wie im Steinbruch Haunsheim (vgl. Abb. 2-1). Ein Abbau soll an dieser Stelle in nächster Zeit in Angriff genommen werden, der Flächennutzungsplan wurde dahingehend geändert.

Die anstehende verwertbare Kalkstein-Kubatur beträgt auf bayerischer Seite (grobe Abschätzung):

- ca. 6 Mio. Kubikmeter (bei Abbau bis 580 m NN),
- ca. 9 Mio. Kubikmeter (bei Abbau bis 570 m NN) und
- ca. 12 Mio. Kubikmeter (bei Abbau bis 560 m NN).

Die gewinnbaren Mengen auf baden-württembergischer Seite sind wie folgt:

- ca. 5 Mio. Kubikmeter (bei Abbau bis 580 m NN),
- ca. 9 Mio. Kubikmeter (bei Abbau bis 570 m NN) und
- ca. 13 Mio. Kubikmeter (bei Abbau bis 560 m NN).

4.2 Erkundungsgebiet 2, Forheim - Mönchsdeggingen

An der Grenze zu Baden-Württemberg wurde südwestlich von Ederheim an einer in der geologischen Karte als Massenkalk gekennzeichneten Stelle nach positiver Vorerkundung (10 Proben mit hochreinem Kalkstein) die Bohrung WEIKA 26 abgeteuft (Abb. 4-19). In der Bohrung zeigte sich jedoch, dass hier durchgehend Schichtfazies ansteht. Die Bohrung enthält zwar dicke Bänke mit gutem Material, aber auch viele mergelige Lagen, die durch ihren hohen Silicium-Gehalt für die Papierindustrie völlig unbrauchbar sind.

Ein aufwändiger selektiver Abbau der reinen Partien wäre hier nicht rentabel. Südöstlich davon liegen kartierte Flächen, die mehr Weißkalk vermuten lassen. Wegen ihrer Lage in einem umzäunten Wildgehege wurden sie von der Erkundung ausgenommen. Zudem findet man in dem Gebiet einige Höhlen, die auf starke Verkarstung schließen lassen.

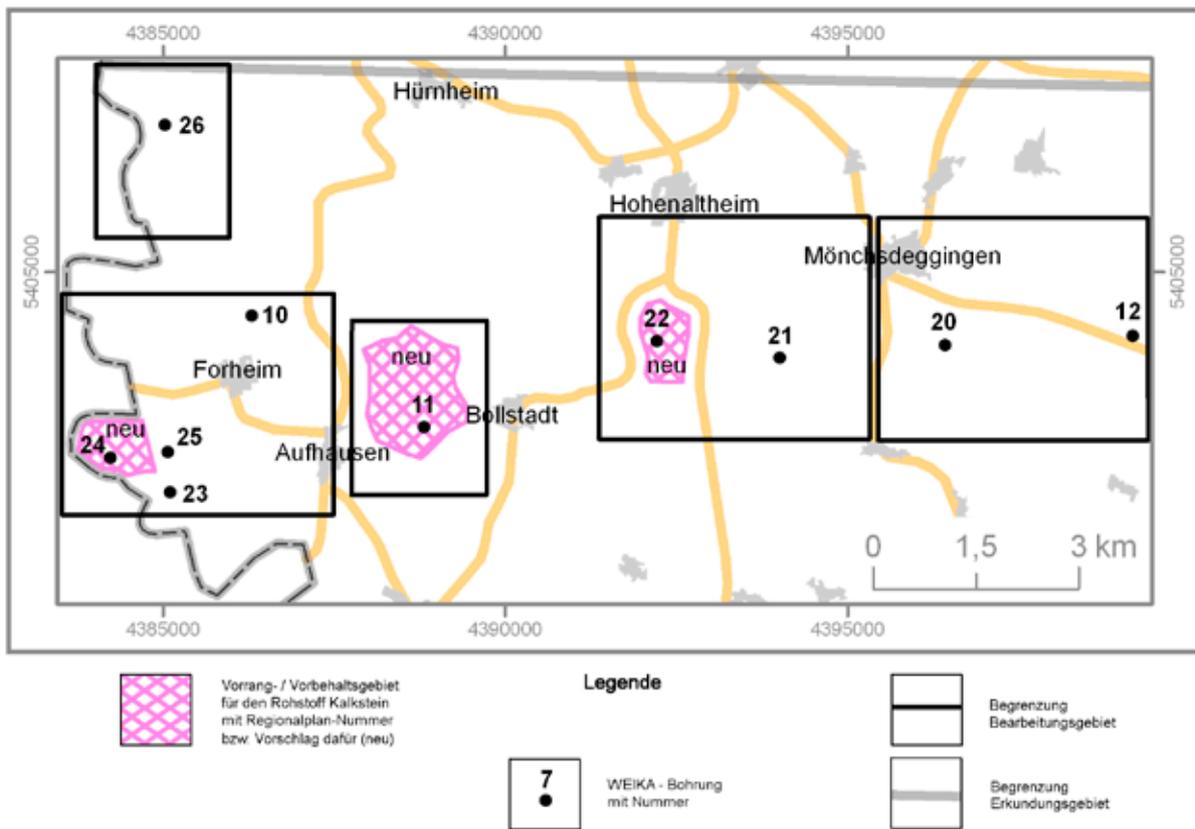


Abb. 4-18: Karte Erkundungsgebiet 2, Forheim - Mönchsdeggingen

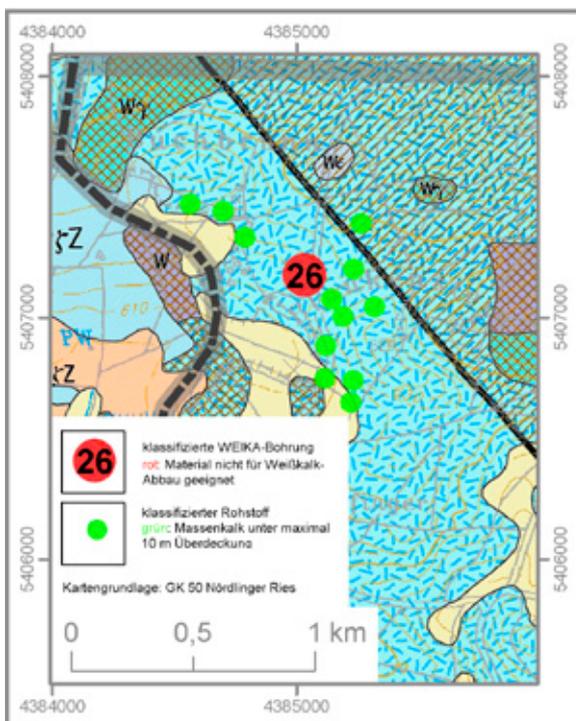


Abb. 4-19: Teilgebiet, WEIKA 26

Der Bohrpunkt der Bohrung WEIKA 24 (Abb. 4-20) liegt auf einer ebenen Fläche, ein künftiger Gesteins-Abbau wäre auf bayerischem Gebiet generell in Richtung Osten möglich. Der Bereich könnte bei der nächsten Fortschreibung des Regionalplans von Seiten des Landesamts für Umwelt als Rohstoff-Vorrang- / Vorbehaltsgebiet vorgeschlagen werden. Nähere Informationen zu dieser Bohrung sind untenstehend zu finden. Die östlich folgenden Bohrungen WEIKA 23 und 25 erbrachten dagegen keinen verwertbaren Kalkstein (zu geringe Calcit-Gehalte). In der nördlich Forheim abgeteufte Bohrung WEIKA 10 wurde durchgehend dolomitischer Kalkstein angetroffen, der für die Herstellung von Papier absolut ungeeignet ist.

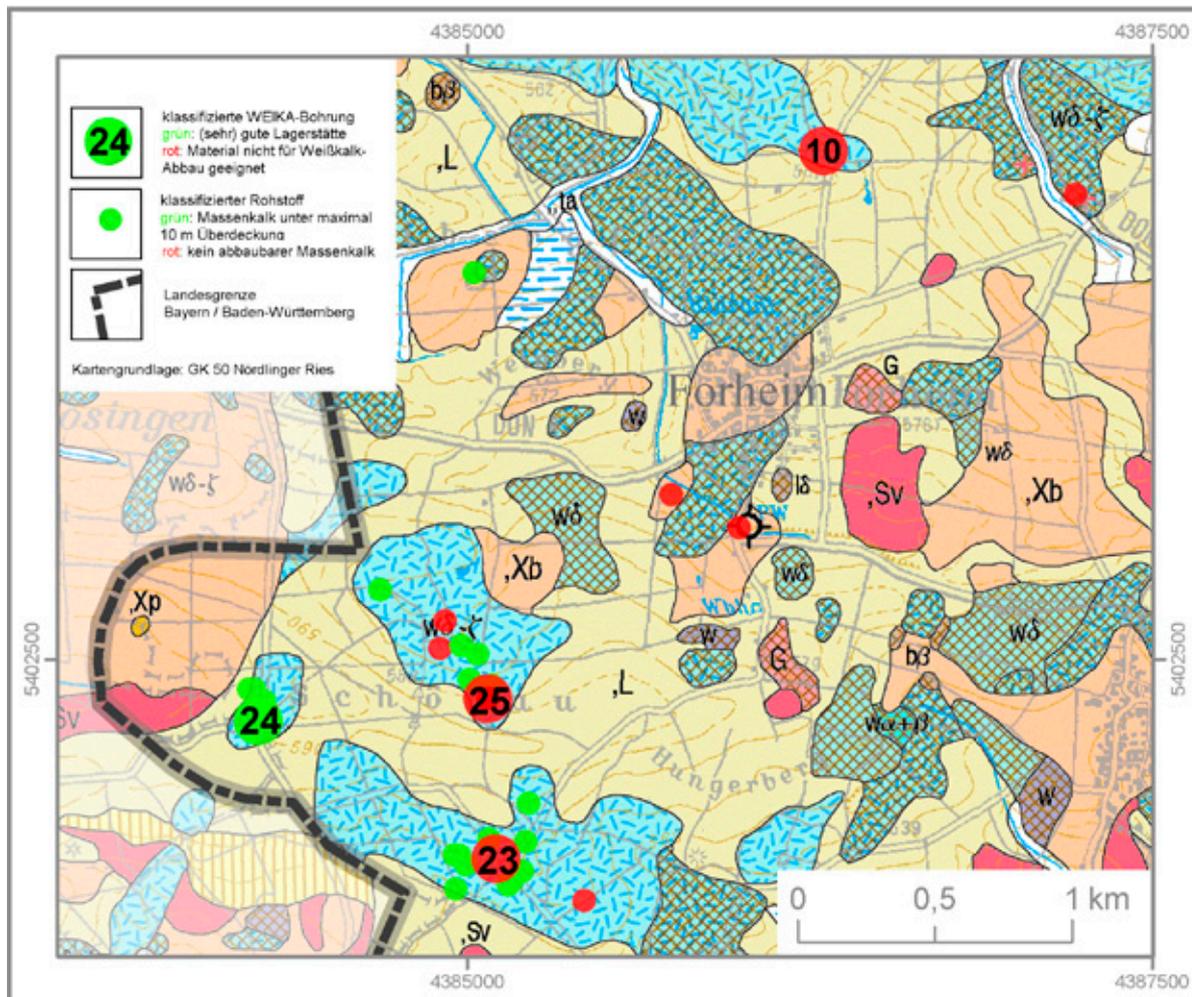


Abb. 4-20: Teilgebiet, WEIKA 10, 23, 24 und 25

Die fast 50 m tiefe Bohrung WEIKA 11 (Abb. 4-21 und Abb. 4-26) südwestlich Bollstadt besteht dagegen durchgehend aus hochreinem Weißkalk, der allerdings abschnittsweise stark verkarstet ist. Die ersten Meter enthalten zerbrochenen Kalkstein, bedingt durch das anfängliche Rammbohren, erst ab ca. 4 Metern wurde rotierend gebohrt. Der massige Kalk ist einige Male durch Karstfüllungen unterbrochen. Die Bohrung setzt bei ca. 560 m NN an und hat keine nennenswerte Überdeckung. Ein möglicher Abbaubereich liegt im Umkreis von ca. 500 m um den Bohrpunkt und erstreckt sich über ein leicht ansteigendes Areal von 520 bis 590 m NN. Dieses Vorkommen wäre trotz der Verkarstungsbereiche dennoch für den Regionalplan als Rohstoff-Vorrang- / Vorbehaltsgebiet vorschlagenswert.

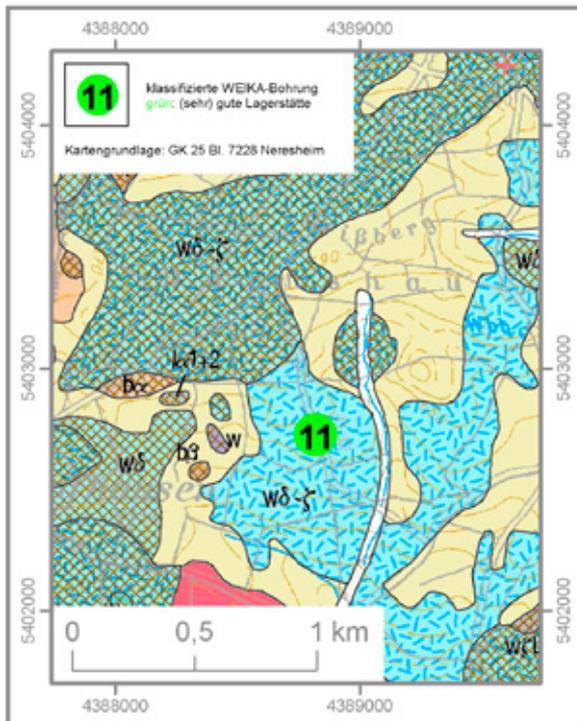


Abb. 4-21: Teilgebiet, WEIKA 11

Die im Bereich Mönchsdeggingen niedergebrachte Bohrung WEIKA 22 (Abb. 4-22, Abb. 4-27 und Abb. 4-28) ist mit 100 Metern Endteufe die tiefste Bohrung des WEIKA - Erkundungsprogramms. Es wurden 70 Meter hochreiner Weißkalk erbohrt. Bis zur Teufe von 27 m erbrachte die Bohrung durchgehend massive Kerne. Im Liegenden ist der Kalkstein teils zerbrochen und leicht verkarstet. Ab 70 m Teufe wird die weitere Nutzung durch Dolomit und dolomitischen Kalkstein begrenzt. Die Lagerstätte wäre für einen Abbau gut geeignet. Das Vorkommen böte sich auch als Vorrang- / Vorbehaltsgebiet für Kalksteinabbau an, zumal das Gebiet mit einem Durchmesser von ca. einem Kilometer von den Straßen DON 7 und St 2212 annähernd umschlossen wird und somit eine gute Verkehrsanbindung bietet. Die Bohrung setzt bei 565 m NN an, wobei vermutlich bis zum höchsten Bereich der Kuppe Kalkstein ohne Überdeckung ansteht. Ausgehend von einem gleichbleibenden homogenen Material könnte man bei einer möglichen Abbaufäche von ca. 1 Quadratkilometer etwa knapp 10 Millionen Kubikmeter (etwa 20 Millionen Tonnen) hochwertigen Kalkstein abbauen.

Das Material der in der Osthälfte des Untersuchungsgebietes liegenden Bohrungen WEIKA 21 ist aufgrund der niedrigen Calcitgehalte nicht für hochwertige Zwecke verwendbar.

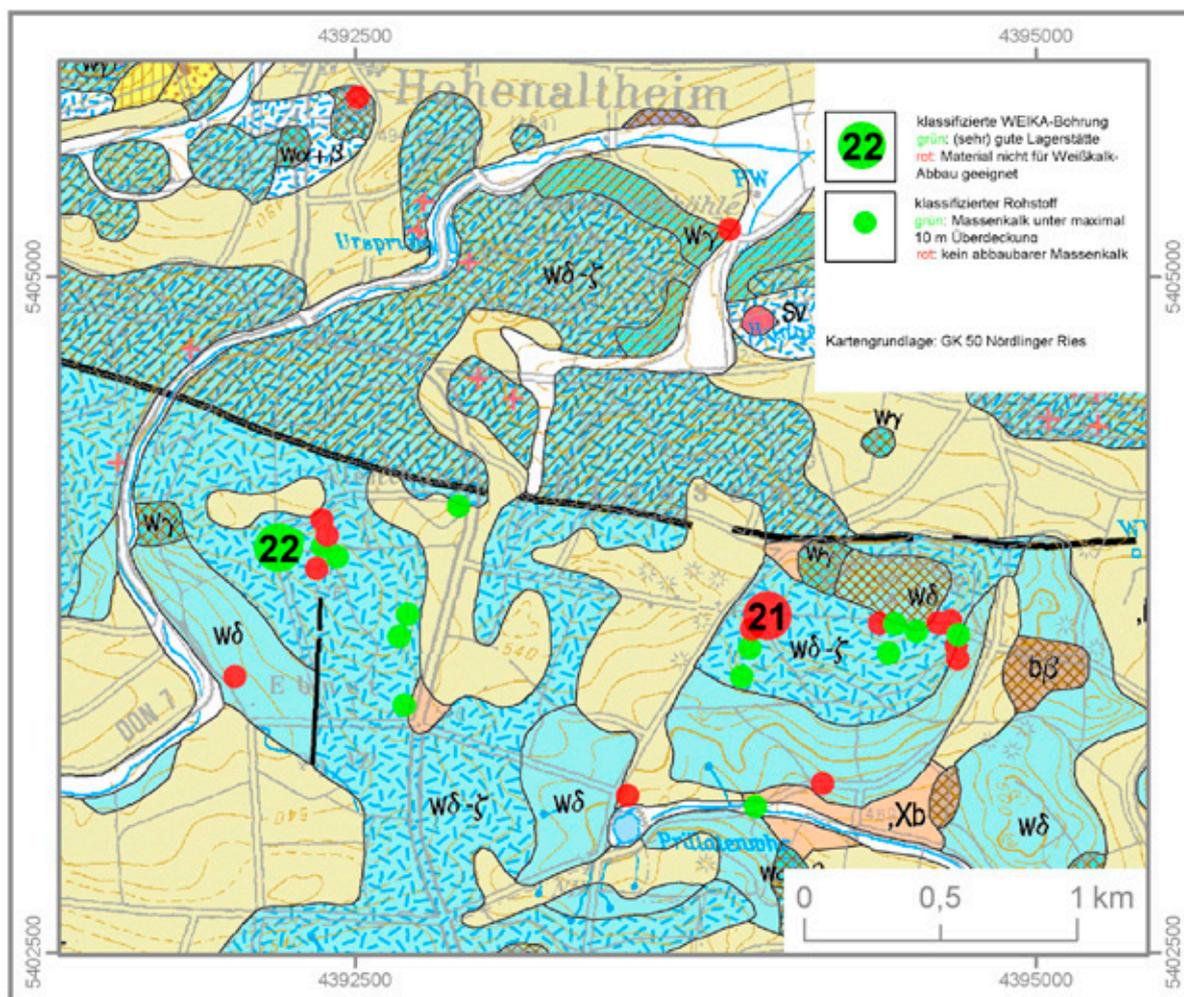


Abb. 4-22: Teilgebiet, WEIKA 21 und 22

Das Material der in der Osthälfte des Untersuchungsgebietes liegenden Bohrung WEIKA 20 ist aufgrund des niedrigen Calcit-Gehalts nicht für hochwertige Zwecke verwendbar. In der Bohrung WEIKA 12 wurde kein Weißkalk erbohrt, hier ist durchgehend Dolomit anstehend.

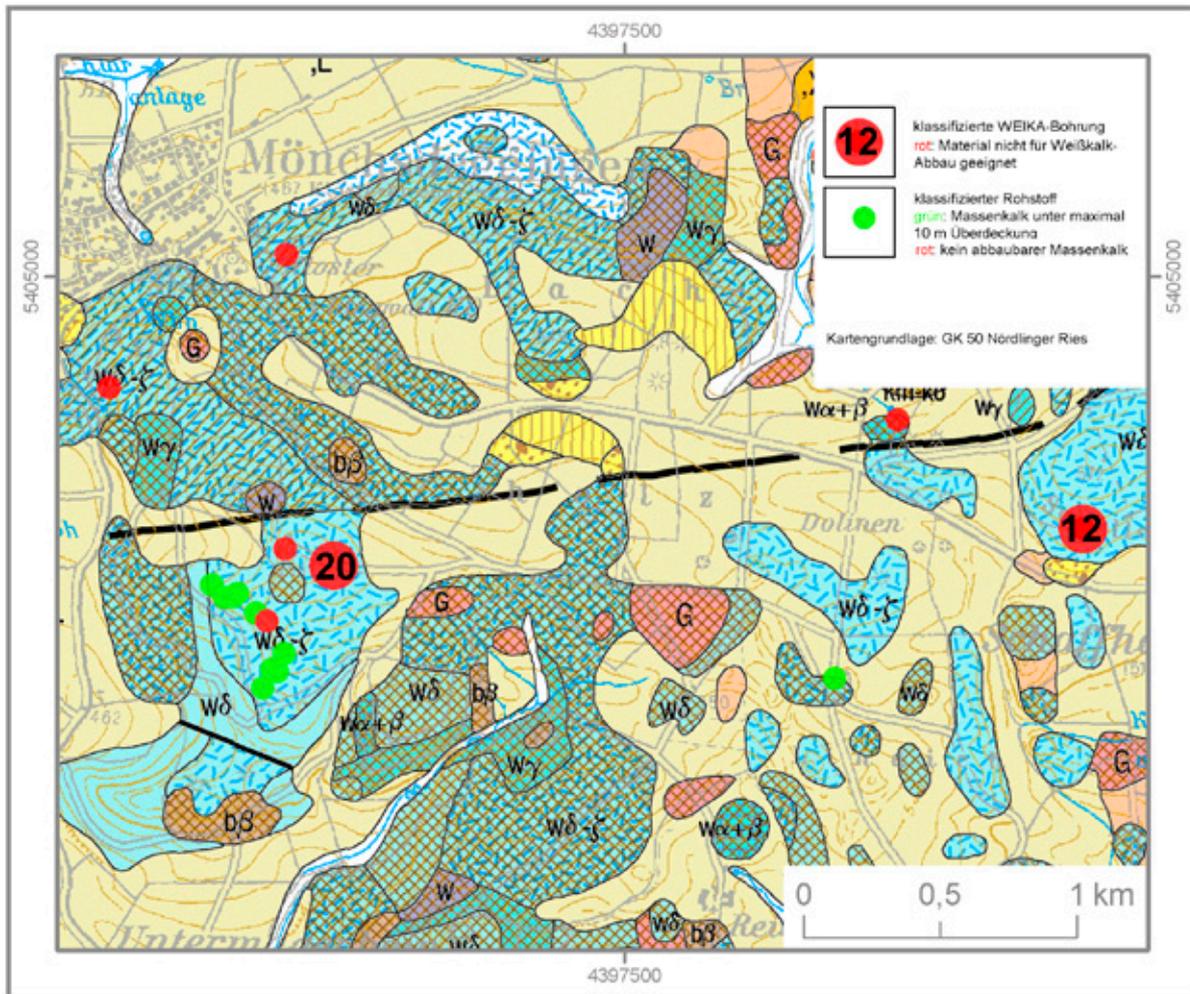


Abb. 4-23: Teilgebiet, WEIKA 12 und 20

Um zu zeigen, warum die Ergebnisse dieser Bohrkampagne so stark schwanken, soll an 6 Bohrungen dieses Untersuchungsgebiets beispielhaft gezeigt werden, was in der Geologischen Karte (GK50 Nördlinger Ries) auskartiert ist und was die Bohrungen ergaben. Für die Festlegung der Bohrpunkte im Bereich des südlichen Ries-Randes wurden Flächen mit geeignetem Massenkalk (Zitat aus der Kartenlegende zur GK50 Ries: Schwamm-Algen-Riff-Fazies der Mittleren Kimmeridge- bis Untertithon-Schichten, Malm Delta bis Zeta, meist massige Kalksteine, Massenkalk) ausgewählt. In Abb. 4-24 und Abb. 4-25 kann man erkennen, dass die erfolgten Bohrungen nur in 2 von 6 Fällen die Kartierung bestätigen konnten. 4 Flächen werden in der in Arbeit befindlichen Neuauflage der Ries-Karte anhand der Bohr-Ergebnisse überarbeitet erscheinen.

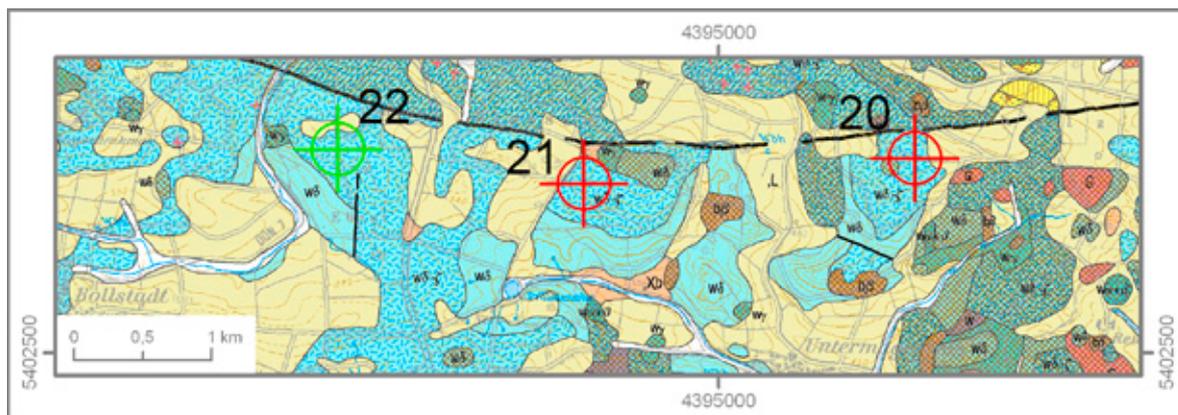


Abb. 4-24: Bohrpunktfestlegung WEIKA 20, 21 und 22

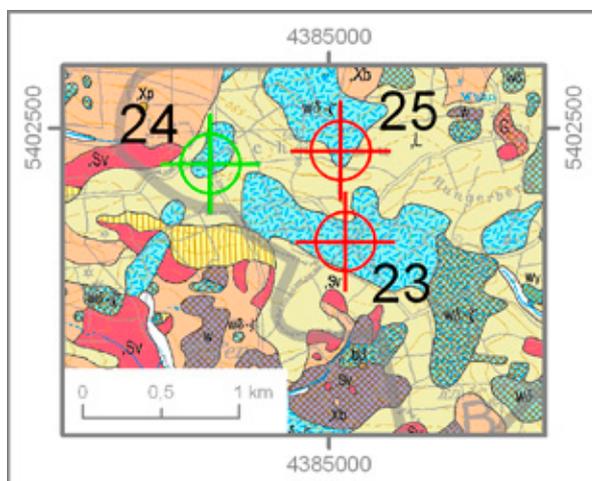


Abb. 4-25: Bohrpunktfestlegung WEIKA 23, 24 und 25

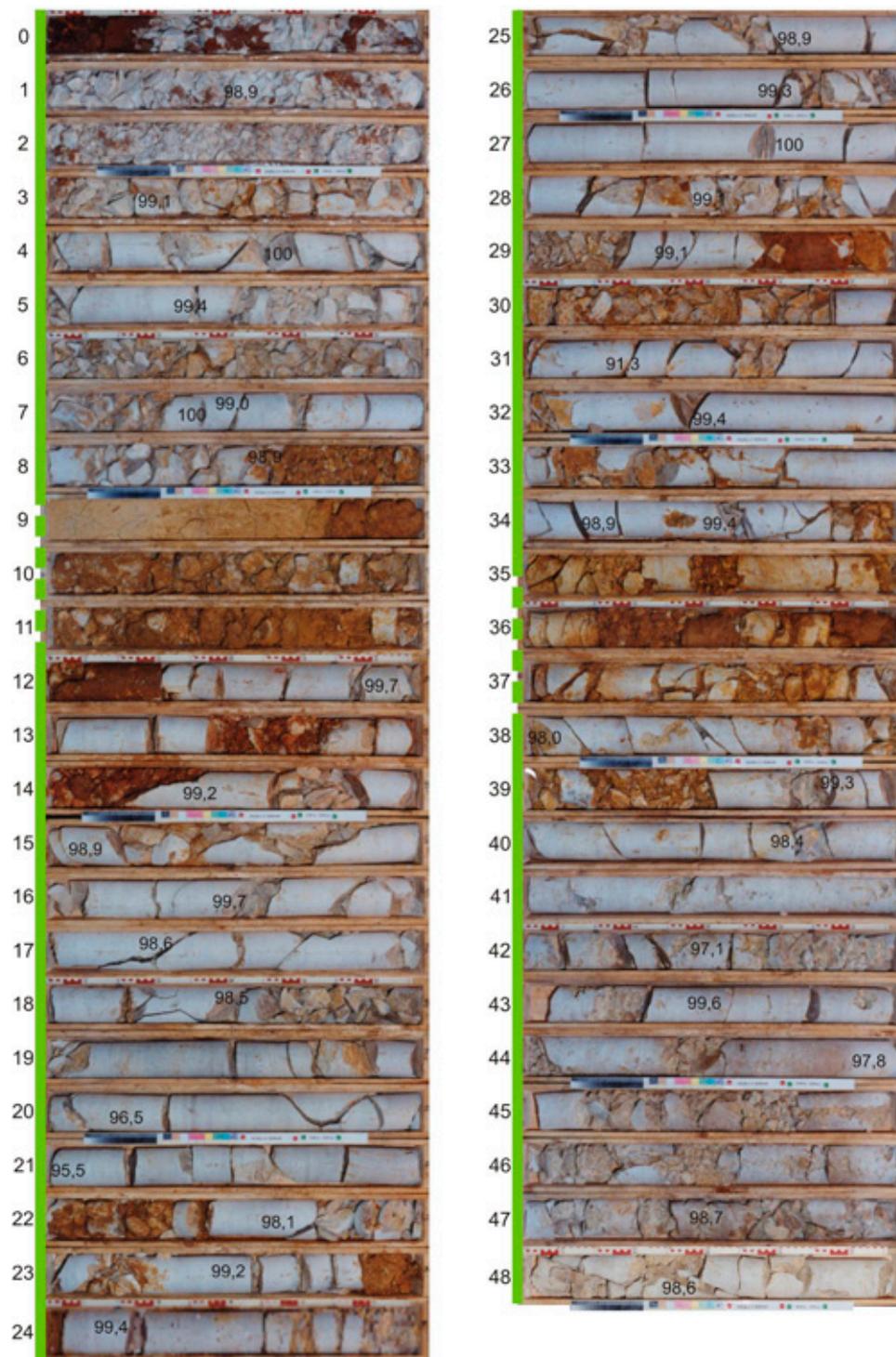


Abb. 4-26: Bohrkern WEIKA 11



Abb. 4-27: Bohrkern WEIKA 22, 0 bis 50 m

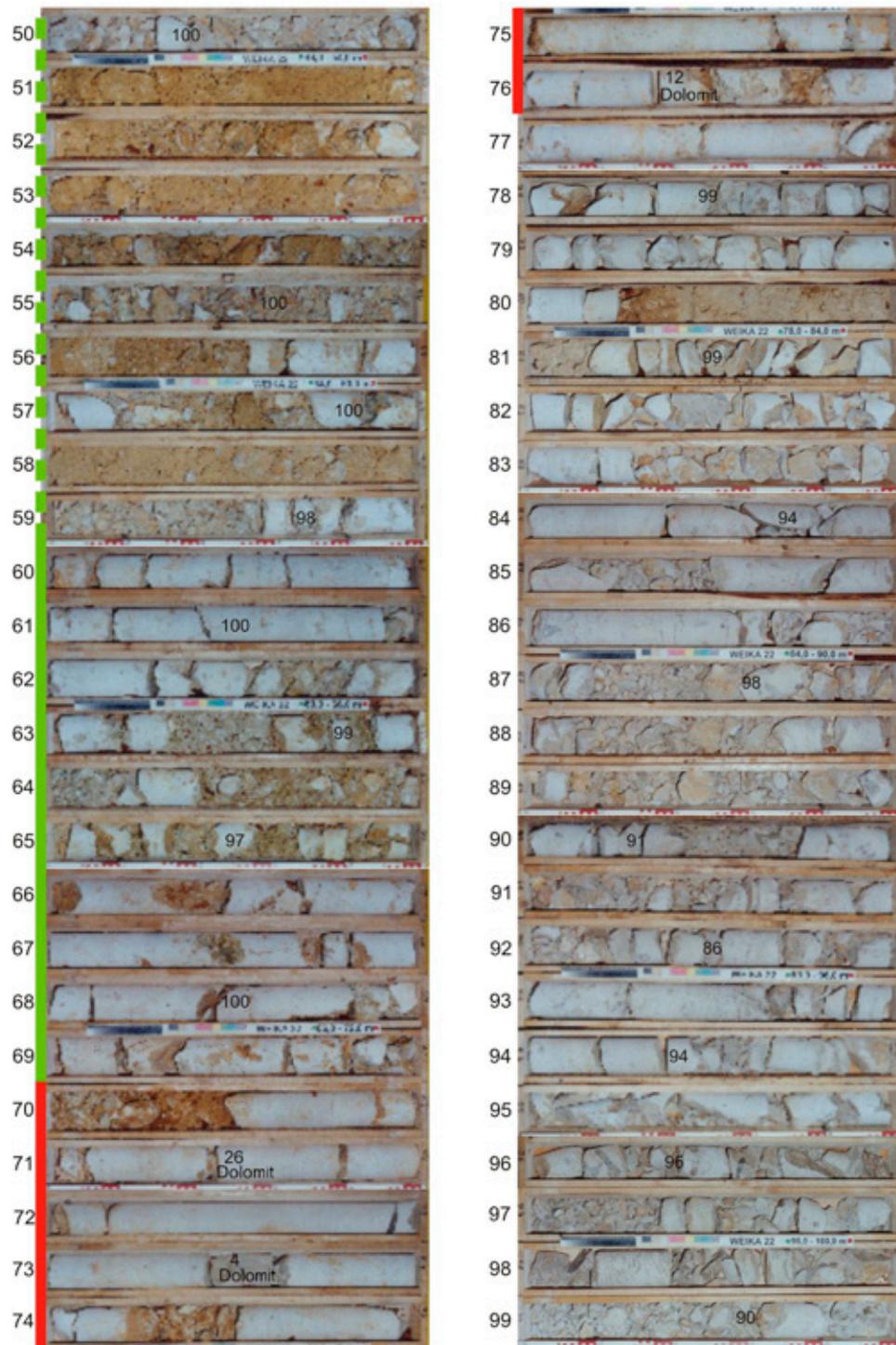


Abb. 4-28: Bohrkern WEIKA 22, 50 bis 100 m

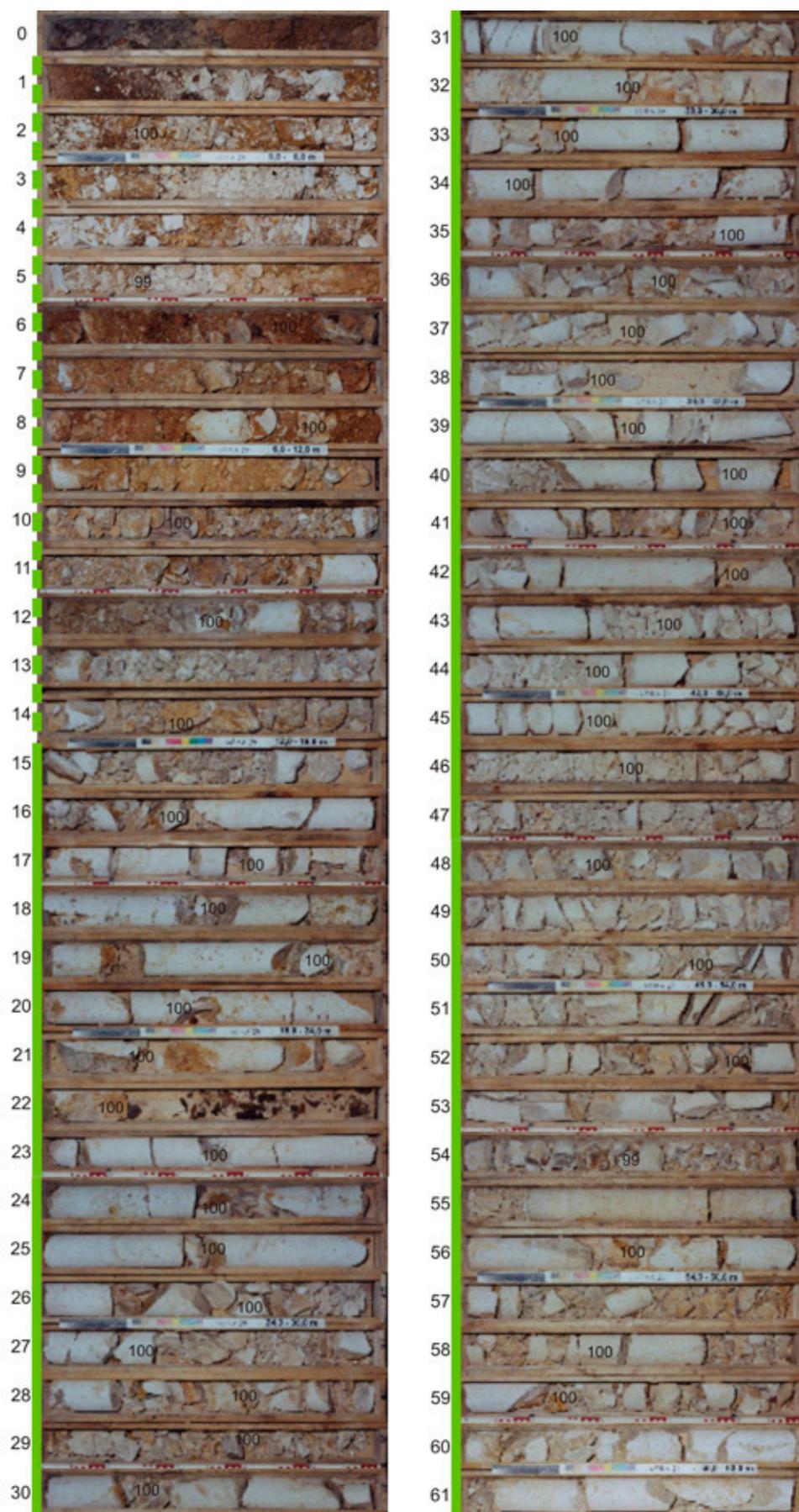


Abb. 4-29: Bohrkern WEIKA 24

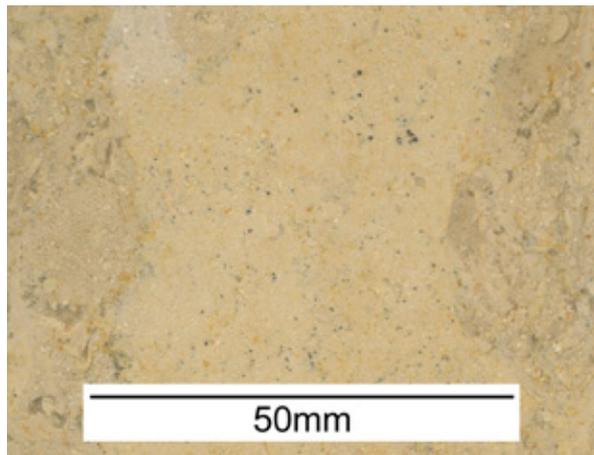


Abb. 4-30: Anschliff WEIKA 24, 45,5 m Teufe,
CaCO₃-Gehalt: ca. 100 %;
L*: ca. 93,5; a*: ca. 0,6; b*: ca. 6

In Abb. 4-30 erkennt man, dass der Kalkstein aus der Bohrung WEIKA 24 zwar feinkörniger als in WEIKA 1 (Abb. 4-7) ist, aber ein bisschen gelber und grauer, was sich auch in den L*a*b*-Werten widerspiegelt. Die folgenden Dünnschliffe zeigen unterschiedliche Ausführungen von Ooid- / Peloid-Kalksteinen aus der Bohrung WEIKA 24. Die CaCO₃-Gehalte und Helligkeitswerte L* sind alle im Bereich für hochreine Weißkalke.

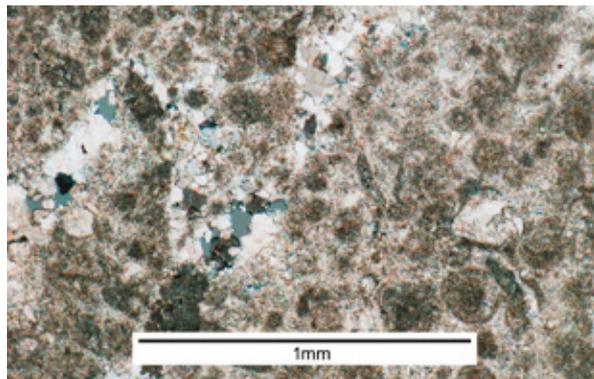


Abb. 4-31: WEIKA 24, 22,2 m Teufe,
CaCO₃-Gehalt: ca. 100 %;
L*: ca. 94,2; a*: ca. 0,8; b*: ca. 5,7

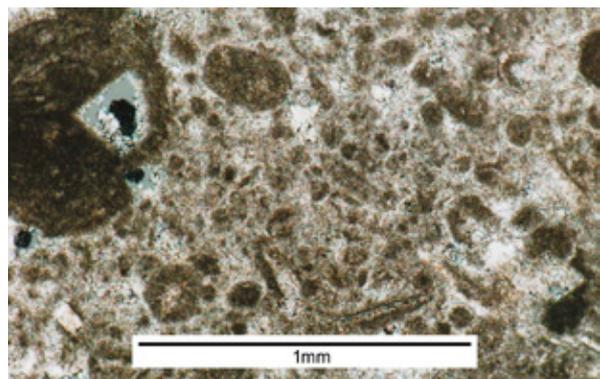


Abb. 4-32: WEIKA 24, 25,6 m Teufe,
CaCO₃-Gehalt: ca. 99,7 %;
L*: ca. 93,3; a*: ca. 1,3; b*: ca. 6,5

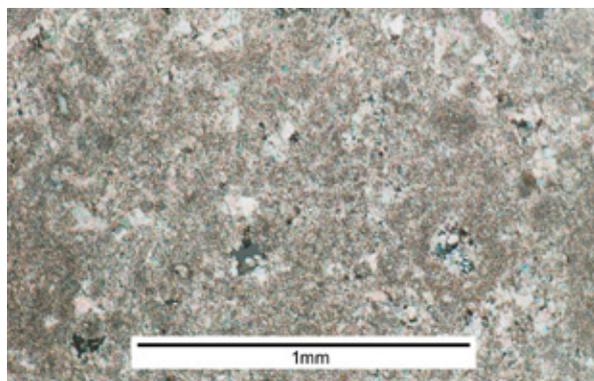


Abb. 4-33: WEIKA 24, 28,2 m Teufe,
CaCO₃-Gehalt: ca. 100 %;
L*: ca. 94,7; a*: ca. 0,6; b*: ca. 6,3

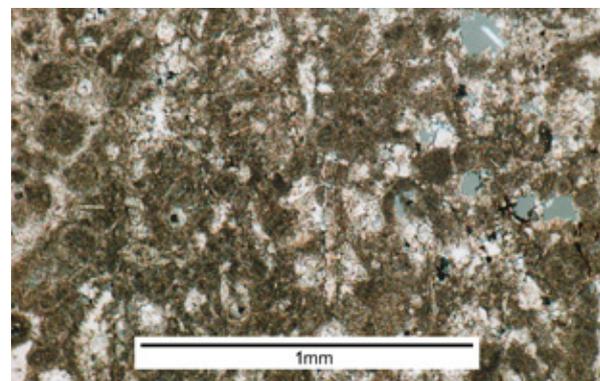


Abb. 4-34: WEIKA 24, 38,5 m Teufe,
CaCO₃-Gehalt: ca. 100 %;
L*: ca. 95,8; a*: ca. 0,4; b*: ca. 3,9

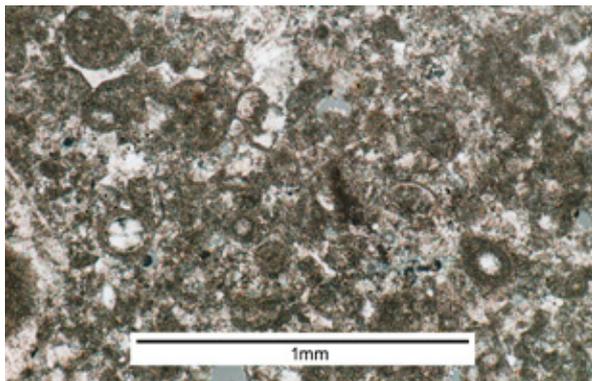


Abb. 4-35: WEIKA 24, 45,5 m Teufe,
CaCO₃-Gehalt: ca. 100 %;
L*: ca. 93,5; a*: ca. 0,6; b*: ca. 6

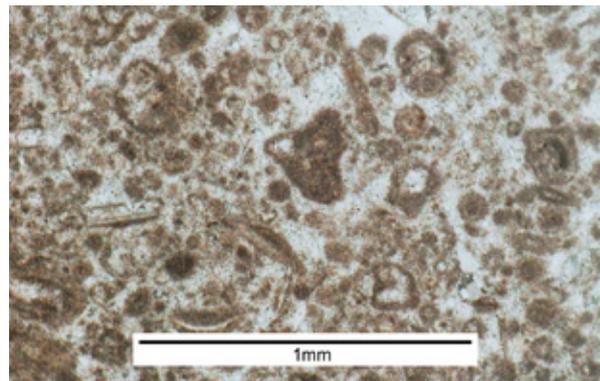


Abb. 4-36: WEIKA 24, 61,2 m Teufe,
CaCO₃-Gehalt: ca. 100 %;
L*: ca. 93,9; a*: ca. 0,6; b*: ca. 6,7

4.3 Erkundungsgebiet 3, Mündling - Sulzdorf

In diesem Untersuchungsgebiet wurden 4 Bohrungen niedergebracht. Im Untersuchungsgebiet liegen 2 Kalksteinbrüche, der weiter westlich liegende Steinbruch am Bräunlesberg ist in Abb. 4-38 zu sehen. Im Bereich südwestlich von Harburg wird in den Vorranggebieten 723 a CA und 320 a+b CA teilweise Kalkstein gewonnen, der als gebranntes Produkt an die Papierindustrie geliefert wird. Die weniger reinen Partien werden zusammen mit den Riestrümmernmassen zu Zement verarbeitet. Nördlich

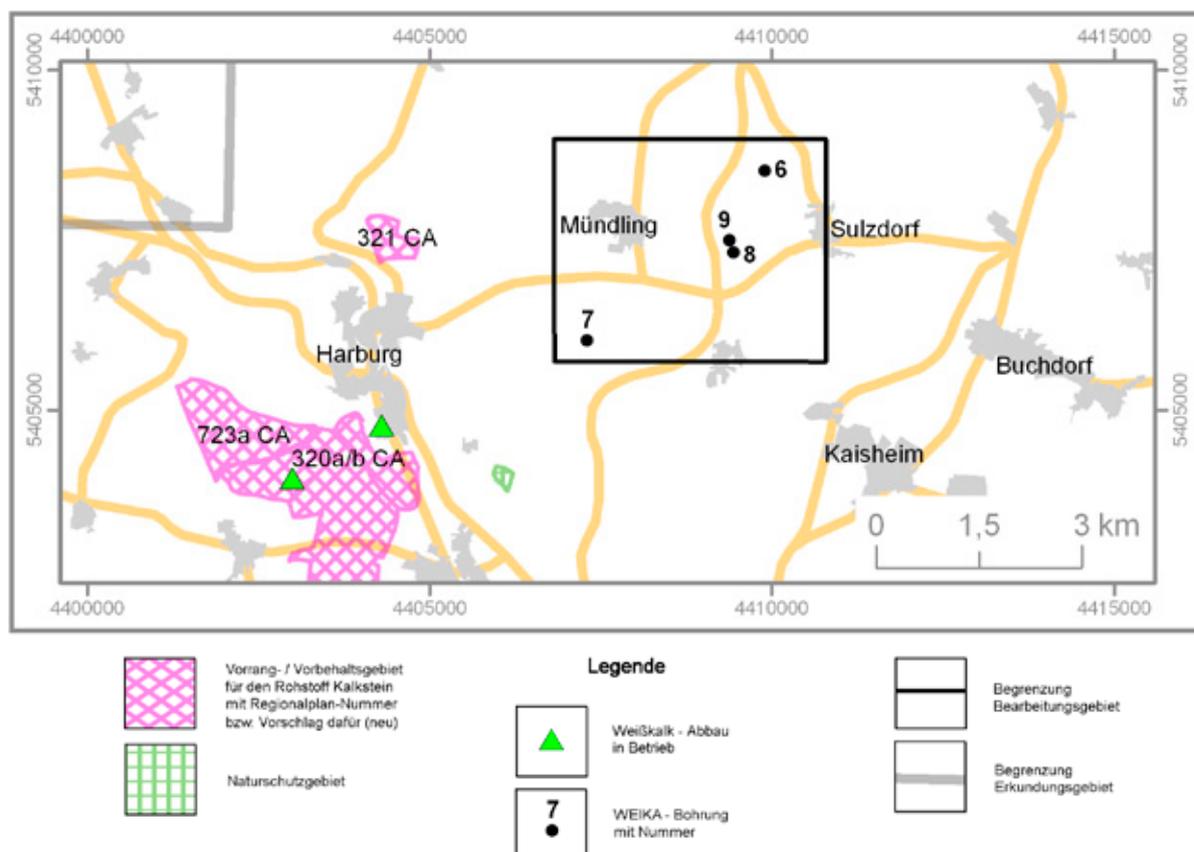


Abb. 4-37: Karte Erkundungsgebiet 3, Mündling - Sulzdorf



Abb. 4-38: Kalksteinbruch am Bräunlesberg (ca. 1 km südwestlich des Steinbruchs Harburg)

Harburg bei Ronheim werden auf dem Vorranggebiet 321 CA Bankkalk für den Tiefbau (Schotter- und Splittproduktion) abgebaut.

Die Bohrung WEIKA 7 südlich Mündling enthält hangend 12 m Riestrümmernmassen und darunter ca. 17 m massigen Kalkstein. Dieser, den Analysen nach hochreiner Weißkalk, lagert vermutlich als allochthone Scholle auf einem durchgehend lehmigen Untergrund auf. Das Vorkommen ist in seiner Mächtigkeit begrenzt und wird durch Überdeckung und räumliche Eingrenzung nur bedingt als Lagerstätte Nutzung finden können. Ein kleiner Horizont der Bohrung WEIKA 7 könnte als dolomitischer Naturwerkstein genutzt werden; diese Partien sind vergleichbar mit dem Wachenzeller oder dem Kleinziegenfelder Dolomit (vgl. Anschliff, Abb. 4-41).

Zwischen Mündling und Sulzdorf wurde die WEIKA 8 - Bohrung wegen sehr starker Verkarstung nach 34,5 m abgebrochen. Das wenige zutage geförderte Material besteht allerdings unter ca. 19 m Überdeckung aus hochreinem Weißkalk. Die in unmittelbarer Nähe zur Bohrung WEIKA 8 abgeteufte Bohrung WEIKA 9 ist über große Bereiche hin dolomitisch und deshalb für die vorgegebenen Zwecke unbrauchbar.

Nordwestlich von Sulzdorf wurden in der WEIKA 6 Plattenkalk erbohrt, durch diese Bohrung konnte eine weitere Ablagerungswanne westlich von den bisher bekannten Wannern festgelegt werden (siehe JUNG 2010). Diese Art von Kalkstein ist für die Papierindustrie völlig unbrauchbar (sehr unreiner Kalk).

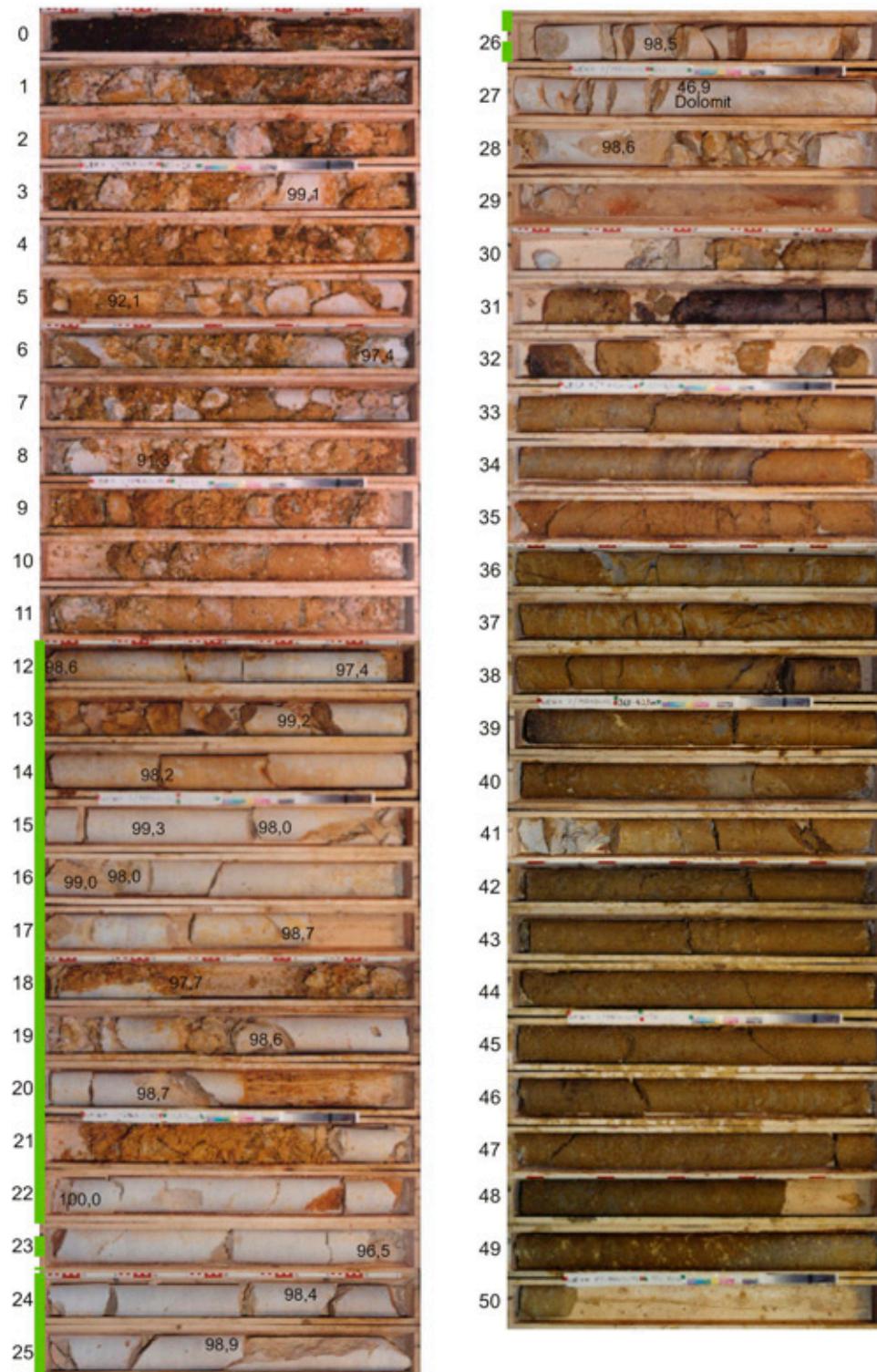


Abb. 4-40: Bohrkern WEIKA 7

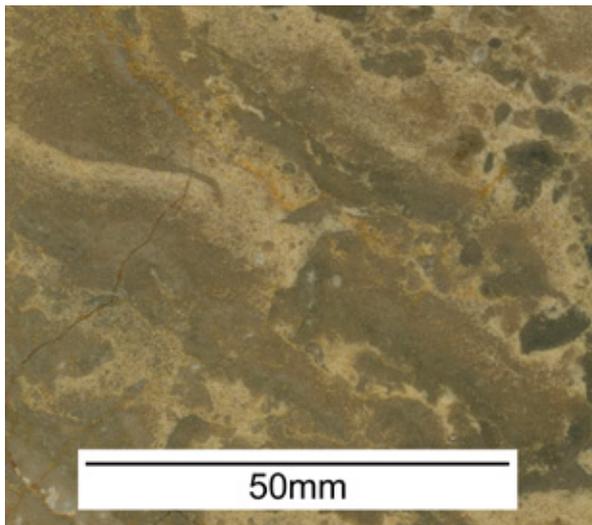


Abb. 4-41: Anschliff Dolomit
(aus WEIKA 7, 27,7 m Teufe),
CaCO₃-Gehalt: ca. 47 %;
L*: ca. 93,4; a*: ca. 0,6; b*: ca. 4,4

4.4 Erkundungsgebiet 4, Wolfenstadt - Auernheim

Im Erkundungsgebiet 4 wurden nur 2 Bohrungen abgeteuft. Im Raum Treuchtlingen gibt es eine Vielzahl von Vorrang- / Vorbehaltsgebieten, die dem Abbau von Treuchtlinger Marmor (= geschichteten Kalken wie Bänken und Platten) gelten.

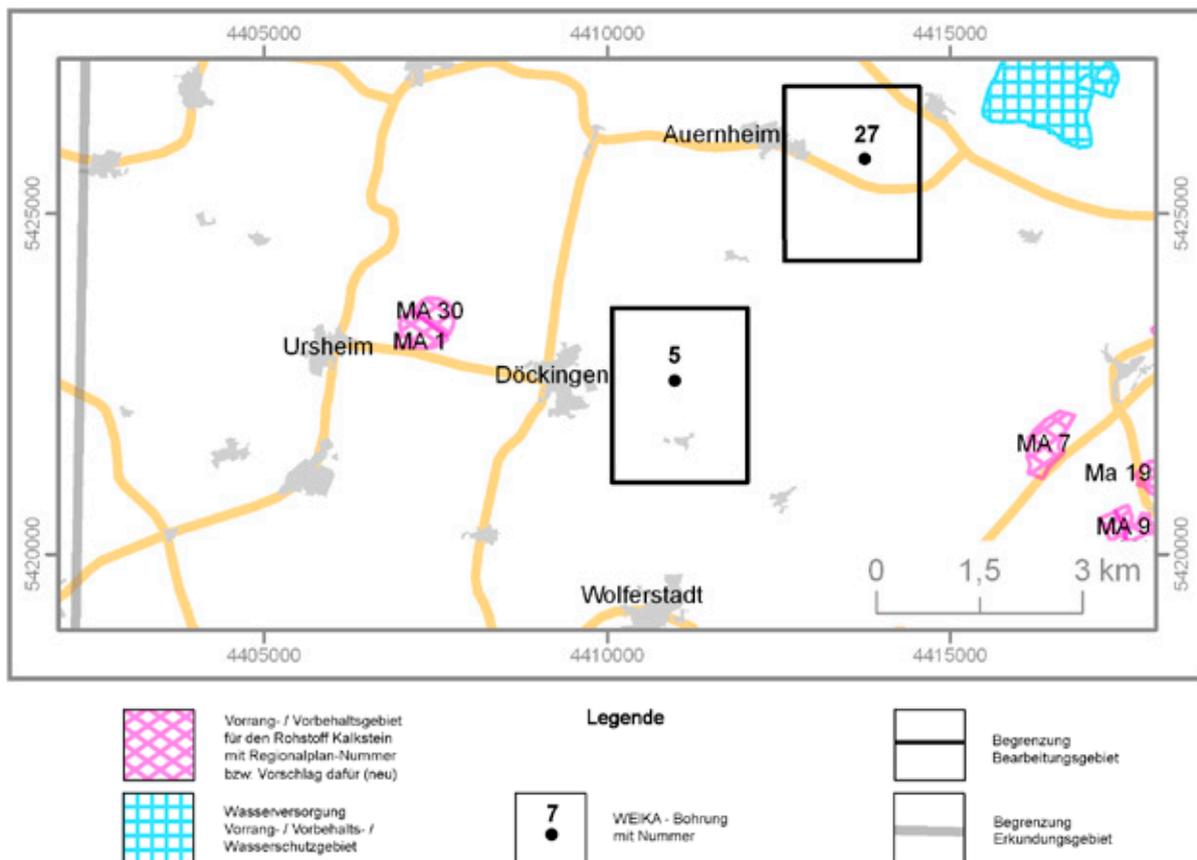


Abb. 4-42: Karte Erkundungsgebiet 4, Wolfenstadt - Auernheim

Die Bohrung WEIKA 5 nördlich Wolfenstadt (Abb. 4-43) enthält entgegen den vorliegenden geologischen Karten durchwegs (von 4 bis 59 m) dickbankigen Treuchtlinger Marmor, der teilweise dolomitiert ist.

WEIKA 27 östlich Auernheim (Abb. 4-44) besteht durchgehend (0 bis 40 m) aus geschichtetem, überwiegend zerbrochenem, teils mergeligem Kalkstein.

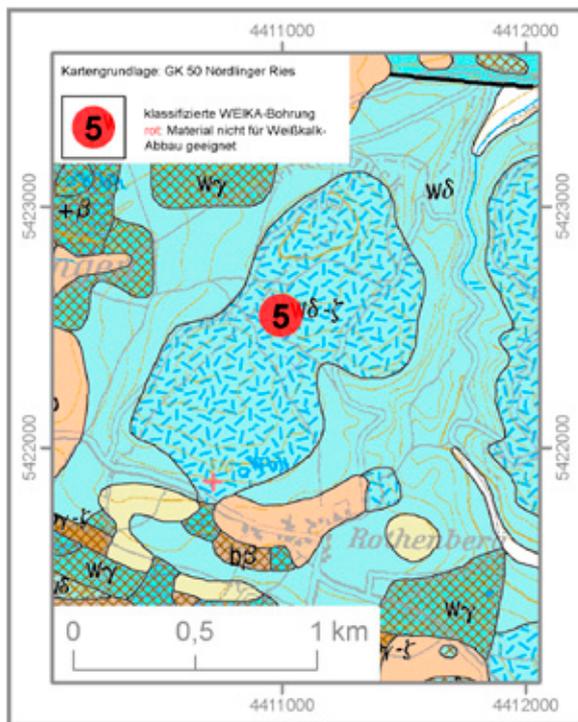


Abb. 4-43: Teilgebiet, WEIKA 5

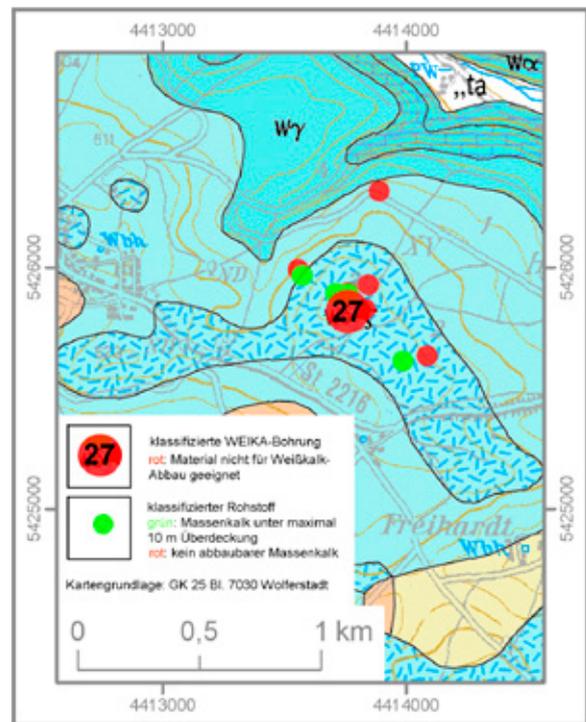


Abb. 4-44: Teilgebiet, WEIKA 27

4.5 Erkundungsgebiet 5, Pappenheim

Im Erkundungsgebiet um Pappenheim erbrachten alle 4 Bohrungen (WEIKA 13, 14, 15 und 17) durchwegs für die Papierindustrie ungeeigneten Dolomit (vgl. Abb. 4-46 bis Abb. 4-48). Erst unter einer 36 bis 49 m mächtigen Dolomitschicht konnte dolomitfreier Massenkalk angetroffen werden. Über die Gesamtmächtigkeit des magnesiumfreien Massenkalkes kann man aufgrund der ungenügenden Bohrtiefe nur spekulieren, sie liegt z. B. in der Bohrung WEIKA 15 bei mindestens 11,5 m. Ein rentabler Abbau (hinsichtlich der Verwertung als Kalkstein für die Papierindustrie) ist hier nur möglich, wenn der dolomitische „Abraum“ als Wasserbaustein oder im GaLA-Bau eingesetzt werden kann.

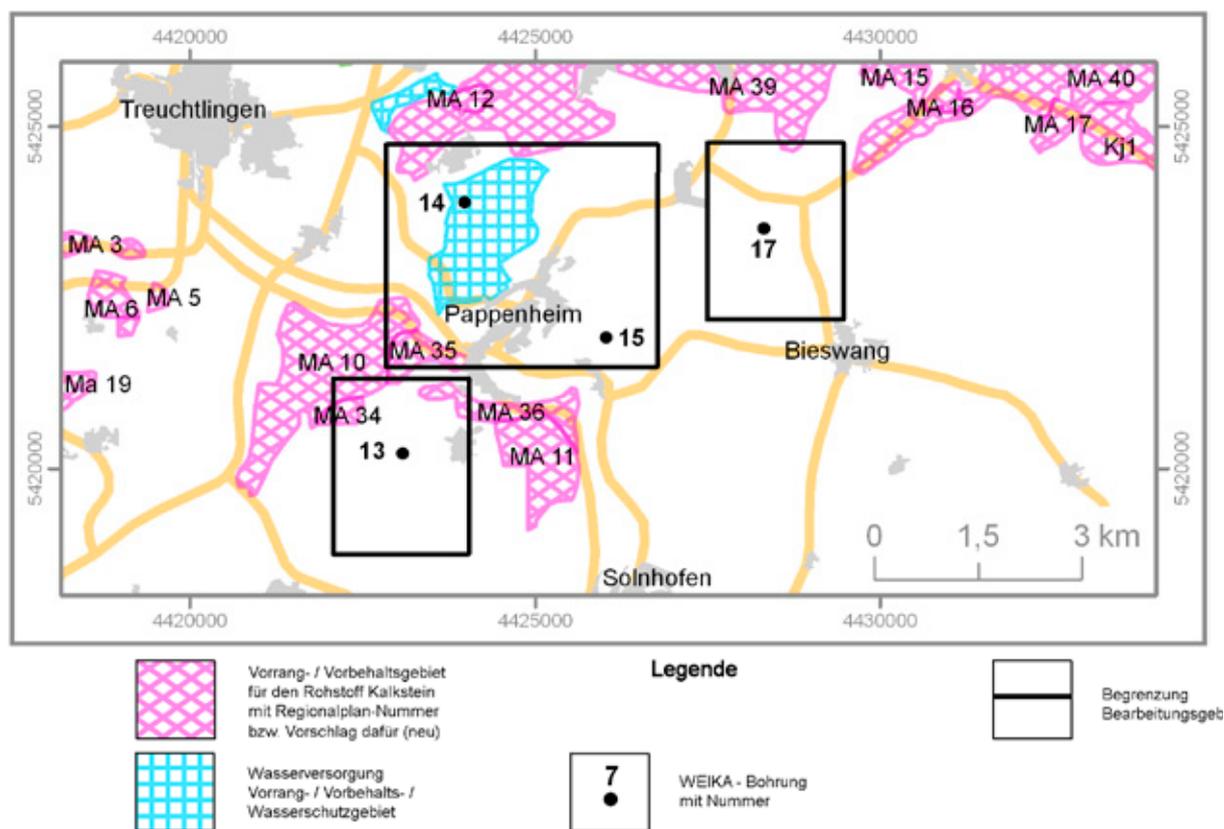


Abb. 4-45: Karte Erkundungsgebiet 5, Pappenheim

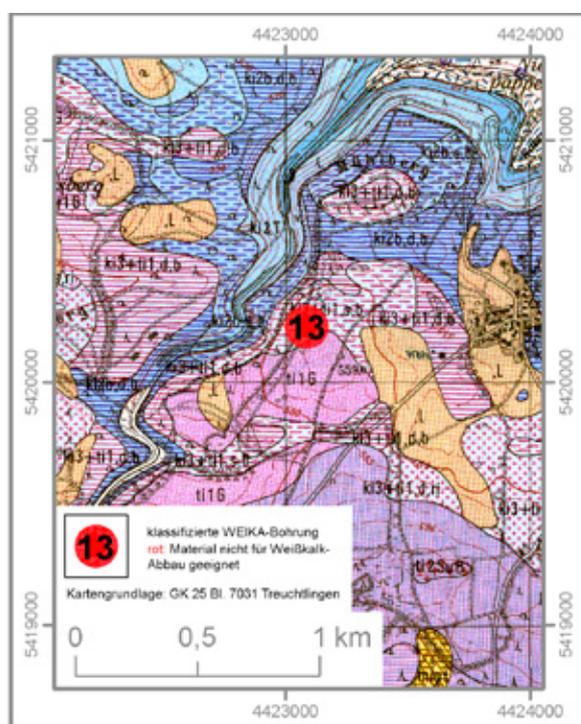


Abb. 4-46: Teilgebiet, WEIKA 13

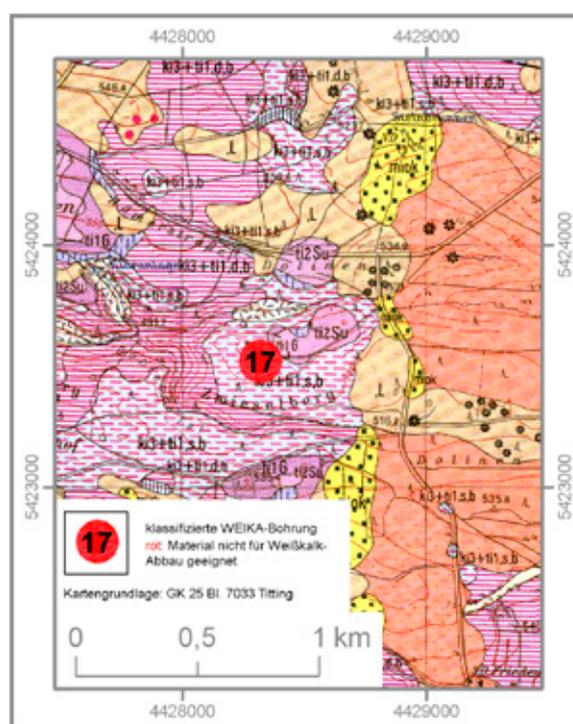


Abb. 4-47: Teilgebiet, WEIKA 17

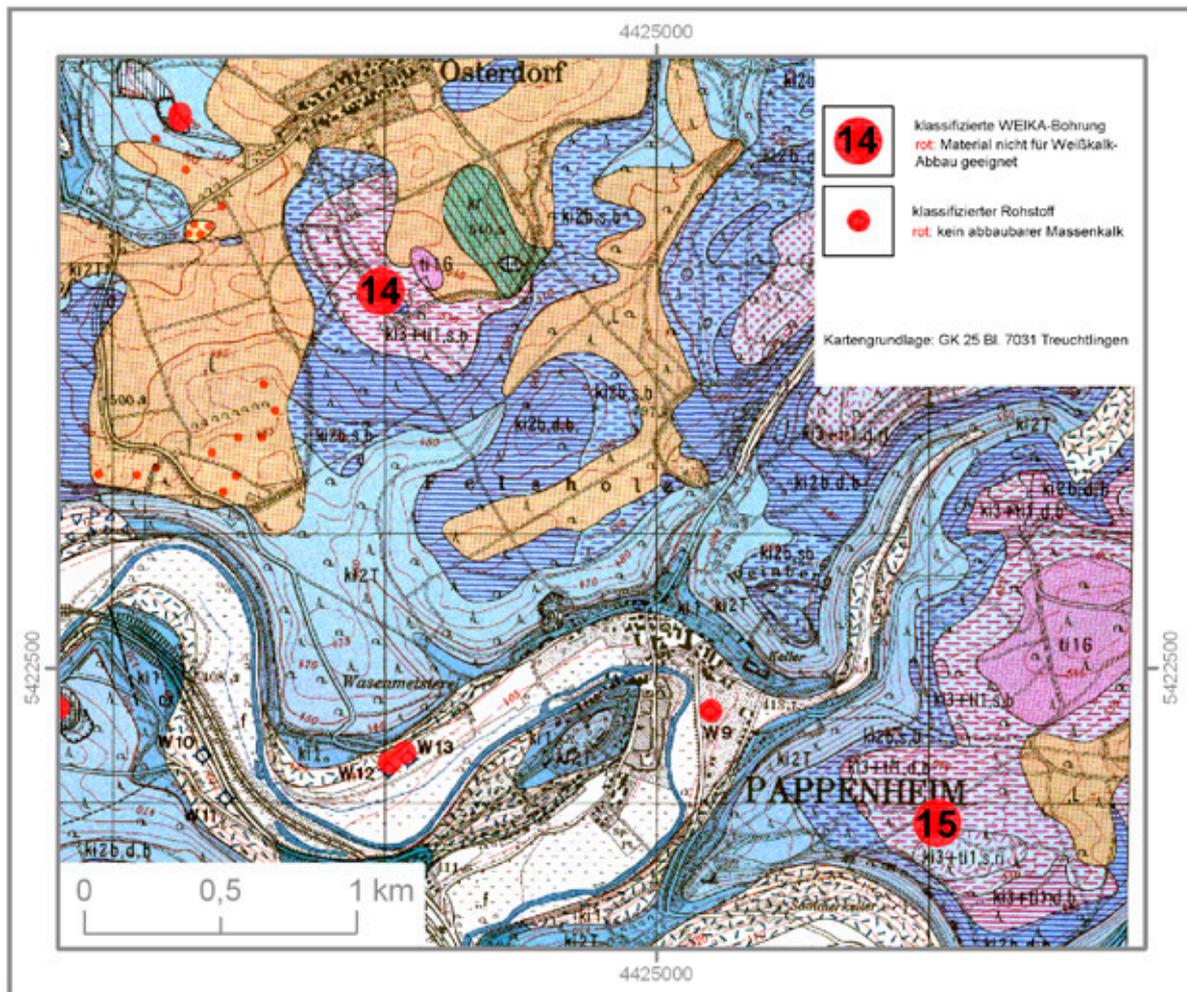


Abb. 4-48: Teilgebiet, WEIKA 14 und 15

4.6 Erkundungsgebiet 6, Eichstätt Ost

Dieses Erkundungsgebiet umfasst 3 Untersuchungsgebiete und liegt im Bereich der 2002 erschienenen Rohstoffgeologischen Karte im Maßstab 1 : 100 000 der Region Ingolstadt. Da die Bohrung WEIKA 4 schon im Jahr 2001 abgeteuft wurde, konnten die Ergebnisse in die angeführte Karte einfließen. In der Bohrung WEIKA 4 sind durchgehend geschichtete Kalke angetroffen worden, die sich für eine Weißkalkproduktion nicht eignen.

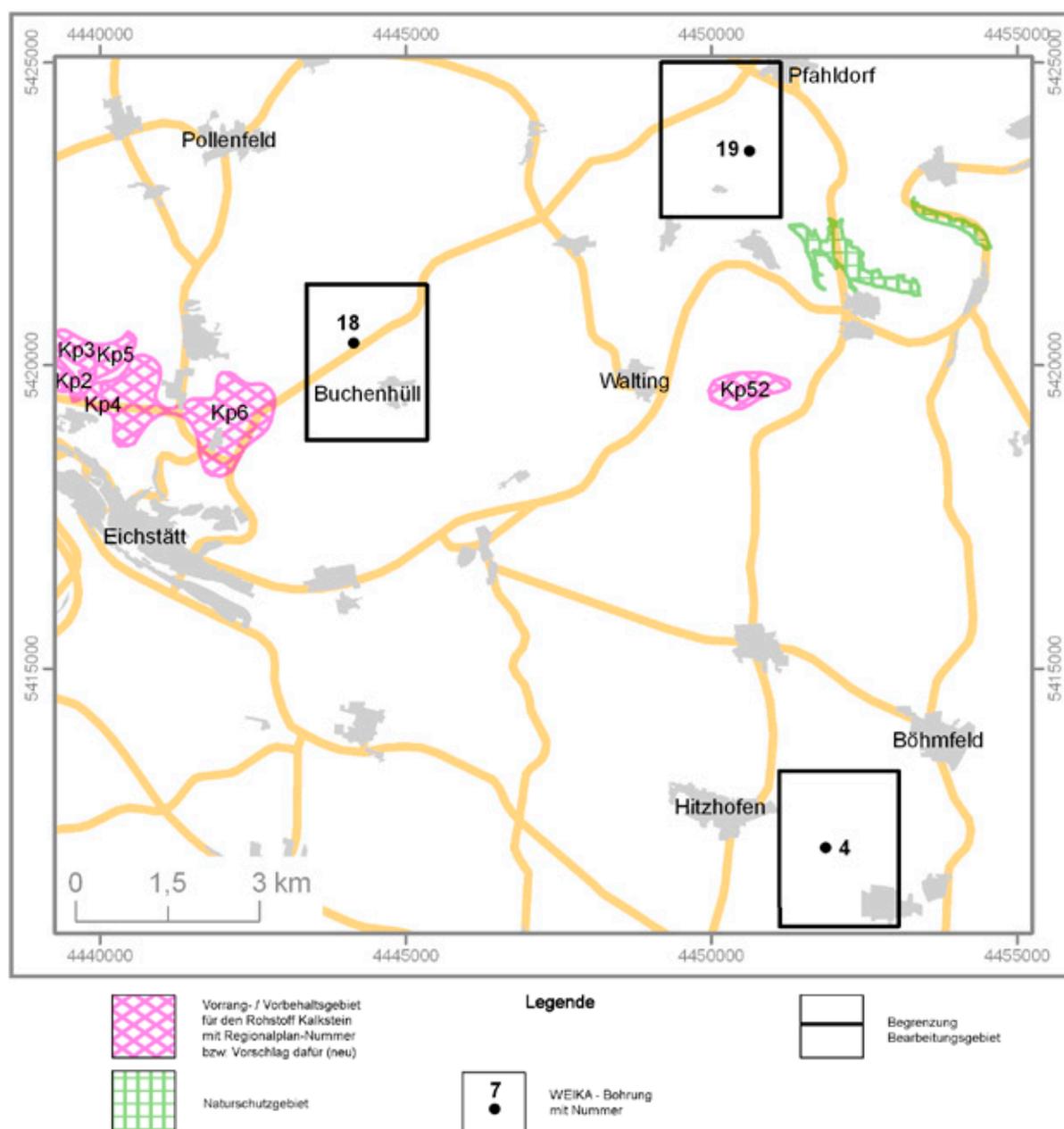


Abb. 4-49: Karte Erkundungsgebiet 6, Eichstätt Ost

In der Rohstoffgeologischen Karte im Maßstab 1 : 100 000 der Region Ingolstadt sind dunkler blau dargestellten Flächen als „Massenkalk, teils dolomitisiert“ klassifiziert. Die Karte zeigt sowohl dolomitisierte Massenkalk als auch Frankendolomit, wobei eine exakte Flächenfestlegung schwierig ist. Die nach 2002 niedergebrachte Bohrung WEIKA 18 wurde explizit in einer ausgewiesenen dolomitfreien Massenkalkfläche angesetzt, erbrachte dem ungeachtet dennoch durchgehend Dolomit. In der GK 25 von 2002 befindet sich die Bohrung im Bereich Massenkalk / Bankkalk, durchgehend Dolomit war hier nicht zu erwarten.

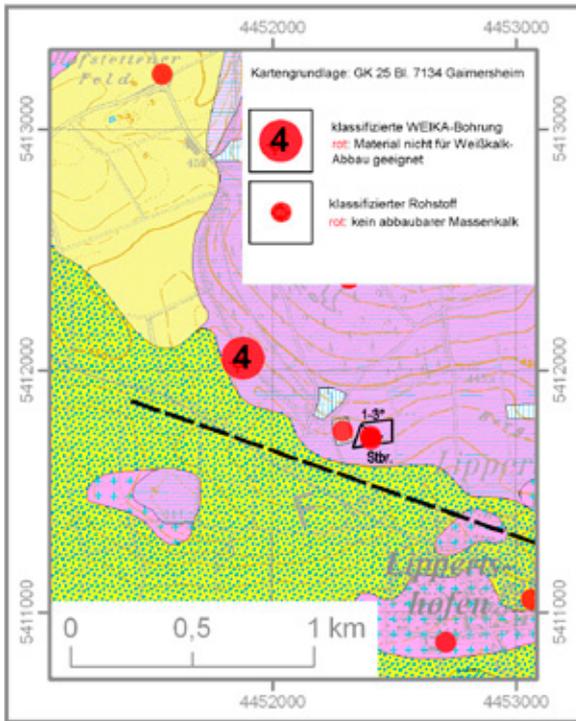


Abb. 4-50: Teilgebiet, WEIKA 4

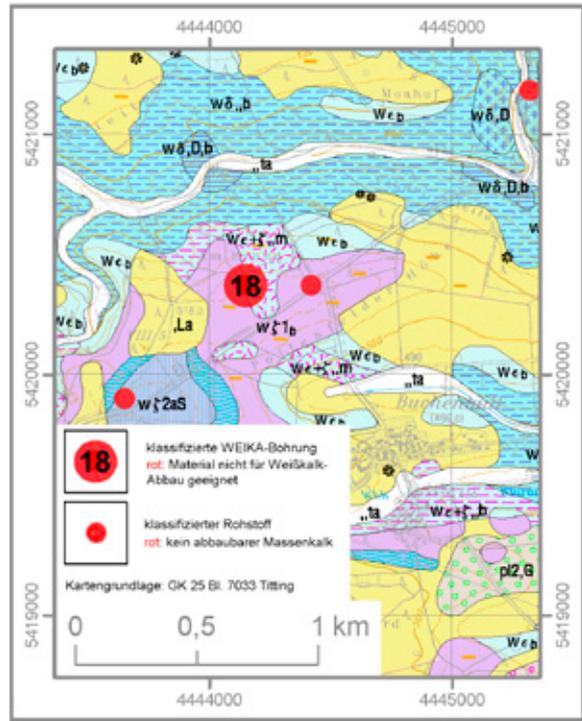


Abb. 4-51: Teilgebiet, WEIKA 18

Die Bohrung WEIKA 19 (Abb. 4-52) enthält zwar überwiegend einen dolomitfreien, aber relativ dunklen Kalkstein, der allein aufgrund seiner Pigmentierung nicht als Weißkalk genutzt werden kann.

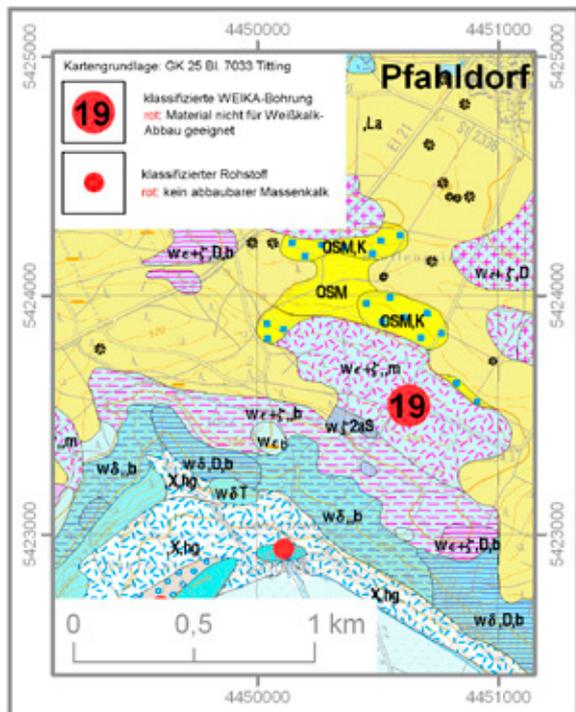


Abb. 4-52: Teilgebiet, WEIKA 19

4.7 Erkundungsgebiet 7, Kelheim - Nittendorf

Dieses Erkundungsgebiet umfasst 4 Untersuchungsgebiete mit insgesamt 7 Bohrungen. In diesem Bereich sind zahlreiche Vorranggebiete für Kalksteinabbau (für die Herstellung von Kalkprodukten und Naturwerksteinen, ggf. auch Schotter und Splitten). Am Südrand des Untersuchungsgebietes liegt einer der größten Steinbrüche Bayerns, der Kalksteinbruch Saal an der Donau (vgl. Abb. 2-4 und Abb. 4-58).

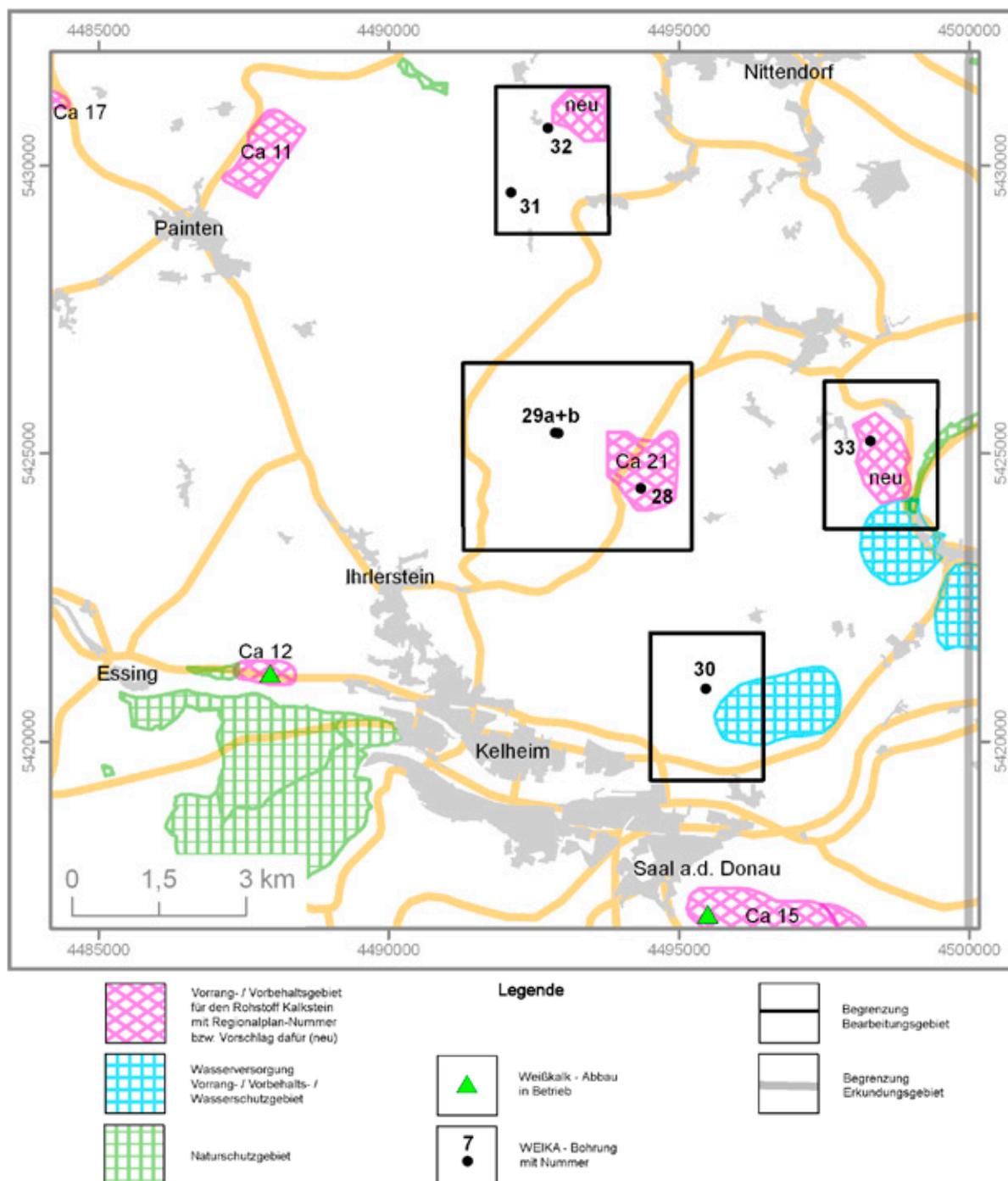


Abb. 4-53: Karte Erkundungsgebiet 7, Kelheim - Nittendorf

In der Bohrung WEIKA 32 (Abb. 4-54) wurden unter einer Überdeckung von 8 Metern durchgehend bis 40 m Teufe kompakter, massiger, hochreiner Kalkstein erbohrt. Lediglich kleine Abschnitte sind verkarstet. Die Bohrung setzt tief gelegen im Gelände an, die Überdeckung wird deshalb im möglichen Abbaubereich nordöstlich des Bohrpunktes vermutlich noch zunehmen. Unter gewissen Auflagen könnte hier ein Vorbehaltsgebiet für Kalksteinabbau beantragt werden, da das Gebiet in einem Landschaftlichen Vorbehaltsgebiet liegt.

Die Analysen der bei der Vorerkundung im Bereich der Bohrung WEIKA 31 genommenen Proben waren vielversprechend, die Bohrung selbst enthielt jedoch keinen hochwertigen Kalkstein, der zudem eine Neigung zur Verkarstung aufweist.

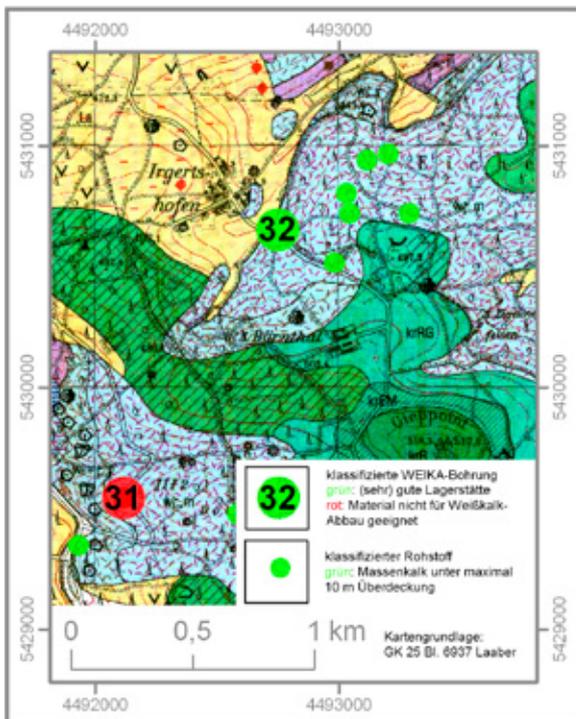


Abb. 4-54: Teilgebiet, WEIKA 31 und 32

Die Bohrungen WEIKA 29a und 29b (Abb. 4-55) erbrachten die Erkenntnis, dass in diesem Bereich sehr stark verkarsteter Kalkstein ansteht und dieser somit nicht nutzbar ist.

Die Bohrung WEIKA 28 (Abb. 4-59) enthält ca. 26 m hochreinen Weißkalk, der jedoch besonders im oberen Bereich stark verkarstet ist. Im Liegenden wurde dolomitischer Kalkstein erbohrt, der für die gesetzten Anforderungen nicht geeignet ist. Die Bohrung setzt auf 455 m (Höhe NN) an und liegt im ansteigenden Gelände zwischen 410 und 480 m. Östlich des Forstweges (des Bohrpunktes) wird die Mächtigkeit der Überdeckung dem Anstieg der Kuppe folgend vermutlich zunehmen. Die Bohrung liegt im Rohstoff-Vorbehaltsgebiet Ca 21, in dem derzeit kein Abbau stattfindet.

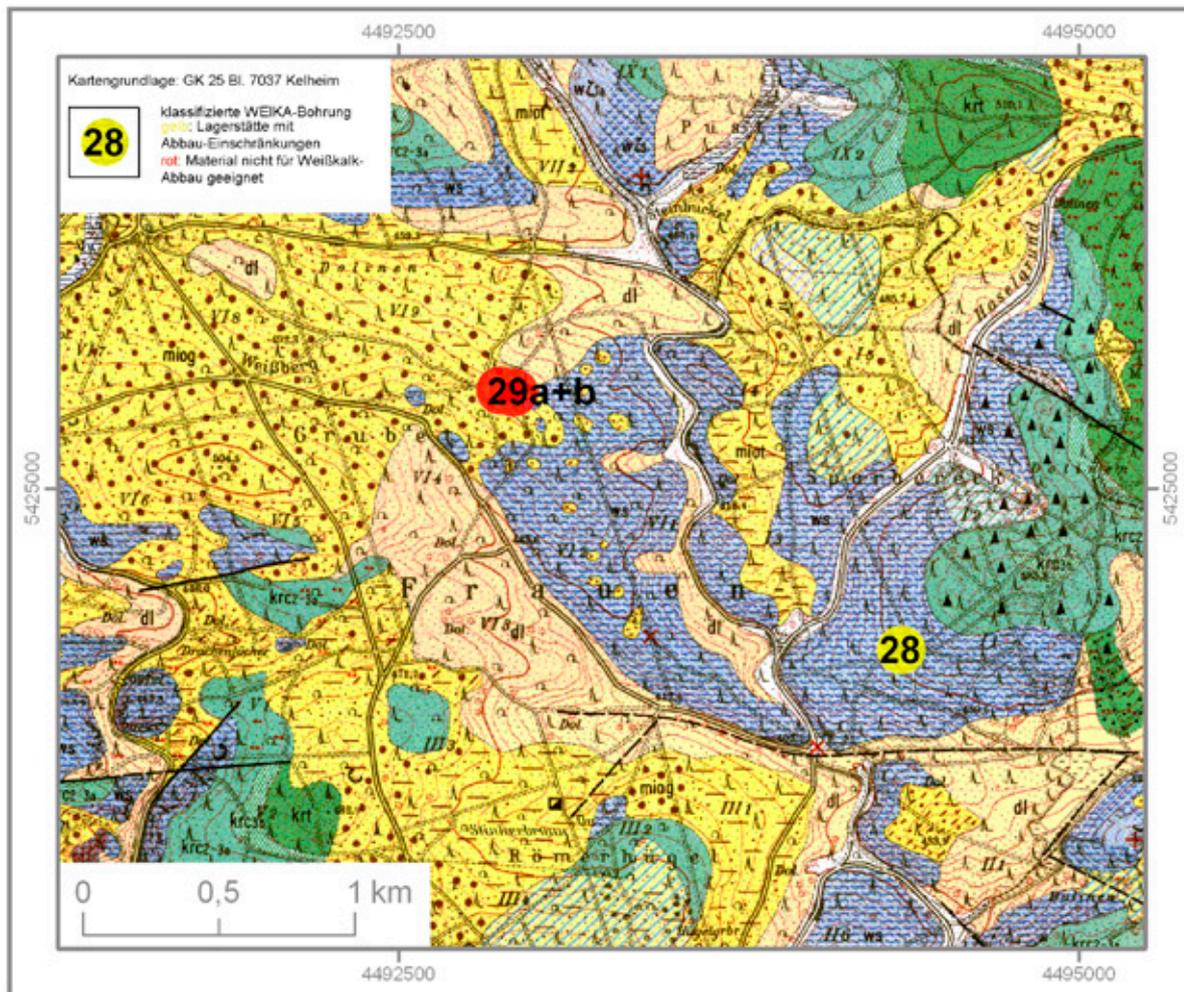


Abb. 4-55: Teilgebiet, WEIKA 28, 29a und 29b

Die Bohrung WEIKA 30 erbrachte unter 7 m Überdeckung ca. 8 m zerbrochenen und verkarsteten hochreinen Kalkstein. Von 15 bis 21 m liegt brauchbares Material in kompakter Qualität vor. Ab 21 m ist der Kalkstein wieder zerbrochen und verkarstet. Die Bohrung setzt auf 400 m (Höhe NN) an, etwa 60 m neben der Kuppe des „Heindlberg“ (410,5 m NN), die aus Regensburger Grünsandstein gebildet wird. Das Gelände fällt vom Bohrpunkt nach Süd und West steil ab. Die Bohrung liegt im Landschaftlichen Vorbehaltsgebiet und in unmittelbarer Nähe zu einem wasserwirtschaftlichen Vorranggebiet. Dort könnte aber durchaus aufgrund des hochwertigen Rohstoffs ein Vorranggebiet für Kalksteinabbau vorgeschlagen werden. Ein möglicher zukünftiger Abbau müsste zum Erhalt des Landschaftsbildes die südliche Steilwand, hin zum Donautal, bestehen lassen.

Unter 8,5 m Abraum enthält die Bohrung WEIKA 33 teils kompakten Massenkalk (hochreinen Weißkalk) bis 30 m, der teilweise stark zerklüftet und abschnittsweise verkarstet (bis zu 1,5 m mächtigen Karstfüllungen) ist. Es folgen mehrere Meter mächtigen Abschnitte mit Dolomit. Von 45 bis 61 m wurde wieder durchgehend kompakter, massiger hochreiner Kalkstein erbohrt. In Abb. 4-62 ist dieser hochreinen Weißkalk mit fast perfekten Farbwerten dargestellt, trotz teilweise vorkommender Schwamm-Strukturen erfüllt er alle Kriterien für die Papierindustrie. Durch selektiven Abbau könnte sich hier auf alle Fälle eine Kalkstein-Gewinnung lohnen, deshalb sollte bei der nächsten Fortschreibung des Regionalplans im Bereich um Saxberg zumindest ein Rohstoff-Vorbehaltsgebiet beantragt werden. Die Bohrung setzt am Scheitel einer NNW-SSO-streichenden Höhenrippe an, eine damit geringer werdende Überdeckung wäre für einen möglichen Abbau sehr hilfreich.

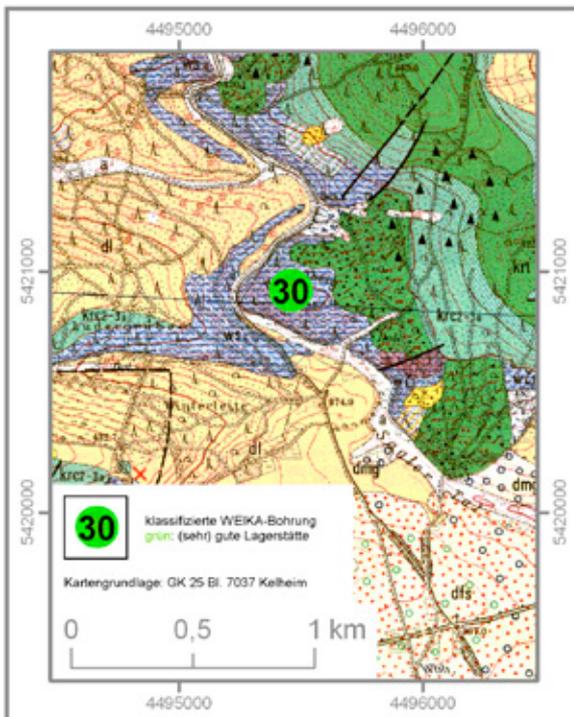


Abb. 4-56: Teilgebiet, WEIKA 30

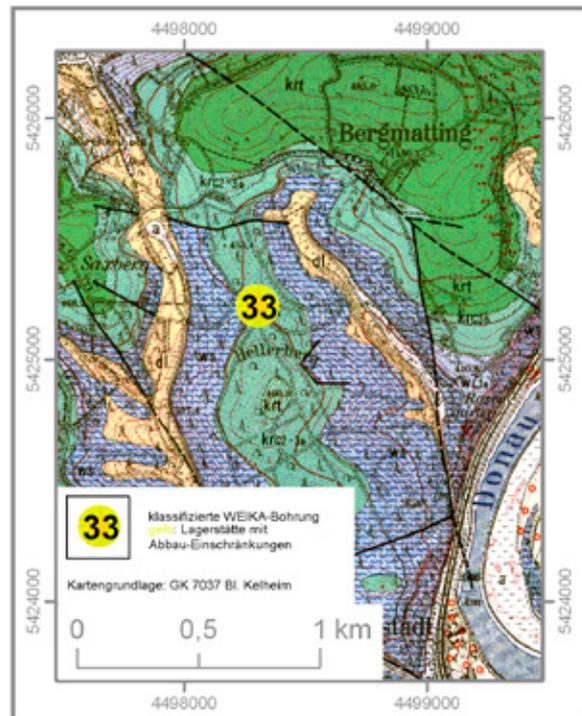


Abb. 4-57: Teilgebiet, WEIKA 33



Abb. 4-58: Steinbruch Saal an der Donau

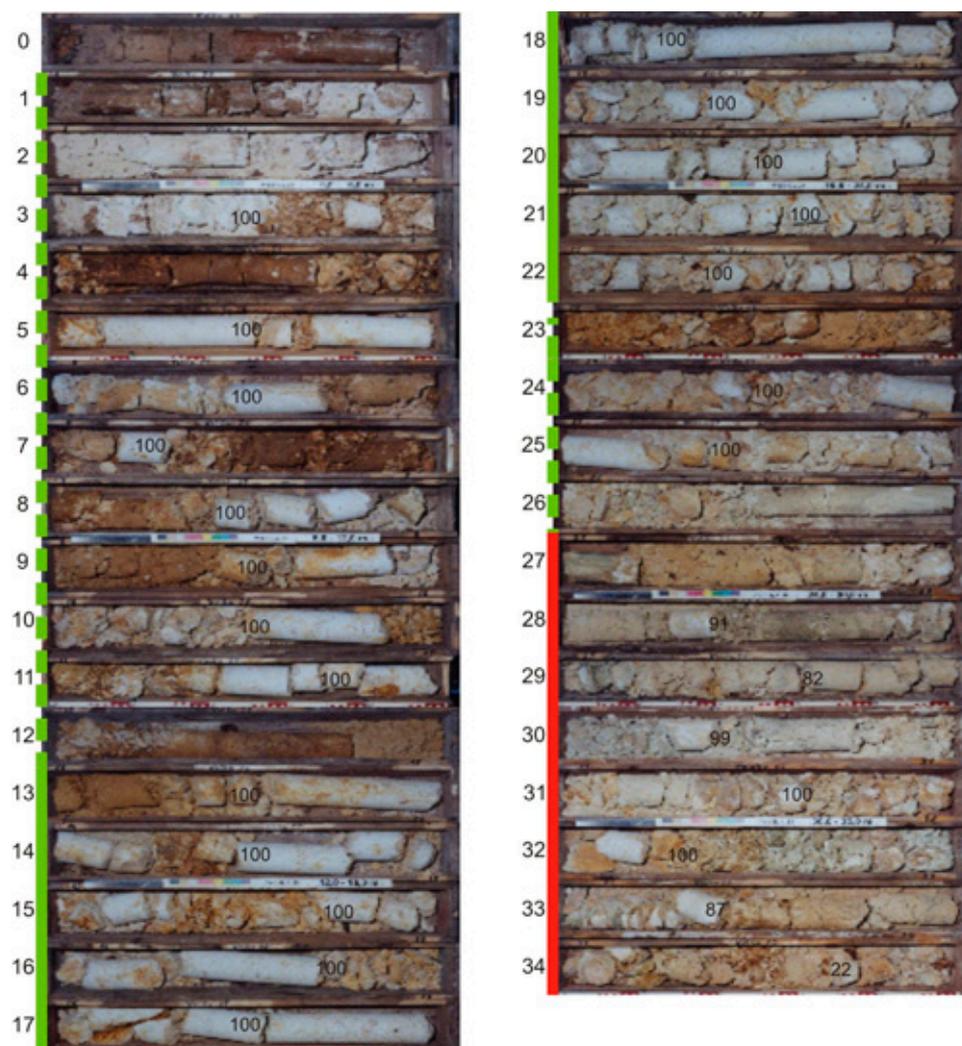


Abb. 4-59: Bohrkern WEIKA 28

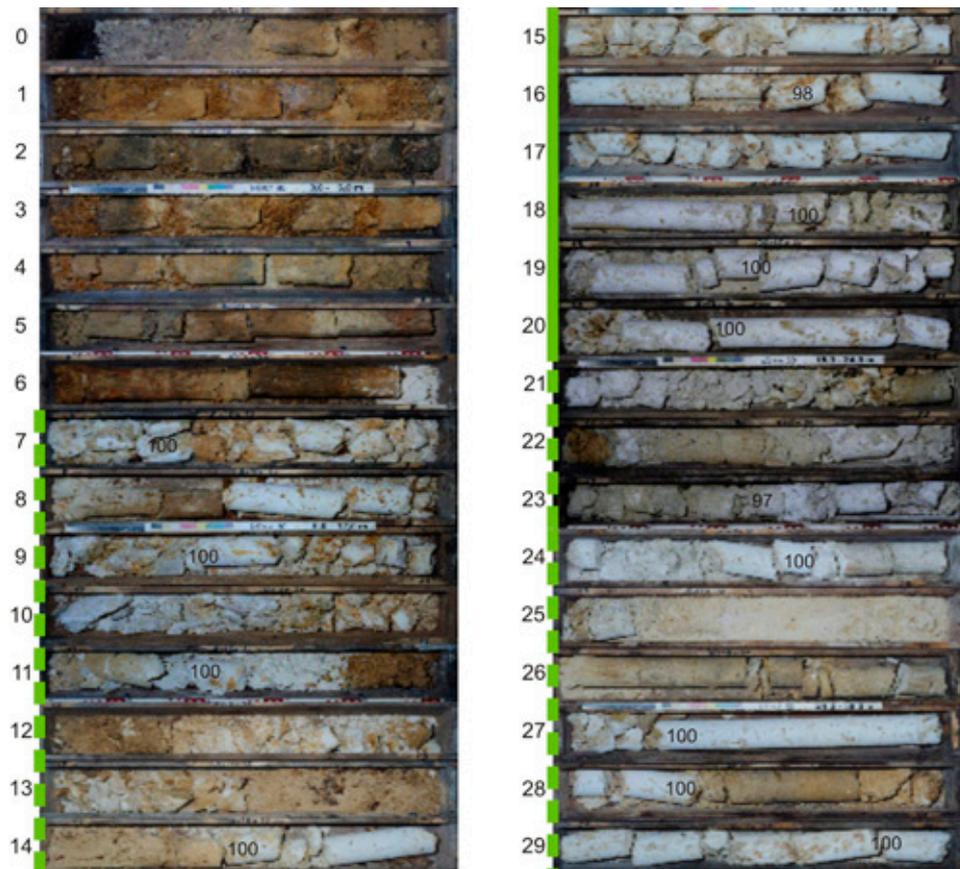


Abb. 4-60: Bohrkern WEIKA 30

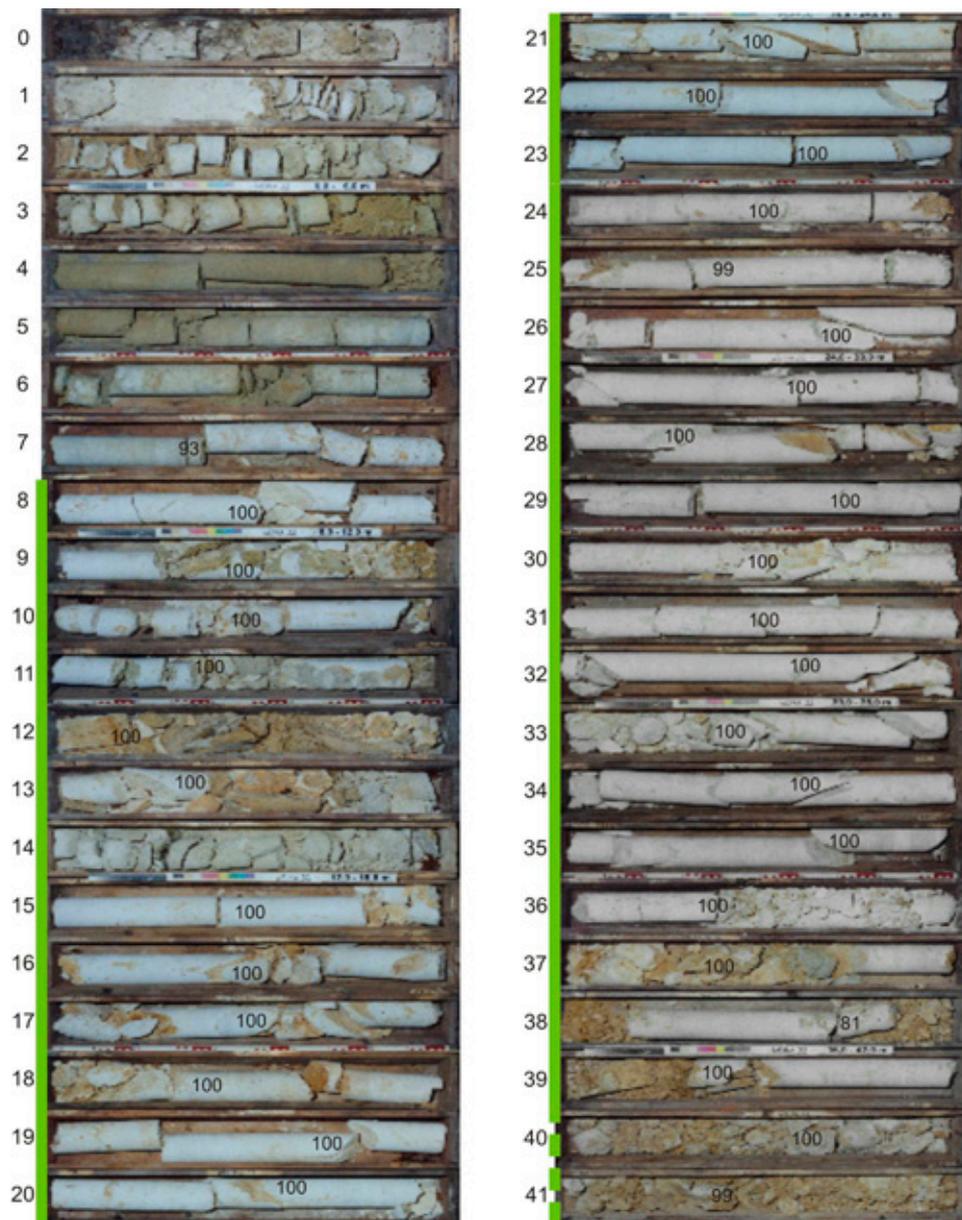


Abb. 4-61: Bohrkerne WEIKA 32

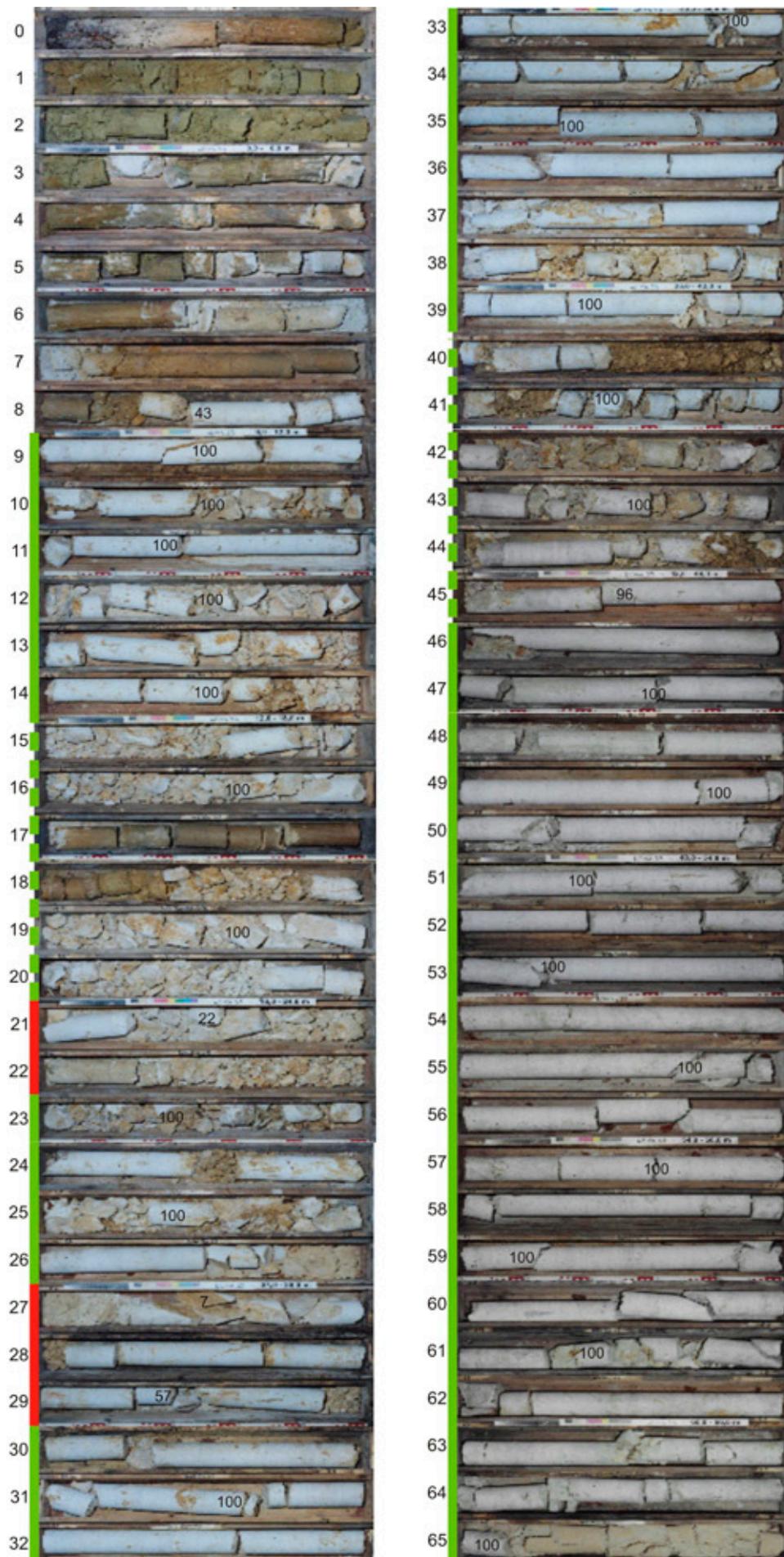


Abb. 4-62: Bohrkern WEIKA 33

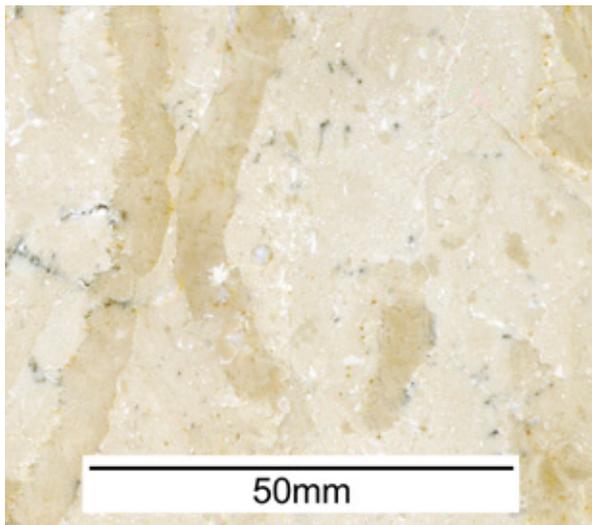


Abb. 4-63: Anschliff WEIKA 33, 58,2 m Teufe,
CaCO₃-Gehalt: ca. 100 %;
L*: ca. 95; a*: ca. 0,3; b*: ca. 3,9

4.8 Überblick aller ermittelten Messwerte

Der Tab. 4-1 kann man die Maximal-, Mittel- und Minimalwerte aller durchgeführten Messungen entnehmen. Die Anzahl der Proben belief sich auf knapp 700 Proben.

Die Kalksteinbohrungen sind hier in 3 Kategorien eingeteilt: hochreine massige Weißkalke, dolomitierte Kalke und Schicht-Kalke. Bohrungen, die die Charakterisierung zweier oder dreier Kategorien erfüllen, wurden denen zugeteilt, in der der Schwerpunkt liegt.

Der Calcit-Gehalt wurde röntgendiffraktometrisch mit der Rietveld-Methode berechnet (in Masse-%). Anschließend wurde er mit Hilfe der RFA-Daten (CaO-Gehalt, MgO-Gehalt etc.) verifiziert.

Tab. 4-1 kann man entnehmen, dass bei den Farbmessungen die Grenzwerte von den hochreinen, massigen Weißkalken (1. Spalte, Mittelwert) bis auf die Rot-Grün-Buntheit (0,69 zu 0,60) erreicht werden. Die ermittelten Calcitwerte (XRD) erfüllen ebenso die Kriterien für den hochreinen Weißkalk ($\geq 98,5\%$). Die Grenzwerte der Spezialprodukte diverser Firmen werden ebenso eingehalten.

Tab. 4-1: Analysenwerte

Gestein	hochreine, massige Weißkalk (CaCO ₃ >98,5%)		Calcium-Dolomite (MgO > 1%)		Schicht-Kalke (bankige Bereiche)		Ulmer Weiss	Jura Perle	Cris Carb	Weißfein Kalk CL90	Ulmer Weiß S60	Ulmer Weiß S40
	WEIKA 1, 2, 7, 11, 22, 24, 28, 30, 32, 33	WEIKA 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18	WEIKA 3, 4, 6, 26, 27, 34, 35, 36, 37, 38	WEIKA 3, 4, 6, 26, 27, 34, 35, 36, 37, 38	WEIKA 3, 4, 6, 26, 27, 34, 35, 36, 37, 38	WEIKA 3, 4, 6, 26, 27, 34, 35, 36, 37, 38						
Borungen / Firmen												
Probenanzahl		259	165									
	Max	Mittelwert	Max	Mittelwert	Max	Mittelwert						
Farbmessung												
L*	97,22	94,10	88,37	96,18	90,73	82,16	94,53	89,56	70,62			
a*	2,81	0,69	-0,10	1,60	0,64	-0,01	3,42	0,96	-0,34			
b*	17,66	5,82	2,73	14,00	6,52	2,81	21,56	8,71	3,35			
C*	17,88	5,87	2,73	14,09	6,56	2,82	21,83	8,76	3,36			
h°	92,07	83,48	74,91	90,10	84,50	78,58	94,49	84,05	78,33			
Diffraktometrische Bestimmung (XRD)												
Calcit (M.-%)	100,0	99,7	97,0	98,1	33,7	0,5	100,0	92,0	25,8			99,5
RFA-Messung												
CaO (M.-%)	57,50	56,02	50,91	54,34	40,08	30,76	56,56	51,53	32,38			
MgO (M.-%)	1,18	0,47	0,20	20,67	12,90	1,03	14,87	0,72	0,21			
SiO ₂ (M.-%)	1,97	0,19	0,05	16,16	0,80	0,05	31,98	5,83	0,05	≤ 0,25	≤ 0,55	≤ 0,8
Fe ₂ O ₃ (M.-%)	0,54	0,08	0,00	0,47	0,14	0,01	1,68	0,32	0,03	≤ 0,04	≤ 0,08	≤ 0,3
MnO (M.-%)	0,06	0,01	0,01	0,06	0,02	0,01	0,09	0,02	0,01	≤ 0,04	≤ 0,08	≤ 0,3
Al ₂ O ₃ (M.-%)	0,71	0,13	0,05	1,41	0,30	0,05	6,17	0,84	0,03	≤ 0,1	≤ 0,35	≤ 0,5
Na ₂ O (M.-%)	0,16	0,05	0,05	0,05	0,05	0,03	0,12	0,05	0,05			
K ₂ O (M.-%)	0,14	0,03	0,01	0,36	0,07	0,03	1,35	0,21	0,01			
TiO ₂ (M.-%)	0,04	0,02	0,01	0,06	0,03	0,03	0,30	0,04	0,01			
P ₂ O ₅ (M.-%)	0,21	0,03	0,01	0,15	0,03	0,01	0,17	0,05	0,02			
GV 1050 (M.-%)	43,95	43,51	42,64	48,18	45,36	38,56	45,98	40,89	29,50			

* die angegebenen Werte beziehen sich auf gebranntes Material, nicht auf natürliches Rohmaterial

Die Diagramm-Darstellung (siehe Abb. 4-64) der im Projekt untersuchten hochreinen Kalke (> 98,5 % CaCO_3) zeigt eine in etwa lineare Abhängigkeit des Gesamteisen-Gehaltes zum Messwert b^* („Gelb-Blau-Buntheit“) bis ca. 0,6 % Fe_2O_3 .

Dagegen konnte aus der optischen Bestimmung des Weißgrades beim Calcit-Gehalt keine direkte Abhängigkeit zur Beschaffenheit des Kalksteins festgestellt werden (siehe Abb. 4-65).

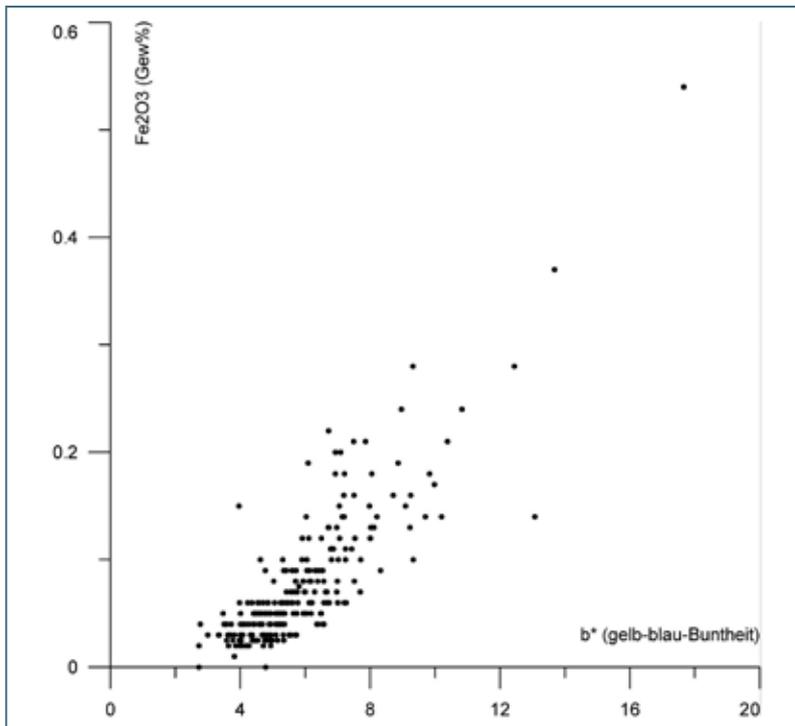


Abb. 4-64: b^* zu Fe_2O_3 bei reinen Kalken

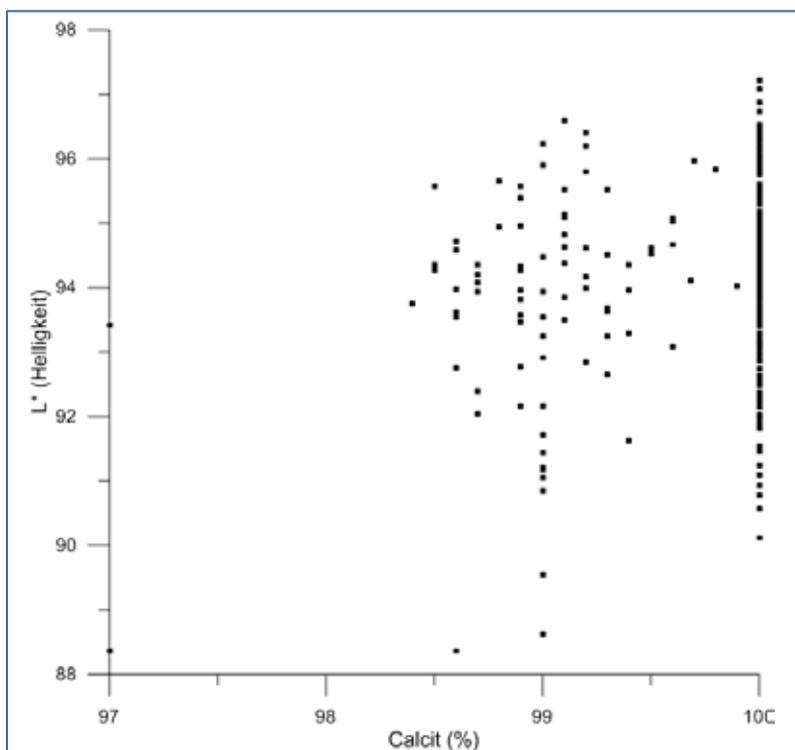


Abb. 4-65: Calcit zu L^* (= Helligkeit) bei reinen Kalken

5 Rohstoffgeologische Bewertung

Das bei der Antragstellung erhoffte Ziel einer flächendeckenden Karte der Riesalb und Südlichen Frankenalb mit exakter Aussage zur Verbreitung und Ausbildung der Weißkalke ist mit den vorliegenden Daten und Unterlagen nur lückenhaft erreichbar. Für diese Zielsetzung wäre u. a. ein noch feinmaschigeres Netz von Bohrungen notwendig; die zur Verfügung stehenden und durch Bohrungen ermittelten Daten sind gebietsweise ausreichend, aber große Flächen im Gelände bleiben unerkundet. Die Ausbildung der Riffkalke ist generell zu inhomogen, um über weite Bereiche interpoliert werden zu können. Speziell die extrem inhomogene impakt-beeinflußte Geologie der Riesalb lässt keine flächige Aussage zu. Die Erkundungsbohrungen können nur punktuell zu genauerer Sondierung anreizen, bzw. helfen davon Abstand zu nehmen. Auch das Auffinden von Massenkalk garantiert grundsätzlich noch keine bauwürdige Lagerstätte. Einerseits sind die häufig auftretenden Verkarstungspartien ein Problem. Diese führen beim Abbau zu einem höheren Aufwand, da lehmige Karstbereiche aussortiert (selektiver Abbau) bzw. später gewaschen werden müssen. Andererseits ist die bereichsweise Dolomitisierung des Massenkalks ein nicht zu unterschätzendes Problem. Eine kurze Übersicht gibt hierzu die Tab. 5-1. Zudem ist festzuhalten, dass Weißkalk meist nicht in großer Ausdehnung und Mächtigkeit als direkt abbaubarer Rohstoff vorkommt, sondern überwiegend durch selektiven Abbau zu gewinnen ist. Durchschnittlich müssen 3 bis 5 Tonnen Material abgebaut werden, damit 1 Tonne Weißkalk gewonnen wird. Eine sinnvolle Kombination bezüglich Rohstoffflächenverbrauch ist die Zementherstellung, da hierbei annähernd das gesamte abgebaute Material verwertet werden kann.



Abb. 5-1: Selektiv gewonnener Weißkalk

Tab. 5-1: Kurzbeschreibung aller Bohrungen

Bohrung	Bewertung*	Kurzbeschrieb
WEIKA 1	1	durchgehend hochreiner Massenkalk, überwiegend stark verkarstet
WEIKA 2	1	durchgehend hochreiner Massenkalk, große Bereiche stark verkarstet
WEIKA 3	3	Schichtfazies, Zementmergel und Bankkalke, durchgehend mergelig
WEIKA 4	3	Schichtfazies, oben plattig, unten bankig, teils dolomitisiert, teils Hornstein-führend
WEIKA 5	3	Treuchtlinger Marmor, große Bereiche SiO ₂ >1 %, teilweise dolomitisch
WEIKA 6	3	Schichtfazies, große Bereiche SiO ₂ >1 % in den Bänken, oben plattig, unten bankig
WEIKA 7	2	hochreiner Massenkalk von 12 m – 29 m, hangend und liegend Riestrümmermassen
WEIKA 8	3	insgesamt extrem verkarstet, ab 19 m ist hochreiner Kalkstein enthalten
WEIKA 9	3	große Bereiche dolomitisch
WEIKA 10	3	durchgehend Riestrümmermassen und Dolomit
WEIKA 11	1	durchgehend hochreiner Massenkalk, abschnittsweise verkarstet
WEIKA 12	3	durchgehend Dolomit
WEIKA 13	3	durchgehend Dolomit
WEIKA 14	3	bis ca. 45 m Dolomit, dann Massenkalk
WEIKA 15	3	von ca. 2,5 m bis ca. 43 m Dolomit, dann Massenkalk
WEIKA 16	3	bis ca. 26 m Riestrümmermassen, darunter abwechselnd Massenkalk und Dolomit
WEIKA 17	3	durchgehend Dolomit
WEIKA 18	3	durchgehend Dolomit
WEIKA 19	3	durchgehend massiger Kalk (nicht hochrein), teils verkarstet, teils dolomitisiert
WEIKA 20	3	ab 5 m SiO ₂ >1 %, teilweise sehr fossilreich
WEIKA 21	3	fast durchgehend Riestrümmermassen
WEIKA 22	1	durchgehend hochreiner Massenkalk bis 70 m, Bereiche verkarstet, darunter Dolomit
WEIKA 23	3	durchgehend Seesedimente und Riestrümmermassen
WEIKA 24	1	ab ca. 10 m hochreiner Massenkalk, hangend Riestrümmermassen
WEIKA 25	3	fast durchgehend Riestrümmermassen
WEIKA 26	3	Schichtfazies, fast durchgehend SiO ₂ > 1 %
WEIKA 27	3	Schichtfazies, durchgehend SiO ₂ > 1 %
WEIKA 28	2	hochreiner Massenkalk bis 26 m, bis ca. 13,5 m stark verkarstet, ab 26 m Dolomit
WEIKA 29a	3	fast kein Kalkstein enthalten
WEIKA 29b	3	fast kein Kalkstein enthalten
WEIKA 30	1	ab ca. 7 m hochreiner Massenkalk, teils verkarstet
WEIKA 31	3	fast nur zerklüfteter Kalkstein
WEIKA 32	1	ab ca. 8 m hochreiner Massenkalk
WEIKA 33	2	ab ca. 9 m hochreiner Massenkalk, kurze Abschnitte mit Dolomit
WEIKA 34	3	Schichtfazies, durchgehend SiO ₂ > 3 %
WEIKA 35	3	Schichtfazies, fast durchgehend SiO ₂ > 3 %
WEIKA 36	3	Schichtfazies, durchgehend SiO ₂ > 5 %
WEIKA 37	3	Schichtfazies
WEIKA 38	3	Schichtfazies, fast durchgehend SiO ₂ > 4 %

* Bewertung potentieller Weißkalk-Vorkommen:

1 = gut nutzbar, mehrere 10er Meter mächtige Bereiche mit überwiegend hochreinem Weißkalk, teils verkarstet, wenig Überdeckung

2 = bedingt nutzbar, überwiegend hochreiner Massenkalk, dessen Nutzbarkeit durch festgelegte Mächtigkeiten oder dolomitische Abschnitte eingeschränkt ist

3 = Schichtfazies, Riestrümmermassen, Dolomit, nicht für hochreine Weißkalk-Anforderungen verwendbar

Positiv ist festzuhalten, dass mit den Mächtigkeiten bzw. Kubaturen der fündigen Bohrungen (Tab. 5-2) und den damit im Zusammenhang vorgeschlagenen Vorrangflächen der Bedarf an reinen Massenkalken für die nächsten Jahrzehnte gedeckt werden könnte. Bei weiter steigendem Bedarf wäre es anzustreben, ein Erkundungsprojekt mit weiteren Bohrungen anzusetzen.

Tab. 5-2: Nutzbares Potenzial

Bohrung	Abraum*	Mächtigkeit**	Kubatur***	Ausbeute
WEIKA 1/2	15 m	52 m	6 Mio. m ³	78 %
WEIKA 7	12 m	15 m	2 Mio. m ³	56 %
WEIKA 11	8 m	41 m	5 Mio. m ³	84 %
WEIKA 22	8 m	62 m	7 Mio. m ³	89 %
WEIKA 24	8 m	54 m	7 Mio. m ³	87 %
WEIKA 28	8 m	27 m	3 Mio. m ³	77 %
WEIKA 30	11 m	19 m	2 Mio. m ³	63 %
WEIKA 32	10 m	32 m	4 Mio. m ³	76 %
WEIKA 33	15 m	50 m	6 Mio. m ³	77 %

* Auflage + vermuteter Abraum bei selektivem Abbau

** vermutete verwendbare Mächtigkeit

*** grobe Abschätzung (anhand durchschn. Abbaugröße, abzügl. 30 %)

6 Verwendungsmöglichkeiten

Kalksteine bzw. Karbonatgesteine sind die mineralischen Rohstoffe, die mit Abstand das größte Spektrum an Verwendungsmöglichkeiten aufweisen. Die weltweit mit jährlich über fünf Milliarden Tonnen abgebauten Karbonatgesteine sind einsetzbar in der Kalkindustrie (Brennkalk etc.), Zementindustrie, Glas- und Keramikindustrie, Papierindustrie und vielen Sparten der chemischen Industrie (u. a. Nahrungsmittel-, Pharmazie- und Kosmetikindustrie sowie Düngemittel-, Kunststoff- und Farbenindustrie), sie werden verwendet bei der Rauchgasentschwefelung sowie bei der Herstellung von Schotter und Splitten und werden als Naturwerksteine abgebaut. Im Folgenden (Kap. 6.1) werden die Verwendungsmöglichkeiten der Kalksteine in der Papierindustrie abgehandelt, im Anschluss (Kap. 6.2) werden die alternativen Möglichkeiten für weiße Kalkgesteine dargestellt.



Abb. 6-1: Naturwerkstein-Gewinnung in Essing bei Kelheim.

6.1 Verwendung als Rohstoff für die Papierindustrie

In der Vergangenheit war Kaolin das bei der Papierherstellung am meisten verwendete Pigment. Es bleibt über ein weites pH-Spektrum chemisch inert und kann deshalb nicht nur in sauren, sondern auch in alkalischen Produktionsverfahren verwendet werden. In den letzten drei Jahrzehnten ist mit der Einführung der neutralen Fahrweise bzw. Leimung bei der Papierherstellung der Anteil des Kaolins schrittweise zurückgefahren worden und durch Calciumcarbonat (CaCO_3) als Füllstoff ersetzt worden. Kaolin ist zudem nicht so weiß wie Calciumcarbonat bzw. weißer Kaolin ist extrem selten, d. h. man braucht bei der Verwendung von „Streichkarbonat“ (vgl. Kap. 6.1.2) keine zusätzlichen Aufheller. Kaolin ist heute nur noch das bevorzugte Material bei der sauren Papierherstellung. Calciumcarbonat ist inzwischen der wichtigste Füllstoff (vgl. Kap. 6.1.1) und das wichtigste Streichpigment (vgl. Kap. 6.1.2) bei der Papierherstellung. Dafür gibt es gute Gründe: Calciumcarbonat ist weltweit verfügbar, es verleiht dem Papier einen hohen Weißgrad, Opazität, Glanz, eine gute Bedruckbarkeit – und das alles zu einem attraktiven Preis (OMYA 2010A). Der Siegeszug des Calciumcarbonats begann durch die steigende Nachfrage nach weißerem Papier und durch die Weiterentwicklung von gefällttem Calciumcarbonat (s. u.), die seinen Einsatz in Streichanwendungen für Papier und in mechanischen Druckverfahren erst ermöglichte. Ein anderer Grund ist die zunehmende Verwendung von Recyclingpapier, die stärkere und weißere Pigmente, also Calciumcarbonate erforderlich macht.

Neben Kaolin und Calciumcarbonat kommen in der Papierindustrie noch weitere Pigmente zum Einsatz, allerdings nur in einem Gesamtanteil von ca. 3%: Gips, Bentonit, Aluminiumhydroxid, Talk, Silikate und Titanoxid. Titandioxid, das den Eigenschaften des Calciumcarbonats am nächsten kommt und somit in vielen Bereichen der Papierherstellung einsetzbar wäre, ist um ein Vielfaches teurer und wird daher nicht in standardmäßigen Füll- oder Streichanwendungen eingesetzt.

Als Rohstoff für die Papierherstellung kommen zwei verschiedene Arten von Calciumcarbonat in Betracht:

a) Gemahlenes Calciumcarbonat (ground calcium carbonate = GCC):

GCC wird aus verschiedenen Materialien (Kalkstein, Kreide, Marmor) hergestellt. Die Qualität des aufgemahlene Rohstoffs ist von der Korngröße abhängig, es werden bei der Trockenmahlung als kleinste Korngröße ca. 10 µm erreicht. Deshalb wird für die Papierherstellung der Rohstoff nass weiterverarbeitet bis etwa 92 % des Materials Korngrößen < 2 µm haben (Streichkarbonat). Zur Herstellung des sog. Slurry („CaCO₃-Schlamm“) werden 70 % CaCO₃ mit 30 % Wasser versetzt. Damit der Slurry eine leicht verarbeitbare und in Silos transportierbare Konsistenz erhält, ist die Zugabe eines Dispergators vonnöten. Anschließend wird der Slurry auf 100° C erhitzt, ein Teil des Wassers verdampft, der Feststoffanteil erhöht sich damit auf über 75 % (KIMMIG 2000). Als Füllstoff enthält GCC zu 40-75 % Körner mit einer Größe von weniger als 2 µm. Mit der Umstellung von der sauren auf die alkalische / neutrale Papierherstellung hat GCC das Kaolin als führendes Füllstoffpigment abgelöst. GCC ist zwar ein wichtiger Papierfüllstoff, in Europa wird er jedoch in erster Linie als Papierstreichpigment verwendet.

b) Gefälltes Calciumcarbonat (precipitated calcium carbonate = PCC):

PCC ist ein synthetisches Industriemineral, das in der Regel aus gebranntem Kalk hergestellt wird. Bei der Herstellung wird in Kalkmilch (Suspension von CaO in Kalkwasser) Kohlendioxid (CO₂) eingeblasen, wodurch rein weißes CaCO₃ mit einer Korngröße < 5 µm ausfällt. In der Papierindustrie, die der größte Abnehmer von PCC ist, dient das Material als Füllstoff und in geringeren Mengen auch als Streichpigment. Im Gegensatz zum GCC kann das PCC besser geformt und modifiziert werden, um dem herzustellenden Papier unterschiedliche Eigenschaften zu verleihen. Spezialanwendungen sind z. B. InkJet-Papiere, Zigarettenpapier, spezielle Magazin- und Verpackungspapiere, Banknoten oder Sicherheitspapiere. So können mit dem PCC z. B. längliche Calcit-Kristalle für das Zigarettenpapier hergestellt werden, die dafür sorgen, dass die Zigarettenasche möglichst lange hält, bevor sie herunterfällt. Aber um allen Anforderungen der Drucker und somit der Papierhersteller gerecht zu werden, werden auch Mischungen aus modifizierten natürlichen und gefällten Calciumcarbonaten hergestellt.

6.1.1 Füllstoffe

Die Verwendung mineralischer Füllstoffe ist inzwischen bei der Herstellung von Druck- und Schreibpapieren sowie bei der Erzeugung von Karton Standard. Gefüllte Papiere weisen deutliche Vorteile gegenüber ungefüllten und ungestrichenen Sorten auf:

- Die Verwendung von Füllstoffen führt zu einer gleichmäßigeren Papieroberfläche. Füllstoffe füllen die Hohlräume zwischen den Papierfasern aus und führen somit zu einer geschlossenen und homogenen Oberfläche.
- Durch das Füllen mit Calciumcarbonat wird die Glätte der Papiere erhöht. Die gesteigerte Oberflächengüte führt zu einer verbesserten Bedruckbarkeit.

- Der Einsatz von Calciumcarbonat als Füllstoff wirkt sich vorteilhaft auf Weißgrad, Opazität und Glanz aus.
- In der Regel sind mineralische Füllstoffe preiswerter als Faserstoffe. Somit können bei einem gesteigerten Füllgrad die Kosten der hergestellten Papierprodukte reduziert werden. Ein zusätzlicher Vorteil, der für die Verwendung von mineralischen Füllstoffen spricht, ist ein reduzierter Verbrauch an wertvollen natürlichen Rohstoffen, wie Ein- und Mehrjahrespflanzen, die für die Faserstoffproduktion verwendet werden.

Eine Reihe von Füllstoffen basierend auf natürlichem, gemahlenem Calciumcarbonat (GCC) und gefälltem Calciumcarbonat (PCC) sind heute auf dem Markt erhältlich. Die Produkte unterscheiden sich vor allem in der Teilchengröße, der Teilchengrößenverteilung, der spezifischen Oberfläche und dem Weißgrad. Füllstoffe werden üblicherweise als wässrige Dispersion (Slurry) mit einem Feststoffanteil bis zu 78 % geliefert (OMYA 2010B).

6.1.2 Streichpigmente

Das Streichen ist ein Verfahren zur Verbesserung der Oberflächenqualität von Papier und Karton. Der Streichprozess deckt die faserige Grundstruktur des Rohpapiers weitgehend ab und hinterlässt eine ebenmäßigere Oberfläche. Den Unterschied der Oberfläche von ungestrichenen, einfach und mehrfach gestrichenen Papieren kann man unter dem Rasterelektronenmikroskop (REM) sehr gut erkennen. Ein mehrfach gestrichenes Papier ermöglicht auch bessere Druckresultate und leichtere Weiterverarbeitbarkeit. Ein zusätzlicher Schritt zur Veredlung der Papieroberfläche ist das sog. Kalandrieren (auch Satinieren genannt), das den Glanz und die Glätte des Papiers bei gleichzeitiger Dickenreduzierung verbessert. Kalandrierer sind beheizbare und polierte Walzen über die das Papier läuft; durch Veränderung von Druck, Temperatur und Walzengeschwindigkeit lassen sich verschiedene Effekte erzielen. Die Vielfalt an „Streichkarbonaten“ (Streichpigmenten aus natürlichem Calciumcarbonat) ist groß. Die Produkte unterscheiden sich wie die Füllstoffe auch in Teilchengrößen, Teilchengrößenverteilung, spezifischer Oberfläche und Weißgrad. Sie werden gewöhnlich in Form einer wässrigen Suspension (Slurry) mit einem Feststoffgehalt von bis zu 80 % angeboten und transportiert (OMYA 2010C). Natürliches Calciumcarbonat ist heute das in der europäischen Papierindustrie das mit Abstand meistverwendete Streichpigment.

6.2 Alternative Verwendungsmöglichkeiten von weißen Kalkgesteinen

Obwohl mehr als fünf Prozent der Erdkruste aus Karbonat-Gesteinen besteht, sind doch nur wenige Lagerstätten für die Gewinnung von (hochwertigen) Kalksteinen mit hohem Weißgrad geeignet.

Der weltweit größte industrielle Verbraucher von weißen Calcium-Karbonaten ist mit einer Menge von über 10 Millionen Tonnen pro Jahr die Papierindustrie, danach folgen die Kunststoff- und die Baustoff-Industrie (Putze und Farben) mit jeweils 7 - 8 Millionen Tonnen pro Jahr.

Weißkalk eignen sich infolge ihrer hohen Reinheit und Helligkeit sowie der geringen Abrasivität vor allem als Füllstoffe für eine Vielzahl von Einsatzgebieten.

Beispielsweise ist Calcium-Karbonat als Lebensmittelzusatzstoff und -farbstoff (E 170) zugelassen und wird häufig beim Backen von Semmeln verwendet.

Zudem wird Weißkalk in Kosmetika und Pharmazeutika z. B. als Füller, Tablettierhilfsmittel und zur Säureregulierung in Calcium-Brausetabletten verwendet. Ein weiteres Anwendungsfeld von Weißkalken liegt im Bereich der Herstellung von Dispersionsfarben, Lacken, Putzen und auch

Reinigungsmitteln. Gemahlene, natürliches Calcium-Karbonat in unbeschichteter oder oberflächenbehandelter Ausführung ist das bedeutendste Mineral für die Kunststoff-Industrie (ARNOLD 1997). Es wird z. B. als Füllstoff und zur Verbesserung von Weißgrad und Oberflächengüte eingesetzt. Bei der Glasherstellung macht hochreiner Weißkalk als Härtebildner das Glas hart und dicht. Für die Herstellung von einer Tonne Glas werden zwischen 200 und 350 kg Kalkstein benötigt. Auch bei der Glasfaserproduktion sowie für die Herstellung keramischer Produkte ist Kalk ein wichtiger basischer Bestandteil, der für Festigkeit, aber auch die wirtschaftliche Herstellung entscheidend ist.

Weitere Verwendungszwecke für hochwertige Kalksteine sind verschiedenen Werken zu entnehmen: BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN KALKINDUSTRIE 1963, KÜHNEL 1972, LORENZ & GWOSDZ 1998, KIMMIG 2000.

Zum Abschluss soll eine Übersicht der Bohrungen (Tab. 6-1) zeigen, welche alternativen Verwendungszwecke für die erbohrten nicht hochreinen Kalksteine möglich sind. Im Umkreis von 15 Bohrungen könnten z. B. Naturwerksteine abgebaut werden (Typ „Treuchtlinger Marmor“ oder „Wachenzeller Dolomit“). 6 Gebiete eignen sich für die Herstellung von Pflanzendünger, 23 Bereiche zur Produktion von hochwertigen Schottern. Für die Zementproduktion eignen sich alle dolomitfreien Abschnitte.

Tab. 6-1: Alternativer Verwendungszweck

Objekt-Name	Hochwertigster Verwendungszweck / Alternativen
Kst-Erk. WEIKA 1, Erzberg (2000)	Weißkalk
Kst-Erk. WEIKA 2, Erzberg Süd (2000)	Weißkalk
Kst-Erk. WEIKA 3, Unterbechingen (2000)	Zementrohstoff
Kst-Erk. WEIKA 4, Lippertshofen (2001)	Naturwerkstein / Schotter / Zementrohstoff
Kst-Erk. WEIKA 5, Rothenberg (2001)	Naturwerkstein
Kst-Erk. WEIKA 6, Sulzdorf (2001)	Naturwerkstein / Schotter / Zementrohstoff
Kst-Erk. WEIKA 7, Mündling (2001)	Weißkalk / Zementrohstoff
Kst-Erk. WEIKA 8, Zanner (2001)	Schotter / Zementrohstoff
Kst-Erk. WEIKA 9, Zanner Süd (2001)	Schotter / Zementrohstoff
Kst-Erk. WEIKA 10, Forheim (2001)	Zementrohstoff
Kst-Erk. WEIKA 11, Bollstadt (2002)	Weißkalk
Kst-Erk. WEIKA 12, Schaffhausen (2002)	Naturwerkstein / Dünger / Schotter
Kst-Erk. WEIKA 13, Übermatzhofen (2002)	Naturwerkstein / Dünger / Schotter
Kst-Erk. WEIKA 14, Osterdorf (2002)	Naturwerkstein / Dünger / Schotter
Kst-Erk. WEIKA 15, Zimmern (2002)	Naturwerkstein / Dünger / Schotter
Kst-Erk. WEIKA 16, Ziertheim (2003)	Zementrohstoff
Kst-Erk. WEIKA 17, Zwieselberg (2003)	Naturwerkstein / Dünger / Schotter
Kst-Erk. WEIKA 18, Buchenhüll (2003)	Naturwerkstein / Dünger / Schotter
Kst-Erk. WEIKA 19, Pfahldorf (2003)	Schotter / Zementrohstoff
Kst-Erk. WEIKA 20, Steinberg (2004)	Schotter / Zementrohstoff
Kst-Erk. WEIKA 21, Blossenberg (2004)	Schotter / Zementrohstoff
Kst-Erk. WEIKA 22, Altenhau (2004)	Weißkalk
Kst-Erk. WEIKA 23, Hofen (2004)	Schotter / Zementrohstoff
Kst-Erk. WEIKA 24, Kösing (2004)	Weißkalk
Kst-Erk. WEIKA 25, Forheim SW (2004)	Schotter / Zementrohstoff
Kst-Erk. WEIKA 26, Schweindorf (2004)	Naturwerkstein / Schotter / Zementrohstoff
Kst-Erk. WEIKA 27, Auernheim (2004)	Naturwerkstein / Schotter / Zementrohstoff
Kst-Erk. WEIKA 28, Seekreuz (2005)	Weißkalk
Kst-Erk. WEIKA 29a, Frauenforst (2005)	Zementrohstoff
Kst-Erk. WEIKA 29b, Frauenforst (2005)	Zementrohstoff
Kst-Erk. WEIKA 30, Heindlberg (2005)	Weißkalk
Kst-Erk. WEIKA 31, Haugenried (2005)	Schotter / Zementrohstoff
Kst-Erk. WEIKA 32, Irgertshofen (2005)	Weißkalk
Kst-Erk. WEIKA 33, Saxberg (2005)	Weißkalk
Kst-Erk. WEIKA 34, Reute (2006)	Naturwerkstein / Schotter / Zementrohstoff
Kst-Erk. WEIKA 35, Kreuzbuche (2006)	Naturwerkstein / Schotter / Zementrohstoff
Kst-Erk. WEIKA 36, Staufen (2006)	Naturwerkstein / Schotter / Zementrohstoff
Kst-Erk. WEIKA 37, Viehhof (2006)	Naturwerkstein / Schotter / Zementrohstoff
Kst-Erk. WEIKA 38, Syrgenstein (2006)	Naturwerkstein / Schotter / Zementrohstoff

7 Zusammenfassung

Hochreiner Kalkstein ist ein wertvoller und vielfach verwendbarer Rohstoff, für den großer Bedarf besteht. Das Hauptverbreitungsgebiet dieses potentiellen Kalksteines (Massenkalk) liegt in Bayern in der Südlichen Frankenalb und der Riesalb. Die über mehrere Jahre hinweg durchgeführte Erkundung wurde an der Grenze zu Baden – Württemberg (Riesalb) begonnen, da jenseits der Landesgrenze entsprechende Untersuchungen bereits im Gange waren und inzwischen abgeschlossen sind, und bis in den Raum Regensburg fortgeführt. Das mehrjährige Programm beinhaltete mehrere (ca. 5) Kernbohrungen pro Jahr, mit einer Endteufe von 50 - 80 m.

Von den 39 abgeteuften Bohrungen eignet sich das Material von 7 Bohrungen uneingeschränkt und von 3 Bohrungen bedingt für die Herstellung von Weißkalkprodukten für die Papierindustrie. Die Gesteine aller anderen Bohrungen eignen sich für weniger hochwertige Produkte. Die abbaubare Kubatur der hochwertigen Kalksteine beträgt mehrere Millionen Kubikmeter. Als „Nebenprodukte“ der Bohrkampagne wurden ein Vorkommen mit „Treuchtlinger Marmor“ (ein sogar in China gefragter Naturwerkstein) erbohrt sowie eine bis dato unbekannte Ablagerungswanne (analog den Wannen der Solnhofener Plattenkalke) angetroffen.

Die räumliche Verteilung (siehe Abb. 7-1) der sehr gut bis gut bewerteten Erkundungsbohrungen zeigt, dass im Raum Regensburg – Kelheim und westlich Donauwörth bis zur Landesgrenze zu Baden-Württemberg gute Vorkommen an hochreinen Weißkalken vorhanden sind. Im Raum Weißenburg – Ingolstadt (mit den Schwerpunkten Treuchtlingen und Eichstätt) lieferten die Bohrungen keine erfolgversprechenden Ergebnisse.

Die Bohrkampagne brachte schon den ersten rohstoffgeologischen Erfolg: Der Eigentümer, auf dessen Grund die ersten beiden Forschungs-Bohrungen abgeteuft wurden, initiierte ein Raumordnungsverfahren. Die Ergebnisse ergaben verwertbare Mächtigkeiten von geeignet erscheinendem hellem Kalk. Ein Abbau-Unternehmen führte an dieser Stelle weitere Untersuchungen durch und teufte dabei in direkter Umgebung der LfU-Bohrungen 15 weitere Erkundungsbohrungen ab. Aufgrund der Ergebnisse ist dieses Gebiet bei Reistingen inzwischen im Regionalplan als Vorbehaltsgebiet für Kalksteinabbau (mit hochwertiger Verwendung) fixiert.

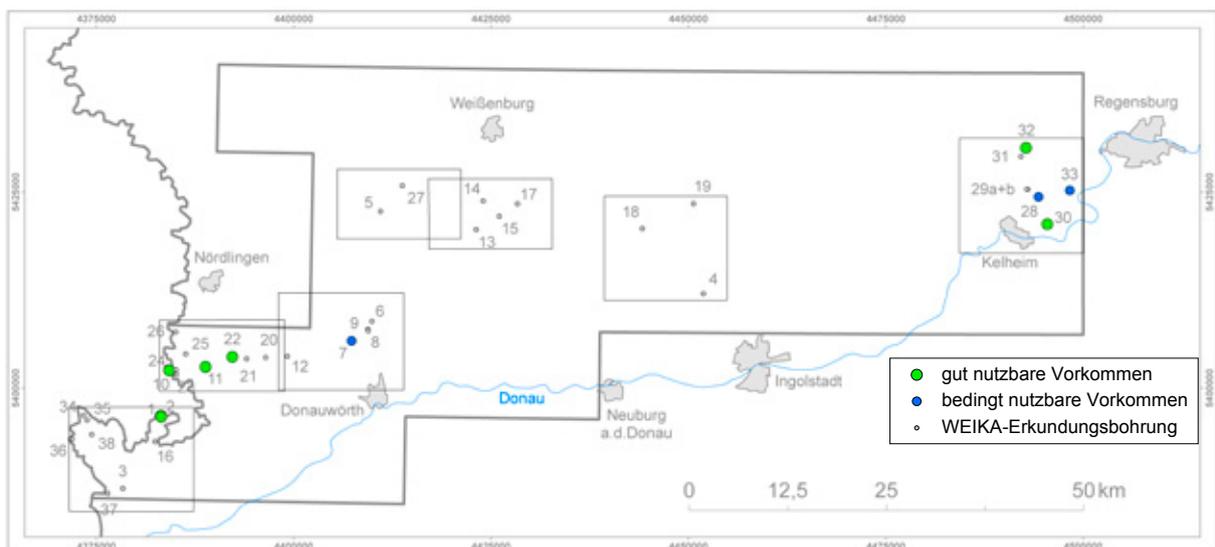


Abb. 7-1: Kartenübersicht der bewerteten Erkundungsbohrungen

8 Literatur

- ARNOLD, M. (1997): Natürliches Calciumcarbonat in gestrichenem Papier und Karton. – Omya AG, Oftringen, Schweiz.
- BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT [HRSG.] (1996A): Geologische Karte von Bayern 1 : 500 000. – München.
- BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT [HRSG.] (1979): Geologische Karte des Naturparks Altmühltal, Südliche Frankenalb 1 : 100 000. – München.
- BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, VERKEHR UND TECHNOLOGIE [HRSG.] (2002): Rohstoffe in Bayern. – 120 S., München.
- BRADO, T. (2006): Die Kolorimetrie von Licht und Farbe – Mitt. des DEV, 54(3): 44-45, Hagen.
- BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN KALKINDUSTRIE [HRSG.] (1963): Vom Kalkstein zum Kalk. – 235 S.; Wiesbaden (Bauverlag).
- DIN 5033-3 (1992): Farbmessung; Farbmaßzahlen. – 5 S., Berlin (Beuth).
- DOBNER, A., POSCHLOD, K., WAGNER, S. & WEINIG, H. (2002): Geowissenschaftliche Landesaufnahme in der Planungsregion 10 Ingolstadt. Erläuterungen zur Rohstoffgeologischen Karte 1 : 100 000. – 121 S., München (Bayer. Geol. Landesamt).
- FLÜGEL, E. (2004): Microfacies of carbonate rocks. – 976 S., Berlin (Springer).
- GALL, H. (1971): Erläuterungen zur Geologischen Karte, Blatt Wittislingen. – 186 S., München.
- HÜTTNER R., SCHMIDT-KALER, H. (1999): Die Geologische Karte des Rieses 1 : 50 000. (2., überarbeitete Auflage). Erläuterungen zu Erdgeschichte, Bau und Entstehung des Kraters sowie zu den Impaktgesteinen. - *Geologica Bavarica*, 104, S. 7-76, – München.
- JUNG, D. (2010): Bisher unbekanntes Vorkommen Solnhofener Plattenkalke durch Erkundungsbohrung entdeckt. – *Geo-Newsletter Bayern* Nr. 9 (Kap. 1.2) vom 27.04.2010. Online im Internet: URL: www.lfu.bayern.de/geologie/geoforum/geo_newsletter/doc/geonewsletter9_2010.pdf (Zugang 01.08.2012)
- KIMMIG, B. (2000): Bestandsaufnahme zur Verbreitung und Lithofazies von Vorkommen hochreiner Kalksteine auf der östlichen und mittleren Schwäbischen Alb zu Zwecken der Rohstofferkundung – 145 S., Tübingen (unveröffentlicht).
- KÜHNEL, W. (1972): Nutzbare Mineralien. – 232 S., München (Goldmann).
- LORENZ, W. & GWOSDZ, W. (1998): Bewertungskriterien für Industriemineralien, Steine und Erden. Teil 2: Karbonat- und Sulfatgesteine.- *Geol.Jb.*, H 4: 3 – 97, Hannover.
- MEYER, R.K.F., SCHMIDT-KALER H. (1983): Erdgeschichte sichtbar gemacht, Ein geologischer Führer durch die Altmühlalb. – 260 S., München.

OMYA (2010A): Papier.- Online im Internet: URL:

www.omya.com/C12574C800504229/vwWebPagesByID/82AA07FC34257E4FC1257553004C56DF (Zugang 01.08.2012)

OMYA (2010B): Füllstoffe.- Online im Internet: URL:

www.omya.com/C12574C800504229/vwWebPagesByID/F7C5AA1407D08CB2C1257553004C56EE (Zugang 01.08.2012)

OMYA (2010c): Streichpigmente.- Online im Internet: URL:

www.omya.com/C12574C800504229/vwWebPagesByID/F3878431D7EF8088C1257553004C56FB (Zugang 01.08.2012)

SCHMIDT-KALER, H. (1979): Geologische Übersichtskarte 1 : 100 000 Naturpark Altmühltal/Südl. Frankenalb mit Kurzerläuterungen auf der Kartenrückseite. – München

WERNER, W., KIMMIG, B., LIEDTKE, M., KESTEN, D., KLEINSCHNITZ, M., BRASSE, A. & TRAPP, C. (2006): Rohstoffbericht Baden-Württemberg 2006 - Gewinnung, Verbrauch und Sicherung von mineralischen Rohstoffen. – LGRB-Informationen 18: 201 S., Freiburg i. Br.

Für die Grafiken wurden neben der Geologischen Karte 1 : 50 000 des Nördlinger Rieses (HÜTTNER & SCHMIDT-KALER, 1999) und der Geologischen Übersichtskarte 1 : 100 000 Naturpark Altmühltal/Südl. Frankenalb (Schmidt-Kaler, 1979) folgende Geologische Karten 1 : 25 000 verwendet

Blatt Nr.

- 6937 Laaber
- 7030 Wolferstadt
- 7031 Treuchtlingen
- 7033 Titting
- 7037 Kelheim
- 7134 Gaimersheim
- 7228 Neresheim-Ost (Baden-Württemberg)
- 7327 Giengen a. d. Brenz (Baden-Württemberg)
- 7328 Wittislingen

Verwendete und weiterführende Internetseiten (Stand 08/2012):

- www.fels.de (Fels-Werke GmbH, Goslar)
- www.calcitsh.de (Schön + Hippelein GmbH & Co. KG, Heidenheim-Waibertal)
- www.kalk.de (Bundesverband der Deutschen Kalkindustrie e.V., Köln)
- www.maerker-gruppe.de (Märker Holding GmbH, Harburg)
- www.omya.de (Omya GmbH, Köln)
- www.schwenk.de (SCHWENK Zement KG, Ulm)

Die Bohrkern- und Rohstoff-Analysezentrums des Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU) in Hof gelagert und können insbesondere für Rohstoffbelange und wissenschaftliche Fragestellungen eingesehen und weiterbearbeitet werden. Die Analysenergebnisse sind im BY-BIS (Bayerisches Bodeninformationssystem, Internetseite www.bis.bayern.de) bei den jeweiligen Objekten hinterlegt. Weitere Bearbeitungen wie Ergebnisse der Weißgradmessungen und Dünnschliffe können am LfU angefordert werden.

Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 2-1: Weißkalkgewinnung bei Haunsheim	6
Abb. 2-2: Naturwerksteingewinnung bei Marching	7
Abb. 2-3: Schotter- und Splittgewinnung am Hesselesberg	8
Abb. 2-4: Kalksteinbruch Saal an der Donau	8
Abb. 2-5: Schotter- und Splittgewinnung bei Wittislingen	9
Abb. 2-6: Naturwerksteingewinnung in Essing	9
Abb. 3-1: Lage des Untersuchungsgebiets	10
Abb. 3-2: Lage der Erkundungsgebiete und der einzelnen Bohrpunkte (vgl. Kap. 3.3 und 4)	11
Abb. 3-3: Weißkalk-Gesteinsbrocken	15
Abb. 3-4: Verwendetes Weißgradmessgerät (Spektralphotometer) der Firma X-Rite	16
Abb. 3-5: L*a*b*-Farbsystem (BRADO 2006)	16
Abb. 3-6: L*a*b*-Farbsystem (KIMMIG 2000)	16
Abb. 4-1: Karte Erkundungsgebiet 1, Haunsheim – Ziertheim	18
Abb. 4-2: Teilgebiet, WEIKA 1, 2 und 16	19
Abb. 4-3: Teilgebiet, WEIKA 3 und 37	20
Abb. 4-4: Teilgebiet, WEIKA 34, 35, 36 und 38	20
Abb. 4-5: Bohrkern WEIKA 1 (die Zahlen auf den Bohrkernen geben den Calcitgehalt an den entsprechenden Stellen wieder)	21
Abb. 4-6: Bohrkern WEIKA 2	22
Abb. 4-7: Anschliff WEIKA 1, 16,4 m Teufe, CaCO ₃ -Gehalt: ca. 99 %; L*: ca. 94,5; a*: ca. 0,8; b*: ca. 4,5	23
Abb. 4-8: Anschliff WEIKA 2, 16,9 m Teufe, CaCO ₃ -Gehalt: ca. 98,8 %; L*: ca. 93,9; a*: ca. 0,8; b*: ca. 6,2	23
Abb. 4-9: Anschliff WEIKA 2, 39,2 m Teufe, CaCO ₃ -Gehalt: ca. 99 %	23
Abb. 4-10: WEIKA 1, 16,4 m Teufe, CaCO ₃ -Gehalt: ca. 99 %; L*: ca. 94,5; a*: ca. 0,8; b*: ca. 4,5; Ooid- / Peloid-Kalkstein	24

Abb. 4-11: WEIKA 1, 27,5 m Teufe, CaCO ₃ -Gehalt: ca. 99 %; L*: ca. 95; a*: ca. 0,6; b*: ca. 4,9; Rekristallisierter feinkörniger Calcit	24
Abb. 4-12: WEIKA 1, 33,5 m Teufe, CaCO ₃ -Gehalt: ca. 99 %; L*: ca. 95,2; a*: ca. 0,8; b*: ca. 5,3; Sparit / Rekristallisierter Calcit	24
Abb. 4-13: WEIKA 1, 45,5 m Teufe, CaCO ₃ -Gehalt: ca. 98,5 %; L*: ca. 95; a*: ca. 0,8; b*: ca. 6,1; Sparit	24
Abb. 4-14: WEIKA 1, 52,2 m Teufe, CaCO ₃ -Gehalt: ca. 99 %; L*: ca. 93; a*: ca. 1; b*: ca. 7,3; Rekristallisierter Calcit	24
Abb. 4-15: WEIKA 1, 65,7 m Teufe, CaCO ₃ -Gehalt: ca. 98,5 %; L*: ca. 95; a*: ca. 0,9; b*: ca. 6,9; Rekristallisierter Calcit	24
Abb. 4-16: WEIKA 2, 6,4 m Teufe, CaCO ₃ -Gehalt: ca. 98,8 %; L*: ca. 96; a*: ca. 0,4; b*: ca. 3,6	25
Abb. 4-17: WEIKA 2, 16,9 m Teufe, CaCO ₃ -Gehalt: ca. 98,8 %; L*: ca. 93,9; a*: ca. 0,8; b*: ca. 6,1	25
Abb. 4-18: Karte Erkundungsgebiet 2, Forheim - Mönchsdeggingen	26
Abb. 4-19: Teilgebiet, WEIKA 26	26
Abb. 4-20: Teilgebiet, WEIKA 10, 23, 24 und 25	27
Abb. 4-21: Teilgebiet, WEIKA 11	28
Abb. 4-22: Teilgebiet, WEIKA 21 und 22	29
Abb. 4-23: Teilgebiet, WEIKA 12 und 20	30
Abb. 4-24: Bohrpunktfestlegung WEIKA 20, 21 und 22	31
Abb. 4-25: Bohrpunktfestlegung WEIKA 23, 24 und 25	31
Abb. 4-26: Bohrkerne WEIKA 11	32
Abb. 4-27: Bohrkerne WEIKA 22, 0 bis 50 m	33
Abb. 4-28: Bohrkerne WEIKA 22, 50 bis 100 m	34
Abb. 4-29: Bohrkerne WEIKA 24	35
Abb. 4-30: Anschliff WEIKA 24, 45,5 m Teufe, CaCO ₃ -Gehalt: ca. 100 %; L*: ca. 93,5; a*: ca. 0,6; b*: ca. 6	36
Abb. 4-31: WEIKA 24, 22,2 m Teufe, CaCO ₃ -Gehalt: ca. 100 %; L*: ca. 94,2; a*: ca. 0,8; b*: ca. 5,7	36

Abb. 4-32: WEIKA 24, 25,6 m Teufe, CaCO ₃ -Gehalt: ca. 99,7 %; L*: ca. 93,3; a*: ca. 1,3; b*: ca. 6,5	36
Abb. 4-33: WEIKA 24, 28,2 m Teufe, CaCO ₃ -Gehalt: ca. 100 %; L*: ca. 94,7; a*: ca. 0,6; b*: ca. 6,3	36
Abb. 4-34: WEIKA 24, 38,5 m Teufe, CaCO ₃ -Gehalt: ca. 100 %; L*: ca. 95,8; a*: ca. 0,4; b*: ca. 3,9	36
Abb. 4-35: WEIKA 24, 45,5 m Teufe, CaCO ₃ -Gehalt: ca. 100 %; L*: ca. 93,5; a*: ca. 0,6; b*: ca. 6	37
Abb. 4-36: WEIKA 24, 61,2 m Teufe, CaCO ₃ -Gehalt: ca. 100 %; L*: ca. 93,9; a*: ca. 0,6; b*: ca. 6,7	37
Abb. 4-37: Karte Erkundungsgebiet 3, Mündling - Sulzdorf	37
Abb. 4-38: Kalksteinbruch am Bräunlesberg (ca. 1 km südwestlich des Steinbruchs Harburg)	38
Abb. 4-39: Teilgebiet, WEIKA 6, 7, 8 und 9	39
Abb. 4-40: Bohrkern WEIKA 7	40
Abb. 4-41: Anschliff Dolomit (aus WEIKA 7, 27,7 m Teufe), CaCO ₃ -Gehalt: ca. 47 %; L*: ca. 93,4; a*: ca. 0,6; b*: ca. 4,4	41
Abb. 4-42: Karte Erkundungsgebiet 4, Wolferstadt - Auernheim	41
Abb. 4-43: Teilgebiet, WEIKA 5	42
Abb. 4-44: Teilgebiet, WEIKA 27	42
Abb. 4-45: Karte Erkundungsgebiet 5, Pappenheim	43
Abb. 4-46: Teilgebiet, WEIKA 13	43
Abb. 4-47: Teilgebiet, WEIKA 17	43
Abb. 4-48: Teilgebiet, WEIKA 14 und 15	44
Abb. 4-49: Karte Erkundungsgebiet 6, Eichstätt Ost	45
Abb. 4-50: Teilgebiet, WEIKA 4	46
Abb. 4-51: Teilgebiet, WEIKA 18	46
Abb. 4-52: Teilgebiet, WEIKA 19	46
Abb. 4-53: Karte Erkundungsgebiet 7, Kelheim - Nittendorf	47

Abb. 4-54: Teilgebiet, WEIKA 31 und 32	48
Abb. 4-55: Teilgebiet, WEIKA 28, 29a und 29b	49
Abb. 4-56: Teilgebiet, WEIKA 30	50
Abb. 4-57: Teilgebiet, WEIKA 33	50
Abb. 4-58: Steinbruch Saal an der Donau	50
Abb. 4-59: Bohrkerne WEIKA 28	51
Abb. 4-60: Bohrkerne WEIKA 30	52
Abb. 4-61: Bohrkerne WEIKA 32	53
Abb. 4-62: Bohrkerne WEIKA 33	54
Abb. 4-63: Anschliff WEIKA 33, 58,2 m Teufe, CaCO ₃ -Gehalt: ca. 100 %; L*: ca. 95; a*: ca. 0,3; b*: ca. 3,9	55
Abb. 4-64: b* zu Fe ₂ O ₃ bei reinen Kalken	57
Abb. 4-65: Calcit zu L* (= Helligkeit) bei reinen Kalken	57
Abb. 5-1: Selektiv gewonnener Weißkalk	58
Abb. 6-1: Naturwerkstein-Gewinnung in Essing bei Kelheim.	61
Abb. 7-1: Kartenübersicht der bewerteten Erkundungsbohrungen	66

Verzeichnis der Tabellen

Tab. 2-1: Koordinaten der Abbau lokalitäten in denen Massenkalken bzw. Riffschuttkalke anstehen	7
Tab. 3-1: Aufstellung der im Untersuchungsgebiet liegenden Regierungsbezirke auf folgenden 35 TK25 – Blättern: 6929 bis 6937; 7030 bis 7037; 7130 bis 7137; 7227 bis 7232; 7327 bis 7330	11
Tab. 3-2: Allgemeine Bohrdaten	12
Tab. 3-3: Liste der Erkundungsbohrungen	13
Tab. 4-1: Analysenwerte	56
Tab. 5-1: Kurzbeschreibung aller Bohrungen	59
Tab. 5-2: Nutzbares Potenzial	60
Tab. 6-1: Alternativer Verwendungszweck	65

