



Rohstoffsicherungskonzept Hessen

Fachbericht Kalk- und Zementrohstoffe



Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie
www.hlug.de



Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz
www.hmulv.hessen.de



Umweltallianz Hessen - Bündnis für nachhaltige Standortpolitik –
www.umweltallianz.de

Vorwort

Der vorliegende Fachbericht Kalk- und Zementrohstoffe wurde von der Projektgruppe Rohstoffsicherungskonzept Hessen unter Federführung des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (HLUG) verfasst. Er ist integraler Bestandteil des im Rahmen der Hessischen Umweltallianz von Verwaltung und Industrie gemeinsam erarbeiteten Rohstoffsicherungskonzeptes, das insgesamt aus folgenden Bausteinen besteht:

1. Rohstoffsicherung in Hessen (allgemeiner Teil)
2. Fachbericht Gipsrohstoffe
- 3. Fachbericht Kalk- und Zementrohstoffe**
4. Fachbericht Natur- und Naturwerksteine
5. Fachbericht Sand und Kies
6. Fachbericht Tonrohstoffe
7. Karte Rohstoffsicherung
8. Faltblatt „Wege zur Versorgung mit mineralischen Rohstoffen“

Auf der Website des HLUG können die Bausteine 1 – 6 eingesehen und von dort heruntergeladen werden:

(www.hlug.de/medien/geologie/rohstoffe/rohstoffsicherungskonzept/index.html)

Zu den Bausteinen 1-6 wurden zudem rohstoffgeologische Themenkarten im Übersichtsmaßstab 1:300.000 erstellt, die beim HLUG erhältlich sind. Die Karte Rohstoffsicherung wird digital blattschnittfrei in den Maßstäben 1:25.000 und 1:100.000 beim HLUG geführt und laufend fortgeschrieben. Das Faltblatt „Wege zur Versorgung mit mineralischen Rohstoffen“ liegt in gedruckter Form vor und kann beim HLUG angefordert werden.

Inhalt

	Seite
1. Einleitung und Begriffsbestimmung	6
2. Lage	10
3. Untersuchungsstand	10
4. Geologie und Mineralogie	12
5. Eigenschaften und Qualitätskriterien	12
5.1. Gesteinskörnungen für Beton, Mörtel und Asphalt	12
5.2. Verkehrswegebau	14
5.3 Verwendung in der Zement-, Kalk- und chemischen Industrie	15
5.3.1. Kalk (ungebrannter und gebrannter Kalkstein)	17
5.3.2. Zement	18
5.4. Naturwerksteine	21
6. Abbausituation und Verwendung	22
7. Vorräte und Rohstoffsicherung	22
7.1. Konkurrierende Nutzungsansprüche	22
7.1.1. Natura 2000-Flächen	22
7.1.2. Naturdenkmäler/Freizeitnutzung	23
7.1.3. Grundwasserschutz	25
7.1.4. Bebauung	25
7.2. Beispiel: Lösungsansatz einer nachhaltigen planerischen Rohstoffsicherung	25
8. Transportlage	26
9. Volkswirtschaftliche Bedeutung und Stoffströme	26
10. Folgenutzung	27
11. Substitution und Recycling	28
12. Vorkommen von Karbonatgesteinen in Hessen	30
12.1. Devonische Massenkalksteine des Rheinischen Schiefergebirges	30
12.1.1. Lage	

12.1.2. Untersuchungsstand	
12.1.3. Geologie und Mineralogie	
12.1.4. Eigenschaften und Qualitätskriterien	
12.1.5. Abbausituation und Verwendung	
12.1.6. Vorräte und Rohstoffsicherung	
12.1.7. Transportlage	
12.1.8. Volkswirtschaftliche Bedeutung und Stoffströme	
12.2. Kalk- und Dolomitsteine des Zechsteins in Nord- und Südhessen	33
12.2.1. Lage	
12.2.2. Untersuchungsstand	
12.2.3. Geologie und Mineralogie	
12.2.4. Eigenschaften und Qualitätskriterien	
12.2.5. Abbausituation und Verwendung	
12.2.6. Vorräte und Rohstoffsicherung	
12.2.7. Transportlage	
12.2.8. Volkswirtschaftliche Bedeutung und Stoffströme	
12.3. Kalksteine des Muschelkalks in Ost- und Nordhessen	36
12.3.1. Lage	
12.3.2. Untersuchungsstand	
12.3.3. Geologie und Mineralogie	
12.3.4. Eigenschaften und Qualitätskriterien	
12.3.5. Abbausituation und Verwendung	
12.3.6. Vorräte und Rohstoffsicherung	
12.3.7. Transportlage	
12.3.8. Volkswirtschaftliche Bedeutung und Stoffströme	
12.4. Kalksteine des Tertiärs im Raum Wiesbaden/Hochheim	40
12.4.1. Lage	
12.4.2. Untersuchungsstand	
12.4.3. Geologie und Mineralogie	
12.4.4. Eigenschaften und Qualitätskriterien	
12.4.5. Abbausituation und Verwendung	
12.4.6. Vorräte und Rohstoffsicherung	

12.4.7. Transportlage

12.4.8. Volkswirtschaftliche Bedeutung und Stoffströme

13. Literatur **43**

14. Nützliche Websites **44**

1. Einleitung und Begriffsbestimmung

Karbonatrohstoffe sind nach Natur- und Naturwerksteinen sowie den Sanden und Kiesen die dritt-wichtigste Rohstoffgruppe in Hessen. Sie sind für die Herstellung vieler Konsum- und Investiti-onsgüter unverzichtbar. Einerseits fungieren Karbonate als bedeutende Baurohstoffe, andererseits sind sie aufgrund ihres Kalzium- bzw. Magnesiumkarbonatanteiles und ihrer chemischen Reakti-onsfähigkeit wichtige Grundstoffe für verschiedene Industriezweige, wie die Zementindustrie, die chemische Industrie sowie die Stahl-, Glas-, Papier-, Kunststoff-, Kosmetik- und Lebensmittelin-dustrie. Die Land- und Forstwirtschaft benötigt Kalkstein und den daraus durch Brennen hergestell-ten Kalk als natürliches Düngemittel und für Schutzmaßnahmen, so z.B. zur Wald- und Teichkal-kung [1].



Abb. 1: Kalkstein im Steinbruch Großenlüder-Müs

Kalk ist das bedeutendste Bindemittel in der Baugeschichte. Seit Tausenden von Jahren schon ver-ändert der Mensch Kalkstein durch Brennen, „löscht“ diesen Branntkalk mit Wasser und verwendet ihn, um Mörtel für Mauerwerke und Putze herzustellen, oder nutzt den Rohstoff für Kalkanstriche und Wandmalereien. Immer wieder versuchte der Mensch auch dieses Material durch Zusätze wei-ter zu verbessern. Die Herstellungstechniken haben sich daher durch die Jahrhunderte stark verän-dert.

In Hessen finden Karbonatgesteine überwiegend in der Bauindustrie, als gebrochener Naturstein in Form von Splitt und Schotter oder als Rohstoff zur Kalk- und Zementproduktion Verwendung. Hessische Karbonatrohstoffe sind darüber hinaus ein wichtiger Grundstoff für großtechnische Pro-zesse der Eisen- und Stahlindustrie, der Feuerfest- und der chemischen Industrie sowie zur Herstel-lung von Düngekalk und zur Bodenverbesserung. Dagegen haben Karbonatgesteine als bearbeitba-rer Werkstein (Naturwerkstein), wie der bekannte „Lahnmarmor“, der sogar im Empire State Buil-

ding (1930-31, Abb. 2) zur Innenauskleidung verarbeitet wurde, derzeit keine Bedeutung in Hessen.



Abb. 2: „Lahnmarmor“ im Empire State Building, New York. Quelle: [2]

In Hessen entstanden Karbonatgesteine während überwiegend mariner Phasen in der Erdgeschichte, nämlich im Devon und Karbon, Zechstein, Muschelkalk und Keuper sowie im Tertiär-Zeitalter. Lagerstätten von Karbonatgesteinen sind aufgrund der differenzierten Geologie Hessens einerseits im Landesmaßstab dezentral verteilt, andererseits regional konzentriert. Aktuelle Abbauschwerpunkte liegen in Nordosthessen, dem Lahn-Dill-Gebiet und bei Wiesbaden. Ein breiter Streifen in der Mitte Hessens von Viernheim im Süden über Frankfurt und Kassel bis Karlshafen ist dagegen praktisch frei von oberflächennahen, ökonomisch nutzbaren Karbonatgesteinen.

Als **Karbonatgesteine** werden Gesteine bezeichnet, die überwiegend aus dem Mineral Kalzit bzw. Kalkspat (CaCO_3) und/oder Dolomit [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$] bestehen. Es zählen auch Gesteine mit tonigen und sandigen Beimengungen dazu.

Kalkstein besteht zu mindestens 80% aus dem Mineral Kalzit (CaCO_3). Es ist vorwiegend biogener Kalzit in Form von Schalen- oder Skelettresten oder von deren fein- bis feinstkörnigen Zerreibseln, oft unter Beteiligung von gelöstem und wiederausgefälltem Kalzit. Vielfach haben die Kalksteine Verunreinigungen oder Beimengungen von Ton, Schluff, oder Quarzsand. Höhere Tonbeimengungen leiten zu Mergelsteinen über.

Für die Klassifikation von Kalksteinen nach ihrer Reinheit gibt es keine einheitliche deutsche Nomenklatur. In der angelsächsischen Literatur unterscheidet man nach dem prozentualen CaCO_3 -Gehalt:

Tab. 1: Einteilung der Kalksteine nach ihrer Reinheit an CaCO_3 [3]

Kalksteine mit sehr hochreiner Reinheit	> 98,5%
Kalksteine mit hoher Reinheit	97,0 – 98,5%
Kalksteine mit mittlerer Reinheit	93,5 – 97%
Kalksteine mit geringer Reinheit	85 – 93,5%
Unreine Kalksteine	< 85%

Die karbonatischen Ablagerungen erfuhren während der Gesteinsbildung (Diagenese) neben einer Verdichtung häufig eine Zementation (Abb.3) der Porenräume mit unterschiedlichen Bindemitteln, Veränderungen der mineralogischen Zusammensetzung sowie Umkristallisationen des Mineralgefüges [4].



Abb. 3: Devonischer Massenkalk (Lahnmarble): Kalkstein mit Überresten von Koloniebildnern (Herkunft: Villmar; Handelsname: Unika [5])

Unter hohen Druck- und Temperaturbedingungen umkristallisiertes Karbonatgestein gehört zu den metamorphen Gesteinen und wird als **Marmor** bezeichnet, nicht zu verwechseln mit dem Handelsbegriff „Marmor“ wie z.B. dem „Lahnmarble“, bei dem es sich lediglich um polierfähigen Kalkstein handelt. Echter Marmor kommt im kristallinen Odenwald vor, hat aber heute keine wirtschaftliche Bedeutung mehr.

Ihre Komplexität ist der Grund für die sehr vielfältige und eher unübersichtliche geologische Klassifikation und Nomenklatur von Kalksteinen. Man kann sie nach *Gefügemerkmalen* z.B. in Knol-

lenkalke, Wellenkalke, Schaumkalke, Massenkalk, wohlgebankte Kalke einteilen, nach der *Farbe* z.B. als Gelbkalk oder dem *Geruch* z.B. als Stinkkalk, oder nach *Art und Anteil der Beimengungen* anderer Stoffe wie z.B. Ton sowie nach ihrem *geologischen Bildungsraum* z.B. als Riffkalk bezeichnen. Es bestehen weiterhin Gliederungs- und Benennungsschemata z.B. nach Partikelgröße, der Partikelart (z.B. Ooide, Pelloide, Intraklasten), der Korngröße der die Partikelhohlräume ausfüllenden oder umkristallisierter Minerale (mikritisch = feinkörnig = < 0,004 mm; sparitisch = grobkörnig/spätig = 0,005 - 0,05 mm) u.s.w.

Hauptbestandteil von **Dolomitstein** ist Dolomit $[CaMg(CO_3)_2]$. Dolomitsteine sind zumeist sekundär aus Kalksteinen durch Zufuhr magnesiumhaltiger Lösungen unter Verdrängung von Kalzium entstanden. Sie enthalten vielfach Beimengungen von reliktischem Kalzit sowie Ton, Schluff, oder Sand. Die Dolomitisierung von Kalksteinkomplexen erfolgt zumeist über Kluftsysteme und Störungen. Durch Verwitterung erscheinen solche Gesteine oftmals zellig, porig oder kavernös und neigen zu sandig-grusigem Zerfall. Zwischen reinen Kalk- und Dolomitsteinen gibt es alle Übergangsformen.

Kalksteine brausen im Gegensatz zu Dolomitstein schon mit kalter, verdünnter Salzsäure unter Entwicklung von Kohlendioxid stark auf und können so einfach identifiziert werden. Die Stärke der Kohlendioxidentwicklung kann ein Hinweis auf die Höhe des Kalzitanteils sein, doch reagieren feinkörnige Kalksteine heftiger als grobkörnige.

Als **Mergelsteine** werden hier vereinfacht alle Gesteinstypen der Kalkstein-Tonstein-Mischreihe mit Ausnahme der reinen Endglieder zusammengefasst. Alle in Abb. 4 aufgeführten Gesteine werden in der Zementproduktion eingesetzt. Auch zu Dolomiten gibt es Übergänge.

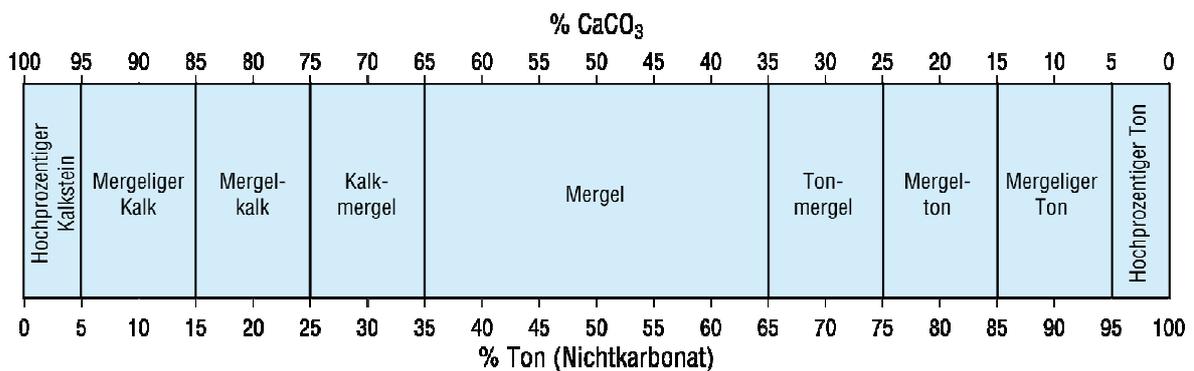


Abb. 4: Kalkstein-Ton-Mischreihe

2. Lage

Wirtschaftlich nutzbare Karbonatgesteine sind dezentral über Hessen mit Schwerpunkt in Nordhessen verteilt. Ein breiter Nord-Süd-Streifen von Viernheim bis Bad Karlshafen ist praktisch frei von Karbonatrohstoffen (Abb. 5).

Devonische sog. Massenkalks hoher Reinheit kommen im Rheinischen Schiefergebirge zwischen Limburg und Gießen vor und sind die geologisch ältesten nutzbaren Karbonatgesteine in Hessen. Lagerstätten der Zechsteinzeit treten im Raum Korbach sowie in Nordosthessen zwischen Witzenhausen und Sontra auf, die der Muschelkalkzeit nordwestlich Kassel, nördlich Hünfeld sowie in zahlreichen schmalen tektonischen Gräben Nordhessens, wo die ehemals flächenhaft verbreiteten Kalksteine durch Absenkung der Erosion und Abtragung entgangen sind. Tertiärzeitliche Kalksteine mit Qualitäten für die Zementherstellung treten nur im Raum Wiesbaden auf.

3. Untersuchungsstand

Bei der Erkundung von Karbonatgesteinen ist nicht nur die Bestimmung von Qualität, Vorräten und Abraumüberdeckung das Ziel, sondern auch das Erkennen von Schwankungen in der chemischen Zusammensetzung und andere Inhomogenitäten im Gestein wie z.B. sekundäre Veränderungen durch Dolomitisierung und Verkarstungsstrukturen. Letztere haben Einfluss auf die hydrogeologische Situation und stellen einen Risikofaktor für den Abbau dar.

Bei der Exploration von Kalksteinlagerstätten werden zur Ermittlung von Abraummächtigkeit und Verkarstungshohlräumen auch geophysikalische Methoden (Seismik, Georadar, Geoelektrik) eingesetzt. Für Untersuchungen der chemischen Zusammensetzung und der physikalischen Eigenschaften des Rohstoffs ist hingegen die Gewinnung von Proben durch Kernbohrungen unverzichtbar.

Die hessischen Abbaustellen und ihre angrenzenden Lagerstättenteile sind im Allgemeinen gut erkundet, dies gilt insbesondere für die nur im Raum Wiesbaden-Flörsheim abbauwürdigen tertiärzeitlichen Karbonatgesteine. Defizite gibt es noch in einigen Lagerstätten der devonischen Massenkalks und Zechstein-Karbonate. Größerer Erkundungsbedarf besteht insbesondere noch in den flächenmäßig größeren Muschelkalkarealen.

**Hessisches Landesamt
 für Umwelt und Geologie**



**Übersichtskarte der Kalk- und
 Zementrohstoffe in Hessen**
 (einschließlich Karbonat-
 gesteine als Baurohstoffe)

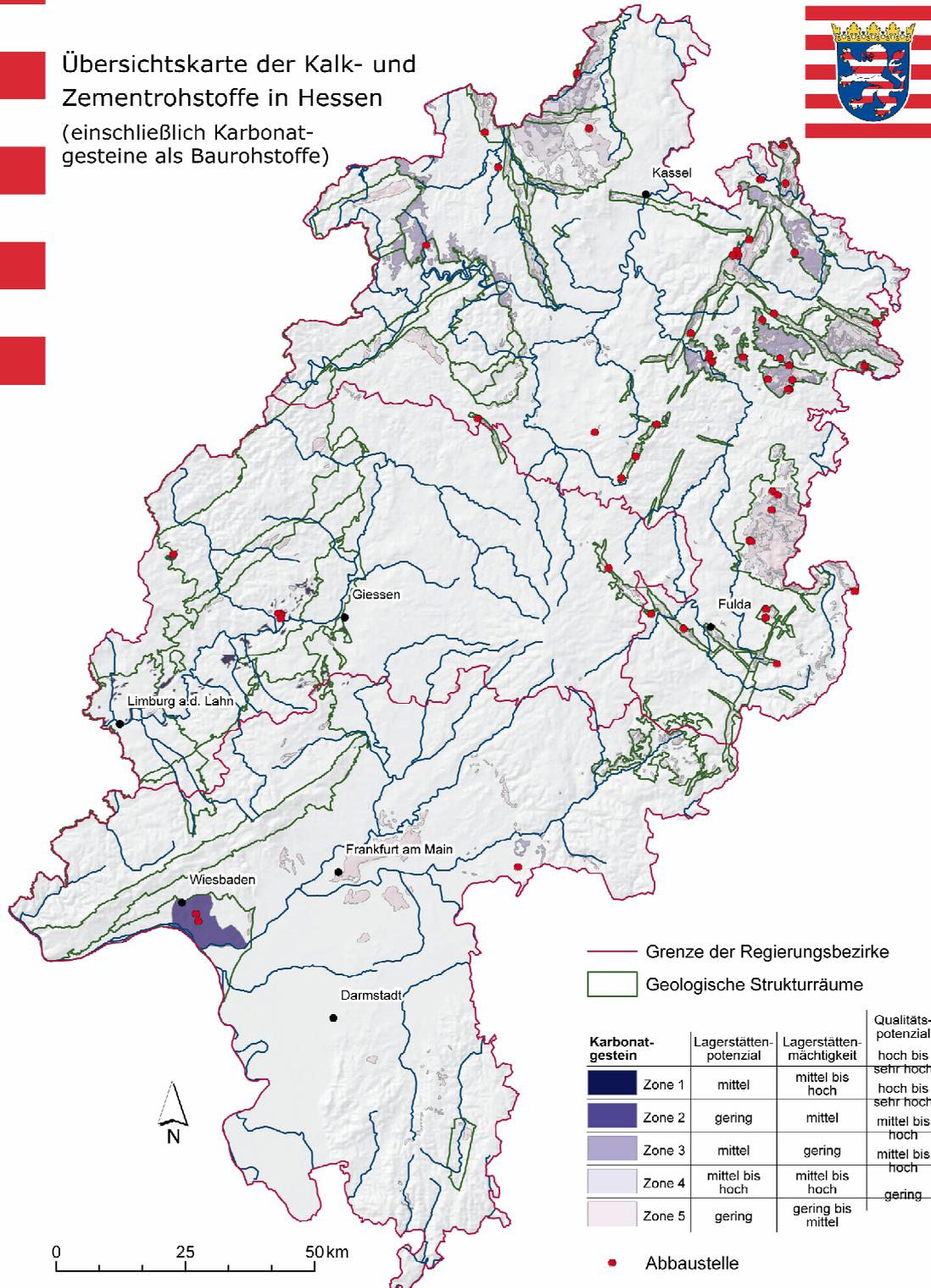


Abb. 5: Übersichtskarte der Kalk- und Zementrohstoffe. Die in Hessen auftretenden Karbonatgesteine werden Zonen unterschiedlicher Lagerstättenpotenziale, -mächtigkeiten und Qualitätspotenziale zugeordnet. Dargestellt sind darüber hinaus aktuelle Abbaustellen und für Karbonatgesteine wichtige, nicht weiter benannte geologische Strukturräume. Weitergehende Angaben sind der diesem Bericht zugeordneten Übersichtskarte im Maßstab 1 : 300000 zu entnehmen.

4. Geologie und Mineralogie

Auf die regional sehr unterschiedlichen geologischen und mineralogischen Charakteristika der Karbonatrohstoffe wird im *Kapitel 12* eingegangen.

5. Eigenschaften und Qualitätskriterien

Die industrielle Verwendung von Karbonatgesteinen ist aufgrund ihrer chemischen Reaktionsfreudigkeit weit gefächert. Die in Abb. 6 gezeigte Auswahl verdeutlicht, wie vielfältig ein relativ einfach aufgebauter Naturstoff durch den Menschen genutzt werden kann.

Einerseits sind Karbonatgesteine als gebrochene Natur- und bearbeitbare Naturwerksteine gesuchte Baurohstoffe, andererseits wichtige Grundstoffe für verschiedene Industriezweige, wie die chemische Industrie, sowie die Glas-, Papier-, Stahl-, Kunststoff-, Kosmetik-, Lebensmittel- und Zementindustrie. Die Land- und Forstwirtschaft sowie der Umweltschutz benötigt Kalkstein und daraus hergestellten Kalk als natürliches Düngemittel und für Schutzmaßnahmen, so z.B. zur Wald- und Teichkalkung.

Die chemische Zusammensetzung und die gesteinsphysikalischen Materialeigenschaften der während der Erdgeschichte entstandenen sehr unterschiedlichen Karbonatgesteine bestimmen deren industriellen Einsatzbereich. Das gilt insbesondere für ihren Karbonat- und den Ton-Gehalt. Je höher beispielsweise der CaCO_3 -Anteil ist, desto höher ist in der Regel auch die Qualität des Rohstoffs. Da die Materialqualitäten im Steinbruch mitunter sehr heterogen sein können, ist es aber nicht verwunderlich, dass Karbonatgesteine einer bestimmten Lagerstätte sehr unterschiedlichen Verwendungszwecken dienen können.

Der „geologische Fingerabdruck“ einer Lagerstätte für spezielle industrielle Verwendungen verliert jedoch zunehmend an Bedeutung, da Produkte aufgrund steigender technischer Anforderungen teilweise aus Karbonatrohstoffen verschiedener Lagerstätten hergestellt werden müssen. In den folgenden Abschnitten wird auf die Qualitätskriterien wichtiger Verwendungsbereiche näher eingegangen.

5.1. Gesteinskörnungen für Beton, Mörtel und Asphalt

Karbonatgesteine werden als Gesteinskörnung zur Herstellung von Beton und Mörtel sowie als Asphaltzuschlag verwendet. Wegen ihrer für die Verarbeitung günstigen, näherungsweise kubischen Kornform werden bevorzugt zweimal gebrochene Gesteine, sogenannte Edelsplitt und Edelbrechsande, aber auch Brechsand-Splitt-Gemische und Splitt eingesetzt.

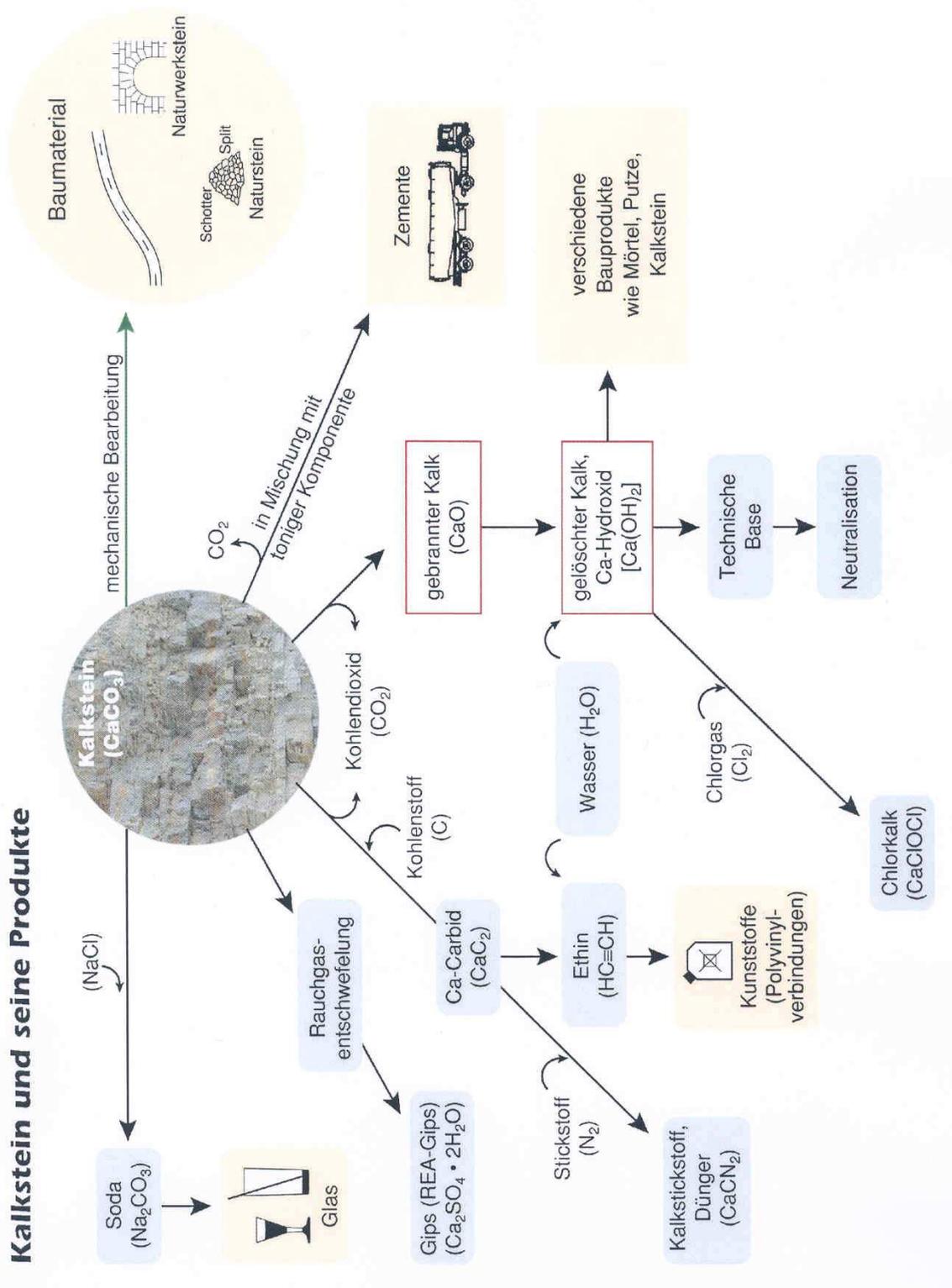


Abb. 6: Kalkstein und seine wichtigsten Verwendungsmöglichkeiten

Asphalt, ein Gemisch aus Bitumen und verschiedenen Zuschlägen, wird im Straßenbau zur Herstellung von Straßendecken eingesetzt. Die Zugabe von einfachem Kalkstein oder Kalkhydrat in Form von Gesteinsmehlen (Füller) reduziert das Quellen und den Zugfestigkeitsverlust des Asphalts und kann so die Dauerhaftigkeit vergrößern. Gebrochener Kalkstein wird häufig als Gesteinskörnung verwendet. Als Gesteinskörnung für Asphalt kommen nur feste und dichte Karbonatgesteine, überwiegend Kalksteine ohne tonige und mergelige Bestandteile in Betracht. Druckfestigkeit, Frostbeständigkeit sowie Art und Anteil schädlicher Bestandteile wie z.B. Sulfate, wasserlösliche Chloride und alkalilösliche Kieselsäure sind die wichtigsten Qualitätskriterien.

Gesteinsmehle dienen ferner auch als Zusatzstoffe bei der Betonherstellung. Die Verwendung von Kalksteinmehl als Zuschlag erhöht allerdings die Korrosionsanfälligkeit des Betons.

5.2. Verkehrswegebau

Gebrochene Karbonatgesteine besitzen ein weit gefächertes Anwendungsspektrum im Verkehrswegebau.

Für den *Straßen- und Wegebau* werden hauptsächlich die in Tab. 1 aufgeführten Produkte mit zugehörigen einsatzspezifischen Lieferkörnungen verwendet:

Tab.1: Einsatzbereiche von Karbonatgesteinen als Mineralstoffe im Verkehrswegebau

Produkt	Lieferkörnung(en) in mm	Einsatzbereiche
grobe Gesteinskörnung	32/45, 45/56	ungebundene und hydraulisch gebundene Tragschichten, Frostschutzschichten
	5/11, 11/22, 22/32	Gesteinskörnung für Binderschicht und Decke
feine Gesteinskörnung	0/2	Unterbeton
grobe Gesteinskörnung	2/5, 5/8, 8/11, 11/16, 16/22	Gesteinskörnung für Binderschicht und Decke
feine Gesteinskörnung	0/2	
Füller (Gesteinsmehl)	0/0,125	
Baustoffgemische	0/32, 0/45, 0/56	ungebundene und hydraulisch gebundene Tragschichten, Frostschutzschichten
Schroppen	> 56	Packlagen im Unterbau

Wegen ihrer vergleichsweise geringen Härte und großen Polierfähigkeit kommen Kalksteine als Zuschlagstoff für den Oberbeton von Betonfahrbahnen sowie für Asphalt-Deckschichten generell nicht in Frage. Die Anforderungen an Mineralstoffgemische sind in den „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Tragschichten im Straßenbau“ (ZTVT-StB 86/90) festgelegt [6]. Die zu verwendenden Karbonatgesteine müssen den Qualitätsanforderungen der TL Min-StB 83 [7] genügen. Die Eignungsprüfungen sind in den TP Min-StB [8], die Güteüberwachungen in den RG Min-StB 83 [9] geregelt.

Im *Bahnbau* werden nur ausgesprochene Hartkalksteine (hohe Frost- und Druckbeständigkeit) als Gleisbettungsschotter (Lieferkörnung 25/65) eingesetzt. Im *Wasserbau* werden Hartkalksteine (Druckfestigkeit > 80 N/mm²) als Ufer- und Wasserbausteine sowie als Schüttsteine (Steinwurf) zur Böschungssicherung eingesetzt. Inwiefern entsprechende Produkte aus hessischen Karbonatlagern gewonnen werden ist nicht bekannt.

5.3. Verwendung in der Zement-, Kalk- und chemischen Industrie

Für die chemische Industrie i.w.S. können Kalksteine wie Dolomitsteine Verwendung finden. Dolomitsteine haben vielfach die gleichen Anwendungsbereiche wie die Kalksteine, in einzelnen Fällen sind sie aber nicht austauschbar. Insbesondere gilt dies für die Feuerfest-Industrie, z.B. bei der Auskleidung von Hochöfen. Weitere Anwendungsgebiete liegen bei der Glasherstellung, bei chemischen Prozessen, in der Weidelanddüngung und der Gewässerreinigung. In der nachstehenden Tabelle 2 sind Kalkstein und Dolomitstein in ihren Anwendungsbereichen gegenüber gestellt. Aus der Vielzahl der Anwendungsbereiche werden hier einige exemplarisch aufgeführt.

Tab. 2: Karbonatgesteine und Einsatzbereiche

Industriezweig	Kalkstein		Dolomitstein			
	ungebrannt	gebrannt	ungebrannt	teilentsäuert	vollentsäuert	gesintert
Glasindustrie	Als Kalksand zur Glasherstellung		Dolomit-Glassand als MgO-Lieferant für Glaswolle			
Hüttenindustrie (Hochofenwerk)	Splitt und Steinmehl als Zuschlagsstoff zur Roheisenherstellung (Schlackenbildner, Kühlmittel) Kalksteinmehl zur Herstellung von Feinerzpellets auf dem Sinterband	Untergeordnet Verwendung von Branntkalk als Zuschlagsstoff und Kalkhydrat auf dem Sinterband	Als Schlackenbildner zur Roheisenherstellung		Herstellung von Feinerzpellets auf dem Sinterband	Geformt (Steine) und ungeformt (basische Massen für Stampf-, Flick- und Gießmassen) zur feuerfesten Auskleidung von Schmelz-, Brenn- und Gießaggregaten
Stahlindustrie (Stahlwerk)	Untergeordnet stückiger Kalkstein zur Bewegung und Kühlung des Stahlbads	„Stahlwerkkalk“ zur Bewegung und Kühlung des Stahlbads und zur Eliminierung von Schwefel und Phosphor			In Thomas-Konverter anstelle von Branntkalk	
Landwirtschaft	Dünge- und Futterkalk	Kohlensaurer Kalk, Kohlensaurer Magnesiumkalk, Branntkalk, Mischkalk zur Regulierung des Ca-Haushalts und	Düngemittel zur Regulierung des Mg-Haushalts und des pH-Werts des Bodens		Düngemittel zur Regulierung des pH-Wert des Bodens	

Industriezweig	Kalkstein		Dolomitstein			
	ungebrannt	gebrannt	ungebrannt	teilentsäuert	vollentsäuert	gesintert
		des pH-Werts des Bodens				
Forst- und Teichwirtschaft	Düngekalk, zur Neutralisierung übersäuerter Gewässer	Schädlingsbekämpfung, pH-Wert-Regulierung				
Gerbereien, Färbereien		Gerbematerial, Textilfaservorbereitung				
Soda-Industrie	als Vorstoff zur Soda-Herstellung	zur Herstellung von Soda, Pottasche und Ätznatron				
Karbid-Industrie		zur Herstellung von Kalziumcarbid, Carbidkalk, Acetylen				
Düngemittel-Industrie	als Vorstoff zur Kalkammon- und Kalksalpeterproduktion	zur Herstellung von Kalkammonsalpeter, Kalksalpeter und Kalkstickstoff				als Hydrat zur Neutralisation von H ₂ SO ₄ -Abwässern
Petrochemische Industrie		Zur Erdöl-Raffination d.h. zur Produktion von Ölen und Schmiermitteln				
Kunststoff-, Gummi- und Farbindustrie	Als Füllstoff in gemahlener Form	Zur Herstellung von Kalkfarben, Wollastonit-synthese	als Füller in gemahlener Form			
Futtermittel-industrie	Futterkalk in gemahlener Form					
Zucker-Industrie	Kalkstein, stückig, zur Branntkalkherstellung	Hochreiner Branntkalk, Kalkmilch als Scheideschlamm			Zur Auskleidung von Brennöfen	
Zellstoff- und Papierindustrie, Kosmetik-Industrie	Ausgangsprodukt zur Herstellung von Kalziumhydrogensulfid in der Zelluloseproduktion	Hochreiner Kalkstein in gemahlener Form als Füllstoff	Hochreiner, weißer Dolomitstein in gemahlener Form als Füller und Extender			
sonstige chemische Industrie		zur Herstellung von Ammoniak, Chlorkalk und organischen Säuren				als Hydrat zur Neutralisation von H ₂ SO ₄ -Abwässern
Umweltschutz	Trinkwasseraufbereitung, Abwasserreinigung	zur Trink- und Brauchwasseraufbereitung, Kalkhydrat zur Aufhärtung, zur Abwasserreinigung (Bindung von Phosphaten, organischen Schadstoffen),		zur Wasserreinigung		

Industriezweig	Kalkstein		Dolomitstein			
	ungebrannt	gebrannt	ungebrannt	teilentsäuert	vollentsäuert	gesintert
		wirkt bakterizid, Konditionierung von Klärschlamm, Abgasreinigung mit Branntkalk und Kalkhydrat (Bildung von REA-Gips)				

5.3.1. Kalk (ungebrannter und gebrannter Kalkstein)

Verwendung findet der *ungebrannte Kalkstein* in der Eisen- und Stahlindustrie, der chemischen Industrie und bei der Glasherstellung. Bei letzterer ist eine hohe Reinheit erforderlich und Beimengungen färbender Metalloxide (Fe, Cr, Mn) sind unerwünscht. Magnesiumoxidanteile fördern hingegen den Schmelzprozess.

Der *gebrannte Kalk* wird ebenfalls in der Stahlindustrie benötigt, vorzugsweise für die Entfernung von Schwefel und Phosphor. Die Qualitätsanforderungen sind hoch, ein CaO-Gehalt von mindestens 90 % und ein Schwefelgehalt < 0,1 % werden verlangt. Weitere Abnehmer sind die chemische Industrie, bei der gebrannter Kalk zur Herstellung bestimmter Reagenzien, als Fällungsmittel und zur pH-Regulierung benötigt wird. Im Umweltschutz spielt gebrannter Kalk schon länger eine wichtige Rolle bei der Trink- und Brauchwasseraufbereitung, der Reinigung von Abwässern, der Klärschlammbehandlung oder der Reinigung von Abgasen aus Kohlekraftwerken. Im Baugewerbe werden große Mengen von gebranntem und gelöschtem Kalk für Kalksandstein, Kalkleichtbeton (Gasbeton) und als hydraulische Bindemittel für Mörtel und Edelputze benötigt. Die Landwirtschaft verbraucht Düngebranntkalk zur Bodenverbesserung und bei der Tierhaltung zur Stallhygiene. Die Qualitätsanforderungen für Düngekalke sind in der nachfolgenden Tabelle 3 aufgeführt.

Tab. 3: Qualitätsanforderungen für Düngekalke

Gruppe	Düngemitteltyp	Nährstoffgehalt	Mahlfeinheit
Kohlensäure Kalke (ungebrannt)	Kohlensaurer Kalk	CaCO ₃ +MgCO ₃ 80-95 %	97% < 3 mm und 70 % < 1 mm
	Kohlensaurer Magnesiumkalk	CaCO ₃ +MgCO ₃ mind.=> 15 % MgCO ₃	97% < 3 mm und 70 % < 1 mm
Branntkalke (gebrannt)	Branntkalk	CaO+MgO 70-95 %	97 % < 6,3 mm
	Branntkalk, körnig	CaO+MgO 70-95 %	97 % < 6,3 mm und max 5 % > 0,4 mm
	Magnesium-Branntkalk	CaO+MgO 70-90 %, darin mind. 15 % MgO	97 % < 6,3 mm
	Magnesium-Branntkalk, körnig	CaO+MgO 70-90 %, darin mind. 15 % MgO	97 % < 6,3 mm und max 5 % > 0,4 mm
Mischkalke (Mischung aus Kalkstein und Branntkalk) auch durch teilweises Brennen hergestellt	Mischkalk CaO+MgO	CaO+MgO 60-70 %	97 % < 4 mm und 50 % < 0,8 mm
	Magnesium-Mischkalk	CaO+MgO 60-70 % darin mind. 15 % MgO	97 % < 4 mm und 50 % < 0,8 mm

Kalkdünger können grundsätzlich mit anderen Düngemitteln gemischt werden (außer ammoniumhaltigen Düngemitteln), um in einem Arbeitsgang auch andere Nährstoffe ausbringen zu können. Viele dieser Produkte werden in einem freiwilligen Kontrollsystem "DLG-Güteschutz" regelmäßigen und strengen Prüfungen unterzogen. Diese Produkte sind durch das Güteschutzzeichen "Düngekalk" der DLG erkennbar.

5.3.2. Zement

Zement (lateinisch *caementum*: Bruchstein) ist ein fein gemahlenes *hydraulisches Bindemittel*, das unter Wasseraufnahme erhärtet und dann gegen Wasser stabil ist.

Grundsätzlich wird Zement wie Kalk durch Brennen gewonnen, allerdings bei deutlich höheren Temperaturen. Die wichtigsten Rohstoffe sind allgemein Kalkstein (ca. 70-80 %), Ton (ca. 20-30 %) bzw. die entsprechende Menge „unreiner Kalksteine“ der Mergel-Gruppe. In Abb. 7 sind die entsprechenden Mengenströme für die Zementproduktion in Deutschland im Jahr 2000 dargestellt. Beim Zementbrennen wird eine staubfein gemahlene Materialmischung mit durchschnittlich ca. 75% CaCO_3 in Drehrohröfen mit einer Kohle- oder Gasflamme im Gegenstromverfahren auf ca. 1450 °C erhitzt. Die Rohstoffmischung wandelt sich dabei in körnigen grauen *Zementklinker* um, der am unteren Ende des Ofens herausfällt (Abb.8). Der Zementklinker wird anschließend in Mühlen (Rohrmühlen, Vertikalmühlen) unter Zugabe von Gips, Anhydrit und ggf. weiteren Zuschlägen wie z. B. Hüttensand oder natürlichem Puzzolan zum fertigen Zement vermahlen.

Die hohe Festigkeit, die ein Zement nach dem Abbinden im Beton erreicht, ist das Ergebnis einer chemischen Reaktion, bei der sich das Wasser mit den Bestandteilen des Zementes zu nadelförmigen Kristallen umsetzt, welche sich dann miteinander verzahnen und die verschiedenen Zuschläge zu einem künstlichen Gestein verkitten. Spezialzemente werden für verschiedene Anwendungsgebiete produziert, so z.B. Weisszemente, sulfatbeständige Zemente (bei Bauteilen in sulfathaltigen Böden), oder Zement, der ein schnelleres Erhärten des Betons und somit kürzere Ausschulfristen ermöglicht sowie hitzebeständiger Tonerde-Schmelzzement. Für die Zementherstellung eignen sich in Hessen in erster Linie die tertiären Kalksteine des Mainzer Beckens. Liegt keine für die Zementherstellung ideale Rohstoffzusammensetzung in der Lagerstätte vor, muss Korrekturmateriale aus anderen Lagerstätten im geeigneten Verhältnis zugemischt werden. Für die im Wiesbadener Raum vorkommenden Tertiärkalksteine und den Muschelkalk aus dem Fuldaer Raum sind dies devonische Kalksteine aus dem Rheinischen Schiefergebirge.

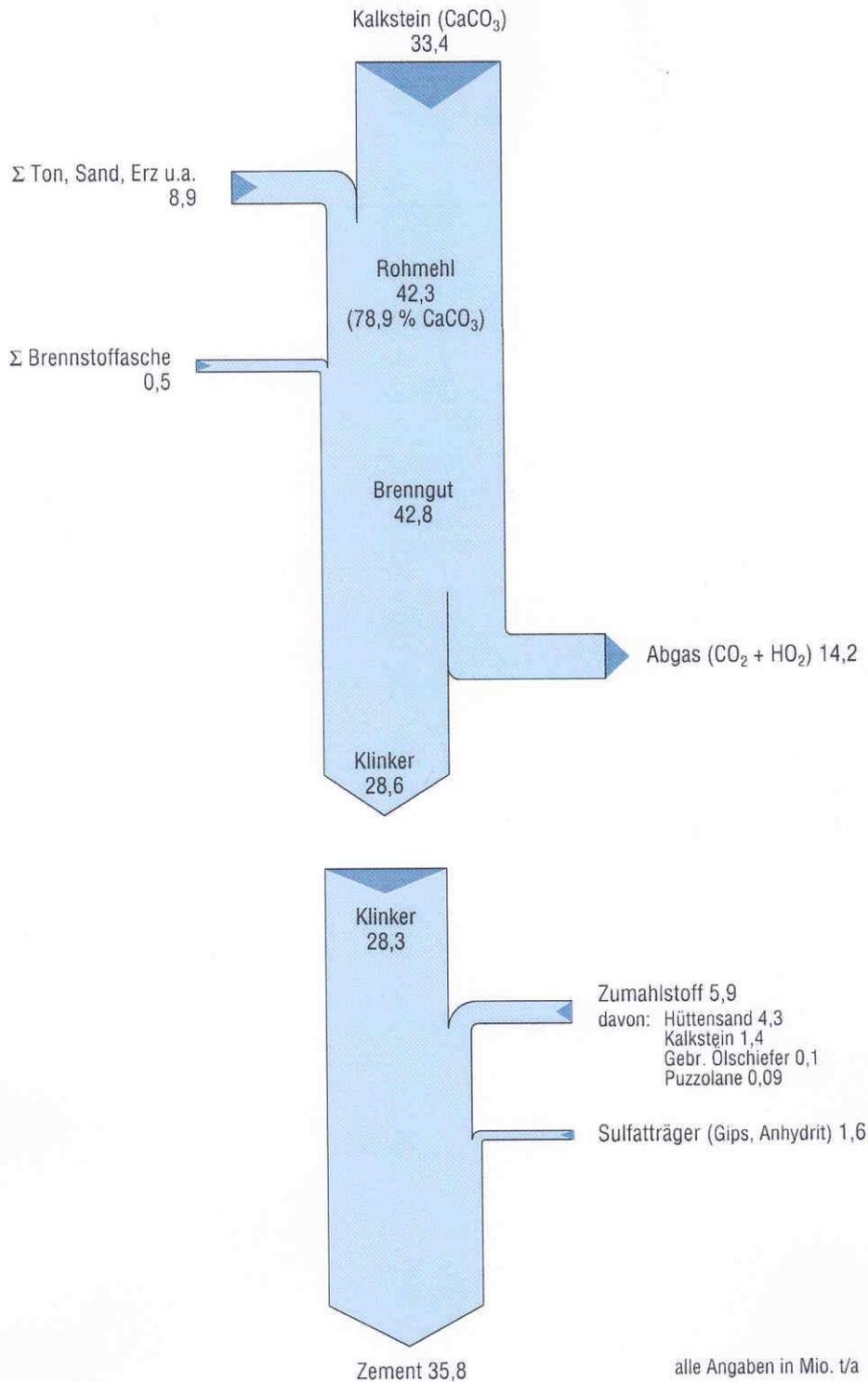


Abb. 7: Prozess der Zement-Herstellung mit den eingesetzten Roh- und Zwischenprodukten (alle Angaben in Mio. t/Jahr, verändert nach [10])

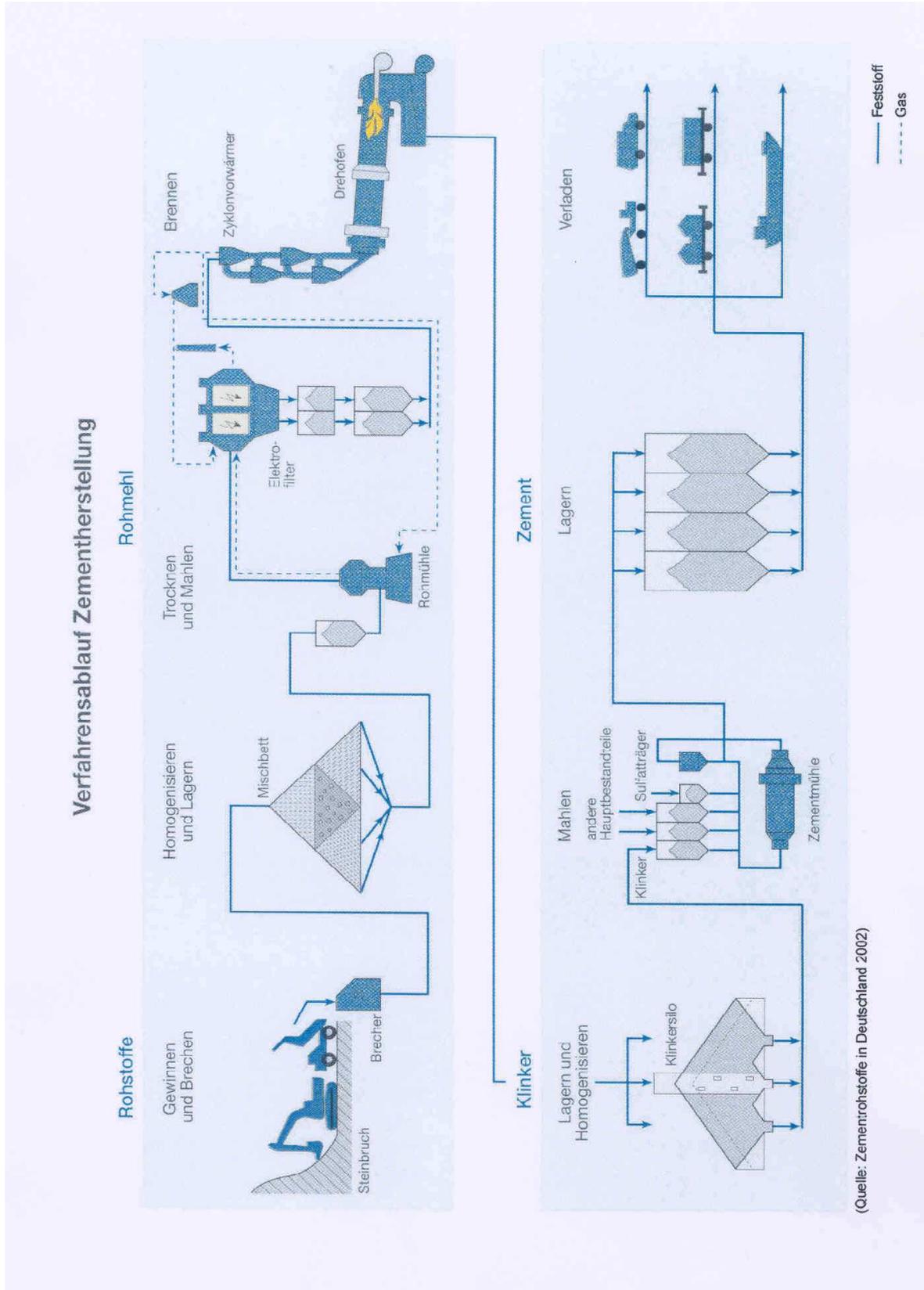


Abb. 8: Prozess der Zement-Herstellung [10]

5.4. Naturwerksteine

Karbonatgesteine finden im Außen- wie auch im Innenbereich Verwendung (Abb. 6), im Außenbereich vornehmlich als roh bearbeitete, quaderförmige Bausteine (Haus-, Mauerbau), sowie bisweilen auch als Pflastersteine. Für den Innenausbau werden diese zu feingeschliffenen und polierten Bodenbelägen, Treppen und Fensterbänken sowie zu Tischplatten verarbeitet. In der Bauindustrie werden generell nur harte und dichte Karbonatgesteine, insbesondere Kalksteine als Naturwerksteine eingesetzt.

Allgemein werden für die Verwertung von Karbonatgesteinen als Naturwerksteine hohe Qualitätsanforderungen gestellt, insbesondere hinsichtlich der:

- Gesteinsdichte (DIN 52 102)
- Frostbeständigkeit (DIN 52 104)
- Druck- und Kantfestigkeit (DIN 52 105)
- Verwitterungsbeständigkeit (DIN 52 106)
- Schlag- und Abriebfestigkeit (DIN 52 107, DIN 52 108)
- Biegefestigkeit (DIN 52 112).

Wichtige Kennwerte sind in der nachfolgenden Tabelle 4 aufgeführt.

Tab. 4: durchschnittliche geotechnische Kennwerte für Kalkstein (nach DIN 52100 u.a.)

Rohdichte	2,6 - 2,9 g/cm ³
Wasseraufnahme	0,2 - 0,6 Gew. %
Druckfestigkeit	80 - 180 N/mm ²
Biegezugfestigkeit	6 - 15 N/mm ²
Schleifabnutzung	15 - 40 cm ³ /50 cm ²

Da bei mangelnder Eignung Schäden erst nach langer Zeit sichtbar werden und besonders Karbonat-Naturwerksteine im Außenbereich erhöhten Angriffen durch Immissionen ausgesetzt sind, ist eine genaue Gesteinsprüfung erforderlich.

Geeignete Rohstoffe in Hessen sind die devonischen Massenkalksteine zwischen Limburg und Wetzlar.

6. Abbausituation und Verwendung

Spezifische Aussagen zur Abbausituation und Verwendung von Karbonatrohstoffen in einzelnen Lagerstättenregionen sind dem *Kapitel 12* zu entnehmen.

Nach Angaben des Bundesverbandes der Deutschen Kalkindustrie e.V. (BVK) liegt der Pro-Kopf-Verbrauch an ungebrannten und gebrannten Kalk- und Dolomiterzeugnissen in Deutschland bei ca. 2 t pro Jahr. Nach Schätzungen des Verbandes waren von den im Jahr 2004 in Hessen gewonnenen 16,3 Mio. t Natursteinen ca. 6,5 Mio. t Kalkstein, wovon ca. 3% in Hessen zu Branntkalk verarbeitet wurde (Branntkalkproduktion 2004: 204000 t). Hiervon wurden ca. 60000 t für die Baustoffindustrie (z.B. zur Herstellung von Kalksandstein und Porenbeton) geliefert, 50000 t gingen in den

Umweltschutz (z.B. zur Luftreinhaltung und Wasseraufbereitung), 24000 t wurden für die Eisen- und Stahlerzeugung benötigt und 18000 t für die chemische Industrie.

In den meisten hessischen Gewinnungsstellen wird Karbonatgestein für die Verwendung als gebrochener Naturstein abgebaut, einerseits als Zuschlag für die Bauindustrie, andererseits direkt für den Verkehrswegebau. Als Naturwerkstein werden Karbonatgesteine derzeit nicht abgebaut. Die früher wichtigen Brüche im Raum Limburg-Villmar liegen seit vielen Jahren still.

7. Vorräte und Rohstoffsicherung

Die geologischen Vorräte an Karbonatrohstoffen, insbesondere für gebrochenen Naturstein, sind insgesamt als langfristig ausreichend anzusehen (siehe auch [11]). Dies gilt insbesondere für die Gesteine des Unteren und Oberen Muschelkalkes. Im Gegensatz dazu sind die nutzbaren Vorräte der zementfähigen Kalksteinlagerstätten des Tertiärs mittelfristig begrenzt. Regionsbezogene Aussagen zur Vorratssituation sind dem *Kapitel 12 Regionen* zu entnehmen.

In der Karte Rohstoffsicherung (KRS) des HLUG sind ca. 8% der verzeichneten Rohstoffsicherungsflächen Kalk-, Dolomit- und Kalkmergelstein-Lagerstätten (Stand 2005). Diese 195 Flächen bedecken ca. 0,3% der hessischen Landesfläche. 69 Flächen davon sind als „Gebiete für den Abbau oberflächennaher Lagerstätten“ in der KRS ausgewiesen, entsprechend 0,027% der hessischen Landesfläche. Davon wiederum steht nur ein geringer Flächenanteil aktuell im Abbau. Nach Berechnungen der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) aus dem Jahr 2000 liegt z.B. der jährliche Flächenbedarf der deutschen Zementindustrie bundesweit bei weniger als 0,0002% der Landesfläche.

Aus den Steinbrüchen der Lagerstätte Wiesbaden wurde bisher über einen Zeitraum von 138 Jahren insgesamt mehr als 110 Mio. t Kalkstein für die Zementherstellung gewonnen. Aufgrund der Energieintensität von Zement- und Kalkwerken und damit verbundenen hohen Investitionskosten ist eine weit vorausschauende Rohstoffsicherung unabdingbar. Der Beurteilung von Lagerstättenvorräten müssen langfristige Überlegungen zu Grunde gelegt werden. Diese Zeiträume überschreiten dabei den Rahmen der heutigen und wohl auch zukünftigen Planungshorizonte in der Regional- und Landesplanung bei weitem, wodurch entsprechende Konflikte mit anderen Flächennutzungsinteressen vorgezeichnet sind.

7.1. Konkurrierende Nutzungsansprüche

7.1.1. Natura 2000-Flächen

Solche Konflikte bestehen heute vor allem im Bereich von Natura-2000-Flächen. Karbonatgesteine sind aufgrund ihrer chemisch-physikalischen Eigenschaften besondere Standorte für Fauna und Flora und den Natur- und Landschaftsschutz. So entwickeln sich beispielsweise schützenswerte Magerrasen auf flachgründigen, kalkreichen Böden auf Karbonatgesteinen. Bei Magerrasen handelt

es sich um wiesenähnliche Grünlandflächen auf nährstoffarmen, oft trockenen Böden, die sich durch einen häufig schütterten Bewuchs auszeichnen (kurze Gräser und eine große Vielfalt an schwachwüchsigen Blumen wie Küchenschelle, Silberdistel und kleinen Enzianarten). Flachgründige Kalksteinböden sind ein idealer Untergrund für einen derartigen Bewuchs. Die hier gedeihenden Pflanzenarten könnten unter den Bedingungen hohen Nährstoffangebotes nicht mehr konkurrieren. Magerrasen werden extensiv genutzt und verdanken ihre Existenz in der Regel dem wirtschaftenden Menschen. Ohne Mähen oder Beweidung durch Schafe und Ziegen würden die Flächen bald verbuschen.

Viele Bereiche mit Magerrasen sind der EU als FFH-Gebietsvorschläge gemeldet worden. Charakteristik und Schutzwürdigkeit sind nachstehend am Beispiel des FFH-Gebietes „*Kalkberge bei Großenlüder*“ dargestellt:

Tab.5: Charakterisierung des Magerrasens im FFH-Gebietes 5423-303 „Kalkberge bei Großenlüder“

Kurzcharakteristik:	Ausgedehnte Kalkhalbtrockenrasen, die im Wechsel mit Hecken, Grünland und kleineren Waldarealen einen strukturreichen Biotopkomplex bilden. Angrenzend besteht ein genehmigter Kalkabbau.
Schutzwürdigkeit:	Hessenweite Bedeutung durch die repräsentative Ausbildung der Enzian-Schillergrasrasen. Orchideenreichtum u. hohe Artenvielfalt bei Tagfaltern und der Avifauna. Im Bereich des 'Hohlen Berg' Übergang zu echten Trockenrasen.
kulturhistorische Bedeutung:	Ehemalige Nutzung der Fläche als Gemeindehute.

7.1.2. Naturdenkmäler/Freizeitnutzung

Flächennutzungsinteressen können auch dort kollidieren, wo Gebiete mit Karbonatgesteinen touristisch und freizeitmäßig genutzt werden.

Karbonatgesteine sind häufig durch Karsthohlräume charakterisiert, die durch chemische Gesteinslösung entstehen (Abb.9).

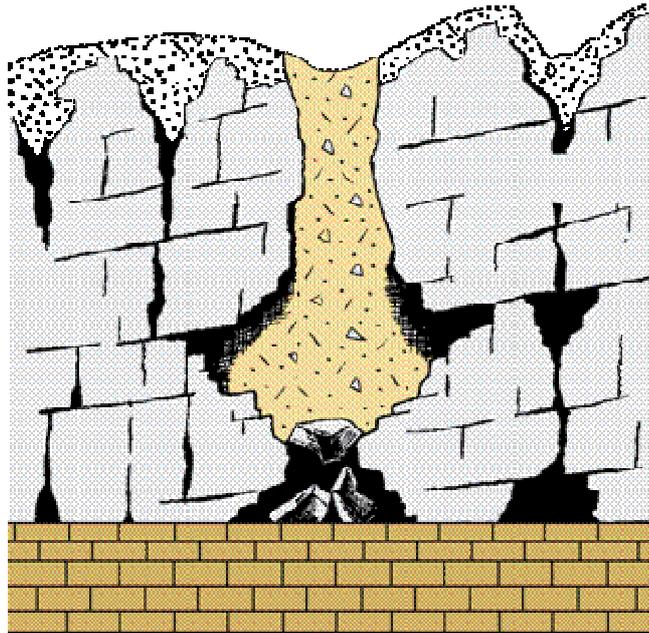


Abb. 9: Lösungshohlräume (Verkarstung) in Karbonatgesteinen
(Quelle: verändert nach [12]).

Extremer Karst (Abb. 10) ist mitunter landschaftsbildend und geht mit einer starken Reduktion der Lagerstättenvorräte einher.



Abb. 10: Kegelkarst bei Runkel-Steeden. Extreme Verkarstung, die zur fast vollständigen Auflösung der Lagerstätte führt.

Höhlen im Massenkalk stellen für den Betreiber eines Kalksteinbruches nicht nur ein Erschwernis bei der Mengen- und Qualitätsermittlung und beim Gesteinsabbau dar. Karsthöhlen werden vieler-

orts auch vom Abbau ausgegrenzt, als Naturdenkmäler geschützt und Besuchern zugänglich gemacht.

Beispielhaft sei hier das unmittelbar an den Kalksteinbruch Medebach angrenzende Herbstlabyrinth-Adventhöhlen-System bei Breitscheid genannt. Dieses Ende 1993 entdeckte Karsthöhlensystem hat eine vermessene Gesamtlänge von derzeit 5006 m und einen Höhenunterschied von 82 m. Es ist das größte Höhlensystem in Hessen und eines der bedeutendsten in ganz Deutschland. Teile des Höhlensystems sind in Kooperation mit dem Tagebaubetreiber unter Schutz gestellt worden. Rohstoffabbau ist dort nicht zulässig.

7.1.3. Grundwasserschutz

Nutzungskonflikte gibt es auch beim Grundwasser. Karbonatgesteine sind überwiegend Karstgrundwasserleiter. Die durch Verkarstung verstärkte Wasserwegbarkeit erhöht das Risiko für den Grund- und Oberflächenwasserschutz. Karstgrundwasser ist in der Regel erheblich empfindlicher gegenüber Verschmutzungen als Porengrundwasser. Infolge der zumeist deutlich höheren Fließgeschwindigkeiten des Grundwassers in Karstgebieten sind die ausgewiesenen Trinkwasserschutzgebiete großräumig dimensioniert. Probleme können sich dann ergeben, wenn der Kalkstein sowohl zum Rohstoffabbau als auch als Grundwasserspeicher genutzt wird. Devonische Massenkalkzüge und Karbonatgesteine der Tertiärgräben bergen aufgrund ihrer tektonischen Struktur in der Regel mehr Risiken für die Lagerstättennutzung als die nur wenig gestörten und verkippten Muschelkalkschollen.

7.1.4. Bebauung

Vor allem in Nordhessen sind „Bereiche oberflächennaher Lagerstätten“ (Reserveflächen) zunehmend durch Ausweisung von Gewerbegebieten, Windparks und seit neuestem auch Solarparks bei der Fortschreibung von Flächennutzungsplänen in ihrer zukünftigen Nutzung gefährdet.

7.2. Beispiel: Lösungsansatz einer nachhaltigen planerischen Rohstoffsicherung

Gewinnungsstellen sind ein Element räumlicher Vernetzungen. Sie können in den seltensten Fällen isoliert gesehen werden, sondern stehen im räumlichen und zeitlichen Kontext mit anderen Flächennutzungen wie Wohn- und Gewerbegebieten, Naturschutzflächen oder Straßen- und Bahntrassen.

Ein gelungenes und potenziell auch auf Hessen übertragbares Beispiel der Konfliktminimierung bei der Rohstoffsicherung ist das Folgenutzungskonzept für den Kalksteinabbau der Zementindustrie in der Stadt Geseke im Kreis Soest (NRW), das auch im dortigen Gebietsentwicklungsplan festgeschrieben wurde [13].

Der Ausgangsgedanke war hier, die einzelfallbezogene Planung durch eine nachhaltige raumbezogene Planung zu ergänzen, welche zudem eine zeitliche Komponente enthält. Wesentliche Elemente des Konzeptes sind:

- Kalksteinabbau (alte, aktuelle und zukünftig geplante Steinbrüche mehrerer Unternehmen der Zementindustrie)
- Städtebau (Wohnungsbau, Gewerbe und Erholung)
- Naturschutz

Das Konzept wurde in zwei verschiedenen Arbeitskreisen, einem eher konzeptionell ausgerichteten für Information und Diskussion und einem für die konkrete Facharbeit, die sich jeweils aus Vertretern von Behörden, der Stadt, Industrie- und Naturschutzverbänden zusammensetzten erarbeitet. Im Einzelnen wurden folgende Schritte vereinbart:

1. Erfassung und Dokumentation aller planungsrelevanten Grundlagen
2. Definition von Leitbildern und Zielen
3. Umsetzung in ein Raum-Zeit-Konzept

Entscheidend war die ergebnisorientierte Definition der Leitbilder (Schritt 2). Beispielsweise wurde festgelegt, dass stadtnahe Rohstoffvorhaben vorrangig realisiert werden sollten, damit nach Abbauende die Nutzung „Städtebau“ nachfolgen kann. Insgesamt wurde für die betrachtete Fläche nach Abbauende eine Quote von 50% Naturschutz und 50% Gewerbe/Erholung herausgearbeitet. Die Zuordnung der Lage wurde einerseits nach naturschutzfachlichen Gesichtspunkten vorgenommen, andererseits wurde der Aspekt des zu minimierenden Flächenverbrauchs berücksichtigt. So ist die Folgenutzung „Gewerbe“ unmittelbar in ehemaligen Steinbrüchen möglich, so dass für diese Gewerbeflächen kein Bedarf an zusätzlicher Landschaftsfläche eingeplant werden muss. Unter dem Gesichtspunkt des zeitlichen Planungshorizontes wurden im Beispiel Geseke zwei Tranchen à 25 Jahre festgelegt, so dass die Zementindustrie Investitionsvorplanungen auf 50 Jahre abstellen kann. Für eine ausführliche Beschreibung des Beispiels Stadt Geseke wird auf [13] verwiesen.

8. Transportlage

Die Transportlage ist für die hessischen Kalksteinlagerstätten insgesamt als gut einzustufen. Die regional unterschiedliche Situation ist dem *Kapitel 12* zu entnehmen.

9. Volkswirtschaftliche Bedeutung und Stoffströme

Für die Kalk-, Zement- und die Bauindustrie haben Karbonatrohstoffe eine große volkswirtschaftliche Bedeutung. Die Stoffströme von Karbonatgestein als gebrochener Naturstein sind bedingt durch die Transportkostenempfindlichkeit eher lokaler bis regionaler Natur. Anders sieht die Situation bei Kalkrohstoffen aus, die regionale bis überregionale Bedeutung haben. Bei Zementen ist der

Rohstoff nur lokal bedeutend, das Produkt allerdings regional bis überregional. Die regional unterschiedliche Situation ist dem *Kapitel 12* zu entnehmen.

10. Folgenutzung

Als Folgenutzung von Abbaustellen können nach entsprechender Verfüllung/Teilverfüllung und Geländeangleichung sowohl wieder die ursprüngliche Vornutzungen wie z.B. Land- und Forstwirtschaft eintreten, als auch neue Nutzungsformen des Natur- und Landschaftsschutzes. Auch Deponien sind als Folgenutzung aufgelassener Steinbrüche möglich.

Maßnahmen für gefährdete Arten im Rahmen des Naturschutzes sollten nicht nur in den Folgenutzungsplan integriert, sondern bereits im laufenden Betrieb, unter Berücksichtigung notwendiger Betriebsabläufe, durchgeführt werden. Hierbei sollte man sich vergegenwärtigen, dass Rohstoffgewinnung kein statischer Flächenverbrauch ist, sondern eine dynamische Zwischennutzung, die durch abschnittsweise Abbauführung zeitlich wie räumlich mit der Folgenutzung verzahnt werden kann, um Eingriffe in die Leistungsfähigkeit des Naturhaushalts so gering wie möglich zu halten. Beispielsweise können sukzessiv neue Pioniergewächse eingebracht und Magerrasenflächen offen gehalten werden. So können z.B. die seltenen Kreuz- und Geburtshelferkröten und der besonders schützenswerte Weiße Mauerpfeffer (europäischer Lebensraumtyp höchster Schutzkategorie) in Steinbrüchen einen idealen Standort finden. Der hier gleichfalls gedeihende niedrigwüchsige Hopfenklee dient vielen seltenen Schmetterlingsarten als Wirtspflanze.

Als Beispiel für die Umsetzung von Folgenutzung soll hier die Lagerstätte Wiesbaden mit ihren zwei Abbaustellen dienen. Ein großer Teil des alten, westlich des Abbaubereiches Ostfeld gelegenen Steinbruchs Kastel wird mittlerweile von der Stadt Wiesbaden als Hausmülldeponie genutzt (Abb. 11). Für die in Betrieb befindlichen Steinbrüche Kalkofen und Ostfeld wird im Rahmen der Rekultivierung neben der Errichtung flacher Endböschungen z.T. flächig verfüllt, so dass weitgehend auch eine ackerbaulich Nutzung möglich sein wird. Randliche Teile dieser Auffüllbereiche sind bereits bepflanzt. In einem kleinen Teil des Steinbruches Kalkofen wurde ein Feuchtbiotop eingerichtet. Dieser hat sich mittlerweile zu einem jahreszeitlich in seiner Größe schwankenden Weiher entwickelt, der sich als Nahrungseldorado u.a. für Störche, Uferschwalben und Flussregenpfeifer herausgestellt hat.

An zwei Stellen der Abbauwand im Steinbruch Kalkofen werden „geologische Fenster“ mit einem quartärwissenschaftlich bedeutenden Lößprofil und Dolinenbildungen für wissenschaftliche Untersuchungen freigehalten.

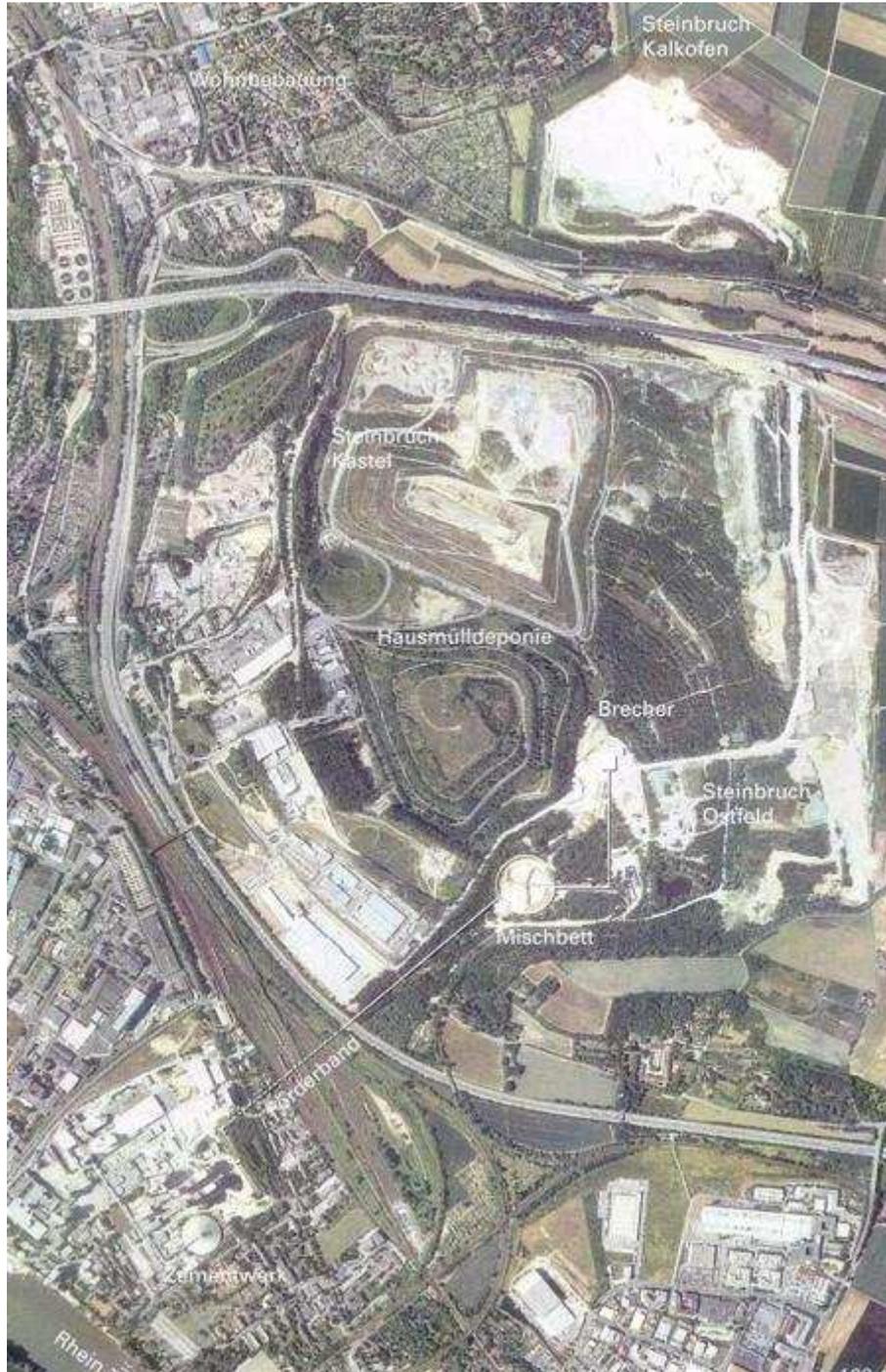


Abb. 11: Standort Wiesbaden-Amöneburg der Dyckerhoff Zement GmbH (Quelle: [10]).

11. Substitution und Recycling

Im Gegensatz zu Hochofen- und Stahlwerksschlacken, die heute fast zu 100 % als Recycling-Material verwertet werden, können Kalksteine je nach industriellem Einsatzgebiet nur bedingt recycelt oder durch andere mineralische Rohstoffe substituiert werden (Tab. 6).

Für Branntkalk ist die Recycling- und Substitutions-Situation in Abhängigkeit vom Verwendungszweck unterschiedlich (Tab. 7).

Tab. 6: Verwendung von Kalksteinen und ihre Recycling- bzw. Substitutionsmöglichkeiten [14].

Verwendung d. Kalksteine i. d. Industrie:	daraus hergestelltes Recycling-Material:	Substituiert folgende natürliche Rohstoffe:
Eisen- u. Stahlindustrie	Hochofenschlacke	Kies, Splitt, Kalkstein (Zement), Puzzolan (Trass), Zementklinker
Düngemittelindustrie	kein Recycling möglich	keine Substitution möglich Quarzsand, Feldspat
Sodaindustrie	Altglas, sonst vielfach kein Rec. mögl. (Waschmittel)	Kalkstein, Soda
Zuckerindustrie	Düngekalkstein	Kalkstein
Glasindustrie	Altglas	Quarzsand, Feldspat, Soda, Kalkstein
Luftreinhaltung Zement-Industrie	REA-Gips (ca. 95 %) in Zementindustrie	Naturgips
Betonzuschlag	Beton i. Bauschutt	Splitt, z. T. nur mindere Güten
Mörtelzuschlag	Feinfraktion i. Bauschutt	wird z. T. verworfen, ersetzt z. T. natürl. Sand
Splitt u. Schotter (Naturwerkstein)	Straßenaufbruch, z. T. bituminös, ausgebaute Schotter u. Splitte	Splitt, z. T. nur mindere Güten, Bitumenmischgut
Düngekalkstein Futterkalkstein	kein Recycling möglich	keine Substitution möglich

Tab. 7: Ausgewählte Verwendungen von Branntkalk bzw. Kalkhydrat und ihre Recycling- und Substitutionsmöglichkeiten [14].

Verwendung d. Branntkalks i. d. Industrie bzw. als:	daraus hergestellte Recycling-Produkte:	substituiert folgende natürliche Rohstoffe:
Eisen- u. Stahlindustrie	Stahlwerkschlacke	Splitt
Chemische Industrie	Recycling i. d. Regel n. möglich	keine Substitution möglich
Erdölindustrie	Recycling nicht möglich	keine Substitution möglich
Wasseraufbereitung	Kalziumkarbonat	(Düngemergel, Kalkstein), aber meist weg. Sammeln ger. Mengen n. mögl.
Klärschlammbehandlung	Recycling nicht möglich	z. T. Düngemittel
Abwasserreinigung	Recycling i.d.R. nicht möglich	keine Substitution möglich
Luftreinhaltung	REA-Gips	Naturgips
Kalksandsteinindustrie	aufbereiteter Bauschutt	mindere Güten v. Sand, Splitt
Gasbeton	bisher Recycling kaum möglich	kaum Substitution möglich
Mörtelwerke	Feinfraktion i. Bauschutt	wird z. T. verworfen, ersetzt z. T. natürl. Sand
Düngekalk	Recycling nicht möglich	keine Substitution möglich

Die Nutzung als Dünger war eine der ersten Recyclinganwendungen der Hüttenschlacke. Der Apotheker Gerhard Hoyer mann entdeckte 1880, dass die beim Thomas-Verfahren anfallende Stahl-

werksschlacke in feinkörniger Form ein hochwirksamer Phosphatdünger ist. 1861 machte Emil Langen die Entdeckung, dass die schnell mit Wasser abgekühlte Hochofenschlacke, der *Hütten-sand*, hydraulische Eigenschaften besitzt und damit als ein Rohstoff für die Zementmahlung geeignet ist. Diese Erfindung war die Grundlage für die Entwicklung der Hochofenzemente, einem Zementtyp, der heute zunehmend Anwendung findet.

12. Vorkommen von Karbonatgesteinen in Hessen

12.1. Devonische Massenkalksteine des Rheinischen Schiefergebirges

12.1.1. Lage

Lagerstätten devonzeitlicher Riffkalksteine (Massenkalk) befinden sich im Raum Dillenburg, zwischen Limburg und Wetzlar sowie im Raum Gießen (Abb. 5, Kap. 2). Einzelne Vorkommen bei Lauterbach und nordöstlich Schwarzenborn haben keine ökonomische Bedeutung.

12.1.2. Untersuchungsstand

Die Massenkalksteine sind im Bereich des ehemaligen Lahnmarmor-Abbaues in Teilen hinreichend erkundet und in vielen Publikationen beschrieben. In den Abbaubereichen bei Breitscheid, Wetzlar und Langgöns-Niederkleen sind die Lagerstättenverhältnisse durch Bohrungen oder günstige Aufschlussverhältnisse gut bekannt. In anderen Lagerstätten und kleinräumigen Vorkommen besteht aufgrund der komplexen strukturgeologischen Situation und der starken Verkarstung noch Erkundungsbedarf.

12.1.3. Geologie und Mineralogie

Im Raum des heutigen Rheinischen Schiefergebirges konnten sich vor ca. 380 Mio. Jahren ab dem Mitteldevon auf höher gelegenen untermeerischen Schwellen (Abb. 12) wie z.B. im Raum Limburg–Diez unter tropischen Bedingungen Riffe entwickeln. Die Riffkalksteine sind überwiegend als ungeschichteter, strukturloser, massiger Kalkstein (Massenkalk) ausgebildet und erreichen Mächtigkeiten von mehreren Hundertmetern. Sie bestehen aus den Kalkskeletten ehemaliger Korallen, Brachiopoden, Seelilien, Stromatoporen und deren Bruchstücken. Von den Riffen ausgehend wurden große Mengen Abtragungsschutt in die angrenzenden Beckenbereiche verfrachtet und wechsellagern dort als *Padberger-* oder *Flinzkalk* mit den anderen Beckensedimenten. Auf den weiter entfernten submarinen Tiefschwellen, außerhalb der Transportweite der Riffschutte, lagerten sich dagegen oberdevonische *Flaser-* und *Cephalopodenkalk* ab.

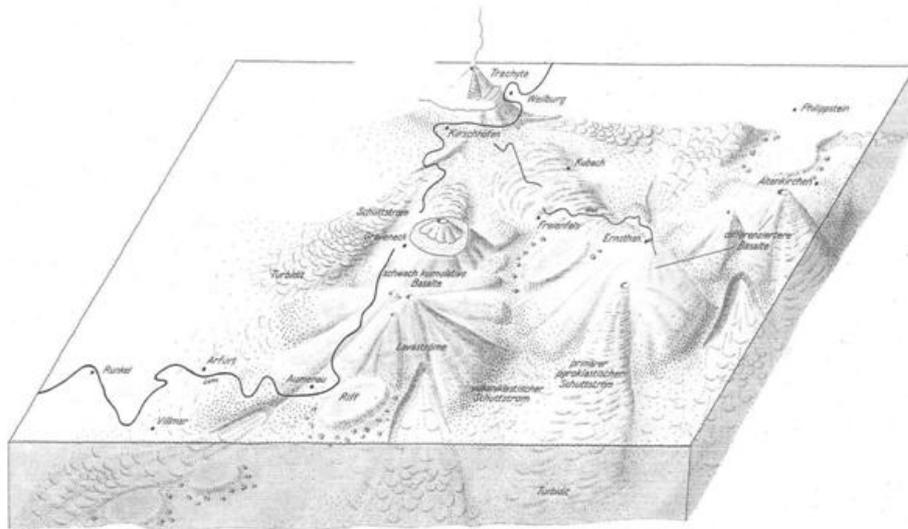


Abb. 12: Mitteldevonischer Vulkanismus und Riffe: Paläogeographische Rekonstruktion der mittleren Lahn-Mulde [15].



Abb.13: Devonischer Massenkalk. Steinbruch Runkel-Steeden.

Die Massenkalke sind in der Regel dicht, blaugrau bis hellgrau gefärbt und nehmen bei der Verwitterung eine weißgraue Farbe an (Abb. 13). Sie sind von unregelmäßig verteilten Vererzungen sowie Dolomitzonen durchsetzt, wobei letztere meist an 1-3 m breite, steilstehende Querklüfte gebunden sind. Vereinzelt haben sich jedoch, wie im Raum Runkel-Steeden auch bis zu 300 m breite Dolomitkörper gebildet.

Während der variszischen Gebirgsbildung wurden die Gesteinsabfolgen durch Druck und Temperatur bei einer schwachen Regionalmetamorphose überprägt und intensiv verfaltet, verschuppt und von Verwerfungen und Aufschiebungen durchsetzt. Die Massenkalkzüge bilden nicht selten, wie z.B. bei Langgöns-Niederkleen, Kerne tiefreichender, unregelmäßig gefalteter tektonischer Mulden mit entsprechend starken Mächtigkeitsschwankungen je nach Position in dieser Struktur.

12.1.4. Eigenschaften und Qualitätskriterien

Devonische Massenkalk (Abb. 13) haben aufgrund ihrer Entstehung als ehemalige Riffe einen hohen Reinheitsgrad. Über weite Gebiete beträgt der durchschnittliche CaCO_3 -Gehalt 96 %. In den Kernriffzonen der Massenkalk wie im Raum Wetzlar und Brilon werden sogar 98 % CaCO_3 und mehr erreicht. Aufgrund des hohen Reinheitsgrades waren die Massenkalk für die Entwicklung der deutschen Kalkindustrie von großer Bedeutung.

Die Kalksteine sind durch Umkristallisation des Kalzits insbesondere im Raum Runkel-Dehrn und –Steeden, Beselich-Schupbach und Villmar-Wirbelau lokal sehr dicht. Diese Gesteine sind ausgezeichnet polierfähig und weisen alle Farbschattierungen zwischen schwarz, grau und rot auf. Sie erreichten als Naturwerkstein („Lahnmarmor“) überregionale Bedeutung (siehe Abb. 8 und Fachbericht Natur- und Naturwerksteine).

Die Vorkommen devonischer *Padberger-*, *Flinz-*, *Flaser-* und *Cephalopodenkalk* sind überwiegend kleinräumig und von geringerer Reinheit und Qualität.

12.1.5. Abbausituation und Verwendung

Die Abbaumächtigkeiten devonischer Massenkalk erreichen zurzeit in mehreren Abbaustellen 100-125 m, die technisch möglichen Abbaumächtigkeiten liegen z.T. noch darüber. Die Abbaumächtigkeiten sind sehr variabel und können verkarstungsbedingt z.T. mehrere Zehnermeter betragen.

Als Georisiken und Abbauerschwernisse für die Rohstoffgewinnung gelten in den Massenkalken einzelne Dolomitkörper und die stellenweise sehr tiefe Verkarstung der Kalksteinoberfläche. Die Karsttaschen und –schlotten sind im Mittel etwa 10 bis 20 m tief, können lokal jedoch auch wesentlich weiter hinabreichen. Entsprechend selektiv muss beim Abbau in den Steinbrüchen vorgegangen werden.

Die Verwendung der Massenkalk ist von Abbau zu Abbau unterschiedlich. Sie dienen überwiegend als Rohstoffe für die Kalk- und Chemieindustrie aber auch in der Glas- und Zuckerindustrie sowie für den Einsatz im Umweltschutz (z.B. Rauchgasentschwefelung). Darüber ist das Material aber auch für die Schotter- und Splittherstellung im Beton- und Straßenbau von Bedeutung. Weniger reine Qualitäten werden in der Zementindustrie eingesetzt.

Abbauwürdige Dolomitsteine sind im Devon selten. Dolomitpartien werden nur soweit hereingewonnen und auf Halde gekippt, dass die sachgerechte Abbauführung der Steinbrüche gewährleistet ist. Ein gezielter Abbau von *Graukalk* (lokale technische Bezeichnung für Dolomit) findet nur untergeordnet zur Schotter- und Splittherstellung statt.

Im Raum Villmar-Beselich-Runkel zeugen zahlreiche Aufschlüssen im Massenkalk von der zurückliegenden Bedeutung des *Lahnmarmors* als Naturwerkstein (siehe Fachbericht Natur- und Naturwerksteine). Kalksteinabbau zur reinen Naturwerksteingewinnung ist hier heutzutage aufgrund der globalen Konkurrenzsituation nicht wirtschaftlich zu betreiben.

12.1.6. Vorräte und Rohstoffsicherung

Die Vorratslage ist mit > 80 Mio. t allein in den genehmigten Lagerstättenflächen insgesamt als gut zu bezeichnen. Mit den in den Rohstoffsicherungsgebieten noch vorhandenen Vorräten ist die Versorgungslage mittel- bis langfristig als gesichert anzusehen, soweit diese auch bei zukünftigen Planungsentscheidungen in diesem Raum nutzbar sein werden.

12.1.7. Transportlage

Bedingt durch ein gutes Straßennetz, der Nähe zum Raum Limburg und den Großräumen Gießen und Rhein-Main, ist die Transportlage als günstig zu bezeichnen.

12.1.8. Volkswirtschaftliche Bedeutung und Stoffströme

Die Massenkalken besitzen aufgrund ihrer hohen Veredelbarkeit, ihrer guten Vorratssituation, der ballungsraumnahen Verfügbarkeit und ihrer – durch hohe Abbaumächtigkeiten - geringen Flächeninanspruchnahme große volkswirtschaftliche Bedeutung.

Die Stoffströme sind abhängig von der Verwendung des Rohstoffes: Schotter- und Splitte für die Bauindustrie haben lokal bis regional Bedeutung. Weniger transportkostenempfindliche Produkte z.B. für die Kalk-, Chemie- und Zementindustrie können über Hessen hinaus vertrieben werden.

12. 2. Kalk- und Dolomitsteine des Zechsteins in Nord- und Südhessen

12.2.1. Lage

Kalksteine, dolomitische Kalksteine (Kalksteine mit hohen $MgCO_3$ -Anteilen) und Dolomitsteine der Zechsteinzeit treten entlang des Rheinischen Schiefergebirges vom Korbacher bis in den Giesener Raum auf. In Nordosthessen kommen sie zwischen Witzenhausen und Bebra vor, in Südhessen nordöstlich von Hanau und südlich des Kinzigtals bei Freigericht. Fleckenhaft treten sie auch im Odenwald auf. Von wirtschaftlichem Interesse sind die Zechstein-Lagerstätten Nordosthessens und im Raum Gelnhausen - Freigericht.

12.2.2. Untersuchungsstand

Der Kenntnisstand der Zechstein-Karbonate ist insgesamt ausreichend. Lokal wie regional detailliertere Erkundungen sind jedoch bedarfsweise bei erhöhter Rohstoffnachfrage, insbesondere an hochwertigen magnesiumführenden Kalkrohstoffen notwendig.

12.2.3. Geologie und Mineralogie

Im Zuge der variszischen Gebirgsbildung vor über 300 Mio. Jahren war ein stark gegliedertes Relief mit Senken und Schwellenregionen im Raum des heutigen Rheinischen Schiefergebirges entstanden und mit dem Vordringen des Zechsteinmeeres von Norden her nach Mitteleuropa wurde auch der Rand des Rheinischen Schiefergebirges überflutet.

Während des tieferen Zechsteins war der heutige Nordostrand des Rheinischen Schiefergebirges in zahlreiche, z.T. sehr engräumige Buchten gegliedert, deren größte und bedeutendste Bucht die Korbacher Bucht war, die sich von Korbach bis nach Frankenberg erstreckte.

Die hier abgelagerten Kalksteine der ältesten Zechsteinfolge (Zechsteinkalk Z1), die sog. *Randkalke* sind gebankte (2–80 cm mächtige), grauweiße Kalksteine mit einem hohen Anteil an Ooiden. Diese Kalksteine wurden früher wegen ihrer Porosität auch als Schaumkalk bezeichnet. Die Gesamtmächtigkeit der Randkalke in der Umgebung von Korbach wird mit max. 45 m angegeben. Während des Mesozoikums (ab ca. 250 Mio. Jahren) wurden die Zechstein-Sedimente durch jüngere Sedimentgesteine überlagert und erst mit der jüngsten Heraushebung des Gebirges, im späten Mesozoikum und Tertiär, in der Umrandung der paläozoischen Gebirgsaufbrüche wieder freigelegt. Die wichtigsten dieser Zechstein/Rotliegend-Aufbrüche sind das Werra-Grauwackengebirge zwischen Witzenhausen und Eschwege, das Richelsdorfer Gebirge zwischen Sontra im Norden und Iba im Süden sowie die Aufbrüche von Baumbach und Mühlbach.

12.2.4. Eigenschaften und Qualitätskriterien

Für die Eignung als Düngekalkrohstoff ist ein $\text{CaCO}_3/\text{MgCO}_3$ -Verhältnis von 1 : 0,8 bis 1 : 1 günstig. Diese Werte werden in den Zechstein-Lagerstätten Nordosthessens häufig angetroffen (Tab. 8).

Tab. 8: Mittlere CaO- und MgO-Gehalte von Zechstein-Karbonaten Nordosthessens (Analysen HLUg).

Lagerstätte	Produkt	CaO (%)	MgO (%)	Fe ₂ O ₃ (%)
Vockerode	Branntkalk	60	30	
Erkshausen	Brechsand	31,1	19,3	2,6
	Schotter	38,2	16,2	1,3
	Splitt	31,3	18,2	2,6
Iba	Brechsand	29,4	19,4	2,3
	Schotter	29,3	19,7	2,0
Rockensüß	Brechsand	25,6	17,8	0,5
	Schotter	24,6	19,4	0,5
Freigericht	Karbonatgestein	58	33	

12.2.5. Abbausituation und Verwendung

Abgebaut werden örtlich stärker dolomitisierte Karbonatgesteine im stratigraphischen Niveau des Hauptdolomits und des Plattendolomits. Ihr bereichsweise markanter Dolomitgehalt macht sie für die Produktion verschiedener Düngekalke von kohlensaurem Kalk, kohlensaurem Magnesiumkalk, Branntkalk bis zu Magnesium-Branntkalk interessant.



Abb. 14: Kalksteinbruch am Ortsrand von Meißner-Vockerode bei Eschwege.

Der Abbauschwerpunkt liegt derzeit in Nordosthessen zwischen Witzenhausen, Eschwege und Bebra.

In Nordwesthessen wird nur im Raum Korbach ein kleiner Abbau betrieben, in Südosthessen wird im Bereich Gelnhausen-Freigericht Zechstein-Karbonat abgebaut. Die Abbaumächtigkeiten in den Zechstein-Karbonaten liegen zwischen 15 und 40 m. Es handelt sich in der Regel um kleinere Abbaustellen, in denen Unternehmen der Tief- und Straßenbaubranche mit mobilen Brech- und Siebanlagen nach Bedarf überwiegend Brechsand, Splitt und Schotter („Kalkkies“) produzieren. Nur bei Meißner-Vockerode (Abb. 14) werden Karbonatgesteine des Zechstein vorwiegend für die Düngerherstellung und als Grundstoff für die Stahlindustrie produziert. Die hier abgebauten Rohstoffe weisen mit 95% CaCO_3 eine sehr hohe Reinheit auf.

12.2.6. Vorräte und Rohstoffsicherung

In den derzeitig genehmigten, überwiegend kleinen Abbaustellen stehen nur wenige Mio. t Zechstein-Karbonate zur Verfügung. Die darüber hinaus ausgewiesenen Lagerstätten sollten daher im Rahmen der Rohstoffsicherung geschützt werden.

12.2.7. Transportlage

Die Abbaustellen sind in befriedigender Weise an das Bundesstraßennetz angeschlossen. Das Autobahnnetz ist dagegen für den überregionalen Transport weniger günstig erreichbar.

12.2.8. Volkswirtschaftliche Bedeutung und Stoffströme

Die volkswirtschaftliche Bedeutung der Zechstein-Karbonate gründet sich auf das hohe Potenzial an dolomitischen, magnesiumführenden Kalkrohstoffen. Die nordosthessischen Lagerstätten besitzen überregionale Bedeutung und sind für Hessen von hohem Wert. Ebenfalls von Bedeutung sind die Lagerstätten südlich der Kinzig in Südosthessen.

Die gewonnenen Karbonatgesteine werden in ganz Hessen und darüber hinaus, insbesondere nach Nordrhein-Westfalen mit seinen Stahlstandorten, vertrieben. Dagegen hat die Produktion von „Kalkkies“ infolge der geringen Veredelungsstufe nur lokal bis regionale Bedeutung.

12.3. Kalksteine des Muschelkalks in Ost- und Nordhessen

12.3.1. Lage

Von allen Karbonatrohstoffen besitzen die der Muschelkalkzeit die größte Verbreitung in Hessen. Sie treten großflächig nordwestlich von Kassel im Raum Calden-Hofgeismar bis zur Landesgrenze, im Ringgau nördlich Herleshausen und nördlich Fulda zwischen Schenklengsfeld und Hünfeld, sowie im Raum Schlüchtern auf.

Abgesehen von einigen großräumigen Senkungsstrukturen in Nord- und Südhessen, treten Karbonatgesteine des Muschelkalks zumeist in schmalen tektonischen Gräben auf. Die hier auch erhaltenen Karbonatgesteine des überlagernden Keupers haben in Hessen keine ökonomische Bedeutung.

12.3.2. Untersuchungsstand

Die Lagerstätten sind im Umfeld der Abbaubereiche hinreichend rohstoffgeologisch erkundet. In den großflächigen Muschelkalk-Arealen, insbesondere nördlich Hünfeld mit zahlreichen kleineren und einigen größeren Rohstoffsicherungsflächen besteht noch Untersuchungsbedarf.

Die Muschelkalk-Gesteine in den tektonischen Gräben Nord- und Südhessens sind in der Regel tektonisch stark beansprucht. Hier sind Detailerkundungen zur Lagerstättenanalyse notwendig.

12.3.3. Geologie und Mineralogie

Das Muschelkalkmeer (Abb. 15) nördlich der heutigen Alpen bildete ein abgeschlossenes Randmeer in Mitteleuropa, das im Unteren Muschelkalk durch die Schlesisch–Moravische Pforte nach Osten und im Oberen Muschelkalk durch die Burgundische Pforte nach Süden mit der Tethys, dem damaligen Ozean in der Position des heutigen Mittelmeers, in Verbindung stand.

Der Untere Muschelkalk (mu) ist gekennzeichnet durch mehrfache Wechsel von vollmarinen zu lagunären und höhersalinaren Ablagerungsbedingungen. Sie finden ihren Ausdruck in konglomeratischen, häufig oolithischen Bruchschillkalksteinen, verursacht durch verstärkte Wasserbewegung, bis hin zu feingeschichteten, dolomitischen Gelbkalken oder –mergeln, die sich in eher ruhigem Wasser abgelagerten. Typische Gesteine sind die sog. „Wellenkalk“, mergelige Kalksteine mit Linsen- und Flaserschichtung. Die ca. 100 m mächtige Wellenkalk-Folge ist durch drei mehrere Meter mächtige kompakte und bioklastenreichen Kalksteinhorizonte gegliedert.

Die *orbicularis*-Schichten an der Oberkante der Schaumkalkzone leiten bereits zu den stärker salinaren Bedingungen des Mittleren Muschelkalkes (mm) über, währenddessen sich im zentralen Beckenbereich Gips- und Steinsalzlager bilden.

Nach dem Meeresrückzug im Mittleren Muschelkalk erfolgte im Oberen Muschelkalk (mo) mit den Trochitenkalken ein erneutes Vorrücken des Meeres. Zu Beginn des ca. 50 m mächtigen Oberen Muschelkalkes entstanden Sedimente eines lagunartigen Bildungsbereiches, die dolomitischen

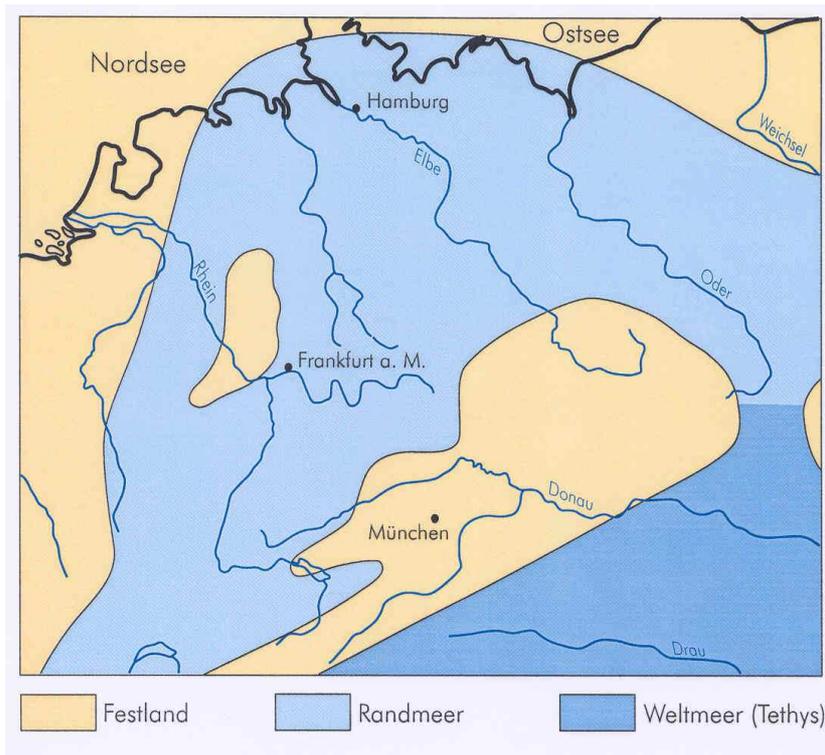


Abb. 15: Verteilung von Land und Meer während der Muschelkalk-Zeit

Mergel- und Kalksteine der „Gelben Basisschichten“, gefolgt von dickbankigen, bioklastenreichen und oolithischen Kalksteinen des Trochitenkalkes, die von einer Phase erhöhter Wasserbewegungen zeugen. Die überlagernden Ceratitenschichten sind in der sog. Tonplattenfazies ausgebildet, einer Wechselfolge plattiger Kalksteine mit Ton- und Mergelsteinen.

12.3.4. Eigenschaften und Qualitätskriterien

Von ökonomischer Bedeutung sind Kalksteine und Kalkmergelsteine des Unteren und des Oberen Muschelkalks, sie weisen in der Regel jedoch geringere Reinheitsgrade und höhere Tonanteile als die devonischen Massenkalksteine auf.

Innerhalb des Muschelkalkmeeres kann die Zusammensetzung der Rohstoffe je nach Ablagerungsraum in den jeweiligen Gesteinseinheiten regional schwanken. Je nach Qualität eignen sie sich daher zur Splitt- und Schotter-Produktion für den Wege- und Straßenbau oder für die Zement- und Kalkherstellung. Für letztere Verwendung eignen sich insbesondere Kalksteine aus Lagerstätten im Raum Fulda und Schlüchtern.

12.3.5. Abbausituation und Verwendung

Gesteine des Muschelkalks werden derzeit ausschließlich nordöstlich einer Linie Arolsen- Alsfeld-Schlüchtern abgebaut. Zahlreiche kleinere Abbaustellen liegen in tektonischen Gräben Nordhessens, während Abbauschwerpunkte in großräumigen Senkungsgebieten nördlich Kassel bei Liebenau-Lamerden und nördlich Hünfeld liegen. Die Abbaumächtigkeiten liegen überwiegend zwischen 15 und 30 m, können aber auch bis zu 90 m betragen.



Abb. 16: Kalksteinbruch Großenlüder-Müs bei Fulda mit Gesteinen des Unteren Muschelkalks.

In den überwiegend schmalen, einige Hundertmeter bis wenige Kilometer breiten geologischen Gräben sind die Gesteine des Muschelkalks meist mehr oder weniger intensiv zerbrochen und gefaltet. Dies erschwert die Abbautätigkeit und wirkt sich auf die Qualität sowie die nutzbare Rohstoffmenge negativ aus.

Muschelkalk-Karbonate werden in Hessen überwiegend als Splitt und Schotter für den Wege- und Straßenbau gebrochen. Nur wenige Lagerstätten, wie z.B. bei Großenlüder (Abb. 16) bauen den Rohstoff auch für die Zement- und Kalkherstellung ab.

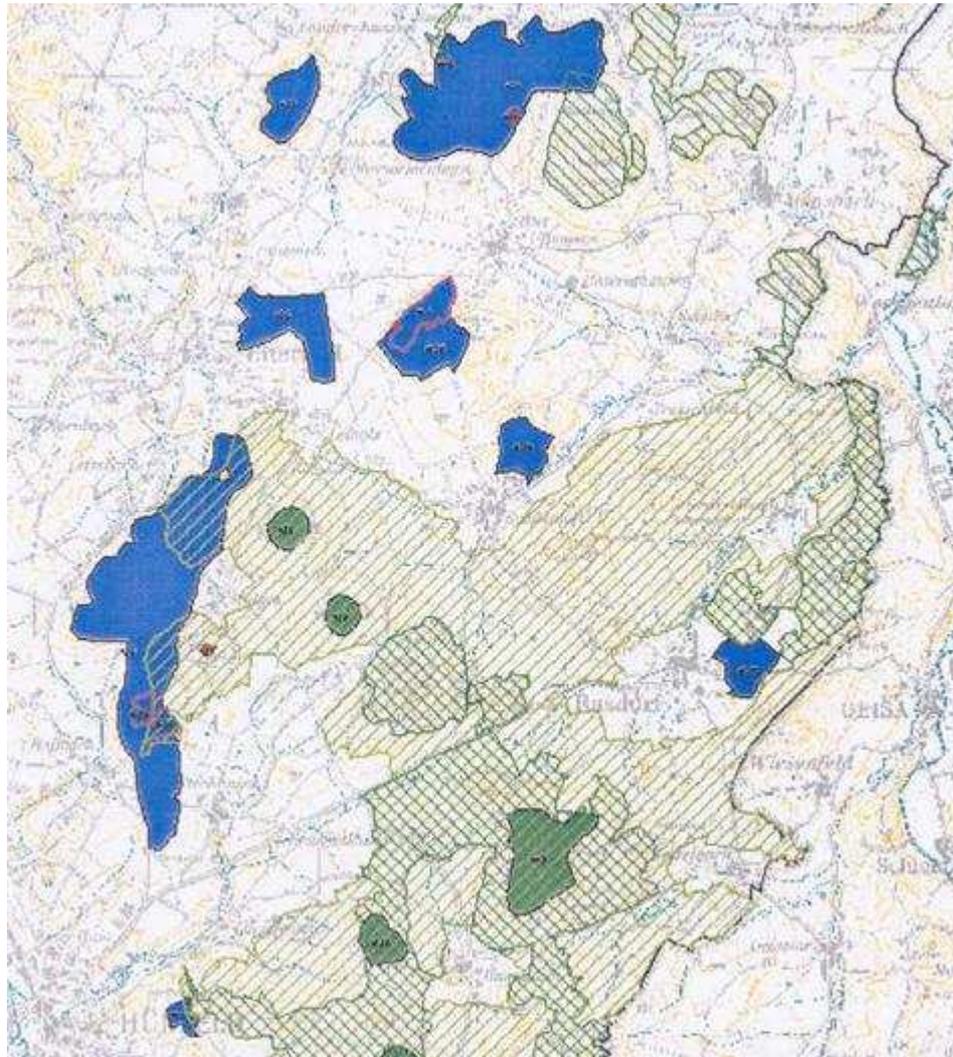


Abb. 17: Bereich des Perspektivplanes *Kalkstein Vorröh-Bergland* mit den derzeit in der Karte Rohstoffsicherung des HLUK ausgewiesenen Rohstoffsicherungsflächen. Blau: Kalksteine des Muschelkalks, hellgrüne Schrägschraffur: Vogelschutzgebiete, dunkelgrüne Kreuzschraffur: FFH-Gebiete. Die Breite des Kartenausschnittes entspricht ca. 12 km.

12.3.6. Vorräte und Rohstoffsicherung

An Muschelkalk hat Hessen keinen Mangel, die geologische Vorräte sind langfristiger Natur und nicht bezifferbar. Sie liegen meist in den großflächigen Senkungsgebieten, weniger in den tektonischen Gräben.

Dieses Potenzial kann aber nur erhalten bleiben, wenn es vor konkurrierenden Flächennutzungen verschont bleibt und Rohstoffsicherungsgebiete in ausreichender Zahl und Größe in der Regionalplanung ausgewiesen werden. Erweiterungsvorhaben einiger Kalksteinbrüche zeigen auf, dass bezogen auf die Vorratslage regional unterschiedlicher Handlungsbedarf zur mittel- bis langfristigen Rohstoffvorsorge besteht.

Im Raum Fulda-Bad Hersfeld befinden sich überregional bedeutsame Muschelkalklagerstätten. Im Textband zum aktuellen Regionalplan Nordhessen 2000 wird die Initiierung eines Perspektivplanes *Kalkstein Vorrhön-Bergland* von Betrieben der Kalksteingewinnung- und -verarbeitung für dieses Gebiet (Abb.17) angeregt. Die Gelegenheit zu weitergehenden Schritten wurde bislang nicht genutzt, so dass zu erwarten ist, dass diese Anregung in der Neuaufstellung des Regionalplanes Nordhessen 2007 nicht mehr enthalten ist. Dennoch erscheint ein Fachplan und seine Umsetzung für eine langfristige Sicherung der Kalksteingewinnung in der Region erstrebenswert.

12.3.7. Transportlage

Die Transportlage ist sehr heterogen. Direkte Anbindung an einen Ballungsraum besteht nur bei Kassel und Fulda. Allgemein ist die Anbindung an das hessische Bundesstraßen- und Autobahnnetz befriedigend bis gut.

12.3.8. Volkswirtschaftliche Bedeutung und Stoffströme

Das Lagerstättenpotenzial des Muschelkalks ist von großer volkswirtschaftlicher Bedeutung.

Als Splitt und Schotter gebrochener Muschelkalk hat in der Regel nur lokale bis regionale Bedeutung und beschränkt sich überwiegend auf den nordhessischen Raum.

Höher veredelte Produkte für die Kalk- und Zementindustrie besitzen einen größeren Kundenradius bis in das Rhein-Main-Gebiet und in angrenzende Bundesländer.

Karbonatrohstoffe aus dem Muschelkalk könnten möglicherweise in der Zukunft als Substitutionsmaterial für abgebaute oder infolge konkurrierender Flächennutzungen nicht mehr verfügbare Sande und Kiese der nordhessischen Flüsse Bedeutung gewinnen.

12.4. Kalksteine des Tertiärs im Raum Wiesbaden/Hochheim

12.4.1. Lage

Kalksteine und Kalkmergel des Tertiärzeitalters sind die erdgeschichtlich jüngsten Karbonatrohstoffe in Hessen. Entsprechende abbauwürdige Kalksteine und Mergel treten im Raum Wiesbaden/Hochheim am Nordrand des Mainzer Beckens auf, wo sie ein weites Plateau über den Talebenen von Rhein und Main bilden. Tertiäre Karbonatgesteine im Raum Frankfurt haben aufgrund größerer tonig-mergeliger Anteile wirtschaftlich dagegen keine Bedeutung.

12.4.2. Untersuchungsstand

Im Bereich der in Wiesbaden betriebenen Steinbrüche und in deren Umfeld sind durch firmeneigene Erkundungen sowohl die Qualitäten als auch die Mächtigkeiten der abbaubaren Zonen ausreichend bekannt. Zwischen Wiesbaden-Erbenheim, Mainz-Kastel und Hochheim und weiter in Rich-

tung Flörsheim-Wicker werden weitere Vorräte vermutet. Diese sind aufgrund des geringen Erkundungsstandes quantitativ und qualitativ jedoch nur schwer abzuschätzen.

12.4.3. Geologie und Mineralogie

Im Tertiär bestand während des oberen Oligozäns und des unteren Miozäns (20 – 25 Millionen Jahre) südlich von Taunus und Hunsrück in einer weniger abgesenkten Randscholle des Oberrheingrabens, dem Mainzer Beckens, ein flaches warmes Meer, in dem außerhalb des direkten Strandbereiches hauptsächlich kalkige Sedimente als Karbonatplattform abgelagert wurden.

Von wirtschaftlichem Interesse sind hier die nach einer kleinen charakteristischen Schnecke benannten „Hydrobienschichten“, eine bis zu 30 m mächtige Wechsellagerung von harten, dichten und gut gebankten und teilweise knolligen Kalksteinen (Algenkalkriffen) und wenig verfestigten Kalkmergellagen (Abb.18).

Die gebankten Kalksteine sind in unregelmäßigen Abständen von Algenkalkriffstöcken durchsetzt. Diese Algenkalkriffe erreichen vereinzelt bis zu 10 m Höhe und 20 – 50 m Breite. Der Anteil der Riffstöcke nimmt in Richtung der alten Küstenlinie von Süden nach Norden ab. Die Schichten weisen meist nur ein geringes Einfallen auf und werden nur vereinzelt durch größere Verwerfungen gegeneinander versetzt. Mitunter zeigen höhere Abschnitte des Hydrobienkalk-Profiles starke Schichtverbiegungen, die wahrscheinlich durch Sackungsvorgänge als Folge tiefgründiger Verkantung ausgelöst wurden.

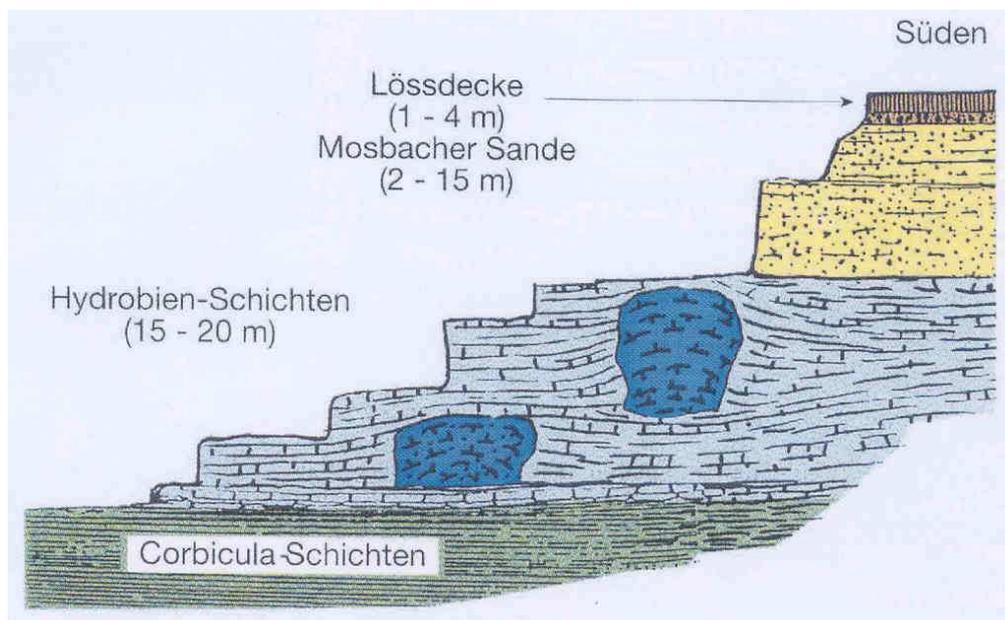


Abb. 18: Profil durch den Abbaubereich „Ostfeld“ der Lagerstätte Wiesbaden (Quelle: [10]) mit in blau dargestellten „pilzartigen“ Algenkalkriffen innerhalb der Hydrobien-Schichten.

12.4.4. Eigenschaften und Qualitätskriterien

Die Tertiär-Karbonate im Raum Wiesbaden eignen sich aufgrund ihrer chemischen Zusammensetzung insbesondere für die Zementindustrie.

In den derzeitigen Abbaubereichen schwanken die CaCO_3 -Gehalte der Schichten in weiten Grenzen, die Dolomitgehalte sind jedoch meist nur gering. In dem Maße, wie sich der Abbau nach Norden, in Richtung auf die ehemalige Küstenlinie voranschritt, nahm der Kalkgehalt der Gesteinsabfolge ab, da die Kalkalgen schlechtere Lebensbedingungen vorfanden. Aufgrund der teilweise niedrigen Karbonatgehalte einzelner Steinbruchbereiche war es in der Vergangenheit verschiedentlich erforderlich, zur Einstellung der geforderten Rohmischungszusammensetzung für die Zementproduktion devonische Riffkalke aus dem Lahnggebiet bzw. Tertiär-Kalksteine aus einem Steinbruch bei Oppenheim als Korrekturmateriale zuzusetzen.

12.4.5. Abbausituation und Verwendung

Die im Südosten Wiesbadens oberflächennah anstehenden Hydrobienschichten werden in den Steinbrüchen Kalkofen (Abb. 19) und Ostfeld abgebaut.



Abb. 19: Kalksteinbruch Kalkofen der Lagerstätte Wiesbaden

Die Abraummächtigkeiten schwanken zwischen maximal 6 m Löß im Norden bis zu 16 m Mosbacher Sanden im Mittelteil. Die eiszeitlichen Mosbacher Sande finden als Korrekturmateriale bei der Zementherstellung Verwendung und werden bei der Kalksandsteinproduktion eingesetzt. Die Kalksteine und Kalkmergel werden heute nur noch zur Zementproduktion genutzt, da die CaCO_3 -reichsten dichtesten Kalksteine, die auch für andere Anwendungen geeignet wären, heute bereits abgebaut sind. Die Abbaumächtigkeiten schwanken je nach Abbaustelle zwischen 15 und 30 m.

Jene Bereiche mit massiven Algenkalksteinen, die in größerer Entfernung von der alten Küstenlinie entstanden waren, wurden in der weiter zurückliegenden Vergangenheit auch zum Kalkbrennen genutzt, wovon z. B. die Gemarkungsbezeichnung „Kalkofen“ bei Wiesbaden und die alten Brenn-öfen bei Flörsheim zeugen. Auch als Baumaterial wurden die Kalksteine verschiedentlich genutzt. Der Abbau der Zementrohstoffe erfolgt in etwa 5 m hohen Sohlen, auf denen die Kalksteine und Kalkmergel mit großen Hydraulikbaggern direkt aus der Wand ohne Sprengen gewonnen und auf SKW verladen werden. Aufgrund der Inhomogenität der Lagerstätten muss beim Abbau selektiv vorgegangen werden, um in der Summe der Produktion möglichst nahe an die chemischen Vorgaben des Werkslabors heranzukommen.

Im Steinbruch Falkenberg bei Flörsheim/Main wurden diese Kalksteine bis 1975 ebenfalls abgebaut und per Bahn zum Zementwerk Amöneburg transportiert. Zu Anfang des 20. Jahrhunderts erfolgte dieser Transport lange Zeit per Schiff auf dem Main.

12.4.6. Vorräte und Rohstoffsicherung

Im Bereich der Wiesbadener-Steinbrüche sind die Vorräte nur noch für 25 Jahre vorhanden, direkte Erweiterungsmöglichkeiten bestehen nicht. Weitere Vorräte auf dem Tertiärplateau werden firmenseitig zwischen der B 455 (Erbenheim - Kastel) und Hochheim und weiter in Richtung Flörsheim-Wicker vermutet.

12.4.7. Transportlage

Die Abbaustellen besitzen eine sehr gute Anbindung an den Ballungsraum Rhein-Main und das überregionale Straßennetz.

12.4.8. Volkswirtschaftliche Bedeutung und Stoffströme

Für die Zementherstellung haben Karbonatrohstoffe des Tertiär die größte Bedeutung mit überregionalem Charakter.

13. Literatur

- [1] Gotthardt R., W. Kasig (1996): Karbonatgesteine in Deutschland. - Vbt Verlag Bau U. Technik, 414 S.
- [2] Fotoarchiv des Lahn-Marmor-Museums e. V., Villmar.
- [3] Harrison, D.J. (1993): Industrial Minerals Laboratory Manual. Limestone. – BGS Technical Report WG/92/29, London (HMSO).
- [4] Moore, C. H. (1989): Carbonate Diagenesis and porosity. – Elsevier Science Publishers B. V., 1989, Amsterdam, Oxford, New York, Tokyo.

- [5] Grimm, W.-D. (1990): Bildatlas wichtiger Denkmalgesteine der Bundesrepublik Deutschland. – Arbeitshefte der Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege, München.
- [6] Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen e.V. (1990): ZTVT-StB 86/90. Zusätzliche Technische Vorschriften für Tragschichten im Straßenbau. Köln.
- [7] Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen e.V. (1983): TL Min-Stb 83. Technische Lieferbedingungen für Mineralstoffe im Straßenbau. Köln.
- [8] Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen e.V. (1982): TP Min-Stb 82. Technische Prüfbedingungen für Mineralstoffe im Straßenbau. Köln.
- [9] Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen e.V. (1983-1990): RG Min-Stb 83. Richtlinien für die Güteüberwachung von Mineralstoffen im Straßenbau. Köln.
- [10] Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V.; Verein Deutscher Zementwerke e.V. (2002): Zementrohstoffe in Deutschland: Geologie, Massenbilanz, Fallbeispiele. Verlag Bau + Technik, Düsseldorf.
- [11] HLT Gesellschaft für Forschung Planung Entwicklung mbH (1997): Rohstoffsicherungskonzeption für Hessen., HLT Report Nr. 524, Wiesbaden.
- [12] DER HESSISCHE MINISTER FÜR WIRTSCHAFT UND TECHNIK (1974): Bodenforschung in Hessen. –, Wiesbaden
- [13] Heßing, M. (2005): Folgenutzungskonzept für den Kalksteinabbau Geseke. – Die Naturstein-Industrie, 4/2005, S. 15-19, Giesel Verlag, Isernhagen.
- [14] Stein, V. (1994): Recycling und Substitution in der Steine- und Erden-Industrie. – Erzmetall, 47, Nr. 11.
- [15] Nesbor, H. D., Buggisch, W., Flick, H., Horn, M. & Lippert, H.-J. (1993): Vulkanismus im Devon des Rhenoharzynikums. Fazielle und paläogeographische Entwicklung vulkanisch geprägter mariner Becken am Beispiel des Lahn-Dill-Gebietes. – Geol. Abh. Hessen, 98: 3-87; Wiesbaden.

14. Nützliche Websites

Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e.V.:

www.bvbaustoffe.de

Bundesverband der Deutschen Kalkindustrie e.V.:

www.kalk.de

Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V.:

www.bdzement.de

Düngekalk-Hauptgemeinschaft im Bundesverband der Deutschen Kalkindustrie e.V.:

www.naturkalk.de

Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen e.V.:
www.fgsv.de

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie:
www.hlug.de

Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz:
www.hmulv.hessen.de

Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung:
www.wirtschaft.hessen.de

Lahn-Marmor-Museum e. V., Villmar:
www.lahn-marmor-museum.de

Planungsportal des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung
(u.a. Regionalplan online):
www.landesplanung-hessen.de

Regierungspräsidium Darmstadt (Obere Landesplanungsbehörde, berg- und immissionsschutz-
rechtliche Genehmigungsbehörde für den Regierungsbezirk Darmstadt):
www.rp-darmstadt.de

Regierungspräsidium Giessen (Obere Landesplanungsbehörde, berg- und immissionsschutzrechtli-
che Genehmigungsbehörde für den Regierungsbezirk Giessen):
www.rp-giessen.de

Regierungspräsidium Kassel (Obere Landesplanungsbehörde, berg- und immissionsschutzrechtli-
che Genehmigungsbehörde für den Regierungsbezirk Kassel):
www.rp-kassel.de

Umweltallianz Hessen:
www.umweltallianz.de