

**Besondere Merkmale des in Lienen abgebauten
Kalksteins (Cenoman) und der daraus hergestellten Produkte
insbesondere des Brandkalkes CL 80**

Dr.-Ing. Klaus Bock

Heiligenhaus, Januar 2016

Dr. Bock Consulting GmbH
Bergische Straße 44A
42579 Heiligenhaus
Geschäftsführer: Dr.-Ing. Klaus Bock

Telefon +49 2056.257840
Fax +49 2056.257839
Mobil +49 160.6141527
E-Mail k.bock@dbc-con.de

Registernummer: HRB 24500 · AG Wuppertal
Ust.-Id: DE285250331
Steuer-Nr. 139/5806/1164

	Seite
Mengengerüst	3
Lagerstätte	5
Gebrannte Produkte	5
Herstellung des Produktes CL 80	6
CL 80 aus „abgewertetem“ CL 90	6
CL 80 aus „abgemagertem“ CL 90	7
CL 80 aus Rohsteinen mit < 90 % CaCO₃	7
Einsatz des Lienener CL 80 bei der Kalksandsteinherstellung	8
Substitution von CL 80 durch CL 90 bei der Kalksandsteinherstellung	11
Fazit für die Verwendung von CL 80 in der Kalksandsteinindustrie	11
Weitere Verwendung von CL 80	12
Ungebrannte Produkte	13
Auswirkungen der Einstellung des Abbaus im Teutoburger Wald	15
Zusammenfassung	15
Quellen	17

Mengengerüst

Am Standort Lienen werden aus dem im Steinbruch abgebauten hochprozentigen Rohstein sowohl ungebrannte als auch gebrannte Produkte hergestellt.

Die in Lienen derzeit installierte genehmigte Brennkapazität beträgt 1.060 t Branntkalk pro Tag. Rechnet man dies in den dafür erforderlichen Rohsteinbedarf um, ergibt sich bei einem Umwandlungsfaktor von 1,6 für die Umwandlung von Rohstein (mit ca. 90% CaCO₃) zu Branntkalk ein Rohsteinbedarf von ca. 1.700 t pro Tag oder ca. 620.000 t Rohstein pro Jahr.

Die genehmigte Kapazität zur Herstellung ungebrannter Produkte in der Mergelanlage beträgt 26,6 t pro Stunde, was einer Menge von 640 t Rohstein pro Tag oder ca. 235.000 t pro Jahr entspricht.

In Summe ergibt sich damit aus den Genehmigungen ein möglicher maximaler Gesamtbedarf an Rohstein für das Kalkwerk Lienen von ca. 855.000 t pro Jahr.

Aufgrund der Absatzlage werden am Standort Lienen tatsächlich jedoch jährlich nur ca. 165.000 bis 185.000 t Branntkalk sowie ca. 85.000 t ungebrannte Produkte hergestellt (vgl. Abb.1). Für diese Produktionsmengen ist eine Rohsteinförderung von ca. 400.000 t bzw. 200.000 m³ pro Jahr erforderlich, die im eigenen Steinbruch am Standort Lienen im Sprengbetrieb abgebaut werden müssen.

Der Absatz der Produkte ist seit 2005 relativ beständig, seit 2010 ist eine leichte, kontinuierliche Zunahme zu verzeichnen, wie die nachfolgende Abbildung darstellt. Dies deckt sich mit der Entwicklung der Bauinvestitionen, die von 198,93 Mrd. € in 2005 auf 220 Mrd. € in 2013 gestiegen sind¹.

Auch für den zukünftigen Absatzmarkt ist eine gleichbleibende bzw. leicht steigende Entwicklung zu erwarten. Nach Aussagen des Ifo-Institutes kann für die Bauinvestitionen im Jahr 2015 eine Steigerung auf 234,2 Mrd. € angenommen werden². Für 2014 prognostizierte das Ifo-Institut ein Wachstum von 12 % für den deutschen Wohnungsneubau. Für die Produktion der Steine- und Erdenindustrie ging der Bundesverband Kalksandstein für 2014 von einem Produktionszuwachs von 2 bis 3 % aus³.

¹ Ifo-Institut 2014

² Ifo-Institut 2014

³ Bundesverband Kalksandstein e.V. 2014, S. 13 ff

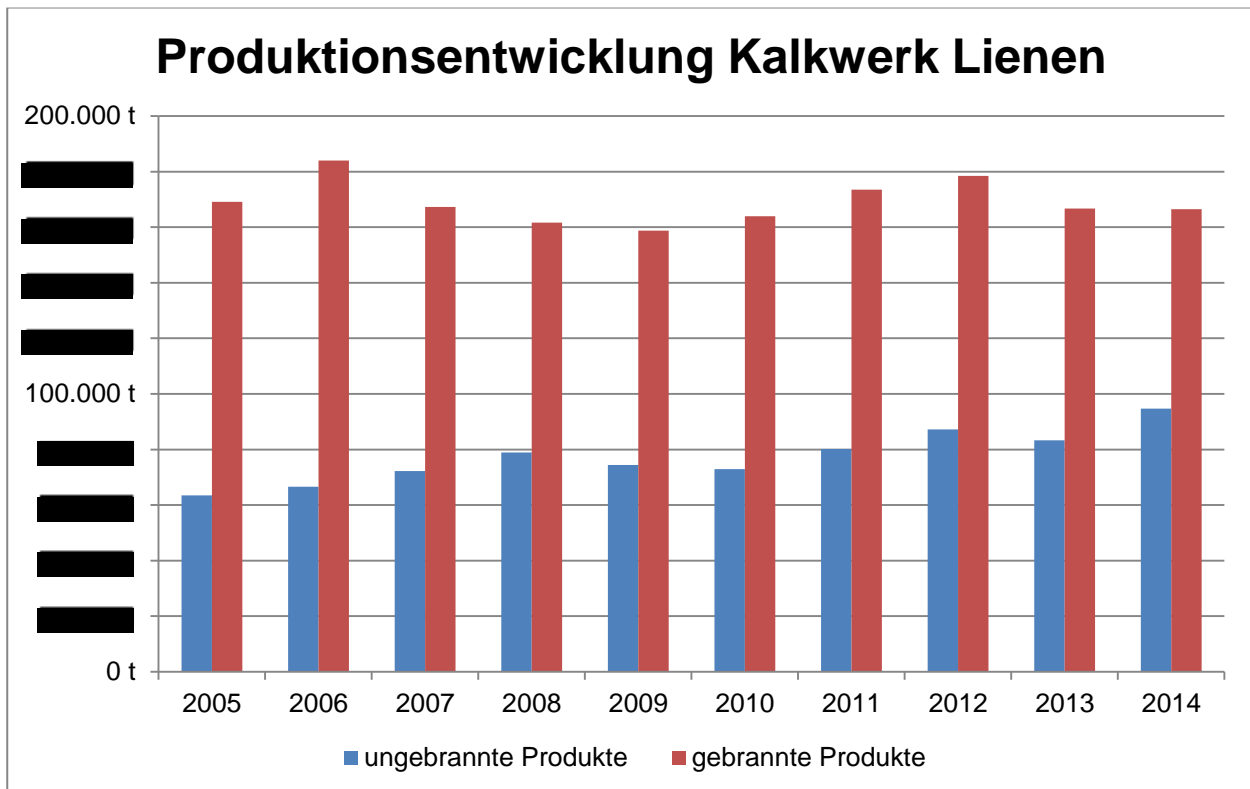


Abb. 1: Produktionsentwicklung Calcis Lienen 2005 bis 2014
(Quelle: Calcis Lienen GmbH & Co. KG)

Eine Prognose des BBSR (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung) kommt zu folgendem Fazit: „Im Ergebnis der Berechnungen der Wohnungsmarktprognose 2030 wird der Wohnungsneubaubedarf in Deutschland in den nächsten fünf Jahren mit 272 000 Wohnungen spürbar höher liegen als der Durchschnitt der Bautätigkeit der letzten Jahre.“⁴ Zu einer ähnlichen Einschätzung kommt der Bundesverband der Baustoffindustrie in seiner Studie: „Einschätzungen des BBS zur Entwicklung der Wohnungsbaunachfrage in Deutschland“⁵. Auch europaweit wird mit einem Anstieg des Wohnungsbauvolumens in den nächsten Jahren gerechnet. Laut BBS wurde auf der EUROCONSTRUCT-Winterkonferenz 2014 mit Zuwächsen im Prognosezeitraum 2015–17 von + 6,5 % auch für den europäischen Wohnungsbau gerechnet⁶. Es ist also davon auszugehen, dass das Absatzvolumen in die Kalksandsteinindustrie in den nächsten Jahren mindestens in gleicher Höhe bestehen bleibt.

⁴ Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), Bonn, April 2015

⁵ BBS Bundesverband Baustoffe - Steine und Erden e.V., Berlin, Dezember 2014

⁶ BBS Bundesverband Baustoffe - Steine und Erden e.V., Berlin, Februar 2015

Lagerstätte

Kalksteinlagerstätten sind in verschiedenen Erdzeitaltern in den damals bestehenden Meeren unter anderem aus kalkhaltigen Bestandteilen der unterschiedlichen Lebensformen entstanden. Im Laufe der Zeit entstanden so mächtige Kalksteinablagerungen, die heute, wenn sie oberflächennah anstehen, abgebaut und zu unterschiedlichen Produkten weiterverarbeitet werden können.

Je nach den Bildungsmechanismen, den Bildungsbedingungen und auch den Lebewesen, aus denen die Kalksteinlagerstätten entstanden sind, gibt es in Deutschland eine ganze Reihe von zum Teil völlig unterschiedlichen Lagerstätten. Die Bandbreite reicht von mergeligem Kalkstein mit geringem CaCO_3 -Gehalt, der ideal für die Zementherstellung geeignet ist, über hochprozentige Kalksteine mit CaCO_3 -Gehalten von $> 98\%$ und entsprechend geringen Nebenbestandteilen für den Einsatz in der Eisen- und Stahlindustrie sowie der chemischen Industrie, bis hin zu hochweißen, hochreinen Kalksteinen an der Lahn und an der Schwäbischen Alb, die u.a. als Füllstoffe in der Papierindustrie, in Kosmetika und in pharmazeutischen Produkten Verwendung finden.

Der in der Lagerstätte in Lienen abgebaute Cenoman-Kalkstein zeichnet sich durch einen hohen CaCO_3 -Gehalt von ca. 90% aus. Die restlichen 10% bestehen im Wesentlichen aus SiO_2 ($4 - 5\%$), Al_2O_3 ($2 - 3\%$) und Fe_2O_3 ($\leq 1\%$). Der MgCO_3 -Gehalt ist mit $\leq 1,5\%$ sehr gering.

Der Cenoman-Kalkstein unterscheidet sich damit sowohl von den devonischen Massenkalken, die im Rheinischen Schiefergebirge und im Harz abgebaut werden, als auch von den Kalksteinen aus dem Oberjura, die im Schwäbisch-Fränkischen Jura in Süddeutschland anstehen⁷. Diese Lagerstätten zeichnen sich in der Regel durch CaCO_3 -Gehalte von über 98% aus. Sie enthalten damit praktisch keine Nebenbestandteile.

Andere Kalksteinlagerstätten mit weniger als 90% CaCO_3 , die einen sehr hohen Anteil an Nebenbestandteilen haben, sind für die Herstellung von Produkten, bei denen es auf den wirksamen CaCO_3 bzw. CaO -Gehalt ankommt, wesentlich schlechter bzw. gar nicht geeignet.

Gebrannte Produkte

Die Klassifizierung von Kalken also gebrannten Produkten und deren Bezeichnung ist in der Baukalknorm DIN EN 459-1 geregelt⁸. Die Norm unterscheidet bei Weißkalk die Arten CL 90, CL 80 und CL 70. Dabei bedeuten die Ziffern 90, 80 und 70, dass jeweils der Massenanteil an $\text{CaO} + \text{MgO}$ in Prozent größer oder gleich 90, 80 oder 70 sein muss. Des Weiteren werden der MgO -, der CO_2 -, der SO_3 -Gehalt und der verfügbare Kalk definiert. Eine Festlegung der

⁷ Vgl. Gotthardt

⁸ DIN EN 459-1

sonstigen Bestandteile des Kalkes, wie SiO_2 , Al_2O_3 , und Fe_2O_3 und den daraus beim Brennprozess entstandenen Bestandteilen erfolgt nicht.

Am Standort Calcis Lienen wird als gebranntes Produkt ausschließlich CL 80 hergestellt. Nach der Norm weist er einen CaO-Gehalt von mindestens 80 % auf.

Der im Werk Lienen produzierte CL 80 wird überwiegend (ca. 86%) an Kalksandsteinwerke geliefert (vgl. Abb. 2). Lienener CL 80 wird aufgrund seiner im weiteren beschriebenen besonderen Eigenschaften bei der Herstellung von Kalksandsteinen verwendet, die eine hohe Materialqualität, Maßhaltigkeit sowie hohe Festigkeit aufweisen, sodass insbesondere großformatige Steine produziert werden können.

Lienener CL 80 wird außerdem u.a. in der Bodenstabilisierung, zur Herstellung von Fertigmörtel, zur Schlammkonditionierung in kommunalen Kläranlagen sowie als Düngemittel auf schweren Böden verwendet.

Herstellung des Produktes CL 80

Der in Lienen hergestellte Weißkalk CL 80 wird aus dem im nördlichen Teil des Teutoburger Waldes (Intruper Berg) anstehenden Cenoman Kalkstein gebrannt. Dieser Kalkstein zeichnet sich durch einen hohen CaCO_3 -Gehalt (ca. 90 %) einen geringen MgCO_3 -Gehalt (< 1,5 %) und eine klar definierte Menge an Nebenbestandteilen wie Silizium in Form von SiO_2 , Eisen in Form von Fe_2O_3 und Aluminium in Form von Al_2O_3 aus⁹.

Diese Nebenbestandteile - insbesondere das SiO_2 - sind neben dem CaCO_3 -Gehalt eines der entscheidenden Merkmale des Lienener Rohsteins. Denn während des Brennprozesses bilden sich aus SiO_2 und CaO Dicalciumsilicat, aus Al_2O_3 und CaO Tricalciumaluminat und aus $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ und CaO Calciumaluminatferrit¹⁰. Diese Hydraul-Faktoren wirken bei der späteren Anwendung des Produktes CL 80 Festigkeit bildend.

Damit unterscheidet sich der aus dem Cenoman Rohstein gebrannte CL 80 entscheidend von aus anderen Rohsteinen hergestellten CL 80, die diese Hydraul-Faktoren nicht oder in wesentlich geringerer Menge beinhalten. Die besonderen Eigenschaften des aus Lienener Kalkstein hergestellten CL 80 finden sich daher bei anderen Kalken, die laut DIN EN 459-1 auch als CL 80 vermarktet werden dürfen, nicht. Damit ist die Austauschbarkeit von CL 80 Kalken nicht ohne weiteres gegeben oder mit großen ökonomischen und/oder ökologischen Nachteilen verbunden.

⁹ vgl. Gotthardt

¹⁰ Kohlhaas, S.124 ff

CL 80 aus „abgewertetem“ CL 90

Bei der Herstellung von CL 90 (CaO-Gehalt ≥ 90 %) wird üblicherweise Rohstein mit einem CaCO_3 Gehalt von 95 - 98 % gebrannt. Diese Rohsteine können daher nur geringere Mengen an Nebenbestandteilen enthalten. Während des Brennprozesses von CL 90 kann es zu Fehlproduktionen durch einen erhöhten Rest CO_2 -Gehalt kommen. Wenn das entstehende Produkt dann weniger als 90 % CaO aufweist, kann es nicht mehr als CL 90 vermarktet werden, sondern wird nach DIN-Norm als CL 80 bezeichnet. Dieser, aus einem Rohstein mit deutlich mehr als 90 % CaCO_3 hergestellte CL 80, weist aber naturgemäß wesentlich geringere Anteile an Hydraul-Faktoren auf, als der aus einem Rohstein mit 90 % CaCO_3 hergestellte Lienener CL 80. Dem „abgewerteten“ CL 90 fehlen daher die festigkeitsbildenden Bestandteile eines aus Lienener Rohsteinen hergestellten CL 80. Seine Verwendung bei der Herstellung von Kalksandsteinen führt, wie weiter unten ausgeführt, zu erheblichen ökologischen und ökonomischen Problemen.

CL 80 aus „abgemagertem“ CL 90

Durch das Zumischen von Tonmehl kann der CaO-Gehalt von CL 90 auf < 90 % gemindert werden. Das so hergestellte Produkt erfüllt die Voraussetzungen eines CL 80, es enthält jedoch im Gegensatz zu Lienener CL 80 kristalline Kieselsäure aus dem verwendeten Tonmehl. Dadurch entstehen bei der Verarbeitung gesundheitliche Risiken. Im Sicherheitsdatenblatt von Concesol® wird explizit darauf hingewiesen. „Dieses Produkt enthält alveolengängiges Quarz als Verunreinigung und ist daher gemäß den in der Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 definierten Kriterien als STOT RE 1 eingestuft.“¹¹ In der genannten EU-Verordnung bedeutet die Kennzeichnung nach STOT RE 1: „Schädigt das Organ/die Organe bei längerer oder wiederholter Exposition (bei längerem oder wiederholtem Einatmen/Hautkontakt/Verschlucken).“¹² Weiter heißt es im Datenblatt: „1997 kam die Internationale Gesellschaft für Krebsforschung (International Agency for Research on Cancer/IARC) zu dem Ergebnis, dass die Exposition am Arbeitsplatz gegenüber kristallinem Siliziumdioxid beim Menschen Lungenkrebs verursachen kann.“ Das bedeutet, dass entsprechende Schutzmaßnahmen nach EU bzw. nationalen Bestimmungen einzuhalten sind, um die Mitarbeiter vor den Gefahren des alveolengängigen SiO_2 zu schützen.

Diese Risiken bestehen bei Liener CL 80 nicht, da hier das SiO_2 in wesentlich geringerer Menge und amorph und daher nicht lungengängig vorliegt¹³. Lienener CL 80 muss daher auch nicht nach STOT RE 1 gekennzeichnet werden.

¹¹ Sicherheitsdatenblatt Tonmehl (Concesol®)

¹² Verordnung (EG) Nr. 1272/2008

¹³ Institut für Kalk- und Mörtel-Forschung e.V. Prüfbericht WA Nr. 114/10

CL 80 aus Rohsteinen mit < 90 % CaCO₃

Die Verwendung von Rohstein mit geringerem CaCO₃-Gehalt zur Herstellung von CL 80 ist schwer möglich. Zwar arbeiten andere Unternehmen für die CL 80-Herstellung teilweise mit einem Rohmaterial mit CaCO₃-Gehalten von 85 % bis 90 %. Der Herstellung sind jedoch sowohl technische als auch wirtschaftliche Grenzen gesetzt. Bei Verwendung von Rohsteinen mit CaCO₃-Gehalten von unter 88 % ist das sichere Erreichen einer definierten Maximaltemperatur, gemäß Kalknorm DIN EN 459, nicht mehr zu gewährleisten, da nicht mehr genügend umsetzbares CaO vorliegt. Es liegt dann kein normgerechter CL 80 vor. Der Einsatz dieser Kalke führt, wie unten erläutert wird, bei der Kalksandsteinherstellung zu Produktionsschwierigkeiten unter anderem wegen der geringeren Wasseraufnahme des Kalkes.

Aus Rohsteinen mit CaCO₃-Gehalten < 90% kann ein normgerechter CL 80 daher nur durch Beimischung von Rohsteinen mit einem CaCO₃-Gehalt > 90 % vor dem Brennprozess oder durch Mischung von CL 90 und CL 70 nach dem Brennprozess hergestellt werden. Beide Verfahren führen jedoch zu einer geringeren Qualität des CL 80, da hierdurch kein homogenes Gemisch entsteht und damit u.a. keine kontrollierte Kalksandsteinherstellung möglich ist.

Weiterhin erhöhen CaCO₃-Anteile im Rohstein unter 90 % das Risiko, die Reaktionsfähigkeit des herzustellenden Weißkalks durch „überbrannte Anteile“ nachteilig zu beeinflussen. Die „überbrannten Anteile“ bilden sich aus den und durch die für die Lagerstätten des Teutoburger Walds typischen Nebenbestandteile (Silizium, Aluminium und Eisen). Durch diese „überbrannten Anteile“ kann es z. B. bei der Kalksandsteinherstellung zu Nachreaktionen im Autoklaven und damit zu Formveränderungen oder Rissen bei der Kalksandsteinproduktion kommen.

Auch wenn diese Kalke formal die Kriterien eines CL 80 erfüllen, sind sie daher in der Anwendung nicht mit dem aus Lienener Cenoman-Kalkstein hergestelltem CL 80 zu vergleichen.

Einsatz des Lienener CL 80 bei der Kalksandsteinherstellung

Die Kalksandsteinproduktion beruht ausschließlich und insbesondere auf dem Einsatz von Sand, Kalk und Wasser. Die dabei stattfindenden chemischen und physikalischen Prozesse beruhen auf diesen drei Bestandteilen. Eine Substitution z.B. des Kalkes oder des Sandes durch andere Stoffe ist bei der Kalksandsteinherstellung nicht möglich.

Die Bildung der Kalksandsteindruckfestigkeit hängt im Wesentlichen von der Bildung der sogenannten CSH-Phasen (Calciumsilicat-Hydratphasen) ab. Diese Phasenbildung findet während der Kalksandsteinproduktion im Härtekessel bei einer Temperatur von ca. 204°C und 16 bar Sattedampfdruck statt.

Die Verwendung des Cenoman Rohsteins, der durch die im nördlichen Teil des Teutoburger Waldes (Intruper Berg) vorliegenden hohen CaCO_3 -Gehalte (ca. 90 %) geprägt ist, stellt für den in Lienen produzierten CL 80 ein entscheidendes Merkmal dar.

Der Lienener Branntkalk CL 80 stellt unter anderem die erforderliche Rohlingstandfestigkeit bei geringster Bindemittelzugabe sicher. Er trägt durch seinen Anteil an CaO und den Hydraule-Faktoren im Kalk/Sandgemisch in Summe wesentlich zur verbesserten Festigkeitsbildung bei. Damit wirkt er durch die Verringerung von Ausschuss bei der Herstellung und dem Handling der Kalksandstein-Rohlinge Ressourcen schonend.

Sein Einsatz verhindert gleichzeitig den bei stöchiometrischem Überangebot von CaO entstehenden Freikalkgehalt im Fertigprodukt. Diese Effekte sind durch jahrelange Erfahrungen und systematische Verbesserung der Herstellungsbedingungen (neueste Ofenanlagen, selektiver Abbau) im Bereich der CL 80-Produktion in Lienen gewährleistet.

Des Weiteren stellt der MgO-Gehalt von $< 1,5 \%$ sicher, dass keine Treibererscheinungen oder Aussprengungen bei den aus dem Lienener CL 80 hergestellten Kalksandsteinen auftreten. Zur Gefahr des Auftretens von Treibern schreibt Eden im Tagungshandbuch Kalksandstein: „MgO in Branntkalken kann zu Treiberscheinungen bzw. Aussprengungen an Kalksandsteinen führen. Als Erfahrungswert für die in der Kalksandsteinindustrie eingesetzten Kalke kann ein MgO-Gehalt $\leq 1,5 \text{ M.-%}$ als unschädlich angenommen werden.“¹⁴ Die folgenden Bilder zeigen solche Treiber.



Grundsätzlich ist der wertbestimmende Bestandteil eines Kalkproduktes der CaO-Gehalt. Beim Einsatz zur Herstellung von Kalksandsteinen hat aber auch der Anteil an Nebenbestandteilen des Rohsteins: Silizium, Eisen und Aluminium eine große Bedeutung. Sie werden im Kalkbrennprozess in Hydraule-Faktoren umgewandelt. Bei der Produktion von Kalksandsteinen tragen sie u. a. wirksam zur Festigkeitsbildung bei.

¹⁴ Eden, W.: Tagungsband Kalksandstein

Der in Lienen produzierte CL 80 aus einem Rohstein mit ca. 90 % CaCO_3 enthält eine klar definierte Menge dieser Nebenbestandteile (Aluminium, Eisen, Silizium), die während des Kalkbrennprozesses unter anderem zu Calciumsilicaten umgesetzt werden und als sogenannte Hydraul-Faktoren vorliegen. Damit wirken sie im Kalksandstein-Produktionsprozess festigkeitsbildend. Insofern eignet sich der in Lienen abgebaute Rohstein im besonderen Maße dazu, reaktionsfähige Kalke mit hohem Anteil an freiem Calciumoxyd herzustellen, ohne auf den für die Reaktion im Calciumsilicatbereich wichtigen Anteil an Nebenbestandteilen Eisen, Aluminium, Silizium zu verzichten. Aufgrund einer produktbezogenen CaO-Dosierung kann sichergestellt werden, dass in einem wirtschaftlichen Härtebetrieb optimale Kalksandsteinprodukte hergestellt werden können. Der im CL 80 vorhandene Aluminiumgehalt trägt dabei unter anderem zu einer Reduktion bzw. Optimierung der Schwindwerte bei¹⁵.

Der in Lienen produzierte CL 80 erfüllt die extremen Anforderungen an die Reaktionsfähigkeit und Raumbeständigkeit von Kalken, die bei der Herstellung von Kalksandsteinen eingesetzt werden sollen. Diese Anforderungen sind insbesondere durch den Wechsel von Klein- und Mittelformaten bei den Kalksandsteinen (NF, 2 DF, 3 DF etc.) zu Großformaten (Quadro, KSPE, etc.) entstanden.

So arbeitet die Kalksandsteinindustrie in den Niederlanden schon seit mehr als 20 Jahren mit großformatigen Kalksandsteinelementen, um dem Mangel an Bauhandwerkern entgegen zu wirken. Die gleiche Entwicklung findet seit mindestens 10 Jahren auch in Deutschland statt. Die großformatigen Kalksandsteine werden entweder maschinell versetzt oder in ihrer Größenordnung auf das maximale von Bauhandwerkern zu bewältigende Gewicht (25 kg) reduziert. Ein Großteil der heute im Kalksandsteinbereich verwendeten Mauerwerksprodukte liegt im Bereich der KSPE (Kalksandsteinplanelemente oder ähnlicher Produkte, wie Quadro etc.). Diese großformatigen Kalksandsteine haben meist eine Länge von 1 m, eine Höhe von 62,5 bis 65 cm und eine Wandstärke von bis zu 36,5 cm. Sie werden in der Regel maschinell bzw. mit dem Kran versetzt und nicht mehr gemauert, sondern zur Vermeidung von Kältebrücken geklebt. Dieses Verfahren reduziert den manuellen Einsatz erheblich, da vorgefertigte Elemente bspw. als komplettes Bausatzhaus an die Baustellen geliefert werden, wo nach entsprechenden Verlegeplänen innerhalb kürzester Zeit auch von nicht fachkundigem Personal ein „Haus zusammengesetzt“ werden kann. Hieraus ergeben sich auch die besonderen Anforderungen an die Maßhaltigkeit der Produkte. Wie bereits ausgeführt, erfüllt der Lienen CL 80 durch seine Nebenbestandteile diese Anforderungen in besonderem Maße.

Durch steigende Produktionsleistungen (Pressenleistung im Kalksandsteinwerk) bei sinkenden Reaktorstandzeiten (die Zeit in der der Kalk von CaO zu Kalziumhydroxyd reagiert) steigen die Anforderungen an den eingesetzten Kalk. Gleichzeitig wurde bspw. ein gängiges Klein- und Mittelformat (2 DF) mit Abmessungen von 24 x 11,5 x 11,3 cm und einem entsprechenden Gewicht von ca. 5 kg im Wesentlichen durch Großformate (z. B. Kalksandstein-Planelemente Produkte) mit einem Gewicht von 280 bis 300 kg verdrängt. Die speziellen Anforderungen an den zur Herstellung dieser Monolithen eingesetzten Kalk sind durch kleine mittelständische

¹⁵ vgl. Deckers 2000, der die positive Auswirkung des Aluminiumoxyds auf die Schwindwerte bestätigt

Kalkwerke, z. B. im Teutoburger Wald, nicht mehr zu erfüllen. Dies führte zu einer Reihe von Schließungen kleinerer Kalkwerke in den letzten Jahren.

Der hohe Anteil an reaktionsfähigem CaO im Lienener CL 80 gepaart mit Calciumsilicaten und anderen Hydraule-Faktoren bietet die optimale Grundlage zur Herstellung hochwertiger Kalksandsteine. Daher wird der überwiegende Teil der Kalksandsteine im Nordwesten von Deutschland unter Einsatz von CL 80 hergestellt. Der Einsatz von Kalken mit mehr (CL 90) oder weniger (CL 70) CaO-Gehalt birgt entscheidende Nachteile bzw. verbietet sich bei der Kalksandstein-Herstellung. In Deutschland ist zurzeit kein CL 70 zur ausschließlichen Verwendung in der Kalksandsteinherstellung im Einsatz.

Substitution von CL 80 durch CL 90 bei der Kalksandsteinherstellung

Bedingt durch die verwendeten Sande in der Kalksandsteinindustrie in Nord- und Westdeutschland, ist es erforderlich, den Kalk auch als Füllstoffergänzung einzusetzen, um die notwendige Festigkeit der gepressten, noch nicht gehärteten, Rohlinge bei der Kalksandstein-Herstellung zu gewährleisten. Der Einsatz von CL 90 (im Austausch von CL 80) führt zwangsläufig zu einer Überdosierung an CaO, da bei gleicher gewichtsmäßiger Dosierung, ca. 10 % mehr CaO eingesetzt werden muss, um die Rohlingstandfestigkeit zu erreichen. Dieser „überdosierte“ CaO-Anteil muss während der Hydrothermalhärtung bei 16 bar/204 °C (Sattdampfenthalpie) durch Verlängerung des Härteprozesses umgesetzt bzw. eingebunden werden. Erfolgt dies nicht, enthält das Fertigprodukt freies, ungebundenes CaO (OH₂). Dieser sogenannte „Freikalkgehalt“ führt neben einer erheblichen Verschlechterung der Schwindwerte der Steine später zu Mauerwerksschäden.

Fazit für die Verwendung von CL 80 in der Kalksandsteinindustrie

Kalksandsteinprodukte zeichnen sich durch hohe Druck- und Zugfestigkeiten, gute Schallschutzeigenschaften sowie Frostbeständigkeit und Farbkonstanz aus. Kalksandsteine werden als statisch belastete Bauteile im gesamten Baubereich, aber auch im Innenbereich für Trennwände und im Außenbereich für Verblendfassaden eingesetzt.

Eine wesentliche Voraussetzung für die gezielte reproduzierbare Herstellung von Kalksandsteinen sind qualitativ hochwertige Rohstoffe. Neben den in den Kalksandsteinwerken meist werksnah vorhandenen Naturstoffen Sand und Kies, bildet Kalk eine wesentliche Grundlage für die Kalksandsteinproduktion auf Basis der Calciumsilicathydrathärtung (CSH).

Kalksandstein zeichnet sich unter anderem durch seine Umweltfreundlichkeit (ausschließliche Verwendung von Kalk, Sand und Wasser) aus. Sein Herstellungsprozess ist in den unterschiedlichen Regionen Deutschlands extrem auf angepasste Kalke angewiesen.

Bei dem Einsatz von den im nordwestdeutschen Bereich hauptsächlich vorkommenden Feinsanden (0 bis 2 mm) sorgt der darauf angepasste Lienener CL 80 im ersten Produktionsschritt

durch seinen hohen Anteil Hydraule-Faktoren für eine ausreichende Rohlingstandfestigkeit. Nur so kann sichergestellt werden, dass die Rohlinge zerstörungsfrei zu dem zweiten Produktionsschritt, dem Hydrothermalprozess transportiert werden können. Ohne den hohen Anteil Hydraule-Faktoren wäre die Rohlingstandfestigkeit deutlich schlechter oder könnte nicht gewährleistet werden. Der Ausschuss vor dem eigentlichen Härteprozess wäre deutlich höher.

Durch seine Verwendung mit einem auf die Kalksandsteinbedürfnisse angepassten Kalk/CaO-Gehalt von > 80 % wird eine Reaktionsfähigkeit sichergestellt, die innerhalb des in der Kalksandsteinindustrie üblichen Reaktionsprozesses einen optimalen Temperaturzeitverlauf sichert. Zudem wird aufgrund der sich bildenden großen Kalkoberfläche und der vorhandenen Hydraule-Faktoren eine gesicherte Rohlingstandfestigkeit mit produktionsüblichen Wassergehalten gewährleistet.

Der Transport der Rohlinge zu den sogenannten Härtekesseln, in denen der Kalksandstein über mindestens 5 Stunden bei 16 bar - gemäß Sattdampfenthalpie ca. 204 °C - gehärtet wird, ist durch diese solide Rohlingstandfestigkeit gesichert. Innerhalb des Härteprozesses werden die durch den Kalk eingebrachten Hydraule-Faktoren zuverlässig in CSH-Phasen umgesetzt. Die Aluminiumanteile im Kalk reduzieren die Schwindung. Es entsteht ein Produkt, das mit anderen am Markt vorhandenen Kalken in seiner Qualität, unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit der Produkte und der Umwelteinflüsse im Zusammenhang mit der CO₂-Emission beim Brennen der Kalkprodukte, nicht hergestellt werden kann.

Durch die Substitution von CL 80 durch CL 90 entstehen wesentliche Nachteile. Beim Einsatz von CL 90 erfolgt eine für die Sicherstellung der Rohlingstandfestigkeit notwendige Überdosierung. Sie entsteht durch den geringeren Anteil an Nebenbestandteilen und einem höheren CaO-Gehalt des CL 90. Diese Kalküberdosierungen führen dazu, dass eine Umsetzung des CaO zu CSH-Phasen innerhalb des normalen Härteprozesses nicht möglich ist, somit der Härteprozess verlängert und ggf. die Drücke erhöht werden müssen, was zu ökonomischen und ökologischen Mehrbelastungen führt.

Die durch Calcis betrieblich mit hohem Aufwand sichergestellte Kalk-Qualität, z. B. bei der Reaktionskurve (NLK), und die vorhandenen modernsten Brenntechniken des Calcis-Werkes Lienen, sichern insoweit eine Qualität ab, die auch bei Kalksandstein-Planelementen mit Einzelgewichten pro Stein von > 250 kg eine absolute Raumbeständigkeit und Maßhaltigkeit absichern. So ist auch die zukunftsweisende Produktion von großformatigeren Kalksandstein-elementen mit dem Lienener CL 80 gegeben. Er wird in einer Vielzahl von aufeinander abgestimmten Produktionsprozessen mit modernster Technik produziert, und seine hohe, gleichbleibende Qualität wird sicher und zeitnah labortechnisch kontrolliert.

Weitere Verwendung von CL 80

Neben der Verwendung bei der Herstellung von Kalksandsteinen wird Lienener CL 80 auch im Bereich der Bodenstabilisierung eingesetzt.

Bei dem Einsatz von Kalken im sgn. „Mixed in Place“ Verfahren wird Kalk direkt auf der Trasse in den Boden eingebracht. Dadurch wird ein Austausch von Böden, die ohne Kalk nicht standfest wären, verhindert. Im Gegensatz zur Verwendung anderer Kalke erfolgt beim Einsatz von Lienener CL 80 durch den Anteil an Hydraul-Faktoren zusätzlich eine Festigkeitsentwicklung, die bei der Tragschichtplanung berücksichtigt werden kann (Einsparung von Schotter-schichten/Ressourcenschonung). Lediglich bei extrem nassen Böden könnte sich beim Einsatz von CL 90 durch den höheren Anteil des thermisch umsetzbaren CaO ein Vorteil gegenüber dem Einsatz von CL 80 ergeben.

Des Weiteren finden die Lienener CL 80-Produkte Verwendung in Wasser- und Abwasser-aufbereitungsanlagen, z. B. in Lamellenklären bei der Weichwasseraufbereitung (Langsament-karbonatisierung). Dort spielt CL 80 neben seinem wertbestimmenden Bestandteil CaO eine große Rolle bei der Beschwerung des ausgeflockten Materials und damit der Beschleunigung des Verfahrens. Bei Einsatz von Lienener CL 80 kann zum großen Teil auf chemische Flockungshilfsmittel oder Sedimentations-Beschleuniger verzichtet werden, was sich sowohl ökologisch als auch ökonomisch positiv auswirkt.

In der Abbildung 2 ist die prozentuale Verteilung der Produktverwendung dargestellt. Aufgrund der besonderen Eigenschaften des in der Lienener Lagerstätte abgebauten Rohsteins und den Vorteilen des daraus produzierten CL 80 wird der bei weitem größte Anteil der Produktion in Kalksandsteinwerken eingesetzt.

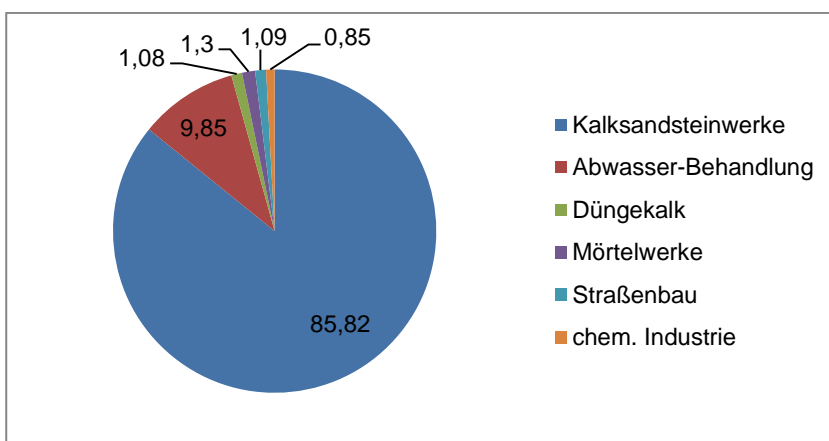


Abb. 2: Kundenanteile gebrannter Produkte in % in 2014 (Quelle: Calcis Lienen GmbH & Co. KG)

Ungebrannte Produkte

Zur Herstellung von ungebrannten Produkten wird der Rohstein lediglich getrocknet und vermahlen. Eine chemische Veränderung wie bei der Herstellung von gebrannten Produkten findet dabei nicht statt.

Die in Lienen produzierten ungebrannten Produkte werden im Wesentlichen in der Futtermittelindustrie als Futtermittelzusätze (Futterkalke)¹⁶ eingesetzt. „Im Futterkalk – hergestellt aus ungebranntem, gemahlenem Kalkstein – finden sich lebenswichtige Mineralien, die der Tiernahrung beigemischt werden“¹⁷. Die in Lienen produzierten Futterkalke (Calciumcarbonat) zeichnen sich durch hohe Calciumcarbonatgehalte (ca. 90 %) und damit einem Ca-Gehalt von 36 % aus. Sie entsprechen damit den Vorgaben der Normenkommission für Einzelfuttermittel im Zentrallausschuss der Deutschen Landwirtschaft¹⁸. Futterkalke aus Kalkstein mit weniger als 90 % CaCO₃ enthalten rechnerisch auch weniger als 36 % Calcium und entsprechen daher nicht mehr den Vorgaben für Einzelfuttermittel. Sie dürfen nicht mehr unter der Bezeichnung „Calciumcarbonat“ als Einzelfuttermittel in Verkehr gebracht werden.¹⁹

Der in Lienen abgebaute Rohstein (Cenoman Kalk) hat gegenüber anderorts abgebauten devonischen Massenkalken den Vorteil, ein relativ weicher, kreideähnlicher Stein zu sein. Als Futterkalk wird er daher im Tiermagen erheblich schneller umgesetzt als beispielweise ein aus einem devonischen Kalkstein hergestellter Futterkalk. Durch die Nähe zu der größten bundesweiten Viehdichte (NRW u. Niedersachsens mit ca. 50 % der gesamten Großvieheinheiten) sind insbesondere entlang der BAB 1 eine Vielzahl von landwirtschaftlichen Betrieben auf die Versorgung mit Lienener Futterkalk angewiesen.

Eine weitere Verwendung des Cenoman Kalksteins ist der Einsatz als Düngekalk. Dabei kommen sowohl ungebrannter, gemahlener Kalkstein als auch gebrannte Produkte zum Einsatz. Bei dem Einsatz von Kalkstein (und Kalk) in der Düngung wirken die Hydrogen-Ionen (OH⁻) als Puffer für Bodensäuren. Diese Bodensäuren (H⁺-Ionen) entstehen durch sauren Regen, Überdüngung, Abbau von organischem Material und anderen natürlichen und anthropogenen Quellen. Weiterhin spielen die Calcium-Ionen (Ca⁺⁺) als Strukturverbesserer durch Tonflockung eine wichtige Rolle.

Insgesamt wird durch die Kalk Düngung die Bodenfruchtbarkeit verbessert. Der pH-Wert wird optimal eingestellt, Haupt- und Spurennährstoffe sind dadurch besser verfügbar, tonhaltige Böden werden aufgelockert, Luft und Wasser können besser in den Boden eindringen, das Bodenleben wird positiv beeinflusst und Nährstoffe können insgesamt besser aufgenommen werden²⁰.

¹⁶ Tegethoff, S. 297

¹⁷ Bundesverband der Deutschen Kalkindustrie

¹⁸ ZDL 2014, S. 45

¹⁹ Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Leitfaden... 24.04.2012

²⁰ Bundesverband der Deutschen Kalkindustrie

Die Versorgung der land- und forstwirtschaftlichen Betriebe erfolgt zum einen durch direkte Abgabe an die Abnehmer im Umfeld des Werkes, zum anderen über Genossenschaften. Ein Wegfall der Düngekalklieferungen aus dem Werk Lienen würde die Lieferwege zu den Abnehmern drastisch erhöhen. Die Direktabgabe an Abnehmer aus der Umgebung wäre nicht mehr möglich.

Auswirkungen der Einstellung des Abbaus im Teutoburger Wald

Bei einem Wegfall des Abbaus des Cenoman Kalksteins im Teutoburger Wald müssten sowohl der daraus hergestellte CL 80 als auch die ungebrannten Produkte substituiert werden.

Wie oben dargestellt, würde dies bei der Kalksandsteinherstellung zu erheblichen Nachteilen führen. Bei Einsatz von CL 90 kann die Rohlingstandfestigkeit nur durch einen um ca. 10 % höheren Verbrauch sichergestellt werden. Dies führt zu höheren Temperaturen und einer verstärkten Staubbildung mit den entsprechenden Konsequenzen u.a. für die betroffenen Mitarbeiter. Zur Abwehr von Gesundheitsschäden müssen, um die zulässigen MAK-Werte (maximale Arbeitsplatzkonzentration) einzuhalten, ggf. die vorhandenen Entstaubungsanlagen ertüchtigt oder ersetzt werden. Dies bedeutet erhebliche Investitionen für die betroffenen Werke. Gleichzeitig steigt der Ressourcenverbrauch, da der Herstellungsprozess verlängert werden muss, um die Gefahr der Freikalkbildung und daraus resultierenden Mauerwerkschäden zu verhindern. Bei einem Austausch durch einen mit Tonmehl „abgewerteten“ CL 90 besteht, wie beschrieben, die Gefahr für die Mitarbeiter durch krebserzeugenden Quarzstaub. Auch in diesem Fall fallen durch den vorgeschriebenen Schutz der Mitarbeiter u.U. hohe Investitionskosten an.

Eine Substitution des Cenoman Kalksteins im Futtermittel würde die Futtermittelhersteller vor große Probleme stellen. Die Rezepturen sind in der Regel speziell auf den eingesetzten Kalk, in diesem Fall auf den Cenoman Kalk, eingestellt. Ein Wechsel würde Rezepturänderungen mit umfangreichen Versuchen voraussetzen, um überhaupt erfolgreich zu sein.

Grundsätzlich würde der Wegfall des Abbaus am Teutoburger Wald und damit des Unternehmens Calcis zu einer weiteren Konzentration auf dem deutschen Kalkmarkt, der schon heute von nur zwei Unternehmen dominiert wird, führen und weitere kleine mittelständische Unternehmen gefährden.

Zusammenfassung

Der in Lienen abgebaute Rohstein (Cenoman Kalk) zeichnet sich durch einen CaCO_3 -Gehalt von ca. 90 %, einen geringen MgCO_3 -Gehalt von kleiner 1,5 % und durch Nebenbestandteile wie Silizium, Aluminium und Eisen aus. Außerdem ist er im Gegensatz zu devonischen Massenkalken, wie sie andernorts abgebaut werden, relativ weich.

Ein Teil des Cenoman Rohsteins wird durch Trocknen und Mahlen aufbereitet und als ungebranntes Produkt vor allem in der Futtermittelindustrie verwendet. Dabei unterscheidet sich der Lienener Futterkalk vom devonischen Massenkalk durch seine geringere Härte, die zu einer schnelleren Umsetzung im Tiermagen führt.

Ein weiterer Teil des ungebrannten Kalksteins wird als Düngekalk abgesetzt. Er versorgt einerseits die Land- und Forstwirtschaft in unmittelbarer Umgebung um das Werk direkt und in der weiteren Umgebung über Genossenschaften. Düngekalk ist in der Landwirtschaft unverzichtbar und wird in der Regel ortsnah hergestellt und verwendet.

Der größte Teil der Rohsteinförderung wird in Brennöfen zu Branntkalk CL 80 veredelt. Die Bezeichnung CL 80 spiegelt den entsprechenden CaO-Gehalt von mindestens 80 %. Lienener CL 80 wird vor allem in der Kalksandsteinindustrie eingesetzt. Weitere Absatzbereiche sind die Herstellung von Fertigmörteln, die Schlammkonditionierung und der Einsatz in der Bodenstabilisierung.

Bei der Verwendung von Lienener CL 80 in der Kalksandsteinherstellung spielen neben dem CaO-Gehalt die aus dem Rohstein stammenden wirksamen Nebenbestandteile - vor allem Calciumsilicat - als Hydraule(Festigkeitsbildende)-Faktoren eine entscheidende Rolle und unterscheiden ihn von Kalken, die aus Rohsteinen anderer Lagerstätten gebrannt oder durch Mischen verschiedener Kalke hergestellt werden und die diese Nebenbestandteile nicht enthalten. Der Einsatz von Lienener CL 80 wirkt unter anderem durch geringere Produktionsverluste und kürzere Härteprozesse Ressourcen schonend und stellt die Maßhaltigkeit von den heute üblichen großformatigen Kalksandsteinen sicher. Die besonderen Eigenschaften des aus Lienener Kalkstein hergestellten CL 80 finden sich bei anderen Kalken, die laut Norm auch als CL 80 vermarktet werden dürfen, nicht. Damit ist die Austauschbarkeit von CL 80 Kalken nicht ohne weiteres gegeben oder mit großen ökonomischen und/oder ökologischen Nachteilen verbunden.

Beim Einsatz von Lienener CL 80 in der Bodenstabilisierung wirken die Hydraule-Faktoren, im Gegensatz zu anderen Kalken, die diese Hydraule-Faktoren nicht oder in geringerer Menge beinhalten, ebenfalls festigkeitsbildend und reduzieren daher die erforderlichen Einsatzmengen.

Bei der Wasseraufbereitung wirken die Nebenbestandteile des Lienener CL 80 positiv auf das Ausflockungsverhalten. Dadurch kann oft ganz oder teilweise auf den Einsatz chemischer Flockungshilfsmittel oder Sedimentations-Beschleuniger verzichtet werden.

Der Wegfall des Abbaus von Cenoman Kalkstein am Teutoburger Wald hätte erhebliche Konsequenzen für die Abnehmer durch Schwierigkeiten bei der Umstellung, erhöhten Ressourcenverbrauch, Investitionsbedarf und langwierige Versuchsreihen. Für die deutsche Kalkindustrie besteht die Gefahr einer weiteren Konzentration auf dem schon heute durch zwei Unternehmen dominierten Markt.

Quellen

- 1/2) Ifo-Institut (Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung an der Universität München e.V) (2014): Die Bauwirtschaft im Juni 2014. Ergebnisse aus dem ifo Konjunkturtest, München
- 3) Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V. (2014): Kalksandstein Geschäftsberichte 2013/2014, Hannover, September 2014
- 4) Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR): Wohnungsmarktprognose 2030. Bonn, April 2015
- 5) BBS (Bundesverband Baustoffe - Steine und Erden e.V.): Einschätzungen des BBS zur Entwicklung der Wohnungsbaunachfrage in Deutschland. Berlin, Dezember 2014
- 6) BBS (Bundesverband Baustoffe - Steine und Erden e.V.): Entwicklung der europäischen Bauwirtschaft: Ergebnisse der EUROCONSTRUCT-Winterkonferenz 2014. Berlin, Februar 2015
- 7/9) Gotthardt, R. und W. Kasig: Karbonatgesteine in Deutschland: Rohstoff, Nutzung, Umwelt. Beton-Verlag, Düsseldorf 1996
- 8) DIN EN 459-1, Baukalk – Teil 1: Begriffe, Anforderungen und Konformitätskriterien; Deutsche Fassung EN 459-1:2015, Berlin, Juli 2015
- 10) Kohlhaas, B. (Herausgeber): Ratgeber für Zement-Ingenieure. Bauverlag, Wiesbaden 1982
- 11) Sicherheitsdatenblatt Produktname: Concretol® 150, Version a, Revision date: 28.08.14. Stephan Schmidt KG
- 12) VERORDNUNG (EG) Nr. 1272/2008 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006
- 13) Institut für Kalk- und Mörtel-Forschung e.V.: Prüfbericht WA Nr. 114/10. Köln, den 11.10.2010
- 14) Eden, W.: Einfluss von Branntkalken auf die Herstellung und Eigenschaften von Kalksandsteinen. Tagungshandbuch Kalksandstein Kalkworkshop, Ausgabe November 2010, Hannover, November 2010
- 15) Deckers, S.: Einfluß der Eigenschaften hydraulischer Bindemittel auf die Eigenschaften hydrothermal gehärteter Leichtbetone. Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Naturwissenschaften, eingereicht beim Fachbereich 8 der Universität Gesamthochschule Siegen 2000
- 16) Tegethoff, F. W. (Herausgeber): Calciumcarbonat, Von der Kreidezeit ins 21. Jahrhundert. Birkhäuser, Basel; Boston; Berlin 2001
- 17) Bundesverband der Deutschen Kalkindustrie, <http://www.kalk.de>
- 18) ZDL (Zentralausschuss der Deutschen Landwirtschaft, Normenkommission für Einzelfuttermittel): Positivliste für Einzelfuttermittel 11. Auflage, Berlin 2014
- 19) Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz; Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit: Leitfaden zu Kennzeichnung von Einzelfuttermitteln und Mischfuttermitteln, 2. Auflage, (Stand: 24.04.2012)
- 20) Bundesverband der Deutschen Kalkindustrie: lebens.mittel.punkt 2-2015

- BBS (Bundesverband Baustoffe - Steine und Erden e.V.) (2013): Die Nachfrage nach Primär- und Sekundärrohstoffen der Steine-und-Erden-Industrie bis 2030 in Deutschland, Berlin, download unter <http://www.baustoffindustrie.de/cms/website.php?id=/de/downloads.htm> [Dezember 2013]
- Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V. (2012): Kalksandstein. Die Jahresberichte 2012; download unter http://www.kalksandstein.de/bv_ksi/binaries/content/74614/file_kalksandstein_jahresberichte_2012_de.pdf [September 2014]
- GG CERT (Gütegemeinschaft Naturstein, Kalk und Mörtel) (2014): Liste der Zertifikate der Konformität der werkseigenen Produktionskontrolle für Baukalk EN 459-1 nach Bauproduktenverordnung, Stand 11.03.2014, download unter http://www.gg-cert.de/fileadmin/MEDIA/PDF/bauprojekte/CE-Zertifikate_EN459-1-D-A-CH-2014.pdf [Juli 2014]
- Herbstreit (Herbstreit Landschaftsarchitekten) (2012): Änderung des Regionalplans Münsterland: Erweiterung Abgrabungsbereiche für die Kalksteingewinnung im Teutoburger Wald bei Lengerich und Lienen. Umweltstudie, Gutachten im Auftrag der Dyckerhoff AG Werk Lengerich sowie Calcis Lienen GmbH Co. KG, 16.02.2013
- Rheinkalk: Informationen der Firmenhomepage www.rheinkalk.de
- Saure, H.: Kalk: Produktion und Anwendungen. Vortrag Ruhruniversität Bochum am 07.05.2013, download unter http://www.utrm.rub.de/doc/ringvorlesungws1314/kalkvortrag_saure_%202013.pdf, Juli 2014