



Kalk®

Innovativ seit Jahrtausenden.

Kalk Kompendium

**Bundesverband der
Deutschen Kalkindustrie e.V.**

Annastraße 67 – 71
50968 Köln

Telefon (0221) 93 46 74-0
Telefax (0221) 93 46 74-14

www.kalk.de

KK6

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort	1
Die Geschichte der Kölner Kalkorganisationen	2
A Kalk – Grundlagen und Herstellung	3
A 1 Geologie und Mineralogie	4
A 2 Kalk- und Dolomitrohstoffe	7
A 3 Gewinnung, Aufbereitung und Herstellung	10
A 4 Reaktionsenthalpien, Abgase aus der Verbrennung, Brennstoffe.....	13
B Kalkanwendung	17
B 1 Kalk in Baustoffen und im Baugewerbe	18
B 2 Kalk und Kalkstein im Straßen- und Wegebau	19
B 3 Bodenverbesserung und Bodenverfestigung mit Kalk.....	24
B 4 Kalk- und Dolomitstein – Gesteinskörnung für Beton	27
B 5 Baukalk	28
B 6 Kalksandsteine	36
B 7 Einsatz von Kalk im Umweltschutz.....	40
B 8 Chemische Industrie und andere Industriezweige	47
B 9 Düngekalk.....	54
B 10 Roheisen- und Rohstahlgewinnung	66
C Glossar, Literatur und allgemeine Information	69
C 1 Abkürzungen (national und international)	69
C 2 Chemisch-physikalische Kennwerte	71
C 3 Kalklexikon und Kalkwörterbuch.....	84
C 4 Kalkliteratur und Veröffentlichungen.....	92
C 5 Normen, Technische Merkblätter, Arbeitsblätter.....	103
C 6 Weitere Informationen	109

Vorwort

Die vorliegende Materialsammlung soll sowohl den in der Praxis stehenden Fachleuten als auch Studierenden allgemeine Übersichten und technische Informationen zur Gewinnung, zur Herstellung und Verwendung von Kalkstein- und Kalkprodukten geben.

Im **ersten Teil** stehen die Grundlagen der Kalksteingewinnung und des Kalkbrennens im Vordergrund, dazu gehören u. a. Tabellen zu den geologischen Formationen, sowie Heizwerte von Brennstoffen.

Der **zweite Teil** widmet sich den vielfältigen Einsatzmöglichkeiten von Kalkstein- und Kalkprodukten. Nach einer allgemeinen Übersicht werden die Schwerpunkte auf die Verwendung in der Bauindustrie, im Straßenbau, im Umweltschutz und in der Landwirtschaft gelegt.

Der **dritte Teil** enthält physikalische Einheiten und Größen, Umrechnungen sowie Normen und technische Hinweise. Im Kalklexikon sind die Definitionen zu den wichtigsten Bezeichnungen und Formeln zum Thema Kalk aufgelistet. Die häufigsten Bezeichnungen sind im kleinen Kalklexikon dreisprachig angegeben (deutsch, englisch, französisch).



Die Geschichte der Kölner Kalkorganisationen

1865	Deutscher Verein für Fabrication von Ziegeln, Tohnwaren, Kalk und Cement	<p>Seit Beginn der industriellen Produktion haben sich die Unternehmen der Kalkindustrie zusammengeschlossen und Vereinigungen gegründet, die dem gemeinsamen Interesse aller Unternehmen dieser Branche dienen, den Absatz fördern, die wissenschaftliche Forschung vorwärts treiben, Rationalisierungsbestrebungen unterstützen und gute Verbindungen zwischen den Unternehmen zum Zwecke gemeinschaftlicher Interessenwahrnehmung herstellen sollen.</p> <p>Als Rechtsnachfolgerin der ehemaligen Fachgruppe Kalkindustrie haben sich die Kalkwerke der Bundesrepublik nach dem Krieg im Bundesverband der Deutschen Kalkindustrie e.V. zusammengeschlossen. Im Jahre 1974 wurden das verbandseigene Laboratorium verselbständigt und die Forschungsgemeinschaft Kalk und Mörtel e.V. wie auch das Institut für Kalk- und Mörtelforschung e.V. gegründet.</p>
1892	Sektion Kalk	
1908	Verein Deutscher Kalkwerke e.V.	
1934	Fachgruppe Kalkindustrie	
1948	Arbeitsgemeinschaft Kalk	
1953	Bundesverband der Deutschen Kalkindustrie e.V.	

Der **Bundesverband der Deutschen Kalkindustrie e.V.** vertritt die wirtschaftspolitischen Interessen der Kalkindustrie. Die Düngekalk liefernden Mitgliedswerke haben sich mit ihren Verkaufsorganisationen in der **Düngekalk-Hauptgemeinschaft** im Bundesverband zusammengeschlossen. Seit dem Jahre 1994 kooperieren der Bundesverband der Deutschen Kalkindustrie e.V. und der Bundesverband Naturstein-Industrie e.V. (BVNI) in der **Arbeitsgemeinschaft Naturstein**. Sie ist 2000 in einen gemeinsamen Verband überführt worden, den **Deutschen Gesteinsverband e.V.**

Die **Forschungsgemeinschaft Kalk und Mörtel e.V.** dient als gemeinnützige Institution ausschließlich der Forschung. Das **Institut für Kalk- und Mörtelforschung e.V.** arbeitet als Forschungs- und Beratungsinstitut und als Prüfstelle für die Produkte der Kalk- und Mörtelindustrie.

Die **Gütegemeinschaft Naturstein, Kalk und Mörtel e.V.** ist staatlich anerkannter Fremdüberwacher für eine Vielzahl von Produkten der Mitglieder und Kunden. Sie vergibt RAL-Gütezeichen für Baukalk, Kalkstein für Beton, Kalkstein für den Straßenbau, Kalksteinmehl, Werk trockenmörtel sowie Düngekalk und verfügt mit der **GG-Cert** über eine akkreditierte QM-Zertifizierungsstelle.



A Kalk – Grundlagen und Herstellung

Was ist Kalk?

Der Name „Kalk“ leitet sich von lat. **calx** ab. Nach vielfältigem Gebrauch mit unterschiedlicher Bedeutung, wie z.B.

- in der Chemie (Calciumverbindungen, die in einfachem Zusammenhang mit Calciumoxid (CaO) stehen),
- in der Geologie (unverfestigtes Kalksediment, verfestigter Kalkstein, stratigraphischer Eigenname und erklärender Zusatz zu Gesteinsnamen)

werden heute mit „Kalk“ nur die veredelten Produkte **Branntkalk** oder **gelöschter Kalk (Kalkhydrat)** bezeichnet.

Kalk entsteht durch Brennen von Kalkstein unterhalb der Sintergrenze. Hauptbestandteil des Kalksteins ist Calciumcarbonat.

Die meisten Kalksteinlagerstätten in Deutschland sind vor Jahrmillionen aus den Schalen und Skeletten im Meer lebender Organismen entstanden.

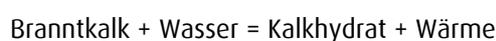
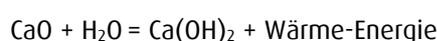
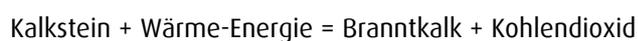
Kalkschlamm bildete sich auf dem Grund des Meeres, Korallenstöcke wuchsen und wurden überlagert. Der Schlamm verfestigte sich. Teilweise reagierte er mit magnesiumhaltigen Wässern und bildete so den dem Kalkstein nahe verwandten Dolomit.

Durch die Auflast jüngerer Sedimente wurde der Untergrund immer fester und bildete sich im Laufe von Millionen Jahren zu festem Gestein um. Unter besonderen Bedingungen entstanden auch Fossilien. Der Mensch arbeitet seit Jahrtausenden mit Kalkstein und Kalk, dem gebrannten Produkt. Zeugnisse dafür finden sich bei allen Kulturvölkern.

Heute wird Kalkstein in der Regel im Tagebau durch Sprengung gewonnen. Hydraulikbagger, Radlader und Schwerlastkraftwagen transportieren das gelöste Rohmaterial (Haufwerk) zu den Brechern.

Die Aufbereitung beginnt mit der Zerkleinerung der Gesteinsbrocken im Brecher. Die anschließende Klassierung (Aufteilung nach Größe) sondert lehmige und tonige Nebenbestandteile durch Absieben oder Waschen aus. Am Ende wird das klassierte Material gelagert, als Schotter/Splitt verkauft oder zu Steinmehl gemahlen oder in Öfen gebrannt. Schacht- und Drehrohröfen wandeln den Kalkstein (CaCO₃) durch Erhitzen auf 900 bis 1200°C in Calciumoxid (CaO = Branntkalk) und gasförmiges Kohlendioxid (CO₂) um. Der Brennvorangang bei Dolomitstein ist ähnlich.

Teilweise wird der „stückige“ Branntkalk zu feinem Pulver gemahlen (Feinkalk) oder mit Wasser zu pulverförmigem Kalkhydrat abgelöscht.



A 1 Geologie und Mineralogie

Geologische Formationen und Übersicht über die Erdgeschichte

Erdzeitalter	Formation	Abteilung/Stufe	Beginn in Mio. Jahren vor der Jetztzeit	Gesteine und wichtigere Bodenschätze Deutschlands	Entwicklung von Tier- und Pflanzenwelt	
Kanäzoikum (Erdneuzeit)	Quartär	Holozän		Lößlehme, Kalktuffe, Quellschichten (Travertine). Seekreiden, Tone, Sande, Kiese, Schotter, Geschiebeblöcke, Bimsstein	Entwicklung zum heutigen Bild; Erstes Auftreten des Menschen (Urmensch) und Entwicklung zum homo sapiens	
		Pleistozän				
	Tertiär	Jungtertiär (Neogen)	{ Pliozän { Miozän	ca. 1	Süßwasserkalke, Cyrenenmergel, Nummulitenkalke, Basalt, Trachyt, Phonolith, Braunkohlen, Pechkohlen Bernstein, Sande, Kiese, Tone, Kaolin, Bohnerz	Starke Entfaltung der plazentalen Säugetiere und der Vögel; Erste Vertreter der Primaten, Raubtiere, Huf- und Rüsseltiere; Unter den Pflanzen herrschen Angiospermen vor
Alttertiär (Paläogen)		{ Oligozän { Eozän { Paläozän				
Mesozoikum (Erdmittelalter)	Kreide	Oberkreide	{ Dan { Senon { Emscher { Turon { Cenoman	ca. 65	Kreidekalke, Plänerkalke (meist mergelig, Wasserkalke liefernd), Mergel, Flyschmergel, Ouader- und Glaukonitsandstein, Salzgitter-Eisenerze, Phosporite, Strontianit, Tone	Unter den Landwirbeltieren herrschen Saurier in Riesenformen vor; Erste plazentale Säuger (Insektivoren); Erste Angiospermen
		Unterkreide	{ Gault { Neokom			
	Jura	Malm (weißer Jura)	{ Portland { Kimmeridge { Oxford	ca. 136	Solnhofener Plattenkalke, Werk-, Bank- und Felsenkalke, Korallenoolith, Hauptrogenstein, Mergelkalke, Frankendolomit, Brauneisenerze (Minette), Tone, Sandsteine	Unter den Wirbeltieren dominieren die Saurier (auf dem Land: Dinosaurier; im Wasser: Ichthyosaurier; in der Luft: Flugsaurier); Auftreten des Urvogels Archäopteryx.
		Dogger (brauner Jura)	{ Callovien { Bathonien { Bajocien { Aalenien			
		Lias (schwarzer Jura)	{ Toarcien { Domercien { Carix { Sinemurien { Hettangien	ca. 190		

Erdzeitalter	Formation	Abteilung/ Stufe	Beginn in Mio. Jahren vor der Jetztzeit	Gesteine und wichtigere Bodenschätze Deutschlands	Entwicklung von Tier- und Pflanzenwelt
Trias	Keuper	Alpen: Rhät Nor Karn		Wellenkalk, Muschelkalk, Quaderkalk, Mergel, Schaumkalk, Trochitenkalk, Terebratelkalk, Zellenkalk, Dolomitmergel, Wetterstein- und Oberrhätalkalk Alpiner Hauptdolomit, Sandsteine, Tone, Gips, Anhydrit, Steinsalz	Reptilien erscheinen mit vielen neuen Ordnungen; Erstes Erscheinen der Säuger; Weiterentwicklung der Gymnospermen; Koniferen werden Leitfossilien
	Muschelkalk	{Ladin {Anis			
	Buntsandstein	{Skyth			
Perm	Zechstein	{5 Ohre- 4 Aller- 3 Leine-Serie 2 Staßfurt- 1 Werra-	ca. 225	Zechsteinkalke und Dolomit, Riffkalke, Kupferschiefer, Kali- und Steinsalz, Gips, Anhydrit	Fische mit Schmelzschuppen, theromorphe Reptilien; Pflanzen: Farne, Koniferen und Ginkogewächse; Es sterben u.a. aus: Pterokoralle, Trilobiten
	Rotliegendes	{Ober- {Unter-	ca. 280	Porphy, Melaphyr, Kuselit	
Karbon	Oberkarbon	{Stefan Westfal Namur		Kohlenkalk, Steinkohlen, Erze, Sandstein, Kieselschiefer	Erste geflügelte Insekten; Erste Reptilien; Erste Gymnospermen.
	Unterkarbon	Visé Tournai			
			ca. 345	Schieferton, Granite	Vorherrschende Pflanzen: Farne, Schachtelhalme, Schuppenbäume und Siegelbäume

Geologische Formationen und Übersicht über die Erdgeschichte

Erdzeitalter	Formation	Abteilung/ Stufe	Beginn in Mio. Jahren vor der Jetztzeit	Gesteine und wichtigere Bodenschätze Deutschlands	Entwicklung von Tier- und Pflanzenwelt	
Paläozoikum (Erdaltertum)	Devon	Oberdevon	ca. 360	Korallenkalke, Massenkalk, Hartkalkstein, Kramenzel- kalke, Riffkalke, Dolomit, Flaserkalke, Grauwacke, Quarzit, Schiefer, Schalstein, Diabas, Roteisenerz, Schwefelkies	Breite Entwicklung der Fische; Erste Amphibien; Korallen; Brachiopoden und Cephalopoden Als Pflanzen herrschen Psilophyten vor	
		Mitteldevon				{Givet {Eifel
		Unterdevon				{Ems Siegen Gedinne
	Silur		ca. 395	Ockerkalk, Kalksteine (Harz, Kellerwald)	Rege Entfaltung der Arthropoden; Beginnende Entwicklung der Ephalopoden	
	Ordovizium		ca. 420	Griffelschiefer Grauwacke Kieselschiefer	Erste Wirbeltiere: Fische, Agnathi, Graptolithen, Trilobiten; Pflanzen: erste Gefäßpflanzen	
Kambrium		ca. 500	Marmor, Dolomit (Fichtelgebirge, Sachsen). Grauwacke, Quarzit, Konglomerate, Schiefer	Tiere: Cephalopoden, Brachiopoden, Trilobiten; Pflanzen: Algen		
Präkambrium (Erdfrühzeit)	Algonkium	{Jungalgonkium {Altalgonkium	ca. 570	Marmore (Bayr. Wald, Sachsen), Granite, Gneise, Glimmerschiefer, Pegmatit, Graphit, Schwefelkies, Feldspat	Älteste Wirbellose; Älteste Pflanzen: Algen	
	Archaikum		ca. 1000		Fragliche Spuren von Lebewesen	
			ca. 3500			

A 2 Kalk- und Dolomitrohstoffe

Zusammensetzung

Kalkstein	Hauptbestandteil Calcit CaCO_3 (Calcium-Carbonat)
Dolomitstein	Hauptbestandteil Dolomit $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (Calcium-Magnesium-Carbonat)
Carbonat-Ton-Reihe	Mit steigendem Gehalt an Tonmineralen werden unterschieden: mergeliger Kalkstein (Dolomit), Kalk-(Dolomit-)mergel

Entstehung

Kalkstein	<p>Organogen durch Ablagerung kalkiger Schalen bzw. Skelettbildungen tierischer und pflanzlicher Organismen. Hartteile sinken auf den Meeresboden (Muschelkalk u.a.); durchweg geschichtete bzw. gebankte Kalke durch riffbauende Tätigkeit von am Meeresboden festgewachsenen Organismen (insbes. Korallen, Schwämme); massige Kalke (devonischer und jurassischer Massenkalk)</p> <p>Biogen durch den Stoffwechsel von Organismen, z.B. infolge CO_2-Entzugs durch grüne Wasserpflanzen, Erhöhung der Basenkonzentration durch Bakterientätigkeit</p> <p>Chemogen durch Ausfällung aus erwärmten Wässern infolge Verringerung der Kalklöslichkeit und noch begünstigt durch Herabsetzung der Löslichkeit der Kohlensäure. Ferner durch Eindampfung von abgeschlossenen Meeresbecken (z.B. Zechsteinkalk)</p>
Dolomit	Sekundäre Bildung: rezent aus primär chemogen gefälltem Protodolomit; frühdiagenetisch aus Protodolomit und Reaktion der Porenlösungen mit unverfestigtem Calciumcarbonatschlamm; spätdiagenetisch durch Reaktion der Porenlösungen oder z.B. hydrothermal zugeführter Lösungen mit dem verfestigten Kalkstein.
Marmor	aus Kalkstein und/oder Dolomitstein (einschließlich der mergeligen Varianten) durch isochemische Umkristallisation unter höheren Drücken und Temperaturen (Metamorphose)

Gesteine	Gefüge	Lagerstätten
Kalkspat (Mineral)	kristallinspätig	Gänge und Netzwerke in Kalkstein, Dolomit u.a. Gesteinen
Marmor	rekristallisiert, fein bis grobkörnig	Linsen in metamorphen Gesteinen Odenwald (Auerbach), Oberfranken (Wunsiedel), Erzgebirge (Oberscheibe, Hermsdorf, Harmerunterwiesenthal) u.a.
Marmor, technischer	feinkristallin bis dicht	alle polierfähigen Kalke und Dolomite vom Kambrium bis zum Jura, z.B. devonische Massenkalk, Trochitenkalke, Jurakalke Süddeutschlands
Massenkalk	feinkristallin bis dicht	Devon: gefaltete Gesteinszüge in der Eifel (Eifelkalk von Sötenich, Dollendorf-Lissendorf, Gerolstein u.a.), im Niederbergischen (Dornap, Wülfrath), im Sauerland (Hagen-Hönnetal, Attendorn-Frettar, Warstein, Brilon), Lahn-Dill-Gebiet (Hahnstätten, Diez, Dehrn u.a.), Hunsrück (Waldalgesheim-Stromberg), Harz (Elbingerode-Rübeland, Bad Grund), Elbtalschiefergebirge (Borna-Nenntmannsdorf) Jura: Massenkalk im schwäbisch-fränkischen Jura, Schwarzwald (Istein)



Gesteine	Gefüge	Lagerstätten
Wohlgebankte, plattige oder kreidig-erdige Karbonatgesteine, z.B.:		
Kalktuff, Travertin	porös-zellig	Süddeutschland, Thüringen (Weimar-Ehringsdorf)
Seekreide	erdig	Norddeutschland, Raum zwischen Alpen und Donau, Bodenseegebiet
Tertiär-Kalke	plattig-mürbe	Mainzer Becken (Amöneburg)
Schreibkreide	kreidig-erdig	Schleswig-Holstein (Lägerdorf), Mecklenburg (Rügen) Stadtlohn-Ahaus z.T.
Kreide-Kalke (Pläner)	dicht	Umrandung des Münsterschen Beckens, Teutoburger Wald (Lengerich), Egge (Altenbeken), Haarstrang (Paderborn-Büren-Geseke-Soest), Inneres des Münsterschen Beckens (Beckum-Ennigerloh), Hannover-Harzvorland (Misburg, Wolfenbüttel, Lüneburg), oberes Elbtal
Jura-Kalke	feinkristallin bis dicht z.T. oolithisch	Schwäbisch-fränkischer Jura (Blaubeuren, Ulm, Neresheim, Harburg, Kehlheim, Regensburg, Solnhofen), Nordwestdeutschland (Wiehen-Wesergebirge, Süntel, Deister, Osterwald, Hils, südl. Harzvorland)
Muschelkalk	dicht bis grobkristallin	Westpfalz, Trierer Bucht, Baden-Württemberg, Franken, Hessen, Nordwestdeutschland, Thüringen, Sachsen-Anhalt, Rüdersdorf bei Berlin
Zechstein-kalk	dicht bis grobkristallin	An Rändern von Schiefergebirgen (Ostrand Rheinisches Schiefergebirge, Odenwald, Spessart, Harz, Thüringer Wald, Thüringer Schiefergebirge - Erzgebirge)
Kohlenkalk	feinkristallin bis dicht	Aachen-Stolberg, Niederbergisches (Ratingen-Velbert)
Bankige Devonkalke	feinkristallin bis dicht	wie devonische Massenkalk
Alpine Kalke (Trias)	feinkristallin bis dicht	Wettersteinkalk, Dachsteinkalk (Wetterstein-, Karwendel-, Dachstein-Gebirge)
Dolomitstein	fein- bis grob-kristallin, auch zellig-porös, massig oder gebankt	Im Devon: Große Lagerstätten in den Eifelkalkmulden (Sötenich, Dollendorf-Lissendorf, Gerolstein, Büdesheim), im Niederbergischen (Gruiten), im Sauerland (Hagen-Halden, Grevenbrück), im Oberbergischen (Bergisch Gladbach, Bensberg) bei Waldalgesheim (Hunsrück) Karbon: Aachen-Stolberg Zechstein: Harz (Osterode-Schwarzfeld), Thüringen - Sachsen (Caschwitz-Gleina, Wünschendorf, Oschatz-Mügeln) Trias: Wellen/Mosel, Süddeutschland (Trigonodus-Dolomit) Jura: Hannover (Salzhemmendorf), Süddeutschland (Frankendolomit), nördl. Kalkalpen (Trias): Hauptdolomit (zwischen Garmisch und Berchtesgaden), Ramsaudolomit (Berchtesgadener Raum)



Benennungen der Kalkstein-Ton-Gesteine

Gesamt- karbonatgehalt	Magnesiumkarbonatgehalt in % des Gesamtkarbonatgehaltes		
	0 – 5 %	5 – 30 %	über 30 %
0 - 10 %	Ton	Ton	Ton
10 - 25 %	kalkiger Ton	dolomitischer Ton	dolomitischer Ton
25 - 50 %	Tonmergel	dolomitischer Tonmergel	dolomitischer Tonmergel
50 - 75 %	Kalkmergel	dolomitischer Kalkmergel	Dolomitmergel
75 - 90 %	toniger Kalkstein	tonig-dolomitischer Kalkstein	toniger Dolomit
90 - 100 %	Kalkstein	dolomitischer Kalkstein	Dolomit

Technische Klassifikation der Kalk- und Dolomitgesteine

Kalk- und Dolomitsteine sind den Sedimentgesteinen zuzuordnen. Nach Art der Ablagerung werden unterschieden:

- klastische Sedimente und die durch Verfestigung aus ihnen hervorgegangenen festen Sedimentgesteine
- chemische und biogene Sedimente und die durch Verfestigung aus ihnen hervorgegangenen Sedimentgesteine (Kalk- und Dolomitstein)

Von den Sedimentgesteinen werden in Deutschland die folgenden Kalksteine bautechnisch genutzt:

- mesozoische Kalksteine: Kalksteine des Muschelkalks, Kalksteine des oberen Juras (weißer Jura, Malm)
- paläozoische Kalksteine: devonischer Massenkalkstein, Kulmplattenkalkstein
- jurassische Kalksteine: Korallenoolith

Hauptbestandteil der Kalksteine ist vorwiegend biogener Calcit in Form von Schalen oder Skelettresten oder von fein- bis feinstkörnigen Zerstörungsprodukten – oft unter Beteiligung von gelösten und wieder ausgefälltem Calcit. Vielfach haben die Kalksteine Beimengungen von Ton, Schluff, Quarz oder Sand und Dolomit.

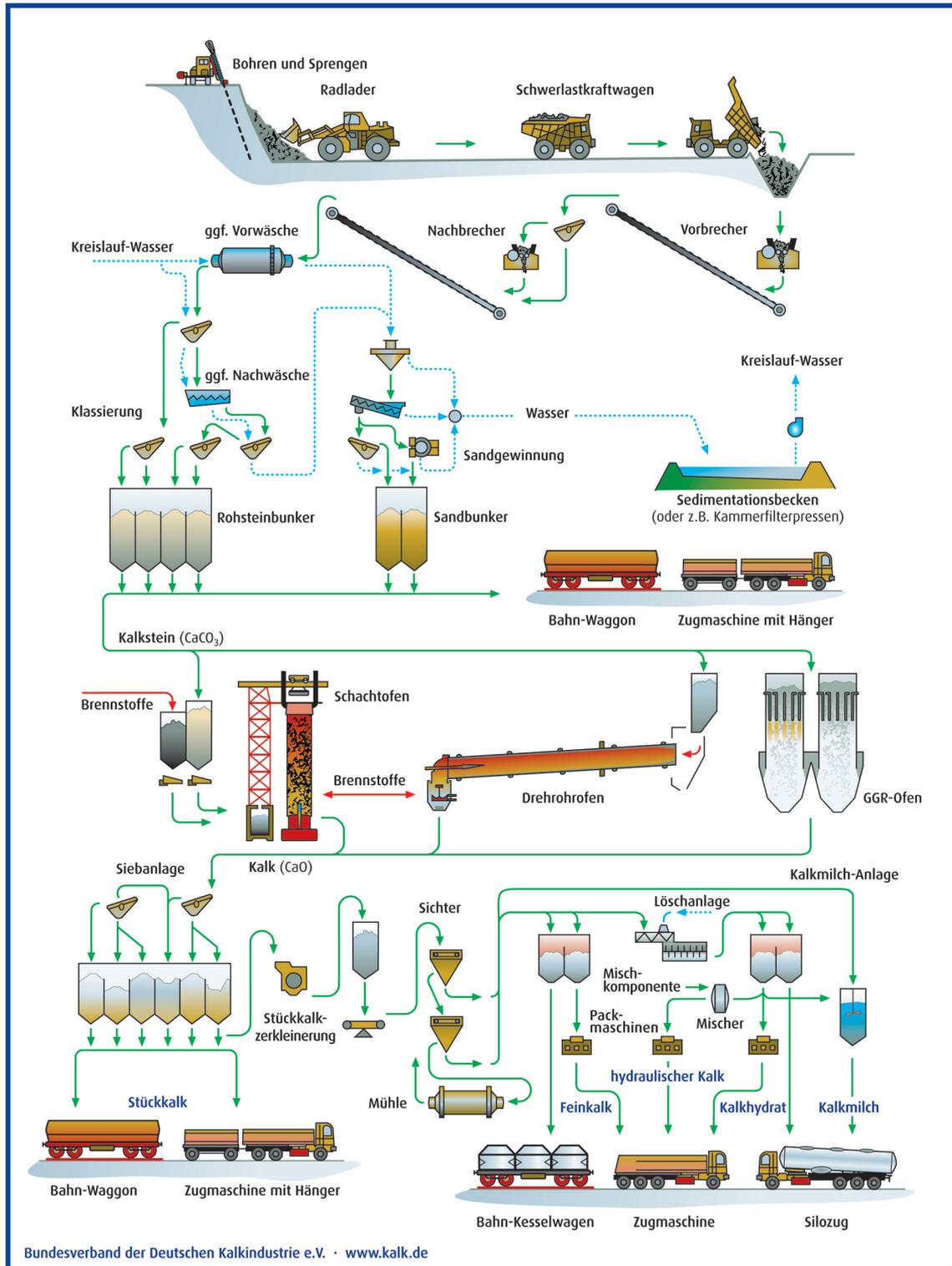
Hauptbestandteil der Dolomitsteine ist Dolomit. Vielfach haben sie Beimengungen von reliktschem Calcit sowie Ton, Schluff, Quarz oder Sand. Dolomitsteine sind zumeist sekundär aus Kalkstein durch Zufuhr magnesiumhaltiger Lösungen unter Verdrängung von Calcit entstanden.



A 3 Gewinnung, Aufbereitung und Herstellung

Schema zur Gewinnung von Kalkstein und Herstellung von Kalk

Vereinfachte schematische Darstellung des Produktionsablaufes in einem größerem Kalkwerk



Arbeitsgang Arbeitsverfahren	Kennzeichnung
Untersuchung und Aufschluss der Lager- stätte: Prüfung der Abbauwürdigkeit	durch Schürfgräben, -löcher und Bohrungen am Berghang oder in der Ebene
Abraumbeseitigung	Freilegung des Gesteins maschinell durch Schrapper, Schürfkübel- und -bagger. Abraum auf Halden
Ausrichtung und Vorrichtung der Lagerstätte	am Berghang Terrassenbau, Zerlegung in Abbauscheiben, in der Ebene Strossenbau, in die Tiefe gehend
Bohren:	maschinell mit Großbohrlochmaschine durch Drehbohren unter steilem Winkel
Sprengen: Einzelschüsse	Einsatz bei geringeren Wandhöhen und beim Zerlegen von größeren Blöcken (Knäppern)
Reihenschüsse	Bohrlöcher waagrecht und/oder senkrecht von der Bohrsohle aus vorgetrieben
Großbohrloch- sprengung	Annähernd senkrechte Reihenschüsse Anfall klein- bis mittelstückigeren Haufwerks
Verladen:	Einsatz von Baggern und Radladern, Säuberung der Bruchsohle
Transport: horizontal vertikal	durch Steinbruch-Schwerst-LKW (SKW), Radlader oder Gurtbandförderer zur Überwindung größerer Höhenunterschiede zwischen Bruchsohle und Aufbereitungsanlage Schrägaufzüge, bei Einzelbrechern auf Bruchsohlen Bandförderung durch schräg ansteigende Stollen zur Aufbereitung



Aufbereitung

Arbeitsgang	Arbeitsmaschine	Erzeugnis
Vorzerkleinerung	Backen-, Kreisel-, Walzen-, Prallbrecher	Grobsteine, Schrotten Schotter, Grobsplitt
Nachzerkleinerung	Hammer-, Kegel-, Prallbrecher	Feinsplitt, Steinsand
Waschen, Sieben	Schwerter-, Trommelwäsche, Schwingsiebe (Vibratoren)	
Separieren	Entwässerungsschnecken, Hydroseparatoren, Hydrozyklone	Brechfeinsand
Mahlen	Teller-, Rohr-, Prall-, Hammer-, Gutbettwalzenmühlen	Steinmehl
Sichten	Schwerkraft-, Umlauf-, Stromsichter	

Brennen

Arbeitsgang	Aggregate	Erzeugnis
Entsäuerung	Schachtofen, Ringschachtofen, Doppelschrägofen, Mehrkammerofen, Gleichstrom-Regenerativofen (GGR), Drehrohrofen, CID-Ofen	Branntkalk stückig
Mahlen	Teller-, Rohr-, Walzenschüssel-, Hammer-, Gutbettwalzenmühlen	Feinkalk
Löschen Nasslöschen Trockenlöschen Drucklöschen	Trog, Pfanne, Löschanlage (1-3 Kammern), Drucklöschanlage	Kalkhydrat



A 4 Reaktionsenthalpien, Abgase aus der Verbrennung, Brennstoffe

Reaktionsenthalpien für konstante Temperaturen

Reaktion	Reaktionsenthalpie in kJ					Temperatur in °C bei 1013 HPa Gleichgewichtsdruck des Reaktionsgases
	bei molarem Umsatz	bezogen auf je 1 kg				
		Carbonat	Oxid	Hydroxid	CO ₂	
Entsäuerung (Dissoziation)						
CaCO ₃ = CaO + CO ₂	166,64	1665,6	2971,5	—	3787,3	896
MgCO ₃ = MgO + CO ₂	96,07	1139,4	2382,7	—	2183,4	527
CaMg(CO ₃) ₂ = CaO + MgO + 2 CO ₂	291,14	1579,4	3020,1	—	3308,4	896
CaMg(CO ₃) ₂ = CaCO ₃ + MgO+CO ₂	152,71	828,5	3787,5	—	3470,7	727
Löschung (Hydratation)						
						Temperatur in °C bei 1013 HPa äußerem Gesamtdruck
CaO+H ₂ O _{fl} = Ca(OH) ₂	-65,653	—	-1170,7	-886,0	—	0
	-66,017	—	-1177,2	-890,9	—	20
	-66,110	—	-1178,9	-892,2	—	25
	-66,57	—	-1187,1	-898,4	—	50
	-67,135	—	-1197,1	-906,0	—	80
	-67,521	—	-1204,0	-911,2	—	100
CaO + H ₂ O _{gas} = Ca(OH) ₂	-107,810	—	-1922,4	-1454,9	—	100
	-107,588	—	-1918,5	-1451,9	—	110
	-107,375	—	-1914,7	-1449,1	—	120
	-107,161	—	-1910,9	-1446,2	—	130
	-106,956	—	-1907,2	-1443,4	—	140
MgO + H ₂ O _{fl} = Mg(OH) ₂	-37,597	—	-932,5	-644,4	—	25
Entwässerung (Dehydratation)						
Ca(OH) ₂ = CaO + H ₂ O _{gas}	+99,652	—	+1777,0	+1344,8	—	550
Mg(OH) ₂ = MgO + H ₂ O _{gas}	+79,239	—	+1965,3	+1358,2	—	266

Abgase aus Verbrennung und Zersetzung

Formel	Chemische Bezeichnung	Mole- kular- gewicht	relative Gasdichte bezogen auf Luft =1**)	Norm- dichte*) kg/m ³	Mittlere spez. Wärmekapazität in kJ/m ³ K			
					0 °C	100 °C	200 °C	1000 °C
—	Luft	9	1,000	1,293	1,298	1,302	1,310	1,411
CO	Kohlenmonoxid	28	0,967	1,25	1,302	1,302	1,306	1,415
CO ₂	Kohlendioxid (Kohlensäure)	44	1,5288	1,9768	1,620	1,725	1,800	2,236
H ₂	Wasserstoff	2	0,0696	0,09	1,281	1,294	1,298	1,327
O ₂	Sauerstoff	32	1,106	1,43	1,306	1,319	1,336	1,482
H ₂ O	Wasserdampf	18	0,6234	0,806	1,491	1,499	1,516	1,717
N ₂	Stickstoff	28	0,9667	1,25	1,302	1,302	1,306	1,398
CH ₄	Methan	16	0,5545	0,717	1,545	1,620	1,750	2,654
SO ₂	Schwefeldioxid	64	2,266	2,93	1,733	1,817	1,855	2,240

*) 0 °C; 1,013 HPa

**) 1 steht für das Verhältnis zweier gleicher SI-Einheiten



Heizwert

Der **Heizwert** (H_u), früher unterer Heizwert, eines Brennstoffes ist diejenige Wärmemenge, die bei vollständiger Verbrennung von 1 kg bzw. 1 Nm³ Brennstoff nach Abkühlung der Verbrennungserzeugnisse auf die Ausgangstemperatur ohne Berücksichtigung der Verdampfungswärme des im Abgas vorhandenen Wassers verfügbar wird.

Der **Brennwert** (H_o), früher oberer Heizwert, ist um die Verdampfungswärme des im Abgas vorhandenen Wassers größer als der Heizwert. Da sich das Wasser in den Abgasen normalerweise im dampfförmigen Zustand befindet, ist für die Praxis nur der Heizwert von Interesse. Gasförmige Brennstoffe werden aus messtechnischen Gründen nach dem Brennwert abgerechnet. Das Gas wird immer im Normzustand, d. h. bei 0°C und 1,013 bar gemessen.

Flüssige Brennstoffe

Brennstoff	Alkohol (Äthyl)	Benzin	Benzol 90er	Benzol 50er	Gasöl (Dieselöl)	Heizöl EL	Heizöl S	Heizöl S, schwefelarm	
Heizwert H_u MJ/kg	26,8	42,7	40,2	40,4	ca. 41,9	ca. 42,7	ca. 40,2	Ca. 41,5	
Brennwert H_o MJ/kg	29,7	46,1	41,9	42,3	44,4	46,1	42,3	43,6	
Mittlere Zusammensetzung Gew. %	C	52	85	92,1	91,6	ca. 86	ca. 86	ca. 85,5	Ca. 87
	H	13	15	7,9	8,4	ca. 13,2	ca. 13	ca. 11	Ca. 11
	S	–	–	–	–	0,1–0,5	0,3–0,5	1,8–2,2	0,75–1
	N + O	35	–	–	–	–	–	–	–
	Asche	–	–	–	–	Spuren	Spuren	ca. 0,3	Ca. 0,3
Luftbedarf $n=1$ m ³ /kg	7,0	11,6	10,4	10,6	ca. 10,4	ca. 11,4	ca. 10,4	Ca. 10,4	
CO ₂ ¹⁾ max. %	16,7	15,1	17,5	15,4	15,4	15,4	15,9	16,2	

Berechnung des Heizwertes von festen Brennstoffen

Koks: $H_u = 332,18 [100 - (\% \text{ Asche} \cdot \% \text{ Wasser})] - 6 \cdot \% \text{ Wasser}$ (Heizwert von Hochtemperaturkoks auf asche- und wasserfreie Substanz berechnet 33,22 MJ/kg).

Kohle: Nach der empirischen Harpener-Formel, die für einen Reinkohlengehalt von 60–80% erprobt ist:

$$15,868 + 116 \cdot x - 0,68 \cdot x^2 = 4,33078 H_o$$

$$15,340 + 112,1 \cdot x - 0,6574 \cdot x^2 = 4,04759 H_u$$

$$x = \frac{k - a}{0,06 \cdot R}$$

k = % Verkokungsrückstand (durch Versuch bestimmt)

a = % Aschegehalt (durch Versuch bestimmt)

f = % Feuchtigkeit der Rohkohle (durch Versuch bestimmt)

R = Reinkohle in Rohkohle = 100 - (a+f)



Feste Brennstoffe

Brennstoff	Heizwert H _u MJ/kg	Flüchtige ¹⁾ Bestand- teile %	Asche %	Schwefel ¹⁾ %	Wasser %	Luftbedarf n = 1 m ³ /kg ²⁾	CO ₂ ³⁾ max %
Kohlenstoff	33,9	–	–	–	–	8,3	21,0
Torf, lufttrocken	12,6	38–40	1–2	–	37–45	3,5	19,50
Holz, grün, lufttrocken	10,5 15,5	45 60	1,5 0–0,5	– –	37 10–20	3,0 4,2	20,50 20,50
Braunkohle Helmstedt	11,9	28	7,5	3	46	3,4	19,85
Rheinland	8,1	21,2	2,4	0,4	60	2,5	19,60
Braunkohlenbriketts Rheinland	20,1	44	5	0,4	!5	5,4	19,60
Braunkohlenschwelkoks (Helmstedt)	22,6	18	16	2	18	6,0	19,60
Steinkohle (Ruhr, Aachen, Niedersachsen)							
Gasflammkohle Stück- und Nuss-Kohle, Koksfeinkohle	28,9–31,6 27,2–28,9	35–40 35–40	4– 6 4– 6	0,6–0,8 0,6–0,8	bis 5 bis 10	7,5–8,1 7,1–7,5	18,65 18,65
Gaskohle Stück- und Nuss-Kohle, Koksfeinkohle	30,2–32,3 28,1–29,7	28–35 28–35	4– 6 4– 6	0,6–0,8 0,6–0,8	bis 5 bis 10	7,8–8,3 7,3–7,7	18,65 18,65
Fettkohle bestmeliert	30,2–31,4	19–28	4– 7	0,7–0,9	bis 3	7,8–8,1	18,75
Stück- und Nuss-Kohle, Koksfeinkohle	31,0–33,1 28,9–30,6	19–28 19–28	3– 7 3– 7	0,7–0,9 0,7–0,9	bis 5 bis 10	8,0–8,5 7,5–7,9	18,75 18,75
Ess-Kohle Stück- und Nuss-Kohle, Gewaschene Feinkohle	31,4–33,5 28,5–30,2	14–19 14–19	3– 7 3– 7	0,7–0,9 0,7–0,9	bis 5 bis 10	8,1–8,6 7,4–7,8	19,25 19,25
Mager-Kohle Nuss-Kohle, Gewaschene Feinkohle	31,4–33,1 28,5–30,2	10–14 10–14	4– 7 4– 7	0,7–0,9 0,7–0,9	bis 5 bis 10	8,1–8,5 7,4–7,8	19,25 19,25
Anthrazit	31,4–33,1	10–14	3– 6	unt. 0,9	bis 2	8,1–8,5	19,15
Koks (Ruhr) Gaskoks, Zechenkoks, Koksgrus	28,5 28,1–30,2 25,1	unt. 1 1 3	8–10 8 10	0,8–1,2 0,8–1,2 0,8–1,2	4–9 über 1 12	7,4 7,3–7,8 6,6	20,60 20,70 20,70
Steinkohlenschwelkoks	23,5	7–10	13,5	–	15–19	6,2	19,10

¹⁾ bezogen auf wasser- und aschefreie Substanz

²⁾ bezogen auf den Heizwert Spalte 1

³⁾ bezogen auf trockenes Abgas



Erdgas-Durchschnittswerte

Benennung			Nordsee- Erdgas H	Misch- Erdgas H	Russ.- Erdgas H	Holland- Erdgas L	Verbund- Erdgas L
Analysenwerte *							
CO ₂		Vol.-%	1,01	0,96	0,08	1,46	1,48
N ₃		Vol.-%	1,33	2,56	0,84	9,92	9,25
O ₂		Vol.-%	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
CH ₄		Vol.-%	88,66	88,39	98,30	83,97	85,70
C ₂ H ₆		Vol.-%	6,85	6,20	0,52	3,61	2,79
C ₃ H ₈		Vol.-%	1,49	1,28	0,17	0,68	0,50
C ₄ H ₁₀		Vol.-%	0,50	0,45	0,06	0,23	0,18
C ₅ H ₁₂		Vol.-%	0,09	0,07	0,02	0,06	0,04
C ₆₊		Vol.-%	0,07	0,09	0,01	0,07	0,06
Kennwerte							
Brennwert	H _o	kWh/m ³	11,831	11,594	11,058	10,332	10,281
Heizwert	H _u	kWh/m ³	10,695	10,478	9,968	9,328	9,278
Wärmewertverhältnis	H _u /H _o		0,9040	0,9037	0,9014	0,9028	0,9024
Normdichte	ρ	kg/m ³	0,8147	0,8128	0,7304	0,8288	0,8161
Dichteverhältnis (Luft = 1)	d	-	0,630	0,629	0,565	0,641	0,631
Wobbeindex **	W _{o,n}	kWh/m ³	14,906	14,619	14,711	12,905	12,943
Wobbeindex **	W _{u,n}	kWh/m ³	13,474	13,212	13,261	11,651	11,680
Methanzahl	MZ	-	75	76	95	86	89
Luftbedarf, min.	L _o	M ³ /m ³	10,27	10,06	9,54	8,99	8,95
Sauerstoffbedarf, min.	O ₂	M ³ /m ³	2,157	2,113	2,003	1,888	1,880
Spez. Luftb. Min. bez. auf H _u	L _o	M ³ /kWh	0,960	0,960	0,957	0,964	0,965
Abgaszusammensetzung							
Abgasvolumen feucht		M ³ /m ³	11,10	10,89	10,34	9,82	9,76
CO ₂		Vol.-%	10,0	9,9	9,7	9,8	9,8
H ₂ O		Vol.-%	17,7	17,7	18,2	17,7	17,7
N ₂		Vol.-%	72,3	72,4	72,1	72,5	72,5
Taupunkt		°C	58,95	58,98	59,58	58,94	59,03
Abgasenthalpie	h _o	kWh/m ³	1,066	1,065	1,069	1,052	1,053
Abgasvolumen trocken		m ³ /m ³	9,14	8,97	8,46	8,08	8,03
CO ₂		Vol.-%	12,1	12,1	11,8	11,9	11,9
N ₂		Vol.-%	87,9	87,9	88,2	88,1	88,1
Zündtemperatur (mit Luft)		°C	570-640 (DIN 51794)				
Flammentemperatur (ohne Diss.)		°C	2068	2065	2054	2046	2044
Flammgeschwindigkeit		m/s	0,43	0,43	0,43	0,41	0,41
Zündgrenzen (DIN 51649)	Z _u	Vol.-%	4,1	4,1	4,3	4,5	4,7
(Gas in Luft)	Z _o	Vol.-%	15,9	15,9	16,3	16,1	16,1

Einzelne Durchschnittswerte unterschiedlicher Gase dürfen rechnerisch nicht verknüpft werden. Die Kennwerte beziehen sich auf stöchiometrische Verbrennung.

*) Analysenwerte < 0,01 Vol.-% werden bei der Berechnung nicht berücksichtigt. Eine Festlegung von Streubreiten bei den Einzelkomponenten ist nicht durchführbar. Die Gaskomponenten sind für die Praxis nicht in Mol.-% sondern in Vol.-%. angegeben.

***) Wobbeindex: $W=H/\sqrt{d}$



B Kalkanwendung

Verwendung von ungebrannten und gebrannten Kalk- und Dolomitprodukten

Baustoffe und Baugewerbe	Zement	Feuerfest	Kalksandstein	Leichtbeton
	Hochbau	Straßenbau	Bahnbau	Wasserbau
	Mörtel	Brückenbau	Kunststein u. sonst.	Porenbeton
Umweltschutz	Trink-, Brauchwasser	Abgasreinigung	Abwasser- reinigung	Schlamm- behandlung und Bodensanierung
Chemische Industrie und andere Industriezweige	Farb-, Kunststoffe	andere organische Synthesen	Erdölprodukte	Soda
	Papier, Zellstoff	Pharmazeutika, Kosmetika	Lebensmittel	sonstige Chemische Industrie
	Glas, Feinkeramik	Zucker	Steinkohlen- Bergbau	NE-Metalle
	Leder			
Landwirtschaft	Düngung	Fütterung	Konservierung	Schädlings- bekämpfung, Seuchenschutz
	Düngemittel- Produktion			
Eisen- und Stahlindustrie	Eisenerzeugung	Stahlerzeugung	weitere Verfahren	Eisen- und Stahl verarbeitende Industrie



Verwendung von ungebrannten und gebrannten Kalk- und Dolomitprodukten

B 1 Kalk in Baustoffen und im Baugewerbe

Zement	Kalkstandard	Füller	
Feuerfest			
Kalksandstein	Zuschlag	Bindemittel	Füller
Leichtbeton	Bindemittel	Füller	
Hochbau	Beton	Mörtel	
Straßenbau	Asphalt	Tragschichten	Bodenverbesserung und -verfestigung
Bahnbau	Gleisschotter	Planumschutzschichten	Bodenverbesserung und -verfestigung
Wasserbau	Wasserbausteine	Beton	
Mörtel	Bindemittel	Zuschlag	Füller
Brückenbau	Beton		
Kunststein u. sonst.			



B 2 Kalk und Kalkstein im Straßen- und Wegebau

Kalkstein im Straßenbau

Kalkstein – hierzu gehört auch Dolomitstein – ist das am häufigsten für den Verkehrswegebau in Deutschland genutzte Felsgestein. Nahezu die Hälfte aller Gewinnungsstätten von natürlichem Festgestein und der Gesamtproduktion an Gesteinskörnungen, Füllern und Baustoffgemischen für Schichten ohne Bindemittel zum Einsatz im Straßenbau sind Kalk- und Dolomitstein. Die aus einwandfreien Vorkommen gewonnenen und gut aufbereiteten Gesteinskörnungen erfüllen die Anforderungen der Technischen Vorschriften, Normen, Richtlinien und Merkblätter.

Die Produzenten von Kalkstein haben sich verpflichtet, durch laufende eigene Prüfungen und durch freiwillige Überwachungsprüfungen in anerkannten Prüfinstituten die geforderten Güteeigenschaften ständig einzuhalten.

Die Anwendung des Kalksteins ist in allen Schichten des Straßenoberbaus möglich. Im Asphalt wirkt sich besonders vorteilhaft das gute Haftvermögen zum Bindemittel aus.

Korngestufte Gemische aus groben und feinen Gesteinskörnungen ergeben hohe Tragfähigkeiten und ebene Oberflächen bei Verwendung in Schichten ohne Bindemittel und schützen die Straßen vor Frost- und Tauschäden.

Die Frost- und Verwitterungsbeständigkeit des Kalksteins in der Straße wird durch die im Labor festgestellten extrem niedrigen Wasseraufnahmewerte und durch die hohe Widerstandsfähigkeit nach Frost-Tau-Wechsel-Versuchen bestätigt.

Die Hitzebeständigkeit des Kalksteins wirkt sich bei Asphalt vorteilhaft auf die Herstellung des Mischgutes aus.

Die geringe Wärmedehnung des Kalksteins ist günstig für hydraulisch gebundene Tragschichten und Beton. Die Längenänderungen sind geringer als bei anderen Gesteinskörnungen. Die Rissneigung wird verringert.

Die Affinität aller Kalksteinkörnungen zu Bitumen und hydraulischen Bindemitteln ist besonders hoch und erhöht die Betriebsdauer einer Straße. Bindemittel-Ablösungen, die eine Straße zerstören können, entfallen bei der Verwendung von Kalkstein in Asphaltsschichten.



Im Straßenbau führt die Kornfestigkeit des Kalksteins in Verbindung mit günstiger Korngrößenverteilung, kubischer Kornform und rauer Bruchfläche in den mit Bitumen oder hydraulischen Bindemitteln gebundenen Schichten und in den Schichten ohne Bindemittel zu einer hervorragenden Verzahnung, Tragfähigkeit und Standfestigkeit.

Kalkstein – Korngruppen, Anwendung, Anforderungen –

Korngruppe, Lieferkörnung	Anwendung	Anforderungen
grobe Gesteinskörnungen (> 2 bis < 56 mm) feine Gesteinskörnungen (≤ 2 mm) ----- Baustoffgemische für Schichten ohne Bindemittel	Straßenbau, Wegebau und andere Verkehrsflächen	TL Gestein-StB [1] ----- TL SoB - StB [2]
grobe Gesteinskörnungen (> 4 mm bis < 22 mm) feine Gesteinskörnungen (≤ 2 mm) Gesteinskörnungsgemische	alle Betonarten und Beton- anwendungs- gebiete	TL Gestein-StB DIN EN 12620 [3] DIN V 20000-103 [4]
Füller Kalksteinmehl	Asphaltstraßenbau ----- Beton	TL Gestein-StB ----- DIN EN 12620 DIN V 20000-103



Ausgewählte Daten: Kalk- und Dolomitstein für den Straßenbau und Beton

Eigenschaft	Kurzzeichen	Dimension	
Rohdichte	ϱ_R	Mg/m ³	2,65 – 2,85 ¹⁾
Widerstandsfähigkeit gegen Zertrümmerung		M.-%	
Splitt	SZ8/12		17 – 28 ¹⁾
Schotter	SD 10		16 – 30 ¹⁾
Polierresistenz	PSV	-	33 – 55 ¹⁾
Kornform	SI/Fl	M.-%	15/10 ²⁾
Widerstand gegen Frost		M.-%	0,4 ²⁾
Wasserlösliches Chlorid		M.-%	0,015 ²⁾
Quellfähige Bestandteile		M.-%	Keine ²⁾
Hohlraumgehalt nach Rigden	H _t	Vol.-%	31 – 39 ²⁾
Erweichungspunkterhöhung 65/35	Δ RuK	° C	13 – 19 ²⁾
Wasserlösliche Anteile	W _L	M.-%	0,1 – 0,4 ²⁾
Wasserempfindlichkeit / Quellung	Q	Vol.-%	0,1 – 0,4 ²⁾

¹⁾ TL Gestein-StB

²⁾ Durchschnittswerte oder Spannweiten aus der Überwachung der Mitgliedswerke.
Aktuelle Werte sind den gültigen Prüfzeugnissen zu entnehmen.

Kalksteinmehl als Füller

Kalksteinmehl ist der zuverlässige Standardfüller im Asphalt-Straßenbau.

Kalksteinmehl hat gleichmäßig gute Eigenschaften und erfüllt die Anforderungen der TL Gestein-StB und der ZTV Asphalt-StB [5].

Kalksteinmehl bringt für die Praxis wichtige Voraussetzungen mit: das ausgezeichnete Haftverhalten zum Bindemittel, der gleichmäßig gute Kornaufbau und die Homogenität der Herstellung. Auch unter ungünstigen Bedingungen (z. B. bei Wasserzutritt, bei tonigen Verunreinigungen) anderer eingesetzter Gesteinskörnungen beeinflusst das gegen Wasser unempfindliche Kalksteinmehl die Dauerhaftigkeit des Asphaltes positiv.

Kalksteinmehl ist in seiner versteifenden und füllenden Wirkung im Asphalt ein ausgewogenes Produkt.



Kalkhydrat im Asphalt

Der Gebrauchswert einer Asphaltbefestigung ist hinsichtlich ihres Widerstandes gegenüber bleibender Verformung, Rissbildung und Verschleiß in starkem Maße von den Eigenschaften der verwendeten Komponenten abhängig. Bei Einwirkung von Wasser auf Asphalt kann der Haftverbund zwischen Mineralstoff und Bindemittel derart geschwächt werden, dass es zu einer Trennung kommt. Dieser Vorgang führt zu einem Festigkeitsverlust und erhöhtem Verschleiß und damit zu einer stark verkürzten Nutzungsdauer der Asphaltbefestigung.

Durch Zugabe von Kalkhydrat zum Asphalt kann eine deutliche Verbesserung der Haftung zwischen dem eingesetzten Gestein und dem Bindemittel sowie eine Verbesserung der Alterungsbeständigkeit des bitumenhaltigen Mörtels und damit eine Qualitätserhöhung des Straßenbaustoffs Asphalt – insbesondere für hochbelastete Asphaltbefestigungen – erreicht werden [6].

Durch den Einsatz von Kalkhydrat können regional vorhandene Gesteinskörnungen, die zu Affinitätsproblemen mit den im Straßenbau verwendeten Bindemitteln neigen bzw. bestimmte Mengen an quellfähigen Bestandteilen aufweisen, nach erfolgtem Nachweis der Eignung für die Asphaltherstellung verwendet werden [7].

Der Zusatz von Kalkhydrat im Asphalt ermöglicht es, dauerhafte und damit wirtschaftliche Befestigungen von Verkehrsflächen in Asphaltbauweise herzustellen. Das Kalkhydrat muss die Bedingungen der DIN EN 459 [8] erfüllen.

Kalkstein im Bahnbau

Planumsschutzschichten

Maßgebend für Lieferungen an die Deutsche Bahn sind die Technischen Lieferbedingungen TL 918062.



Literatur und weitere Vorschriften

- [1] Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau – TL Gestein-StB
-
- [2] Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel – TL SoB-StB
-
- [3] DIN EN 12620: Gesteinskörnungen für Beton
-
- [4] DIN V 20000-103: Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken – Teil 103: Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620:2003-04
-
- [5] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahrbahndecken aus Asphalt – ZTV Asphalt-StB
-
- [6] AiF-Nr. 10565N Verbesserung von Asphalteigenschaften durch Zugabe von Kalkhydrat, Eulitz, Schellenberg, Ritter, Schmidt
-
- [7] AiF-Nr. N 12542 Verbesserung von Asphalteigenschaften durch Zugabe von Kalkhydrat – Praxisversuch/Mischtechnik (Schneider, Schellenberg, Ritter, Schiffner)
-
- [8] DIN EN 459-1: Baukalk – Definitionen, Anforderung, Überwachung



B 3 Bodenverbesserung und Bodenverfestigung mit Kalk

Bodenverbesserung	ein Verfahren zur sofort erreichbaren Verbesserung der Einbaufähigkeit und Verdichtbarkeit der Böden sowie zur Erleichterung der Ausführung von Bauarbeiten
Bodenverfestigung	ein Verfahren, bei dem die Widerstandsfähigkeit des Bodens gegen Beanspruchung durch Verkehr und Klima langfristig erhöht wird. Der Boden wird hierdurch dauerhaft tragfähig, wasserunempfindlich und frostbeständig.
Wirkungsweise	Kalke rufen in Böden Sofort- und Langzeitreaktionen hervor. Je nach Anwendungszweck wird durch die Wahl der Kalkart und der Kalkmenge in Abhängigkeit von der Bodenart und der Höhe des Wassergehaltes die Sofort- oder Langzeitreaktion in den Vordergrund treten.
Sofortreaktion	Bestimmend für die Bodenverbesserung sind die Merkmale: <ul style="list-style-type: none"> - Krümelbildung - Reduzierung des Wassergehaltes - Verbesserung der Plastizitätseigenschaften - Verbesserung der Verdichtungseigenschaften - Verbesserung der Tragfähigkeit
Langzeitreaktion	Bestimmend für die Bodenverfestigung und zusätzliche Merkmale zur Sofortreaktion: <ul style="list-style-type: none"> - Raumbeständigkeit - langfristige Zunahme der Festigkeit - dauerhafte Tragfähigkeit - Unempfindlichkeit gegen Wasser - Frostbeständigkeit
Anwendung	Verbesserung und Verfestigung der Böden des Untergrundes und des Unterbaus von Straßen, Wegen und anderen Verkehrsflächen Baugrundstabilisierung zur Erhöhung der Bodenpressung unter Bauwerken Vermeiden oder Beseitigen von Rutschungen durch Stabilisierung von Böschungen tiefgründige Verbesserung der Böden durch Kalkpfähle



Dicke	<p>Die Dicke ist in Abhängigkeit vom Verwendungszweck festzulegen.</p> <p>Die Minstdicke einer Lage bei Bodenverfestigungen beträgt: beim Baumischverfahren (mixed-in-place) 15 cm und beim Zentralmischverfahren (mixed-in-plant) 12 cm.</p> <p>Die Höchstdicke einer Lage ergibt sich aus der Wirkungstiefe der Fräsgeräte bzw. der Verdichtungsgeräte.</p>
Boden	DIN 18196 „Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke“
Kalk	In Abhängigkeit von der Bodenart Kalke nach DIN EN 459
Boden-Kalk-Gemisch	Gemisch aus Boden, Kalk und Wasser. Den vorhandenen Komponenten Boden und Wasser wird der nach Art und Menge optimale Kalk zugesetzt.
Dosierung (Anhaltswerte)	<p>Bodenverbesserung:</p> <p>Feinkalk 2-4 Gew.-%, Kalkhydrat 2-5 Gew.-%</p> <p>Bodenverfestigung:</p> <p>Feinkalk 4-6 Gew.-%, Kalkhydrat 4-8 Gew.-%</p>
Technische und wirtschaftliche Vorteile	<p>Allgemein:</p> <p>Unbrauchbare Böden werden gut einbau- und verdichtungsfähige Baustoffe.</p> <p>Kostenaufwändige Bauweisen können unter Ausnutzung der vorhandenen Böden auf ein wirtschaftliches Maß reduziert werden.</p> <p>Bodenaustausch und Aussetzen unbrauchbarer Bodenmassen entfallen.</p> <p>Bodenverbesserung mit Kalk:</p> <p>Kontinuierliche Baudurchführung, sofortige Befahrbarkeit des Arbeitsplanums, kein Stillstand der Bauarbeiten bei schlechten Witterungsverhältnissen, problemloses Erreichen des erforderlichen Verdichtungsgrades.</p> <p>Bodenverfestigung mit Kalk:</p> <p>Steigerung der Tragwerte und Verbesserung der Frostwiderstandsfähigkeit auf Dauer Verminderung von Schäden im Oberbau im Langzeitverhalten einer Straßenbaukonstruktion.</p>



Vorschriften, Richtlinien und Merkblätter

1. Merkblatt für Bodenverfestigungen und Bodenverbesserungen mit Bindemitteln (FGSV)

2. Eignungsprüfung bei Bodenverbesserung und Bodenverfestigung mit Feinkalk und Kalkhydrat (FGSV)

3. Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau – ZTVE-StB (FGSV)

4. Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Befestigung ländlicher Wege – ZTV LW (FGSV)



B 4 Kalk- und Dolomitstein – Gesteinskörnung für Beton

Viele Gebiete der Bundesrepublik Deutschland verfügen über ausgedehnte Kalkstein-Lagerstätten, die es preisgünstig ermöglichen, Kalkstein in den üblichen Lieferkörnungen nach DIN EN 12620 oder nach TL Gestein-StB an Transportbetonwerke, Betonwarenhersteller und Betonfertigteilwerke sowie an Baustellen zu liefern.

Kalkstein ist als Gesteinskörnung für Beton aller Festigkeitsklassen und aller Konsistenzbereiche sowie für Beton mit besonderen Eigenschaften geeignet.

Die in modernen Aufbereitungsanlagen hergestellten Korngruppen ermöglichen es, aus groben und feinen Gesteinskörnungen je nach Erfordernis Sieblinien für jede Betonfestigkeitsklasse unter weitgehender oder alleiniger Verwendung von Kalkstein zusammenzustellen. Häufig wird Kalksteinmehl als Betonzusatzstoff eingesetzt.

Gesteinskörnungen aus Kalkstein für höchste Qualitätsanforderungen haben:

- günstig geformte Körner (mindestens SI_{20}/FI_{15})
- einen hohen Widerstand gegen Frost und Taumittel
- überschreiten nicht den für Stahl- und Spannbeton zugelassenen Gehalt an wasserlöslichem Chlorid
- keine quellfähigen Bestandteile.

Für praktisch jeden Anwendungsbereich im Betonbau lassen sich die besonderen Eigenschaften des Kalksteins nutzen:

- die geringe Wärmedehnung bei Massenbeton
- die niedrige Kriechzahl bei Brückenbauten oder
- die hohe Biegezugfestigkeit bei Platten und Decken.

Kalksteinbeton zeigt im Vergleich zu Beton mit anderen Gesteinskörnungen gleich gute Frischbetoneigenschaften. Unabhängig von der Förderart ist Beton mit Kalkstein gut zu transportieren. Die Förderleistung und der notwendige Zeitaufwand liegen beim Kalksteinbeton und Beton mit anderen Gesteinskörnungen auf einem Niveau.

Kalksteinbeton fließt gut beim Verdichten mit Innenrüttlern oder Oberflächenrüttlern. Eine Entmischung tritt nicht ein. Die Oberflächen können leicht abgezogen und abgerieben werden. Die Flächen sind eben, dicht und geschlossen.

Hervorzuheben ist die einwandfreie Pumpfähigkeit von Kalksteinbeton auch unter schwierigsten Bedingungen.

Die hervorragende Grünstandfestigkeit von Kalksteinbeton kann speziell bei der Herstellung von Betonfertigteilen und Betonwaren, z. B. Betonrohren, genutzt werden.



B 5 Baukalk

Auf der Basis der Bauproduktenrichtlinie werden für die meisten Baustoffe europäische Normen erarbeitet. Diese werden anschließend in das nationale Normenwerk des DIN übernommen. Die im CEN TC 51 „Zement und Baukalk“ erarbeitete Baukalknorm EN 459, Teile 1 – 3, ist im Jahr 2002 auf europäischer Ebene eingeführt worden.

DIN EN 459 Teil 1 „Definitionen, Anforderungen und Konformitätskriterien“

Die verschiedenen Baukalkarten werden systematisch erfasst und definiert. Die Weißkalken werden um die Wasserkalken erweitert und in Abhängigkeit vom CaO-Gehalt umbenannt in CL 90, CL 80, CL 70. Die Dolomitenkalken werden in die beiden Gruppen DL 80 und DL 85 unterteilt. Für die Hydraulischen Kalken gibt es 3 Gruppen HL 2, HL 3,5 und HL 5 mit ansteigender Druckfestigkeit, gemessen nach 28 Tagen. Der HL 5 entspricht dabei dem bisherigen Hochhydraulischen Kalk. Die natürlichen Hydraulischen Kalken erhalten die Zusatzbezeichnung „N“. Werden natürlichen hydraulischen Kalken puzzolanische oder hydraulische Stoffe zugegeben, muss zusätzlich die Kennzeichnung mit einem „Z“ erfolgen

DIN EN 459 Teil 2 „Prüfverfahren“

Im Teil 2 werden die chemischen und physikalischen Prüfverfahren nunmehr in einer Norm zusammengefasst. Dabei bilden die Prüfnormen für Zemente der Reihe EN 196 soweit als möglich die Grundlage. Dies gilt bei den chemischen Prüfungen für die CaO- + MgO-Bestimmung, den Kohlenstoffdioxidgehalt, den Glühverlust sowie den Sulfatgehalt.

Bei den physikalischen Prüfungen gilt dies für die Druckfestigkeit und die Raumbeständigkeit mit der Tablettenmethode. Zur Bestimmung des Ausbreitmaßes wurde ein europäisch einheitlicher Ausbreittisch zu Grunde gelegt. Neu aufgenommen wurde die Bestimmung des Wasserrückhaltevermögens sowie die Bestimmung der Reaktionsfähigkeit mit der Nasslöschkurve.

DIN EN 459 Teil 3 „Konformitätsbewertung“

Im Teil 3 wird das Verfahren zur Bewertung der Konformität von Baukalken einschließlich der Konformitätserklärung durch den Hersteller festgelegt. Ebenso werden technische Regeln für die werkseigene Produktionskontrolle durch den Hersteller einschließlich der internen Überwachungsprüfung der Produkte festgeschrieben. Weiter werden Regeln für Maßnahmen bei Nichtkonformität der Produkte sowie das Verfahren der Konformitätserklärung und Anforderungen für Auslieferungsstellen festgelegt.



1. Definitionen und Abkürzungen

Für die Anwendung der europäischen Norm DIN EN 459-1: 2002 gelten die folgenden Definitionen und Abkürzungen:

1.1 Kalk

Material, das alle physikalischen und chemischen Formen beinhaltet, in denen Calcium- und Magnesiumoxid (CaO und MgO) und/oder Calcium- und Magnesiumhydroxid (Ca(OH)_2 und Mg(OH)_2) auftreten können.

1.2 Baukalk

Kalk, der im Bauwesen verwendet wird. Dazu gehören alle in Tabelle 1 angegebenen Arten.

1.3 Luftkalke¹⁾

Kalke, die vorwiegend aus Calciumoxid oder Calciumhydroxid bestehen, die unter Einwirkung von atmosphärischem Kohlendioxid an der Luft langsam erhärten. Da diese Kalke keine hydraulischen Eigenschaften aufweisen, erhärten sie im Allgemeinen nicht unter Wasser. Es handelt sich entweder um ungelöschte Kalke (1.4) oder Kalkhydrate (1.5).

1.4 Ungelöschte Kalke (Q)

Luftkalke, die vorwiegend aus Calciumoxid und Magnesiumoxid bestehen und durch Brennen von Kalkstein und/oder dolomitischem Gestein hergestellt werden. Bei Kontakt mit Wasser reagieren ungelöschte Kalke exotherm. Ungelöschte Kalke werden in verschiedenen Korngrößen von stückig bis fein gemahlen angeboten. Sie enthalten Weißkalke (1.6) und Dolomitkalke (1.7).

1.5 Kalkhydrate (S)

Luftkalke, Weißkalke oder Dolomitkalke, die durch kontrolliertes Löschen von ungelöschten Kalken entstehen. Sie werden in Form von Pulver oder Teig oder als Suspension (Kalkmilch) hergestellt.

1.6 Weißkalke (CL)

Kalke, die vorwiegend aus Calciumoxid oder Calciumhydroxid ohne Zusatz von hydraulischen Stoffen oder Puzzolanen bestehen.

ANMERKUNG: **Muschelkalke** sind gelöschte Weißkalke, die durch Brennen von Muscheln und nachfolgendem Löschen entstehen.

Carbidkalke sind gelöschte Weißkalke, die als Nebenprodukt bei der Herstellung von Acetylen aus Calciumcarbid entstehen.

1.7 Dolomitkalke (DL)

Kalke, die vorwiegend aus Calciumoxid und Magnesiumoxid oder Calciumhydroxid und Magnesiumhydroxid ohne Zusatz von hydraulischen Stoffen oder Puzzolanen bestehen.

¹⁾ Übersetzung eines in den meisten europäischen Ländern gebräuchlichen Terminus



1.8 halbgelöschte Dolomitkalke

Dolomitmalkhydrate, die vorwiegend aus Calciumhydroxid und Magnesiumhydroxid bestehen.

1.9 vollständig gelöschte Dolomitkalke

Dolomitmalkhydrate, die vorwiegend aus Calciumhydroxid und Magnesiumhydroxid bestehen.

1.10 natürliche hydraulische Kalke (NHL)

1.10.1 natürliche hydraulische Kalke

Kalke, die durch Brennen von mehr oder weniger tonhaltigen oder kieselsäurehaltigen Kalksteinen zu Pulver gelöscht, mit oder ohne Mahlung, entstehen. Alle NHL erstarren und erhärten unter Wasser. Atmosphärisches Kohlendioxid trägt zum Erhärtungsprozess bei.

1.10.2 natürliche hydraulische Kalke mit zusätzlichem Material (Z)

NHL siehe 1.10.1. Spezialprodukte, denen bis zu 20 % (Massenanteil) geeignete puzzolanische oder hydraulische Stoffe zugegeben sind, werden mit „Z“ gekennzeichnet.

1.11 hydraulische Kalke (HL)

Kalke, die vorwiegend aus Calciumhydroxid, Calciumsilikaten und Calciumaluminaten bestehen, die durch Mischen von geeigneten Stoffen hergestellt werden. Sie erstarren und erhärten unter Wasser. Atmosphärisches Kohlendioxid trägt zum Erhärtungsprozess bei.



2. Arten von Baukalk

2.1 Klassifizierung

Luftkalke sind nach ihrem (CaO+MgO)-Gehalt zu klassifizieren. Hydraulische Kalke sind nach den in Tabelle 3 angegebenen Druckfestigkeiten zu klassifizieren.

Arten von Baukalk ^a	
Benennung	Kurzzeichen
Weißkalk 90	CL 90
Weißkalk 80	CL 80
Weißkalk 70	CL 70
Dolomitkalk 85	DL 85
Dolomitkalk 80	DL 80
Hydraulischer Kalk 2	HL 2
Hydraulischer Kalk 3,5	HL 3,5
Hydraulischer Kalk 5	HL 5
Natürlicher Hydraulischer Kalk 2	NHL 2
Natürlicher Hydraulischer Kalk 3,5	NHL 3,5
Natürlicher Hydraulischer Kalk 5	NHL 5

^a Luftkalke werden darüber hinaus nach ihren Lieferbedingungen als ungelöschte Kalke (Q) oder Kalkhydrate (S) klassifiziert. Bei gelöschten Dolomitkalcken wird der Grad der Hydratation als S1: halbgelöscht und S2: vollständig gelöscht bezeichnet.

Tabelle 1

Diese Klassifizierung bezieht sich auf die Mindestanforderungen für jede Baukalkart (siehe Tabelle 2,3,4 und 5). Die Übereinstimmung mit diesen Anforderungen wird anhand einer statistischen Güteüberwachung, die in der DIN EN 459-1 festgelegt ist, nachgewiesen.



2.2 Normbezeichnung

Baukalke sind nur durch die Baukalkart und bei Luftkalk zusätzlich durch die Lieferbedingungen zu bezeichnen (siehe Tabelle 1 und Beispiele).

BEISPIEL 1:

Weißkalk 90 in Form von ungelöschten Kalken ist wie folgt zu bezeichnen:
EN 459-1 CL 90-Q

BEISPIEL 2:

Weißkalk 80 in Form von Kalkhydrat (gelöschtem Kalk) ist wie folgt zu bezeichnen:
EN 459-1 CL 80-S

BEISPIEL 3:

Dolomitkalk 85 in Form von halbgelöschtem Kalk ist wie folgt zu bezeichnen:
EN 459-1 DL 85-S1

BEISPIEL 4:

Hydraulischer Kalk 5 ist wie folgt zu bezeichnen:
EN 459-1 HL 5

BEISPIEL 5:

Natürlicher Hydraulischer Kalk 3,5 mit puzzolanischen Zusätzen ist wie folgt zu bezeichnen:
EN 459-1 NLHL 3,5-Z



Chemische Anforderungen für Kalk

Werte als Massenanteil in Prozent

Baukalkart	CaO + MgO	MgO	CO ₂	SO ₃	freier Kalk
CL 90	≥ 90	≤ 5 ²⁾	≤ 4	≤ 2	-
CL 80	≥ 80	≤ 5 ²⁾	≤ 7	≤ 2	-
CL 70	≥ 70	≤ 5	≤ 12	≤ 2	-
DL 85	≥ 85	≥ 30	≤ 7	≤ 2	-
DL 80	≥ 80	≥ 5	≤ 7	≤ 2	-
HL 2	-	-	-	≤ 3 ¹⁾	≥ 8
HL 3,5	-	-	-	≤ 3 ¹⁾	≥ 6
HL 5	-	-	-	≤ 3 ¹⁾	≥ 3
NHL 2	-	-	-	≤ 3 ¹⁾	≥ 15
NHL 3,5	-	-	-	≤ 3 ¹⁾	≥ 9
NHL 5	-	-	-	≤ 3 ¹⁾	≥ 3

1) SO₃-Anteil höher als 3 % und bis zu 7% ist zulässig, wenn die Raumbeständigkeit nach 28 Tagen Wasserlagerung nachgewiesen wurde.

2) MgO-Anteil bis 7 % ist zulässig, sofern die Prüfung der Raumbeständigkeit nach DIN EN 459-2 : 2000 bestanden wurde.

ANMERKUNG:
Die Werte gelten für alle Baukalkarten. Für Branntkalken werden die Werte auf den „Anlieferungszustand“ bezogen; für alle anderen Kalkarten (Kalkhydrat, Kalkteig und hydraulische Kalke) gelten die Werte für das wasserfreie und kristallwasserfreie Produkt.

Tabelle 2



Druckfestigkeit (f_c) von Hydraulischem Kalk und Natürlichem Hydraulischen Kalk

Baukalkart	Druckfestigkeit (f_c) MPa	
	7 Tage	28 Tage
HL 2 und NHL 2	-	2 bis 7
HL 3,5 und NHL 3,5	$\geq 1,5$	3,5 bis 10
HL 5 und NHL 5	≥ 2	5 bis 15 ¹⁾

¹⁾ HL 5 und NHL 5 mit einer Schüttdichte von weniger als 0,90 kg/dm³ darf eine Festigkeit von bis zu 20 N/mm² aufweisen.

Tabelle 3

Physikalische Anforderungen an ungelöschten Kalk

	Baukalkart	Raumbeständigkeit nach dem Löschen ¹⁾ , nach 5.3.3 von DIN EN 459-2: 2000 ²⁾	Ergiebigkeit nach 5.9 von DIN EN 459-2: 2000 ²⁾ dm ³ /10 kg
1	CL 90		
2	CL 80	bestanden	≥ 26
3	CL 70		
4	DL 85	bestanden	-
5	DL 80	bestanden	-

¹⁾ Löschen nach den Angaben des Kalkherstellers.

²⁾ Diese Anforderungen gelten für Baukalk für Mauermörtel, Innenputz und Außenputz.

Tabelle 4



Physikalische Anforderungen an Kalkhydrat, Kalkteig, hydraulischen Kalk und Dolomitkalkhydrat⁷⁾

	Baukalk- art	Feinheit ⁶⁾		Freies Wasser ¹⁾	Raumbeständigkeit ²⁾⁴⁾			Mörtelprüfungen ⁵⁾		Erstarrungs- Zeit ¹⁾	
		nach 5.2 von DIN EN 459-2: 2000		nach 5.11 von DIN EN 459-2: 2000	Für Kalkhydrate und hydraulische Kalke ³⁾		Für Kalkteige und Dolomitkalkhydrate	Eindringmaß	Luftgehalt	Beginn/ Ende ⁸⁾	
		Rückstand als Massenanteil in %			Referenzverfahren nach 5.3.2.1 von DIN EN 459-2: 2000	Alternativ-Verfahren nach 5.3.2.2 von DIN EN 459-2: 2000	nach 5.3.3 von DIN EN 459-2: 2000	nach 5.5 von DIN EN 459-2: 2000	nach 5.7 von DIN EN 459-2: 2000	nach 5.4 von DIN EN 459-2: 2000	
0,09 mm	0,2 mm	%	mm	mm		mm	%	h			
1	CL 90	≤ 7	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 20	bestanden	> 10 und < 50	≤ 12	-	
2	CL 80										
3	CL 70										
4	DL 85										
5	DL 80										
6	HL 2	≤ 15	≤ 5	≤ 2	≤ 2	≤ 20	-	> 10 und < 50	≤ 20	> 1	≤ 15
7	HL 3,5										
8	HL 5										
9	NHL 2										
10	NHL 3,5										
11	NHL 5										

1) Bei Kalkteig beträgt der freie Wasseranteil ≤ 70 % und ≥ 45 %.

2) Siehe 5.3 von DIN EN 459-2: 2000

3) Bei hydraulischen Kalken und natürlichen hydraulischen Kalken mit einem SO₃-Anteil von mehr als 3% und bis zu 7%, wird die Raumbeständigkeit zusätzlich nach 5.3.2.3 von DIN EN 459-2: 2000 geprüft.

4) Kalkhydrat, Weißkalkteig und Dolomitkalkhydrat mit Körnern größer als 0,2 mm müssen zusätzlich raumbeständig sein, wenn sie nach 5.3.4 von DIN EN 459-2: 2000 geprüft werden.

5) Bei Verwendung von Normmörtel nach 5.5.1 von DIN EN 459-2.

6) Nicht für Kalkteig

7) Feinheit und freies Wasser gelten für Baukalk bei allen Anwendungen. Raumbeständigkeit, Eindringmaß, Luftgehalt und Erstarrungszeit gelten nur für Baukalk für Mauermörtel, Innenputz und Außenputz.

8) Nicht für HL 2 und NHL 2.

Tabelle 5

B 6 Kalksandsteine

Kalksandsteine sind künstliche Mauersteine, die aus den natürlichen Stoffen Kalk, Sand und Wasser hergestellt werden. Die Herstellung erfolgt ausschließlich mit natürlichen Stoffen, umweltschonend bei geringem Energieeinsatz.

Die Anwendungsfälle von Kalksandstein sind vielfältig. Sie werden für tragendes und nicht tragendes Mauerwerk vorwiegend zur Erstellung von Außen- und Innenwänden verwendet. Für tragende und nicht tragende Außenwände gilt DIN 1053-1 [2/1], für nicht tragende Innenwände EIN 4103-1 [2/2].

Herstellung

Die wesentlichen Stationen der KS-Produktion sind (Bild 1.2):

- 1 Kalk und Sand aus den heimischen Abbaustätten werden im Werk in Silos gelagert. Die Rohstoffe werden im Mischungsverhältnis Kalk : Sand = 1 : 12 nach Gewicht dosiert, intensiv miteinander gemischt und über eine Förderanlage in Reaktoren geleitet.
- 2 Hier löscht der Branntkalk unter Wasserverbrauch zu Kalkhydrat ab. Gegebenenfalls wird das Mischgut dann im Nachmischer auf Pressfeuchte gebracht.
- 3 Mit vollautomatisch arbeitenden Pressen werden die Steinrohlinge geformt und auf Härtewagen gestapelt.

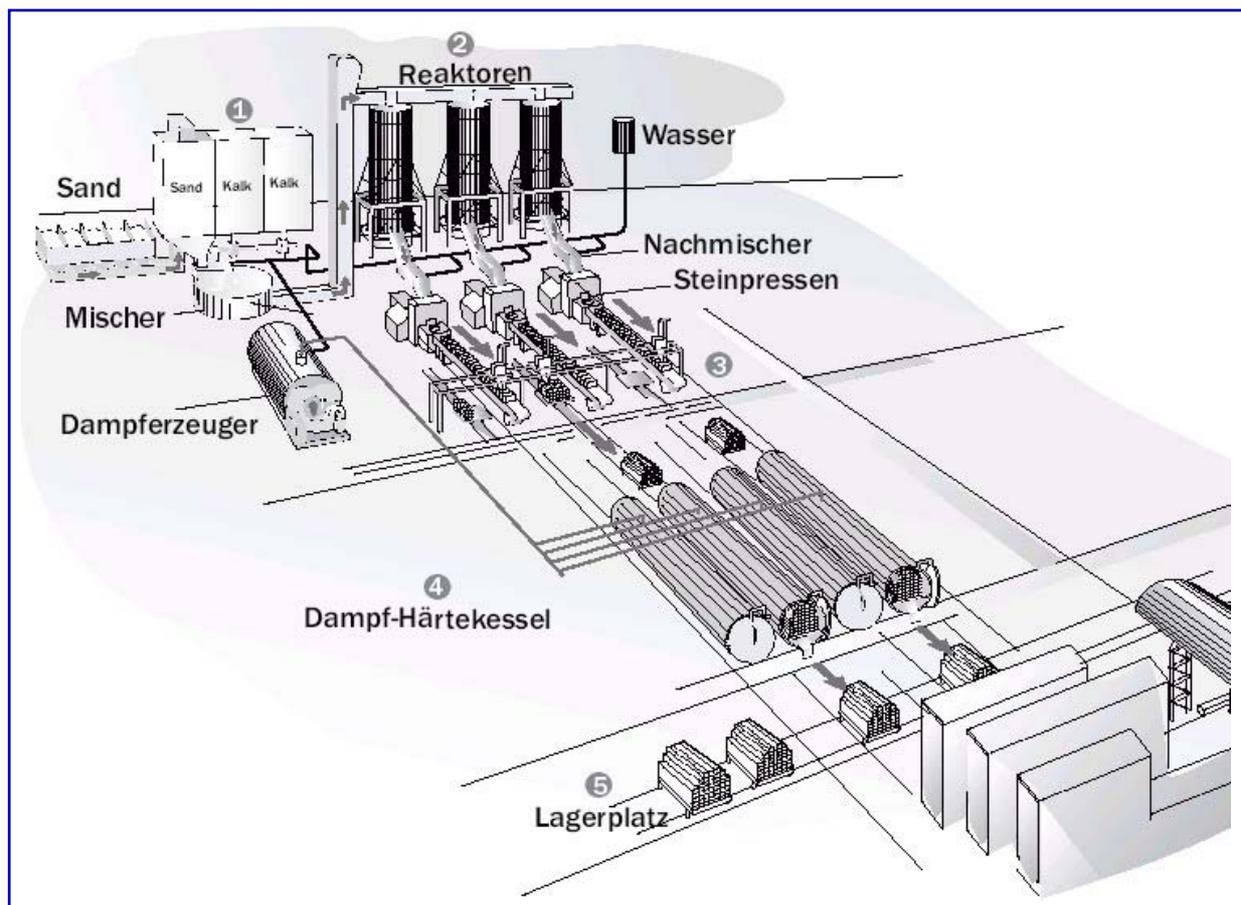


Bild 1.2: Die Herstellung von Kalksandstein



- 4 Es folgt dann das Härten der Rohlinge unter geringem Energieaufwand bei Temperaturen von ca. 200 °C unter Wasserdampfdruck, je nach Steinformat etwas vier bis acht Stunden. Der Vorgang ist von der Natur abgeschaut. Beim Härtevorgang wird durch die heiße Wasserdampf-atmosphäre Kieselsäure von der Oberfläche der Quarzsandkörner angelöst. Die Kieselsäure bildet mit dem Bindemittel Kalkhydrat kristalline Bindemittelphasen – die CSH-Phasen –, die auf die Sandkörner aufwachsen und diese fest miteinander verzahnen (Bild 1.3). Die beim Herstellungsprozess gebildeten Strukturen aus Kalk, Sand und Wasser sind dafür verantwortlich, dass der Kalksandstein (KS) ein festes Gefüge hat. Es entstehen keine Schadstoffe.
- 5 Nach dem Härten und Abkühlen sind die Kalksandsteine gebrauchsfertig, eine werkseitige Vorlagerung ist nicht erforderlich.

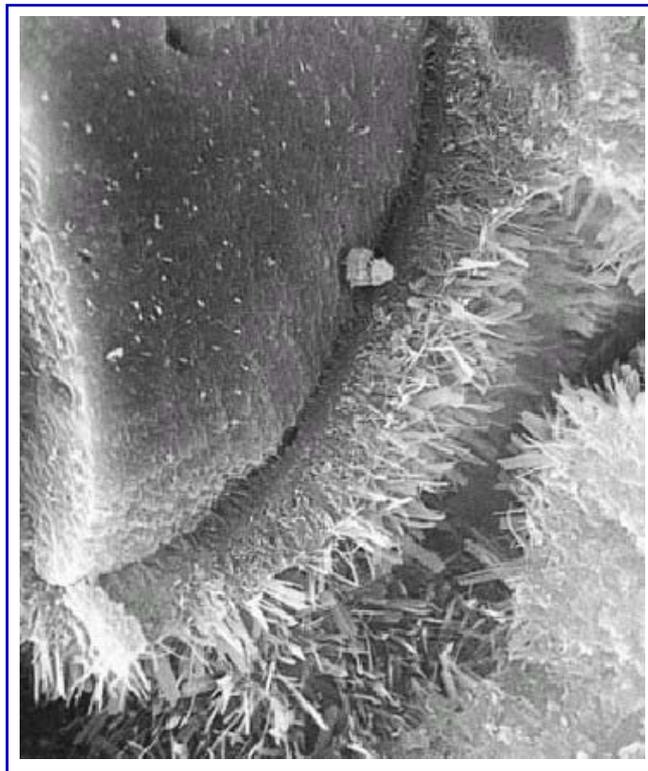


Bild 1.3: Raster-Elektronen-Mikroskopaufnahme (REM) von Kalksandstein: Sandkorn mit CSH-Phasen



Güteüberwachung

Die Durchführung der Fremdüberwachung erfolgt in der Überwachungs- und Zertifizierungsstelle des Güteschutz Kalksandstein e.V., einer vom Deutschen Institut für Bautechnik, Berlin, sowie vom Innenministerium des Landes Niedersachsen für alle Bundesländer anerkannten Überwachungsgemeinschaft. Sie ist auch als „notified body“ anerkannt für Produkte nach der europäischen Norm EN 771-2.

Durch die kontinuierlich von den Herstellwerken durchzuführende werkseigene Produktionskontrolle (WPK) und die zweimal jährlich vorgenommene Stichprobenprüfung wird die gleich bleibend hohe Qualität der Kalksandstein-Produkte gewährleistet. In der Überwachungsstelle des Güteschutz Kalksandstein e.V. wird die Prüfung der Bauprodukte und die Überwachung der WPK durchgeführt. Die Verleihung der Übereinstimmungszertifikate erfolgt durch die Zertifizierungsstelle erst dann, wenn die Überwachung gemäß der bauaufsichtlichen Bestimmungen erfolgreich durchgeführt wurden.

Mauersteine

Von der Kalksandsteinindustrie wird eine Vielzahl an Formaten für die Handvermauerung und für das Mauern mit Versetzgerät angeboten. Das KS-Bausystem umfasst neben den Steinformaten für die Erstellung von Mauerwerk nach DIN 1053-1 auch Bauteile zur Systemergänzung sowie Sonderprodukte.

Die KS-Palette reicht von traditionellen, kleinformatigen Kalksandsteinen zur Handvermauerung (KS-Vollsteine und KS-Lochsteine) über Steine mit Nut-Feder-System (KS-R-Steine) zu KS-Bauplatten zur Erstellung von schlanken nicht tragenden Wänden. Besonders wirtschaftlich sind KS-Plansteine und großformatige KS XL, da diese mit Dünnbettmörtel verarbeitet werden. KS-E-Steine ermöglichen – auch nachträglich – die Verlegung von Elektroinstallation ohne Schlitzen und Fräsen. Steine zur Erstellung von Sichtmauerwerk runden die Palette ab.

Das Steinformat wird i.d.R. als Vielfaches vom Dünnformat (DF) angegeben. Bei KS-R-Steinen ist zusätzlich die gewünschte Wanddicke hinter dem Formatkurzzeichen anzugeben.

Kalksandsteine sind in allen wesentlichen Eigenschaften in DIN V 106 (Teil 1 und 2) [2/3], [2/4] genormt.



Steinarten

Kalksandsteine werden in verschiedenen Eigenschaften für unterschiedliche Anwendungsbereiche angeboten. Bei der Unterscheidung der Steinarten sind verschiedene Kriterien zu unterscheiden:

- Lochanteil gemessen an der Lagerfläche (Vollsteine/Lochsteine)
- Stoßfugenausbildung, z.B. R-Steine (mit Nut-Feder-System für Verarbeitung ohne Stoßfugenvermörtelung)
- Schichthöhe
- Steinhöhe „Normal-“ oder „Planstein“
- Kantenausbildung (Fase)
- Frostwiderstand

Steindruckfestigkeitsklassen (SFK)

Die Steindruckfestigkeit wird in N/mm^2 angegeben. Kalksandsteine sind in den Druckfestigkeitsklassen 4 bis 60 genormt, wobei in der Praxis im Wesentlichen die Steindruckfestigkeitsklassen 12 und 20 Verwendung finden.

Zu berücksichtigen sind die Anforderungen an die Steindruckfestigkeit der Kalksandsteine bei Steinen nach DIN V 106-2:

- KS-Vormauersteine ≥ 10
- KS-Verblender ≥ 16

Bei der Prüfung und Güteüberwachung müssen die Steine für die Zuordnung in eine Steindruckfestigkeitsklasse zwei Anforderungen erfüllen: die Anforderung an den Mittelwert und die Anforderung an den Einzelwert. Die Prüfung erfolgt an sechs Probekörpern.

Übliche Steindruckfestigkeitsklassen (SFK) von Kalksandstein.

Steindruckfestigkeitsklasse ¹⁾	10 ²⁾	12	16 ²⁾	20	28 ²⁾
Mittelwerte der Druckfestigkeit [N/mm^2]	12,5	15,0	20,0	25,0	35,0

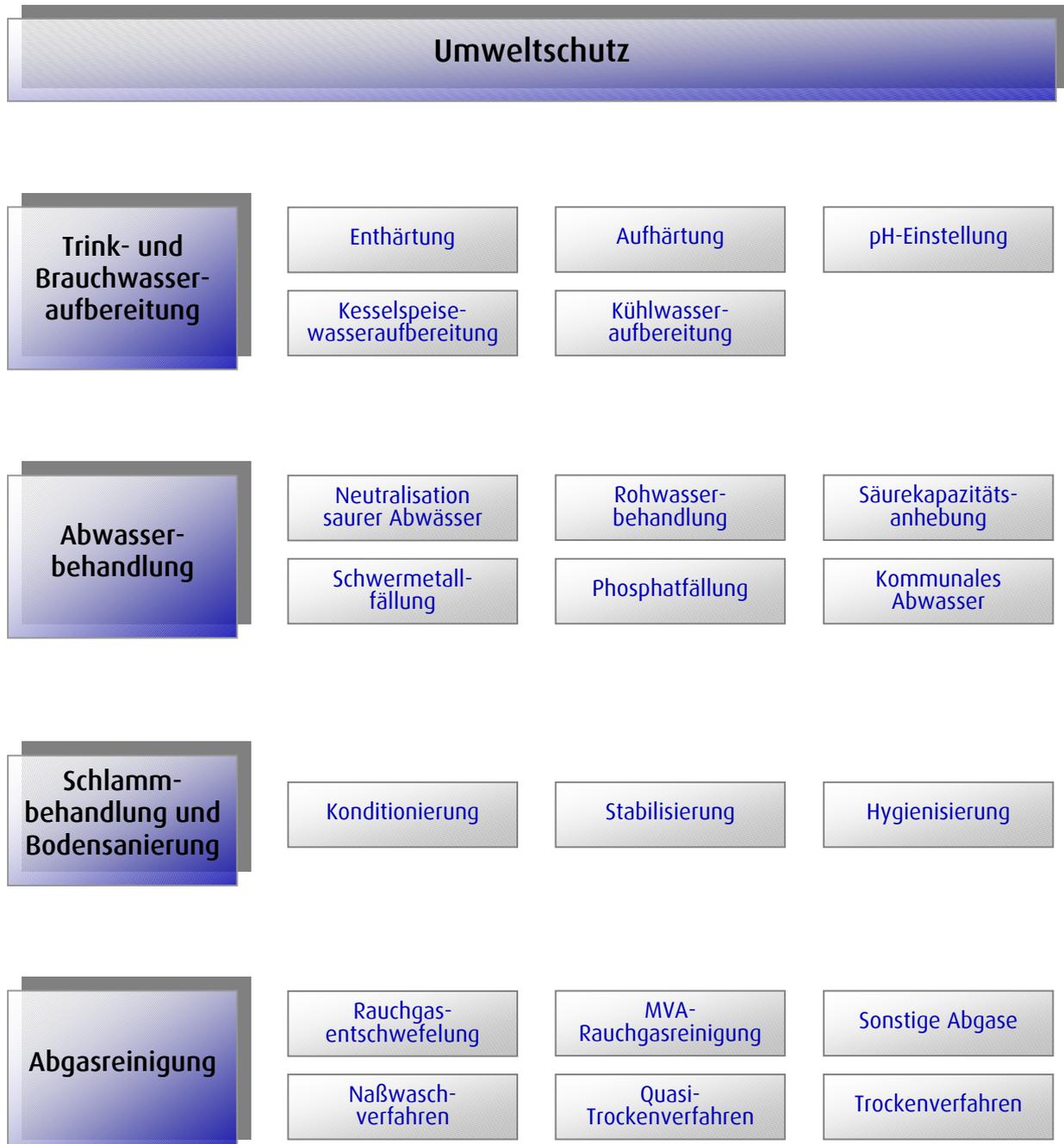
¹⁾ Entspricht auch dem kleinsten zulässigen Einzelwert der jeweiligen SFK

²⁾ Nur auf Anfrage regional lieferbar



B 7 Einsatz von Kalk im Umweltschutz

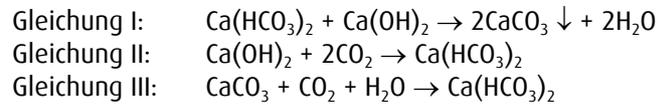
Verwendung von ungebrannten und gebrannten Kalk- und Dolomitprodukten



Trink- und
Brauchwasser-
aufbereitung

Bei der Entcarbonisierung von hartem Trink- und Brauchwasser (Gleichung I) sowie zur Aufhärtung von sehr weichen Wässern (z.B. Talsperrenwasser) wird Kalkhydrat (Gleichung II) bzw. Calciumcarbonat (Gleichung III) eingesetzt.

Einstellung der
Wasserhärte



Enthärtung

Bei der Entcarbonisierung wird das Rohwasser mit Kalkmilch in Gegenwart von Impfkristallen innig vermischt. Das dabei entstehende Calciumcarbonat kann als

- Schlamm (Langsamentcarbonisierung und schnelle Langsamentcarbonisierung) oder
- Grobkörniges Granulat (so genannte Pellets) (Schnellentcarbonisierung)

abgetrennt werden. Eine einfache Verwertung dieser Produkte ist möglich.

Aufhärtung/
Entsäuerung

Bei zu weichem Wasser wird durch die Kalkzugabe freie aggressive Kohlensäure in lösliches Calciumhydrogencarbonat umgewandelt. Gleichzeitig wird die Carbonathärte des Wassers angehoben. Zum Einsatz kommen Calciumcarbonat und Calciumhydroxid sowie Kalkmilch oder Kalkwasser.

Für extrem weiche und kohlenensäurearme Wässer, z.B. aus Talsperren, besteht die Möglichkeit durch Dosierung von Kohlendioxid und Calciumhydroxid eine Aufhärtung und somit Stabilisierung des Wassers zu erreichen.

Kalk
zur Abwasser-
behandlung

Ein wichtiges Anwendungsgebiet für Kalk ist die Neutralisation saurer Abwässer.

Neutralisation
und Schwermetallfällung
saurer Abwässer

Im Zuge der Neutralisation können evtl. vorhandene Schwermetalle ausgefällt werden. In der Regel wird Kalkmilch eingesetzt. Die Kalkmilch kann vor Ort aus $\text{Ca}(\text{OH})_2$ bzw. CaO und Wasser hergestellt werden oder auch gebrauchsfertig bezogen werden.



Tabelle 1: Spezifische Verbräuche verschiedener basischer Neutralisationsmittel

	Bedarf an 100%-ig reinem, basischem Neutralisationsmittel in kg zur Neutralisation von 1 kg 100 %-ig reiner Säure			
Säure	Na ₂ CO ₃ (Soda)	NaOH (Natronlauge)	Ca(OH) ₂ (Kalkhydrat)	CaO (Branntkalk)
H ₂ SO ₄ (Schwefelsäure)	1.08	0.82	0.75	0.56
HCl (Salzsäure)	1.45	1.10	1.01	0.77
HNO ₃ (Salpetersäure)	0.84	0.63	0.59	0.44
HF (Flusssäure)	2.65	2.00	1.85	1.41

Fällung von Metallionen

Durch die Einstellung eines optimalen Fäll-pH-Wertes können Metallionen in Form von schwer löslichen Hydroxiden bzw. Carbonaten gefällt werden.

In der folgenden Tabelle ist dargestellt, welche Restkonzentrationen unerwünschter Metalle durch die Dosierung von Kalk erreicht werden können.

Tabelle 2: Metallrestkonzentrationen bei Kalkfällung

Metall	Optimaler Fäll-pH-Wert	Restkonzentration in mg/l	Gesetzlicher Grenzwert mg/l	Besonderheiten
Al ³⁺	5,0	< 2	< 3	amphoter, ab pH 8,0 Bildung von Hydroxoaluminat
Fe ²⁺	> 5,5	< 2	< 100	--
Fe ³⁺	> 3,0	< 2	< 100	
Cu ²⁺	7,5	0,07	0,5	in Gegenwart von Ammonium Bildung von löslichen Tetraminkomplexen
Cr ³⁺	9,5	0,3	0,5	amphoter, Bildung von Hexahydroxochromit ab pH 9,5
Zn ²⁺	9,0	0,01	2	amphoter, Bildung von Tetrahydroxozinkat ab pH 9,5
Pb ²⁺	10,0 - 10,3	0,03	0,5	
Ni ²⁺	9,8 - 10,2	0,09	0,5	in Gegenwart von Ammonium Bildung von löslichen Tetraminkomplexen
Cd ²⁺	10,5	0,09	0,2	

Quellen: L. Hartinger, Taschenbuch der Abwasserbehandlung, Bd. 1; Carl Hanser Verlag München, Wien, 1. Auflage 76. Gesetzliche Grenzwerte: RahmenabwasserVwV, Anhang 40, Stand Sept. 1989



Kalk zur Unterstützung der biologischen Abwasserreinigung

Kalkprodukte werden in kommunalen und industriellen, biologischen Kläranlagen eingesetzt zur

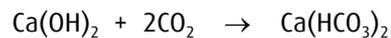
- Säurekapazitätsanhebung,
- Senkung des Schlammindex,
- Förderung der vermehrten biologischen Phosphatelimination

Für diese Verfahren wurde eine spezielle Kalkhydrat-Trockendosiertechnik entwickelt, die sich auf Kläranlagen in den letzten Jahren auf Grund der einfachen und sicheren Anwendung sehr bewährt hat.

Säurekapazitätsanhebung mit gleichzeitiger Senkung des Schlammindex

Die Säurekapazität spielt bei der biologischen Abwasserreinigung eine entscheidende Rolle. In der Regel ist eine Mindestsäurekapazität von 1,5 – besser 2 mmol/l – im Ablauf der biologischen Reinigungsanlage erforderlich, da sonst die biologischen Prozesse – v.a. die Nitrifikation und die Flockenbildung – durch zu niedrige pH-Werte (< 7,0) empfindlich gestört werden.

Nach der Gleichung



können durch Dosierung von 1 mmol/l Calciumhydroxid (74 g/m³ Trockenwetterzufluss) in die belüftete Zone der Belebung ca. 2 mmol/l Säurekapazität produziert werden.

Da alle Reaktionsprodukte in gelöster Form anfallen, findet bei diesem Verfahren keine Anreicherung des Belebtschlammes mit CaCO₃ statt. Über die Stabilisierung der Belebtschlamm-biozönose kann der Schlammindex gesenkt werden.

Senkung des Schlammindex durch Schlamm-beschwerung

Eine Schlamm-beschwerung mit Kalk ist durch Zugabe von 100 bis max. 200 g Kalkhydrat (Ca(OH)₂) pro m³ Trockenwetterzufluss in die belüftete Zone der Belebung zu erzielen. In der Regel wird ein Schlammindex < 100 ml/g erreicht.

Die Verbesserung des Schlammabsetzverhaltens beruht bei diesem Verfahren auf einer Optimierung des pH-Wertes in der Biologie verbunden mit einer gezielten Anreicherung des Belebtschlammes mit CaCO₃ auf ca. 8-10 % CaO in der Trockenmasse. Über den Grad der Anreicherung werden die Eindickraten in Schlamm-eindickern und die Ergebnisse der maschinellen Schlamm-twässerung positiv beeinflusst.

Die gezielte Erhöhung der natürlichen Puffersubstanzen Calciumhydrogencarbonat und Calciumcarbonat im Abwasser bzw. im Belebtschlamm führt zu einer höheren Artenvielfalt von Belebtschlammorganismen. Fadenbildende Bakterien werden zurückgedrängt.



Förderung der vermehrten biologischen Phosphatelimination

Eine Intensivierung der vermehrten biologischen Phosphatelimination ist durch zwei verschiedene Verfahrensweisen möglich:

Initiierung einer biologisch induzierten Calciumphosphatfällung durch signifikante Erhöhung der Calciumkonzentration in der Belebung mittels Zugabe von Kalkhydrat (Ca(OH)_2) in die belüftete Zone.

Intensivierung der Phosphat-Speicherprozesse durch Erhöhung der Magnesiumkonzentration in der Belebung mittels Zugabe von Dolomitkalkhydrat ($\text{Ca(OH)}_2 \bullet \text{MgO}$).

Bei beiden Verfahren findet neben der Intensivierung der vermehrten biologischen P-Elimination auch eine Säurekapazitätsanhebung statt. Bei Einsatzmengen $> 100 \text{ g/m}^3$ Trockenwetterzufluss wird zudem eine deutliche Schlammindexverbesserung eintreten. Die Kombination mit einer Zugabe von Eisensalzen ermöglicht die sichere Einhaltung von P-Konzentrationen 1 mg/l im Ablauf.

Die verschiedenen Verfahren zur Verbesserung der biologischen Abwasserreinigung mittels Kalkzugabe sind in Tabelle 3 zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 3: Auswirkungen der Kalkzugabe auf die biologische Abwasserreinigung in Abhängigkeit von der Kalkzugabemenge bei mittelhartem Abwasser

Auswirkungen auf die biologische Stufe der Kläranlage					
Hydratdosierung [g/m ³ Ca(OH) ₂]	Dosierstelle	Säurekapazitätserhöhung [mmol/l]	Phosphorkonzentrationen Ablauf [ml/g P] ^{*)} : Komb. mit Fe	Schlammindex [ml/g]	Kalkanteil am Schlamm [%]
40	Nitrifikationszone, Zulauf, Belebung, Rücklaufschlamm	1	Kein Effekt	$< 150^{1)}$	< 1
80	Nitrifikationszone, Zulauf, Belebung	2	< 4	$< 150^{1)}$	< 3
80	Rücklaufschlamm	2	< 4	$< 120^{2)}$	< 3
120	Nitrifikationszone, Zulauf, Belebung	3	2-3; $< 1^{*)}$	< 100	3 – 8
160	Nitrifikationszone, Zulauf, Belebung	3-6 ³⁾	2-3; $< 1^{*)}$	< 100	8 – 15

¹⁾ wenn schlechter Schlammindex zuvor durch zu geringe Säurekapazität bedingt

²⁾ wie ¹⁾ plus Reduktion von fadenbildenden Bakterien

³⁾ Überschüssige Säurekapazität wird durch Entcarbonisierungsreaktionen entfernt



Ammoniakstrippung	<p>Filtratwässer aus der Schlammbehandlung auf Kläranlagen, aus Biogasanlagen und Deponiesickerwässer weisen in der Regel hohe Ammoniumkonzentrationen (300 – 3000 mg/l NH₄-N) auf. Die Elimination des Ammoniums aus diesen Prozesswässern kann mittels chemisch-physikalischen Strippverfahren (Dampf- oder Luftstrippung) erfolgen. Voraussetzungen für die Strippung sind</p> <ul style="list-style-type: none"> • pH-Wert > 11,5, • Abtrennung von Feststoffen • NH₄-N Konzentration > 1000 mg/l. <p>Die pH-Wert-Anhebung kann entweder im Rahmen einer Schlammmentwässerung mittels Kammerfilterpresse oder durch separate Behandlung des Prozesswassers mit Kalk und anschließender Sedimentation stattfinden. Für die anfallenden Fällschlämme und die zurückgewonnenen Ammoniumsalze bzw. Ammoniakstarkwasser sind sinnvolle Verwertungswege in der Landwirtschaft oder Rauchgasreinigung möglich.</p>
Geruchs- bekämpfung	<p>Geruchsprobleme in Abwasserleitungssystemen oder auf Kläranlagen werden häufig durch Schwefelwasserstoff (H₂S) verursacht. Mittels pH-Wert-Anhebung auf Werte > 9 kann das chemische Gleichgewicht H₂S/HS⁻ zu Gunsten des im Wasser gelöst vorliegenden HS⁻ und zu Ungunsten des gasförmigen H₂S verschoben werden. Diese pH-Wert-Anhebung wird mittels Kalkmilch durchgeführt. Pro m³ Abwasser werden in der Praxis etwa 60-100 g Ca(OH)₂ dosiert.</p>
Kalk zur Schlamm- behandlung bzw. Vorkon- ditionierung	<p>Für die Entwässerung von Klärschlamm in Kammer- oder Membranfilterpressen hat sich die Vorkonditionierung mit Kalk und sauren Metallsalzen bewährt. Üblicherweise werden dabei > 0,2 kg Kalkhydrat/kg Schlamm-trockensubstanz zugesetzt. Dies reicht aus, um den anfallenden Filterkuchen zu hygienisieren bzw. pathogene Keime abzutöten.</p>
Kalk zur Schlamm- behandlung bzw. Nachkonditio- nierung	<p>Bei mäßig entwässerten Schlämmen aus Zentrifugen, Dekantern und Siebbandpressen ist die Nachbehandlung mit Feinkalk Stand der Technik. Durch die Zugabe von Branntkalk nach der</p> <p>Gleichung IV: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 + 1152 \text{ kJ/kg CaO}$</p> <p>wird Wasser chemisch gebunden und Reaktionswärme freigesetzt. Durch pH-Wert- und Temperaturerhöhung werden auch widerstandsfähige Keime wirksam abgetötet und zudem die Struktur und Lagerfähigkeit des Schlammes verbessert. Mit Wiederverkeimung ist auf Grund des hohen pH-Puffers nicht zu rechnen.</p>
Nassschlamm- behandlung	<p>Nassschlämme können im Batchverfahren mittels Zugabe von Kalkhydrat oder Branntkalk in trockener Form (z.B. direkt aus dem Silo-LKW) oder als Kalkmilch hygienisiert werden. Die notwendigen Dosiermengen liegen > 0,2 kg Ca(OH)₂/kg Schlamm-trockensubstanz. Der pH-Wert wird dabei auf Werte > 12,4 angehoben. Eine intensive Durchmischung ist bei diesem Verfahren notwendig. Nach anschließender 24-stündiger Lagerung ist in der Regel eine ausreichende Hygienisierung gewährleistet.</p>

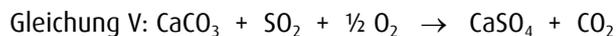


Kalk zur Rauchgasreinigung

Rauchgasentschwefelung

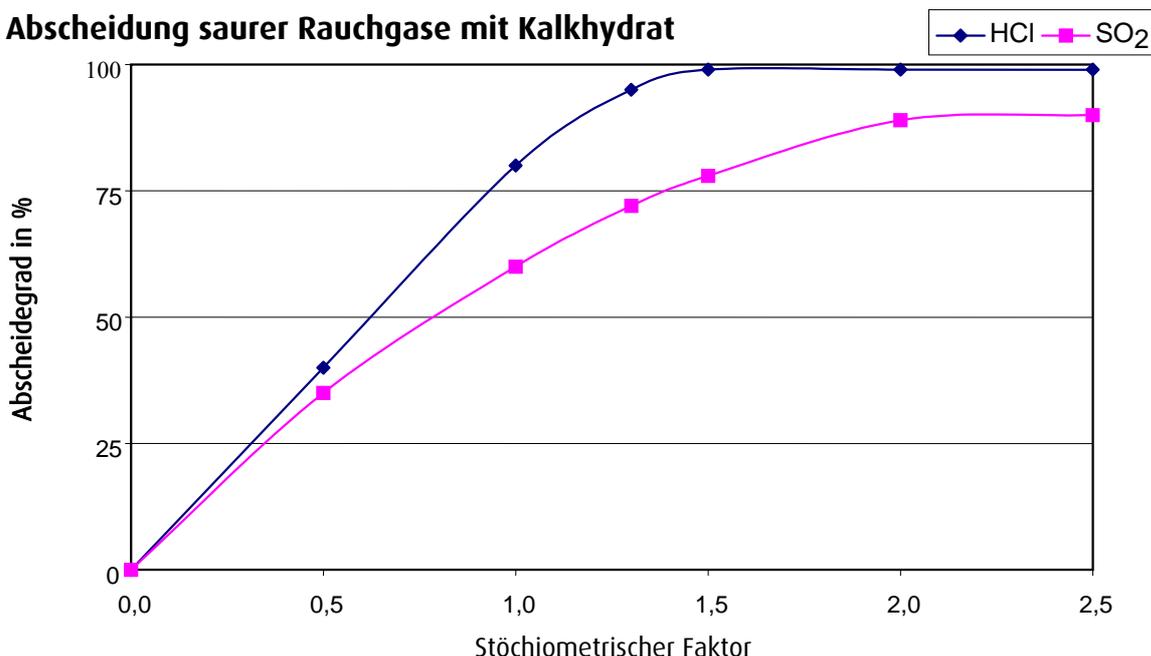
Durch die flächendeckende Entschwefelung von Großkraftwerken und Industrieanlagen konnte eine wesentliche Verringerung der SO_2 -Emission in Deutschland erreicht werden. Als Absorptionsmittel kommen gebrannte Kalkprodukte oder Kalkstein (zumeist Kalksteinmehl) in Frage. Üblicherweise wird nach dem Nasswaschverfahren gearbeitet. Das dabei entstehende Produkt (Gips) wird in der Bauwirtschaft wiederverwendet.

Die Entschwefelung mit Kalkstein folgt der



Für kleinere Anlagen haben sich inzwischen auch verschiedene Varianten der Trockensorption mit Kalkprodukten durchgesetzt. Die folgende Abbildung zeigt die dafür eingesetzten stöchiometrischen Verhältnisse.

Abscheidung saurer Rauchgase mit Kalkhydrat



Abgasreinigung von Müllverbrennungsanlagen

Durch den Einsatz von Kalk sowie Gemischen aus Kalk und anderen Sorbentien werden in vielen Müllverbrennungsanlagen die gesetzlichen Auflagen bezüglich der sauren Schadgase (Salzsäure und Flusssäure), der flüchtigen Schwermetalle sowie unerwünschter organischer Substanzen deutlich unterschritten. Meist werden diese Verfahren bei größeren Anlagen zweistufig durchgeführt. In der ersten Stufe werden die sauren Gase durch Nass- oder Trockenverfahren absorbiert, in der zweiten Stufe erfolgt eine Feinreinigung mittels Trockenabsorption.

Abgasreinigung in weiteren Industrien

Bei der Herstellung von z.B. Ziegel- und keramischen Produkten fallen fluorwasserstoffhaltige Abgase an, die in der Praxis sehr gut durch Absorption mit Kalkhydrat aus dem Abgas entfernt werden können. Auch bei Abgasen, die flüchtige amphotere Schwermetalle, wie z.B. Selen, enthalten, hat sich die Absorption mit Kalkverbindungen bewährt. Zuletzt wurde durch die Einführung der 36. BImSchV auch für Krematorien eine weiter gehende Abgasreinigung notwendig, die mit Kalkprodukten gelingt.



B 8 Chemische Industrie und andere Industriezweige

Verwendung von ungebrannten und gebrannten Kalk- und Dolomitprodukten

Farb-, Kunststoffe	Füllstoff	Pigment, -Extender	
andere organische Synthesen	Kondensationsreaktion	Dechlorierung	
Erdölprodukte	Hydrophobierungsmittel	Gießformtrennmittel	Schmiermittel, Additive, Stabilisatoren
Soda	Ammoniak-Rückgewinnung	Herstellung	
Papier, Zellstoff	Basischer Aufschluss	Aufbereitung (Kraft-Prozess)	Füllstoff und Pigment
Pharmazeutika Kosmetika	Füllstoff	Wirkstoff: basisch	Zahnpasta (Putzkörper)
Lebensmittel	Füllstoff	Mineralstoff	Konservierung
sonstige Chemische Industrie	Chlorkalk (Desinfektion)	Kalkstickstoff	Karbid
	Calciumchlorid (Frostschutzmittel)		
Glas, Feinkeramik	Flachglas	Glasfasern	Steinwolle
Zucker	Scheideprozess	Ausfällen des überschüssigen Kalkes	
Steinkohlenbergbau	Neutralisation der Sumpfungswässer	Rekultivierung: Bodenmelioration	
NE-Metalle	Mg: Gewinnung und Verarbeitung	Al: Gewinnung und Verarbeitung	Co, Ni, Ti: als Fluxmittel
Leder	Haarlockerung	Äschern	



Chemische Industrie und andere Industriezweige

Das Kapitel „Chemische Industrie und andere Industriezweige“ behandelt Anwendungsfälle und Einsatzgebiete von Kalkprodukten, die wegen der Vielzahl und Unterschiedlichkeit nicht einzeln beschrieben werden. Die jeweiligen Einsatzgebiete und wichtigsten Reaktionen werden erläutert.

Eigenschaften von Kalk

Folgende Eigenschaften von Kalk sind für diese Anwendungen relevant:

- Hoher Gehalt an Calcium bzw. Calcium und Magnesium
- Neutralisationskapazität
- Inertes Verhalten
- Stabilität der Kornstruktur

Glas/Feinkeramik

Gläser sind amorph erstarrte Schmelzen verschiedener Metalloxide, insbesondere Na_2O , K_2O , CaO , PbO , ZnO mit Siliciumdioxid, Bortrioxid, Aluminiumoxid und/ oder Phosphorpentoxid.

Rohstoffe

Rohstoffe für die Glasherstellung sind Sand, Soda, Pottasche und Kalk. Kalk (als Kalksteinmehl oder Branntkalk) ist der wichtigste basische Bestandteil der Einsatzstoffe, durch dessen Einführung erst die Verfestigung des Glases erreicht wird. Vorteilhaft beim Einsatz von Branntkalk ist vor allem ein geringerer Gehalt an organischen Verunreinigungen, da diese Färbungen verursachen. Weiterhin wird durch den Einsatz von Branntkalk im Gegensatz zu Kalksteinmehl der Energiebedarf zum Schmelzen verringert, so dass der Ofendurchsatz gesteigert werden kann. Der Magnesiumgehalt des Kalkes erleichtert das Einschmelzen.

Glasfasern

Bei der Herstellung von Glasfasern wird besonders auf die Anzahl und Größe der säureunlöslichen Partikel in dem zugesetzten Kalk geachtet, da diese beim Ausziehen der Glasfäden zu Brüchen führen können.

Spezifischer Verbrauch: Je nach Glassorte 100 – 300 kg/t Glas

Keramische Werkstoffe können aus bis zu 35% Kalk bestehen. Bei der Herstellung von Steinwolle wird Kalk als Fluxmittel eingesetzt.

Kunststoff/Farbstoffe, organische Synthesen

Bei der Herstellung der organischen Grundstoffe für die Kunststoff- und Farbstoffproduktion wird Kalk verwendet.

Der erste Grundschrift dazu ist die Umsetzung von 1,3-Dichlorpropanol mit Kalkhydrat zu Ethenoxid. Ausgehend von diesem Produkt werden Glykol und viele andere organische Substanzen hergestellt.

Die Kondensationsreaktion, die durch die Dechlorierung von Vorläufersubstanzen durch Kalk eingeleitet wird, ermöglicht Synthesen im Bereich der organischen Chemie, so dass auch bei der Produktion von Substanzen wie z.B. Acrylaten, Glycerin, Trichlorethylen, Pentaerythriol und Glycolcarbonat Kalk verwendet wird.



Zuckerindustrie Zucker wird aus dem Saft der Zuckerrübe hergestellt. Nach einem mechanischen Aufschluss der Rüben werden alle wasserlöslichen Anteile durch heißes Wasser gelöst. Aus dem Rohsaft der Zuckerrübe werden die Nichtzuckerstoffe durch Zusatz von Branntkalk entfernt (Scheideprozess). Der Kalk wird in der Zuckerfabrik selbst erbrannt, da die Kohlensäure des Kalksteins zum Ausfällen des überschüssigen, an Zucker gebundenen Kalkes benötigt wird (Saturation).

Verbrauch: 20 – 25 kg Branntkalk je t Rüben
 130 – 165 kg Branntkalk je t Rohzucker

Durch die Zugabe von Branntkalk werden unerwünschte Salze bei hohen pH-Werten ausgefällt. Der gelöste Kalk wird anschließend durch Zugabe von Kohlendioxid gefällt, so dass Kalkschlamm (Carbokalk) und Zuckerlösung entsteht. Der Kalkschlamm wird meist von den Landwirten als Dünger verwendet.

Durch mehrfaches Umkristallisieren wird der Zucker weiter gereinigt (raffiniert). Für diesen Prozess wird Kalk und Kohlendioxid benötigt. Daher betreiben die meisten Zuckerfabriken eigene Kalköfen.

Kalk und Kalkofengasproduktion Als Brennaggregate zur Herstellung von Branntkalk und CO_2 dienen in der Zuckerindustrie konventionelle Schachtöfen (Bukner et al. 1968, Schneidt 1975, Schmidt 1977), in denen Kalkstein durch die beim Verbrennen des zugemischten Kokes entstehende Wärme im Haufwerk entsäuert. Verschiedentlich wird über Versuche zum Rückbrennen von Carbonatationsschlamm in unterschiedlichen Reaktoren berichtet (Kroneberger 1986, Schiweck et al 1979, Schoppe et al 1979, Schiweck et al 1983). Obgleich vielversprechende Branntkalkqualitäten erzielt werden konnten, hat sich diese Verfahrenstechnik nur begrenzt durchsetzen können.

Konventionelle Öfen haben in der Regel einen kreisförmigen Querschnitt mit einem lichten Durchmesser von 3 – 4 m und eine nutzbare Schachthöhe von etwa 18 – 22 m. Der Kalkstein wird im Gemisch mit dem Festbrennstoff dem Ofen von oben aufgegeben. Im Gegenstrom wird dann die erforderliche Verbrennungsluft eingeführt. Dabei wird zwischen Druck- bzw. Saugzugbetrieb unterschieden.

Ausrüstung für die Zuckerindustrie In der Zuckerindustrie werden zum Kalklöschern robust arbeitende Löschtrommeln eingesetzt, in denen der ausgetragene Kalk mit Kondensat, Absüßwasser oder Dünnsaft gelöscht wird. Die sich mit einer Umfangsgeschwindigkeit von 1 – 2 cm/s drehende Trommel bewirkt, dass der Branntkalk stets mit Flüssigkeit in Berührung kommt und so während des Löschvorganges zerfällt. Bei diesem Löschverfahren verläuft die Ablöschung aber nicht vollständig und hinsichtlich der Kalkmilchreaktivität weitgehend unkontrollierbar. Zudem verbleiben Brennstoffabrieb, Abrieb vom Ofenfutter und andere Verunreinigungen teilweise im Löschsystem und aus der Kalkhydratsuspension müssen grobe, ungelöschte Partikel und Sand entfernt (entgrießt) werden.



**Zuckerhaltiges
Löschwasser**

Die Reaktionsenthalpie, die bei der Reaktion zwischen Branntkalk und Wasser frei wird, bewirkt je nach Branntkalk/Löschwasser-Verhältnis ein starkes Ansteigen der Temperatur der sich bildenden Kalkhydratsuspension. Es stellen sich dabei Mischtemperaturen zwischen dem reagierenden Branntkalk, dem gebildeten Kalkhydrat und dem Löschwasser ein.

Wie theoretische Ableitungen zeigen, kann sich am Branntkalkstück bei der Reaktion mit Wasser eine maximale Reaktionstemperatur von ca. 480 °C einstellen (Bukner 1968). Dabei verdampft an diesen Stellen das Löschwasser. Der Dampf dringt in die Branntkalkporen ein und löscht so tiefer liegende Branntkalkbereiche unter Bildung größerer Kalkhydratpartikel (Grieße) ab. Neben dieser unerwünschten Grießbildung können sich für die Zuckerindustrie noch andere Auswirkungen ergeben.

In der Zuckerindustrie wird der Branntkalk zum Teil mit Dünnsaft oder Absüßwasser gelöscht. Dabei tritt zunächst eine starke Lösungsverzögerung auf. Weiterhin kann es bei den am Branntkalkstück auftretenden hohen Temperaturen zu einem alkalischen Zuckerabbau kommen, wenn partiell hohe Temperaturen bei dem in Löschanlagen üblichen pH-Wert von 12 – 13 auf den Dünnsaft einwirken (Bukner 1968, Schneider et al 1969). Dabei entstehen aus dem Zucker niedere Fettsäuren (z.B. D,L-Milchsäure) und Farbstoffvorstufen. Somit geht mit der Verwendung von Dünnsaft oder Absüßwasser zum Kalklöschchen ein nachweisbarer Zuckerverlust (< 0,02 %) einher, der gegenüber dem wärmetechnischen Gewinn zu bilanzieren ist.

Zur Verringerung lokaler Übertemperaturen ist eine innige Vermischung von Branntkalk und Kalkhydratlösung während des Lösprozesses erforderlich, um die lokale Reaktionswärme möglichst rasch ins Gesamtsystem abzuführen. Eine Methode, Zuckerverluste während des Löschens zu vermeiden, ist bereits unterbreitet worden. Dabei wird zuerst mit Kondensat im Mischungsverhältnis 1:4 bis 1:5 vorgelöscht und anschließend mit Absüßwasser oder Dünnsaft die Kalkmilch auf einen CaO-Gehalt von ca. 250 g/l verdünnt.

Erdölprodukte

Durch die Verseifung von langkettigen, aliphatischen Carbonsäuren, Wachsen, verzweigten Carbonsäuren, Naphtalinen und anderen höhermolekularen Säuren werden neutrale Calciumseifen hergestellt, die folgenden Zwecken dienen:

- Schmiermittel und Stabilisatoren bei der Herstellung von Kunststoffen
- Schmiermittel und Additive für Öle und Fette
- Gießformtrennmittel
- Hydrophobierungsmittel



Pharmazeutika	In der Pharmazie wird Kalk als Füllstoff für Pasten, Salben, Tabletten u.ä. eingesetzt, um eine einfache Handhabung und Dosierung der Wirkstoffe zu erreichen. Direkt als Wirkstoff wird Calciumcarbonat bei Sodbrennen und übermäßiger Säureproduktion verwendet. Beim Syntheseweg von vielen pharmazeutischen Produkten ist Kalk notwendig.
<hr/>	
Soda	Das verbreitete Solvay-Verfahren zur Herstellung von Soda aus Kochsalz wird nach folgenden Reaktionen durchgeführt: $\text{NaCl} + \text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaHCO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl}$ $2 \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ $2 \text{NH}_4\text{Cl} + \text{CaO} \rightarrow 2 \text{NH}_3 \uparrow + \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ Durch den Einsatz von Kalk kann der verwendete Ammoniak zurückgewonnen werden. Da dieses Verfahren sowohl Kohlendioxid als auch Branntkalk benötigt, wird der Kalk meist vor Ort gebrannt mit dem Ziel, möglichst hohe Kohlendioxidkonzentrationen im Ofenabgas zu erreichen. Teilweise wird Soda auch durch direkte Karbonatisierung von Natronlauge erzeugt. Spezifischer Verbrauch: 1100 – 1200 kg/t Soda
<hr/>	
Papier/Zellstoff	Für die Papierproduktion ist zwischen der Herstellung von Zellstoff aus Holz und der Produktion von Papier aus Zellstoff und/oder Altpapier sowie verschiedenen Zuschlägen zu unterscheiden.
Zellstoffgewinnung	Für die Zellstoffgewinnung wird Holz, das zur Hälfte aus nicht für die Papierproduktion geeigneten Ligninen und zu ca. 50 % aus Cellulosen besteht, basisch aufgeschlossen. Die Trennung dieser beiden Komponenten erfordert den Einsatz von Schwefeldioxid, das mit den aromatischen Bestandteilen der Lignine reagiert.
Kraft-Prozess	Die Aufbereitung kann z.B. nach dem so genannten Kraft-Prozess erfolgen, bei dem die für den Aufschluss eingesetzte Natronlauge nach Eindampfen des Abwassers und Schmelzen des Rückstandes durch Umsetzung mit Kalk zurückgewonnen wird.
Sulfit-Verfahren	Beim Sulfit-Verfahren erfolgt der Aufschluss mit Calciumbisulfit-Lösung, die aus Kalk und Schwefeldioxid hergestellt wird. Das Schwefeldioxid wird durch entsprechende Behandlung des ligninsulfonhaltigen Abwassers zurückgewonnen. Spezifischer Kalkverbrauch: ca. 20 kg/t Zellstoff.
Papierherstellung	Bei der Papierherstellung wird aus Zellstoffballen und/oder Altpapier und Wasser im Pulper eine pumpfähige Stoffsuspension erzeugt und in der Papiermaschine über mehrere Siebe und Walzen entwässert und getrocknet. Erhebliche Mengen Wasser werden benötigt, die z.T. mit Kalk behandelt werden müssen, bevor eine Ableitung möglich ist.



Gefälltes Calciumcarbonat (PCC)

PCC (Precipitated Calcium Carbonate) wird durch kontrollierte Reaktion von Kalkmilch mit Kohlendioxid hergestellt. Dabei fällt feinteiliges Calciumcarbonat aus. Partikeldurchmesser und Korngrößenverteilung können durch die Wahl der Prozessparameter während der Kristallisation exakt eingestellt werden. Darin unterscheidet sich PCC deutlich von GCC (Ground Calcium Carbonate), welches durch Vermahlung von Kalkstein hergestellt wird. Gefälltes Calciumcarbonat wird in vielen Bereichen als funktioneller Füllstoff eingesetzt, um die Produkteigenschaften zu verbessern, die Dichte zu erhöhen und die Kosten zu senken. Weiterhin kann in Abhängigkeit vom Weißgrad des Kalks die Farbe der Produkte verändert werden.

Einsatz

- **Papier:** Einsatz als Füllstoff in der Papiermasse oder Pigment in der Streichfarbe zur Optimierung von Weiße, Opazität sowie Dicke /Volumen und Bedruckbarkeit
- **Farben und Lacke:** Weisspigmentextender in Dispersionsfarben
- **Kosmetik:** Zahnpasta (als Putzkörper), Puder (Mattierungs-, Peelingwirkung)
- **Pharma / Lebensmittel:** Tablettierhilfstoff, Ca-Brausetabletten, Mineralstoffmischungen, Babynahrung und diätetische Lebensmittel
- **Kunststoffe:** thermoplastische und duroplastische Formmassen, z. B. zur Verbesserung von Weißgrad und Oberflächengüte

Lederbearbeitung

Bei der Verarbeitung von Leder muss vor dem eigentlichen Gerben zunächst das Haar gelockert werden. Dies geschieht durch eine Behandlung mit Kalk in alkalischen Bädern. Gleichzeitig wird dadurch eine „Äscherung“, genannte Reaktion der Haut, erreicht, die für die anschließende Gerbung notwendig ist.

Spezifischer Verbrauch: 4-8 kg/t Leder

Bergbau

Beim untertägigen Kohlebergbau wird Kalksteinmehl für den Explosionsschutz und als Gesteinsstaubsperre verwendet. Durch das gezielte Einstauben kann verhindert werden, dass Kohlenstäube als explosionsfähige Gemische vorliegen.

Weiterhin sind die Sumpfungswässer durch Sulfitoxidation meist so sauer, dass eine Neutralisation erfolgen muss. Ebenso wird bei der Rekultivierung von Halden und Gruben Kalk zur Bodenmelioration eingesetzt.

NE-Metalle

Bei den Nichteisenmetallen sind insbesondere Magnesium und Aluminium hervorzuheben, für deren Verarbeitung Kalk direkt eingesetzt werden kann. Aus Seewasser und magnesiumhaltigen Solen wird Magnesiumhydroxid durch Fällung mit Kalk ausgeschieden. Das Hydroxid wird entweder thermisch zu Magnesiumoxid entwässert oder nach Umsetzung mit Salzsäure als Magnesiumchlorid für die Schmelzflusselektrolyse verwendet.

Magnesium

Bei der Herstellung von Aluminium kann der Aufschluss von Bauxit mit Kalk zu Calciumaluminat erfolgen. Für andere Nichteisenmetalle wird Kalk bereits bei der Erzbereitung zur Flotation eingesetzt. Die abgeschiedenen Erze werden so stärker konzentriert.

Aluminium

Bei der Herstellung von Aluminium kann der Aufschluss von Bauxit mit Kalk zu Calciumaluminat erfolgen. Für andere Nichteisenmetalle wird Kalk bereits bei der Erzbereitung zur Flotation eingesetzt. Die abgeschiedenen Erze werden so stärker konzentriert.

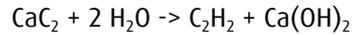
Beim Schmelzen und Gießen verschiedener Metalle wie Nickel, Titan oder z.B. Kobalt wird Kalk als Bestandteil des Fluxmittels eingesetzt.



Calciumkarbid

Calciumkarbid entsteht durch Umsetzung von Branntkalk und Kohlenstoff im elektrischen Lichtbogen. Die Reaktion ist stark endotherm. Der technische Energiebedarf beträgt ca. 2900 kWh/t Calciumkarbid.

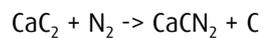
Hauptanwendungsgebiet dieses früher sehr wichtigen Absatzgebietes sind die Herstellung von Kalkstickstoff und die Herstellung von Ethin. Letzteres wird durch Reaktion von Karbid mit Wasser erzeugt.

**Karbidkalk**

Das entstehende Hydroxid wird als Karbidkalk für Anwendungen beim Bau oder auch als Düngemittel verwendet. Auf Grund der direkten Herstellung von Ethin aus Kohlenwasserstoffen ist diese Anwendung mittlerweile rückläufig.

Kalkstickstoff

Kalkstickstoff entsteht durch die Umsetzung von Karbid mit Stickstoff bei Temperaturen von ca. 1200 °C. Die exotherme Reaktion folgt der Gleichung:



Kalkstickstoff wird als Düngemittel und als Pflanzenschutzmittel verwendet.

Chlorkalk

Durch Einleiten von Chlorgas in Kalkmilch entsteht Chlorkalk, der zu Desinfektionszwecken eingesetzt werden kann. Technisch hergestellter Chlorkalk, ein Mischsalz aus Calciumchlorid und Calciumhypochlorid, enthält 35-36 % „wirksames“ Chlor.



B 9 Düngekalk

Verwendung von ungebrannten und gebrannten Kalk- und Dolomitprodukten



Naturkalk ist die Sammelbezeichnung für Düngekalke, die direkt aus natürlichen Kalkstein-, Dolomit- und Kreidelagerstätten gewonnen und zu den Düngemitteltypen werden:

- Branntkalk
- Kohlensaurer Kalk
- Mischkalk

Alle drei Typen gibt es auch mit unterschiedlichen Magnesiumgehalten.

Naturkalk wird als Düngemitteltyp **Kohlensaurer Kalk**, **Branntkalk** oder **Mischkalk** mit hohen Nährstoffgehalten in den Verkehr gebracht.

NATURKALK der Mitgliedsfirmen der Düngekalk-Hauptgemeinschaft erkennt man an dem Zeichen:



Begriffsdefinitionen für verschiedene Kalkdüngungsformen

Erhaltungs-Kalkung	Erhaltungsbedarf des Bodens, d.h. Neutralisationsbedarf für diverse Versauerungsquellen sowie für Auswaschungsverluste. Die Erhaltungskalkung kann als Krumen-, Band-, Kopf-, Damm- oder Stoppelgabe gegeben und auf Ackerland oder Grünland in den Nutzungsrhythmus (Fruchtfolge, Schnitt oder Beweidung) eingebaut werden. Aus Gründen der Rationalisierung in einer Gabe für drei Jahre jeweils auf einem Drittel der Nutzfläche Je nach Bodenart etwa 15 dt/ha CaO als Kohlensaurer Kalk auf leichten Böden und Grünland (hier 10 dt/ha) oder als Branntkalk auf allen bindigen Böden
Bedarfskalkung	Allgemeine Bezeichnung für die Kalkdüngung in Höhe des tatsächlichen Kalk- bzw. Calciumbedarfs der Kulturpflanzen unabhängig vom Boden
Gesundungskalkung Aufkalkung	Abgestufte Verbesserung landwirtschaftlicher Böden, die in ihrer Ertragsleistung durch Versauerung beeinträchtigt waren, sowie die Wiederherstellung der ursprünglichen Fruchtbarkeit und potenziellen Ertragsfähigkeit.
Meliorationskalkung	Neuschaffung landwirtschaftlicher Nutzfläche durch Herstellung eines der Bodenart angepassten Kalkzustands

Güteschutz Düngekalk

Güte- und Prüfbestimmungen und Qualitätskriterien

Kriterium	Kohlensaurer Kalk	Branntkalk	Mischkalk
Gehaltslagen (Mindestwerte; höhere Gehalte in 5%-Stufen gestaffelt)	80 % CaCO ₃ + MgCO ₃	75 % CaO+MgO max 6% CaO an CO ₂ gebunden	70 % CaO+MgO mind. 50% als Oxid
Mahlfeinheit	97 % < 3 mm 70 % < 1 mm Granulate: 90 % < 1,0 mm 60 % < 0,09 mm	90 % < 4,0 mm	97 % < 4,0 mm 55 % < 0,8 mm
Reaktivität	Typ A/B/C < 5% MgCO ₃ 30/50/80 5 – 15% MgCO ₃ 0/40/60 15 – 25 % MgCO ₃ 0/35/50 > 25% MgCO ₃ 10/20/30		
Schwermetalle	Arsen 30 Blei 120 Cadmium 2 Chrom 150 Kupfer 35 Nickel 50 Quecksilber 3 Thallium 2 Zink 200	Arsen 30 Blei 120 Cadmium 2 Chrom 150 Kupfer 35 Nickel 100 Quecksilber 3 Thallium 2 Zink 200	Arsen 30 Blei 120 Cadmium 2 Chrom 150 Kupfer 35 Nickel 100 Quecksilber 3 Thallium 2 Zink 200



Wirkung von NATURKALK

Übersicht über die wichtigsten Wirkungen und Funktionen von Kalk im Boden

NATURKALK erhält die optimale Bodenreaktion	Nur bei optimalem pH-Wert können rentable Erträge erwirtschaftet werden.
NATURKALK stabilisiert die Bodenstruktur	Naturkalk erhöht den Humusgehalt und verbessert die Humusqualität. Der Boden erhält dadurch eine stabile Struktur.
NATURKALK verstärkt die biologische Aktivität	Nur in kalkreichen Böden finden nützliche Lebewesen die Lebensbedingungen, die sie brauchen. Nur in kalkreicher Umgebung können sie wertvollen Dauerhumus aufbauen.
NATURKALK sichert gute Wasserführung und Durchlüftung	Ist der Anteil an luft- und wasserdurchlässigen Poren im Boden hoch genug, kann der Boden auch größere Wassermengen aufnehmen und speichern. Dann versickert auch überschüssiges Wasser leichter.
NATURKALK vermindert Verkrusten und Verschlämmen	Naturkalk stabilisiert die Krümelstruktur des Bodens. Dadurch wird dem Zerfall der Krümel und der Verschlämmung entgegengewirkt.
NATURKALK vertieft den Wurzelraum im Boden	Wenn Kalk fehlt, kommt es zur Ton/Schluff-Trennung und zu Verdichtungen im Unterboden. Ausreichender Kalkvorrat ermöglicht ungehindertes Wurzelwachstum.
NATURKALK hilft Düngungskosten sparen	Die bestmögliche Nährstoffausnutzung der Pflanzen ist nur bei guter Kalkversorgung gesichert. Der pflanzenverfügbare Phosphatvorrat nimmt zu, die Stickstoff-Freisetzung aus organischer Düngung steigt, und das Pflanzenwachstum wird verbessert.
NATURKALK erhöht die Qualität des Erntegutes	Naturkalk fördert die Einlagerung von wertbestimmenden Inhaltsstoffen in der Pflanze durch ein harmonisches Nährstoffverhältnis im Boden.
NATURKALK verbessert und erhält die Bodenfruchtbarkeit	Kalk, Humus und Ton sind die Grundlagen für gesunden, fruchtbaren Boden. Nur wenn der Boden immer wieder ausreichend mit Kalk versorgt wird, können die übrigen Wachstumsfaktoren dauerhaft hohe und sichere Erträge hervorbringen.



Aufkalkung der Bodenarten

Definition der pH-Klassen für die Kalkversorgung des Bodens sowie Kalkdüngungsempfehlungen mit dem Ziel der Erreichung und Erhaltung der anzustrebenden, optimalen Bodenreaktion auf der Landwirtschaftlichen Nutzfläche (LN)

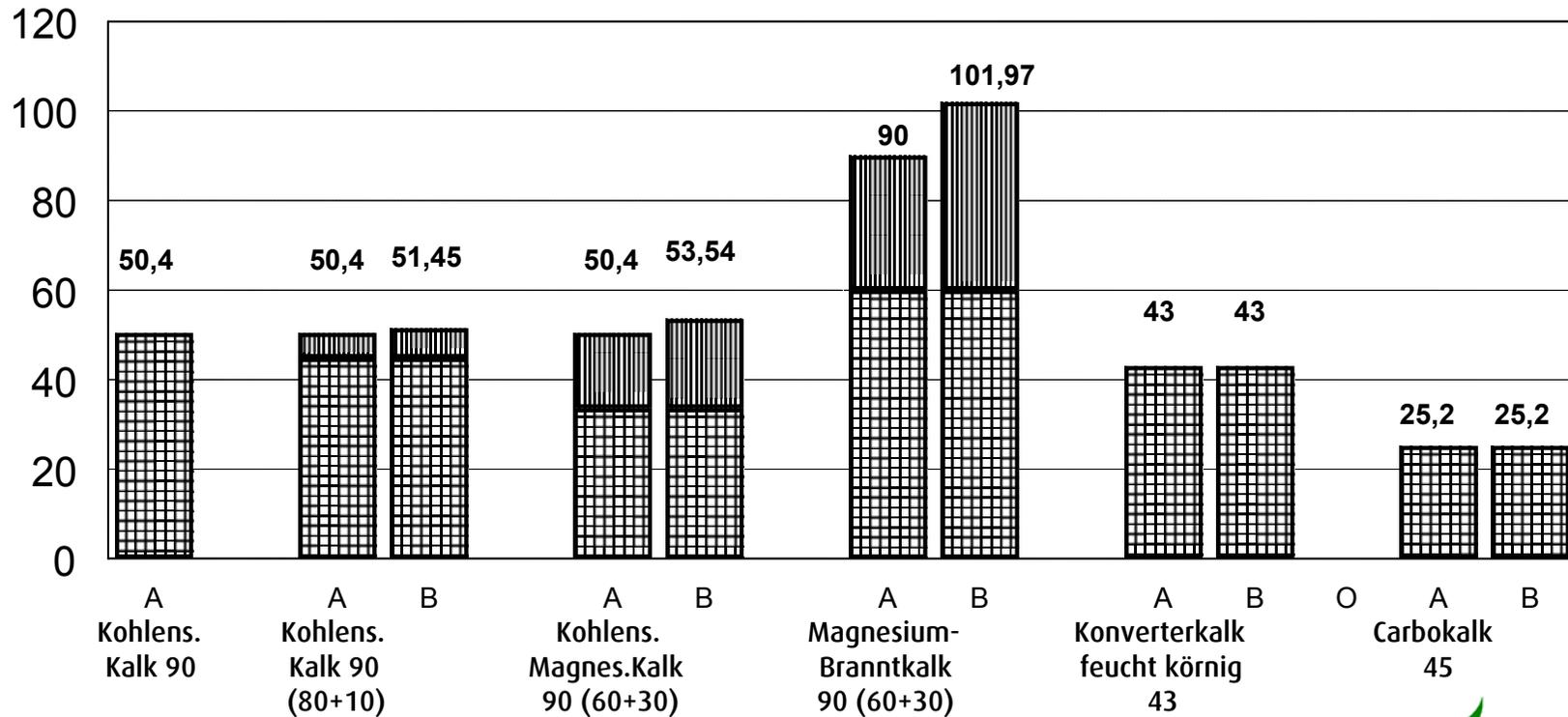
pH-Klasse / Kalkversorgung	Beschreibung von Zustand und Maßnahme	Düngebedarf
A sehr niedrig	Zustand: Erhebliche Beeinträchtigung von Bodenstruktur und Nährstoffverfügbarkeit, sehr hoher Kalkbedarf, signifikante Ertragsverluste bei fast allen Kulturen bis hin zum gänzlichen Ertragsausfall, stark erhöhte Pflanzenverfügbarkeit von Schwermetallen im Boden. Maßnahme: Kalkung hat weitgehend unabhängig von der anzubauenden Kultur Vorrang vor anderen Düngungsmaßnahmen.	Gesundungskalkung
B niedrig	Zustand: Noch keine optimalen Bedingungen für Bodenstruktur und Nährstoffverfügbarkeit, hoher Kalkbedarf, meist noch signifikante Ertragsverluste bei kalkanspruchsvollen Kulturen, erhöhte Pflanzenverfügbarkeit von Schwermetallen im Boden. Maßnahme: Kalkung erfolgt innerhalb der Fruchtfolge bevorzugt zu kalkanspruchsvollen Kulturen.	Aufkalkung
C anzustreben optimal	Zustand: Optimale Bedingungen für Bodenstruktur und Nährstoffverfügbarkeit gegeben, geringer Kalkbedarf, kaum bzw. keine Mehrerträge durch Kalkdüngung. Maßnahme: Kalkung innerhalb der Fruchtfolge zu kalkanspruchsvollen Kulturen.	Erhaltungskalkung
D hoch	Zustand: Kalkversorgung ist höher als anzustreben, kein Kalkbedarf. Maßnahme: Unterlassung einer Kalkung.	keine Kalkung
E sehr hoch	Zustand: Die Bodenreaktion ist wesentlich höher als angestrebt und kann die Nährstoffverfügbarkeit sowie den Pflanzenertrag und die Qualität negativ beeinflussen. Maßnahme: Unterlassung jeglicher Kalkung, Einsatz von Düngemitteln, die in Folge physiologischer bzw. chemischer Reaktion im Boden versauernd wirken.	keine Kalkung: und keine Anwendung physiologisch bzw. chemisch alkalisch wirkender Düngemittel



Basische Wirkung von Kalkdüngern

Bewertung des Ca- und Mg-Anteils
nach Düngemittelrecht und Neutralisationswert

% CaO-Äquivalente - deklarierte Gehaltslage und Neutralisationswert



DHG-301295
Neutralisationswert

CaO MgO

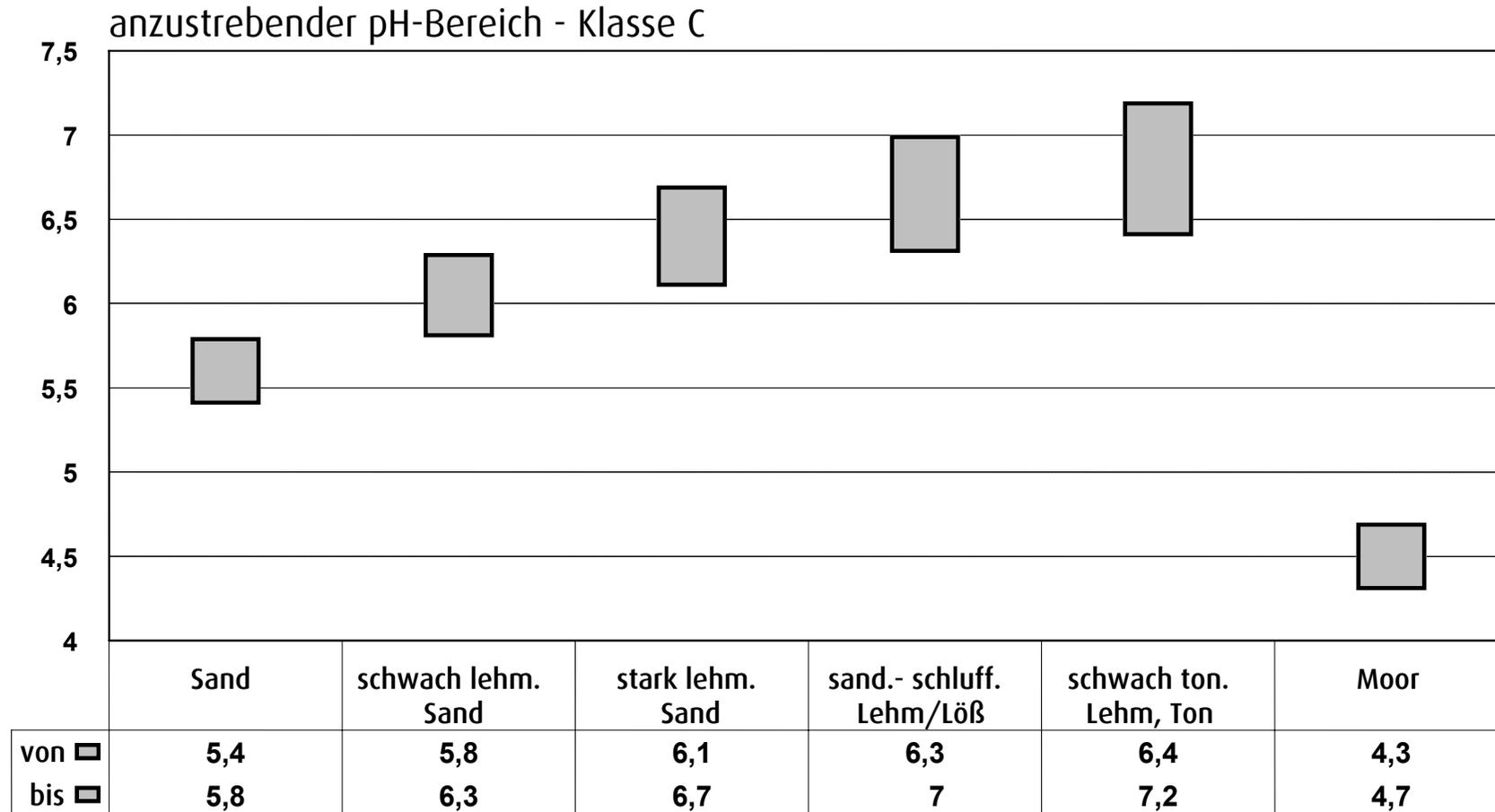
Bewertung nach
A: Gehaltslage B: NW



Aufkalkung der Bodenarten

anzustrebende pH-Bereiche der Klasse C auf Ackerland < 4% Humus

Quelle: VDLUFA-Standpunkt Kalk, DHG



DHG-230999
Standpunkt Kalk

Bodenart

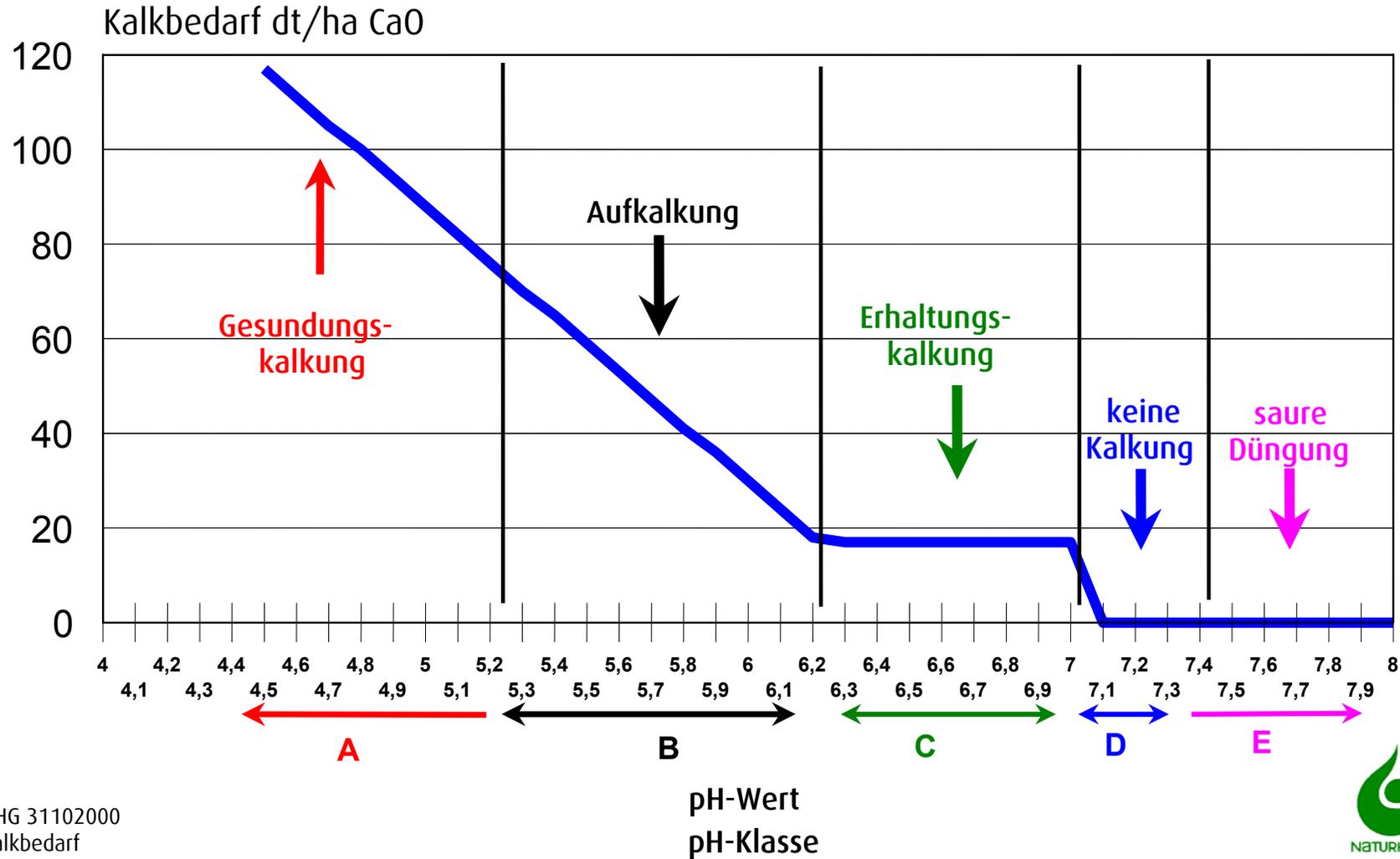


Aufkalkung der Bodenarten

Kalkbedarf auf Ackerland

Sandiger bis schluffiger Lehm 18-25 % Ton

Quelle: VDLUFA-Standpunkt Kalk, Düngekalk-Hauptgemeinschaft



Unvermeidbare Kalkverluste

durch Neutralisation und Auswaschung

62

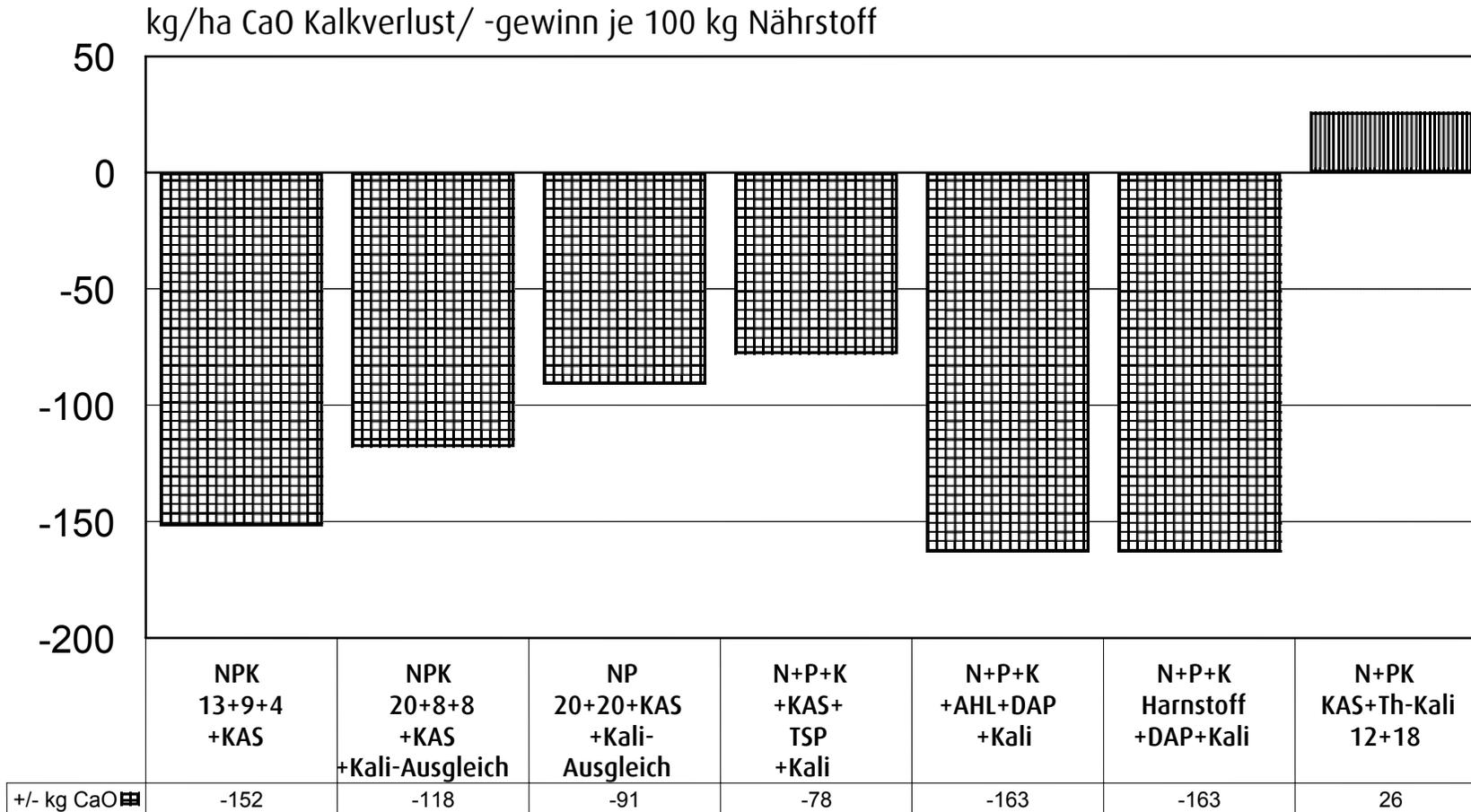
in Abhängigkeit von Bodennutzung und Niederschlagsmenge in kg/haCaO*^a

Bodenarten- gruppe (Symbol)	Nutzungs- form	Niederschläge		
		niedrig (< 600 mm)	mittel (600-750 mm)	hoch (> 750 mm)
leicht (S, l's)	Acker	300	400	500
	Grünland	150	250	350
mittel (sl bis t`L)	Acker	400	500	600
	Grünland	200	300	400
schwer (tL, T)	Acker	500	600	700
	Grünland	250	350	450

Saure Düngung kostet Kalk

Jährlicher Kalkverlust bzw. -gewinn durch Düngung in einer Fruchtfolge

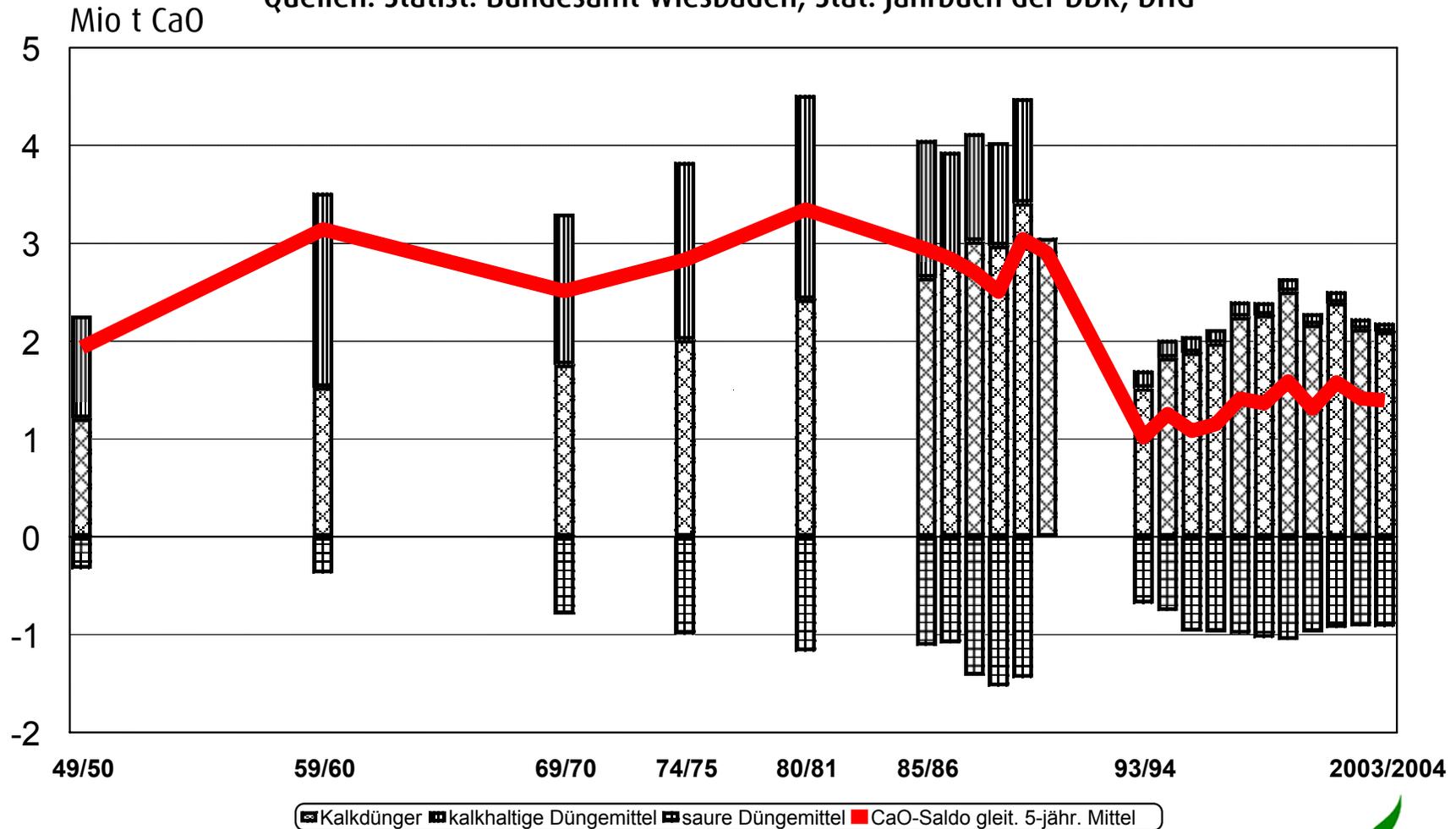
Z-Rüben-Getreide-Getreide - n. BASF
 140 kg/ha N, 50 kg/ha P205, 90 kg/ha K20



Versorgung der Landwirtschaft mit basisch wirksamem CaO

aus Kalkdüngern und N-, P-, K - Düngemitteln

Quellen: Statist. Bundesamt Wiesbaden, Stat. Jahrbuch der DDR, DHG

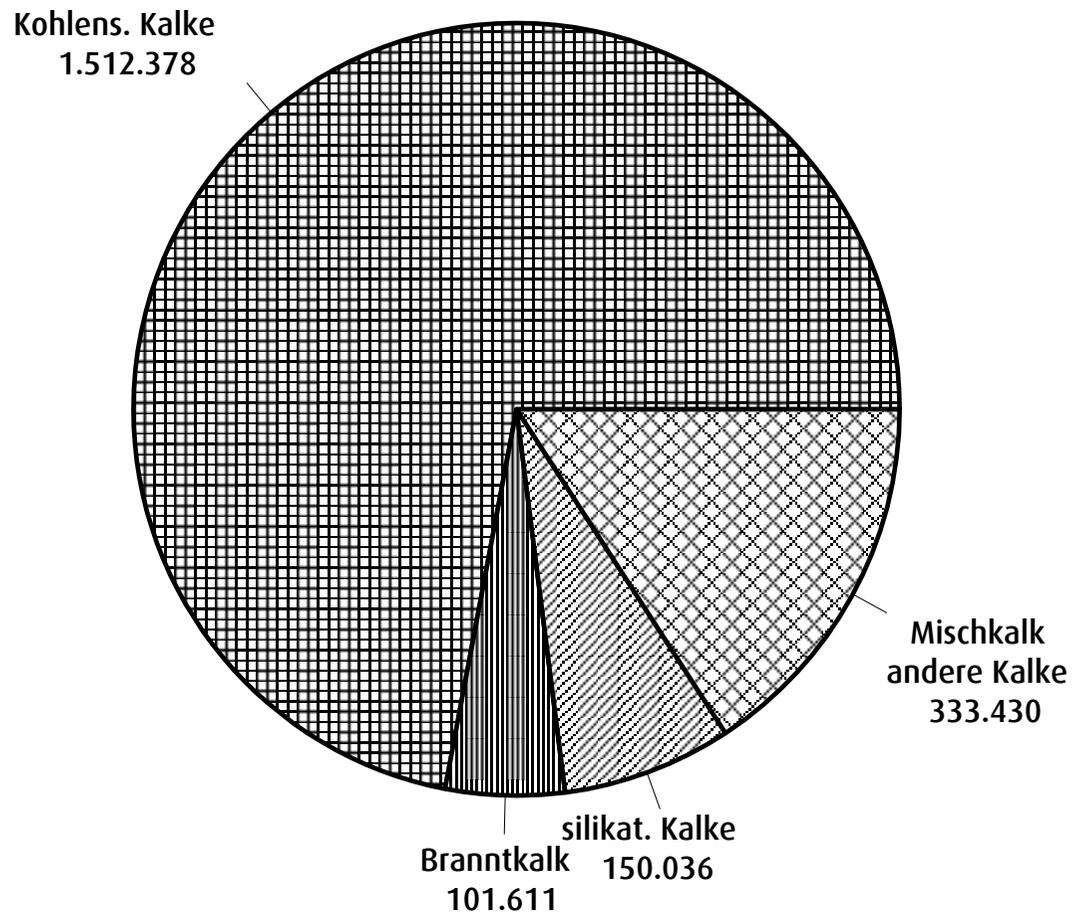


Düngekalkverbrauch in Deutschland

Marktbedeutung der Typen in t CaO

Düngejahr 2003/2004

Quelle: Statist. Bundesamt

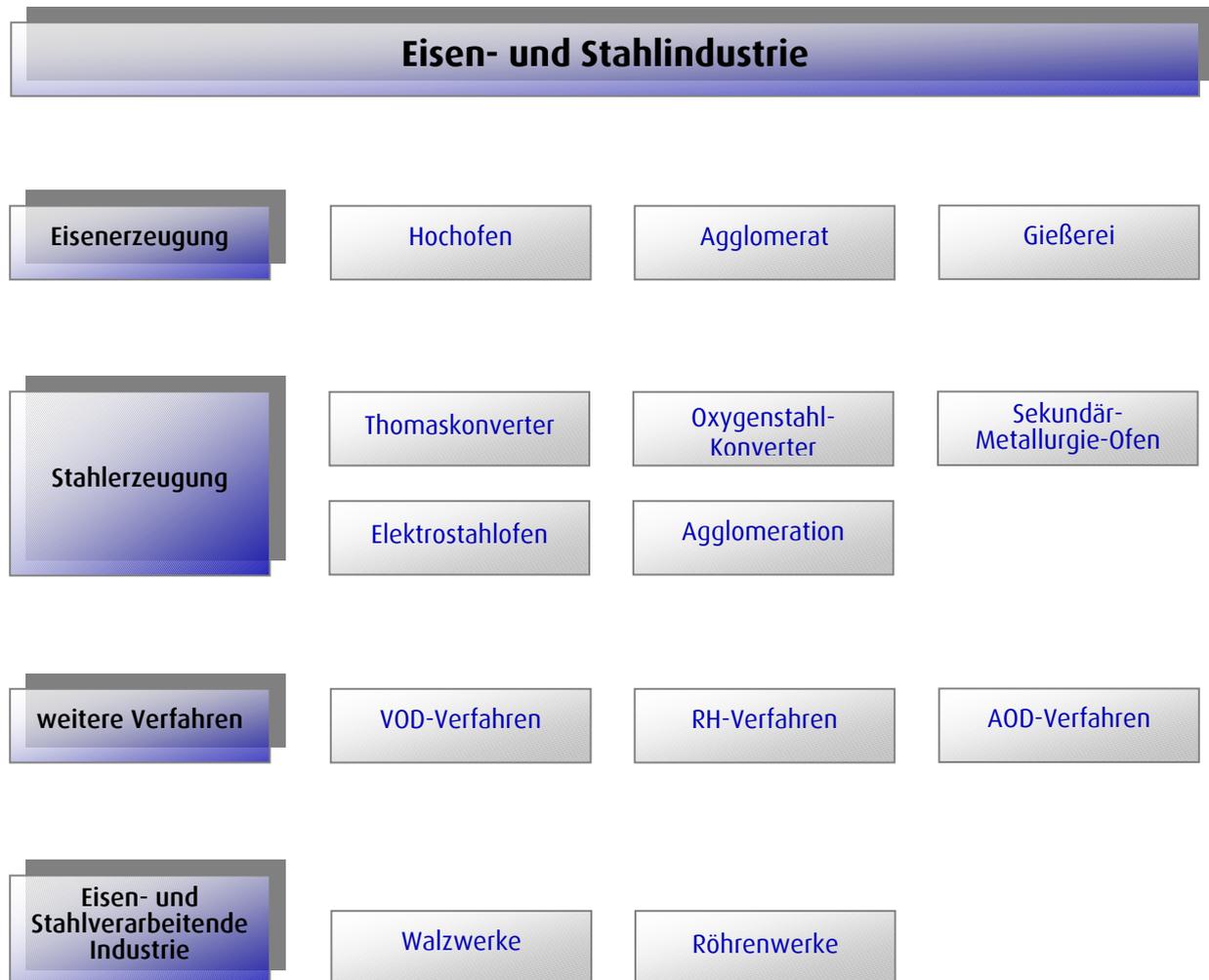


DHG09122004
Sorten



B 10 Roheisen- und Rohstahlgewinnung

Verwendung von ungebrannten und gebrannten Kalk- und Dolomitprodukten



Roheisen (Hochofenprozess)	Einsatz (Möller): Stückiges Eisenerz, Feinerzpellets, Koks, Kalkstein und/oder Sinter. Herstellung des Sinters durch Erhitzen von Feinerzen und Erzkonzentraten, Kalkstein, Dolomit, Kreislaufstoffen, Koksgruß und Feinkohle und teilweise Feinkalk (zur Leistungssteigerung) auf Sinterbändern. Im Hochofen entsteht durch die teilweise Verbrennung des Kokses Kohlenmonoxid, das das Eisenerz reduziert. Bei den hohen Temperaturen schmelzen Eisen und Verunreinigungen (Gangart), wobei der Kalk die Verunreinigungen in leicht schmelzbare Schlacke umwandelt, die sich vom Eisen trennt und einen Teil des Schwefels bindet. Zusätzlich kann das Roheisen bei Bedarf mit Calciumcarbid oder speziellen Feinkalken unter reduzierenden Bedingungen weiter entschwefelt werden. Kalk-Kieselsäure-Verhältnis (Basizität) bei Stahleisenschlacken ca. 1,3.
Erzeugnisse:	Stahleisen, Gießereiroheisen, Spezialeisen.
Nebenerzeugnisse:	Hochofenschlacke, Gichtgas
Kalkstein- und Dolomitverbrauch:	Ca. 150 kg je 1 t Roheisen.

Primärverfahren

Oxygenstahlverfahren (Sauerstoffaufblasverfahren) für phosphorarmes Roheisen (Stahleisen) LD-Verfahren (Linz-Donawitz)	Einsatz: Flüssiges phosphorarmes Roheisen (Stahleisen), Kalk und Schrott. In einem zonenweise mit Dolomit-, Dolomit-Magnesitmisch- und Magnesitsteinen zugestellten Konverter wird durch eine von oben eingeführte wassergekühlte Lanze technisch reiner Sauerstoff auf das Bad geblasen. Der zur Schlackenbildung benötigte Kalk wird als Stückkalk während des Frischprozesses zugegeben. Zeitweise wird mit Inertgas durch den Boden gespült, um die Reaktionsabläufe zu verbessern.
---	---

Kalk- und Dolomitverbrauch: 35-50 kg gebrannter Kalk (Stahlwerkalk, Weichbranntqualität) je t Rohstahl, 3-7 kg Dolomitkalk je t Rohstahl.

Elektrostahl-Verfahren	Einsatz: Ausgewählter Schrott, festes oder flüssiges Roheisen, reine Metalle oder Ferrolegierungen, Stahlwerkalk.
-------------------------------	--

Kalk- und Dolomitverbrauch: 35-45 kg Stahlwerkalk, 10-30 kg Dolomitkalk je t Rohstahl.

Sekundärmetallurgieverfahren

Pfannenofen	Einsatz: Flüssiger Rohstahl, reine Metalle oder Ferrolegierungen, Stahlwerkalk. In einer zonenweise mit Dolomit-, Dolomit-Magnesitmisch- und Magnesitsteinen zugestellten Pfanne wird durch hohe Temperaturen und reduzierende Bedingungen eine weitere Entschwefelung bewirkt. Gegebenenfalls wird legiert.
-------------	--



Kalk- und Dolomitverbrauch:	Ca. 5 – 10 kg/t Stahlwerkskalk, Dolomitkalk bei Bedarf.
Weitere Verfahren	Bei notwendiger weiterer Behandlung hinsichtlich der Einstellung der Stahlqualitäten müssen weitere Verfahren angewandt werden.
VOD-Verfahren (Vakuum-Oxygen-Decarbonization Process)	<p>Einsatz: Für rostfreie Edelstähle: flüssiger Rohstahl, Sauerstoff, Inertgas, Stahlwerkskalk.</p> <p>Das Frischen und Feinen erfolgt in einer Vakuum-Frischpfanne durch eine Toplanze bei Drücken bis zu 40 HPa. Gleichzeitig wird durch einen Spülstein im Boden mit Inertgas gespült. Durch das Vakuum wird die Druckabhängigkeit des Chrom-Kohlenstoff-Gleichgewichtes konsequent genutzt und damit ein hohes Chromausbringen erzielt.</p>
Kalk- und Dolomitverbrauch:	Ca. 30 kg gebrannter Kalk (Stahlwerkskalk) je t Rohstahl, ca. 10 – 30 kg Dolomitkalk je t Rohstahl.
RH-Verfahren (Vakuum-Umlauf-Entgasung)	<p>Einsatz: Flüssiger Rohstahl, reine Metalle oder Ferrolegierungen, Stahlwerkskalk.</p> <p>Ein in die mit Rohstahl gefüllte Pfanne eingeführtes Vakuumgefäß hat zwei Rohrstutzen. Nach dem Einführen der Stutzen in das Bad wird das Vakuumgefäß evakuiert und der Stahl steigt bis zu einer gewissen Höhe in dem Gefäß hoch. Durch das Einleiten eines inerten Fördergases in den Ansaugstutzen wird durch das Aufsteigen und die Volumenzunahme der Stahl in dem Ansaugstutzen hochgefördert.</p>
Kalk- und Dolomitverbrauch:	Ca. 5 – 10 kg Stahlwerkskalk je t Rohstahl, Dolomitkalk bei Bedarf.
AOD-Verfahren (Argon-Oxygen-Decarbonization Process)	<p>Einsatz: Flüssiger Rohstahl, Sauerstoff, Inert-Gas, Stahlwerkskalk.</p> <p>Das Frischen, Reduzieren und Entschwefeln erfolgt in einem Konverter, in den Argon und Sauerstoff durch Düsensteine in der Konverterseite eingeblasen werden. Die Argonspülung erniedrigt den O₂-Partialdruck in der Schmelze und verringert die Oxidation des Chroms. Zunehmend wird auch über eine Toplanze gefrischt.</p>
Kalk- und Dolomitverbrauch:	Ca. 50 – 70 kg gebrannter Kalk (Stahlwerkskalk) je t Rohstahl, ca. 15 – 30 kg Dolomitkalk je t Rohstahl.



C Glossar, Literatur und allgemeine Information

C 1 Abkürzungen (national und international)

ADR	Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route <i>Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße</i>
ADSP	Allgemeine Deutsche Spediteurbedingungen <i>General Terms of German Forwarders</i>
ASTM	American Society for Testing and Materials
BAT	Best available techniques <i>Beste verfügbare Techniken (BVT)</i>
BATNEEC	Best Available Technique not entailing excessive costs
BKW	Behälterkraftwagen <i>Silo truck</i>
BPR	Bauprodukten-Richtlinie <i>Directive Relating to Construction Products (CPD)</i>
BREF	BAT Reference Document <i>BVT-Merkblatt</i>
CDM	Clean Development Mechanisms
CEN	Comité européen de normalisation <i>Europäischer Normungsausschuss</i>
CN	Combined Nomenclature <i>Kombinierte Nomenklatur (EU-Statistik)</i>
DIBt	Deutsches Institut für Bautechnik <i>German Institute for Construction Technology</i>
DIN	Deutsche Industrienorm <i>German Industrial Standard</i>
EMAS	Eco-Management and Audit Scheme
EN	Europäische Norm <i>European Standard</i>
EuLA	European Lime Association <i>Europäischer Kalkverband</i>



FFH	Flora, Fauna, Habitat(-Richtlinie) <i>Natural habitats, wild fauna and flora</i>
FGD	Flue gas desulphurisation <i>Rauchgasreinigung</i>
GGVS	Gefahrgutverordnung Straße <i>Directive on the road transport of hazardous substances</i>
ILA	International Lime Association <i>Internationaler Kalkverband</i>
IPPC	Integrated Pollution Prevention and Control <i>Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung</i>
ISO	International Standardisation Organisation <i>Internationaler Normungsausschuss</i>
IVU	Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung <i>Integrated Pollution Prevention and Control</i>
PrEN	Europäische Vornorm <i>European pre-standard</i>
QM	Qualitätsmanagement <i>Quality management</i>
RCL	Recycling
REA	Rauchgasentschwefelungsanlage <i>FGD plant</i>
SKW	Schwerlastkraftwagen <i>Heavy-duty truck</i>
T.V.A.	Taxe à la valeur ajoutée <i>Mehrwertsteuer</i>
UM	Umweltmanagementsystem <i>Environmental management system</i>
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung <i>Environmental impact assessment (EIA)</i>
VAT	Value added tax <i>Mehrwertsteuer</i>



C 2 Chemisch-physikalische Kennwerte

Calcium- und Magnesiumverbindungen, SI-Einheiten, Umrechnungen, Begriffe der Abwassertechnik – von verschiedenen Elementen

	Symbol	Ord- nungs- zahl ¹⁾	Atommasse, rel. ¹² C=12	Dichte ²⁾ g/cm ³	Schmelz- punkt °C	Brinell- härte	Wärmekapazität, spezifische 25 °C kJ/kg K
Aluminium	Al	13	26,982	2,702	660,37	16	0,9009
Antimon	Sb	51	121,75	6,68	630,74	30	0,2074
Barium	Ba	56	137,34	3,51	725	42	0,1927
Beryllium	Be	4	9,01	1,85	1280	60	1,8268
Blei	Pb	82	207,19	11,34	327,5	3	0,1592
Bor	B	5	10,81	2,34	2300	—	1,0266
Calcium	Ca	20	40,08	1,54	839	13	0,6536
Chlor	Cl	17	35,45	3,214 ^{6) 7)}	-101	—	0,4777(Cl ₂)
Chrom	Cr	24	51,996	7,21 ⁴⁾	1857	70	0,4483
Eisen	Fe	26	55,85	7,86,	1535	45	0,4451
Fluor	F	9	18,998	1,696 ^{7) 6)}	-219,62	—	0,8254 (F ₂)
Gold	Au	79	196,967	19,32	1064,43	18,5	0,1291
Jod	J	53	126,90	4,93	114	—	0,4274 (J ₂)
Kalium	K	19	39,10	0,86	63,65	0,07	0,7542
Kobalt	Co	27	58,93	8,90	1495	125	0,4567
Kohlenstoff	C	6	12,0	1,95 ⁸⁾	3550 ⁹⁾	—	0,7123 ³⁾
Kupfer	Cu	29	63,546	8,92	1083,4	50	0,3855
Magnesium	Mg	12	24,312	1,74	6488	25	1,0182
Mangan	Mn	25	54,938	7,20	1244	—	0,4777
Molybdän	Mo	42	95,94	10,21	2617	160	0,2510
Natrium	Na	11	22,99	0,971	97,81	0,07	1,2277
Nickel	Ni	28	58,71	8,90	1453	70	0,4441
Phosphor	P	15	30,97	1,82 ⁵⁾	44,1	—	0,7584
Platin	Pt	78	195,09	21,45	1772	55	0,1328
Quecksilber	Hg	80	200,59	13,545	-38,87	—	0,1387
Sauerstoff	O	8	15,999	1,429 ^{6) 7)}	-218,4	—	0,9176(O ₂)
Schwefel	S	16	32,06	2,07	112,8	—	0,7333
Silber	Ag	47	107,87	10,5	961,93	20	0,2372
Silicium	Si	14	28,086	2,33	1410	—	0,7039
Stickstoff	N	7	14,01	1,251 ⁷⁾	-209,9	—	1,0433 (N ₂)
Titan	Ti	22	47,90	4,50	1660	160	0,5238
Uran	U	92	238,03	18,95	1132	(470)	0,1156
Wasserstoff	H	1	1,008	0,0899 ⁷⁾	-259,14	—	14,2879 (H ₂)
Wismut	Bi	83	208,98	9,80	271,3	9	0,1240
Wolfram	W	74	183,85	19,32	3410	250	0,1328
Zink	Zn	30	65,38	7,14	419,58	35	0,3888
Zinn	Sn	50	118,69	5,75 ¹⁰⁾	231,88	4	0,2221

¹⁾ Platznummer im period. System der Elemente ²⁾ bei 20 °C ³⁾ Graphit ⁴⁾ bei 25 °C

⁵⁾ Für die weiße Modifikation ⁶⁾ bei 0 °C und 1013 mbar ⁷⁾ g/dm³ ⁸⁾ amorph. Mittelwert ⁹⁾ Diamant

¹⁰⁾ graue Modifikation (α)



Calcium- und Magnesiumverbindungen

Lfd. Nr.	Formel	Chemische Bezeichnung	Handelsübliche Bezeichnung des technischen Produktes ¹⁾	Mineralogische Bezeichnung
1.	Ca	Calcium	Calciummetall	—
2.	CaC ₂	Calciumcarbid	Karbid	—
3.	CaCO ₃	Calciumcarbonat	Kohlensaurer Kalk, Kalkspat, Marmor, Kalkstein, Kreide, Kalkmergel	Calcit, Aragonit, Marmor, Kalkstein, Kreide
4.	Ca(HCO ₃) ₂	Calciumhydrogen-carbonat	—	—
5.	CaCl ₂ ·6 H ₂ O	Calciumchloridhydrat	Chlorcalcium	—
6.	CaF ₂	Calciumfluorid	Fluorcalcium	Fluorit
7.	CaO	Calciumoxid	Kalk, Branntkalk	—
8.	Ca(OH) ₂	Calciumhydroxid	Kalkhydrat, Löschkalk	—
9.	CaO·Al ₂ O ₃	Mono-Calcium-Aluminat		—
10.	3 CaO·Al ₂ O ₃	Tri-Calcium-Aluminat		—
11.	12CaO·7 Al ₂ O ₃	früher: Penta-Calcium-Tri-Aluminat		Büssemit
12.	CaO·Al ₂ O ₃ ·2 SiO ₂	Calcium-Aluminat-Di-Silikat		Anorthit
13.	2 CaO·Al ₂ O ₃ SiO ₂	Di-Calcium-Aluminat-Silikat		Gehlenit
14.	4 CaO·Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	Tetra-Calcium-Aluminat-Ferrit		Celit, Brownmillerit
15.	CaO·SiO ₂	Mono-Calcium-Silikat		Wollastonit
16.	α-2 CaO·SiO ₂	α-Di-Calcium-Silikat		Belit
17.	β-2 CaO·SiO ₂	β-Di-Calcium-Silikat		Felit
18.	3 CaO·SiO ₂	Tri-Calcium-Silikat		Alit
19.	CaSi ₂	Calciumsilizid		—
20.	Ca(NO ₃) ₂ ·4 H ₂ O	Calciumnitrat	salpeters. Kalk, Kalksalpeter	—
21.	CaOCl ₂	Calciumoxichlorid	Chlorkalk	—



Molekülmasse, rel. (A_r = Atommasse, rel.) ²⁾	Dichte g/cm ³	Schmelz- punkt °C	Wasserlöslichkeit g/Liter	Chemische Zusammensetzung					Lfd. Nr.
				% CaO	% MgO	% CO ₂	% H ₂ O	Sonstige Verbindungen	
A _r 40,08	1,54	839	→ H ₂ + Ca(OH) ₂	100 Ca	—	—	—	—	1.
64,08	2,22	2300	→ C ₂ H ₂ + Ca(OH) ₂	63 Ca	—	—	—	37 C	2.
100,08	2,71		0,01425	56	—	44	—	—	3.
	2,93		0,015325						
162,09	—	—	1,100 ⁴⁾⁵⁾	35	—	54	21	—	4.
219,08	1,71	29,92	536 ⁴⁾	18 Ca	—	—	50	32 Cl	5.
78,08	3,16	1403	0,037	51 Ca	—	—	—	49 F	6.
56,08	3,35	2580	1,33 ³⁾	100	—	—	—	—	7.
74,09	2,24	—	1,76 ³⁾	76	—	—	24	—	8.
158,04	2,98	1600	—	35	—	—	—	65 Al ₂ O ₃	9.
270,20	3,04	1535	—	62	—	—	—	38 Al ₂ O ₃	10.
1386,69	2,83	1455	—	49	—	—	—	51 Al ₂ O ₃	11.
278,21	2,76	1550	—	20	—	—	—	37 Al ₂ O ₃ 43 SiO ₂	12.
274,20	3,04	1590	—	41	—	—	—	37 Al ₂ O ₃ 22 SiO ₂	13.
485,98	3,77	1415	—	46	—	—	—	21 Al ₂ O ₃ 33 Fe ₂ O ₃	14.
116,16	2,92	1540	unlöslich	48	—	—	—	52 SiO ₂	15.
172,24	3,27	2130	—	65	—	—	—	35 SiO ₂	16.
172,24	3,28	—	—	65	—	—	—	35 SiO ₂	17.
228,32	3,25	—	—	74	—	—	—	26 SiO ₂	18.
96,25	—	—	theoretisch: 41,6 Ca handelsüblich: 30 Ca	—	—	—	—	58,4 Si 60 Si	19.
236,15	1,82	42,5	502	24	—	—	31	45 N ₂ O ₅	20.
126,98	—	—	—	44	—	—	—	56 Cl	21.



Calcium- und Magnesiumverbindungen

Lfd. Nr.	Formel	Chemische Bezeichnung	Handelsübliche Bezeichnung des technischen Produktes)	Mineralogische Bezeichnung
22.	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	Tri-Calciumphosphat	phosphorsaurer Kalk	Whitlockit
23.	CaS	Calciumsulfid	Schwefelcalcium, Grünkalk	Oldhamit
24.	CaSO_4	Calciumsulfat	Anhydrit, wasserfreier Gips	Anhydrit
25.	$\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$	Calciumsulfathalhydrat	Stuckgips, Putzgips	Bassanit
26.	$\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	Calciumsulfatdihydrat	Gips, schwefelsaurer Kalk	Gips
27.	$\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$	Calcium-Magnesium-Carbonat	Dolomitstein	Dolomit
28.	$\text{CaCO}_3 + \text{MgO}$	Calciumcarbonat-Magnesiumoxid	halbsaurer Dolomit	—
29.	$\text{CaO} + \text{MgO}$	Calcium-Magnesiumoxid	Dolomitkalk, Graukalk, Magnesiabranntkalk, Sinterdolomit	—
30.	$\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Mg}(\text{OH})_2$	Calcium-Magnesium-Hydroxid	Dolomithydrat, Magnesia-Löschkalk	—
31.	$2 \text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2 \text{SiO}_2$	Di-Calcium-Magnesium Di-Silikat		Åkermanit
32.	Mg	Magnesium	Magnesium	—
33.	MgCO_3	Magnesiumcarbonat	Magnesit, kohlen saure Magnesia	Magnesit, Bitterspat
34.	$3 \text{MgCO}_3 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$	Magnesiumcarbonat (basisch)	Magnesia alba	Artinit
35.	$\text{MgCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	Magnesiumchlorid-hexa-Hydrat	Chlormagnesium	Bischofit
36.	MgO	Magnesiumoxid	Magnesia usta, Bittererde, Talkerde	Periklas
37.	$\text{Mg}(\text{OH})_2$	Magnesiumhydroxid	Magnesiahydrat	Brucit
38.	$\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$	Mono-Magnesium-Silikat		Enstatit
39.	$2 \text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$	Di-Magnesium-Silikat		Forsterit
40.	MgSO_4	Magnesiumsulfat	schwefels. Magnesia	—
41.	$\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Magnesiumsulfat-Hydrat	Kieserit	Kieserit
42.	$\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	Magnesiumsulfat-hepta-Hydrat	Bittersalz	Bittersalz, Epsonit

¹⁾ Die **technischen Produkte** erhalten in handelsüblicher Qualität außer den angegebenen Bestandteilen noch Nebenbestandteile, die z. T. wirksam, z. T. Ballast sind.

²⁾ Die relativen Molmassen (M_r) errechnen sich als Summe der relativen Atommassen (A_r) entsprechend der chem. Formel. Die relative Molmasse einer Verbindung in g entspricht 1 mol.



Molekülmasse, rel. ($A_r =$ Atommasse, rel.) ²⁾	Dichte g/cm ³	Schmelz- punkt °C	Wasser- löslichkeit g/Liter	Chemische Zusammensetzung					Lfd. Nr.
				% CaO	% MgO	% CO ₂	% H ₂ O	Sonstige Verbindungen	
310,18	3,14	1670	0,02	54	—	—	—	46 P ₂ O ₅	22.
72,14	2,25	—	0,150 ³⁾	56 Ca	—	—	—	44 S	23.
136,14	2,97	1450	CaSO ₄ 2 H ₂ O	41	—	—	—	59 SO ₃	24.
145,14	2,45	—	0,885 ⁴⁾	39	—	—	6	55 SO ₃	25.
172,17	2,32	1450	1,900 ³⁾	32	—	—	21	47 SO ₃	26.
184,39	2,872	—	—	30 ⁶⁾	22 ⁶⁾	48 ⁶⁾	—	—	27.
140,39	—	—	—	40	29	31	—	—	28.
96,39	—	—	—	58	42	—	—	—	29.
132,42	—	—	—	42	31	—	27	—	30.
272,64	2,94	—	—	41	15	—	—	44 SiO ₂	31.
A_r 24,312	1,74	648,8	—	—	100 Mg	—	—	—	32.
84,31	2,96	—	0,0944	—	49	51	—	—	33.
365,30	2,02	—	0,2 ⁷⁾	—	44	36	20	—	34.
203,30	1,56	—	346	—	12 Mg	—	53	35 Cl	35.
40,31	3,58	2500	0,0084 ⁸⁾	—	100	—	—	—	36.
58,33	2,36	—	0,0009 ⁸⁾	—	69	—	31	—	37.
100,40	3,28	1524	—	—	40	—	—	60 SiO ₂	38.
140,71	3,21	1890	—	—	57	—	—	43 SiO ₂	39.
120,37	2,66	1120	s. MgSO ₄ 7 H ₂ O	—	34	—	—	66 SO ₃	40.
138,38	2,57	—	—	—	29	—	13	58 SO ₃	41.
246,48	1,69	—	236 ³⁾	—	16	—	51	33 SO ₃	42.

³⁾ bei 10°C

⁴⁾ bei 20°C

⁵⁾ mit CO₂-gesättigtem Wasser

⁶⁾ entspricht 54,27 % CaCO₃ und 45,73 % MgCO₃

⁷⁾ bei 15 °C

⁸⁾ bei 18 °C



Angaben zur chemischen Analyse

Bezeichnung Formel	Chemische Bezeichnung	Dichte g/cm ³	Molekülmasse, relative
Glühverlust	Glühverlust (H ₂ O + CO ₂ + org. Best.)	—	—
O ₂	Sauerstoff	1,4289 (kg/m ³)	32
N ₂	Stickstoff	1,2506 (kg/m ³)	28
H ₂	Wasserstoff	0,0899 (kg/m ³)	2
H ₂ O	Wasser	0,998	18
CO	Kohlenmonoxid	1,250 (kg/m ³)	28
CO ₂	Kohlendioxid	1,9768 (kg/m ³)	44
Unlös. Rückstand	HCl-Unlösliches	—	—
SiO ₂	Siliciumdioxid (Kieselsäure)	—	60
R ₂ O ₃	Sesquioxide (Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ + Mn ₃ O ₄ + TiO ₂)	—	—
Al ₂ O ₃	Aluminiumoxid (Tonerde)	3,97	102
Fe ₂ O ₃	Eisen-(III)-Oxid (Eisenoxid)	5,24	160
Mn ₃ O ₄	Mangan-(II, III)-Oxid	4,856	229
TiO ₂	Titan-(IV)-Oxid (Titandioxid)	4,26	80
P ₂ O ₅	Phosphor -(V)-Oxid	2,39	142
CaO	Calciumoxid (Kalk)	3,35	56
MgO	Magnesiumoxid (Magnesia)	3,58	40
S	Schwefel (Sulfidschwefel)	2,07	32
SO ₃	Schwefeltrioxid	1,97	80
Na ₂ O	Natriumoxid	2,27	62
K ₂ O	Kaliumoxid	2,32	94
CaCO ₃	Calciumcarbonat (Kohlensaurer Kalk)	2,71	100
CaSO ₄	Calciumsulfat (Anhydrit)	2,97	136
CaSO ₄ · ½ H ₂ O	Calciumsulfat (Halbhydrat)	2,45	145
CaSO ₄ · 2 H ₂ O	Calciumsulfat-Hydrat (Gips)	2,32	172
Ca(OH) ₂	Calciumhydroxid (Kalkhydrat)	2,24	74
MgCO ₃	Magnesiumcarbonat (kohlens. Magnesia)	2,958	84
Mg(OH) ₂	Magnesiumhydroxid (Magnesiahydrat)	2,36	58

Für den Analysengang von Baukalk und die chemische Analyse von Kalkerzeugnissen, für die nicht die Bestimmungen der Baukalknorm gelten, sind Richtlinien ausgearbeitet worden, die durch den Bundesverband der Deutschen Kalkindustrie e.V., Annastraße 67 - 71, 50968 Köln, bezogen werden können.



SI-Einheiten

SI-Basiseinheiten

Basisgröße	Kurzzeichen	Basiseinheit	Kurzzeichen
Länge	l	das Meter	m
Masse	m	das Kilogramm	kg
Zeit	t	die Sekunde	s
Elektr. Stromstärke	I	das Ampere	A
Temperatur	T	das Kelvin	K
Stoffmenge	n	das Mol	mol
Lichtstärke	I	die Candela	cd

Vorsatzzeichen

Vorsatz	Kurzzeichen	Bedeutung	Vorsatz	Kurzzeichen	Bedeutung
Deka	da	10^1	Dezi	d	10^{-1}
Hekto	h	10^2	Zenti	c	10^{-2}
Kilo	k	10^3	Milli	m	10^{-3}
Mega	M	10^6	Mikro	μ	10^{-6}
Giga	G	10^9	Nano	n	10^{-9}
Tera	T	10^{12}	Piko	p	10^{-12}
Peta	P	10^{15}	Femto	f	10^{-15}
Exa	E	10^{18}	Atto	a	10^{-18}

Umrechnung von Einheiten

Kraft

	N	kp	Mp	p	Dyn
N	1	0,102	$1,02 \cdot 10^{-4}$	102	10^5
kp	9,81	1	10^{-3}	10^3	$9,81 \cdot 10^5$
Mp	$9,81 \cdot 10^3$	10^3	1	10^6	$9,81 \cdot 10^8$
p	$9,81 \cdot 10^{-3}$	10^{-3}	10^{-6}	1	981
Dyn	10^{-5}	$1,02 \cdot 10^{-6}$	$1,02 \cdot 10^{-9}$	$1,02 \cdot 10^{-3}$	1

Arbeit, Energie

	J	Kpm	kWh	kcal	erg	eV
J	1	0,102	$2,78 \cdot 10^{-7}$	$2,39 \cdot 10^{-4}$	10^7	$6,24 \cdot 10^{18}$
Kpm	9,81	1	$2,72 \cdot 10^{-6}$	$2,34 \cdot 10^{-3}$	$9,81 \cdot 10^7$	$6,12 \cdot 10^{19}$
kWh	$3,6 \cdot 10^6$	$3,67 \cdot 10^5$	1	860	$3,6 \cdot 10^{13}$	$2,25 \cdot 10^{25}$
kcal	4187	427	$1,16 \cdot 10^{-3}$	1	$4,19 \cdot 10^{10}$	$2,61 \cdot 10^{22}$
erg	10^{-7}	$1,02 \cdot 10^8$	$2,78 \cdot 10^{-14}$	$2,39 \cdot 10^{-11}$	1	$6,24 \cdot 10^{11}$
eV	$1,6 \cdot 10^{-19}$	$1,63 \cdot 10^{-20}$	$4,45 \cdot 10^{-26}$	$3,83 \cdot 10^{-23}$	$1,6 \cdot 10^{-12}$	1



Leistung

	W	KW	kpm s ⁻¹	PS	cal s ⁻¹	kcal h ⁻¹
W	1	10 ⁻³	0,102	1,36 · 10 ⁻³	0,239	0,86
kW	10 ³	1	102	1,36	239	860
kpm s ⁻¹	9,81	9,81 · 10 ⁻³	1	1,33 · 10 ⁻²	2,34	8,43
PS	735,5	0,7355	75	1	175,7	632
cal s ⁻¹	4,187	4,19 · 10 ⁻³	0,427	5,69 · 10 ⁻³	1	3,6
kcal h ⁻¹	1,16	1,16 · 10 ⁻³	0,119	1,58 · 10 ⁻³	0,278	1

Druck

	Pa = N m ⁻²	at = kp cm ⁻²	atm (760 Torr)	bar	Torr (mm Hg bei 20 °C)	mm WS = kp m ⁻²
Pa = N m ⁻²	1	1,02 · 10 ⁻⁵	9,87 · 10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	75 · 10 ⁻⁴	0,102
at = kp cm ⁻²	9,81 · 10 ⁴	1	0,968	0,981	736	10 ⁴
atm (760 Torr)	1,013 · 10 ⁵	1,033	1	1,013	760	1,033 · 10 ⁴
bar	10 ⁵	1,02	0,987	1	750	1,02 · 10 ⁴
Torr (mm Hg bei 20 °C)	133	1,36 · 10 ⁻³	1,32 · 10 ⁻³	1,33 · 10 ⁻³	1	13,6
mm WS = kp m ⁻²	9,81	10 ⁻⁴	9,68 · 10 ⁻⁵	9,81 · 10 ⁻⁵	7,36 · 10 ⁻²	1

Tafel der wichtigsten Einheiten (SI-Einheiten, gesetzliche Einheiten)

Größe	Formel- zeichen	Einheit, Kurzzeichen, Beziehung
Länge	l,s,r,h	Meter, m Ångström, 1 Å = 10 ⁻¹⁰ m
Fläche	A	m ² Ar, 1 a = 100 m ² Hektar, 1 ha = 100 a = 10 ⁴ m ²
Volumen	V	m ³ , Liter, 1 l = 10 ⁻³ · m ³ = 1 dm ³
Volumenfluss	V	m ³ · s ⁻¹ , l · s ⁻¹
Winkel	α, β, γ,	Radian, rad = m/m = 1 Grad, 1° = 1,745329 · 10 ⁻² rad Minute, 1' = 1°/60 Sekunde, 1'' = 1'/60
Raumwinkel	ω	Steradian, sr = m ² /m ² = 1



Größe	Formelzeichen	Einheit, Kurzzeichen, Beziehung
Zeit	t	Sekunde, s Minute, 1 min = 60 s Stunde, 1 h = 60 min = 3600 s Tag, 1 d = 24 h = 1440 min = 86400 s
Frequenz	F	Hertz, 1 Hz = 1 s ⁻¹
Drehzahl	N	Umdrehung, 1 U/s = 1 s ⁻¹ 1 U/min = 1 min ⁻¹ , 1 U/h = 1 h ⁻¹
Kreisfrequenz	ω	s ⁻¹
Geschwindigkeit	V	m · s ⁻¹ , 1 km · h ⁻¹ = 1/3,6 m · s ⁻¹
Beschleunigung	A	m · s ⁻²
Winkelgeschwindigkeit	ω	rad · s ⁻¹
Winkelbeschleunigung	α	rad · s ⁻²
Masse	M	Kilogramm, kg Gramm, 1 g = 10 ⁻³ kg Tonne, 1 t = 10 ³ kg Karat, 1 kt = 0,2 g
Dichte	ρ	kg · m ⁻³ 1 kg · dm ⁻³ = 1 t · m ⁻³ = 10 ³ kg/m ³ = 1 g · cm ⁻³
Schüttdichte	ρ	kg · m ⁻³ (gemahlenes od. stückiges Gut in geschüttetem Zustand)
Kraft, Gewichtskraft	F G	Newton, 1 N = 1 kg · m · s ⁻² Kilopond, 1 Kp = 9,807 N Pond, 1 p = 9,807 mN Dyn, 1 dyn = 10 ⁻⁵ N
Drehmoment	M	Newtonmeter, 1 Nm = 1 kg · m ² · s ⁻² Kilopondmeter, 1 kpm = 9,807 Nm
Arbeit, Energie	W, E	Joule, 1 J = 1 Nm = 1 kg · m ² · s ⁻² = 1 W · s = 1 V · A · s Kilowattstunde, 1 kWh = 3,6 MJ Elektronenvolt, 1 eV = 1,602 · 10 ⁻¹⁹ J Kalorie, 1 cal = 4,1868 J
Leistung	P	Watt, W = J · s ⁻¹ = kg · m ² · s ⁻³ kpm · s ⁻¹ = 9,807 W Pferdestärke, 1 PS = 735,499 W
Druck	P	Pascal, 1 Pa = 1 N m ⁻² techn. Atmosphäre, 1 at = 9,80665 · 10 ⁴ Pa physik. Atmosphäre, 1 atm = 1,01325 · 10 ⁵ Pa = 760 Torr 1 Torr = 1333,223 Pa Bar, 1 bar = 10 ⁵ Pa Meter Wassersäule, 1 m WS = 0,1 at = 9,807 kPa Millimeter Wassersäule, 1mm WS = 10 ⁻⁴ at = 9,807 Pa
Spannung mechanisch	σ	1 Pa = 1 N · m ⁻² = 1 kg · m ⁻¹ · s ⁻² 1 kp · mm ⁻² = 9,807 MPa
Elastizitäts-, Kompressions-, Schubmodul	E, K, G	1 kp · cm ⁻² = 98,0665 kPa



Größe	Formelzeichen	Einheit, Kurzzeichen, Beziehungen
Ausdehnungskoeffizient	α (Län.) γ (Vol.)	K^{-1}
Oberflächenspannung	σ	$1 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1} = 1 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-2}$
Viskosität, dynamische	η	Pascalsekunde, $1 \text{ Pa} \cdot \text{s} = 1 \text{ N} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-2} = 1 \text{ kg} \cdot (\text{m} \cdot \text{s})^{-1}$ Poise, $1 \text{ P} = 0,1 \text{ N} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-2}$ Zentipoise, $1 \text{ cP} = 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-2} = 1 \text{ mPa} \cdot \text{s}$
Viskosität, kinematische	ν	Stokes, $1 \text{ St} = 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ Zentistokes, $1 \text{ cSt} = 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1} = 1 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
Impuls, Kraftstoß	P	$1 \text{ N} \cdot \text{s} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
Drehimpuls	P	$1 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot \text{s} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
Massenträgheitsmoment	J	$\text{kg} \cdot \text{m}^2$
Flächenträgheitsmoment	I	m^4
Temperatur	T , t	Kelvin, K Grad Celsius, $^{\circ}\text{C}$ $t = T - T_0$ $T_0 = 273,15 \text{ K}$
Wärmemenge	Q	Joule, $1 \text{ J} = 1 \text{ W} \cdot \text{s} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ Kalorie, $1 \text{ cal} = 4,1868 \text{ J}$ Kilokalorie, $1 \text{ Kcal} = 4,1868 \text{ kJ}$
Wärmekapazität	C	$\text{J} \cdot \text{K}^{-1}$, $1 \text{ W} \cdot \text{s} \cdot \text{K}^{-1} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot \text{K}^{-1}$
Entropie	S	$1 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$
Wärmekapazität, spezifische	C	$1 \text{ J} (\text{kg} \cdot \text{K})^{-1} = 1 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
Wärmeübergangskoeffizient	α	$1 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
Wärmedurchgangskoeffizient	K	$1 \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = 4,1868 \cdot 10^4 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
Wärmeleitfähigkeit	λ	$1 \text{ W} (\text{m} \cdot \text{K})^{-1}$
Stromstärke, elektrische	I	Ampere, A, $1 \text{ A} = 1 \text{ C} \cdot \text{s}^{-1}$
Elektrizitätsmenge; elektr. Ladung	Q	Coulomb, $1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot \text{s} = 1 \text{ J} \cdot \text{V}^{-1}$
Spannung, elektr.	U	Volt, $1 \text{ V} = 1 \text{ W} \cdot \text{A}^{-1} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-1}$
Widerstand, elektr.	R	Ohm, $1 \Omega = 1 \text{ V} \cdot \text{A}^{-1} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-2}$
Leitwert, elektr.	G	Siemens, $1 \text{ S} = 1 \Omega^{-1} = 1 \text{ A} \cdot \text{V}^{-1} = 1 \text{ s}^3 \cdot \text{A}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$
Widerstand, spezifischer	ρ	$\Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-2}$



Größe	Formelzeichen	Einheit, Kurzzeichen, Beziehung
Kapazität	C	Farad, $1 \text{ F} = 1 \text{ C} \cdot \text{V}^{-1} = 1 \text{ A} \cdot \text{s} \cdot \text{V}^{-1} = 1 \text{ s}^4 \cdot \text{A}^2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$
Verschiebungsdichte	D	$1 \text{ C} \cdot \text{m}^{-2} = 1 \text{ A} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-2}$
Feldstärke, elektr.	E	$\text{V} \cdot \text{m}^{-1}$
Dielektrizitätskonstante	ϵ	$1 \text{ F} \cdot \text{m}^{-1} = 1 \text{ s}^4 \cdot \text{A}^2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-3}$
Feldstärke, magn.	H	$\text{A} \cdot \text{m}^{-1}$
Fluss, magn.	ϕ	Weber, $1 \text{ Wb} = 1 \text{ V} \cdot \text{s} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^{-1}$
Flussdichte elektrisch	D	= $\text{C} \cdot \text{m}^{-2}$
magnetisch	B	Tesla, $1 \text{ T} = 1 \text{ C} \cdot \text{m}^{-2} = 1 \text{ Wb} \cdot \text{m}^{-2} = 1 \text{ V} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-2}$
Induktivität	L	Henry, $1 \text{ H} = 1 \text{ Wb} \cdot \text{A}^{-1} = 1 \text{ V} \cdot \text{s} \cdot \text{A}^{-1}$
Permeabilität	μ	$1 \text{ H} \cdot \text{m}^{-1} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^{-2} = 1 \text{ Wb} \cdot \text{A}^{-1} \cdot \text{m}^{-1} =$ $1 \text{ V} \cdot \text{s} \cdot \text{A}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$
Schalldruck	P	$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$ $\mu\text{bar} = 0,1 \text{ Pa}$
Schallstärke	J	$1 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} = 1 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-3}$
Lichtstärke	I	Candela, cd
Leuchtdichte	L	$\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$
Lichtstrom	ϕ	Lumen, $1 \text{ lm} = 1 \text{ cd} \cdot \text{sr}$
Beleuchtungsstärke	E	Lux, $1 \text{ lx} = 1 \text{ lm} \cdot \text{m}^{-2} = 1 \text{ cd} \cdot \text{sr} \cdot \text{m}^{-2}$
Ionendosis	J	$\text{C} \cdot \text{kg}^{-1}$ Röntgen, $1 \text{ R} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ C} \cdot \text{kg}^{-1}$
Energiedosis, Äquivalentdosis	D, Dq	Gray, $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} = 1 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ Rad, $1 \text{ rd} = 10^{-2} \text{ Gy}$
Aktivität einer radioaktiven Substanz	A	Becquerel, $1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1}$
Stoffmenge	n (X)	Mol, mol
Molare Masse	M (X)	$\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$
Molares Volumen	V_m (X)	mol^{-1}
Molare Wärmekapazität	C_m	$1 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Molare Leitfähigkeit	Λ_c	$\Omega^{-1} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$
Brechkraft opt. Systeme		Dioptrie, $1 \text{ dpt} = 1 \text{ m}^{-1}$
Brennwert, spezifischer	H_0	$\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$



Begriffe und Zeichen der Abwassertechnik

Begriff	Zeichen/Einheit	Erklärung
Ablauf	A	
Belebungsbecken	BB	
Nachklärung	NK	
Zuflussmenge	m^3/d	Volumenstrom, der einer Verfahrensstufe zugeführt wird
Konzentration	mg/l	Masse eines Abwasserinhaltsstoffes je Volumeneinheit
Fracht	kg/d	Masse eines Abwasserinhaltsstoffes im Abwasservolumenstrom je Zeiteinheit Fracht = Konzentration \cdot Zuflussmenge
Trockensubstanzgehalt	TS, g/l	Masse der durch Filtration gewonnenen und bei 105 °C getrockn. Feststoffe pro Volumeneinheit
Aufenthaltszeit	$\text{h} (\text{m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{h})$	Theoretische Aufenthaltszeit des Abwassers in einer Verfahrensstufe $\text{Volumen}_{\text{Becken}} / \text{Zuflussmenge}$
Oberflächenbeschickung	$\text{m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{h})$	Beschickung pro m^2 Oberfläche (NK, Filter etc.) je Zeiteinheit $\text{Zuflussmenge} / \text{Oberfläche}$
Oberflächenbelastung	$\text{kg} / (\text{m}^2 \cdot \text{h})$	Masse pro m^2 Oberfläche (NKB, Filter etc.) je Zeiteinheit $(\text{Volumenstrom} \cdot \text{Trockensubstanzgehalt}) / \text{Oberfläche}$
Raumbelastung	$B_r, \text{kg} / (\text{m}^3 \cdot \text{d})$	Masse an BSB_5 , die täglich je m^3 BB zugeführt wird $(\text{Volumenstrom} \cdot \text{BSB}_5\text{-Konzentration}) / \text{Volumen}_{\text{BB}}$
Schlammbelastung	$B_{\text{TS}}, \text{kg} (\text{kg} \cdot \text{TS} \cdot \text{d})$	Masse an BSB_5 , die täglich je kg Belebtschlamm-TS zugeführt wird $\text{Raumbelastung} / \text{TS}_{\text{BB}}$
Rücklaufverhältnis	RV, 1 (m^3/m^3)	Verhältnis von Zuflussmenge zu Rücklaufschlammvolumenstrom
Überschussschlamm-anfall	ÜS, $\text{m}^3/\text{d}, \text{kg}/\text{d}$	Täglich abzuführender Belebtschlamm
Schlammalter	SA, d	Theoretische mittlere Lebensdauer einer Belebtschlamm-bakterie. $(\text{TS}_{\text{BB}} \cdot V_{\text{BB}}) / \text{ÜS}$
Organische Schlamm-trocken-substanz	oTS, g/l	Differenz zwischen TS und dem beim Glühen (550 °C) verbleibenden Rückstand
Schlammvolumen	SV, ml/l	Sedimentvolumen nach einer Absetzzeit von 30 min
Korrigiertes Schlammvolumen	kSV, ml/l	Sedimentvolumen einer so weit verdünnten Belebtschlammprobe, dass nach einer Absetzzeit von 30 min $\text{SV} = 150 - 250 \text{ ml}/\text{l}$ beträgt. $\text{KSV} = \text{SV} (1 + \text{Verdünnungsfaktor})$
Schlammindex	ISV, ml/g	Schlammvolumen, das von 1 g TS nach einer Absetzzeit von 30 min eingenommen wird. $\text{ISV} = \text{SV}/\text{TS}$



Einheiten und Maße der mörtel- und putztechnischen Untersuchungen

Begriff	Einheit
Temperatur	°C
Gewicht	mg, g, kg
Korngrößen	mm
Rohdichte	kg/m ³ oder kg/dm ³
Schüttdichte	kg/dm ³
Massenanteile	%
Wasseranspruch	Masse-%
Wasserrückhaltevermögen	Masse-%
Rückstand	Masse-%
Freies Wasser	Masse-%
Luftgehalt	Volumen-%
Erstarrungszeit	h
Verarbeitbarkeitszeit	h
Korrigierbarkeitszeit	min
Eindringmaß	mm
Druckfestigkeit	N/mm ²
Biegezugfestigkeit	N/mm ²
Haftzugfestigkeit	N/mm ²
Haftscherfestigkeit	N/mm ²
Querdehnungsmodul	N/mm ²
Längsdehnungsmodul	N/mm ²
Bruchlast	N
Lagerfläche	mm ²
Reaktionsfähigkeit	°C
Ergiebigkeit	dm ³ je 10 kg
Wärmeleitfähigkeit (Rechenwert)	λ_R in W/(m x K)
Wasseraufnahmekoeffizient	kg/(m ² h ^{0,5})



C 3 Kalklexikon und Kalkwörterbuch

Bezeichnung	Chemische Formel	Erklärung	Hauptverwendung
Abriebkalk, Absiebkalk		während des Brennvorganges abgeriebener Kalk	Düngemittel
Aragonit	CaCO ₃	seltener, rhombische Form des kristallisierten Calciumcarbonates	
Ätzkalk		umgangssprachliche Bezeichnung für Feinkalk	
Baukalk		Sammelbegriff für Bindemittel, die der Baukalknorm DIN 1060 entsprechen	Mörtelbindemittel Anstrichmittel
Brantkalk		Sammelbegriff für gebrannte Kalke und Dolomite	
Calcit	CaCO ₃	siehe Kalkspat	
Calcium	Ca	Erdalkalimetall	
Calciumchlorid	CaCl ₂	hygroskopisches Salz, setzt den Gefrierpunkt des Wassers herab	Trocknungsmittel Frostschutzmittel
Calciumhydrogen-carbonat	Ca(HCO ₃) ₂	aus Kohlensäurem Kalk durch Einwirkung kohlensäurehaltiger Wässer gebildetes wasserlösliches Salz	
Calciumhydroxid	Ca(OH) ₂	Hauptbestandteil des gelöschten Kalkes	
Calciumcarbid	CaC ₂	durch Zusammenschmelzen von Brantkalk und Kohle gewonnenes Ausgangsprodukt für Acetylen	Chemische und andere Industrien
Calciumcarbonat	CaCO ₃	Hauptbestandteil des Kalksteins	
Calciumoxid	CaO	Hauptbestandteil des Brantkalkes	
Carbidkalk	Ca(OH) ₂	bei der Acetylerzeugung anfallender gelöschter Kalk	Mörtelbindemittel
Chlorkalk	CaOCl ₂	durch Einleiten von Chlorgas in gelöschten Kalk gewonnenes weißes, stark riechendes Pulver	Bleichmittel, Desinfektionsmittel, Schädlings- bekämpfungsmittel
Dolomitkalk	CaO • MgO	aus Dolomitstein durch Brennen unterhalb der Sintergrenze hergestellter Luftkalk	Mörtelbindemittel, Chemische und andere Industrien, Düngemittel



Bezeichnung	Chemische Formel	Erklärung	Hauptverwendung
Dolomitstein	$\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$	kristallines Sedimentationsgestein mit dem Hauptbestandteil Calcium-Magnesiumcarbonat	Ausgangsstoff für basische feuerfeste Erzeugnisse, Industrie Eisen und Stahl, chemische u.a. Industrien, Baustoffindustrien, Bau-gewerbe, Landwirtschaft
Doppelspat	CaCO_3	klarer, durchsichtiger, rhomboedrischer Kalkspat mit starker Doppelbrechung	Optische Industrie
Doppelt kohlensaurer Kalk	$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	siehe Calciumhydrogencarbonat	
Düngekalk		Sammelbegriff für Erzeugnisse mit bestimmten CaO- und MgO-Gehalten sowie Mahlfineiten nach dem Düngekalkabkommen	Düngung, Konservierung, Seuchenschutz, Schädlingsbekämpfung
Feinkalk		gebrannter Kalk (Brantkalk) in fein gemahlener Form	
Fettkalk		landschaftlich gebundene Bezeichnung, unter der in manchen Gegenden Wasserkalk, in anderen Gegenden Weißkalk verstanden wird	
Futterkalk		gefällter oder fein gemahlener Kohlensaurer Kalk	
Gemahlener Stückkalk		umgangssprachliche Bezeichnung für Feinkalk	
Gesteinsstaub	CaCO_3	fein gemahlener Kalkstein (Kalksteinmehl zur Schlagwetterbekämpfung)	Steinkohlenbergbau
Graukalk		umgangssprachliche Bezeichnung für Dolomitkalk und auch für Wasserkalk	
Grieße		beim Sichten ausgeschiedene grobe Kornfraktion	
Halb entsäuerter Dolomit	$\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgO}$	nur im Magnesia-Anteil entsäuerter Dolomitstein	Bindemittel Wasseraufbereitung
Hoch-hydraulischer Kalk		hydraulisch erhärtender Kalk bestimmter Mindestfestigkeiten	Mörtelbindemittel



Bezeichnung	Chemische Formel	Erklärung	Hauptverwendung
Höchst-hydraulischer Kalk		umgangssprachliche Bezeichnung für Hochhydraulischer Kalk	
Hochofenschrotten		Kalkstein oder Dolomitstein in kleinstückiger Form für den Hochofeneinsatz	Industrie Eisen und Stahl
Hüttenkalk		Gemahlene Hochofenschlacke	Düngemittel
Hydrat		siehe Kalkhydrat	
Hydraulischer Kalk		hydraulisch erhärtender Kalk bestimmter Mindestfestigkeit	Mörtelbindemittel
Kalkammonsalpeter	$\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaCO}_3$	aus gemahlenem Kalkstein und Ammonnitrat hergestelltes Düngemittel	Düngemittel
Kalkbrei		siehe Kalkteig	
Kalkfarben		Farben auf der Basis von Kalkhydrat	Anstrichmittel
Kalkgrieße		siehe Grieße	
Kalkhydrat		fabrikmäßig zu sehr feinem Pulver trocken gelöschter Kalk	Chemische Industrie, Mörtelbindemittel, Wasserreinigung
Kalkkasein		wetterfeste Verbindung aus gelöschtem Kalk und Kasein	Anstrichmittel
Kalkleichtbeton		dampfgehärteter, kalkgebundener Porenbeton	Mauersteine, Wand- und Dachplatten
Kalkmergel		tonhaltiger Kalkstein; Kohlensaurer Kalk nach dem Düngekalkabkommen	hydraulisch erhärtende Bindemittel; Düngemittel
Kalkmilch		in Wasser aufgeschlämmter gelöschter Kalk	
Kalkmörtel		Gemenge aus Baukalk, Mörtelsand und Wasser	Mauerarbeiten Putzarbeiten
Kalksalpeter	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	im Wesentlichen aus gemahlenem Kalkstein und Salpetersäure hergestelltes Düngemittel	Düngemittel
Kalksandstein		aus quarzreichem Sand und abgelöschtem Kalk durch Pressdruck verformter und unter Dampfdruck gehärteter Mauerstein	Mauerwerk
Kalkspat	CaCO_3	rhomboedrisch kristallisierte Form des Calciumcarbonates, gesteinsbildend	Glasindustrie Edelputzindustrie



Bezeichnung	Chemische Formel	Erklärung	Hauptverwendung
Kalkstein	CaCO_3	Sedimentationsgestein mit dem Hauptbestandteil Calciumcarbonat in dicht und körnig kristalliner Form	Eisen- u. Stahllind., Chem. u.a. Industrien, Baustoffindustrie, Baugewerbe, Landwirtschaft
Kalkstickstoff	CaCN_2+C	durch Schmelzen eines Gemisches aus Calciumcyanamid und Kohlenstoff hergestelltes Düngemittel, mit Branntkalk vermahlen	Düngemittel
Kalkteig		mit Wasserüberschuss nass gelöscht und eingesumpfter Kalk	Mörtelbindemittel, Anstrichmittel
Kalktuff		siehe Travertin	
Kalkwasser		Gesättigte, klare wässrige Lösung von gelöschtem Kalk	
Kohlensaurer Kalk	CaCO_3	Düngekalk nach dem Düngekalkabkommen; siehe auch Calciumcarbonat	Düngemittel
Kreide	CaCO_3	erdige Form der Kalksteinablagerungen	Baustoffindustrie, Chem. und andere Industrien
Kristallkalk	CaO	Gebrochener Schmelzkalk	f. hochfeuerfeste Erzeugnisse
Löschkalk		Düngekalk nach dem Düngekalkabkommen, umgangssprachliche Baukalkbezeichnung für Kalkhydrat	Düngemittel
Luftkalk		durch Aufnahme von Kohlensäure aus der Luft erhärtender Baukalk	Baustoffindustrie, Mörtelbindemittel, Anstrichmittel
Magerkalk		Umgangssprachliche Bezeichnung für mageren Kalkteig	
Magnesia	MgO	siehe Magnesiumoxid	
Magnesitstein Rohmagnesit	MgCO_3	Gestein mit dem Hauptbestandteil Magnesiumcarbonat	Ausgangsstoffe für feuerfestes Material
Magnesium	Mg	Erdalkalimetall	Leichtmetall
Magnesium- Branntkalk Magnesium- Löschkalk Magnesium- Mergel		Düngemittel nach dem Düngekalkabkommen	Düngemittel
Magnesium-carbonat	MgCO_3	Hauptbestandteil des Magnesits	



Bezeichnung	Chemische Formel	Erklärung	Hauptverwendung
Magnesiumoxid	MgO	Hauptbestandteil des gebrannten Magnesits	basische feuerfeste Erzeugnisse, Steinholz
Marmor	CaCO ₃	Grobkörnig kristalline Form des Kalksteins	Werkstein, Baustoffindustrie
Marmorkalk		Umgangssprachliche Bezeichnung für Weißkalk	
Marmorzement		Irreführende Bezeichnung für Hartalabaster (alaunierter Gips)	
Massenkalk	CaCO ₃	dichter, kristalliner Kalkstein	siehe Kalkstein
Mauerkalk		Umgangssprachliche Bezeichnung f. Feinkalk oder Kalkhydrat	
Mergel		höher tonhaltiger Kalkstein	Zementherstellung
Mischkalk		Düngekalk nach dem Düngekalkabkommen. Gemahlener Branntkalk + Kalksteinmehl oder Kalkhydrat + Kalksteinmehl	Düngemittel
Muschelkalk	CaCO ₃	dichter Kalkstein mit Schalthierversteinerung	siehe Kalkstein
Putzkalk		umgangssprachliche Bezeichnung für Feinkalk oder Kalkhydrat	
Romankalk		durch frühzeitiges Erstarren gekennzeichnete Hochhydraulischer Kalk	Mörtelbindemittel
Sackkalk		umgangssprachliche Bezeichnung für die in Säcken gelieferten Baukalke und Düngekalke	
Schwarzkalk		landschaftlich gebundene Bezeichnung für Hydraulischen Kalk oder Hochhydraulischen Kalk	
Schmelzkalk	CaO	im elektr. Lichtbogenofen aus Branntkalk erschmolzenes CaO	Herstellung hochfeuerfester Erzeugnisse
Sichtkalk		umgangssprachliche Bezeichnung für gesichteten Kalk	
Sinterdolomit	CaO·MgO	gesinterter Dolomitstein	basische feuerfeste Erzeugnisse



Bezeichnung	Chemische Formel	Erklärung	Hauptverwendung
Sparkalk		umgangssprachliche Bezeichnung für mit Lehm gemagerten Baukalk	
Speckkalk		landschaftlich gebundene Bezeichnung für Kalkteig	
Spritzkalk		gelöschter Kalk aus Weißkalk oder Dolomitkalk	Schädlingsbekämpfung
Stahlwerkskalk		Stückkalk und Feinkalk zur Stahlerzeugung	Industrie Eisen und Stahl
Stückkalk		gebrannter Kalk in stückiger Form	Eisen- u. Stahlindustrie, Chemische u.a. Industrien, Baustoffind., Baugewerbe
Trasskalk		aus Kalkhydrat und Trass hergestelltes hydraulisch erhärtendes Bindemittel	Mörtelbindemittel
Travertin		Kalkstein mit unregelmäßigen zelligen Hohlräumen	Werksteinverkleidung
Wasserkalk		aus mergeligem Kalkstein durch Brennen unterhalb der Sintergrenze hergestellter Baukalk	Mörtelbindemittel, Anstrichmittel, Baustoffindustrie
Weißkalk	CaO	aus reinem Kalkstein durch Brennen unterhalb der Sintergrenze hergestellter Luftkalk	Anstrichmittel, Mörtelbindemittel, Baustoff-, Chem. u.a. Industrien
Wiener Kalk		reines Calciumcarbonat oder frisch gebrannter reiner Kalkstein	Poliermittel für Metalle
Zement		unzulässige Bezeichnung für Hochhydraulischen Kalk	



Kleines Kalkwörterbuch Deutsch-Englisch-Französisch

Deutsch	Englisch	Französisch
Baukalk	building lime	chaux de construction
Branntkalk	quicklime	chaux vive
Calcit	calcite	calcite
Calcium	calcium	calcium
Calciumcarbonat	calcium carbonate	carbonate de calcium
Calciumchlorid	calcium chloride	chloride de calcium
Calciumhydroxid	calcium hydroxide, hydrated lime	hydroxyde de calcium
Calciumoxid	calcium oxide, quicklime	oxyde de calcium, chaux vive
Dolomitmalk	dolomitic lime, magnesium lime	chaux magnésienne, chaux dolomitique
Dolomitstein	dolomitic limestone	dolomie
Düngekalk	lime fertiliser	chaux engrais
Feinkalk	fine ground lime	chaux pulvérisée
Freikalkgehalt	available lime content	teneur en chaux libre
Futterkalk	feeding lime	chaux de fourrage
Gelöschter Kalk	slaked lime	chaux éteinte
Gemahlener Branntkalk	Ground quicklime	chaux broyée
Gesteinsstaub	stone dust	poudre de pierres
Halbgebrannter Dolomit	half-burned dolomite	dolomie semi-calcinée
Hochhydraulischer Kalk	eminently hydraulic lime	chaux fortement hydraulique
Hüttenkalk	slag lime	chaux métallurgique
Hydraulischer Kalk	hydraulic lime	chaux hydraulique
Kalk	lime, calcium oxide, quicklime	chaux
Kalkbrei	lime slurry	pâte de chaux
Kalkhydrat	hydrated lime	chaux hydratée
Kalkleichtbeton	light-weight lime concrete	béton léger de chaux
Kalkmergel	lime marl	calcaire marneux
Kalkmilch	milk of lime	lait de chaux
Kalkmörtel	lime mortar	mortier de chaux
Kalksandstein	sand-lime brick	brique silico-calcaire



Deutsch	Englisch	Französisch
Kalkstein	limestone	Pierre calcaire, roche calcaire
Kalksteinmehl	limestone powder, pulverised limestone	calcaire pulvérisée
Kalksteinzuschläge	limestone aggregates	granulats calcaires
Kalkteig	lime putty	coulis de chaux
Kalkwasser	lime water	eau de chaux
Kohlensaurer Kalk	calcium carbonate	carbonate de calcium
Kreide	chalk	craie
Künstlicher hydraulischer Kalk	artificial hydraulic lime (AHL)	chaux hydraulique artificielle
Löschkalk	hydrated lime	chaux hydratée
Luftkalk	air lime	chaux aérienne
Magnesitstein	magnesite brick	brique de magnésite
Magnesium	magnesium	magnésium
Magnesiumbrantkalk	magnesium lime	chaux magnésienne
Magnesiumcarbonat	magnesium carbonate	carbonate de magnésium
Magnesiumlöschkalk	hydrated magnesium lime	chaux magnésienne hydratée
Magnesiummergel	magnesium lime marl	maërl magnésien
Magnesiumoxid	magnesium oxide	oxyde de magnésium
Marmor	marble	marbre
Massenkalk	mass limestone	calcaire compact
Mergel	marl	marne
Mischkalk	mixed lime	chaux mélangée
Muschelkalk	shelly limestone	calcaire coquillier
Sinterdolomit	deadburned dolomite	dolomie frittée
Stahlwerkskalk	lime for the iron and steel industry	chaux pour l'aciérie
Stückkalk	lump lime, rocklime, pebble lime	chaux en roche
Trasskalk	trass lime	chaux de trass
Travertin	travertine, calcarous tuff	travertin
Weisskalk	high calcium lime, high-cal lime	chaux grasse



C 4 Kalkliteratur und Veröffentlichungen

Kalkliteratur

Veröffentlichungen des Bundesverbandes der Deutschen Kalkindustrie e.V. (BVK)

Veröffentlichungen des Deutschen Gesteinsverbandes e.V. (DGV)

Forschungsberichte der Forschungsgemeinschaft Kalk und Mörtel e.V.

Broschüren Straßenbau

Veröffentlichungen Industrie und Umwelt

Kalkliteratur

Chemistry and Technology of Lime and Limestone

Boynton, R. S.; Verlag J. W. Wiley & Sons, New York – London

Lime and Limestone

Oates, J.A.H., 1998, 420 Seiten, WILEY-VCH-Verlag, ISBN: 3-527-29527-5

Ullmann's Enzyklopädie der technischen Chemie

Foerst, W.; 3. Aufl. Band 4, Verlag Urban & Schwarzenberg, München – Berlin

Handbuch der Anorganischen Chemie,

System Nr. 27 „Magnesium“,

System Nr. 28 „Calcium“

Gmelin; Verlag Chemie GmbH, Weinheim

Grundriss der Chemischen Technik

Henglein, F. A.; Verlag Chemie GmbH., Weinheim

Zement-Chemie

Kühl, H.; 3 Bände. Verlag Technik, Berlin

Die Hartzerkleinerung

Mittag, C.; Springer-Verlag, Berlin - Heidelberg - Göttingen

Mörtel-Mauerwerk-Putz

Piepenburg, W.; Bauverlag GmbH, Wiesbaden - Berlin

Kalk Herstellung, Eigenschaften, Verwendung

Schiele, E. u. Berens, L.W.; Verlag Stahleisen mbH, Düsseldorf

Kalk - Technische Hinweise zu seiner Verwendung

Bundesverband der Deutschen Kalkindustrie e.V., Köln, 1980



Veröffentlichungen des Bundesverbandes der Deutschen Kalkindustrie e.V.

KalkInForm

(z. Zt. zwei Mal jährlich) Diese Zeitung für Kunden, Interessierte und für die Presse stellt neben den vielfältigen Einsatzgebieten von Kalk auch Aktivitäten von Mitgliedswerken, neue Produkte und Kurioses rund um den Kalk dar.

Geschäftsbericht auf CD-ROM

(alle 2 Jahre) Bericht über die Aktivitäten des Bundesverbandes der Deutschen Kalkindustrie e.V., der Düngekalk-Hauptgemeinschaft, der Forschungsgemeinschaft Kalk und Mörtel e.V. und des Instituts für Kalk- und Mörtelforschung e.V., des Internationalen (ILA) und des Europäischen Kalkverbandes (EuLA).

Faszination Kalk

100-seitige Broschüre über die Herstellung und Verwendung von Kalk

Geschichte der Deutschen Kalkindustrie

Beitrag zur Industriegeschichte anlässlich des 100. Jahrestages der Gründung des ersten selbstständigen Kalkverbandes

Zur Geschichte der Deutschen Kalkindustrie und ihrer Organisationen

Forschungsbericht zur Geschichte der Kalkindustrie; Entstehung von Kalk, Kalksteinlagerstätten

Restbestände

Kalk-Forum

Themenspezifische Behandlung von aktuellen Ergebnissen aus Forschung und Entwicklung:

- **Phosphatfällung durch Simultanfällung mit Kalk**
- **Umweltschonende Phosphatfällung**
- **Bodenverbesserung mit Kalk: Die wirtschaftliche Alternative zum Bodenaustausch**
- **Wiederverwertung von Kalksandsteinen aus Abbruch von Bauwerken bzw. aus fehlerhaften Steinen aus dem Produktionsprozess**
- **Verbesserung von Asphalteeigenschaften durch Zugabe von Kalkhydrat**
- **Kalk und Klimaschutz**

Info-Material/Broschüren

Diese Broschüren befassen sich mit unterschiedlichen Anwendungsbereichen von Kalk - Umweltschutz, Forstwirtschaft, Architektur, Wohnen, Baustoffindustrie, Straßen- und Betonbau, Stahlindustrie, Chemische Industrie:

- **Kalk macht Natur**
- **Kalk macht Architektur**
- **Kalk macht fit**
- **Kalk macht Putz-munter**
- **Kalk macht mobil**
- **Kalk macht Lebensqualität**



Veröffentlichungen des Deutschen Gesteinsverbandes e.V.

Poster:

Informationen für die schwarzen Bretter in Firmen, 3 Versionen, DIN A 3
Naturstein und Kalk ... für mehr Lebensqualität, für mehr Natur, für natürliche Baustoffe

Broschüre „Das Unternehmen und sein Image“

Anregungen zur Verbesserung des Firmen-Images

Journal „Pro und Kontra Naturstein und Kalk“

Informationen rund um die Gewinnung und Herstellung von Naturstein und Kalk

Rednerdienst

Antworten auf häufig gestellte Fragen zum Natursteinabbau

Anzeigendienst

Reprofähige Druckvorlagen von drei Anzeigenmotiven im Quer- und Hochformat zur Werbung in Zeitungen oder Zeitschriften

Streu-Prospekt

Wissenswertes über Naturstein und Kalk, Faltblatt zur Hausverteilung, Beilagenwerbung usw.

Pressedienst

Ideen und Modelle für Pressemitteilungen

Lehrunterlagen

Unterrichtsmaterialien zum Thema Naturstein und Kalk für die Primarstufe

BVNI-info 1/2001:

Steinbruchgelände ist oftmals öffentlicher Verkehrsraum!

BVNI-info 2/2001:

CE-Konformität von Maschinen und Anlagen – Falle für Unternehmer?

BVNI-info 3/2001:

Überladung von Transportfahrzeugen

BVNI-info Nr. 4/2003:

Sicherheitsdatenblätter für Produkte der Naturstein-Industrie

BVNI-info Nr. 5/2003:

„Fußangeln“ beim Einsatz von Arbeitnehmern fremder Firmen im Betrieb

BVNI-info Nr. 6/2004:

Schluss mit der „wilden“ Aufbereitung!

BVNI-info 7/2004:

Verwiegen mit Bandwaagen und Radlagerwaagen

BVNI-info Nr. 8/2004:

Lobbyarbeit für die Naturstein- und Kalk-Industrie



Forschungsberichte der Forschungsgemeinschaft Kalk und Mörtel e.V.

- Nr. 2/77 **Untersuchungen zum Einfluss verschiedener Kalke auf die Eigenschaften von Kalkprodukten unter Berücksichtigung praxisüblicher Sande**
Wittneben, U. u. Oppermann, B.
- Nr. 6/77 **Zum Weißgehalt von Kalkhydraten**
Wittneben, U. u. Oppermann, B.
- Nr. 8/77 **Vermeidung von Ansatzbildungen in Rohrleitungen beim Fördern von Kalkmilch**
Oppermann, B. und Wittneben, U.
- Nr. 3/78 **Untersuchungen zur Reaktionsfähigkeit und Viskosität wässriger Kalksuspensionen**
Wittneben, U.
- Nr. 12/79 **Verbesserung des Haftverbundes Mörtel/Stein**
Oppermann, B. und Rudert, V.
- Nr. 1/80 **Untersuchungen zur Teilchengrößenverteilung in Kalkhydratsuspensionen**
Wittneben, U.
- Nr. 2/82 **Erarbeitung eines praxisgerechten Verfahrens zur Beurteilung der Reaktionsfähigkeit**
Mehlmann, M.
- Nr. 1/83 **Mörtelprüfung. Wasserrückhaltevermögen. Frischmörtel**
Oppermann, B. u. Rudert, V.
- Nr. 2/83 **Mineralogische und petrochemische Kriterien zur Beurteilung von Gesteinsmehlen für den bituminösen Straßenbau**
Rudert, V. u. Ritter, H.-J.
- Nr. 1/84 **Gefügeanalytische Untersuchungen an Mauermörteln im Haftbereich Mörtel/Stein**
Droll, K. u. Mehlmann, M.
- Nr. 1/85 **Untersuchung der Effektivität von Kalkprodukten für die trockene Rauchgasreinigung**
Teil 1: Statisches Verfahren
Mehlmann, M.
- Nr. 1/86 **Einbindung aus Schadstoffen aus Kraftwerksabwässern nach Entschwefelungsanlagen durch Fällung mit Kalk**
Peschen, N., Eberz, U. u. Mehlmann, M.
- Nr. 2/86 **Untersuchungen zur Abwasser- und Schlammhygienisierung, Nitrifikation und Phosphatverminderung bei der Kalkvorfällung mit nachfolgender aerober Stabilisierung**
Teil 1: Grünebaum, Th.
Teil 2: Ostertag, S.
- Nr. 3/86 **Untersuchung zur Freisetzung von Ammoniumstickstoff (NH_3) bei Schlammbehandlung mit Kalk vor und nach maschineller Entwässerung**
Hegemann, W.; Kübler, H.; Winter, Th. und Peschen, N.
- Nr. 1/87 **Kriterien an Karbonatgesteinsmehlen für die nasse Rauchgasreinigung in Entschwefelungsanlagen**
Eberz-Schuster, U. u. Wagner, V.
- Nr. 1/88 **Untersuchungen über den Einsatz von Kalk zur Elimination von Phosphat aus Abwässern**
Andreas Hensellek
- Nr. 2/88 **Entwicklung eines Verfahrens zur Deponierfähigkeit von kontaminiertem Baggerschlamm durch Einsatz von Kalkprodukten**
Hans-Günter Keller, Norbert Peschen und Michael Mehlmann



- Nr. 3/88 **Untersuchungen über den Einfluß der Haftscherfestigkeit von Mörteln auf die Gebrauchseigenschaften von Mauerwerk**
Teil 1: H. Glitza und H. Metzemacher
Teil 2: Joachim Fehring, Hans-Günter Keller und Michael Mehlmann
- Nr. 1/89 **Vergleichende Untersuchungen zur anorganischen bzw. organischen Konditionierung vor maschineller Schlammmentwässerung mittels Kammerfilterpressen unter Berücksichtigung der Deponierfähigkeit des Schlammes**
P. Wolf, U. Neuschäfer und C.-M. Schmidt
- Nr. 3/89 **Biegefestigkeit von Betonen aus sehr trockenen Frischbetonmischungen (Betone für Betonsteinerzeugnisse) - Untersuchungen mit Kalksteinsplitt-Zuschlägen**
H.-J. Wierig und M. Kurz
- Nr. 1/90 **Langzeitverhalten von Bodenverbesserung mit Feinkalk**
Hans-Josef Ritter
- Nr. 2/90 **Charakterisierung und Wiederverwendung von Produkten aus der trockenen Rauchgasreinigung bei Müllverbrennungsanlagen**
Ursula Eberz-Schuster und Michael Mehlmann
- Nr. 2/93 **Vergleichende Untersuchungen an werkgemischten Vormörteln und Werk-Trockenmörteln der Produzenten in den ostdeutschen Bundesländern unter Beachtung bauphysikalischer Aspekte**
Peter Eichner und Marion Hartmann
- Nr. 3/93 **Phosphatelimination unter Verwendung von Kalk Teil 1: Norbert Peschen, Kirsten Sölter und Heinz Zehendner, Landwirtschaftliche Verwertung der aus der Nachfällung mit Kalk anfallenden calciumcarbonat- bzw. phosphathaltigen Fällprodukte Teil 2: P. Baumann und Karlheinz Krauth, Nachfällung, Neutralisation mit Rauchgas**
Peschen, Sölter, Zehendner, Baumann u. Krauth
- Nr. 1/94 **QS-Systeme in mittelständischen Unternehmen der Steine- und Erden-Industrie**
Helga Großkopf und Horst-Artur Crostack
- Nr. 2/94 **Witterungsschutz und Erhaltung von Gebäuden durch hydrophobierte mineralische Putze**
Heinz Klopfer und Michael Mehlmann
- Nr. 3/94 **Verwertbarkeit und Umweltverträglichkeit kalkhaltiger Recyclingmaterialien**
Bernhard Hoppe, Michael Mehlmann und Said Kazemi
- Nr. 4/94 **Phosphatfällung durch Simultanfällung mit Kalk**
Norbert Peschen und Kirsten Sölter
- Nr. 5/94 **Einsatz von Kalk zur kostengünstigen Sanierung vorhandener Klärsysteme in den neuen Bundesländern**
Teil 1: Norbert Peschen, Kirsten Sölter und Frank Wizorek
Teil 2: Carola Güldner und Werner Hegemann
- Nr. 1/95 **Untersuchungen über den Einfluß der Schlammbehandlung mit und ohne Kalkzugabe auf die Deponieeigenschaften von Klärschlamm**
Hanns Teichmann und Stefan Krause
- Nr. 1/97 **Ermittlung von physikalischen Mörtelkennwerten nach Auftrag auf verschiedene Mauersteine**
S.-O. Schmidt und W. Gecks
- Nr. 2/97 **Untersuchungen zu Wechselwirkungen der Nebenbestandteile in Kalkprodukten im System Entcarbonisierung**
H.-M. Schiffner, Ch. Mehling und N. Peschen
- Nr. 3/97 **Beurteilung des Feuchtwiderstandes von Fließestrichen auf Anhydrit und/oder a - Halbhydrat-Basis bei unterschiedlichen Beanspruchungen**
S.-O. Schmidt und B. Middendorf



- Nr. 1/98 Pilotanlagen zur biologischen Reinigung von Abwasser aus der Kalksandstein-Industrie in Kreislaufführung des Abwassers**
K. Sölter; W. Eden und S.-O. Schmidt
- Nr. 2/98 Verbesserung der Asphalteigenschaften durch Zugabe von Kalkhydrat**
H.-J. Eulitz, K. Schellenberg, H.-J. Ritter und S.-O. Schmidt
- Nr. 2/99 Untersuchungen zur Entfernung toxischer Schwermetalle sowie Eisen - Aufbereitung von Rohwässern zu Trinkwasser mit Hilfe des Schnellenthärtungs-/-entcarbonisierungsverfahrens**
Ch. Mehling, H.-M. Schiffner, J. Hahne und H. Overath
- Nr. 3/99 Auswertung großtechnischer Untersuchungen zum Kalkeinsatz im Rahmen der biologischen Abwasserreinigung**
H. Witte, J. Strunkheide und L. Priebe
- Nr. 1/00 Wirksamkeit und Abbau von Hydrophobierungsmitteln im erhärteten Putzmörtel**
D. Knöfel und B. Blachnik
- Nr. 1/01 Diplomarbeit zum Einsatz von sulfathaltigen Feinbrechsanden aus rezyklierten Baustoffen in Fließestrichen**
Malte Grimm
- Nr. 2/02 Verbesserung der Asphalteigenschaften durch Zugabe von Kalkhydrat - Praxisversuch/ Mischtechnik**
M. Schneider, K. Schellenberg, H.-J. Ritter und H.-M. Schiffner
- Nr. 1/03 Entwicklung einer sicheren Methode zur Abfallhygienisierung mit Kalk**
A. Wecker, V. Schirm, W. Philipp, N. Weber und R. Böhm
- Nr. 2/03 Einfluss der chemischen Zusammensetzung von Anmachwässern auf die Herstellung und Eigenschaften von Kalksandsteinen – Kurzbericht**
Dipl.-Ing. Wolfgang Eden, Dipl.-Geol. Sonja Hogewoning, Dr. rer. nat. Sven-Olaf Schmidt, Dipl.-Ing. Carsten Gundlach, Prof. Dr. rer. nat. Josef-Christian Buhl



Forschungsberichte Land NRW

Forschungsberichte des Forschungslaboratoriums des Bundesverbandes der Deutschen Kalkindustrie e.V., veröffentlicht als Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen

- Nr. 180 **Putzarbeiten im Hochbau und Versuche mit aktiviertem Mörtel und mechanischem Putzauftrag**
Piepenburg, W., Buhling, B., Behnke, J.
- Nr. 223 **Über das Problem Hartbrand-Weichbrand**
Alberti, K. u. Schwarz, F.
- Nr. 250 **Entwicklung von Untersuchungsverfahren zur Gütebeurteilung von Industrie-Kalken**
Schwarz, F. u. Alberti, K.
- Nr. 370 **Physiko-Chemische Grundlagen der Bildsamkeit von Kalken unter Einbeziehung des Begriffes der aktiven Oberfläche**
Schwarz, F.
- Nr. 454 **Haftfestigkeit der Putzmörtel**
Piepenburg, W., Buhling, B., Behnke, J.
- Nr. 528 **Physiko-Chemische Grundlagen der Bildsamkeit von Kalken unter Einbeziehung des Begriffes der aktiven Oberfläche**
Ney, P.
- Nr. 711 **Einfluss der chemischen Zusammensetzung des Anmachwassers auf die Festigkeit von Kalkmörteln**
Alberti, K.
- Nr. 1321 **Elemente und Maßstäbe der Produktivität**
Triebel, W. u. Meyerhoff, G.
- Nr. 1339 **Untersuchungen über die Spannungsverteilung im System Mörtel-Scherben-Glasur bei angelegten Wandfliesen**
Teil 1: Das System Mörtel-Scherben
Dietzel, A.
- Nr. 1342 **Einfluss der Zusammensetzung der flüssigen Phase beim Löschvorgang auf die Plastizitätseigenschaften des Kalkes nach Emley**
Ney, P.
- Nr. 1469 **Einfluss der Mörtelbestandteile und der Mörtelherstellung auf die Eigenschaften von Frischmörteln**
Ney, P.
- Nr. 1493 **Erprobung einer Bestimmungsmethode für die Verbrennungsgeschwindigkeit fester Brennstoffe zur Herstellung von Branntkalk**
Ney, P.
- Nr. 1719 **Der Einfluss der Erhärtungsbedingungen auf die Kristallisationsformen des Calciumcarbonates**
Ney, P.
- Nr. 1759 **Reaktionen zwischen Steinoberfläche und Mörtel**
Ohnemüller, W.
- Nr. 1841 **Ermittlung der Phasenzusammensetzung von Gemischen, in denen CaCO_3 oder CaO oder Ca(OH)_2 Hauptbestandteile sind**
Ney, P., Ohnemüller, W. u. Zimmermann, I.



Kalk im Straßenbau

Bundesverband der Deutschen Kalkindustrie e. V.

Bodenverbesserung und Bodenverfestigung mit Kalk,
Broschüre

Langzeitverhalten bindiger Böden nach der Verbesserung und Verfestigung mit Feinkalk,
Sonderdruck aus Tiefbau 5/91

Bodenstabilisierung mit Kalk im Ingenieurbau,
Sonderdruck aus Tiefbau, 7/92

Flächige Bodenverbesserung mit Kalkpfählen,
Sonderdruck aus Die Tiefbau-Berufsgenossenschaft, 8/93

Kalkstein für den Straßenbau

Kalkstein für den kommunalen Straßenbau,
Broschüre 9/92

Kalkstein für griffige Asphaltdeckschichten,
Faltblatt

Kalkstein als Betonzuschlag

Kalkstein für Beton,
Broschüre 3/88

Kalkstein für Beton,
Faltblatt

Zum Einfluss der Zuschläge auf die Carbonatisierung des Betons,
Sonderdruck aus DNI, 4/93

Kalkstein für Beton in Abwasseranlagen,
Faltblatt



Bereich Industrie und Umwelt

Broschüre: „EuLA-Wasser“: Kalk- und Dolomitprodukte für die Trinkwasseraufbereitung, Abwasser- und Schlammbehandlung

Broschüre: „EuLA Umwelttechnik-Information „Saubere Umwelt durch Kalk“ – Calciumhydroxid zur Einbindung saurer Schadgase aus Hausmüll und Sondermüllverbrennungsanlagen nach dem Trockensorptionsverfahren, Juni 1995

Sonderdruck: „Sanfte“ Technologie reduziert Schlammindex, Juni 2002

Sonderdruck: Wechselwirkungen der Nebenbestandteile in Kalkprodukten bei der Enthärtung von Trinkwasser

Sonderdruck: Bestimmung der Reaktivität von Kalkprodukten für die Trinkwasseraufbereitung

Sonderdruck: Einsatz von Kalk auf biologischen Kläranlagen

Sonderdruck: Entwicklung des Kalkeinsatzes für den Umweltschutz (ZKG international, 09/2000)

Sonderdruck: „Entfernung von Schwermetallen bei der Schnellenthärtung/-entkarbonisierung von Trinkwasser“ aus gwf Wasser/Abwasser 141/2000

Sonderdruck: Neue europäische Normen für Wasseraufbereitungsprodukte

Sonderdruck: Reaktivität von Kalkprodukten für die Trinkwasseraufbereitung aus GIT Labor-Fachzeitschrift 11/98

Sonderdruck: Reaktive Kalkprodukte für die Trinkwasseraufbereitung – Herstellung und Qualitätskriterien aus bbr 2/98

Sonderdruck: Das Rösrather Verfahren – ein neues Hochleistungsverfahren zur Entsäuerung von Wasser mit Kalkmilch

Sonderdruck: Klärschlammkonditionierung mit Kalk zur Herstellung von Sekundärrohstoffen, 1997

Sonderdruck: „Produkte zur Aufbereitung von Trinkwasser“ aus gwf Wasser/Abwasser 1/97

Sonderdruck: „Stand und neuere Entwicklung bei der zentralen chemischen Enthärtung von Trinkwasser“ 12 Seiten, Teil 1 und 2 aus bbr 3/96 und 4/96

Sonderdruck: Perspektiven der Klärschlammverwertung - mit Kalk aus Kommunalwirtschaft 9/1995

Sonderdruck: Langzeitverhalten von deponierten Klärschlämmen aus gwf Wasser/Abwasser Special II, Heft 15, 1995

Sonderdruck: Untersuchungen zum Einfluss unterschiedlicher Konditionierungsverfahren auf die Klärschlamm-trocknung, Juni 1995

Sonderdruck: Einsatz von Kalk zur kostengünstigen Sanierung vorhandener Klärsysteme in den neuen Bundesländern, Juni 1995

Sonderdruck: Nachfällung mit Kalkhydrat, Dezember 1994



Sonderdruck: Verfahrensalternative zur Flockungsfiltration - Nachfällung mit Kalk, Oktober 1993

Sonderdruck: Optimierung der Klärschlammwässerung mit Kammerfilterpressen durch Polymer-Kalk-Konditionierung

Sonderdruck: Stellenwert der Base Kalk in der Abwassertechnik der neuen Bundesländer, Oktober 1992

Sonderdruck: Neues zum Einsatz von Kalk in der Abwassertechnik, Februar 1992

Sonderdruck: Deponierfähigkeit von Klärschlämmen, Erfordernisse an die Vor- und Nachbehandlung der Schlämme, April und Juni 1991

Sonderdruck: Entfärbung von Abwasser aus Textilbetrieben mit $\text{Fe(II)}/\text{Ca(OH)}_2$ (Ergebnisse eines Großversuches), März 1987

Sonderdruck/Technisches Merkblatt: Technik der Nassschlammseuchung mit Kalkmilch, Beschreibung funktionstüchtiger Anlagen, Mai 1987

Technische Arbeitsblätter, Berichte und sonstige Veröffentlichungen

Folgende Schriften liegen in kopierter Form vor:

Bericht: Abschlußbericht zum Forschungsvorhaben „Untersuchungen zum Einsatz gekalkter Schlämme bei der Rekultivierung von Bergbaufolgelandschaften“, Februar 2000

Bericht: Optimierungsmöglichkeiten zur Unterstützung der biologischen Phosphatelimination über die Dosierung eines externen Kohlenstoffträgers bei gleichzeitiger Schlammbeschwerung mit Kalk am Beispiel der Kläranlage Kemnath

Bericht: Einsatz von Kalk- und Dolomitprodukten zur Verbesserung der biologischen Abwasserreinigung

Bericht: Wasserchemische Aspekte zum Einsatz von Kalk auf biologischen Kläranlagen

Bericht: Die Bedeutung der Säurekapazität auf Kläranlagen

Bericht: Großtechnischer Versuch zur Säurekapazitätsstützung mit Kalkhydrat auf der Kläranlage Kestert

Bericht: Verbesserung der Überschussschlammindickung durch eine gezielte Abwasseraufhärtung am Beispiel der Kläranlage Tittling

Bericht: Einsatz von Kalk in Belebtschlammanlagen



Bericht: Bläschlamm: Definition und Beobachtungen in Belebtschlammanlagen der Papierfabriken

Bericht: Nutzbare chemische und physikalische Eigenschaften von Kalkprodukten für die Reinigung von Abgasen aus Abfallverbrennungsanlagen

Bericht: Rauchgasentschwefelung mit Kalk

Bericht: Salze aus der abwasserfreien Rauchgaswäsche

Bericht: Produktentwicklung der Kalkindustrie für die Abgasreinigung - Einsatzprodukte, Reaktionsprodukte und Verwertung -

Bericht: Bedeutung von Kalk in der Rauchgasreinigung und in Reststoffen von Verbrennungsanlagen

Bericht: Die Möglichkeiten der Klärschlammverbrennung in der Zementindustrie

Bericht: Entwicklung eines Verfahrens zur Grundwasserentcarbonisierung mit hochreiner Calciumcarbonatgewinnung

Technische Information: Technische Hinweise für die Planung und den Betrieb von Anlagen zur Bevorratung und Dosierung von Kalkprodukten

Technisches Merkblatt: Herstellung, Lagerung und Dosierung von Kalkprodukten

Technisches Merkblatt: Behandlung, Verwertung und Entsorgung von produktionsspezifischen Schlämmen: Carbidkalkschlamm

Veröffentlichung: Entwicklung einer sicheren Methode zur Bioabfallhygienisierung mit Kalk

Veröffentlichung: Hygienisierung von Bioabfällen mit Kalk

Veröffentlichung: Naturprodukt Kalk und die Neuausrichtung des WHG

Veröffentlichung: Senkung des Schlammindex durch gezielte Steuerung der Kalkdosierung am Beispiel der Kläranlage Wathlingen

Veröffentlichung: Calciumaluminat-Verfahren zur weitergehenden Fällung von Sulfat und Schwermetallen

Veröffentlichung: Industrielle Abwassereinigung mit Kalkprodukten

Veröffentlichung: Mineralöhlhaltige Schlämme - Möglichkeiten zur Behandlung und Beseitigung

Veröffentlichung: Die verfestigende Wirkung von Kalk bei der Nachbehandlung maschinell entwässerter Schlämme

Veröffentlichung: Kalk in der Trinkwasseraufbereitung

Veröffentlichung: Bunkerung, Transport und Dosierung von Kalk

Veröffentlichung: Unterstützung der biologischen P-Elimination mit Hilfe eines Kalkmischprodukts

Veröffentlichung: Zentrale Enthärtung von Trinkwasser

Veröffentlichung: Hinweise zur Technik der Nachbehandlung von Klärschlamm mit Feinkalk

Veröffentlichung: Feindisperse Kalkmilch - praktische Fortschritte zur Trinkwasseraufbereitung



C 5 Normen, Technische Merkblätter, Arbeitsblätter

Auswahl wichtiger Normen und Bestimmungen

Grundnormen

DIN 1055	Lastannahmen
DIN 1080	Begriffe, Formelzeichen, Einheiten im Bauingenieurwesen
DIN 4172	Maßordnung im Hochbau
DIN 18201-3	Maßtoleranzen im Bauwesen
DIN 1960	VOB Verdingungsordnung für Bauleistungen; Teil A
DIN 1961	VOB Verdingungsordnung für Bauleistungen; Teil B
DIN 18300	VOB Verdingungsordnung für Bauleistungen; Teil C
DIN 18200	Überwachung (Güteüberwachung v. Baustoffen, Bauteilen und Bauarten)

Bindemittel

DIN EN 459	Baukalk
DIN EN 197	Zement - Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement
DIN 1168	Baugipse
DIN 4207	Mischbinder
DIN 4208	Anhydritbinder
DIN 4211	Putz- und Mauerbinder
DIN 51043	Trass
DIN 18506	Hydraulische Boden- und Tragschichtbinder

Mauerwerk

DIN 105	Mauerziegel
DIN 106	Kalksandsteine
DIN 4165	Porenbetonsteine
DIN 18151	Leichtbetonsteine
DIN 18152	Leichtbetonsteine
DIN 18153	Normalbetonsteine
DIN 1053, T.1 – 5	Mauerwerk
DIN EN 998-1 + 998-2	Festlegungen für Mörtel im Mauerwerksbau – Teil 1: Putzmörtel, Teil 2: Mauermörtel

Boden

DIN 1054	Baugrund; Zulässige Belastung des Baugrundes
DIN 4020	Geotechnische Untersuchung für bautechnische Zwecke
DIN 4021	Baugrund; Erkundung durch Schürfe, Bohrungen sowie Entnahme von Proben
DIN 4094	Baugrund; Erkunden durch Sondierungen



Boden

DIN 4096	Baugrund; Flügelsondierung
DIN 18196	Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke
DIN 18121, T. 1+2	Wassergehalt
DIN 18122	Zustandsgrenzen
DIN 18123	Bestimmung der Korngrößenverteilung
DIN 18124	Bestimmung der Korndichte
DIN 18127	Proctor-Versuch
DIN 18129	Kalkgehaltsbestimmung
DIN 18130	Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes
DIN 18132	Bestimmung des Wasseraufnahmevermögens
DIN 18134	Plattendruckversuch
DIN 18136	Bestimmung der einaxialen Druckfestigkeit
DIN 18137	Bestimmung der Scherfestigkeit
DIN 18300	Erdarbeiten

Beton, Stahlbeton

DIN 1045-2	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 2: Beton; Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1
DIN 1048	Prüfverfahren für Beton
DIN 1084	Güteüberwachung im Beton- und Stahlbetonbau
DIN 18331	VOB; Beton- und Stahlbetonarbeiten
DIN EN 12620	Gesteinskörnungen für Beton
DIN 483	Bordsteine, Beton
DIN 485	Gehwegplatten aus Beton
DIN 18500	Betonwerkstein
DIN 18501	Pflastersteine, Beton
DIN 4030	Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase

Produkte zur Aufbereitung von Wasser

DIN EN 1017	Halbgebrannter Dolomit
DIN EN 1018	Calciumcarbonat
DIN EN 12518	Weißkalk
DIN EN 12485	Calciumcarbonat, Weißkalk und halbgebrannter Dolomit – Analytische Verfahren

Straßenbau

DIN 482	Straßenbordsteine aus Naturstein
DIN EN 12697	Prüfung von Asphalt
DIN 18315	Verkehrswegebauarbeiten: Oberbauschichten ohne Bindemittel
DIN EN 12620	Gesteinskörnungen für Beton
DIN EN 13043	Gesteinskörnungen für Asphalt und Oberflächenbehandlungen für Straßen, Flugplätze und andere Verkehrsflächen
DIN EN 13242	Gesteinskörnungen für ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische im Ingenieur- und Straßenbau
DIN EN 13285	Ungebundene Gemische-Anforderungen



Auswahl wichtiger Normen und Bestimmungen

Straßenbau

DIN 18316	Verkehrswegebauarbeiten: Oberbauschichten mit hydraulischen Bindemitteln
DIN 18317	Verkehrswegebauarbeiten: Oberbauschichten aus Asphalt
DIN 18318	Verkehrswegebauarbeiten: Pflasterdecken, Plattenbeläge, Einfassungen
DIN 18354	Gussasphaltarbeiten
DIN 52100 ff.	Prüfung von Naturstein
DIN EN 932	Prüfverfahren für allgemeine Eigenschaften von Gesteinskörnungen, Teil 1-5
DIN EN 933	Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen, Teil 1-10
DIN EN 1097	Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen, Teil 1-10
DIN EN 1367	Prüfverfahren für thermische Eigenschaften und Verwitterungsbeständigkeit von Gesteinskörnungen, Teil 1-5
DIN 1744	Prüfverfahren für chemische Eigenschaften von Gesteinskörnungen, Teil 1-4
DIN EN 13179	Prüfverfahren für mineralische Füller in bitumenhaltigen Mischungen, Teil 1-2
RStO	Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen
ZTV Asphalt-StB	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahrbahndecken aus Asphalt
ZTV SoB-StB	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau
TL SoB-StB	Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau
ZTV Beton	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahrbahndecken aus Beton
ZTVE-StB	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau
ZTV-LW	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Befestigung ländlicher Wege
TL G SoB-StB	Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden für Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau, Teil: Güteüberwachung
TL Gestein-StB	Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau
TP Min-StB	Technische Prüfvorschriften für Mineralstoffe im Straßenbau

Siebe

ISO 565	Test sieves, nominal sizes of openings
DIN ISO 3310-1	Analysensiebe; Anforderung und Prüfung (m. Metalldrahtgewebe)
DIN ISO 3310-2	Analysensiebe; Anforderung und Prüfung (m. Lochblenden)

Empfehlung

für die Durchführung der Überwachung und Zertifizierung von Gesteinskörnungen nach dem europäischen Konformitätsnachweisverfahren System 2+



Technische Merkblätter und Technische Arbeitsblätter

Nr. 10 Planung von Anlagen

Nr. 12 Walzentellermühlen

Nr. 13 Bunkergestaltung

Entleerungseinrichtungen

Kohlenstaub- und Dosieranlagen

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung
2. Kenndaten und Eigenschaften von Braunkohlenstaub
3. Allgemeines zur Sicherheit
4. Sicherheitstechnische Vorschriften (Juli 89)
5. Transport von Braunkohlenstaub mit Silofahrzeugen
6. Silokonstruktion
7. Abzugseinrichtungen und Austragshilfen
8. Filteranlagen
9. Dosierung
10. Sicherheits- und Überwachungseinrichtungen
- 10.1 Silobefüllung (s.u. Ziffer 5.2)
- 10.2 Füllstandüberwachung
- 10.3 CO-Messeinrichtung und Grenzwerte
- 10.4 Temperatur-Messeinrichtung und Grenzwerte
- 10.5 Inertisierungsmaßnahmen
- 10.6 Druckentlastung und Unterdrucksicherung
11. Reparaturarbeiten
12. Brandbekämpfung
13. Beispiel einer Anlagenbeschreibung
14. BKS-Lagerung in Kleinsilos

Nr. 13.1 Spezifische Baukosten von Silos

Nr. 14 Bunker für stückige Schüttgüter

Inhaltsverzeichnis

Einleitung

- | | |
|------------|--|
| Kapitel 1 | Anforderungen an Bunker für stückiges Schüttgut |
| Kapitel 2 | Auslegung der Bunkergrößen |
| Kapitel 3 | Probleme bei der Bunkerung |
| Kapitel 4 | Guteinflussgrößen |
| Kapitel 5 | Bewegungsabläufe |
| Kapitel 6 | Bunkergestaltung - Beeinflussung der Bewegungsabläufe und Beseitigung der Probleme |
| Kapitel 6a | Anhang zu Kapitel 6: Beispiel eines Wirtschaftlichkeitsvergleichs zwischen Massen- und Kernflussbunker |
| Kapitel 7 | Austragshilfen |
| Kapitel 8 | Bunkereinläufe |
| Kapitel 9 | Bauwerkstoffe |
| Kapitel 10 | Umgebungseinflüsse |
| Kapitel 11 | Bunkeraustragseinrichtungen |
| Kapitel 12 | Umbaumöglichkeiten, Verbesserung bestehender Bunker |
| Kapitel 13 | Bunkerfüllstandsmessung |
| Kapitel 14 | Entlüftung |
| Kapitel 15 | Entwässerung |
| Kapitel 16 | Verschleißschutz |
| Kapitel 17 | Unfallschutz |



Technische Merkblätter und Technische Arbeitsblätter

Nr. 15 Verschleißbekämpfung in der Kalkindustrie

Übersicht der technischen Arbeitsblätter
 Ordnungssystem der technischen Arbeitsblätter

Grundlagen des Verschleißes

05.100	Begriffsauswahl
05.101-1	Härte von Verschleißschutzwerkstoffen
05.101-2	Härte mineralischer Stoffe
05.200	Gliederung des Verschleißgebietes
05.210	Furchungverschleiß
05.220	Prallverschleiß
05.230	Kornleitverschleiß
05.240	Spül- und Strahlverschleiß

Fördern

62.100	Rutschen und Schurren
--------	-----------------------

Mechanische Förderer

63.200	Schneckenförderer
	Gurtförderer - Fördergurte
63.310	Allgemeines
63.311	Zugträger
63.312	Deckplattenauswahl
63.319	Maßnahmen zur Verschleißminderung
63.333	Tragrollenbeläge - Allgemeines
63.343	Trommelbeläge - Allgemeines
	Gurtreinigung
63.360	Allgemeines
63.361	Feststehende Abstreifer
63.362	Gewichts- und federbelastete Abstreifer
63.363	Fächerabstreifer
63.364	Pflugabstreifer
63.365	Rotierende Abstreifer
63.366	Lamellenabstreifer
63.380	Wartungsmaßnahmen an Gurtbandförderern

Allgemeines

	Becherwerke
63.400	Senkrechtbecherwerke
63.410	Rundstahlkettenbecherwerke
63.420	Laschenkettenbecherwerke
63.450	Gurtbecherwerk - Zugträger



Mechanische Förderer

Lastaufnahmemittel

69.800	Seile
69.801	Naturfaserseile
69.810	Drahtseile
69.980	Anschlagketten

72.500 Entstaubungsrohrleitungen**Hilfstechnik - Schweiß- und Spritztechnik**

78.500	Thermisches Spritzen - Allgemein
78.510	Anwendung

Kleben in der Instandhaltung (nur komplett)

79.000	Allgemeines
79.100	Zweikomponentige Polymerisationsklebstoffe
79.200	Zyanacrylatklebstoffe
79.300	Epoxidharz-Klebstoffe
79.400	Adhäsionsklebstoffe

Werkstoffe

91.170	Hartguss
92.161	Schmelzbasalt
92.220	Naturgummi (Weichgummi)
93.001	Schweißzusatzwerkstoffe
94.000	Schmierstoffe

Nr. 16 Pneumatische Förderung in Rohrleitungen

Teil 1	Verfahren und Wirkungsweise
Teil 2	Eigenschaften von Fördergütern

Nr. 17 Klassieren von Sieben

Kapitel 1	Grundbegriffe und Siebmaschinenbauarten
Kapitel 2	Auswahl und Auslegung von Siebmaschinen
Kapitel 3	Kennzeichnung des Sieberfolges



C 6 Weitere Informationen

Weitere Informationen erhalten Sie bei den Organisationen der deutschen Kalkindustrie:

Bundesverband der Deutschen Kalkindustrie e.V.

information@kalk.de

www.kalk.de

Forschungsgemeinschaft Kalk und Mörtel e.V.

fg@kalk.de

www.fg-kalk-moertel.de

Institut für Kalk- und Mörtelforschung e.V.

schmidt@ikm-koeln.net

www.ikm-koeln.net

Gütegemeinschaft Naturstein, Kalk und Mörtel e.V.

info@gg-cert.de

www.GG-Cert.de

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

reinhard.mueller@kalk.de

www.naturkalk.de

Annastraße 67-71
50968 Köln
Telefon: (02 21) 93 46 74-0
Telefax: (02 21) 93 46 74-10 + 14

Bei Bestellungen von Informationsmaterial geben Sie bitte den genauen Titel der Publikation an und wenden sich entweder an die o.g. Einzelorganisationen oder an den

Bundesverband der Deutschen Kalkindustrie e.V.

Annastraße 67-71
50968 Köln
Telefon: (02 21) 93 46 74-0
Telefax: (02 21) 93 46 74-10 + 14
information@kalk.de

Besuchen Sie uns im Internet unter www.kalk.de.

