

Aus der Lehrkanzel für Festigkeitslehre und Materialprüfung, Technische Versuchsanstalt, und dem Mineralogisch-petrographischen Institut der Universität Graz

Über den gebrannten Schöckelkalk

Von Otto W. Blümel und P. Paulitsch

Der Schöckelkalk ist nach dem nördlich von Graz gelegenen Berg benannt und gehört zum Schichtglied des Paläozoikums in diesem Raum.

Neben geologisch-tektonischer Behandlung (Clar 1935, H. Flügel, V. Maurin und K. Nebert 1952) liegen schon Arbeiten über die Petrographie der Schöckelkalke (O. W. Blümel 1939, H. Hübl 1942) wie auch über ihre technische Verwendung als Baustein (Uregg 1942, Seelmeier 1942, Hauser 1949) vor.

Allgemein beschränkt sich die Verwendung von Kalken nicht nur in der chemischen Industrie, wie Karbiderzeugung, Kalkstickstoffherstellung, in Zuckerfabriken, Papier- und Glaserzeugung, sondern auch die Bauindustrie ist ein großer Verbraucher von gebrochenem und gemahlenem Stein, ferner der gebrannten Produkte. Neben der Zement- und Kalkherstellung wird er auch als Düngekalk verwendet.

Von diesen zahlreichen Verwendungsgebieten werden die Schöckelkalke von der heimischen Industrie vornehmlich für Bauzwecke verwendet.

Im folgenden soll vor allem, basierend auf neuen Untersuchungen von Materialien der verschiedensten Aufschlüsse des Süd- und Nordrandes der Verbreitung des Schöckelkalkes, auf die gebrannten Kalkprodukte eingegangen werden*.

Die Abschnitte behandeln:

- Chemismus des Natursteines (O. W. B.),
- Chemismus des Branntkalkes (O. W. B.),
- Chemismus des Hydratkalkes (O. W. B.),
- technologische Untersuchung von Hydratkalk, Teigkalk (O. W. B.)
- sowie die Konstitution eines überbrannten Kalkes (P. P.).

Nach der DIN 1060 unterscheidet man Kalkarten (z. B. Kalke, die nur an der Luft oder unter Wasser erhärten), Kalksorten (z. B. Weißkalk, Dolomitkalk) und Kalkformen (Stückkalk, Teigkalk usw.). Aus dem Schöckelkalk können nach dieser Norm infolge seines Chemismus nur Weißkalke erzeugt werden, also Kalke, die an der Luft erhärten. Versuche über die Herstellung von anderen Kalksorten, z. B. Wasserkalken aus den Schöckelkalk-Nebengesteinen, sind nicht bekannt. In den Handel kommen als Kalkformen nach DIN 1060 folgende Schöckelkalkprodukte: Stück-

* Gleichzeitig sollen einführende Erläuterungen für diejenigen gegeben werden, die diesen Fragen ferner stehen.

kalk (ungelöschter stückiger Branntkalk), Kalkbrei, Kalkteig (eingesumpfter Kalk) und Löschkalk (pulverförmig gelöschter Kalk) = Hydratkalk.

Nach der oben angeführten Norm ist die chemische Natur der Kalke für die Herstellung von Weißkalk festgelegt. Die Mindestanforderungen sind für CaO $\geq 90\%$, für MgO $< 5\%$ und für Nebenbestandteile + Rest $< 5\%$.

Prüft man die chemischen Analysen von Schöckelkalken, die besonders A. Hauser (7) zusammengestellt hat, so ergeben sich aus der Ausrechnung durchwegs normengemäße Analysenzahlen. Auch die nachfolgend jüngst ausgeführten Analysen von zwei Schöckelkalkproben aus einem Schachtofenbetrieb zeigen dies.

Tabelle 1: Schöckelkalkanalysen

	1 Gew.‰	2 Gew.‰
Glühverlust (CO ₂)	43,61	43,61
HCl-Unlösliches	0,61	0,51
HCl-lösliche SiO ₂	0,0	0,0
Al ₂ O ₃	0,45	0,03
Fe ₂ O ₃	0,46	0,26
CaO	55,30	55,89
MgO	Spur	Spur
S + SO ₃ als SO ₃	0,0	0,0
	100,43	100,30

Die Zusammensetzung des unlöslichen Rückstandes war bei

1: SiO₂ 63 Gew.‰ und R₂O₃ + Rest 37 Gew.‰

2: SiO₂ 55 Gew.‰ und R₂O₃ + Rest 45 Gew.‰

Analysen ähnlicher Art, die den unlöslichen Rückstand betreffen, machte H. H ü b l (4).

Rechnet man die in der Tabelle 1 angeführten Rohmaterialanalysen ohne Glühverlust, ergeben sich folgende Werte (Tabelle 2):

Tabelle 2: Gerechneter Branntkalk aus Tabelle 1

	1 Gew.‰	2 Gew.‰
HCl-Unlösliches	1,06	0,90
HCl-lösliche SiO ₂	0,0	0,0
Al ₂ O ₃	0,78	0,05
Fe ₂ O ₃	0,81	0,46
CaO	97,35	98,59
MgO	Spur	Spur
S + SO ₃ als SO ₃	0,0	0,0
	100,00	100,00

Es ist nun interessant, diese Rohmaterialanalysenergebnisse mit den Ergebnissen des im Schachtofen entstehenden Branntkalkes zu vergleichen, um chemische Veränderungen des Rohmaterials beim Durchgang durch den Ofen feststellen zu können. Es standen hiezu gezogene Branntkalkproben — vom selben Bruch stammend — zur Verfügung. Die nach den einschlägigen Vorschriften analysierten Proben sind nachstehend angeführt.

Tabelle 3: Branntkalkanalysen

	1 Gew. %	2 Gew. %	3 Gew. %	4 Gew. %
HCl-Unlösliches	0,30	0,27	0,41	0,62
HCl-lösliche SiO ₂	0,36	0,99	0,52	0,52
Al ₂ O ₃	0,05	0,10	0,24	0,20
Fe ₂ O ₃	0,34	0,36	0,24	0,20
CaO	98,89	98,28	98,53	97,46
MgO	Spur	Spur	0,21	1,00
S + SO ₃ als SO ₃	0,0	0,0	0,09	0,47
	100,00	100,00	100,00	100,00
Glühverlust	5,75	3,85	4,12	4,22

Die Zusammensetzung des HCl-Unlöslichen brachte bei

1: SiO₂ 62,5 Gew. % und R₂O₃ + Rest 37,5 Gew. %

2: SiO₂ 80,9 Gew. % und R₂O₃ + Rest 19,1 Gew. %

In den angeführten Branntkalkanalysen war immer ein Glühverlust feststellbar. Die qualitativ-chemische Untersuchung erbrachte immer CO₂ und zum anderen einen geringfügigen Anteil an Hydratwasser. Daraus ersieht man, daß eine restlose Entsäuerung des Kalkes schwierig ist. Ähnliche Beobachtungen machte auch Noll (8) bei Dolomit. Es war weiters zu ersehen, daß ein Teil des SiO₂, das in den Schöckelkalkanalysen in Tabelle 1 als HCl-Unlösliches ausgewiesen wurde, in der Analysentabelle 3 als HCl-lösliche SiO₂ aufscheint. Diese Prozentsätze schwanken, treten aber überall auf. Es ist damit wohl erwiesen, daß durch den Branntprozeß ein Teil der ursprünglich HCl-unlöslichen Bestandteile des Schöckelkalkes HCl-löslich werden oder daß auch neue Verbindungen entstanden sind. Die CaO-Gehalte aus Tabelle 3, Branntkalk, sind in guter Übereinstimmung mit den Werten aus Tabelle 2, Schöckelkalk. Die Fe₂O₃-Gehalte sind in allen angeführten Analysentabellen, sowohl beim Rohmaterial Schöckelkalk, wie beim gebrannten Schöckelkalk einschließlich der Werte, die A. Hauser (7) anführte, immer höher als die Al₂O₃-Gehalte dieser Materialien. Das MgO schwankt und es ist lediglich zu ersehen, daß Werte unter 0.1 Gewichtsprozente selten anzutreffen sind. Es sind jedoch bislang keine Schöckelkalkanalysen bekannt, die über 5% MgO aufweisen; hierbei ist das MgO nur als Dolomit oder Magnesit vorhanden. (Siehe auch J. Hanselmayer [9]). Der zum Teil in den Rohstoffanalysen auftretende Schwefelgehalt dürfte nach O. Blümel (3) und J. Hanselmayer (10) wohl vom Pyrit des Schöckelkalkes herrühren. Die auftretenden S-Gehalte im Branntkalk können sowohl vom Rohmaterial als auch vom Brennstoff her stammen.

In den angeführten Analysen, Tabelle 3, liegt der überwiegende Anteil des Kalziums als CaO vor. Nur ein verschwindend geringer Prozentsatz wäre als CaCO₃ und Ca(OH)₂ zu rechnen; qualitativ chemisch bestimmt. Ob Bindungen des Kalziums mit dem SiO₂ und den Sesquioxiden vorhanden sind, kann nicht gesagt werden. Das MgO dürfte als Periklas vorliegen.

Das Brennen des Schöckelkalkes besteht im wesentlichen in der Kalzinierung von CaCO₃ bei genügend hoher Temperatur, d. h. das Kalziumkarbonat aufzuspalten und die Kohlensäure als Gas auszutreiben. Die Dissoziations-temperatur ist druckabhängig und liegt um so höher, je höher der Druck ist. Nach neueren Arbeiten liegt die Dissoziations-temperatur beim Druck von einer Atmosphäre bei 894.4° C. Die Abhängigkeit des Dissoziationsdruckes von der Temperatur im Bereich zwischen 790° C und 900° C kann nach S. C. Southard und P. H. Royster (11) durch eine Formel wiedergegeben werden. F. L. Cuthbert und R. A. Rowland (12) untersuchten Karbonate und deren Dissoziation unter bestimmten Versuchsbedingungen. Sie stellten beim Kalkspat den Beginn der Dissoziation bei 625° C, den Höhepunkt bei 840° C, das Ende bei 890° C fest. Der Reaktionsablauf wird nach der Höhe der angewandten Temperatur, von der Partikelgröße und dem zeitlichen Ablauf der Temperatursteigerung beeinflusst. G. F. Hüttig und H. Kappel (13) untersuchten die Dissoziationsgeschwindigkeit an pulverförmigen Kalziumkarbonatkörpern und stellten fest, daß in den Oberflächen die Zersetzung rasch verläuft. In den tieferliegenden Schichten bleibt die Zersetzung schichtenweise konstant, woraus zu folgern wäre, daß die Geschwindigkeit im wesentlichen von der Menge der in der Zeiteinheit zugeführten Wärmemenge und weniger von der Wärmeleitfähigkeit und von der Diffusion bestimmt wird. Erst nach tieferem Eindringen der Reaktion in das Korn wird auch die Wärmeleitfähigkeit und Diffusionsgeschwindigkeit für den Reaktionsablauf bestimmend.

Das bei der thermischen Zersetzung von CaCO₃ entstehende Produkt ist feinkristallines CaO. Es hat eine sehr große spezifische Oberfläche und löscht sehr leicht zu Ca(OH)₂. Werden die Brenntemperaturen erhöht, findet eine stetig zunehmende Vergrößerung der CaO-Kristalle statt. Diese Überlegungen haben im gleichen Maß für den Schöckelkalk Gültigkeit. G. L. Clark und Mitarbeiter (14) haben erstmals auf röntgenographischem Weg die Kristallvergrößerung festgestellt.

Messungen über die CaO-Teilchengrößen bei verschiedenen Brenntemperaturen machte jüngst J. Wuhrer (15), der bei den unten angeführten Brenntemperaturen folgende CaO-Teilchendurchmesser feststellte:

800° C	CaO-Teilchendurchmesser	0.3 μ
900° C	CaO-Teilchendurchmesser	von 0.5 bis 0.7 μ
1000° C	CaO-Teilchendurchmesser	von 1.0 bis 2.0 μ
1100° C	CaO-Teilchendurchmesser	etwa 2.5 μ

Bei der Brenntemperatur 1200° C hatten — nach 1½ Stunden Verweilen — die Teilchen einen Durchmesser von 3 bis 5 μ und bei einem weiteren Verweilen von 10 Stunden und gleichen Versuchstemperaturen die Teilchen bereits einen solchen von 6 bis 13 μ. Bei diesen Temperaturen waren

nach den Versuchen von J. W u h r e r schon Sintererscheinungen des Branntkalkes feststellbar.

Die vom gleichen Verfasser bei einem Branntkalk ermittelten spezifischen Oberflächen betragen bei einem

bei 800° C gebrannten Kalk	90.000 cm ² /g
bei 1000° C gebrannten Kalk	12.000 cm ² /g

Bei eintretender Sinterung des Brandkalkes fiel die spezifische Oberfläche auf 1000 cm²/g.

Der bei hohen Temperaturen erbrannte Kalk wird allgemein als „totgebrannter“ Kalk bezeichnet, eine Erscheinung, die beim gebrannten Schöckelkalk auch anzutreffen ist. Dieser „totgebrannte“ Kalk ist wesentlich dichter und ungleich schwerer löslich als der bei niederen Temperaturen gebrannte Kalk.

Es ist also für den Schöckelkalk, wie für alle Kalke, der so wichtige Lösungsprozess von der angewandten Brenntemperatur und der damit zusammenhängenden Rekristallisation der CaO-Kristalle abhängig. Nach W u h r e r hängt nun die Geschwindigkeit des Lösungsprozesses von der spezifischen Oberfläche ab. Diese bestimmt den zum Löschen notwendigen Temperaturanstieg und ist somit bestimmend für die Reaktionsgeschwindigkeit. Untersuchungen dieser Art wurden bei dem gebrannten Schöckelkalk noch nicht festgestellt.

Kommt das CaO mit Wasser in Berührung, so entsteht das Ca(OH)₂ nach der Gleichung: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca(OH)}_2$. Der gebrannte Kalk zeigt nach dieser Reaktion etwa folgenden Chemismus:

Tabelle 4:

Hydratkalk (trocken gelöscht) aus Schöckelkalk

	1 Gew. %	2 Gew. %
Glühverlust	25,69	26,10
Kohlensäure	Spuren	Spuren
HCl-Unlösliches	—	—
HCl-lösliche SiO ₂	0,66	0,61
Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	0,58	0,61
CaO	72,01	72,30
MgO	0,46	0,44
S + SO ₃ als SO ₃	0,28	Spuren
Rest, nicht bestimmt	0,32	—
	<u>100,00</u>	<u>100,06</u>

Rechnet man aus der Analyse 1 und 2 das gesamte CaO mit dem Glühverlust auf Ca(OH)₂, so verbleiben bei der analysierten Hydratkalkprobe 1 noch 2,65 Gew. % und bei der Hydratkalkprobe 2 noch 3,14 Gew. % Feuchtigkeit.

Aus dem Schöckel-Branntkalk entsteht nun durch Naßlösen der Teigkalk, Kalkbrei und Sumpfkalk oder durch nur kurzes Versetzen des Branntkalkes mit Wasser gerade bis zur Sättigung der pulverförmig gelöschte Kalk. Die durch das Löschen erreichbaren Teilchen sind bei

niedrig gebrannten Kalken durch einen Mahlprozeß kaum mehr weiter zu feinen. Sie liegen nach Untersuchungen von V. R o d t (16) an anderen Kalken je nach Brenngrad zwischen 2 und 4 μ und noch niedriger.

H. R. S t a l e y (17) berechnete die spezifische Oberfläche eines mit Wasserüberschuß gelöschten Kalkteiges mit 22,5 bis 33,2 m²/g. Beim Löschen mit geringerem Wasserezusatz ging die spezifische Oberfläche auf 15,2 bis 22 m²/g zurück. Bei trocken gelöschtem Kalkhydratpulver beträgt sie nach H. R. S t a l e y nur 8 bis 10 m²/g. Die Reaktion CaO und Wasser verläuft bei niedrig gebrannten Kalken stürmisch und es wird dabei eine beträchtliche Wärmemenge in Freiheit gesetzt. Sie beträgt nach A. I. G l a d y r e w s k y (18) für 1 g CaO 276 cal/g. Mit dieser Wärmemenge kann man das dem gebrannten Kalk zum Löschen zugesetzte Wasser zum Sieden bringen. Die Erscheinungen vom „Ersaufen“ und „Verbrennen“ des Kalkes sind bekannt. Im ersteren Fall wird zuviel Wasser dem Branntkalk zugesetzt, die für den Löschprozeß notwendigen Temperaturen fehlen, der Löschprozeß bleibt zum großen Teil aus. Im zweiten Fall wird zu wenig Wasser zugesetzt, es kommt zur übermäßigen Erhitzung des Branntkalkes und der Löschprozeß wird beeinträchtigt, der Kalk „verbrennt“.

Das Löschen des Kalkes ist nun wichtig, denn gelöschter Kalk ist nur dann einwandfrei, wenn keine ungelöschten Teilchen vorhanden sind, die infolge Nachlöschen bei der Verarbeitung oder im Mauerwerk oder Putz zu Treiberscheinungen führen. Bei diesem Nachlöschen — Hydratisieren — kommt es bekannterweise zu Volumsvergrößerungen, die in der Folge zu Absprengungen oder sonstigen Schäden führen können. Solche schwer löschbare Teilchen, die durch besonderes Rohgestein und durch Zufälligkeiten beim Brennen, z. B. zu hohes Brennen, entstehen, werden „Krebse“ genannt. Diese bilden dann griesige Rückstände, die z. B. im Kalkteig durch die Siebung sichtlich gemacht werden können. Diese Erscheinungen, die natürlich auch beim Schöckelkalk vorkommen, werden später behandelt.

Über die Treibneigung eines Weißkalkes gibt die Raumbeständigkeitsprüfung Auskunft. Darüber kann in den Normen nachgelesen werden.

Die Ergiebigkeit eines Kalkes wird durch das Ablöschen des Branntkalkes bestimmt. Es ist dies der Ertrag an Kalkteig im Liter aus einer bestimmten Gewichtsmenge Branntkalk. Aus 5 kg Branntkalk müssen nach DIN 1060 mindestens 11 Liter Kalkteig entstehen. Bei A. H a u s e r (7) ist nachzulesen, daß aus 10 kg Schöckelkalk-Branntkalk 30 Liter Breikalk, aus 10 kg Branntkalk 22 Liter Kalkteig und nach einer anderen Bestimmung aus 5 kg Branntkalk aus Schöckelkalk 11,7 Liter Kalkteig entstehen können.

Beim trocken gelöschten Kalk ist das Litergewicht zu bestimmen. Diese Prüfung erbrachte, gemessen mit dem Einlaufgerät nach DIN 1060, an den vorne analysierten Hydratkalkproben folgende Ergebnisse:

Litergewicht r_e in kg (eingelaufen):		
kleinster Wert	größter Wert	Mittelwert
0,455	0,553	0,493

Litergewicht r_g in kg (eingerüttelt):

kleinster Wert	größter Wert	Mittelwert
0,522	0,664	0,606

Es ist für den Verbraucher von Interesse, wieviel Kalk er für einen m³ Frischmörtel (Kalk-Sand-Wasser) verbraucht, wenn dieser kellengerecht sein soll. Es wurden nun Mischungsreihen angestellt, in denen die einzelnen Komponenten gewichtsmäßig erfaßt werden. In Tabelle 5 wurde der vorne untersuchte Hydratkalk verwendet, in der Tabelle 6 ein aus Schöckel-Branntkalk hergestellter Teigkalk herangezogen.

Tabelle 5: Mischungsversuche mit Hydratkalk aus Schöckelkalk

Hydratkalk-Litergewicht, eingelaufen, r_e in kg: 0,420;
0/1 mm Sand, resch — Litergewicht, r_e in kg: 1,366

Ein Kubikmeter Hydratkalkmörtel enthält etwa:

Mischungsverhältnis in Volumsteilen	Frischraumgewicht in kg/dm ³	Hydratkalk		Sand		Wasser Liter
		Liter	kg	Liter	kg	
1 : 3	1,930	330	138	990	1340	450
1 : 4	1,930	258	107	1030	1370	452
1 : 6	1,930	177	74	1060	1400	453

Tabelle 6: Mischungsversuche mit Teigkalk

Wassergehalt des Teigkalkes: 58 Gew.%.
Das angegebene Teigkalkgewicht ist auf den getrockneten Teigkalk aus Schöckelkalk bezogen worden.

Sand 0/1 mm wie in Tabelle 5.

Mischungsverhältnis in Volumsteilen	Frischraumgewicht in kg/dm ³	Teigkalk kg	Sand		Wasser Liter
			Liter	kg	
1 : 3	1,910	316	990	1340	462
1 : 4	1,880	245	1030	1370	449
1 : 6	1,860	169	1060	1400	453

Aus den Mischungsversuchen ersieht man, daß bei Verwendung von Teigkalk etwas weniger Kalk als getrockneter Kalk — Hydratkalk — gerechnet, in Anwendung kommen kann. Dieser geringe Kalkbedarf dürfte mit der größeren spezifischen Oberfläche des verwendeten Teigkalkes im Zusammenhang stehen, was, wie vorne erwähnt, Staley (17) in einer Versuchsreihe studieren konnte.

Über die Erhärtung von Weißkalkmörtel ist in der Literatur im besonderen bei Alberti (19) nachzulesen. Dieser Verfasser und noch

viel andere Bearbeiter dieser Fragen haben bei Untersuchungen festgestellt, daß eine Reaktion zwischen Kalkhydrat und natürlichen Zuschlagmaterialien mit Ausnahme von z. B. Opal und anderen reaktionsfähigen natürlichen Mineralien bei normalen Temperaturen nicht stattfindet, sondern daß die Erhärtung der Weißkalkmörtel in der Hauptsache eine Karbonaterhärtung, also Aufnahme von Luftkohlendioxid, Reaktion dieser mit dem $\text{Ca}(\text{OH})_2$ unter Beteiligung des Anmachwassers und der Luftfeuchtigkeit und Bildung von CaCO_3 ist. Es wurde festgestellt, daß die Festigkeit des Weißkalkmörtels mit der Karbonatisierung ansteigt und die Reaktionsgeschwindigkeit zwischen Kalkhydrat und Kohlendioxid vom relativen Feuchtigkeitsgehalt der umgebenden Luft abhängt. Alberti (19) zeigt z. B. in einer Versuchsreihe, daß bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 65 bis 75 Prozent die Erhärtung stetig ansteigt, während diese unterbrochen wird, wenn die relative Luftfeuchtigkeit höher als 75 Prozent ist.

Es ist in der Praxis häufig feststellbar, daß der Weißkalkmörtel vorzeitig austrocknet und das für die Reaktion notwendige Wasser daher fehlt, es kommt dann der Karbonatisierungsvorgang zum Stillstand. Zu beobachten ist dies deutlich an Putzproben von vorzeitig beheizten Räumen. Es wird hier die Karbonatisierung — Erhärtung — vorzeitig durch Wasserentzug eingestellt. Solche Mörtel haben außerordentlich niedere Festigkeiten und fallen oft bei geringster mechanischer Beanspruchung von den Wänden. Es gibt aber auch solche Weißkalkmörtel, die mit zu viel Wasser angemacht wurden. Es entsteht dann eine oberflächliche karbonatisierte Haut, die sehr dicht und fest ist, die aber die Karbonatisierung der ganzen Mörtelschicht in der Tiefe sehr stark erschwert, wenn nicht verhindert. Solche Mörtel weisen hinter der verfestigten Karbonatschicht keinerlei Festigkeiten auf und zerfallen nach Durchstoßen dieser in ihre Komponenten.

Es hat in den letzten Jahren nicht an Versuchen gefehlt, die Festigkeitsprüfungen des Weißkalkes an erdfeuchtem Mörtel zu verwerfen und Prüfkörper herzustellen, die nicht nur einen Vergleich mit der Praxis gestatten, sondern auch der Erhärtung des Weißkalkes besser Rechnung tragen. Es soll diesen Bestrebungen nicht vorgegriffen werden, es muß betont werden, daß diese sehr zu begrüßen sind.

Wenn im Nachstehenden Prüfverfahren nach DIN 1060 für den Schöckelkalk angewandt wurden, so deshalb, weil darüber bislang keine normengemäße Erneuerung der Prüfmethode erfolgt ist. Die Festigkeitsprüfung nach DIN 1060 erbrachte folgende Ergebnisse mit Hydratkalk auf Schöckelkalkbasis.

Erdfeuchter Mörtel aus: 1 Gew.-T. Kalk, 3 Gew.-T. Normensand, 10% Wasser; Luftlagerung.

Zugfestigkeiten in kg/cm^2 :

Alter in Tagen	kleinster Wert	größter Wert	Mittelwert
7	1,9	3,2	2,6
28	3,1	6,0	4,1

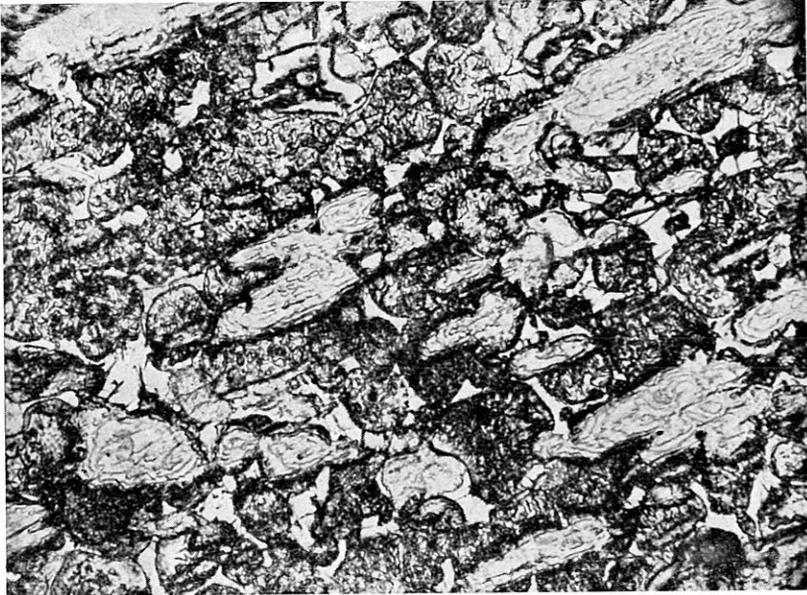


Abb. 1: Auflicht, 200fach. CaO und Ca(OH)_2 , ein gebanktes Gefüge bildend (hell- und dunkelgrau). Glas (weiß) füllt die Zwickel aus

Druckfestigkeiten in kg/cm^2 :

Alter in Tagen	kleinster Wert	größter Wert	Mittelwert
7	1,1	13,8	6,7
28	15,0	27,0	20,0

Die Druckfestigkeitsprüfung eines kellengerechten Mörtels, der gleich wie in Tabelle 5 aus Schöckelkalk-Hydrat angefertigt wurde, erbrachte folgende Ergebnisse nach 28 Tagen Luftlagerung:

in Volumsteilen Mischungsverhältnis	Druckfestigkeiten kg/cm^2		
	kleinster Wert	größter Wert	Mittelwert
1 : 3	1,4	1,9	1,7
1 : 4	1,4	1,6	1,5
1 : 6	0,8	1,1	1,0

Alle Festigkeitswerte aus gebrannten Schöckelkalkprodukten liegen, verglichen mit anderen ähnlichen Weißkalken, etwa auf gleicher Höhe.

Zusammenfassung

Aus den angeführten chemischen Analysen ist die chemische Veränderung des Schöckelkalkes beim Durchgang durch den Schachtofen ersichtlich. Bemerkenswert ist die festgestellte nicht vollständige Entsäuerung des Schöckelkalkes beim Brennen und der Anteil der löslichen Kieselsäure in den Analysen der gebrannten Schöckelkalkprodukte. Diese ausgewiesene lösliche SiO_2 des gebrannten Schöckelkalkes ist im Schöckelkalk-Rohstein nicht angetroffen worden. Neben der Veränderung des gebrannten Schöckelkalk-Branntkalkes beim trockenen Löschen werden allgemeine, auch für den Schöckelkalk gültige Erläuterungen über das Brennen des Kalksteines, Löschen des Branntkalkes und den Erhärtungsvorgang angeführt.

Technologische Untersuchungsergebnisse gebrannter Schöckelkalkprodukte erbrachten die Vergleichbarkeit mit anderen, ähnlichen Kalkprodukten.

Nachstehend wird über die Konstitution eines Überbranntkalkes berichtet, der aus einem Schöckelkalk-Schachtofenbetrieb stammt. Es wird oftmals beobachtet, daß im überbrannten Kalk, im weißen CaO -Pulver, auch dunkelgraue, rundliche und sehr harte Aggregate auftreten. In der Praxis des Kalkbrennens ist man bemüht, die Entstehung dieser Aggregate hintanzuhalten, doch treten sie mit verschiedener Häufigkeit immer wieder auf.

Zur Untersuchung der Konstitution dieser Aggregate standen Proben zur Verfügung, die beim Brennen von Schöckelkalk aufgetreten sind, wobei der Chemismus dieser Kalksteine in den vorne angeführten Analysen niedergelegt ist. Beim Aussieben der Überbrannt-Kalkproben finden sich neben weißem CaO -Pulver porige Schlackenteile sowie harte rundliche Aggregate. Quantitativ-chemisch wurden analysiert die harten rundlichen Aggregate gemeinsam mit den porigen Schlackenteilen.

Weiterhin sollte eine Röntgenpulveraufnahme zeigen, wie die Komponenten sich mit der Zeit ändern. Hierzu wurde eine Probe verwendet, aus welcher die Schlackenanteile entfernt waren und die bereits zehn Wochen im lufttrockenen Labor gelagert waren. In der Tabelle sind die Intensitäten und die Netzebenenabstände der untersuchten Probe und der Vergleichssubstanz aufgeführt (21, 1937).

Probe		CaO	
Int.	$d = \overset{\circ}{\text{Å}}$	Int.	$d = \overset{\circ}{\text{Å}}$
st.	2,40	10	2,40
st.	1,70	10	1,70
m	1,47	8	1,45
m	1,39	8	1,39
m	1,10	6	1,10
m	1,04	8	1,07
m	0,95	7	0,97
s	0,86	3	0,85
m	0,82	5	0,81

Aus dieser Übereinstimmung ist ersichtlich, daß auch nach zehnwöchiger Lagerung im lufttrockenen Raum noch immer überwiegend CaO vorliegt.

Nach insgesamt fünfmonatiger Lagerung im lufttrockenen Labor fanden, wie zu erwarten, bereits Umsetzungen statt. Die Röntgenpulveraufnahme einer ähnlichen Substanz lieferte die im folgenden wiedergegebenen Intensitäten und Netzebenenabstände; daneben sind diejenigen von Ca(OH)_2 und CaCO_3 gestellt.

Probe		Ca(OH)_2		CaCO_3	
Int.	$d = \overset{\circ}{\text{Å}}$	Int.	$d = \overset{\circ}{\text{Å}}$	Int.	$d = \overset{\circ}{\text{Å}}$
s	4,94				
ss	3,05			10	3,06
st.	2,60	10	2,63		
m	1,92	8	1,93	6	1,92
m	1,78	9	1,79		
m	1,48	6	1,48		
m	1,44	5	1,46		

Die Übereinstimmung der starken Linien der Probe mit denjenigen von Ca(OH)_2 ist gut. Die sehr schwache Linie $d = 3,05$ kann derjenigen von Kalzit mit $d = 3,06$ entsprechen (22, 1939). Hiefür spricht auch die nächste Linie von Kalzit mit $d = 1,92$, die in der untersuchten Probe ebenfalls auftritt. Zudem fällt sie mit einer mittleren Linie von Ca(OH)_2 mit $d = 1,93$ praktisch zusammen.

Die bei der Probe zuerst auftretende schwache, aber reelle Interferenz mit $d = 4,94$ kann bis jetzt noch keiner Phase zugeordnet werden.

Damit ist nun festgestellt, daß Ca(OH)_2 erst nach fünfmonatiger Lagerung im lufttrockenen Raum als überwiegende Komponente auftritt.

Mit der Zusammenfassung der Beobachtungen sollen zugleich die eingangs gestellten Fragen behandelt werden.

Nachgewiesen als feste Komponenten sind: CaO , Ca(OH)_2 und Glas. Die Härte dieser beim Kalkbrennen verschieden häufig auftretenden runden Aggregate wird aus ihrem Gefüge verständlich: CaO - und Ca(OH)_2 -Körner werden durch das zwickelfüllende Glas fest miteinander verbunden. Dieses feste Gefüge ermöglicht erst nach fünfmonatiger Lagerung im lufttrockenen Raum eine völlige Umsetzung des CaO zu Ca(OH)_2 bzw. CaCO_3 . Neben dieser festen Verbindung der CaO -Körner durch die Schlacke beeinflusst wohl auch ihre Korngrößenverteilung die Öffnungsgeschwindigkeit der Intergranulare für H_2O und CO_2 . Als Ursache der Bildung von Silikatschlacken ist, wie die vorne angeführten Analysen zeigen, der Chemismus des verwendeten Kalksteines zu nennen. Für die feste Bindung der Komponenten dürfte die Ofentemperatur von Einfluß sein.

Für die Ermöglichung der optischen und röntgenographischen Untersuchung möchte ich Herrn Prof. Dr. H. Heritsch auch an dieser Stelle danken.

L I T E R A T U R

1. E. Clar: N. Jb. f. Min. Abt. B., 1935.
2. H. Flügel, V. Maurin und K. Nebert: Verhandl. d. geol. Bundesanstalt, 1952, H. 3.
3. O. W. Blümel: Unveröff. Dissertation 1939, Universität Graz.
4. H. Hübl: Zentralbl. f. Min.Geol. u. P., Abt. A., 1942.
5. H. Urregg: Zentralbl. f. Min.Geol. u. P., Abt. A., 1942.
6. H. Seelmeier: Z. f. prakt. Geol. 50, 1942.
7. A. Hauser und H. Urregg: Gesteinstechn. Untersuchungen, LK. f. Techn. Geol. u. LK. f. Festigkeitslehre u. Materialprüfung, 1949.
8. W. Noll: Fortschr. d. Min. 29/30 (1951).
9. J. Hanselmayer: Heidelberger Beiträge z. Min. u. Petr. B. 2, 1951.
10. J. Hanselmayer: Naturw. Ver. f. Stmk., 81/82 (1952).
11. S. C. Southard und P. H. Royster: Journ. Phys. Chem. 40, 435 (1936).
12. F. L. Cuthbert und R. A. Rowland: The am. Min. Vol. 32/1938.
13. G. F. Hüttig und H. Kappel: Z. f. angew. Chemie 53/37 (1940).
14. G. L. Clark und Mitarbeiter: Ind. Engng. Chem. 32 (1940).
15. J. Wuhrer: Z. Zement, Kalk, Gips, Nr. 10 (1953).
16. V. Rodt: Tonind.Ztg., 61, 1937.
17. A. R. Stalay: Chem. and Lime Manuf. 20 (1947).
18. A. J. Gladyrnosky: Aus Kühl, Zementchemie, 2. Bd.
19. K. Alberti: Z. Zement — Kalk — Gips 3, 25 (1950).
20. F. Trojer und F. Angel: Radex 1953 / Mineralogentagung.
21. Lea und Desch: Chemie d. Zements u. Betons, 1937.
22. M. Mehmel: Fortschr. d. Min., Bd. 23 (1939).

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen der Abteilung für Mineralogie am Landesmuseum Joanneum](#)

Jahr/Year: 1953

Band/Volume: [2 1953](#)

Autor(en)/Author(s): Blümel Otto W., Paulitsch Peter

Artikel/Article: [Über den gebrannten Schöckelkalk 25-36](#)