

# DAS KALKBRENNEN

MIT BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG  
DES SCHACHTOFENS MIT MISCHFEUERUNG  
UND DIE GEWINNUNG VON KOHLEN-  
SÄUREHALTIGEN GASEN

VON

**BERTHOLD BLOCK**

ZIVILINGENIEUR / BERLIN-CHARLOTTENBURG

ZWEITE, ERWEITERTE AUFLAGE

MIT 270 ABBILDUNGEN IN DER SCHRIFT



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH  
1924

ISBN 978-3-662-33722-6      ISBN 978-3-662-34120-9 (eBook)  
DOI 10.1007/978-3-662-34120-9

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1924  
Ursprünglich erschienen bei Otto Spamer, Leipzig 1924  
Softcover reprint of the hardcover 2nd edition 1924



## Vorwort zur ersten Auflage.

Das Brennen des Kalksteines dient dazu, den kohlen-sauren Kalk in Ätzkalk zu verwandeln, weil dieser Eigenschaften besitzt, die ihn zu vielen menschlichen Zwecken erst recht verwendbar machen. Altbekannt ist die Verwendung des Ätzkalkes als Bindemittel beim Mauern. Mit der Zunahme der chemischen Industrie hat aber auch dort der Verbrauch von Ätzkalk außerordentlich zugenommen. Am ältesten und am größten dürfte wohl die Verwendung des Ätzkalkes in der Zuckerindustrie gewesen sein. Hier wird der Kalk zum Scheiden, Niederschlagen der in den rohen Zuckersäften vorhandenen Verunreinigungen verwendet, und dann wird der im Überschuß angewendete Ätzkalk durch Sättigung (Saturation) mit der aus den Kalksteinen ausgetriebenen Kohlensäure zur Fällung gebracht, so daß sich dieser wiedergebildete kohlen-saure Kalk leicht abfiltrieren läßt. Er dient dann zum Düngen. In der Rohzuckerfabrik hat man also einen Betrieb, bei dem sowohl der gewonnene Ätzkalk als auch die Kohlensäure nutzbare Verwendung finden. Zur Gewinnung des in der Melasse (der Endlaugung in der Rohzuckerfabrikation) noch vorhandenen Zuckers arbeiten auch manche Zuckerraffinerien nach dem sog. Kalksaccharatverfahren. Man nutzt hier die Bildung des Kalkes mit Zucker zu Kalksaccharat aus.

Ein außerordentlich großes Anwendungsgebiet hat der Kalk auch durch die Einführung der *Solvayschen* Ammoniaksodaherstellung gewonnen. Die Kochsalzsole wird durch Einleiten von Ammoniak gesättigt. In den Karbonisationsapparaten wird die aus dem Kalkofen entweichende  $\text{CO}_2$  zur Bildung von  $\text{NaHCO}_3$  benutzt. Der gebrannte Kalk dient zur Destillation des Ammoniaks. Hier sind Kalk und Kochsalz (als Sole) die Grundstoffe, die die Wirtschaftlichkeit in außerordentlicher Weise beeinflussen. Nur wo beide billig, also vor allen Dingen ohne große Anfuhrkosten zu erlangen sind, ist die Sodaherstellung erfolgreich. Während man bei der Zuckerherstellung die Fabrik dort hinstellt, wo die Rüben wachsen, und dann unter Umständen den Kalk weit anfährt (mecklenburgische Zuckerfabriken z. B. aus Schweden), so wird man die Ammoniaksodafabrik dort aufbauen müssen, wo sich in unmittelbarer Nähe Kalkstein und Sole in guter Form und reichlicher Menge befinden (Bernburg i. Anhalt). Deshalb wird man z. B. in Schweden und Norwegen kaum jemals mit Vorteil Ammoniaksoda erzeugen können, trotzdem Kalksteine vorhanden, weil dort nur wenige schwache Solequellen erbohrt wurden. In der Schweiz, wo beide Grundstoffe an gewissen Stellen (Schweizerhall) gut und reichlich vorhanden, ist man erst im Weltkriege zur Errichtung einer Ammoniaksodafabrik geschritten, um sich vom Ausland unabhängig

zu machen. Vorher verhinderte die große wirtschaftliche Macht der *Solvay*-Fabriken die Errichtung. Daß man bei der Ammoniak soda in viel höherem Maße an die Fundstelle der Kalksteine gebunden ist, gegenüber der Zuckerfabrikation, hängt damit zusammen, daß in bezug auf das zu bewegendende Rübengewicht nur wenige Prozente Kalksteine (4 bis 6 Proz.) zu beschaffen sind; dagegen für 1 t calcinierte 98proz. Soda sind erforderlich etwa 6 cbm gesättigte Sole, 1200 kg Kalksteine, 110 kg Koks, 700 kg Steinkohle und 5 kg Ammonsulfat.

Die Herstellung der Ätzkalilauge durch Fällung siedender Pottaschelösung mit Kalkmilch, die nach dem Absitzen eingedampft wird, ist jetzt vielfach durch elektrolytische Darstellung aus Chlorkaliumlösung ersetzt. Dies gilt auch von der Erzeugung der Natronlauge.

Dafür haben sich aber wieder andere, weite Gebiete der Verwendung des Kalkes in der chemischen Industrie aufgetan. So z. B. bei der Herstellung des Kalksalpeters, des Calciumcyanamids und Carbids. In Odda (Norwegen) wurden im Jahre 1914 etwa 125 000 PS für die Herstellung von Carbid und Cyanid benutzt. In den letzten Jahren wurden in dieser Fabrik jährlich 150 000 t Kalkstein verwendet, der von dem Kalksteinvorkommen bei Levanger geholt wird. Hieraus wurden 85 000 t gebrannter Kalk gewonnen und mittels 5000 t Koks und 45 000 t Anthrazitkohle in 98 000 t Carbid umgewandelt. (Chem.-Zeit. 1914, S. 1110.)

Ganz außerordentlich hat auch die Erzeugung des Norgesalpeters (Kalksalpeters) zugenommen. Sie betrug im Jahre 1905 nur etwa 125 t und im Jahre 1913 schon 75 000 t. Allerdings wird nur ein Teil als gebrannter Kalk hierfür verwendet, denn die Hauptmenge wird durch Überrieselung der Kalksteine mit Salpetersäure gewonnen und nur die endgültige Neutralisation mit gebranntem Kalk ausgeführt. Aber auch dann und bei sehr vielen anderen Industrien ist man gezwungen, sich den Ätzkalk selbst zu erzeugen, und es fehlt dann ein Buch, welches sich näher mit dem Wesen des Kalkbrennens befaßt. Dabei will ich aber nicht alle möglichen Kalkofenarten behandeln, sondern nur den Schachtofen und auch von diesem in der Hauptsache nur den mit unmittelbarer Mischung des Brennstoffes unter die Kalksteine. Ich tue dies deshalb, um nicht in uferlose Abhandlungen zu kommen, und vor allen Dingen deshalb, weil sich dieser Kalkofen in der chemischen Industrie am besten bewährt hat. Auch weil er die beste Verwendung von Koks gestattet. Der Weltkrieg hat gezeigt, wie außerordentlich wichtig es ist, alle uns zur Verfügung stehenden Rohstoffe bis aufs äußerste auszunutzen, daß es falsch ist, die wertvollen Mitbestandteile der Kohle nutzlos zum Schornstein herauszujagen, anstatt sie aufzufangen und der Volkswirtschaft zuzuführen. Bei der Steinkohle geschieht dies am besten in der Kokerei, die die sog. Nebensstoffe zu gewinnen gestattet und dann einen vorzüglichen Koks liefert. Dieser Koks sollte bei allen Feuerungen statt der Kohle, wenn es nur irgend möglich ist, verwendet werden. Beim Schachtkalkofen geschah dies schon im ausgedehnten Maße, doch werden noch viele mit Steinkohle befeuert. Auch hier soll mein Buch aufklärend wirken.

Bei der Abfassung des Buches fragte ich mich oft, ob es nützlich ist, nur für eine solche einzelne Vorrichtung der Technik ein solches Buch zu schreiben. Doch glaube ich, daß solche Einzeldarstellung am leichtesten vollen Einblick schafft und zu Ausblicken in andere Gebiete veranlaßt und so doch ein kleines Steinchen in das Gebäude des Fortschrittes eingefügt wird. Besonders der mitten in der technischen Tätigkeit Stehende hat nicht die Zeit, sich in Einzelfälle zu vertiefen und über alle Vorgänge Rechenschaft zu geben. Gern wird er deshalb zu einem Buch greifen, das ihm all die einzelnen Gedankenschlüsse abnimmt und zu bestimmten Ergebnissen führt, ihm aber auch möglichste Klarheit schafft.

Ich selbst fand bei der bisherigen Berechnung und Beurteilung der Kalköfen so viele Lücken, daß ich meine Mußstunden zur Vertiefung dieser Berechnungen verwendete. Die ersten Ergebnisse habe ich im Zentralblatt für die Zuckerindustrie veröffentlicht. Deren weiteren Ausbau und umfassenderes Eindringen stellt dieses Buch dar. Absichtlich habe ich nicht nur die jetzt bestehenden Ansichten, jetzt benutzten Einrichtungen in den Bereich meiner Arbeit gezogen, sondern habe immer zurück zu alten Ansichten, Vorschlägen, Formen und Erfahrungen gegriffen, um den Gang besser zu erläutern, um besseres Verständnis für den jetzigen Zustand zu schaffen, um vor allen Dingen Rückschritte zu verhindern. Gerade aus der Unkenntnis früherer Verhältnisse entstehen häufig vermeintliche neue Erfindungen und Verbesserungen, die sich schon als ungeeignet erwiesen haben. Nicht nur falsche Hoffnungen, sondern auch der Allgemeinheit schädliche Rückschlüsse und Verluste verursachend.

Manches ist noch nicht vollendet, aber ich hoffe trotzdem, vielen damit nützlich zu werden.

Die Drucklegung hat sich durch den Krieg verzögert, nicht zum Schaden des Werkes. Noch manches habe ich in der Zwischenzeit eingefügt, noch manche neue Veröffentlichungen mit verarbeiten können.

Charlottenburg, im Februar 1916.

**Berthold Block.**

## Vorwort zur zweiten Auflage.

Die Handschrift für die I. Auflage ist im Kriege beendet und das Buch unter manchen verzögernden Schwierigkeiten doch mitten im Weltkriege 1917 erschienen. Der Krieg als solcher ist zu Ende. Bedeutende Rohstofflager, besonders Kohlenfelder, sind uns entzogen.

Mehr denn je sind wir gezwungen, zu sparen mit den Stoffen, die uns das Fleckchen Erde, das uns gelassen wurde, zur Verfügung stellt. Auch das Kalkbrennen erfordert bedeutende Arbeitskräfte, sei es für die Beschaffung der Kohle, sei es für die Beschaffung der Kalksteine und der Brennvorrichtungen. Immer mehr ergibt sich deshalb die Notwendigkeit, volle Klarheit über die theoretischen Grundlagen, Arbeitsweisen und über die Wirtschaftlichkeit zu schaffen.

Wenn ich nun in der ersten Auflage nur den Schachtofen in den Kreis meiner Betrachtungen zog, so muß ich jetzt doch den Umfang erweitern, um besseren Einblick in das Gesamtgebiet des Kalkbrennens zu gewähren. Ich folge damit auch vielen an mich herangetretenen Wünschen.

Aus den Ausführungen wird sich ergeben, daß die Entwicklung der Kalköfen doch einen recht verwickelten Zickzackweg, mit manchen Schleifen, durchgemacht hat. Von den allereinfachsten Schächten ist man über schwierigste Formgebungen heute wieder zurück zum schlanken zylindrischen Schacht gelangt. Deshalb sind aber die vorhandenen Einrichtungen doch nicht ohne weiteres zu verwerfen.

Man muß immer bedenken, daß der Ersatz des Alten durch Neubauten großen Aufwand an Kapital und Arbeit fordert, der häufig den Gewinn aufzehrt. Schwierig ist auch die Umstellung der Feuerung auf andere Brennstoffe, da man infolge der unsinnigen „Reparationen“ nicht weiß, was morgen für ein Brennstoff zur Verfügung steht. Während früher der schmiedeeiserne Schachtofenmantel der billigste und zweckmäßigste war, ist man durch den Eisenmangel gezwungen, wieder mit Steinen aus dem eigenen Bruch die Mäntel aufzumauern.

Alle diese schwankenden Verhältnisse sollen uns nicht abhalten, unser Ziel der möglichsten Vollkommenheit zu erreichen zu suchen. Die wechselnden Bedingungen verlangen aber einen Ausblick nach allen Seiten, um jedem zu ermöglichen, das zu finden, was er braucht. Ich habe deshalb den Umfang der zweiten Auflage wesentlich vermehrt und bin dem Verleger für sein Entgegenkommen sehr dankbar.

Den Aufbau des Buches habe ich beibehalten. Ich habe mich nicht entschließen können, dem von einer Seite geäußerten Wunsch nachzukommen, die „Eigenschaften des Rohstoffes“ gleich am Anfang zu bringen. Dadurch würde das klare Bild nur getrübt. Es erscheint mir nützlicher, erst von allen Nebenumständen abzusehen, um dann allmählich in die Wirklichkeit überzugehen. Die scheinbar verwickelten Zustände sind dann leichter zu lösen und der Erkenntnis entgegenzuführen.

Berlin - Charlottenburg, im September 1922.

**Berthold Block.**

# Inhalt.

	Seite
Vorwort zur ersten Auflage . . . . .	III
Vorwort zur zweiten Auflage . . . . .	VI
<b>A. Allgemeines . . . . .</b>	<b>1</b>
1. Die Bedeutung des Kalkes und seine hauptsächlichsten Anwendungsgebiete . . . . .	1
2. Die Nutzbarmachung abfallender Kalkschlämme . . . . .	8
<b>B. Geschichtliches . . . . .</b>	<b>12</b>
3. Die alten Kalköfen . . . . .	12
4. Der Schachtofen mit Mischfeuer . . . . .	16
5. Die Anwendung der Gasfeuerung. . . . .	20
6. Der Drehrohrofen. . . . .	21
7. Der Ringofen . . . . .	23
8. Der Tunnel- oder Kanalofen. . . . .	27
<b>C. Chemisches und Physikalisches . . . . .</b>	<b>28</b>
9. Chemisches in bezug auf das Kalkbrennen . . . . .	28
10. Die physikalischen Vorgänge beim Kalkbrennen . . . . .	30
11. Das Kalkbrennen im Kohlensäurestrom. . . . .	37
12. Der Einfluß des Wassers, des Wasserdampfes und der Gase auf das Kalkbrennen . . . . .	42
13. Der Einfluß von Kohle, Koks und Sägemehl auf den Brennvorgang . . . . .	51
<b>D. Die Aufenthaltszeiten im Kalkofen . . . . .</b>	<b>53</b>
14. Vorwärmezeit im Kalkofen . . . . .	55
15. Die Brenndauer der Kalksteine . . . . .	60
16. Die Zeit zum Abkühlen des gebrannten Kalkes . . . . .	65
17. Die Gesamtaufenthaltszeit des Kalkes im Kalkofen . . . . .	68
18. Der Einfluß der wirklichen Kalksteinform . . . . .	70
<b>E. Die Feuerung . . . . .</b>	<b>72</b>
19. Brennstoffverbrauch für das Kalkbrennen im Ideal-Kalkofen . . . . .	72
20. Wirklicher Brennstoffverbrauch des Schachtofens mit Mischfeuer . . . . .	78
21. Der allgemeine Brennstoffverbrauch . . . . .	79
22. Einfluß der Brenntemperatur auf den Brennstoffverbrauch . . . . .	79
23. Das Kalkbrennen durch Verdunsten . . . . .	83
24. Kalkbrennen unter Luftverdünnung . . . . .	84
25. Der Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf den Brennstoffverbrauch . . . . .	85
<b>F. Die Feuerungsarten . . . . .</b>	<b>86</b>
26. Die Wahl des Brennstoffes . . . . .	87
27. Die Wahl des Brennstoffes für das Mischfeuer im Schachtofen . . . . .	88
28. Der Schaden für die Volkswirtschaft durch die Verluste der Nebenerzeugnisse . . . . .	91
29. Koks zum Kalkbrennen im Mischfeuer . . . . .	93
30. Die Koksasche . . . . .	103
31. Die Größe der Koksstücke für Mischfeuer . . . . .	106



	Seite
32. Abkühlungsverluste des Schachtkalkofens . . . . .	117
33. Höchsttemperaturen im Kalkofen mit Mischfeuer . . . . .	123
34. Kalkschachttöfen, die das Zumischen von vergasendem Brennstoff in der Brennzone gestatten . . . . .	129
35. Ringöfen für Streufeuer . . . . .	132
36. Die Staubfeuerung . . . . .	140
37. Die Ölfeuerung . . . . .	142
38. Die Gasfeuerung . . . . .	146
39. Die festen Brennstoffe für die Gaserzeugung . . . . .	147
40. Die Vorgänge bei der Vergasung fester Brennstoffe . . . . .	150
41. Die Gaserzeuger (Generatoren) für die Vergasung fester Brennstoffe . . . . .	157
42. Die Gaserzeuger für die Vergasung flüssiger Brennstoffe . . . . .	165
43. Die Ausnutzung der Abwärme von Industrieanlagen . . . . .	165
44. Allgemeine Forderungen des Kalkofens an die Gasheizung . . . . .	166
45. Einige Bauarten von Kalköfen für Gasheizung . . . . .	170
46. Heizung mittels Elektrizität . . . . .	185
<b>G. Das Feuerkleid . . . . .</b>	<b>189</b>
47. Die chemischen Einwirkungen auf das Feuerkleid . . . . .	190
48. Die mechanische Beanspruchung des Kalkofenfutters . . . . .	191
49. Der Einfluß der Temperatur auf das Feuerkleid . . . . .	193
50. Die Höhe der Auskleidung in den verschiedenen Zonen des Schachtofens . . . . .	200
51. Die Wärmeleitfähigkeit des Feuerkleides . . . . .	202
52. Die Warmausdehnung des Feuerkleides . . . . .	203
53. Die Schamottesteine . . . . .	204
54. Dynamidon, Tonerdesteine, Bauxitsteine . . . . .	210
55. Quarzschiefer, Kieselschiefer . . . . .	211
56. Ausklebemassen . . . . .	215
57. Prüfung des Gebrauchswertes des Feuerkleides . . . . .	217
58. Das Aufmauern des Feuerkleides . . . . .	221
59. Die Aufbewahrung der feuerfesten Steine . . . . .	223
<b>H. Der Kalkofenmantel . . . . .</b>	<b>224</b>
60. Der gemauerte Kalkofenmantel . . . . .	224
61. Kalkofenmantel aus Beton . . . . .	225
62. Der eiserne Kalkofenmantel . . . . .	227
63. Der Schutz gegen Wärmeverluste nach außen . . . . .	227
64. Die Kühlung des Feuerkleides . . . . .	229
65. Schau- oder Stockerlöcher, Bedienungsbühnen . . . . .	232
66. Die Fundamente . . . . .	234
<b>J. Die Form des Schacht-Kalkofens . . . . .</b>	<b>235</b>
67. Die Form des Schachtes . . . . .	235
68. Versuche an einem Modell über die Schichtenbildung . . . . .	242
69. Einfluß der Form auf die Gasbewegung . . . . .	248
<b>K. Die Leistung des Kalkofens . . . . .</b>	<b>250</b>
70. Die Raumbeanspruchung der Kalksteine . . . . .	250
71. Der Rauminhalt des Mischofens . . . . .	251
72. Die erfahrungsgemäße Leistung des Mischofens . . . . .	254
73. Der Rauminhalt des Gas-Schachtofens . . . . .	257
74. Die Höhe des Schachtofens oder die Länge des Ofenraumes im Verhältnis zum Durchmesser . . . . .	258
75. Die Abmessungen und die Leistung des Drehrohrofens . . . . .	263
76. Der Rauminhalt und die Leistung des Ringofens . . . . .	268

	Seite
<b>L. Die Kalkofengase</b> . . . . .	272
77. Der Kohlensäuregehalt der abziehenden Kalkofengase und dessen Zusammenhang mit dem Koksverbrauch . . . . .	273
78. Der Sauerstoffüberschuß in den Kalkofengasen . . . . .	276
79. Kalkbrennen mit reinem Sauerstoff oder mit Sauerstoff angereicherter Luft	284
80. Das Kohlenoxyd in den Kalkofengasen . . . . .	285
<b>M. Der Ofenzug</b> . . . . .	291
81. Die Notwendigkeit des Ofenzuges . . . . .	291
82. Der natürliche Zug und dessen Vergrößerung durch einen Schornstein . . . . .	294
83. Der künstliche Ofenzug . . . . .	300
84. Die Erzeugung des Ofenzuges durch Druckluft . . . . .	304
85. Der Hilfsschornstein . . . . .	306
<b>N. Die Verwendung der Kalkofengase</b> . . . . .	307
86. Die Abgasleitung . . . . .	309
87. Die Ausnutzung der Abgaswärme des Kalkofens . . . . .	312
88. Das Kühlen der Kalkofengase . . . . .	314
89. Der Staub in den Abgasen . . . . .	321
90. Die trockene Reinigung der Gase und die Nutzbarmachung des Staubes . . . . .	324
91. Das Waschen und das nasse Reinigen der Kohlensäure . . . . .	326
92. Die vollkommeneren Reinigung der Kalkofengase . . . . .	336
93. Die Verwendung der Kalkofengase zur Pflanzendüngung . . . . .	341
<b>O. Die Kohlensäurepumpe</b> . . . . .	348
94. Die Größe der Kohlensäurepumpe . . . . .	348
95. Die Erhöhung des Gasdruckes für die Weiterförderung . . . . .	350
96. Die Bauarten der Kohlensäurepumpen . . . . .	354
97. Die Kolbenpumpen . . . . .	355
98. Die Kreiskolbengebläse . . . . .	357
99. Turbogebälse . . . . .	360
<b>P. Der Rohstoff und das Erzeugnis</b> . . . . .	365
100. Die Kalksteine . . . . .	365
101. Die chemische Zusammensetzung der Kalksteine . . . . .	371
102. Die Wirkung des Magnesiakarbonats im Kalkstein . . . . .	376
103. Die Wirkung der Kieselsäure im Kalkstein . . . . .	378
104. Der gebrannte Kalk . . . . .	380
105. Die Forderungen, welche Gewerbe und Industrie an den Kalk stellen . . . . .	390
<b>Q. Das Füllen des Schachtofens</b> . . . . .	394
106. Das Heben der Kalksteine und des Kokes auf die Gichtbühne durch Aufzüge . . . . .	395
107. Die Becherwerke . . . . .	398
108. Die Schrägaufzüge mit Kubeln . . . . .	401
109. Seilbahnen, Drehkrane und Greifer . . . . .	405
110. Die Vorbereitung von pulver- oder schlammartigem Rohgut . . . . .	407
111. Der Gichtverschluß und die Verteilung der Füllung . . . . .	410
<b>R. Das Entleeren des Schachtofens</b> . . . . .	419
112. Das Abziehen des gebrannten Kalkes . . . . .	419
113. Das mechanische Abziehen des Kalkes . . . . .	425
114. Der Walzen- oder Rollenrost . . . . .	427
115. Der Drehrost . . . . .	431
116. Der mechanische Plan- und Kettenrost . . . . .	440

	Seite
117. Entleerungseinrichtungen zum Arbeiten mit Unterwind. . . . .	444
118. Besondere Ausführungsformen . . . . .	448
<b>S. Der Kalkofenbetrieb . . . . .</b>	<b>449</b>
119. Die Inbetriebsetzung . . . . .	450
120. Der Dauerbetrieb . . . . .	453
121. Festsetzen des Ofeninhaltes . . . . .	458
122. Die Prüfung der Kalkofengase auf ihre chemische Zusammensetzung . . . . .	459
123. Die Beobachtung der Gasbewegung . . . . .	466
124. Das Regeln des Ofenzuges. . . . .	469
125. Das Messen der Ofentemperaturen . . . . .	472
126. Die Prüfung der Kalksteine und des gebrannten Kalkes . . . . .	478
127. Unfallverhütung . . . . .	483
<b>T. Die Lagerung und der Versand des Ätzkalkes . . . . .</b>	<b>487</b>
128. Die Lagerung . . . . .	488
129. Der Versand . . . . .	489
Literatur . . . . .	493
Verzeichnis der D. R. P. . . . .	496
Namenregister . . . . .	497
Sachregister . . . . .	501

---