



universität
wien

Diplomarbeit

Titel der Diplomarbeit

„Die wirtschaftliche und technologische Entwicklung
der Zementindustrie unter besonderer
Berücksichtigung der Verdienste von Hans
Hauenschild“

Verfasser

Florian Riepl

angestrebter akademischer Grad

Magister der Philosophie (Mag. phil.)

Wien, im Juni 2008

Studienkennzahl lt. Studienblatt: 313/456

Studienrichtung lt. Studienblatt: LA Geschichte und Sozialkunde (Stzw.) LA Geographie u.
Wirtschaftskunde

Betreuer: Univ.-Prof. Dr. Ernst Bruckmüller

Vorwort

Die Thematik der vorliegenden Arbeit entstand auf Anregung Prof. Bruckmüllers, der mir die Gedenkschrift über Hans Hauenschild zu lesen gab. Nach dem Lesen dieses Werkes entstand der Gedanke, die Verdienste von Hans Hauenschild in der Zementwirtschaft näher zu beleuchten, da diese in der Literatur bisher kaum aufgearbeitet wurde. Ich konnte dabei interessante Einblicke in die Lebensgeschichte seiner Person sowie in die Bereiche Wirtschaft, Technik und Chemie gewinnen.

Mein Dank gilt dabei vor allem Prof. Bruckmüller für die Betreuung der Arbeit und seine Hilfestellung bei auftretenden Problemen. Rudolf Stanzel gebührt ein besonderes Dankeschön für den Einblick in sein Privatarchiv und die Hilfe bei der weiteren Recherche. Außerdem möchte ich von Herzen meiner Familie danken, insbesondere meinen Eltern, für ihre jahrelange Hilfe und Unterstützung sowie für das Korrekturlesen der Diplomarbeit. Ohne sie wäre ich heute nicht dort, wo ich bin. Darüber hinaus möchte ich auch speziell meiner Freundin danken, die mir nicht nur mit Liebe und Geduld zur Seite stand und mir die Kraft gab, über schwierige Phasen der Arbeit hinweg zu kommen, sondern die mir auch tatkräftig bei der Verbesserung der Arbeit half. Weiters möchte ich auch noch allen Freunden danken, die mich in meinem Leben begleitet haben und in guten sowie schlechten Zeiten zu mir standen. Zum Schluss möchte ich auch noch allen anderen Personen meinen Dank bekunden, die mir bei meiner Arbeit behilflich waren.

Inhaltsverzeichnis

1 EINLEITUNG.....	1
1.1 Thematik und Zielsetzung.....	1
1.2 Aufbau und Methodik.....	1
2 DER ZEMENT	3
2.1 Begriffsbestimmungen	3
2.2 Ausgangsmaterialien zur Zementerzeugung	5
2.3 Zementherstellung.....	5
2.3.1 Chemische Reaktion des Kalkbrennens.....	5
2.3.2 Chemische Reaktion bei der Zementherstellung	6
2.3.3 Bestandteile des Zements.....	8
2.3.4 Zementarten	10
3 DIE GESCHICHTE DER ZEMENTENTWICKLUNG VON DEN FRÜHEN ANFÄNGEN BIS ZUR ERFINDUNG DES PORTLANDZEMENTS	12
3.1 Bindemittel in frühgeschichtlicher Zeit.....	12
3.1.1 Gips als Bindemittel	12
3.1.2 Kalk als Bindemittel	13
3.2 Römische Baukunst.....	14
3.3 Vom Römischen Reich zur bewussten Erforschung des Zements.....	16
3.4 Mörtelforschung in England.....	20
3.5 Forschungen in Deutschland und Frankreich.....	21
3.6 Die Entwicklung des Portlandzements	23
4 DIE WIRTSCHAFTLICHE ENTWICKLUNG DER ZEMENTINDUSTRIE	28
4.1 Weltzementproduktion	28
4.1.1 Historische Entwicklung der Weltzementproduktion	28
4.1.2 Wirtschaftliche Entwicklungstrends	32
4.2 Entwicklung der Zementindustrie in Deutschland.....	32

4.2.1 Anfänge der Portlandzementproduktion in Deutschland	33
4.2.2 Aufschwung und Krisen um die Jahrhundertwende	35
4.2.3 Entwicklung der deutschen Zementindustrie ab dem 1. Weltkrieg	39
4.3 Entwicklung der Zementindustrie in Österreich.....	41
4.3.1 Anfänge der österreichischen Zementindustrie.....	41
4.3.2 Aufschwung der österreichischen Zementindustrie ab Mitte des 19. Jahrhunderts	44
4.3.3 Wirtschaftliche Entwicklung der Zementindustrie nach dem 1. Weltkrieg	49
4.3.4 Vereinigung der österreichischen Zementindustrie	52

5 TECHNOLOGISCHE ENTWICKLUNG DER ZEMENTHERSTELLUNG..... 54

5.1 Aufbereitung der Rohmaterialien.....	55
5.1.1 Trockenverfahren.....	55
5.1.3 Nassverfahren	56
5.1.2 Halbnass- und Halbtrockenverfahren	56
5.2 Ofensysteme	57
5.2.1 Kalköfen	57
5.2.2 Schachttöfen	58
5.2.3 Ringöfen	65
5.2.4 Drehrohröfen	66
5.3 Klinkerkühler	74
5.4 Klinkermahlung.....	75
5.4.1 Kugelmühlen	75
5.4.2 Gutbett-Walzenmühlen.....	76
5.4.3 Wälzmühlen.....	77
5.5 Entstaubungsanlagen	77
5.5.1 Zyklon.....	78
5.5.2 Gewebefilter	78
5.5.3 Elektrofilter.....	78
5.6 Verpackung des Zements.....	79

6 NORMEN FÜR ZEMENT 80

6.1 Normenentwicklung in Österreich.....	81
6.2 Europäische Zementnormen	85

7 DIE VERDIENSTE HANS HAUENSCHILDS UM DIE ERFORSCHUNG DES ZEMENTS 87

7.1 Privater Lebenslauf	87
7.1.1 Familie.....	87
7.1.2 Schulzeit	88
7.1.3 Kloster und Studium	89
7.1.4 Austritt aus dem Kloster und Hochzeit.....	93
7.1.5 Emigration nach Deutschland.....	94

7.2 Beruflicher Lebenslauf.....	96
7.2.1 Erste unternehmerische Tätigkeiten.....	97
7.2.2 Aufbau und Leitung des Trifailer Zementwerks.....	99
7.2.3 Versuchsstation für Baumaterialien.....	101
7.2.4 Mitarbeit bei der Normierung.....	103
7.2.5 Aufbau und Leitung von Zementwerken.....	103
7.2.6 Hauenschild-Ofen.....	105
7.2.7 Weitere Tätigkeiten.....	108
7.3 Schriftliche Arbeiten.....	110
7.3.1 Wissenschaftliche Arbeiten zum Thema Zement.....	110
7.3.2 Weitere wissenschaftliche Arbeiten.....	115
7.3.3 Andere schriftliche Werke.....	118
7.3.4 Werkverzeichnis.....	122

8 SCHLUSSBETRACHTUNG 125

TABELLEN- UND ABBILDUNGSVERZEICHNIS..... 128

LITERATURVERZEICHNIS..... 129

Quellen.....134

Internetquellen.....136

ANHANG..... 138

Abstract (Deutsch).....138

Abstract (English).....139

Lebenslauf.....140

1 Einleitung

1.1 Thematik und Zielsetzung

Die Zementindustrie verdankt dem im Jahr 1842 in Windischgarsten geborenen Hans Hauenschild nicht nur zahlreiche Innovationen in der Fabrikation des Zements, sondern auch neue wissenschaftliche Erkenntnisse in der Erforschung des damals noch jungen Baustoffes. Dennoch geriet sein Name in Österreich für lange Zeit in Vergessenheit. Erst im Jahr 1984 entdeckten einige Heimatforscher aus seinem Geburtsort den Namen Hans Hauenschild im Zuge von Recherchen zu den römischen Funden in Windischgarsten wieder. Anlässlich des 100. Todestages von Hans Hauenschild im Jahr 2001 brachte der Heimatverein Windischgarsten eine Gedenkschrift über ihn heraus und rückte damit den „vergessenen Sohn“ wieder ins Licht der Öffentlichkeit. Die vorliegende Diplomarbeit zielt darauf ab, nicht nur einen Einblick in das Leben Hans Hauenschilds zu geben, sondern im Besonderen seine Verdienste rund um die Erforschung und Fabrikation von Zement herauszuarbeiten und diese in den historischen Rahmen der Entwicklung der Zementindustrie einzubetten.

1.2 Aufbau und Methodik

Die Arbeit kann in drei inhaltliche Blöcke geteilt werden. Der erste Teil (Kapitel 2: Der Zement) bietet eine Einführung in das Thema Zement. Hier wird zunächst der Begriff Zement und seine Herkunft behandelt. Außerdem erfolgt, um Missverständnissen vorzubeugen, eine Definition der verschiedenen in der Arbeit verwendeten Begriffe. Da diese Diplomarbeit eine historische Arbeit ist, werden diese Begriffe nur kurz und prägnant dargestellt und nicht ausführlich nach ihren technischen und chemischen Eigenschaften unterschieden.

Um die Verdienste von Hans Hauenschild besser einordnen zu können, wird im zweiten Teil der Diplomarbeit der historische Rahmen dargestellt, in dem Hans Hauenschild tätig war. Dabei wird zuerst die Geschichte der Bindemittel von den frühesten Anfängen bis zur Entwicklung des Zements nach heutiger Definition erläutert (Kapitel 3: Die Geschichte der Zemententwicklung). Daran anschließend (Kapitel 4 bis 6) erfolgt eine nähere Darstellung der wirtschaftlichen und technologischen Entwicklung der Zementindustrie, wobei

besonders die Entfaltung der Zementindustrie in Österreich und Deutschland hervorgehoben wird, da in diesen Staaten das Haupttätigkeitsfeld von Hans Hauenschild lag. Die technologische Entwicklung der Zementindustrie wird ausgehend vom heutigen Stand der Technik besonders anhand der Fortschritte in der Ofentechnologie dargestellt. Außerdem erfolgt eine Erläuterung der Normenentwicklung, die einen weiteren Bereich Wirkungsbereich Hans Hauenschilds darstellt.

Der dritte Teil der Arbeit befasst sich schließlich eingehend mit dem Lebenslauf von Hans Hauenschild. Nach der Darstellung seines Privatlebens werden seine beruflichen Stationen nachgezeichnet und seine Verdienste für die Zementindustrie und –forschung erläutert. Anschließend werden seine schriftlichen Texte inhaltlich kurz zusammengefasst und in einem Werkverzeichnis veranschaulicht.

Methodisch stützte sich die Diplomarbeit auf eine Recherche ausgewählter Literatur, Internetseiten und Quellen, die für das Thema und die Fragestellung relevant erschienen. Besonders wichtig für die Arbeit waren die Quellen aus dem Privatarchiv Rudolf Stanzels, die zahlreiche Dokumente und einige private Briefe zum Leben Hans Hauenschilds enthielten.

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit habe ich davon abgesehen, bei personenbezogenen Aussagen die männliche und die weibliche Form zu verwenden. Die Leserinnen und Leser mögen dafür Verständnis haben.

2 Der Zement

Das Wort Zement stammt aus dem Lateinischen. Caementum, i. n. (caedimentum) bezeichnete einen Bruch- oder Baustein. Dieses Wort stammt wiederum vom lat. caedo 3, cecidi, caesus, was unter anderem mit schlagen, fällen, hauen, brechen übersetzt werden kann.¹ Ursprünglich wurden mit caementum Quadersteine bezeichnet, später jedoch auch die Marmorbruchstücke, die unter den Mörtel gemischt wurden.²

Heute wird unter Zement ein hydraulisches, also sowohl an der Luft als auch unter Wasser erhärtendes, Bindemittel verstanden:

„Zement: fein gemahlenes hydraul. Bindemittel, das bei Zugabe von Wasser und unter Wasser erhärtet. Z. besteht im Wesentlichen aus Verbindungen von Calciumoxid (CaO, Kalk) mit Siliciumdioxid (SiO₂, Kieselsäure), Aluminiumoxid (Al₂O₃, Tonerde) und Eisenoxid (Fe₂O₃). Z. wird v.a. zur Herstellung von Beton, Mörtel, Betonsteinen und Fertigteilen verwendet.“³

Zement besteht aus einer Mischung aus fein gemahlenden, nichtmetallisch-anorganischen Komponenten.

2.1 Begriffsbestimmungen

Da in dieser Arbeit viele Begriffe der Baustoffwirtschaft verwendet werden, möchte ich hier kurz auf diese Begrifflichkeiten eingehen.

Reiner Kalkstein kann einfach gebrannt und gelöscht werden und ergibt dadurch ein Bindemittel, das allerdings nicht wasserbeständig ist. Mit feinem Sand gemischt ergibt

¹ J. M. Stowasser, M. Petschenig, F. Skutsch, Stowasser. Lateinisch-deutsches Schulwörterbuch (München 1994), 69f.

² Franz Harder, Werden und Wandern unserer Wörter. Etymologische Plaudereien (Berlin 1911), 51.

³ Brockhaus – Die Enzyklopädie: in 24 Bänden, Bd. 24 (Leipzig/Mannheim²⁰1999), 517.

dieses Bindemittel den so genannten Luftkalkmörtel, der meist für Tünch⁴-, Mauer- und Verputzarbeiten herangezogen wird.

Wasserkalk wird aus Kalksteinen hergestellt, die einen natürlichen oder künstlich hinzugefügten Anteil an Ton haben. Dieses Bindemittel bindet auch unter Wasser ab und erhärtet unter dessen Einfluss noch leichter. Mit Wasser und feinem Sand vermischt ergibt dieses Bindemittel den so genannten Wasserkalkmörtel.

Mit Zement wird ein Gemisch aus Kalk und Ton bezeichnet, das bis zur Verglasung gebrannt wird. Auf die Herstellung und Ausgangsstoffe wird weiter unten näher eingegangen. (vgl. Kapitel 1.3)⁵ Die Bedeutung des Wortes Zement unterlag im Laufe der Geschichte einen Wandel. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurden mit Zementen generell die Zuschlagstoffe zum Kalk benannt, die diesem hydraulische Eigenschaften verliehen, wohingegen heute der Zement selbst ein hydraulisches Bindemittel bezeichnet.⁶

Neben Kalk und Zement können hydraulische Bindemittel auch mithilfe von Zugabe von Puzzolanen (nähere Informationen siehe Kapitel 3.3.3) und Ziegelmehl hergestellt werden. Das Ziegelmehl besteht aus gebranntem Ton. Für die Herstellung werden meist Scherben von Dachziegeln oder Ziegelsteinen verwendet, die fein verrieben werden, woher auch der Name des rötlichen Pulvers stammt.⁷

Mörtel ist ein Gemisch aus einem Bindemittel, Sand und Wasser. Je nach Art des Bindemittels kann man Kalkmörtel, Zementmörtel und Gipsmörtel unterscheiden.

Beton besteht in der heutigen Zeit aus Zement, Zuschlagstoffen (meist Sand und grobkörniges Material wie Schotter) und Wasser. Er erhärtet zu einem Gestein mit hoher Druckfestigkeit und relativ niedriger Zugfestigkeit (nähere Informationen zu den Festigkeiten finden sich im Kapitel 5). Die älteste schriftliche Belegung des Wortes Beton

⁴ Tünchen bezeichnet einen Anstrich mit Kalkfarben, der wegen seiner Schlichtheit und Preisgünstigkeit sehr beliebt war. (vgl. Ingo *Selent*, *Historische Baustoffe* (2005), online unter < <http://www.historische-baustoffe-selent.de/lexikon/k/>> (11. April 2008))

⁵ Gustav *Haegermann*, *Vom Caementum zum Spannbeton* (Wiesbaden/Berlin 1964), 4.

⁶ Friedrich *Quietmeyer*, *Die Mörtelkunde von ihren ersten Anfängen bis zur zielbewussten Herstellung des Portlandzements*. In: Peter Hans *Riepert*, *Die deutsche Zement-Industrie* (Charlottenburg 1927), 28.

⁷ *Haegermann*, *Vom Caementum zum Spannbeton*, 4.

stammt aus dem 18. Jahrhundert, wo darunter eine Mischung aus wasserbeständigem Kalkmörtel und groben Zuschlagstoffen verstanden wurde.⁸

2.2 Ausgangsmaterialien zur Zementerzeugung

Wichtige Komponenten für Zementrohmaterialien sind vor allem Calciumoxyd (CaO), dessen Anteil meist zwischen 60-65 Prozent liegt, Siliziumdioxid (SiO₂; 22-24 Prozent), Aluminiumoxyd (Al₂O₃; 4-7 Prozent) und Eisenoxyd (Fe₂O₃; 2-4 Prozent). Andere Bestandteile, wie Magnesiumoxyd (MgO), Natriumoxyd (Na₂O) oder Kaliumoxyd (K₂O), machen gewöhnlich nicht mehr als 2-4 Prozent der Zementmasse aus.⁹ Ausgangsmaterial für das CaO ist – wie beim Kalkbrennen - CaCO₃, das als Calcit Hauptbestandteil von Kalkstein und Kreide ist. Als Ausgangsmaterial für SiO₂, Al₂O₃ und Fe₂O₃ wird meistens Ton herangezogen. Für die Herstellung eines Zementklinkers muss das Rohstoffgemisch einen Anteil von 75 bis 79 Prozent an CaCO₃ und 25 bis 21 Prozent Ton enthalten. Dieses Gemisch kommt auch natürlich beim Kalksteinmergel vor. Bei der Aufbereitung der Rohmaterialien können Abweichungen von den optimalen Mischungsverhältnissen durch Zugabe der fehlenden Komponente ausgeglichen werden. So kann beispielsweise bei zu geringem SiO₂-Anteil dem Rohmehl ein SiO₂-Träger beigelegt werden, was im Allgemeinen durch Zugabe von Quarzsand geschieht.¹⁰

2.3 Zementherstellung

2.3.1 Chemische Reaktion des Kalkbrennens

Zum besseren Verständnis soll zunächst auf die chemischen Vorgänge beim Kalkbrennen eingegangen werden, da die Zementherstellung aus der Kalkbrennerei entstanden ist. Das Wort Brennen ist an sich irreführend, da beim Erhitzen das Kohlendioxid (CO₂) – oft auch als Kohlensäure bezeichnet - aus dem Kalkstein getrieben wird. Wissenschaftlich korrekt wäre daher der Ausdruck „Entsäuern“ des Kalksteins. Jedoch hat sich der Begriff des

⁸ Heinz-Otto *Lamprecht*, *Opus caementitium. Wie die Römer bauten* (Düsseldorf 1968), 8.

⁹ Fred P. *Glasser*, *Fundamentals of cement chemistry: The clinking process*; In: Jan *Skalny*, *Cement production and use* (o.O. 1979), 32.

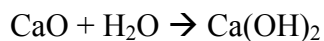
¹⁰ Friedrich Wilhelm *Locher*, *Zement. Grundlagen der Herstellung und Verwendung* (Düsseldorf 2000), 46-49.

„Kalkbrennens“ im Sprachgebrauch eingebürgert, sodass er auch in dieser Arbeit verwendet wird.¹¹

Der Kalkstein (CaCO_3) muss bei Temperaturen über 900 Grad gebrannt werden, damit das Kohlendioxyd austreibt:



Der Kalkstein wird dabei zu gebranntem Kalk (CaO) und das Kohlendioxyd entweicht. Danach wird der Kalk mit Wasser gelöscht. Der Name rührt daher, dass beim Löschen große Wärmemengen frei werden und das Gemisch erhitzen, wodurch Verspritzungsgefahr besteht:



Unter Aufnahme von Luftkohlendioxyd erhärtet der gelöschte Kalk wieder zu Kalkstein und setzt dabei Wasser frei, wodurch auch erklärt ist, dass Luftkalkmörtel nicht unter Wasser erhärten kann:



Dieser Kreislauf stellt eine einfache chemische Reaktion dar, die auch schon sehr bald in der Geschichte erkannt wurde, wie im Kapitel 2.1.2 näher erläutert wird.¹²

2.3.2 Chemische Reaktion bei der Zementherstellung

Zum Brennen des Portlandzementklinkers ist eine große Hitze von 1.400-1.450 Grad Celsius erforderlich, bei der die Rohmaterialien gesintert werden.¹³ Die Sinterung bezeichnet eine Erhitzung bis zum beginnenden und teilweise durchgeführten Schmelzen, wodurch der so genannte Klinker entsteht.¹⁴ Bei niedrigeren Brenntemperaturen werden

¹¹ Hiltraud Ast, Die Kalkbrenner am Ostrand der Alpen; In: Beiträge zur Volkskunde, Wirtschafts- und Sozialgeschichte Niederösterreichs, Bd. 9 (Augsburg 1977), 11.

¹² Jochen Stark, Bernd Wicht, Geschichte der Baustoffe (Wiesbaden/Berlin 1998), 56.

¹³ Glasser, Fundamentals of cement chemistry, 32.

¹⁴ Richard Grün, Der Zement. Herstellung, Eigenschaften und Verwendung (Berlin 1927), 4.

zuerst das CO₂ aus dem Kalk und das Wasser aus den Tonbestandteilen ausgetrieben.¹⁵ Bei Temperaturen über 900 Grad Celsius entsteht vor allem Dicalciumsilicat (C₂S). Bei der Sinterung verschmelzen die einzelnen Bestandteile teilweise und bilden im Wesentlichen Tricalciumsilicat (C₃S)¹⁶. Diesem Bestandteil verdankt der Zement seine wichtigsten Eigenschaften. So ist das Tricalciumsilicat vor allem für das schnelle Erhärten und die hydraulischen Eigenschaften verantwortlich.¹⁷ In der folgenden Graphik sind die Brenngutreaktionen, die während des Brennvorganges in einem Drehofen ablaufen näher dargestellt, wobei mit Alit das Tricalciumsilicat und mit Belit das Dicalciumsilicat bezeichnet wird.

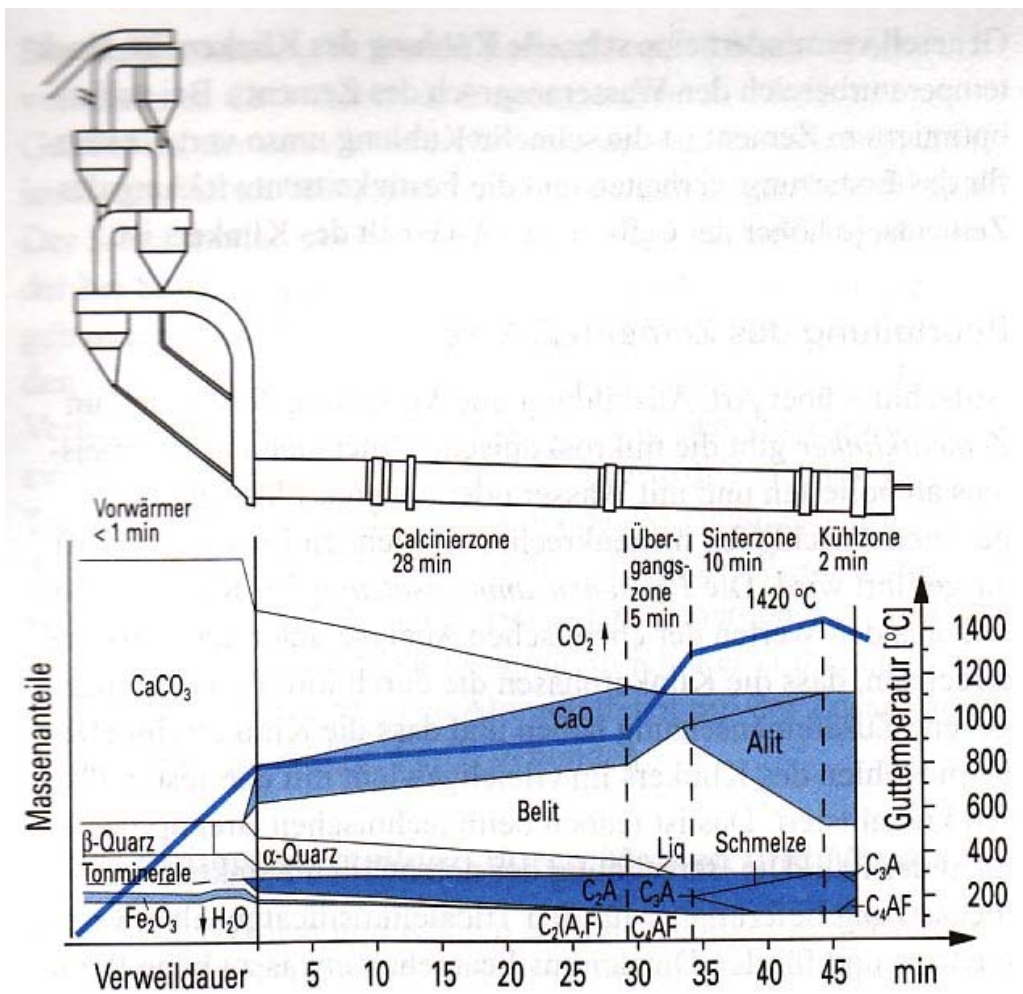


Abbildung 1: Brenngutreaktionen und Mineralneubildungen in einem Drehofen¹⁸

¹⁵ Glasser, Fundamentals of cement chemistry, 32.

¹⁶ Verein Deutscher Zementwerke e.V., Zementtaschenbuch 2002 (Düsseldorf 2002), 61-64.

¹⁷ Locher, Zement, 34.

¹⁸ Verein Deutscher Zementwerke e.V., Zementtaschenbuch 2002, 63.

2.3.3 Bestandteile des Zements

Um dem Zement noch zusätzliche Eigenschaften zu verleihen, enthält der Portlandzement neben dem Portlandzementklinker noch weitere Bestandteile, die in verschiedenen Normen klar geregelt sind. Nach der europäischen Zementnorm werden die Zementbestandteile in Haupt- und Nebenbestandteile unterteilt. Hauptbestandteile sind die Komponenten des Zements, deren Gehalt fünf Prozent übersteigt. Nebenbestandteile machen demnach jeweils nicht mehr als fünf Prozent aus.

Portlandzementklinker

Der Portlandzementklinker, der oft auch kurz als Zementklinker oder Klinker bezeichnet wird, besteht zu mehr als zwei Dritteln aus Tri- und Dicalciumsilicat. Diese beiden CaO-reichsten Calciumsilicate sind hydraulische Stoffe und reagieren daher schnell mit dem Anmachwasser.

Hüttensand

Hüttensand bezeichnet im deutschen Sprachraum granuliert Hochofenschlacke, die schnell gekühlt wurde und daher überwiegend glasig erstarrt ist. Diese Komponente ist nur latent hydraulisch, reagiert also nur langsam mit Wasser. Im Gemisch mit Zementklinker wird die Erhärtung aber stark beschleunigt. Hüttensand besteht zu mindestens zwei Dritteln aus CaO, MgO und SiO₂.

Puzzolan

Puzzolane können natürlichen Ursprungs sein oder industriell hergestellt werden. Wegen ihres Gehalts an SiO₂ (mindestens 25 Prozent), das sehr reaktionsfähig ist, reagieren sie in Gegenwart von Wasser mit gelöstem Calciumhydroxyd und bilden Calciumsilicathydrate, die ihre hydraulische Wirkung hervorrufen. Natürliche Puzzolane sind vulkanische Stoffe, die geeignete chemisch-mineralogische Zusammensetzung aufweisen. Künstliche Puzzolane werden aus Ton, Schiefer oder luftgekühlter Schlacke aus der Blei-, Kupfer- und Zinkgewinnung hergestellt, die durch thermische Behandlung ihre hohe Reaktionsfähigkeit entfalten.¹⁹

¹⁹ Locher, Zement, 18f.

Der Name Puzzolan stammt von der italienischen Stadt Puzzuoli am Golf von Neapel, wo bereits von den Römern der vulkanische Sand vom Fuße des Vesuvs genutzt wurde. Puzzolane wurden in der Geschichte auch unter dem Namen Santorinerde oder Trass genannt, die jeweils regionale Namen darstellen.²⁰

Flugasche

Die Flugasche wird aus den Abgasen von Feuerungen gewonnen, die mit fein gemahlener Kohle betrieben werden. Das reaktionsfähige Siliziumdioxid in der Flugasche ist für die puzzolanischen Eigenschaften verantwortlich.

Gebannter Schiefer

Der gebrannte Ölschiefer fällt in einem speziellen Ofen bei Temperaturen von circa 800 Grad Celsius an. Das natürliche Ausgangsmaterial hat einen hohen Anteil an Calciumcarbonat und Schwefel, weshalb das Brennprodukt anschließend auch Klinkerphasen aufweist, die beim Brennen von Zement entstehen, weshalb der gebrannte Schiefer ebenfalls hydraulische Eigenschaften aufweist.

Kalkstein

Wenn der Kalkstein ein Hauptbestandteil des Zements ist, muss sein Gehalt an reinem Kalk (CaCO_3) mindestens 75 Prozent betragen und darf einen bestimmten Tongehalt nicht übersteigen.

Silicastaub

Silicastaub besteht aus feinen kugelförmigen Partikeln, die einen hohen SiO_2 -Gehalt haben.

Füller

Füller können natürliche oder künstliche anorganische mineralische Stoffe sein, die durch ihre Korngrößenverteilung die physikalischen Eigenschaften des Zements verbessern. So können Füller die Verarbeitbarkeit oder das Wasserrückhaltevermögen des Zements erhöhen. Sie dürfen aber nur als Nebenbestandteil im Zement enthalten sein.²¹ Stoffe, die

²⁰ Haegermann, Vom Caementum zum Spannbeton, 4.

²¹ Locher, Zement, 18-21.

dem Zement als Nebenbestandteile zum Zement bei gegeben werden, dürfen nicht als Hauptbestandteil enthalten sein.²²

Calciumsulfat

Calciumsulfat kann dem Zement in geringen Mengen als Gips oder β -Anhydrit, was eine natürliche Modifikation des wasserfreien Calciumsulfats ist, beigegeben werden und regelt das Erstarrungsverhalten. Gips und β -Anhydrit kommen in der Natur vor, können aber auch bei industriellen Prozessen anfallen.

Zementzusatzmittel

Die Zementzusatzmittel dürfen eine Gesamtmenge von einem Prozent der Zementmasse nicht übersteigen und auch nicht die Eigenschaften des Zements verschlechtern. Sie verbessern in manchen Bereichen die Herstellung und die Eigenschaften des Zements und werden beispielsweise als Mahlhilfsmittel eingesetzt.²³

2.3.4 Zementarten

Wie bereits beschrieben kann der Zement viele verschiedene Stoffe beinhalten. In der europäischen Zementnorm werden fünf Hauptzementarten unterschieden:

- Portlandzement (CEM I)
- Portlandkompositzemente (CEM II)
- Hochofenzement (CEM III)
- Puzzolanzement (CEM IV)
- Kompositzement (CEM V)

Entsprechend der weiteren Hauptbestandteile werden diese fünf Gruppen in 27 Zementarten unterteilt:

²² HeidelbergCement AG, Zemente und ihre Herstellung (Heidelberg o.J.), online unter <http://www.heidelbergcement.com/NR/rdonlyres/D237DDCA-8358-4508-AC83-4A20FF74F609/0/B1_Zemente_und_ihre_Herstellung.pdf> (10. April 2008)

²³ Locher, Zement, 18-21.

Zementart			Hauptbestandteile neben Portlandzementklinker	
Hauptart	Benennung	Kurzzeichen	Art	Anteil [M.-%]
CEM I	Portlandzement	CEM I	–	0
CEM II	Portlandhüttenzement	CEM II/A-S	Hüttensand (S)	6 ... 20
		CEM II/B-S		21 ... 35
	Portlandsilicastaubzement	CEM II/A-D	Silicastaub (D)	6 ... 10
	Portlandpuzzolanzement	CEM II/A-P	natürliches Puzzolan (P)	6 ... 20
		CEM II/B-P		21 ... 35
		CEM II/A-Q	künstliches Puzzolan (Q)	6 ... 20
		CEM II/B-Q		21 ... 35
	Portlandflugaschezement	CEM II/A-V	kieselsäurereiche Flugasche (V)	6 ... 20
		CEM II/B-V		21 ... 35
		CEM II/A-W	kalkreiche Flugasche (W)	6 ... 20
		CEM II/B-W		21 ... 35
	Portlandschieferzement	CEM II/A-T	gebrannter Schiefer (T)	6 ... 20
		CEM II/B-T		21 ... 35
	Portlandkalksteinzement	CEM II/A-L	Kalkstein (L)	6 ... 20
CEM II/B-L		21 ... 35		
CEM II/A-LL		Kalkstein (LL)	6 ... 20	
CEM II/B-LL			21 ... 35	
Portlandkompositzement	CEM II/A-M	alle Hauptbestandteile sind möglich (S, D, P, Q, V, W, T, L, LL)	6 ... 20	
	CEM II/B-M		21 ... 35	
CEM III	Hochofenzement	CEM III/A	Hüttensand (S)	36 ... 65
		CEM III/B		66 ... 80
		CEM III/C		81 ... 95
CEM IV	Puzzolanzement ¹⁾	CEM IV/A	Puzzolane (D, P, Q, V)	11 ... 35
		CEM IV/B		36 ... 55
CEM V	Kompositzement	CEM V/A	Hüttensand (S) und Puzzolane (P, Q, V)	18 ... 30
		CEM V/B		31 ... 50

Der Anteil von Silicastaub ist auf 10 M.-% begrenzt.

Tabelle 1: Normzemente nach der europäischen Norm²⁴

Neben diesen 27 Normzementen gibt es noch einige Spezialzemente, für die es noch keine einheitliche europäische Normung gibt.

²⁴ HeidelbergCement AG, Zemente und ihre Herstellung (Heidelberg o.J.), online unter <http://www.heidelbergcement.com/NR/rdonlyres/D237DDCA-8358-4508-AC83-4A20FF74F609/0/B1_Zemente_und_ihre_Herstellung.pdf> (10. April 2008)

3 Die Geschichte der Zemententwicklung von den frühen Anfängen bis zur Erfindung des Portlandzements

In diesem Kapitel wird die Entwicklung von den einfachen Bindemitteln wie Kalk und Gips bis zur Herstellung des Portlandzements dargestellt. Der Zement im heutigen Sinne wurde erst im 19. Jahrhundert entwickelt, doch finden sich Hinweise auf erste Bindemittel bereits sehr früh in der Geschichte.

3.1 Bindemittel in frühgeschichtlicher Zeit

Zunächst werden die frühesten Zeugnisse von Bindemitteln erläutert, die sich bereits sehr weit zurückverfolgen lassen. Die ältesten Bindemittel, die zum Bauen verwendet wurden, waren Tone und Lehme. Diese aus natürlichen Vorkommen gewonnenen Bindemittel erhärten durch Austrocknen. Weiter unten soll nur noch auf die mineralischen Bindemittel – Gips, Kalk und Zement - eingegangen werden, die durch einen chemischen Prozess erhärten.²⁵

3.1.1 Gips als Bindemittel

Gips ist ein Gestein, das in der Natur häufig vorkommt. Seine chemische Bezeichnung lautet Calciumsulfat-Dihydrat ($\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$). Beim Brennen wird dem Gipsstein das chemisch gebundene Wasser entzogen, das ihm beim Anmachen wieder zugefügt wird und anschließend wieder zu Gipsstein erhärtet. Gips stellt eines der ältesten mineralischen Bindemittel dar. In der Stadt Catal Huyuk in Kleinasien wurde der älteste gesicherte Nachweis gefunden, dass Gips als Baumaterial verwendet wurde. Diese Funde wurden einer Zeit um 9000 vor Christus zugeordnet. In einigen Schriften der Sumerer und Babylonier gibt es ebenso Hinweise auf die Verwendung von Gips. Beim Bau der Chefren-Pyramide im alten Ägypten wurde der Gips zum Verfugen entstandener Hohlräume eingesetzt. Über die Griechen gelangte das Wissen über den Gips zu den Römern, die dieses Baumaterial hauptsächlich für Stuckarbeiten verwendeten. Nach dem Ende des römischen Reiches ging das Wissen verloren und erst ab dem 11. Jahrhundert wurde Gips

²⁵ Stark, Wicht, Geschichte der Baustoffe, 53.

wieder vermehrt gebraucht. Im Mittelalter wurde Gips vor allem als Estrichgips oder Mörtel sowie für Stuckarbeiten verwendet. Mit der Erfindung des Stuckmarmors, der eine Marmorimitation aus Gips ist, gewann der Gips weitere Verbreitung. Im 20. Jahrhundert erlangte er noch weitere Bedeutung durch seine Verwendung in Gipsdielen und Gipskartonplatten.²⁶ Als Zusatzstoff zu Zement hat der Gips auch in der heutigen Zementindustrie noch starke Bedeutung, da durch dessen Zusatzung das Erstarrungsverhalten der Zemente besser geregelt werden kann.²⁷

3.1.2 Kalk als Bindemittel

Kalk wurde schon seit langer Zeit zur Mörtelbildung herangezogen. So finden sich auch bereits in der Bibel mehrere Stellen, wo beschrieben wird, wie Kalk zum Tünchen verwendet wurde.

Und zu der Zeit, wenn ihr über den Jordan geht in das Land, das dir der Herr, dein Gott, geben wird, sollst du große Steine aufrichten und sie mit Kalk tünchen und darauf schreiben alle Worte dieses Gesetzes.²⁸

Der Ursprung des Kalkbrennens und seiner Verwendung als Kittmasse geht auf die Nomadenvölker zurück, die ihre improvisierten Feuerstellen manchmal auch auf kalkigem Felsboden errichteten. Hier wurde die Herdstelle ungewollt auch zu einem Kalkofen und nach einem Regenguss verwandelte sich der nun gebrannte Kalk nämlich zunächst in eine breiige Masse und anschließend in eine sehr harte Substanz. Dies führte zu der Entdeckung, dass sich gebrannter Kalk hervorragend für die Fugenfüllung der Hauswände eignete.²⁹

Die älteste nachgewiesene Stelle, wo Kalk als Mörtelbildner funktioniert, sind die Zisternen des Königs David in Jerusalem, die etwa 1000 vor Christus errichtet wurden. Der Kalk wurde mit Ziegelmehl vermischt und stellte dadurch das erste hydraulische Bindemittel dar. Diese Mischung dürfte auch eher zufällig entdeckt worden sein, indem der Ziegelbruch als Sandersatz mit dem Kalk vermischt wurde. Im Laufe der Zeit wurde dann die hydraulische Wirkung erkannt und genutzt³⁰. Auch an den Salomonischen Teichen, die von König

²⁶ Stark, Wicht, Geschichte der Baustoffe, 53-56.

²⁷ Locher, Zement, 20.

²⁸ Bibel, 5. Moses, Kap. 27, V.2.

²⁹ Quietmeyer, Die Mörtelkunde von ihren ersten Anfängen, 3.

³⁰ Franz Huber, 100 Jahre Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie 1894 - 1994 (Wien 1994), 2.

Salomon errichtet wurden, und den Wasserleitungen, die ebenfalls zu dieser Zeit in Richtung Jerusalem errichtet wurden, konnte dieser wasserdichte Putz nachgewiesen werden. Da bei dem Bau dieser Anlage vor allem phönizische Bauherren tätig waren, wird angenommen, dass diese Technik von den Phöniziern erstmals systematisch verwendet wurde. Auf der Insel Santorin errichteten sie ebenfalls große Zisternenanlagen, bei denen eine Mischung aus Kalk und vulkanischem Sand, der so genannten Santorinerde, nachgewiesen wurde. Hier wurde erstmals die Verwendung von Puzzolanen als hydraulischer Zusatzstoff zum Kalk belegt.

Bei den Griechen kam der Kalkmörtel zunächst als Tünche, die häufig mit Farben versetzt wurde, zum Einsatz, um so die Flächen von Steinen und Säulen zu glätten. Erst später tauchte eine neue Mauertechnik auf, bei der zwischen zwei Mauern rohe Bruchsteine gefüllt und anschließend mit Kalkmörtel übergossen wurden. Dieses Mauerwerk wurde „Emplekton“ genannt, was in etwa mit „das Eingestampfte“ übersetzt werden kann. Das Emplekton erinnert bereits an die Herstellungsweise des heutigen Betons.

3.2 Römische Baukunst

Die Römer übernahmen von den Griechen die Bauweise des Emplektons, als sie die griechischen Städte in Süditalien eroberten. Sie entwickelten es zum „Opus Caementitium“, einem Gussmauerwerk, weiter. Dieses wurde beim, 121 vor Christus errichteten, Concordia-Tempel als Fundament des Podiums angewandt. Dies stellt das älteste erhaltene Beispiel dieser Mauertechnik bei den Römern dar³¹. Von den Römern stammt auch das einzige erhaltene Werk über die Baukunst der Antike. Vitruv³² beschreibt in seinem Werk „de architectura“ die Herstellung und Anwendungsweise des Bindemittels. Der Kalk müsse aus weißem Bruchstein oder Geröll gebrannt werden. Er gibt auch die Mischungsverhältnisse für einen guten Mörtel an:

*„Wenn er gelöscht ist, dann soll der Mörtel so gemischt werden, dass,
wenn es Grubensand ist, drei Teile Sand und ein Teil Kalk*

³¹ Haegermann, Vom Caementum zum Spannbeton, 7-13.

³² Vitruvius Pollio war ein römischer Ingenieur und Architekt, der um 50 bis 26 vor Christus unter Caesar und Augustus Militärdienst leistete. Sein aus zehn Bänden bestehendes Werk „de architectura“ beruhte teils auf eigenen Erfahrungen und teils auf ähnlichen Werken anderer, meist griechischer Architekten. Sein Handbuch hatte vor allem in der Zeit der Renaissance großen Einfluss und wurde Bramante, Michelangelo und anderen Künstlern studiert. (vgl. M. C. Howatson, Reclams Lexikon der Antike (Stuttgart 1996), 677.)

*zusammengeworfen werden; denn so wird das Maßverhältnis der Mischung richtig berechnet sein. Auch wird man, wenn man bei Fluss- oder Meersand ein Drittel gesiebtes Ziegelmehl beigibt, ein für den Gebrauch besseres Mischungsverhältnis des Mörtels erzielen*³³.“

Cato der Ältere³⁴ vertrat die These, dass der härteste und daher reinste Kalkstein auch den besten Kalk ergebe, weil er sich auch am besten ablöschen lässt. Dieser Kalk ist allerdings nur an der Luft beständig und trägt daher den Namen Luftkalk. Diese These übernahm zunächst auch Vitruv, da er über die näheren Hintergründe der Zementeigenschaften nicht im Klaren war. Im Altertum kannte man nur den Luftkalk, einen wasserbeständigen Mörtel erhielt man nur durch spezielle Zusatzstoffe zum Kalk. In manchen Bauten, vor allem an der Wasserleitung in der Eifel, die etwa 100 nach Christus errichtet wurde, konnte dennoch ein Wasserkalkmörtel nachgewiesen werden. Dies ergibt sich daraus, dass in der Gegend Steinbrüche vorhanden waren, die Rohstoffe für einen natürlichen Wasserkalk lieferten, und sich die Römer zum Bau der Wasserleitung des örtlichen Kalksteines bedienten. Sie waren sich aber seiner Wirkungsweise nicht bewusst, da die Innenwände der Leitung mit dem sonst auch üblichen wasserdichten Ziegelmehlputz ausgekleidet waren³⁵. Jedoch wussten die Römer, dass manche Zusatzstoffe zum Kalk, wie eben auch das Ziegelmehl, eine hydraulische Wirkung erzielen. Zudem verwendeten sie den örtlichen Gegebenheiten entsprechend bunten, weichen Kalkstein. Dieser Kalk löscht zwar weniger gut ab, ist aber auch unter Wassereinfluss beständig³⁶.

Die Puzzolane waren schon ab dem 3. Jahrhundert vor Christus in Gebrauch. Sie erfuhren allerdings keine weite Verbreitung, da sich der Transport nur auf kurze Strecken oder über

³³ Franz Reber, Vitruv. De architectura libri decem (Wiesbaden 2004), 61

³⁴ Marcus Porcius Cato, auch Cato der Ältere oder „der Censor“ genannt, wurde 234 vor Christus in Tusculum geboren. Er kämpfte im 2. punischen Krieg als Militärtribun. Dank der Patronage von L. Valerius Flaccus stieg er als Homo novus in die Politik ein. 198 vor Christus war er Prätor und 195 vor Christus zusammen mit Flaccus Konsul. Nachdem er 184 zum Censor gewählt wurde, wollte er die laxen Moral des römischen Adels heben und die Verschwendungssucht der reicheren Leute eindämmen. Er träumte von der Rückkehr zur Einfachheit eines bäuerlichen Gemeinwesens. In seinem Werk „Origines“ schrieb er von den Legenden über die Gründung Roms und wollte dadurch zum Studium der Geschichte anregen. Sein Buch „de agricultura“ behandelt seine eigenen Erfahrungen aus der Landwirtschaft und enthält Vorschriften und Ratschläge zu verschiedenen landwirtschaftlichen Themen. Cato blieb bis ins hohe Alter politisch aktiv und setzte sich für einen dritten punischen Krieg gegen Karthago ein. Berühmt wurde sein Spruch „ceterum censeo Carthaginem esse delendam“, mit dem er alle seine Reden im Senat schmückte. Er starb im Jahr 148 vor Christus im Alter von 86 Jahren. (vgl. Howatson, Lexikon der Antike, 132f; Graham Speake (Hg.), A Dictionary of Ancient History (Cambridge/Oxford 1994), 134.)

³⁵ Quietmeyer, Die Mörtelkunde von ihren ersten Anfängen, 4

³⁶ Haegermann, Vom Caementum zum Spannbeton 18-20

Wasserwege lohnte³⁷. Vitruv beschreibt, dass es eine Sandart gibt, „*welche von Natur wunderbare Dinge hervorbringt. Sie kommt in der Gegend von Bajä und in dem Gebiet der Städte, welche um den Vesuv herum liegen, vor, und verleiht in Verbindung mit Kalk und Bruchstein nicht bloß den sonstigen Gebäuden Haltbarkeit, sondern, wenn man auch Dämme im Meer damit baut, so erhalten auch diese unter dem Wasser Festigkeit*“³⁸.

Durch den römischen Zement erhielten ihre Bauwerke große Dauerhaftigkeit und daher wird die Bezeichnung „Ewiges Rom“ auch auf die Qualität ihrer Bauwerke bezogen. Mit dem „opus caementitium“ gelang es den Römern auch, immer spektakulärere Monumentalbauten zu errichten. Die Spannweiten der Kuppeln und Gewölbe, wie man sie noch heute zahlreich bei Brücken, Aquädukten und anderen Gebäuden sehen kann, wurden immer größer. Sie gipfelten schließlich in der Errichtung des Pantheon, das zwischen 118 und 125 nach Christus errichtet wurde und mit einem Kuppeldurchmesser von 43 Metern für lange Zeit den Höhepunkt dieser Bauweise darstellte. Dabei verwendeten die Römer bei zunehmender Höhe immer leichter werdende Zuschlagstoffe und fügten dem „opus caementitium“ auch leere Tongefäße bei, um das Gewicht der Kuppel möglichst niedrig zu halten³⁹.

3.3 Vom Römischen Reich zur bewussten Erforschung des Zements

Nach dem Ende des römischen Reiches setzte eine Phase ein, in der kaum große Bauwerke in Angriff genommen wurden. Das Entstehen neuer Staatengebilde und die Zersplitterung in kleinere Reiche förderte die künstlerische Ausgestaltung von Nutzbauten nicht. Es gibt bis ins 18. Jahrhundert auch kaum überlieferte Literatur, die sich intensiver mit der Mörtelkunde befasst. Dennoch geriet das Wissen der Römer auch in Mitteleuropa nicht gänzlich in Vergessenheit, da sowohl in Italien als auch in Byzanz das Wissen weiter getragen wurde. Für größere Bauwerke wurden oft italienische Handwerker hinzugezogen und diese waren sehr wichtig für die Fortdauer der Überlieferung des Wissens. Kalkmörtel war für große Bauten weit verbreitet. Für diese Gebäude wurden die lokalen Rohstoffe genutzt und so wurde auch manchmal Wasserkalk verwendet. Jedoch war man sich seiner Eigenschaften nicht bewusst. So fand sich auch 1564 noch in einer Frankfurter Bauordnung

³⁷ *Quietmeyer*, Die Mörtelkunde von ihren ersten Anfängen, 14f

³⁸ *Reber*, Vitruv, 63

³⁹ *Lamprecht*, Opus caementitium, 9

die Meinung, dass härterer Stein den besten Kalk ergebe, die auch schon von Cato dem Älteren vertreten wurde.

Ziegelmehl als Zuschlagstoff blieb auch nach der römischen Zeit ohne Unterbrechung in Gebrauch. Größere Ziegelbruchstücke, der so genannte Ziegelgrus, wurden im normalen Mörtel für das Mauerwerk gefunden, während man das feine Ziegelmehl vor allem im Estrich und Wandputz nachweisen konnte. Die Verwendung von Wassermörtel für größere Brückenbauwerke kann zwar angenommen werden, ist jedoch nicht zweifelsfrei nachgewiesen. Erst 1710 findet sich in einem technischen Wörterbuch von Daviler im Artikel über „ciment“ ein Hinweis:⁴⁰

„Cement ist gestoßener Ziegelstein, der mit Kalk gemischt den besten Mörtel gibt und der gut verwendbar ist unter Wasser.“⁴¹

Der Zuschlag von Puzzolanen ist lediglich im lokalen Umkreis der Lagerstätten in Gebrauch geblieben. Durch die ausgiebige Nutzung des Tuffsteins⁴² als Baustein sind die Eigenschaften des Trasses⁴³ jedoch wieder entdeckt worden. Vor allem durch den Aufstieg der Niederlande zur Seemacht und dem dadurch bedingten Ausbau der Häfen und Schleusen kam es zu einer verstärkten Nachfrage nach Tuffstein aus dem nahen Rheinland, der über den Fluss leicht verschifft werden konnte. Die Holländer erkannten als erste die hydraulische Bedeutung des Trasses wieder. Sie exportierten diesen Baustoff auf dem Seeweg auch bis nach England und ins nördliche Deutschland. Der Trass wurde am Anfang des 18. Jahrhunderts so begehrt, dass damit begonnen wurde, Ruinen der aus Tuffstein erbauten Klöster, Kirchen und Burgen abzubauen und zu Trass zu vermahlen⁴⁴.

Bis in die Mitte des 18. Jahrhunderts wurde Beistoffe zum Kalk aber vor allem empirisch gesucht und gefunden. Goerree schreibt in seiner Baukunde im Jahr 1705:

⁴⁰ *Quietmeyer*, Die Mörtelkunde von ihren ersten Anfängen, 15-23.

⁴¹ *Quietmeyer*, Die Mörtelkunde von ihren ersten Anfängen, 22.

⁴² Lockere vulkanische Auswurfmassen verdichten sich unter dem Druck der darüber abgelagerten Aschenmassen zu Tuffstein. Je nach vorherrschendem Mineral unterscheidet man Trachyttuff und (Leuzit-) Phonolittuff. Die hydraulisch wirksamen Bestandteile sind aber nicht die Kristalle, sondern die glasigen, durch rasches Abkühlen entstandenen Anteile. (vgl. *Haegermann*, Vom Caementum zum Spannbeton, 30)

⁴³ Trass ist gemahlener Tuffstein.

⁴⁴ *Haegermann*, Vom Caementum zum Spannbeton, 30-34

„Die Alten haben aus vielerley Werksteinen, Flußsteinen, Kieseln, Tuffen und andern, durch Brennen, Trocknen, Mahlen, Kochen und Vermischen, guten Kalk und Cement gemacht⁴⁵.“

Zum Löschen des Mörtels wurden verschiedenste Stoffe verwendet. Neben dem meist gebräuchlichen - Wasser - galten im Laufe der Zeit auch immer andere Flüssigkeiten als brauchbar. Diese hatten aber auch oft nicht den gewünschten Erfolg. Im Jahr 1237 wurde in einem Buch empfohlen, dem Mörtel Essig beizumengen, um diesen fester zu machen. Im Buttermilchturm der Marienburg zu Belzig in Sachsen wurde 1335 beispielsweise ein Milchzusatz verwendet und für den Bau des Stephansdomes in Wien wurde 1450 Wein zum Ablöschen des Kalks verwendet. Der Gussmörtel einiger Statuen wurde unter Erzbischof Thiemo von Salzburg im 11. Jahrhundert sogar mit Blut angerührt⁴⁶. Bernard Forêt de Bélidor⁴⁷, ein französischer Fachschriftsteller, empfahl als Beimengung Urin und in zuckerreichen Gegenden wie Indien und China soll Melasse zum schnelleren Erhärten hinzugemengt worden sein⁴⁸.

Bélidor (1698-1761) lieferte in zwei Werken wieder ausführlichere Bemerkungen zum Thema Zement. Für ihn galt immer noch die These Catos, dass der weißeste Kalkstein den besten Kalk liefere. Er hebt aber auch hervor, dass einige gelbliche Kalksteine aus bestimmten Gegenden in Verbindung mit hydraulischen Zuschlägen einen guten Wassermörtel lieferten. Er führte als Zuschläge, die damals noch allgemein als Cemente bezeichnet wurden, vor allem die bekannten Puzzolane, Ziegelmehl und Trass an. Bélidor erkannte aber auch bereits die Bedeutung des Brennens dieser Substanzen. So schreibt er über die Puzzolane:

„Ich glaube, dass diese Erde nichts anderes ist, als ein durch unterirdische Feuer gebrannter Tuff. Ebenso, wie der ungebrannte Ton mit Kalk keinerlei Verbindung eingeht, aber nach dem Brennen und

⁴⁵ *Quietmeyer*, Die Mörtelkunde von ihren ersten Anfängen, 25

⁴⁶ *Quietmeyer*, Die Mörtelkunde von ihren ersten Anfängen, 23-26

⁴⁷ Bernard Forêt de Bélidor wurde 1698 in Katalonien als Sohn eines Offiziers geboren. Er studierte Mathematik und Physik und in seiner Zeit als Professor der Artillerieschule verbesserte er die Zusammensetzung des Schießpulvers. Nach der Tätigkeit als Adjutant in mehreren Feldzügen wurde er zum Direktor des Pariser Arsensals und Generalinspektor der Artillerie ernannt. Seit 1756 gehörte er der Akademie der Wissenschaften an. Bélidor verfasste zahlreiche wissenschaftliche Werke zur Kriegs- und Ingenieurskunst. Er starb 1761 in Paris. (vgl. Friedrich *Quietmeyer*, Zur Geschichte der Erfindung des Portlandzementes (Diss. Berlin 1911), 161f)

⁴⁸ *Haegermann*, Vom Caementum zum Spannbeton, 28

Feinmahlen einen vorzüglichen Mörtel liefert, ebenso die Puzzolanerde⁴⁹.“

Neben dem Franzosen Bélidor wurden in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts auch in anderen Ländern Forschungen angestellt. In Schweden wollte der Bergrat Bengt Quist die Grundmaterie des Trasses erforschen, um neue künstliche Mischungen zu Cementen zu finden. Er prüfte verschiedene Ersatzstoffe und erzielte dabei seine größten Erfolge mit scharf gebranntem, sandfreiem Ton oder Mergel sowie Alaunschiefer mit hohem Eisengehalt. Sein Landsmann Rinmann verwendete bei größeren Wasserbehältern bereits 1770 – also noch vor der Veröffentlichung der Ergebnisse von Quist – Alaunschiefer für den Wassermörtel.

In Deutschland untersuchte Ziegler die Zusammensetzung des Trasses. Dabei wies er beim Trass von Andernach einen Tongehalt von 30 Prozent nach und verwies auch auf weitere Fundstätten. Als weitere geeignete Zuschläge empfahl er Ziegelmehl und die Schlacken von mit Steinkohle arbeitenden Eisenhütten. Auch in Frankreich untersuchten zahlreiche Forscher wie Barthélemy Faujas de Saint-Fond oder Jean-Antoine Chaptal verschiedene Trassvorkommen⁵⁰.

⁴⁹ *Quietmeyer*, Die Mörtelkunde von ihren ersten Anfängen, 28

⁵⁰ *Quietmeyer*, Die Mörtelkunde von ihren ersten Anfängen, 30-3

3.4 Mörtelforschung in England

Mit dem Engländer John Smeaton⁵¹ änderte sich das Wissen über die Eigenschaften des Wasserkalks. Vor ihm galt immer noch die Meinung Catos über den besten Kalk. Für den Bau des neuen Leuchtturms von Eddystone 1756 begann er mit systematischen Versuchsreihen über Wassermörtel. Zunächst war er überzeugt, dass nur eine Mischung von Kalk und Trass oder Puzzolanen im Verhältnis 2:1 möglich wäre. Bei seinen Versuchen fand er aber heraus, dass alle tonhaltigen Kalksteine durch das Brennen einen guten Wasserkalk liefern. Mit weiteren Tests verringerte er fortlaufend den Kalkgehalt und kam zum Schluss, dass ein Verhältnis von 1:1 zwischen Kalk und Trass am besten sei. Weiters untersuchte er den Einfluss von Seewasser auf den Mörtel, da Süßwasser beim Bau des Leuchtturms vor der Küste nur schwer heranzuschaffen war. So fand er heraus, dass Meerwasser für Luftmörtel im Gegensatz zu Wassermörtel schädlich ist, da ersterer austrocknen muss. Die Analysen verschiedener Kalksteine ergaben, dass alle unter Wasser erhärtenden Kalke tonhältig waren.

„Meine bisher erwähnten Experimente überzeugten mich, dass der reinste Kalkstein für die Herstellung von Mörtel, besonders für Wasserbauten, nicht der beste sei. Dies brachte mich auf den Gedanken, dass ein Gehalt an Ton in der Zusammensetzung von Kalkstein den sichersten Wertmesser eines Kalkes für Wasserbauten bildet. Ich habe in der Tat bis jetzt keinen für Wasserbauten geeigneten Kalk gesehen, der nicht bei der Untersuchung des Steins Ton enthielt. Und obwohl ich weit davon entfernt bin, dies als ein absolut gültiges Kennzeichen hinzustellen, so habe ich doch nie einen Kalkstein gefunden, der in

⁵¹ John Smeaton wurde am 8. Juni 1724 in Austhorpe bei Leeds geboren. Der Sohn eines Rechtsanwaltes besuchte die Lateinschule in Leeds. In seiner Freizeit beschäftigte er sich bereits in dieser Zeit mit verschiedenen Handwerken, Instrumenten und Maschinenmodellen. Nach der Schule begann er zunächst das Studium der Rechtswissenschaften, brach dieses jedoch bald ab und machte eine Lehre. Mit 26 Jahren eröffnete er eine eigene Werkstatt und war regelmäßiger Besucher der Sitzungen und ab 1753 auch Mitglied der „Royal Society“, der er Berichte über seine Erfindungen vorlegte. Für seine Schrift über die „Experimental-Untersuchungen über die Kraft des Wassers und des Windes zum Antrieb von Mühlen oder ähnlichen maschinellen Einrichtungen“ erhielt er 1759 die goldene Medaille. Im Jahr 1754 bereiste er Holland und Belgien, um dort die Kanäle und Wasserbauten zu untersuchen. 1755 wurde ihm schließlich der Bau des Eddystone-Leuchtturms übertragen. Nach diesem prestigeträchtigen Bau verfasste er zahlreiche Entwürfe für Schleusenanlagen, Kanäle, Flussregulierungen und Brücken, doch die Aufträge blieben vorerst größtenteils aus. Erst ab 1760 erhielt er wieder einige Aufträge für Schleusen und Brückenbauten. Nach dem Erfolg seiner Schrift über den Eddystone-Leuchtturm im Jahr 1791 wollte er sich nur noch der Drucklegung weiterer Werke widmen, doch Smeaton verstarb am 28. Oktober 1792 und konnte so keine weiteren Schriften mehr veröffentlichen. (vgl. *Quietmeyer*, Geschichte der Erfindung des Portlandzementes, 165-167)

beträchtlicher Menge Ton enthielt, der nicht auch für Wasserbauten geeignet wäre⁵².“

John Smeaton untersuchte auch die Eigenschaften der Puzzolane. Dabei fand er heraus, dass Trass und die italienischen Puzzolane eng verwandt sind und kein wesentlicher Unterschied zwischen ihnen besteht. Bei manchen Gesteinen stellte er jedoch eine rötliche Färbung fest und folgerte daraus einen erhöhten Eisengehalt, der die hydraulischen Eigenschaften des Mörtels bedingt. Seine Untersuchungen wurden erst 1791 veröffentlicht und enthielten auch noch keinen Hinweis darauf, warum der Ton die hydraulischen Eigenschaften des Mörtels hervorruft⁵³.

Im Jahr 1796 meldete der Engländer James Parker ein Patent an, bei dem er natürliche, tonhaltige Steine zu seinem Roman-Zement brannte. In der Beschreibung der Patentschrift schrieb er:

„Die tonigen Steine oder Knollen werden zunächst in kleine Stücke zerschlagen, dann in einem Brennofen oder einem solchen, wie er gewöhnlich zum Brennen von Kalk benutzt wird, mit der Hitze gebrannt, die nahezu hinreicht, sie zu verglasen, dann zerkleinert; das so erhaltene Pulver ist die Grundlage des Cements⁵⁴.“

Der Roman-Zement erhärtete ohne Zusatz von Kalk, war jedoch entgegen Parkers Meinung in seiner Patentschrift nicht gesintert, sondern bei einer Temperatur zwischen 1000 und 1100° Celsius gebrannt, sodass die Kohlensäure austreiben konnte. Der Zement war sehr beliebt, da er nicht gelöscht werden musste, wasserbeständig war und schnell erhärtete⁵⁵.

3.5 Forschungen in Deutschland und Frankreich

Die holländische „Gesellschaft der Wissenschaften zu Haarlem“ veranstaltete im Jahr 1810 ein Preisausschreiben, das die chemische Ursache erforschen sollte, warum Kalkstein einen besseren Mörtel als Muschelkalk ergibt und mit welchen Mitteln der Kalk aus Muscheln

⁵² *Quietmeyer*, Die Mörtelkunde von ihren ersten Anfängen, 42

⁵³ *Quietmeyer*, Die Mörtelkunde von ihren ersten Anfängen, 39-44

⁵⁴ *Haegermann*, Vom Caementum zum Spannbeton, 41

⁵⁵ *Haegermann*, Vom Caementum zum Spannbeton, 41

verbessert werden könnte. Der Deutsche Johann Friedrich John⁵⁶ reichte – nach einer Verlängerung der Einreichfrist - seine Schrift „Ueber Kalk und Mörtel“ im Jahr 1815 ein. Darin beschrieb er seine Untersuchungen verschiedener Kalke und stellte fest, dass Teile des Kalks durch das Brennen an die Tonerde, Kieselsäure und Eisenoxyd gebunden wurden. Er kam zu dem Schluss, dass *„die erhärtende tafelspathartige Verbindung aus Kieselerde, Thonerde, Eisenoxyd usw., welche ich das wahre Caement im Mörtel nennen möchte⁵⁷“*, dem Mörtel als ausgezeichnetes Bindungsmittel dient. Ein höherer Gehalt dieser Verbindung und dadurch ein möglichst geringer Anteil an kohlenurem Kalk machten den Mörtel härter. Auf Basis dieser Erkenntnis empfahl er bereits einen künstlichen Zement herzustellen:

„Durch Zusätze von Thon, Kieselerde und Eisenoxyd und nachheriges Brennen kann (Muschelschalen-)Kalk in wahren Kalksteinkalk umgewandelt werden. Dieses geschieht am besten, wenn zerfallender Kalkstein, oder auch ungebrannte Kalkarten, in Pulverform, mit dergleichen Zusätzen und Wasser in einen Teig verwandelt werden, welchen man nach dem Austrocknen brennt⁵⁸.“

Im Jahr 1817 veröffentlichte der Franzose Louis-Joseph Vicat⁵⁹ sein Werk „Recherches expérimentales sur les chaux de construction, les bétons et les mortiers ordinaires“. Darin kam er zu sehr ähnlichen Ergebnissen wie Johann Friedrich John in Deutschland. Er beschrieb zunächst die verschiedenen Wasserkalke und die Möglichkeiten, diese künstlich herzustellen, sowie die Varianten, wie man den Kalk ablöschen konnte. Im zweiten Teil

⁵⁶ Johann Friedrich John wurde am 10. Jänner 1782 in Vorderpommern geboren. Er studierte Arzneikunde und wurde Professor für Chemie in Berlin. Im Jahr 1804 ging er für zwei Jahre nach Russland und übernahm danach wieder die Professur der Chemie in Berlin. Im Jahr 1819 verfasste er sein Buch „Ueber Kalk und Mörtel“. Er verfasste noch zahlreiche andere Werke, in denen er sich mit zahlreichen chemischen Fragen beschäftigte. In den letzten 20 Jahren seines Lebens verfasste er allerdings nur noch ein Werk über „Die Malerei der Alten“. Er starb am 5. März 1847 in Berlin. (vgl. *Quietmeyer*, Geschichte der Erfindung des Portlandzementes, 168f.)

⁵⁷ *Quietmeyer*, Die Mörtelkunde von ihren ersten Anfängen, 51

⁵⁸ *Quietmeyer*, Die Mörtelkunde von ihren ersten Anfängen, 52

⁵⁹ Louis-Joseph Vicat wurde am 31. März 1786 in Nevers geboren. Der Sohn eines Unteroffiziers besuchte die Centralschule und danach die École polytechnique in Paris und schließlich auch die École des ponts et chaussées. 1808 erhielt er eine Stelle als Ingenieur-Aspirant beim Bau des Kanals von Dormida. Danach arbeitete er bei Straßen- und Brückenbauten mit und verfasste in dieser Zeit einige Arbeiten über die natürlichen und künstlichen Wasserkalke. 1824 wurde er zum Ingenieur en chef 2. Klasse befördert und wurde mit der Untersuchung und Herstellung von Wasserkalken betraut. 1827 wurde er zum Ingenieur en chef 1. Klasse befördert und ein Jahr später wurde ihm der Bau einer Drahtseilbrücke über die Dordogne übertragen. Nach dieser Arbeit widmete er sich hauptsächlich geologischen und chemischen Untersuchungen. Er veröffentlichte einige Werke über Kalke und Zemente. Vicat starb am 10. April 1861 in Grenoble. (vgl. *Quietmeyer*, Geschichte der Erfindung des Portlandzementes, 170-172)

schrrieb er über die Wassermörtel und ihre künstlichen oder natürlichen Zuschläge und die Anwendungsmöglichkeiten. Im dritten Teil befasste er sich mit dem Luftmörtel und dessen Festigkeit. Weiters beschrieb er auch die synthetische Herstellung eines Wasserkalkes:

„Man mische den zu feinstem Pulver zerfallenen Kalk unter Zugabe von wenig Wasser mit einer gewissen Menge grauen oder blauen Tons oder gewöhnlicher Ziegelerde, forme aus dem Teig Kugeln, lasse sie trocknen und brenne sie bei geeigneter Temperatur. Bei einiger Übung kann man dem künstlichen Kalk jeden beliebigen Grad von Stärke geben, den man wünscht, die besten natürlichen Kalke erreichend oder übertreffend. Steigert man den Tongehalt auf 33 bis 40 Prozent, so löscht der Kalk nicht mehr ab, aber er lässt sich leicht pulvern und gibt dann beim Anmachen einen Teig, der unter Wasser rasch erhärtet⁶⁰.“

Zudem wies er auch darauf hin, dass es einen Unterschied ausmacht, ob man gebrannten Ton mit Kalk vermischt oder beide gemeinsam brennt, da sich nur bei zweiterer Vorgehensweise ein Stoff mit neuen Eigenschaften ergebe.

Bis zu seinem Tod 1861 stellte er noch zahlreiche weitere Untersuchungen über Mörtel und Kalksteinsorten an. Er bevorzugte jedoch bis zu seinem Tod einen nur schwach gebrannten Wasserkalk, da man bei diesem Fehler in der Zusammensetzung oder beim Brennen durch das Ablöschen noch ausbessern konnte⁶¹.

3.6 Die Entwicklung des Portlandzements

Der englische Maurer Joseph Aspdin⁶² brachte seinen patentierten „Portland-Zement“ 1825 in den Handel. Der Name darf aber nicht darüber hinweg täuschen, dass sein Produkt nach heutiger Definition kein Portland-Zement war, da er noch nicht bis zur Sinterung gebrannt wurde. In seiner Patentschrift führt er aus:

⁶⁰ *Quietmeyer*, Die Mörtelkunde von ihren ersten Anfängen, 55

⁶¹ *Quietmeyer*, Die Mörtelkunde von ihren ersten Anfängen, 48-59

⁶² Joseph Aspdin wurde im Jahr 1779 in Leeds geboren. Er erlernte den Beruf des Maurers. Nachdem er im Jahr 1824 ein Patent auf die Erzeugung eines „künstlichen Steins“ erworben hatte, gründete er eine kleine Fabrik. Diese Fabrik leitete er bis 1853 persönlich. Er starb am 20. März 1855. (vgl. *Quietmeyer*, Geschichte der Erfindung des Portlandzementes, 99-105 und 181.)

„Meine Methode, Cement zu machen oder künstliche Steine für Stuckarbeiten, Wasserbauten, Zisternen oder andere in Frage kommende Bauarbeiten (un den ich Portland-Cement nenne) ist folgende: Ich verwendete ein bestimmtes Quantum Kalkstein der Art, wie er allgemein zur Herstellung und Reparatur von Straßen gebraucht wird, und nehme es von einer Straße, nachdem es zu Schlamm oder Pulver zerkleinert ist; wenn ich keine genügende Menge von Straßen beschaffen kann, nehme ich den Kalkstein selbst und brenne den Schlamm, das Pulver oder den Kalkstein, was gerade anfällt, bis zur Calcination. Dann nehme ich ein bestimmtes Quantum Ton oder Lette und schlämme sie mit Wasser bis zum Zustande angenäherter Unfühlbarkeit, entweder mit Hand- oder Maschinenarbeit. Nach diesem Prozess bringe ich obige Mischung in eine glatte Pfanne zum Zwecke der Ausdunstung entweder mit Hilfe der Sonnenhitze oder dadurch, dass ich sie der Einwirkung von Feuer oder Dampf unterwerfe, bis das Wasser vollständig verdunstet ist. Dann breche ich besagte Mischung in passende Klumpen und calciniere sie in einem Schachtofen, ähnlich einem Kalkofen, bis die Kohlensäure gänzlich ausgetrieben ist. Die so gebrannte Mischung wird abgezogen, zerschlagen und zu einem feinen Pulver gemahlen und ist dann in tauglichem Zustand für die Herstellung von Cement oder künstlichen Steinen. Dies Pulver ist mit einer genügenden Menge Wasser bis zur Mörtelkonsistenz zu mischen und ist so passend für die gewünschten Bauarbeiten⁶³.“

Der Name Portland-Zement war wegen seiner Farbähnlichkeit an den beliebten Baustein aus Portland angelehnt. Sein Produkt war jedoch nur ein künstlicher Romanzement mit hohem Tongehalt, der aber nicht bis zur Sinterung gebrannt wurde, wie es die heutige Definition für Portlandzement vorschreibt.

⁶³ Haegermann, Vom Caementum zum Spannbeton, 48

Sein Sohn William Aspdin⁶⁴ trat im Alter von 28 Jahren aus der Firma seines Vaters aus und betätigte sich fortan in eigenen Firmen. Er ließ beim Bau des Parlamentsgebäudes 1843 Vergleichsversuche zwischen Roman- und Portlandzement anstellen. Dabei ergab sich, dass Portlandzement größere Festigkeit als Romanzement erlangte⁶⁵. In der Patentschrift des verbesserten Portlandzements heißt es:

„1) Its colour so closely resembles that of the stone from which it derives its name as scarcely to be distinguishable from it.

2) It requires neither painting nor colouring, is not subject to atmospheric influences, and will not like other cements, vegetate, oxydate, or turn green but will retain its original colour of Portland stone in all seasons and climates.

3) It is stronger in its cementative qualities, harder, more durable, and will take more sand than any other cement now used⁶⁶.”

Vor allem der letzte Punkt war entscheidend, da sich durch den vermehrten Gehalt von Sand im Mörtel die Kosten senken ließen. William Aspdin's Portlandzement war vor allem durch seinen teilweisen Anteil an gesintertem, also „überbranntem“ Material von verbesserter Festigkeit. Diese Entdeckung dürfte aber nur zufällig zu Stande gekommen sein, da normalerweise die zu stark gebrannten Teile ausgeschieden wurden. Diese Verbesserung wurde auch unter dem Namen Portlandzement verkauft, da sich die Firma mit dem bekannten Namen bessere Verkaufszahlen erhoffte. Dadurch konnte aber auch kein neues Patent angemeldet werden, weshalb William Aspdin ein großes Geheimnis um die Gründe der Verbesserung seines Zements machte⁶⁷.

⁶⁴ William Aspdin wurde im Jahr 1816 wahrscheinlich in Leeds geboren und verbrachte seine Lehrjahre im väterlichen Betrieb. Im Jahr 1843 übernahm er die Geschäftsleitung eines Betriebes in Rotherhithe. Nach einer Station in Northfleet baute er im Jahr 1853 bei Newcastle am Tyne eine Mehlmühle zu einer Zementfabrik um. Durch seine Mitwisserschaft am Geheimnis des Zements seines Vaters dürfte er leicht Investoren gefunden haben. Später versuchte er weitere Fabriken zu errichten, doch nach Geldschwierigkeiten verließ er England und zog nach Hamburg. Mit Hilfe eines Kohलगroßhändlers errichtete er dort eine Zementfabrik, die jedoch nicht lange bestand. Von 1860 bis 1862 errichtete er die Lüneburger Portlandzementwerke. Es gelang ihm immer wieder Investoren für neue Fabriken zu gewinnen, doch meist zerwarf er sich kurz darauf mit seinen Geldgebern und verfiel dem Alkohlismus. Im Jahr 1864 starb William Aspdin in Folge eines mehrfachen Rippenbruchs. (vgl. *Quietmeyer*, Geschichte der Erfindung des Portlandzementes, 110-114 und 181-183.)

⁶⁵ *Haegermann*, Vom Caementum zum Spannbeton, 47-51.

⁶⁶ A.J. *Francis*, The Cement Industry 1796-1914: A history (Newton Abbot London / North Pomfret / Vancouver 1977), 111f.

⁶⁷ *Francis*, The Cement Industry, 110-129.

Isaac Charles Johnson⁶⁸ war schließlich der Erste, der das Sintern des Portlandzements einführte. Nachdem William Aspdin mit seinem Zement erfolgreich war, wurde Johnson von seinem Arbeitgeber aufgefordert ein gleichwertiges Produkt zu entwickeln. Er versuchte zunächst hinter das Geheimnis des Aspdin'schen Zements zu gelangen und ließ diesen chemisch analysieren. Die Ergebnisse waren aber nicht zufrieden stellend und lenkten Johnson auf eine falsche Fährte. Nach einigen erfolglosen Versuchen, den Zement von Aspdin nachzumachen, setzte er auf eigenständige Analysen von Kalk-Tonen. Dabei fand er heraus, dass Kalk und Ton die Hauptbestandteile eines guten Mörtels lieferten, so wie es bereits von Smeaton oder Vicat niedergeschrieben worden war. Allerdings kam er auch zu der Erkenntnis, dass das Brennen bis zur Sinterung das Haupterfordernis für guten Zement sei. Zudem legte er auch großen Wert auf sorgfältige Aufbereitung der Rohmaterialien, da nur so ein gleichmäßig gutes Produkt zu produzieren wäre. Im Jahr 1844 begann nun die Fabrik Francis & White, in der Johnson angestellt war, mit der Herstellung des ersten „echten“ Portlandzements⁶⁹. Obwohl Johnson den Unterschied zum Zement von Aspdin hervorstrich, wurden beide Produkte bei der Great Exhibition in London im Jahr 1851 von Preisrichtern in der Qualität als Baustoff als gleichwertig anerkannt.

Die erste Beschreibung des Herstellungsverfahrens von Portlandzement findet sich in Deutschland. Max Josef von Pettenkofer zeigt aufgrund einer Analyse den Unterschied zum Romanzement auf. 1849 veröffentlichte er seine Ergebnisse der Analyse aus seinem Laboratorium:

⁶⁸ Isaac Charles Johnson wurde am 29. Jänner 1811 in London geboren. Der Arbeitersohn erhielt nur den nötigsten Schulunterricht und begann mit 14 Jahren als Buchverkäufer zu arbeiten. 1827 wechselte er in die Fabrik von Francis & White, in der auch sein Vater tätig war. Dort durchlief er alle Abteilungen für die Fabrikation von Mörtelstoffen und beaufsichtigte schließlich den Bau der Öfen und Schornsteine. 1836 wurde er mit der Leitung einer Zementfabrik betraut. 1843 begann er mit seinen Versuchen über den Portland-Zement. 1849 trat er aus der Fabrik aus und gründete ein eigenes kleines Zementwerk und übernahm später noch eine zweite Produktionsstätte. 1854 erfand er einen Brennofen, bei dem die Rohmasse durch die Abgase des Ofens getrocknet wurde. Nachdem der Absatz seines Zements zusehends gestiegen war, errichtete er 1873 ein drittes Werk. Bis zu seinem Tod am 30. November 1911 war er als Präsident und beratender Direktor seiner Zementwerke tätig. (vgl. *Quietmeyer*, Geschichte der Erfindung des Portlandzementes, 184-188)

⁶⁹ *Quietmeyer*, Die Mörtelkunde von den ersten Anfängen, 78-82

Bestandteil	Prozent
Kalk	54,11
Bittererde	0,76
Kali	1,10
Natron	1,66
Thonerde	7,75
Eisenoxyd mit Spuren von Manganoxyd	5,30
Kieselsäure	22,22
Kohlensäure	2,15
Phosphorsäure	0,75
Schwefelsäure	1,00
Sand	2,20
Wasser	1,00
Gesamt	100,00

Tabelle 2: Analyse des Portlandzement 1849⁷⁰

Er vermerkte auch, dass die Feinmahlung des hergestellten Klinkers von größter Bedeutung war, damit der Zement die beste Bindekraft und Festigkeit hatte. Im Jahr 1850 wurde schließlich das erste Portlandzementwerk in Deutschland errichtet, während in England bereits vier Werke diesen herstellten. Der Romanzement war aber noch bis 1860 dominant in der Baubranche⁷¹.

⁷⁰ Haegermann, Vom Caementum zum Spannbeton, 52

⁷¹ Haegermann, Vom Caementum zum Spannbeton, 51-53

4 Die wirtschaftliche Entwicklung der Zementindustrie

Die Zementwirtschaft war und ist ein guter Indikator für die allgemeine wirtschaftliche Entwicklung eines Landes. Alle Änderungen der Wirtschaftssituation waren am Zementverbrauch besser nachzusehen als an jedem anderen Gut, da wirtschaftlicher Fortschritt stets durch eine erhöhte Bautätigkeit gekennzeichnet war, für die Zement als Baustoff in hohem Maße verwendet wurde. Zement wurde sowohl in industriellen Gegenden als auch in Gebieten mit vorwiegend agrarisch geprägter Wirtschaft gleichermaßen benötigt.

4.1 Weltzementproduktion

Ab der Zeit um 1900 stieg die Weltzementproduktion rasch an. Trotz mancher Krisen, wie den beiden Weltkriegen oder der großen Wirtschaftskrise im Jahr 1929, konnte sich die Zementindustrie immer rasch erholen und die Produktion ausweiten. Dabei kam der Industrie zugute, dass immer neue Länder auf den Zementmarkt drängten und ihren Bedarf an Zement stillen wollten, wodurch sich auch geographische Verteilung der wichtigsten Produktions- und Absatzländer stark veränderte.

4.1.1 Historische Entwicklung der Weltzementproduktion

Nach den ersten Anfängen der fabrikatorischen Zementproduktion in der Mitte des 19. Jahrhunderts stieg die Erzeugung um die Jahrhundertwende rasch an.

Jahr	Produktion (Millionen Tonnen)
1880	1,7
1900	14,0
1913	40,3
1919	18,9
1920	26,0
1921	25,5
1922	37,1
1923	37,6
1924	47,2
1925	56,5

1926	62,0
1927	68,3
1928	70,4
1929	76,2
1930	69,2
1931	63,0
1932	50,2
1933	49,1
1934	59,4
1935	64,1
1936	76,6
1937	82,6
1938	76,4

Tabelle 3: Steigerung der Weltzementproduktion bis zum 2. Weltkrieg⁷²

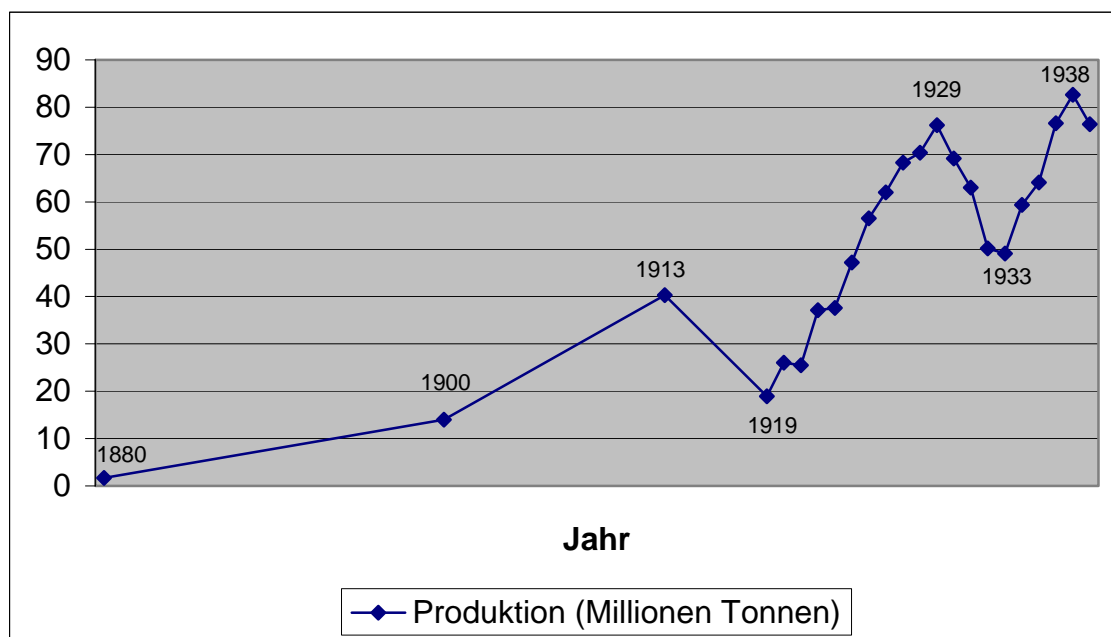


Abbildung 2: Steigerung der Weltzementproduktion 1880-1938

In der obigen Graphik wird die Steigerung der Weltzementproduktion gut ersichtlich. Durch den Ersten Weltkrieg und die Weltwirtschaftskrise kam es zu konjunkturbedingten Einbrüchen der Bauwirtschaft und mit diesen auch zu einer Verringerung der Zementproduktion. Trotz dieser beiden Einbrüche verzeichnete die Zementwirtschaft aber große Produktionssteigerungen in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts und erholte sich

⁷² Josef Schmid, Zement in der Weltwirtschaft (Diss. Wien 1949), 329

nach den Krisen rasch wieder. So konnte die Zementindustrie von der Zeit vor dem Ersten bis zu der Zeit vor dem Zweiten Weltkrieg eine Steigerung von 103 Prozent nachweisen. Solche Steigerungsraten konnten nicht einmal andere wichtige Industriezweige wie die Eisen- oder Stahlindustrie vorweisen⁷³.

Nachdem der Portlandzement auch außerhalb Englands bekannt wurde, dauerte es nicht mehr lange, bis die englische Zementindustrie vom Ausland überflügelt wurde. Bereits in den 1880er Jahren wurde Deutschland führend in der Weltproduktion. Dieses Gewicht verschob sich aber nach der Jahrhundertwende in Richtung Amerika. 1880 produzierten die Vereinigten Staaten von Amerika lediglich 7000 Tonnen, doch bereits 1923 betrug die jährliche Produktion 23 Millionen Tonnen und 1926 27 Millionen Tonnen. Die gesamte Weltproduktion lag im Jahr 1926 bei 56 Millionen Tonnen⁷⁴.

Erdteil	Produktion (Millionen Tonnen)
Europa	20,5
Amerika	30
Asien	4,5
Australien	0,5
Afrika	0,5

Tabelle 4: Zementproduktion 1926 nach Erdteilen⁷⁵

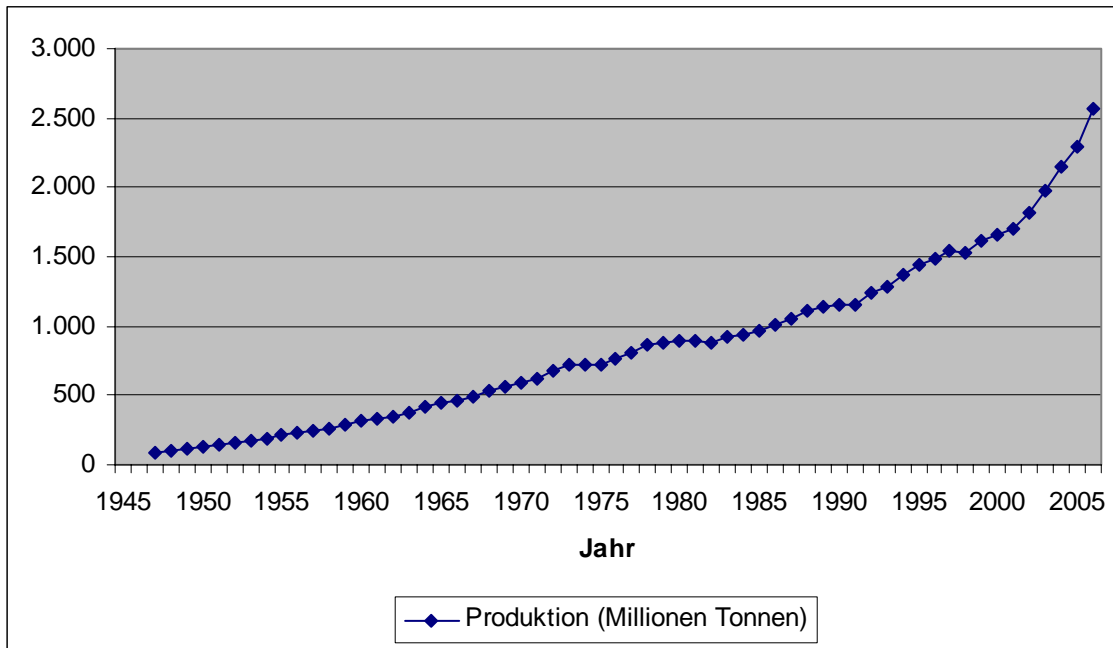
Nach dem Zweiten Weltkrieg steigerte sich die Produktion von Zement weiter stark. Vor allem durch den steigenden Bedarf in den „Entwicklungsländern“, besonders in jenen Asiens, stieg der Zementverbrauch in den 1990er Jahren rasant an. Von 1970 bis 2001 stieg der Bedarf in den aufstrebenden Märkten im Schnitt um 5,5 Prozent pro Jahr, während sich der Verbrauch in den etablierten Märkten nur um 0,3 Prozent jährlich erhöhte. In der Zeit von 1990 bis 2002 stieg der Bedarf im weltweiten Schnitt jährlich um 3,84 Prozent an⁷⁶.

⁷³ Schmid, Zement in der Weltwirtschaft, 326-332

⁷⁴ Peter Hans Riepert, Die Deutsche Zement Industrie (Charlottenburg 1927), 1090-1093

⁷⁵ Riepert, Deutsche Zement-Industrie, 1093

⁷⁶ Peter Crampton, The Cement Industry – Globalization Trends (Dipl. Wien 2003), 62



Abb

ildung 3: Entwicklung der Weltzementproduktion nach dem 2. Weltkrieg⁷⁷

Der Zementbedarf verlagerte sich zunehmend von Europa und Amerika nach Asien. In China wird heute bei weitem der größte Teil der Weltzementproduktion hergestellt. 2002 lag der Anteil Chinas bei 37,2 Prozent. Danach folgen die U.S.A. und Indien als nächste größere Zementverbraucher. Insgesamt zeichnen lediglich 20 Länder für über 80 Prozent der Weltzementproduktion verantwortlich⁷⁸.

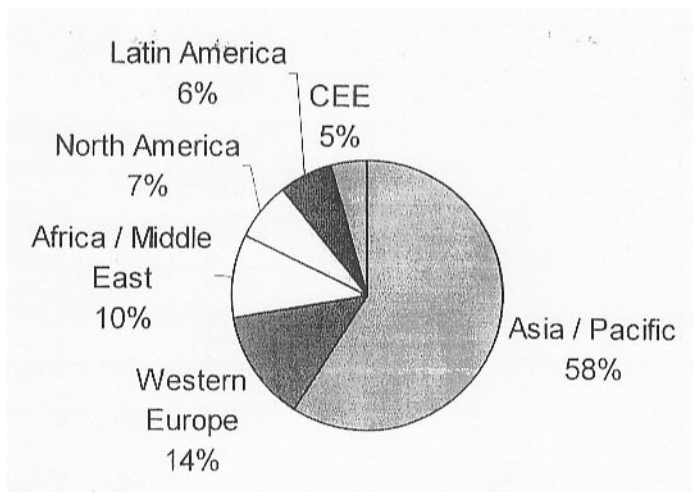


Abbildung 4: Zementproduktion 2002 nach Weltregionen⁷⁹

⁷⁷ CEMBUREAU, Total World Cement 1913 2006 (Brüssel 2006) (E-Mail-Auskunft vom 12. März 2008)

⁷⁸ Crampton, The Cement Industry, 62f

⁷⁹ Crampton, The Cement Industry, 62

4.1.2 Wirtschaftliche Entwicklungstrends

Zement ist zwar ein Produkt mit niedrigem Preis und daher an lokale und regionale Märkte gebunden. Dennoch sind auch in der Zementindustrie die Auswirkungen der Globalisierung zu spüren. Diese Entwicklung wurde durch die aggressive Exportpraktik einiger Länder mit hohen Kapazitätsüberschüssen eingeleitet, die diese Überschüsse zu sehr niedrigen Preisen in aufnahmefähigen Märkten platzierten. Daraufhin kauften sich einige nationale Großkonzerne in attraktiven Märkten ein, wodurch große internationale Unternehmen entstanden. Heute ist etwa ein Viertel der Weltzementproduktion in der Hand von fünf Firmen. Von diesen fünf Unternehmen haben drei ihren Sitz in Europa (Lafarge/Bluecircle in Frankreich, Holderbank in der Schweiz und Heidelberger Zement in Deutschland), eine in Mittelamerika (Cemex in Mexiko) und eine in Asien (Onoda/Nihon in Japan). Diese Entwicklung führte dazu, dass beispielsweise 80 Prozent des US-amerikanischen Marktes in ausländischer Hand sind⁸⁰.

4.2 Entwicklung der Zementindustrie in Deutschland

Nachdem im Jahr 1829 in der Schrift „Kalk und Mörtel“ von Johann Nepomuk von Fuchs⁸¹ das erste Mal in Deutschland darauf hingewiesen wurde, dass sich Kalkmergel mit einem Tongehalt von 30 Prozent für einen Romanzement eignete, wie er bereits in England verwendet wurde, wurden diese Anregungen auch praktisch umgesetzt. Die ersten Produkte dieser Art wurden vom Regierungsbaurat Panzer in München gebrannt und bei seinen Bauten verwendet. Im Laufe der folgenden Jahre produzierten immer mehr Kalkwerke Romanzement, doch der schwierige Transport, die teure Kohle und die schwankende Qualität aufgrund der zufälligen Mergelzusammensetzung verhinderten die Entwicklung einer größeren Industrie. In Oberbayern fanden sich größere Rohmaterialvorkommen in

⁸⁰ Walter Lorenz, Werner Gwosdz, Trends in der Zementindustrie (Hannover 2001); online unter <http://www.bgr.bund.de/cln_011/nn_322882/DE/Allgemeines/Z6/Downloads/Commodity_Top_News/Rohstoffwirtschaft/15_zementindustrie,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/15_zementindustrie.pdf> (03. April 2008)

⁸¹ Johann Nepomuk Fuchs wurde am 15. Mai 1774 in Mattenzell im Bayrischen Wald geboren. Seinen ersten Unterricht erhielt der aus einfachen Verhältnissen stammende Fuchs von Patres des Klosters Frauenzell. Danach besuchte er das bischöfliche Gymnasium in Regensburg. Er studierte Medizin an der Universität Wien, interessierte sich aber verstärkt für Chemie und Mineralogie. Er schloss das Medizinstudium mit dem Doktorat in Heidelberg ab. In Folge widmete er sich vor allem seinen beiden Lieblingsfächern und wurde im Jahr 1807 zum Professor für Chemie und Mineralogie an der Universität Landshut ernannt. Ab 1823 war Fuchs an der Münchner Akademie der Wissenschaften tätig. Im Jahr 1835 wurde er zum Oberberg- und Salinenrat ernannt. Im Jahr 1852 trat Fuchs in den Ruhestand und wurde zwei Jahre später zum Geheimen Rat ernannt. Er starb im Alter von 82 Jahren am 5. März 1856 in München. (vgl. *Quietmeyer*, Geschichte der Erfindung des Portlandzementes, 175-178.)

bester Zusammensetzung. Diese Vorkommen hätten auch bereits die Herstellung von Portlandzement ermöglicht, doch war das Brennen bis zur Sinterung noch nicht beliebt. Zunächst entstand eine Vielzahl kleinerer Romanzementfabriken, da die Bahnlinien noch nicht weit ausgebaut waren⁸².

4.2.1 Anfänge der Portlandzementproduktion in Deutschland

Das erste Portlandzementwerk wurde in Deutschland von Hermann Bleibtreu⁸³ 1853 in der Nähe von Stettin errichtet. Bleibtreu war zuvor in England unterwegs und brachte von dort den Text des Aspdin'schen Patents und durch Analysen der englischen Marken auch die Kenntnis deren chemischer Zusammensetzung mit. Obwohl die ersten Versuche nicht viel versprechend waren und große Kosten verschlangen, konnte der Betrieb aufrechterhalten werden. Wegen der hohen Lohn- und Brennstoffkosten war die Herstellung in den ersten Jahren jedoch noch nicht profitabel. Er musste zunächst auch das Herstellungsverfahren neu erfinden, weil er wegen der englischen Geheimniskrämerei kein Zementwerk besichtigen konnte. Im Jahr 1852 erhielt er das preußische Patent auf die „Herstellung hydraulischer Kalke“. 1855 konnte schließlich der Betrieb mit einer Leistung von acht bis 17 Tonnen pro Tag eröffnet werden und die Produktion bis 1857 auf über 5600 Tonnen⁸⁴ im Jahr ausgeweitet werden. Hermann Bleibtreu errichtete bereits im Jahr 1856 ein weiteres Portlandzementwerk in der Nähe von Bonn.

Nun wurden in immer mehr Orten Deutschlands weitere Portlandzementwerke eröffnet, beziehungsweise von der Produktion des Romanzements auf das neue Produkt umgestellt. Bis zum Jahr 1864 entstanden 14 Werke, die Portlandzement in Deutschland herstellten. Die Situation stellte sich am Anfang jedoch als schwer heraus, da die Konsumenten den deutschen Portlandzement im Vergleich mit dem englischen als minderwertig erachteten.

⁸² Friedrich *Schott*, Die Entwicklung der Fabrikation in Deutschland; In: Peter Hans *Riepert*, Die Deutsche Zement Industrie (Charlottenburg 1927), 88.

⁸³ Hermann Bleibtreu wurde am 4. März 1821 in Pützchen bei Bonn als Sohn eines Hüttenbesitzers geboren. Er studierte Naturwissenschaften in Bonn und Gießen. Er war zudem einige Zeit am Londoner Royal College of Chemistry tätig. Nach seiner Promotion in Gießen im Jahr 1846 arbeitete er an der Herstellung von Zement aus heimischen Rohstoffen. 1853 gründete er die erste Portlandzementfabrik in Deutschland. In späteren Jahren verlegte er sich auf die Herstellung von Briketts. Bleibtreu verstarb am 25. April 1881 in Bonn. (vgl. *Walther Killy*, Deutsche Biographische Enzyklopädie, Bd. 1 (München/New Providence/London/Paris 1995), 567.)

⁸⁴ In der Literatur wird oft – wie auch in diesem Fall - die Menge in Fass angegeben. Der besseren Übersichtlichkeit halber wurden die Zahlen in das metrische System übertragen. Ein Fass entspricht 170 kg Zement. (vgl. Ernst *Madelung*, Die Entwicklung der Deutschen Portland-Zement-Industrie von ihren Anfänge bis zur Gegenwart mit besonderer Berücksichtigung der Kartelle (München / Leipzig 1913), 87.)

Durch Versuche und Prüfungen ihrer Waren auf wissenschaftlicher Grundlage konnten die Produzenten aber einerseits den deutschen Portlandzement weiter verbessern und die Konsumenten von dessen Qualität überzeugen. Im Jahr 1862 erhielt der deutsche Portlandzement auf der internationalen Industrieausstellung in London eine Auszeichnung, was die Kunden von dessen Güte überzeugte. In der darauf folgenden Zeit entstanden immer neue Werke, doch wegen des gesteigerten Bedarfs konnte die Nachfrage trotzdem nicht befriedigt werden. Nach dem deutsch-französischen Krieg in den Jahren 1870 und 1871 setzte ein wirtschaftlicher Aufschwung ein, der die Zementindustrie beflügelte und zu immer mehr Neugründungen führte. Im Jahr 1877 waren im „Verein deutscher Portland-Zement-Fabrikanten“ bereits 33 Werke Mitglied. Diesem Verein gehörten fast alle Fabrikanten an. Der Zweck dieses Vereins war zuerst, Normen für die Lieferung und Prüfung des Zements zu beschließen, um den Portlandzement klar von minderwertigen Produkten abzugrenzen. Zudem sollte durch wissenschaftliche Untersuchungen der chemischen Zusammensetzung und der Eigenschaften des Zements die führende Rolle, die der deutsche Zement nun in der Weltproduktion einnahm (siehe Kapitel 4.1), behauptet werden. Der Verein deutscher Portland-Zement-Fabrikanten war bemüht die technische Entwicklung der Zementproduktion zu fördern, die Qualität zu heben und den Kunden beste Güte zu garantieren.

Mitte der 1860er Jahre begann auch die Portlandzementproduktion in Bayern. Bis dahin wurde dort nur Romanzement erzeugt, da dieser für die hauptsächlich landwirtschaftlichen Bauten ausreichte und für Fundamente und Wasserbauten ebenso genügte. Als Ende der 1870er Jahre immer mehr Hochbauten entstanden, für die ein gleichmäßiger Zement mit hoher Zug- und Druckfestigkeit benötigt wurde, setzte auch in Bayern der Aufschwung der Portlandzementfabrikation ein. Die späte Entwicklung der bayrischen Portlandzementwerke ist darauf zurückzuführen, dass die Fabriken vornehmlich in den Händen von Einzelpersonen oder kleiner Gesellschaften waren, die für eine Umstellung auf die Erzeugung von Portlandzement nicht das nötige Kapital hatten. Im Gegensatz zur Produktion von Romanzement, der sich auch in kleinen Betrieben herstellen lässt, erforderte die Portlandzementfabrikation große Anlagen von Brennöfen und Zerkleinerungsmaschinen und deren stete technische Verbesserungen, was nur bei einer großen Menge an produzierten Zements kostendeckend bewerkstelligt werden konnte.

4.2.2 Aufschwung und Krisen um die Jahrhundertwende

Bis zum Jahr 1880 konnte die deutsche Zementindustrie den ganzen Bedarf im Inland abdecken. Zudem wurde der Portlandzement in immer mehr Bereichen verwendet, was den Zementfabriken weitere Absatzmöglichkeiten verschaffte. Durch die weiter stark steigende Zahl an Werken und die Produktionssteigerung in den bestehenden Fabriken überstieg das Angebot allmählich die Nachfrage. Diese Überproduktion führte zu sinkenden Preisen und so versuchte die deutsche Zementindustrie ihre Produkte vermehrt im Ausland zu verkaufen. Der Export erfolgte vor allem nach Österreich, Russland und in die Schweiz sowie nach Übersee, bis diese Länder Zölle für die Einfuhr einhoben. In den Jahren 1887 und 1888 besserte sich die Lage, da die Bauindustrie wegen zahlreicher Festungs- und Kanalisationsbauten einen Aufschwung erlebte. Nachdem dieser kurze Boom wieder abgeflaut war, einigten sich die Zementfabrikanten auf einen Mindestpreis um einen Preisverfall abzuwenden.

Der ständig steigende Bedarf an Zement in den 1880er Jahren veranlasste viele Produzenten ihre Anlagen auszuweiten und neue Standorte wurden begründet. Die Fabrikanten hatten einen weiteren Absatzanstieg und große Staatsaufträge erwartet. Während 1885 noch 42 Fabriken Mitglied beim Verein deutscher Portland-Zement-Fabrikanten waren, die 799.000 Tonnen Zement im Jahr herstellten, waren im Jahr 1891 bereits 76 Betriebe mit einer Produktion von 1.836.000 Tonnen jährlich Mitglied. Diese Fabriken waren aber nicht voll beschäftigt und ihre Kapazität lag noch höher.

Gegen Ende des Jahres 1890 begann der Aufschwung der Zementindustrie abzuflauen. Der Zementabsatz stieg zwar weiter, doch die Produktion erweiterte sich noch rascher, weshalb es zu einer massiven Überproduktion kam. Dies löste einen großen Konkurrenzkampf aus und löste einen Verfall der Preise aus, wohingegen die Preise für die Löhne und die Brennstoffe zuvor gestiegen waren. Die hohen Zölle ins benachbarte Ausland, der deutsch-russische Zollkrieg der Jahre 1893 und 1894 und die Silberkrise in Nordamerika verschärften die Lage noch zusätzlich, da somit der Verkauf der Überproduktion ins Ausland erschwert war. Die Fabrikanten versuchten mittels Preisabsprachen den Verfall der Preise einzudämmen, was jedoch nur kurzfristig gelang. Erst im Jahr 1895 besserte sich die Lage für die deutschen Portlandzementfabrikanten durch die allgemeine Hochkonjunktur merklich. Die in der Krise gegründeten Verbände besserten die Lage zusätzlich, da nun in allen deutschen Gebieten die Preise geregelt wurden und diese nicht unterboten werden

durften. Die vergrößerten Produktionskapazitäten konnten nun ausgeschöpft werden und wurden lediglich durch Arbeitermangel beschränkt. Diese großen Fabriken verringerten auch die Gestehungskosten für den Zement und erhöhten dadurch die Gewinne. Der Wirtschaftsaufschwung führte wiederum zu einer Vergrößerung der bestehenden Werke und zu weiteren Neugründungen. Dabei wurde oft nicht die Marktlage berücksichtigt, da viele Unternehmer einen weiteren Anstieg des Absatzmarktes erwarteten und in einem Zementwerk einen fixen Gewinn sahen. Im Jahr 1902 bestanden in Deutschland bereits 96 Zementwerke und die gesamte Produktionskapazität wurde von 2.295.000 Tonnen im Jahr 1895 auf 4.335.000 Tonnen im Jahr 1901 erweitert.

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts sank die Bautätigkeit wegen der hohen Inflation wieder, wodurch es wieder zu einer massiven Überproduktion kam. Zahlreiche der neu gegründeten Firmen sahen sich nicht an die Preisabsprachen gebunden, weswegen es wieder zu einem Preisverfall kam. In Nordwest- und Mitteldeutschland wurde ein Kartell gegründet, das die Zementbetriebe mit festgelegten Kontingenten zum Beitritt bewegen wollte. Diese zugeteilten Produktionsmengen lagen jedoch immer noch stark über dem tatsächlichen Absatz. Das Syndikat war deshalb schon rasch gezwungen zu einem stark verbilligten Preis die Kontingente zu verkaufen und versuchte in anderen Gebieten mit Dumping-Preisen die dortigen Fabriken zum Beitritt zu bewegen. Diese Vorhaben scheiterten jedoch und so wurde das Syndikat im Laufe des Jahres 1901 bereits wieder aufgelöst. Nun setzte ein starker Preiskampf ein, da jeder Zementfabrikant versuchte, auf Kosten der anderen seinen Absatz zu steigern und mit vergrößerter Produktion die schlechten Preise auszugleichen⁸⁵.

Die Zahl der Mitgliedswerke des „Vereins deutsche Portland-Zementfabrikanten“ nahm um die Jahrhundertwende stark zu und im Jahr 1902 erreichte der Verein die höchste Mitgliederzahl mit 96 Unternehmen. Die Produktionskapazität dieser Werke stieg beträchtlich an, was sich jedoch nicht immer im Versand bemerkbar macht. Diese zunehmende Divergenz zwischen Produktionskapazität und tatsächlich verkauften Zementmengen führte immer wieder zu Krisen der Zementindustrie.

⁸⁵ Madelung, Entwicklung der Deutschen Portland-Zement-Industrie, 14-36

Jahr	Anzahl	Versand (Mill. t)	Produktionsfähigkeit (Mill. t)
1885	42	0,62	0,68
1886	48	0,74	0,78
1887	48	0,85	1,02
1888	52	1,11	1,28
1889	63	1,26	1,46
1890	70	1,45	1,68
1891	76	1,51	1,79
1892	79	1,68	1,87
1893	80	1,70	2,04
1894	82	1,73	2,13
1895	78	1,94	2,30
1896	81	2,02	2,40
1897	81	2,14	2,47
1898	82	2,30	2,53
1899	86	2,75	3,32
1900	88	3,10	3,91
1901	93	3,72	4,34
1902	96	3,54	4,39
1903	86	3,30	4,42
1904	94	3,40	4,49
1905	93	3,59	4,66
1906	91	3,93	5,10
1907	87	4,18	5,51
1908	85	4,45	6,12
1909	89	4,74	6,46

Tabelle 5: Fabriksanzahl des Vereins deutscher Portland-Zementfabrikanten, deren Versand und Produktionsfähigkeit⁸⁶

⁸⁶ Madelung, Entwicklung der Deutschen Portland-Zement-Industrie, 89

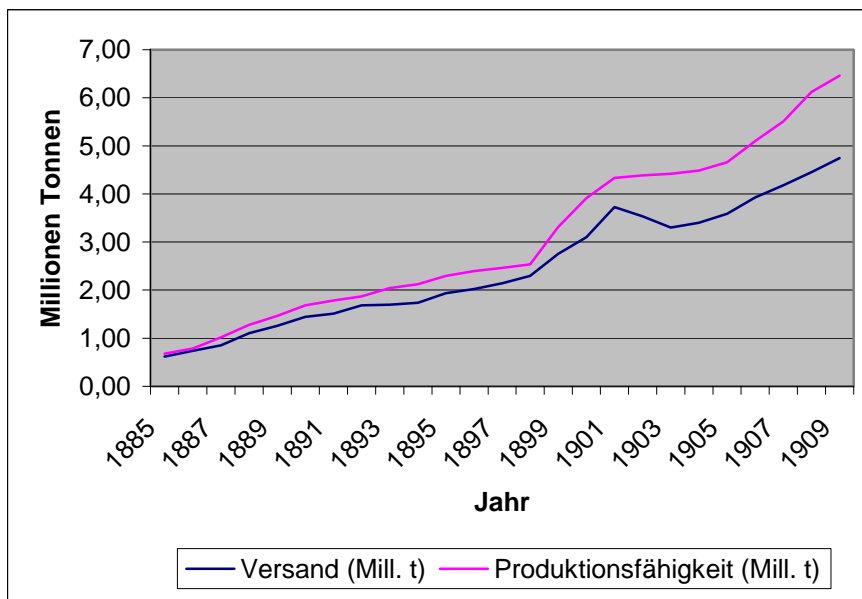


Abbildung 5: Divergenz zwischen Produktionskapazität und Absatz

Die deutsche Zementindustrie erholte sich nach den schweren Zeiten zu Beginn des 20. Jahrhunderts erst langsam. Der Absatz stieg zwar ab dem Jahr 1902 wieder, doch die Überproduktion war nach wie vor sehr hoch und hielt die Preise niedrig. In immer mehr deutschen Gebieten wurden nun Kartelle gegründet, die den freien Wettbewerb beseitigen und die Produktion einschränken sollten. Im Jahr 1905 schlossen die Syndikate im Berliner Vertrag untereinander eine Preiskonvention für den heftig umkämpften Berliner Markt. Durch diese Einigung der deutschen Zementindustrie konnte sie nun die Produktion dem Bedarf anpassen und die Konjunktur besser ausnützen. Mit Hilfe der Kartelle und der Hochkonjunktur konnte sich die Zementindustrie in den Jahren 1906 und 1907 wieder erholen, doch bereits 1908 flaute der wirtschaftliche Aufschwung wieder ab. Vor allem die neu gegründeten Betriebe, die dem Kartell nicht beigetreten waren, fühlten sich nicht an die Abkommen gebunden und entfachten einen neuerlichen Preiskampf. In der Folge wurde der Sinn der Syndikate in Frage gestellt und das mitteldeutsche Kartell löste sich auf, womit die Verträge unter den einzelnen Kartellverbänden hinfällig wurden. Erst im Jahr 1910 stieg der Zementabsatz wieder und die Zementindustrie konnte sich rasch erholen, da die Kartelle die Krise zwar nicht verhindern aber zumindest abschwächen konnten. Nach der schweren Zeit schlossen die meisten Kartellverbände erneut Verträge untereinander, in denen die Absatzgebiete und –mengen festgelegt wurden⁸⁷. Der Kartellvertrag lief im Jahr 1913 aus und es konnte keine Einigkeit über eine Verlängerung oder einen neuen Vertrag

⁸⁷ Madelung, Die Entwicklung der Deutschen Portland-Zement-Industrie, 48-54

erzielt werden, wodurch der Verkauf ab 1914 wieder gänzlich frei gegeben wurde. Bald danach wurden in manchen Gebieten erneut Syndikate gegründet.⁸⁸

4.2.3 Entwicklung der deutschen Zementindustrie ab dem 1. Weltkrieg

In den Kriegsjahren ab 1914 sah sich die deutsche Zementindustrie einer starken Schrumpfung ausgesetzt und die erzeugte Zementmenge sank auf 1,79 Millionen Tonnen im Jahr 1919. Das heißt, dass zu Kriegsende lediglich 25 Prozent der Menge vor dem Krieg produziert wurden. Erst im Jahr 1928 erreichte die Produktion wieder eine Menge von 5,6 Millionen Tonnen, womit die Produktion wieder über dem Wert vor dem Ersten Weltkrieg lag, und steigerte sich im darauf folgenden Jahr nochmals. Danach sank die Zementerzeugung bis 1932 jedoch kurzfristig wieder, ehe die produzierte Menge bis zum Zweiten Weltkrieg wieder stark zunahm.⁸⁹

Nach dem Krieg war die Bauwirtschaft eine der wesentlichen Bereiche, die die Wirtschaft ankurbelten. Viele Zementfabriken wurden mit modernen Maschinen ausgerüstet und neue Anlagen wurden errichtet. Im Jahr 1967 kam es zu einer wirtschaftlichen Schwächephase, die die Zementindustrie wegen hoher Überkapazitäten stark traf. Daraufhin setzte ein Konzentrationsprozess ein. Nach der wirtschaftlichen Flaute erholte sich die deutsche Zementindustrie rasch wieder und erreichte im Jahr 1972 ein Allzeithoch von 42 Millionen Tonnen produzierten Zements. Die Ölkrise traf die Zementindustrie anschließend stark und führte zu einer Rückkehr zur Kohle als Brennstoff und einem erneuten Preiskampf, da durch die folgende Rezession der Zementabsatz zurückging. In der Folge sank der Zementversand weiter und im Jahr 1985 wurden nur noch 22,9 Millionen Tonnen verschickt. Danach erholte sich der Absatz wieder und vor allem mit der deutschen Wiedervereinigung stieg der Bedarf enorm. Die Zementunternehmen standen dabei auch vor der Herausforderung, die veralteten Anlagen im Osten Deutschlands zu modernisieren⁹⁰.

⁸⁸ Ursula *Klingebliel*, Der westdeutsche Zementmarkt. Eine Untersuchung der Marktstruktur, zugleich ein Beitrag zur Analyse der Kartellierungsbestrebungen in der Zement-Industrie der Bundesrepublik Deutschland (Diss. Marburg 1960), 30

⁸⁹ Josef *Schmid*, Zement in der Weltwirtschaft (Diss. Wien 1949), 86f.

⁹⁰ *Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V.*, BDZ: Entwicklung der Zementindustrie (Berlin **o.J.**), online unter <<http://www.bdzement.de/766.html#>> (06. April 2008)

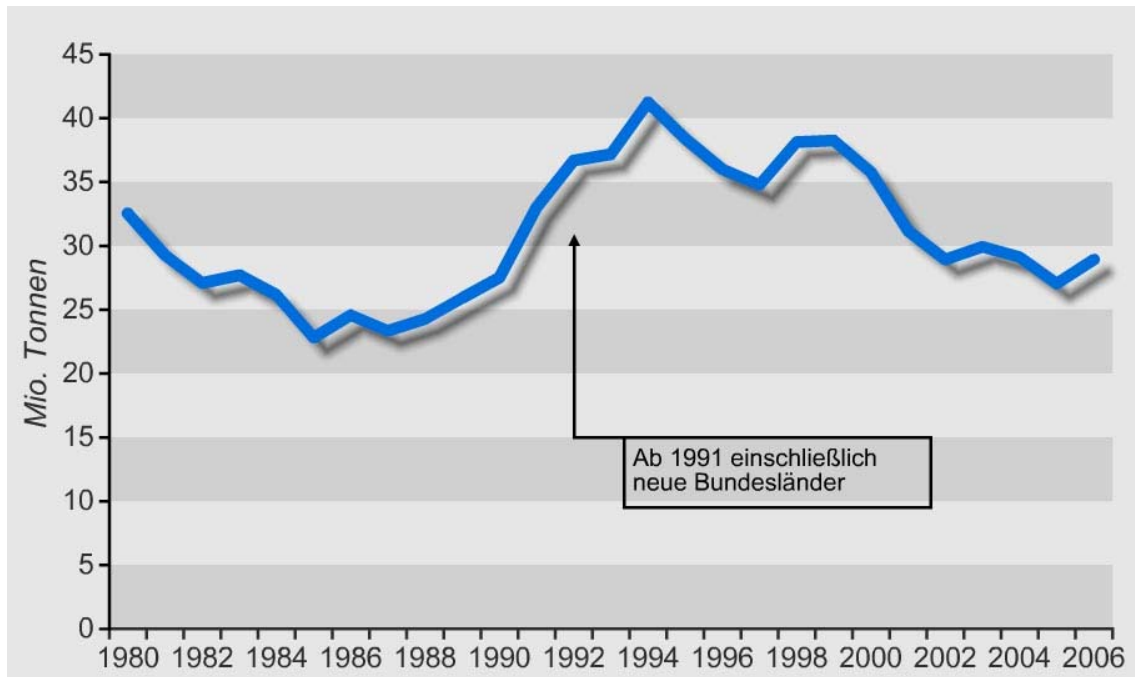


Abbildung 6: Zementversand in Deutschland von 1980 bis 2006⁹¹

Im Jahr 2006 bestanden in Deutschland 22 Unternehmen, die in 58 Werken⁹² eine Menge von 33,6 Millionen Tonnen an Zement produzierten⁹³.

⁹¹ Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V., Zementverbrauch seit 1980 (Berlin o.J.), online unter <<http://www.bdzement.de/fileadmin/gruppen/bdz/ressourcen/grafiken/Zementverbrauch.swf>> (06. April 2008)

⁹² Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V., BDZ: Tabellen (Berlin o.J.), online unter <http://www.bdzement.de/550.html?tab=Unternehmen&jahr_von=2000> (06. April 2008)

⁹³ Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V., BDZ: Tabellen (Berlin o.J.), online unter <http://www.bdzement.de/550.html?tab=Klinker_Zement_Produktion&jahr_von=1995> (06. April 2008)

4.3 Entwicklung der Zementindustrie in Österreich

Die Kalkbrennerei war seit der Römerzeit in Österreich heimisch. In den römischen Provinzen errichteten die Römer Straßen und Bauwerke. Bei Ausgrabungen fand man auch oft Spuren von Kalköfen. Im Mittelalter wurden lediglich größere Bauten wie Kirchen, Burgen oder Klöster aus Stein erbaut. Daher war das Kalkbrennen nicht mehr weit verbreitet. Im Jahr 1538 siedelte Erzherzog Ferdinand die ersten welschen Kalkbrenner am Ostrand der Alpen an. Der Kalk wurde einerseits in chargenweise beschickten Öfen und andererseits in Kalkmeilern gebrannt, die ein kontinuierliches Brennen erlaubten⁹⁴. Zu Beginn des 19. Jahrhunderts wurden erste Versuche einer industriellen Erzeugung des Kalkes unternommen. 1830 wurde in einem Gesetz festgehalten, dass die Benützung der Steinbrüche nicht mehr Gegenstand des Bergregals war. Dadurch konnte nun das wohlhabende Bürgertum sein Kapital auch in Steinbrüchen und Kalkbrennereien anlegen und so Investitionen in großem Maßstab tätigen. Mit dem Zugang zur Steinkohle aus Mähren und Schlesien über die Nordbahn, die in den 1830er Jahren errichtet wurde, konnten die Kalkbrenner den Brennstoff wechseln. Dies führte zu einer raschen Industrialisierung, die auch durch die zunehmenden Anwendungsmöglichkeiten des Kalkes und den Bevölkerungsanstieg der Residenzstadt Wien beschleunigt wurde⁹⁵.

4.3.1 Anfänge der österreichischen Zementindustrie

Zu Beginn der 1830er Jahre brannte in Tirol der kaiserlich-königliche Bergschaffer Gottfried Unterberger probeweise Romanzement, der jedoch nicht fabrikmäßig erzeugt wurde und auch nicht in den Handel kam⁹⁶. Unterberger war der Erste, dem die Herstellung von Romanzement in Österreich gelang. Er hatte 1836 bei einer Dienstreise nach Bayern die Verwendung von hydraulischen Kalken kennen gelernt und versuchte dieses Wissen über Bindemittel bei der Bekämpfung von Grubenbränden anzuwenden, die früher durch mit Lehm abgeschlossene Bretterwände eingedämmt wurden, die aber nicht lange luftundurchlässig waren. Allerdings fand er für die Erzeugung kein Gehör bei seinen

⁹⁴ Ast, Die Kalkbrenner am Ostrand der Alpen, 51-54

⁹⁵ Ast, Kalkbrennerei, 60-69

⁹⁶ Max Thury, Die österreichische Cement-Industrie; In: Die Groß-Industrie Österreichs. Festgabe zum glorreichen fünfzigjährigen Regierungs-Jubiläum seiner Majestät des Kaisers Franz Josef I., Bd. 2 (Wien 1898), 5f

vorgesetzten Behörden, da diese glaubten, dass aus dem Mergel dieser Gegend kein Zement herzustellen wäre⁹⁷.

Die erste Zementfabrik auf österreichischem Boden wurde 1842 von Franz Kink in Schwoich bei Kufstein erbaut. Franz Kink wurde als Straßenmeister im kaiserlichen Dienst auf die mangelhaften Eigenschaften des gebrannten Tonkalksteins aufmerksam und begann eigene Versuche an verschiedenen Kalksteinen anzustellen. Im Jahr 1841 fand er im Glemmtal ein ergiebiges Lager an Kalkmergel und begann mit der Erzeugung eines hydraulischen Kalkes. 1842 schließlich folgte die Gründung der ersten Romanzementfabrik Österreichs. Rasch konnte Franz Kink die Produktion ausweiten und die verkaufte Menge seines Zements stetig steigern.

Jahr	Produzierte Menge (in Zentner)
1843	333
1844	3768
1845	13300
1846	32000
1849	33000
1852	44000
1856	64000
1860	84000

Tabelle 6: Produktionsanstieg in der Romanzementfabrik Franz Kink⁹⁸

Als Beweis für diesen Erfolg wurde seinem Unternehmen ab 1847 auch erlaubt, sich als k.k. privilegierte Fabrik zu bezeichnen. Im selben Jahr trat auch sein Sohn Anton Kink ins Unternehmen ein. Im Revolutionsjahr 1848 reduzierte sich der Absatz aufgrund der Verunsicherung der Wiener Bauindustrie stark. Anton Kink führte - durch die schwere wirtschaftliche Lage angespornt - zahlreiche technologische Neuerungen ein: Durch den Bau einer Rollbahn sparte er Transportkapazitäten ein, mit der Umstellung der Brennöfen von Holz auf Steinkohle konnte die Produktion verbilligt werden und mit dem Transport durch die Eisenbahn wurde die Lieferung zu den Abnehmern sicherer, da bei der Beförderung auf dem Wasserweg über Inn und Donau häufig Schiffe untergingen und

⁹⁷ Volker Koch, Die Tiroler Zementindustrie (Innsbruck 1972), 28f

⁹⁸ Nikolaus Pongracz, Die Familie Kink. Aufstieg einer Wiener Großbürgerfamilie (Dipl. Wien 1994), 31f

damit die Ladung verloren war. Der „Kufsteiner hydraulische Kalk“ von Kink war wegen seiner hervorragenden Eigenschaften vor allem bei Wasser-, Eisenbahn- und Festungsbauten beliebt. Dies wurde durch den wirtschaftlichen Aufschwung noch verstärkt⁹⁹. Die Produktion stieg dadurch von 700 Tonnen im Jahr 1842 auf 2800 Tonnen im Jahr 1860¹⁰⁰. Nachdem Anton Kink 1868 verstorben war, wurde die Fabrik vier Jahre später an die Perlmooser Zementfabriks-AG verkauft.

Die erste Portlandzementfabrik auf österreichischem Boden wurde von Alois Kraft 1856 ebenfalls in Kirchbichl erbaut. Österreich war in der Zementproduktion durch die Rohstoffvorkommen begünstigt und daher ist die österreichische Portlandzementproduktion die drittälteste der Welt¹⁰¹. So konnte auch für die Erzeugung von Portlandzement ein natürliches Vorkommen von Kalk- und Tonmergeln abgebaut werden. Alois Kraft errichtete – durch den Erfolg von Franz Kink veranlasst – im Jahr 1854 zum Mergelsteinbruch eine kleine Anlage mit zwei Schachtöfen. Zunächst wurde lediglich Romanzement erzeugt. Bei der Produktion fielen jedoch im Laufe der Zeit größere Mengen an „Überbranntem“ an. Kraft ließ diesen Rest mahlen und ihn für ein eigenes Bauwerk verwenden. Dadurch fand er heraus, dass dieser Zement sogar besser erhärtete als der nur schwach gebrannte Romanzement. Er zog den Schluss, dass es mit bestimmten, natürlich vorkommenden Mergeln möglich sein müsste, ein dem englischen Portlandzement gleichwertiges Produkt zu erzeugen. 1856 erhielt er für die Erzeugung das Patent.

Kraft ließ Versuche anstellen, um im Steinbruch die beste Schicht mit der optimalen Mergelzusammensetzung zu finden, und fand zwei Stellen, an denen diese zu Tage trat. Dieser Schicht wurde schließlich der Name „Portlandzementlage“ gegeben. Die Herstellung eines Portlandzements aus natürlich vorkommenden Mergeln – im Gegensatz zu den in England künstlich erzeugten Gemischen – wurde zuallererst in Österreich durchgeführt. Alois Kraft verfügte jedoch nicht über die nötigen Geldmittel für die Umstellung seiner Fabrik auf Portlandzementfabrikation und schloss sich daher mit Angelo Saullich zusammen, dem Teilhaber des Großhandelshauses Thury. Am 14. April 1863 konnte die Firma – zugleich mit der Firma Heinrich Escher aus St. Andrea - die goldene

⁹⁹ Pongracz, Die Familie Kink, 24-48

¹⁰⁰ Max Thury, Die österreichische Cement-Industrie, 6

¹⁰¹ Franz Kölblinger, Darstellung der wirtschaftlichen und technologischen Entwicklung der Zementindustrie – unter besonderer Berücksichtigung der Gmundner Zementwerke Hans Hatschek Aktiengesellschaft (Dipl. Wien 1983), 16

Medaille des Niederösterreichischen Gewerbevereins für die Erzeugung eines dem besten englischen Portlandzements gleichwertigen Produkts gewinnen. Ab 1862 trug die Firma den Namen „k.k. privilegierte österreichische Portlandzement-Landesfabrik“. Ende des Jahres trat Alois Kraft aus der Gesellschaft aus und gründete zusammen mit Michael Egger bei Kufstein ein Romanzementwerk. Saullich baute in der Folge das Werk beträchtlich aus und übergab die Leitung an seinen Stiefsohn Max Thury. Im Jahr 1872 wurde die Firma von einer Personengesellschaft in eine Kapitalgesellschaft umgewandelt und in „Perlmooser Zementwerke AG“ umbenannt und es wurde begonnen andere Zementwerke aufzukaufen¹⁰².

Bis 1860 wurden auf damaligem österreichischem Gebiet 11 Fabriken errichtet, die in diesem Jahr 12.600 Tonnen Romanzement und 9.000 Tonnen Portlandzement produzierten.

4.3.2 Aufschwung der österreichischen Zementindustrie ab Mitte des 19. Jahrhunderts

Durch seinen Entschluss, die Linienwälle in Wien zu schleifen, gab Kaiser Franz Josef I. den Startschuss für den Bau der Gebäude auf der Wiener Ringstraße. Dies förderte eine rege Bautätigkeit, an dem auch die noch junge Zementindustrie in großem Maß beteiligt war. Im Jahr 1873 kam es durch den Bankenkrah, der ersten großen Wirtschaftskrise des industrialisierten Mitteleuropas, und durch die Weltausstellung in Wien, die nicht erfolgreich verlief, zu einem Dämpfer der Bautätigkeit. Daraufhin wurde ein Gesetz proklamiert, das für Neubauten eine Steuerfreiheit von 25 Jahren versprach, um die Bautätigkeit anzuregen. Dennoch blieb die Bautätigkeit noch einige Jahre gelähmt. Erst durch den Ausbau verschiedener Eisenbahnstrecken, wie der Arlbergbahn, dem Bau von Festungen und anderen großen Bauvorhaben, wie der Regulierung des Wienflusses oder der Hochquellenleitung, kam es zu einer erhöhten Nachfrage nach Zement¹⁰³. Die Zementproduktion stieg stetig und förderte so den Ausbau der bestehenden Zementfabriken und die Errichtung neuer Anlagen. Bis zum Jahr 1880 konnte die Jahreszementproduktion auf 198.000 Tonnen Romanzement und 66.000 Tonnen Portlandzement ausgeweitet werden.

¹⁰² Armin *Brameshuber*, Die österreichische Zementindustrie (Wien 1953), 21-24

¹⁰³ Gerhard *Raffel*, Hundert Jahre Perlmooser Zementwerke A. G. 1872 – 1972 (Wien 1972), 21-22

Romanzement konnte den gesamten inländischen Bedarf abdecken. Portlandzement, dessen Kapazität erst ein Drittel des Romanzements ausmachte, wurde jedoch noch in großem Ausmaß aus dem Ausland importiert. Für die Erzeugung des Romanzements waren die geeigneten Rohmaterialien in den meisten Teilen des damaligen österreichischen Gebiets ausreichend vorhanden und so konnte er mit den heimischen Brennstoffen und einfachen Maschinen leicht brennen und vermahlen werden. Die Fabrikation von Portlandzement erforderte jedoch hohe Anlagenkosten und große Mengen an hochwertiger Steinkohle, die über weite Strecken transportiert werden mussten. Durch diesen Umstand bedingt, übten die billigeren Produkte aus dem Ausland einen großen Druck auf die heimische Produktion aus.

In Deutschland wurde durch die günstigeren Bedingungen im Jahr 1880 bereits 600.000 Tonnen Portlandzement pro Jahr erzeugt. Um die österreichische Produktion zu stützen, führte die Regierung 1882 einen Zementzoll auf die Einfuhr ein. Dieser wurde vertraglich mit einer Krone, autonom mit 1,8 Kronen, pro 100 Kilogramm Zement festgesetzt. Dieser Zoll verhalf der österreichischen Zementindustrie zu einem raschen Aufstieg. Im Jahr 1897 wurden in Österreich 308.900 Tonnen Romanzement und bereits 298.900 Tonnen Portlandzement erzeugt. Die Standorte entwickelten sich vor allem in den Alpenländern, wo die Rohstoffe leicht zu beziehen waren und die Wasserkraft billig war, in den Kohlebezirken in Böhmen, Mähren und Galizien, in Dalmatien, wo ebenfalls natürliche Rohstoffe vorhanden waren und der Abtransport über See möglich war, und in der Nähe der Reichshauptstadt Wien¹⁰⁴. Da die Standorte der Zementindustrie vor allem von den drei wichtigen Faktoren Rohmaterial, Absatzmarkt und Kohle abhängen, siedelten sich die Betriebe vor allem in der Nähe zumindest eines der drei Faktoren an. Mit 25 bis 30 Tonnen Kohle und 150-160 Tonnen Rohmaterial können 100 Tonnen Zement erzeugt werden. Daher war der Faktor der Rohstoffe der wichtigste für die Standortwahl. Danach war der mögliche Absatzmarkt und erst an letzter Stelle die Nähe zu den Kohlerevieren entscheidend, weshalb in der Umgebung von letzteren nur in Ausnahmefällen Zementwerke errichtet wurden¹⁰⁵.

¹⁰⁴ *Brameshuber*, Die österreichische Zementindustrie, 26-27

¹⁰⁵ *Ernst Ahammer*, Technischer und wirtschaftlicher Stand der österreichischen Zementindustrie (Dipl. Wien 1970), 14f

Die Zementwerke auf damaligen österreichischem Gebiet verteilten sich im Jahr 1897 auf folgende Kronländer:

Statistik der österreichischen Zementfabriken mit Ende des Jahres 1897.

Im Kronland	Anzahl der Firmen	Anzahl der Betriebsstätten	Erzeugung von		Durchschnittlicher Handelswerth ab Fabriken		Kraftmaschinen		Verbrauch von Brennmaterial		Anzahl der Arbeiter
			Roman-Cement	Portland-Cement	Roman-Cement	Portland-Cement	Wasser	Dampf	Kohlen	Coaks	
			M.-Ctr.	M.-Ctr.	ö. W. fl.	ö. W. fl.	HP	HP	M.-Ctr.	M.-Ctr.	
Tirol	9	10	1,275.000	593.000	943.500	1,150.400	946	730	189.300	117.500	1076
Niederösterreich	8	12	1,100.000	180.000	1,012.000	396.000	557	540	75.500	108.400	921
Oberösterreich	1	1	.	200.000	.	400.000	.	300	70.000	.	200
Salzburg	3	3	195.000	230.000	150.100	460.000	408	.	8.000	80.000	385
Steiermark	4	4	140.000	150.000	142.800	337.500	100	475	98.000	17.000	380
Kärnten	3	3	77.000	40.000	80.001	90.00	189	.	15.200	10.000	106
Krain	2	2	30.000	205.000	31.800	451.000	640	40	40.000	5.000	240
Böhmen	3	3	18.000	460.000	18.000	920.000	.	1120	135.000	115.000	520
Mähren	1	1	60.000	200.000	60.000	400.000	.	600	60.000	.	200
Galizien	2	2	150.000	700.000	105.000	1,365.000	.	1600	323.000	15.000	930
Küstenland und Dalmatien .	2	2	44.000	31.000	51.900	73.700	.	75	5.400	7.200	110
Oest.-Schlesien u. Bukowina	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Summa . . .	38	43	3,089.000	2,989.000	2,595.100	6,043.600	2850	5480	1,019.400	475.100	
			6,078.000 M.-Ctr.		8,638.700	Gulden	8330	HP	1,494.500	M.-Ctr.	5068

Tabelle 7: Verteilung der Zementwerke in Alt-Österreich¹⁰⁶

Die Fortschritte in der Fabrikationstechnik führten zu einer Vergrößerung der Produktionskapazität. Viele Firmen wurden neu gegründet und bestehende massiv ausgebaut. Es setzte ein verlustbringender Wettbewerbskampf ein, da die Produktion nun den Absatz deutlich überstieg, was zu einer ernsten Krise der Zementindustrie in Österreich führte. In dieser Phase kam es auch im Jahr 1900 zur Gründung des „Verbandes österreichischer Portland-Cement-Fabriken“, der bis 1917 Bestand hatte. In den Statuten des Verbandes wurde auch der Zweck dargelegt: Er sollte die Verkaufspreise und das Quantum des Absatzes jeder Fabrik bestimmen und die Verkaufskonditionen bestimmen. Dieser Zusammenschluss zu einem Kartell wahrte allerdings auch die Ansprüche der Verbraucher, wie eine im Jahr 1912 abgehaltene Kartellenquete der berufenen Vertreter klarstellte. Bis 1912 entwickelte sich die österreichische Zementindustrie gut, doch durch die Balkankriege kam es 1913 zu einem Dämpfer. Der Rückgang traf die Zementfabrikanten besonders hart, da durch die vorangegangenen günstigen Wirtschaftslage die Anlagen groß ausgebaut wurden und neue Werke entstanden. Im Jahr 1914 erzeugten

¹⁰⁶ Max Thury, Die österreichische Zement-Industrie, 11

auf dem Gebiet der österreichisch-ungarischen Monarchie 37 Unternehmen in 47 Werken 2.500.000 Tonnen Zement. Dies entsprach einer hundertprozentigen Überproduktion.

Erzeugungsjahr	Romanzement (t)	Portlandzement (t)	Gesamterzeugung (t)
1842	700	-	700
1860	12.600	900	13.500
1870	76.000	20.500	96.500
1880	198.000	66.000	264.000
1897	308.900	298.900	607.800
1900	250.000	350.000	600.000
1912	80.000	1.350.000	1.430.000
1913	60.000	1.300.000	1.360.000

Tabelle 8: Leistungssteigerung der alt-österreichischen Zementindustrie bis 1913¹⁰⁷

Der Erste Weltkrieg schädigte die gebeutelte Industrie noch zusätzlich, da die Brennstoffversorgung gedrosselt wurde, sowie eine Umstellung auf Kriegsbedarf nicht möglich und – anders als im Zweiten Weltkrieg – die Nachfrage nach Zement sehr gering war. Im letzten Kriegsjahr 1918 erreichte der Zementversand nur mehr 13 Prozent der Leistungsfähigkeit¹⁰⁸. Die rasante Entwicklung der österreichischen Zementindustrie sieht man vor allem an den zahlreichen Neugründungen vor dem Ersten Weltkrieg:

Jahr	Gründer	Ort	Heutiges Gebiet
1842	Franz Kink	Kufstein	Österreich
1848	v. Berndt	Gartenau bei Salzburg	Österreich
1852	Heinrich Escher	St. Andrea bei Rovigno (Rovinj)	Kroatien
1852	Thaler & Co	Kastengstatt bei Kirchbichl	Österreich
1854	Alois Praschnigger	Stein bei Laibach	Slowenien
1856	Alois Kraft	Gratten bei Kirchbichl	Österreich
1857	Franz Sartori	Steinbrück (Zidani most)	Slowenien
1859	Georg Volderauer	Hallein	Österreich
1860	Em. Tichy & Söhne	Kaltenleutgeben	Österreich
1860	Kraft & Saullich	Perlmoos bei Kirchbichl	Österreich
1860	Kommanditgesellschaft	Mariaschein	Tschechien
1861	Alex Curti	Muthmannsdorf	Österreich
1862	Ed. Neuner & Co	Leopoldsthal	Österreich

¹⁰⁷ *Brameshuber*, Die österreichische Zementindustrie, 29

¹⁰⁸ *Brameshuber*, Die österreichische Zementindustrie, 27-29

1863	Johann Buchauer	Ebbs bei Kufstein	Österreich
1864	Gebrüder Leube	Gartenau bei Salzburg	Österreich
1865	Kraft & Egger	Kufstein	Österreich
1866	Virgil Funk	Kiefersfelden	Österreich
1867	Angelo Saullich	Kirchbichl	Österreich
1868	Ing. Walter & Co	Judendorf	Österreich
1868	Carl Juch	Kirchbichl	Österreich
1868	Wilhelm von Ehrenfeld	Feistritz	Österreich
1869	Alex Curti	Ober-Piesting	Österreich
1869	Baron Pittel	Weißbach	Österreich
1869	F. Leithe	Waidhofen an der Ybbs	Österreich
1869	Michael Egger	Kufstein	Österreich
1870	Sebastian Unterhuber	Villach	Österreich
1870	Gilardi & Bettizza	Split (Spalato)	Kroatien
1870	Max Herget	Radotin	Tschechien
1872	Tradigister Zementfabrik	Tradigist	Österreich
1872	Podoler Zementfabrik	Podol	Tschechien
1872	Förster & Co	Lilienfeld	Österreich
1873	Graf Max von Seilern & Co	Tlumatschau bei Brünn	Tschechien
1873	Balthasar Seebacher	St. Johann in Tirol	Österreich
1873	Franz Morbitzer	Straza (Bukowina)	Rumänien
1874	Trifailer Kohlegewerkschaft	Trifail	Slowenien
1874	Otto Widhalm	Tüffer (Lasko)	Slowenien
1877	Em. Tichy	Ramsau	Österreich
1877	Johann Gogl	Erpfendorf	Österreich
1883	Viktor Mohor	Steinschal	Österreich
1885	Ernst Korb	St. Veit	Österreich
1885	Szczakowa AG	Szczakowa (Galizien)	Polen
1886	Egger & Lüthi	Kufstein	Österreich
1887	Hofmann & Co	Kirchdorf	Österreich
1888	Alex Curti	Scheibmühl	Österreich
1890	Liban & Co	Podgorze bei Krakau	Polen
1894	Ph. Knoch	Wietersdorf	Österreich
1894	Amann & Hartmann	Lengenfeld	Österreich
1895	Kaltenleutengeber Cementfabrik	Kaltenleutgeben und Weissenbach	Österreich
1895	Josef Tichy	Rodaun	Österreich
1896	Gebrüder Leube	Mannersdorf	Österreich
1904	Schretter & Co	Vils	Österreich
1907	Hans Hatschek	Gmunden	Österreich

1907	Vorarlberger Zementwerk Lorüns	Lorüns bei Bregenz	Österreich
1907	Edelmann & Co	Ludesch	Österreich
1909	Franz & F. Scherbaum	Marburg	Slowenien

Tabelle 9: Zementfabriksgründungen in Österreich bis 1909¹⁰⁹

4.3.3 Wirtschaftliche Entwicklung der Zementindustrie nach dem 1. Weltkrieg

Nach dem Ersten Weltkrieg verblieben noch neun Unternehmen mit 16 Werken auf dem Boden der Republik Österreich. Die Leistungsfähigkeit dieser Werke betrug 750.000 Tonnen Portlandzement im Jahr. Wegen der generell schweren wirtschaftlichen Lage konnte diese jedoch nur sehr wenig genutzt werden. Zudem kam auch noch der Umstand hinzu, dass die Steinkohlevorkommen in den Nachbarstaaten lagen und daher nun aus dem Ausland importiert werden mussten.

Bis ins Frühjahr 1921 herrschte in Österreich noch dazu großer Brennstoffmangel, der die Zementindustrie besonders traf, weil das staatliche Kohlenamt andere Industrien wie Eisen, Metall, Leder und Maschinen, bevorzugte. Die Zementindustrie konnte dadurch – trotz des im Verhältnis zur Kapazität der Fabriken niedrigen Bedarfs – die im Inland benötigte Menge nicht abdecken. Erst nach der Währungsstabilisierung lebte das Bauwesen in Österreich wieder auf. In diesen Jahren wurden auch einige Romanzementwerke stillgelegt, da dessen Bedarf stark zurückging. Im Gegenzug wurden die bestehenden Anlagen weiter mechanisiert, um der Konkurrenz, vor allem aus Deutschland, Paroli bieten zu können. Mit der verbesserten wirtschaftlichen Lage stieg auch der Versand der österreichischen Zementfabriken langsam an und erreichte im Jahr 1930 603.600 Tonnen. Bedingt durch die Weltwirtschaftskrise, die die Branche wegen einiger bereits begonnener Großbauten erst drei Jahre später voll traf, kam es wieder zu einem Rückgang. Im Jahr 1933 wurden in Österreich nur mehr 287.190 Tonnen Zement versandt. Bis 1937 stieg die Menge wieder langsam an und vergrößerte sich ab 1938, nach dem Anschluss an den großdeutschen Wirtschaftsraum, sprunghaft. Der Zweite Weltkrieg brachte der Zementindustrie zusätzlichen Aufschwung, da der Baustoff Zement für die Festungsbauten, militärischen Anlagen und Luftschutzbunker benötigt wurde. Gegen Ende des Krieges änderte sich dieser Umstand und so sank die von den Zementwerken versandte Menge auf 77.339 Tonnen im

¹⁰⁹ *Huber*, 100 Jahre Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie, 13

Jahr 1945, da die Kohlenvorräte aufgebraucht waren und ein Import nicht möglich war. Durch die schlechte wirtschaftliche Lage und die großen Kriegsschäden mussten einige Werke schließen. In der Nachkriegszeit wurde die Zementindustrie zunächst zwangsbewirtschaftet, bevor in den Jahren 1946 und 1947 die Kohlenimporte intensiviert werden konnten. 1948 wurde die Zwangsbewirtschaftung aufgehoben und die produzierte Menge erreichte eine Höhe von 712.456 Tonnen¹¹⁰.

Die Entwicklung der Zementindustrie spiegelte den Werdegang ihres Hauptabnehmers, der Bauwirtschaft wieder¹¹¹. Mit der Erholung der Wirtschaft setzte nach dem Zweiten Weltkrieg auch die Bautätigkeit wieder ein. Bis ins Jahr 1960 stieg der Zementabsatz rasant auf 2.800.000 Tonnen und im Jahr 1971 auf 5.500.000 Tonnen an. Dabei stieg auch der Pro-Kopf-Verbrauch von 105 kg im Jahr 1948 auf 402 kg 1960 und 720 kg im Jahr 1970. Die Werke wurden erheblich vergrößert, weil bei zunehmender Größe die spezifischen Investitionskosten und der Arbeitsaufwand erheblich gesenkt werden konnten¹¹². Bereits im Jahr 1952 nahm die Perlmooser Zementwerke AG eine neue Anlage in Kirchbichl in Betrieb. 1961 stellten die Steirischen Montanwerke ihren Betrieb – neben der Erzeugung von Trass und Kalk – auch auf Zementproduktion um, ab 1963 lieferte das Kalk und Schotterwerk der Gebrüder Bernhofer in Golling ebenfalls Zement und wurde im Jahr 1975 von der Perlmooser Zementwerke AG und der Firma Leube jeweils zur Hälfte übernommen. 1980 begannen die Wopfinger Stein- und Kalkwerke mit der Erzeugung von Zement¹¹³. Damit bestanden in Österreich 1990 11 Unternehmungen, die in 14 Werken eine Jahresmenge von 4.907.000 Tonnen Zement produzierten¹¹⁴.

Bereits im Jahr 1951 sah sich die Zementindustrie durch das Kartellgesetz gezwungen, die bereits 20 Jahre lang bestehenden mündlichen Preisabsprachen schriftlich festzuhalten. Vor allem die Punkte des Verkaufspreises, des Arbeitsanspruches, des Beschäftigungsausgleichs bei Unter- beziehungsweise Überlieferungen und die Stimmrechte für die Mitglieder wurden festgelegt. Im Jahr 1967 wurde der Kartellvertrag

¹¹⁰ *Huber*, 100 Jahre Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie, 14-17

¹¹¹ Herbert *Matis*, Dieter *Stiefel*, „Mit der vereinigten Kraft des Capitals, des Credits und der Technik...“. Die Geschichte des österreichischen Bauwesens am Beispiel der Allgemeinen Baugesellschaft – A. Porr Aktiengesellschaft, Bd. 1 (Wien / Köln / Weimar 1994), 122

¹¹² Albert *Wolfram*, Die Problematik der Unternehmensgröße im industriellen Bereich – mit einem Beispiel aus der Zement erzeugenden Industrie (Diss. Wien 1974), 153

¹¹³ Wolfgang *Stütz*, Die österreichische Zementindustrie unter dem Blickwinkel der Energiesparung und dem Umweltschutz (Dipl. Wien 1993), 4f

¹¹⁴ *Huber*, 100 Jahre Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie, 19

erneuert, da neue Werke hinzukamen. Die Perlmooser AG hatte in diesem Kartell trotz ihrer 44 Prozent Marktanteil nur ein Drittel der Stimmen, doch der Einfluss war trotzdem groß, da ein Ausstieg der Perlmooser AG das Kartell unweigerlich aufgelöst und den Marktführer noch zusätzlich gestärkt hätte. Trotz des großen Einflusses einer einzigen Firma verhalf das Zementkartell seinen Werken zu einer guten wirtschaftlichen Entwicklung¹¹⁵. Im Zuge des Beitritts Österreichs in den Europäischen Wirtschaftsraum änderte sich die Gesetzeslage und das Kartell musste 1993 aufgelöst werden. Bis Ende 1995 war nur noch ein Strukturkrisenkartell erlaubt, das bei einer Flaute des Absatzes einen regionalen Quotenausgleich vorsah. Dieses Strukturkrisenkartell war mit den Richtlinien der EU im Einklang, weil es keine Preis- und Mengenabsprachen erlaubte, sondern lediglich einen kontrollierten Kapazitätsabbau zuließ. Die Zementwerke in Österreich liefen im Jahr 1994 bei einer Kapazitätsauslastung von nur 70 Prozent und deshalb bemühte sich der Marktführer Perlmooser um eine österreichische Kooperation der Zementunternehmen. Diese scheiterte jedoch am Widerstand der kleineren Firmen, die eine Benachteiligung gegenüber dem Marktführer fürchteten¹¹⁶.

1992, im letzten Jahr, in dem das Kartell bestand, produzierte die österreichische Zementindustrie in 15 Betriebsstandorten 5.077.000 Tonnen Zement. Bis dahin waren viele Firmen als Familienbetrieb organisiert, doch mit der Aufhebung des Kartells setzte zunehmend eine Multinationalisierung ein. Durch den Importdruck aus dem Ausland sah sich die Zementindustrie und vor allem der Marktführer Perlmooser zu einem Kapazitätsabbau veranlasst, da die Werke teilweise nur noch mit einer Auslastung von 60 Prozent betrieben wurden. Die Verringerung der Kapazität wurde vor allem durch die Schließung einiger Werke erreicht. 1992 arbeiteten noch 13 Werke in Österreich im Vollbetrieb und zwei Werke im Mahlbetrieb. Im Jahr 1999 wurden nur noch 9 Werke voll betrieben. Die drei Standorte im Mahlbetrieb wurden vor allem aus strategischen Gründen behalten, damit billiger Klinker aus dem Ausland importiert, anschließend weiterverarbeitet und als österreichische Qualität verkauft werden konnte¹¹⁷. Eine Anlage dient heute nur noch als Umladestation. Die bestehenden Anlagen verfügen über eine Produktionskapazität von 4.200.000 Tonnen Klinker pro Jahr, die zu 75 Prozent ausgenutzt wird. Damit

¹¹⁵ Koch, Die Tiroler Zementindustrie, 110-118

¹¹⁶ Martin Ernstbrunner, Die österreichische Kalk- und Zementindustrie angesichts der Liberalisierung der Märkte: Eine wirtschaftsgeographische Studie unter Berücksichtigung der Verarbeitungszweige Transportbeton- und Fertigputzindustrie (Dipl. Wien 1999), 45f

¹¹⁷ Ernstbrunner, Die österreichische Kalk- und Zementindustrie, 70-76

produzierte die Zementindustrie 2004 4.040.000 Tonnen Zement in Österreich, was einem Pro-Kopf-Verbrauch von 578 kg Zement entspricht¹¹⁸.

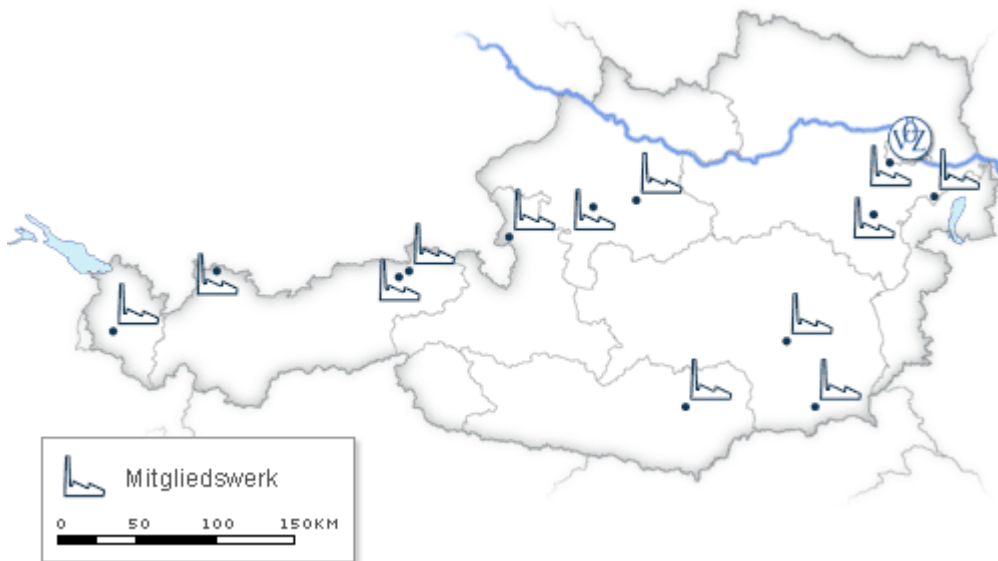


Abbildung 7: Aktuelle Karte der Zementindustriestandorte in Österreich¹¹⁹

4.3.4 Vereinigung der österreichischen Zementindustrie

Im Jahr 1894 schlossen sich die 49 Zementwerke des alt-österreichischen Raumes im Verein der österreichischen Zementfabrikanten zusammen. In den Statuten des Jahres aus dem Jahr 1896 wird als Vereinszweck die Förderung aller Interessen der österreichischen Zementindustrie genannt. Mitglied konnte jedes Zementunternehmen in Österreich werden, das Roman- oder Portlandzement produzierte. Das Stimmrecht und der Jahresbeitrag waren von der Produktionsmenge abhängig. Zudem wurde eine Definition des Wortes Portlandzement festgelegt, da Firmen, die ihrem Zement andere Stoffe beifügten, was als Täuschung der Kunden angesehen wurde, nicht beitreten durften. Erster Präsident des Vereins wurde Theodor Pierus, der später Zentraldirektor der Perlmooser Zementwerke AG wurde und bis 1915 den Vorsitz im Verein innehatte. In den Ausschüssen des Vereines wurden die anstehenden Fragen der Zementerzeugung und der Normung zusammen mit dem Österreichischen Ingenieur- und Architektenverein und ab 1907 zusätzlich mit dem

¹¹⁸ Zement + Beton Handels- und Werbeges.m.b.H., VÖZ - Zementindustrie (Wien 2006), online unter <<http://www.zement.at/page.asp?c=55&stat=bdb>> (17. März 2008)

¹¹⁹ Zement + Beton Handels- und Werbeges.m.b.H., VÖZ - Werke: Karte (Wien 2006), online unter <<http://www.zement.at/werkekarte.asp>> (17. März 2008)

Betonverein erörtert. Im Jahr 1912 wurde das Forschungsinstitut gegründet, das in der Anfangszeit vor allem für Zementprüfungen zuständig war.

Nach dem Ersten Weltkrieg kam es erst wieder 1922 zu einem Zusammenschluss der Zementfabrikanten. Die Satzungen wurden aber größtenteils von jenen zur Zeit der Monarchie übernommen und als Präsident wurde – nachdem in der Kriegszeit von 1915 bis 1918 H. Herzfeld Direktor war – wieder Theodor Pierus. Der Verein bestand bis 1938, bis er als Rechtspersönlichkeit aufgehoben und dem „N.S. Bund Deutscher Technik“ angegliedert wurde. Die Zementwerke waren nun Mitglied im „Verein Deutscher Portland-Zementfabrikanten“.

Drei Jahre nach dem Zweiten Weltkrieg nahm der „Verein österreichischer Zementfabrikanten“ seine Tätigkeit wieder auf und als neuer Präsident wurde wieder ein Direktor der Perlmooser Werke, Karl Vogt, ernannt. Ziel des Vereines waren die Einrichtung einer Forschungsstelle, die Überwachung der Normen und wirtschaftliche Interessen. Das neu gegründete Forschungsinstitut wurde 1953 vom Staat als Prüfanstalt für Bindemittel und 1962 für Beton autorisiert. Dies war die rechtliche Grundlage für die Kontrolle der Normen in den Mitgliedswerken. Im Institut wurden auch Forschungen im Bereich der Betontechnologie und deren Anwendungen durchgeführt. Um die daraus gewonnen Erkenntnisse einem breiten Kreis zugänglich zu machen, wurde gemeinsam mit dem Betonverein die Zeitschrift „Zement und Beton“ gegründet.

Im Jahr 1959 trat die Vereinigung der österreichischen Zementfabrikanten dem CEMBUREAU, der Vereinigung der europäischen Zementindustrie, bei und 1960 wurde Raimund Gehart als neuer Vorsitzender gewählt. Ab Mitte der 1970er Jahre setzte sich der Verein vermehrt mit Umweltschutzbelangen auseinander, zudem versuchte der Verein ab 1984 durch eine Werbeagentur seine Pressearbeit zu verbessern. 1985 übernahm Karl Hollweger das Amt des Vorstandes. Unter seiner Leitung erfolgten eine Umstrukturierung und die Einstellung eines Geschäftsführers sowie die Umbenennung in „Vereinigung der österreichischen Zementindustrie“. 1993 übernahm Gerhard Raffel den Vorsitz der Vereinigung¹²⁰, ihm folgten als Vorsitzende Martin Kriegner¹²¹, später Peter Orisich und ab 1. Februar 2008 Rudolf Zrost¹²² nach.

¹²⁰ Huber, 100 Jahre Vereinigung der österreichischen Zementindustrie, 20-27

5 Technologische Entwicklung der Zementherstellung

In Kapitel 2.1 wurde bereits über die frühe Entstehung des Zements geschrieben. In frühester Zeit wurde der Kalk einfach dem Feuer ausgesetzt, um die Kohlensäure auszutreiben, damit er zum Tünchen oder für Mörtel verwendet werden konnte. Mit dem Beginn der industriellen Zementherstellung wurde zunächst der Schachtofen, der bereits bei der Kalkherstellung verwendet wurde, übernommen. Heute reicht für die Zementherstellung nicht mehr ein einfacher Ofen aus. Die Produktion von Zement wurde im Laufe der Zeit immer mehr mechanisiert und ist heute ein hochtechnisiertes Verfahren und erfordert spezielle Maschinen. In diesem Kapitel soll zum besseren Verständnis die heutige Produktionsweise und die Entwicklung neuer Technologien dargestellt werden.

Die Herstellung des Zements fängt beim Abbau der Rohmaterialien Kalkstein, Kreide, Ton und Mergel in einem Steinbruch an. Danach werden diese Rohstoffe in Brechmaschinen vorzerkleinert und später in festgelegten Mischungsverhältnissen zu Rohmehl oder Rohschlamm homogenisiert, damit der Zement anschließend die gewünschten Eigenschaften aufweist. Danach gelangt das Rohmaterial in den Brennofen, wo daraus etwa nussgroße Körper gebrannt werden. Die Entwicklung der Ofentechnologie wird im Kapitel 4.2 näher dargestellt. Der gebrannte Klinker muss nach dem Brennen gekühlt werden, bevor er in speziellen Mühlen, teilweise auch mit speziellen Zumahlstoffen, zu Zement vermahlen wird. Dieser wird zum Schluss in Hallen oder Silos gelagert und danach verpackt und verladen.

¹²¹ *Zement + Beton Handels- und Werbeges.m.b.H.*, VÖZ – Jahresbilanz 1999 (Wien 2006), online unter <<http://www.zement.at/page.asp?c=188>> (17. März 2008)

¹²² *Zement + Beton Handels- und Werbeges.m.b.H.*, Presseinformation 1. Februar 2008 (Wien 2008), online unter <http://www.zementindustrie.at/file_upl/pa_neue_verbandsspitze010208.pdf> (17. März 2008)

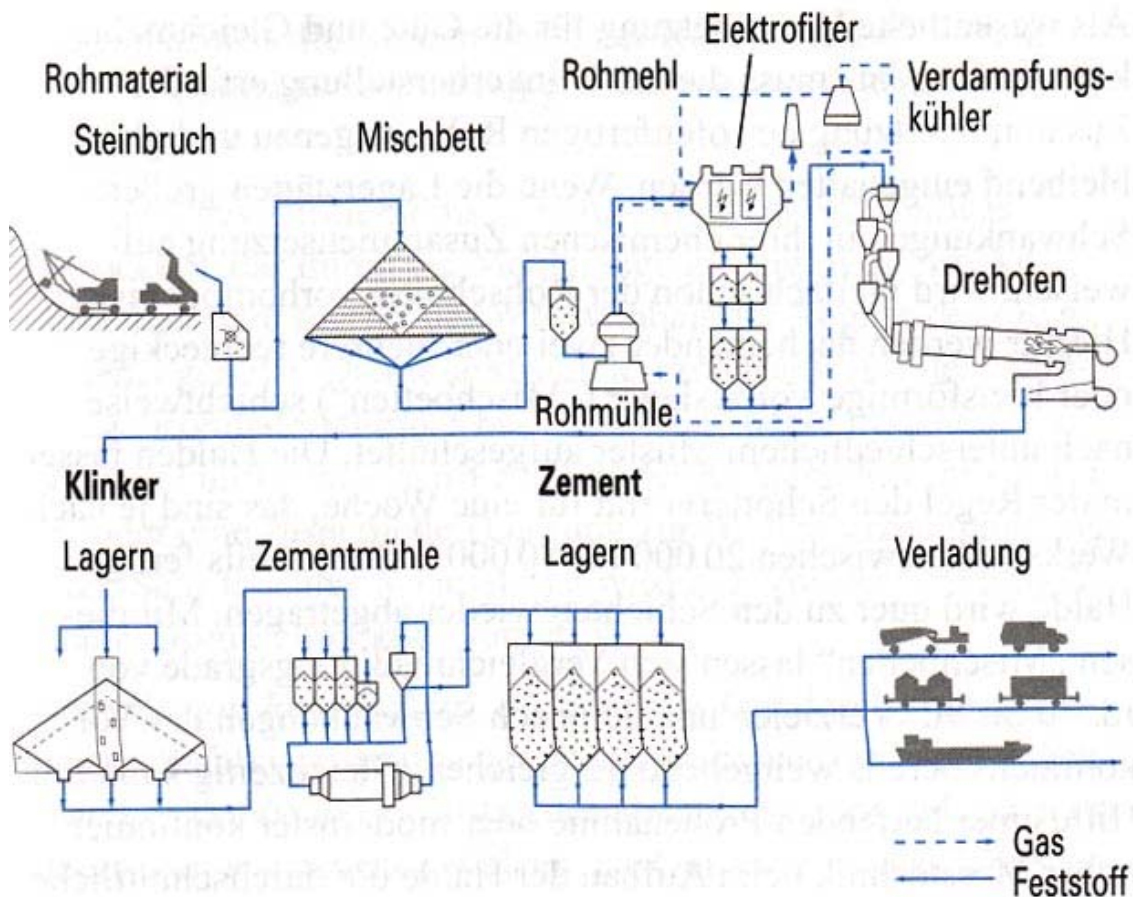


Abbildung 8: Schematische Darstellung des Zementherstellungsprozesses¹²³

5.1 Aufbereitung der Rohmaterialien

Vor dem Brennen im Ofen müssen die Rohmaterialien passend aufbereitet werden. Für diesen Fabrikationsgang können verschiedene Verfahren angewandt werden. Für das Brennen in Schacht- und Ringöfen wurden die Rohmaterialien zudem in Ziegelform gebracht, um sie in den Ofen einsetzen zu können. Für Drehrohröfen fiel dieser Arbeitsschritt weg¹²⁴.

5.1.1 Trockenverfahren

Im Trockenverfahren werden die Rohmaterialien in trockenem Zustand fein vermahlen, danach wird das Rohmehl angefeuchtet und im Ofen zu Klinker gebrannt. Dieses Rohmehl

¹²³ Verein Deutscher Zementwerke, Zementtaschenbuch 2002, 47

¹²⁴ Carl Naske, Die Portland-Zement-Fabrikation. Ein Handbuch für Ingenieure und Zementfabrikanten (Leipzig 1909), 38

gelangt anschließend in Drehrohröfen mit mehrstufigen Zyklonvorwärmern mit oder ohne Calcinator oder in lange Trockenöfen mit integriertem Vorwärmer¹²⁵.

5.1.3 Nassverfahren

Beim Nassverfahren werden die Rohstoffe entweder mit sehr viel (80 Prozent) oder mäßig vielem (circa 35 Prozent) Wasser in Schlamm verwandelt. Im ersten Fall wird der Schlamm zuerst angesteift, im zweiten Fall kann das Gemisch direkt zu Klinker gebrannt werden. Das Verfahren mit viel Wasserzusatz ist sehr aufwändig, teuer und erfordert große Flächen für die Schlammabsetzgruben. Es ist aber am besten geeignet, wenn die Rohstoffe leicht zerreiblich und daher einfach aufschlammbar sind oder von fremden Bestandteilen, wie Feuerstein oder Sand befreit werden müssen. Die Aufbereitung der Rohmaterialien mit geringem Wassereinsatz kann auch bei harten Rohstoffen angewandt werden¹²⁶. Das Nassverfahren, das die älteste Methode der Aufbereitung darstellt, ermöglichte ein einfaches Verarbeiten und Homogenisieren der Rohmaterialien. Durch die Notwendigkeit, das Wasser verdampfen zu lassen und den dadurch hohen Bedarfs an thermischer Energie, verlor das Nassverfahren immer mehr an Bedeutung und wird heutzutage in Österreich nicht mehr angewandt.

5.1.2 Halbnass- und Halbtrockenverfahren

Das Halbnassverfahren wird angewandt, wenn die Rohmaterialien einen hohen Feuchtigkeitsgehalt aufweisen. Mittels Filterpressen werden die in einen Schlamm verwandelten Rohstoffe mechanisch entwässert, um einen Filterkuchen mit 16-21 Prozent Wassergehalt zu erhalten. Dieser Kuchen wird entweder vorgetrocknet und in einen Zyklonwärmetauscherofen oder als geformte Pellets in einen Rostvorwärmerofen eingesetzt.

Beim Halbtrockenverfahren wird das trockene Rohmehl mit Wasser durch einen Granulierteller zu Pellets oder Granulat gewandelt, das noch 10-12 Prozent Wasser enthält. Die Rohmaterialien kommen schließlich in einen Rostvorwärmerofen¹²⁷.

¹²⁵ Matthias Kail, Zementherstellung. Ein terminologischer Abriss (Dipl. Wien 2003), 28f

¹²⁶ Schott, Entwicklung der Fabrikation, 135f

¹²⁷ Kail, Zementherstellung, 28f

5.2 Ofensysteme

Die wesentlichen Entwicklungsschritte zeigen sich an der Entwicklung der Ofentechnik, die immer mehr verbessert wurde. Im Laufe der Zeit wurden die bestehenden Öfen verbessert und neue Systeme entwickelt, die die Produktion eines Zementwerks stark steigern ließen.

5.2.1 Kalköfen

Bereits Cato der Ältere beschrieb in seinem Werk „Vom Landbau“ in Kapitel XLIV wie ein Kalkofen zu errichten und betreiben war:

„Den Kalkofen mache 10 Fuß breit, 20 Fuß hoch, die oberste Breite ziehe bis auf 3 Fuß zusammen. Wenn du mit nur einem Schürloch brennen willst, mache inwendig ein großes Loch, damit Raum genug ist, der die Asche aufnehmen kann, damit man sie nicht nach außen herausschaffen muß, und baue den Ofen gut; mache, daß der Rost den ganzen unteren Teil des Ofens einnimmt. [...] Wenn du den Ofen machst, mache, daß du den Schlund steil abwärts laufen läßt; sobald du tief genug gegraben hast, dann lege dem Ofen seinen Grund, damit er möglichst tief liegt und möglichst wenig dem Wind ausgesetzt ist.[...] Dies wird das Zeichen sein, wenn der Kalk gebrannt ist: die obersten Steine müssen gebrannt sein; ebenso werden die untersten Steine gebrannt zusammenfallen und die Flamme wird weniger rauchig herausschlagen.“¹²⁸

Diese Beschreibung stellt einen Schachtofen dar, dessen Ofenfüllung bei einer Brenndauer von einer Woche etwa 15 m³ Kalk ergab¹²⁹.

Wichtig beim Kalkbrennen war vor allem mit möglichst geringen Kosten, also auch mit möglichst wenig Brennstoff, die Kohlensäure aus dem Kalk auszutreiben. Die Kohlensäure beginnt an der Oberfläche zu entweichen. Daher war es entscheidend, keine zu großen Steine, die aber eine möglichst große Oberfläche hatten, im Ofen aufzuschichten. Sie wurden derart aufgeschichtet, dass zwischen den Steinen noch genügend Platz für den Gasabzug blieb.

¹²⁸ Otto Schönberger (Hg.), Marcus Porcius Cato. Vom Landbau. Fragmente (Düsseldorf / Zürich 2000), 63f

¹²⁹ Heinz Otto Lamprecht, Opus Caementitium. Bautechnik der Römer (Düsseldorf 1993), 45

5.2.2 Schachtöfen

Die frühe Form der Schachtöfen erlaubte lediglich einen unterbrochenen Betrieb. Diese Öfen bestanden aus einem Schacht, der mit feuerfestem Material ausgekleidet war und seitliche Einsatztüren hatte, aus denen der Rost herausgezogen werden konnte. Die meisten Öfen hatten einen Innendurchmesser von zwei bis drei Metern und eine Gesamthöhe von 15 Metern, wovon dem Schacht sechs bis acht Meter entsprachen.

Die trockene Zementmasse wurde - in Brocken oder zu Steinen gepresst – abwechselnd mit dem Brennmaterial, meist Koks, durch die Einsatztüren aufgeschichtet. Über den Rost wurde Holz zum Anheizen gelegt, das dann das eigentliche Feuerungsmaterial entzündete. Die Einsetzöffnungen wurden anschließend zugemauert, da die Luftzufuhr durch den Rost erfolgte. Danach mussten die Brenner warten und hoffen, dass das Brennmaterial einen regelmäßigen Brand herstellte, da sonst das Material aus dem Ofen geholt und neu gebrannt werden musste. Der Vorgang erforderte große Erfahrung, da die genaue Brenntemperatur und die Menge des Feuerungsmaterials durch Erfahrung festgelegt und an den vorhandenen Zementrohstoff angepasst werden musste. Doch auch bei optimalem Brennprozess lieferte der Ofen Teile, die zu schwach oder zu stark gebrannt waren und daher aussortiert werden mussten. Zudem benötigte diese Form des Schachtofens, auf das Klinkergewicht bezogen, etwa 30-35 Prozent Koks¹³⁰.

¹³⁰ Naske, Portland-Zement-Fabrikation, 115f

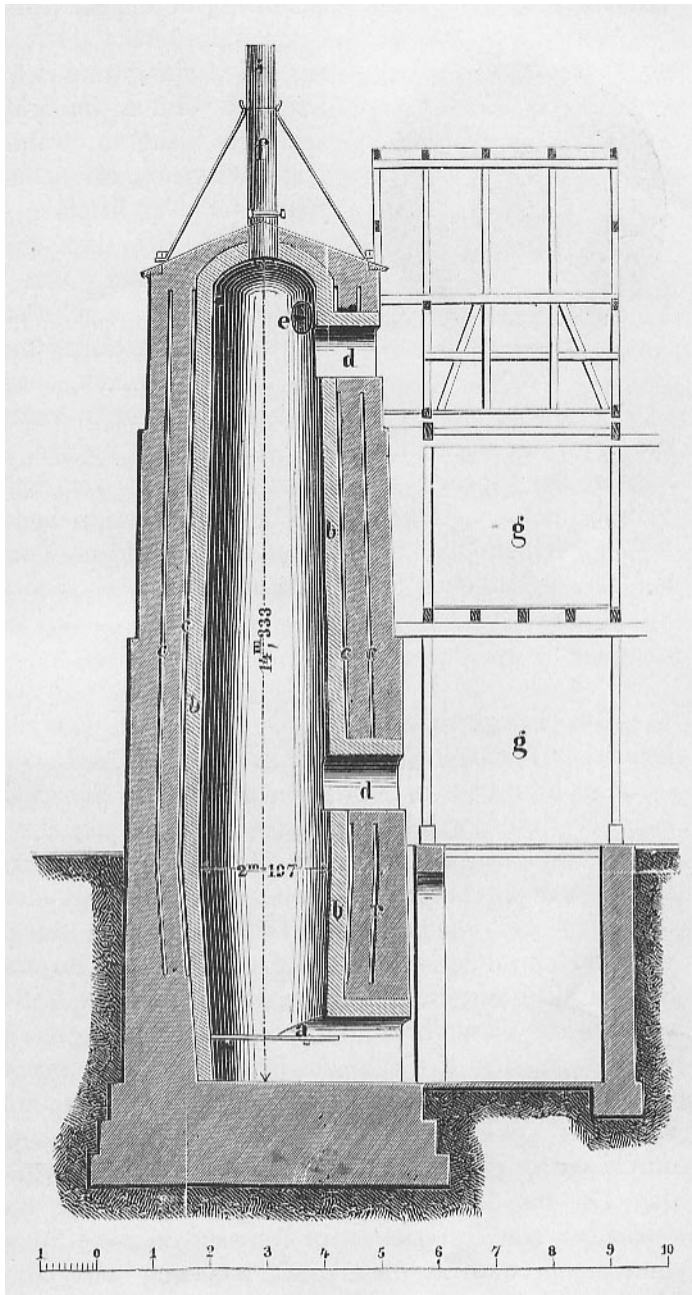


Abbildung 9: Schema eines periodischen Schachtofen¹³¹

Carl Dietzsch führte mit dem von ihm entwickelten Etageofen einige Verbesserungen ein. Der Ofen trägt seinen Namen dadurch, dass der Brennschacht vom Vorwärmbereich getrennt und damit die sintierende Masse von den Rohsteinen befreit wurde, die in einem gewöhnlichen Schachtofen auf ihr lasteten. Der Etageofen besteht aus den vier Teilen Vorwärmer, Schürherd, Brennraum und Kühlraum. Die Rohzementmasse konnte in beliebiger Form in den Vorwärmer eingebracht werden und wurde darin durch die

¹³¹ Edmund Heusinger von Waldegg, Die Kalkbrennerei und Cementfabrikation mit Anhang über die Fabrikation der Kalksandsteine (Leipzig 1903), 189

abziehenden Gase getrocknet und erwärmt. Anschließend gelangte sie auf den beinahe ebenen Schürherd und wurde, sobald die Masse rot glühte, in den mit Kohlen beschickten Brennraum gezogen. Es wurde ebenso viel glühende Masse nachgezogen, wie im unteren Kühlraum fertiger Klinker entnommen wurde. Der Brennraum und der Kühlraum bildeten den unteren Teil des Ofens. Die besonderen Vorteile des Etagenofens lagen darin, dass die gesinterte Masse im Brennraum mit Stoßstangen von der Wand gelöst werden konnten, um sie am Anbacken zu hindern, und der Kühlraum unter dem Kranz des Schmelzraums zurücksprang, wodurch der niedersinkende heiße Klinker nicht die Wand berührte und leichter abkühlte. Die Herausforderungen an den Brenner waren hoch und nicht alle Rohstoffe vertrugen die hohe Beanspruchung im Ofen und verhinderten den Zug, der für das Vorwärmen erforderlich war¹³². Die Leistung eines Dietzschen Etagenofens betrug im Durchschnitt 20 Tonnen am Tag und der Brennstoffverbrauch lag bei 17-20 Prozent des Klinkergewichts¹³³.

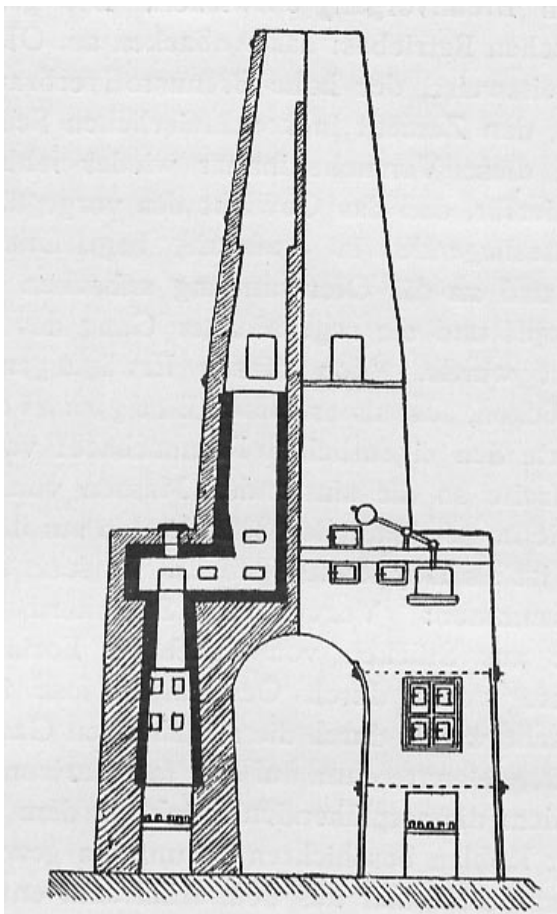


Abbildung 10: Schema des Etagenofens von Dietzsch¹³⁴

¹³² Schott, Entwicklung der Fabrikation, 162f

¹³³ Naske, Portland-Zement-Fabrikation, 119

¹³⁴ Schott, Entwicklung der Fabrikation, 161

Der Etagenofen wurde von Hermann Schmidt weiterentwickelt. Ein großes Problem war zuvor, dass beim Zugeben des Brennstoffes Flammen aus den Feuertürmen schlugen, die für die Bedienmannschaft sehr gefährlich waren. Schmidt löste dieses Problem, indem er die Schächte des Ofens feuerfest verschloss, damit keine Gase und keine Wärme entweichen konnten. Für das Beschicken des Brennraumes mit der vorgeglühten Rohmasse und Brennstoff öffnete der Arbeiter die Feuertür mittels einer Kette, damit die Flammen sicher durch die Schächte abziehen konnten. Das Anbacken der glühenden Zementmasse an die Wände des Brennraumes wurde mittels durchstreichender Luft verhindert, die eine Isolierschicht zwischen Brennraum und Ofenwand bildete.

Doch auch der Etagenofen von Schmidt konnte nicht verhindern, dass manche Rohstoffe im Ofen in kleinere Stücke zerfielen und dadurch den Durchzug der Gase verhinderten. Dieser Nachteil wurde im so genannten „Aalborg-Ofen“ behoben. Der Schacht war in der Brennzone stark eingeschnürt und erweiterte sich weiter unten in einen größeren Kühlraum. Die Heizlöcher mündeten unterhalb der Sinterzone in den Schacht und konnten durch Deckel verschlossen werden. Die Bedienung des Ofens war sehr einfach und erforderte durchgehend zwei Personen. Der „Aalborg-Ofen“ hatte eine Jahresleistung von 5.100-6.000 Tonnen Zement und senkte den Brennstoffverbrauch auf 13 Prozent.

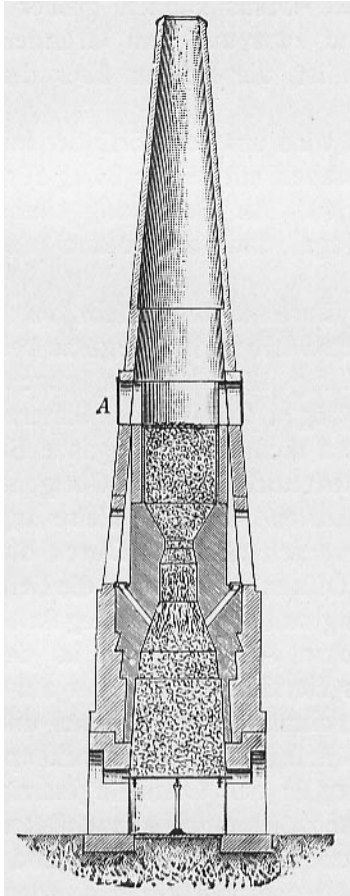


Abbildung 11: Schema eines „Aalborg-Ofens“¹³⁵

Eine andere Konstruktion war der „R“-Ofen von Riisager, bei dem quer durch den Vorwärmer ein Heizraum lag, von dem die Kohlen gleichmäßig in den Brennraum verteilt werden konnten. Der Ofen wurde von oben mit Rohziegeln befüllt; diese fielen nach der Vorwärmphase von selbst in den Brennraum und mussten nicht mehr von Hand hinein gezogen werden. Die Jahresleistungsfähigkeit lag mit 6.800 Tonnen höher als beim „Aalborg-Ofen“, jedoch war auch der Brennstoffverbrauch mit 15 bis 16,5 Prozent etwas höher und der Personalbedarf war mit drei Personen ebenfalls größer.

In Österreich war vielfach die Ofenkonstruktion von Bernard Liban in Gebrauch. Bei diesem System lag unter der Vorwärmzone ein Gewölbebogen und trennte sie von der Sinterzone und dem Kühlraum. Die Beschickung des Ofens erfolgte von oben auf den Gewölbebogen und die Rohziegel konnten nötigenfalls auf einem Rost vorgewärmt werden. So konnte in einem Ofen 4.000 bis 5.100 Tonnen Zement bei einem Brennstoffbedarf von 16-20 Prozent gebrannt werden.

¹³⁵ Naske, Portland-Zement-Fabrikation, 121

Der Steinsche Rippenofen war ein Schachtofen in Zylinderform, dessen Innenwände aus Gusseisenringen ohne weitere feuerfeste Verkleidung bestanden. Diese Ofenkonstruktion war zwar sehr billig und benötigte nur wenige Reparaturen, dennoch fand er lediglich wenig Verbreitung.

Größere Verbreitung fand schließlich der Schneider-Ofen, der eine Weiterentwicklung des Systems von Hans Hauenschild war (siehe Kapitel 7.2.6). Dieses Ofensystem weicht kaum von einem gewöhnlichen Schachtofen ab und bestand hauptsächlich aus einem Rost, einem Kühl- und einem Brennraum, verschließbaren Beschickungsöffnungen und einem Schornsteinrohr. Die wesentliche Neuerung lag in der Brennmethode. Durch das ausschließliche Beschicken mit trocken gepressten Rohziegeln konnte die Vorwärmzeit und die Sinterzone verkürzt werden und durch das Einsetzen von Zementrohziegeln wurde eine trennende Wand zwischen Heizmittel und Ofenausmauerung gestellt. Nachdem der Ofeninhalt gesintert war, konnten die Roststäbe entfernt werden und der Klinkerstock sank auf die Ofensohle. Zugleich konnte der Ofen eine neue Füllung aufnehmen. Der Ofen war leicht zu betreiben und in der Anschaffung sehr günstig. Den großen Mangel der schwer zu regelnden Luftzuführungen, an dem alle Schachtofen litten, versuchte Schneider mit Drosselklappen im Schornstein und eigens erzeugter Druckluft zu mildern. Die Druckluft machte den Brennvorgang weniger von der herrschenden Witterung abhängig und konnte die Sauerstoffzufuhr besser sichern. Diese Maßnahme verringerte den Brennstoffverbrauch und förderte so eine höhere Leistung der Öfen¹³⁶.

Die größte Verbesserung des Schachtofens gelang durch die Erfindung der automatischen Entleerung und Beschickung. Äußerlich war der automatische Schachtofen dem gewohnten Schachtofenprinzip sehr ähnlich, doch im Inneren gab es zwei Möglichkeiten der selbsttätigen Entleerung. Beim Dreh- oder Scherrost, der auf Rollen gelagert und mit Zähnen versehen war, wurde die darauf sitzende Klinkersäule langsam mit einer Umdrehung pro Stunde abgeschert. Eine zweite Möglichkeit, die Entleerung zu automatisieren war der Walzenrost, dessen Prinzip einem Brechwalzwerk ähnlich war. Die Klinkermasse wurde durch zwei oder mehrere gegeneinander laufende Walzen zerklüftet und die losgebrochenen Teile im Brechspalt zerkleinert. Der Klinker fiel in einen Trichter, der gegen das Austreten der Verbrennungsluft und des Staubes abgedichtet war. Die

¹³⁶ Naske, Portland-Zement-Fabrikation, 119-127

automatische Beschickungsvorrichtung bestand in einem Förderband, das die Rohsteine auf einen drehenden Verteilerteller transportierte, von dem sie durch einen Abstreicher gleichmäßig im Ofenschacht verteilt wurden¹³⁷.

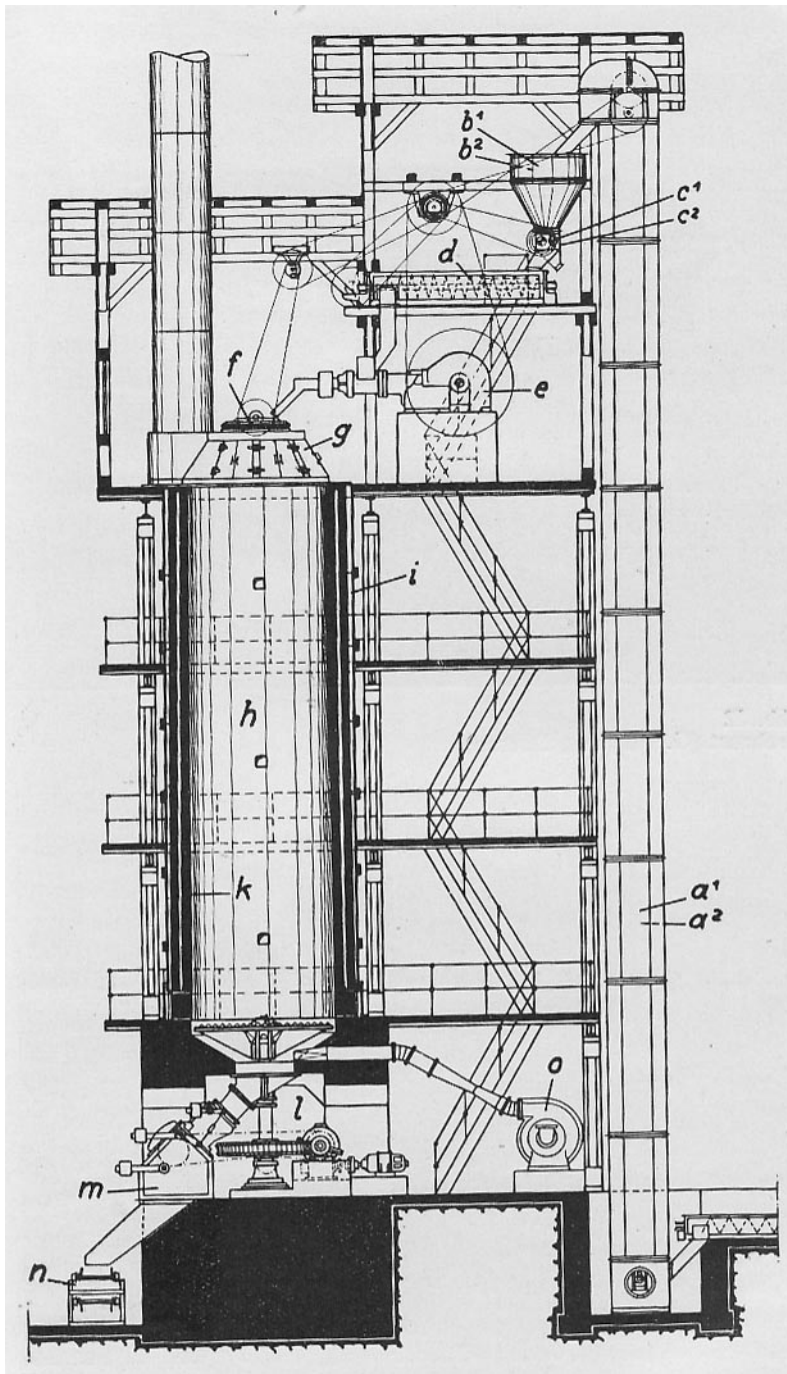


Abbildung 12: Schema eines automatischen Schachtofens¹³⁸

Im Jahr 1958 wurde das Schwarzmehlverfahren für Schachtofen von Eberhard Spohn zum Patent angemeldet. Schwarzmehl bezeichnet dabei ein Gemisch aus Brennstoff und

¹³⁷ Schott, Entwicklung der Fabrikation, 164-170

¹³⁸ Schott, Entwicklung der Fabrikation, 165

gemeinsam vermahlenem Zement-Rohmehl. Durch dieses Verfahren konnte der Verbrauch an Kohle um 20 Prozent gesenkt werden und zudem ein Zement erzeugt werden, der dem in Drehrohröfen erzeugten Klinker gleichkam. Das Schwarzmehl wurde ab 1906 von den Brüdern Albert und Erich Hauenschild, zwei Söhnen von Hans Hauenschild, zum Brennen von Portlandzement verwendet. Die Verwendung von Schwarzmehl verzeichnete aber keine gleichmäßigen Brennerfolge, da die üblichen Roste für Schachtofen die kurze Sinterzone zerrissen, indem der lose Klinker durch den Rost fiel. Eberhard Spohns Leistung bestand daher nicht in der Erfindung des Schwarzmehls, das schon seit der Jahrhundertwende bekannt war, sondern in der Entwicklung eines geeigneten Treppenrostes, der einen gleichmäßigen Abzug des Klinkers und dadurch eine Automatisierung des Ofens erlaubte. Ihm gelang es mit dem Treppenrost den Ofeninhalt ruhig und gleichmäßig abzusenken, was die Klinkerqualität verbesserte und zugleich den Brennstoffverbrauch senkte. Durch die Einführung des Schalenverfahrens, bei dem über die Schwarzmehlgranalien eine dünne Schicht von kohlenfreiem Rohmehl gelegt wird, konnten die Brennverluste weiter verringert werden¹³⁹.

5.2.3 Ringöfen

Der Ringofen war zuerst in der Ziegelindustrie gebräuchlich und wurde von dem aus Berlin stammenden Friedrich Hoffmann für die Zementherstellung adaptiert. Nachdem die ersten Schachtofen keinen kontinuierlichen Betrieb erlaubten und nach dem Brenngang ausgeräumt und abgekühlt werden mussten, stellte der Hoffmann'sche Ringofen das erste Ofensystem für einen durchgehenden Betrieb dar. Der Ofen bestand aus einem Brennkanal, einem Rauchsammler und einem Schornstein. Der Brennkanal war rund oder elliptisch gebaut und wurde durch Scheidewände in eine große Anzahl an Kammern getrennt, die jeweils eine eigene Türöffnung hatten, um die Kammer beschicken oder ausräumen zu können. Das Feuer folgte im Brennkanal selbstständig dem Luftzug in der Runde und fand vor sich in der jeweils nächsten Kammer bereits das Zementrohmaterial und den Brennstoff vor, der durch Heizlöcher im Brennkanal beigegeben wurde¹⁴⁰.

¹³⁹ Joseph Keith, Das Schwarzmehlverfahren im Schachtofen. Zur Betriebseröffnung der M. M. Portland-Zementfabrik in Peggau (Steiermark); In: Allgemeine Bauzeitung (Juli 1961)

¹⁴⁰ Schott, Entwicklung der Fabrikation, 161f

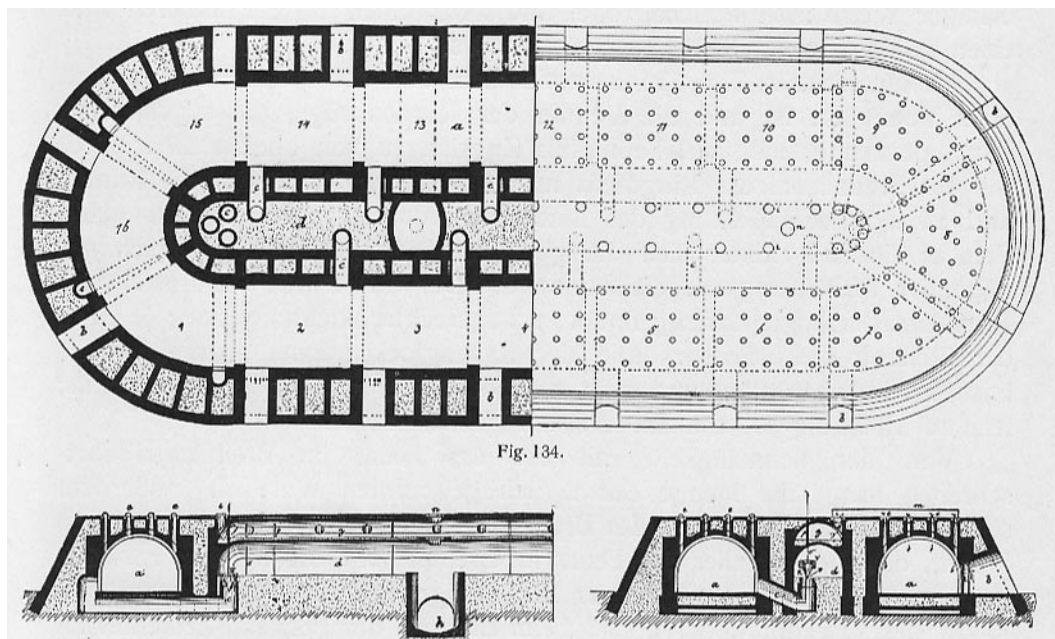


Fig. 134.

Abbildung 13: Schema eines Ringofens mit 16 Kammern¹⁴¹

Nachdem der Klinker gebrannt war, zog das Feuer weiter. Die bei der Abkühlung ausströmende Hitze diente zugleich zum Vorwärmen und ging daher nicht verloren. Da das Feuer nun nicht mehr für jeden Brenngang neu entfacht werden musste und der Ofen ständig in Betrieb sein konnte, erhöhte er die Leistungsfähigkeit gegenüber den alten periodischen Schachtöfen beträchtlich. Je nach Größe der Anlage konnte der Ofen täglich 68 bis 85 Tonnen Zement brennen und verbrauchte 16-20 Prozent Brennstoff. Für die Portlandzementfabrikation war in jeder Ofenkammer ein Gurtbogen vorhanden, der das Feuer zwang auch durch die tiefer liegenden Bereiche des Brennkanals zu streichen und auch die darin liegende Zementrohmasse vollständig zu brennen. Um den Zug im Brennkanal zu erhöhen, wurden an jeder Ofenkammer zwei Rauchabzüge angebracht, die die Luft über den Rauchsammler zum Schornstein beförderten¹⁴².

5.2.4 Drehrohröfen

Mit der Erfindung der Drehrohröfen (auch Drehöfen genannt) konnte der Fabrikationsgang verkürzt und die Arbeitskraft stark reduziert werden. Im Gegensatz zu den Schacht- und Ringöfen, die aufgrund der mühsamen Aufbereitung der Rohmaterialien in Ziegelform, dem Einsetzen dieser Ziegel und dem Abkühlen eine Fabrikationsdauer von 24 Stunden bis

¹⁴¹ Naske, Portland-Zement-Fabrikation, 129

¹⁴² Naske, Portland-Zement-Fabrikation, 127-131

zu acht Tagen hatten, lag zwischen dem Eintritt der Rohmasse in den Drehrohrofen und dem Austritt des fertigen Klinkers lediglich eine Stunde. Die Öfen konnten daher viel intensiver genutzt werden. Dem standen aber weit höhere Anlagekosten und die Notwendigkeit von Kohlentrocknungsanlagen und -mühlen gegenüber, was die Gestehungskosten für Zement am Anfang nur gering senkte. Der Grund für die rasche Verbreitung lag vor allem an der verringerten Arbeiterzahl, die für den Betrieb notwendig war, und der verbesserten, gleichmäßigen Erzeugung des Portlandzements.

Den ersten Drehrohrofen für die Portlandzementfabrikation ließ der Engländer Frederick Ransome im Jahr 1885 patentieren. Sein Ofen bestand aus einer zylindrischen, mit Schamotte ausgekleideten Blechtrommel, die an zwei Stellen auf Tragrollen gestützt und mittels Riemscheibe, Schneckenrad und Wurm angetrieben wurde. Der Rohstoff wurde in Pulverform in die leicht geneigte Trommel eingeführt und mittels Gas gebrannt. Ransome gelang es jedoch nicht ein gleichmäßiges Produkt herzustellen und auch der Brennstoffverbrauch war sehr groß. Dennoch wurde der Ransome-Ofen in England in vielen Fabriken verwendet.

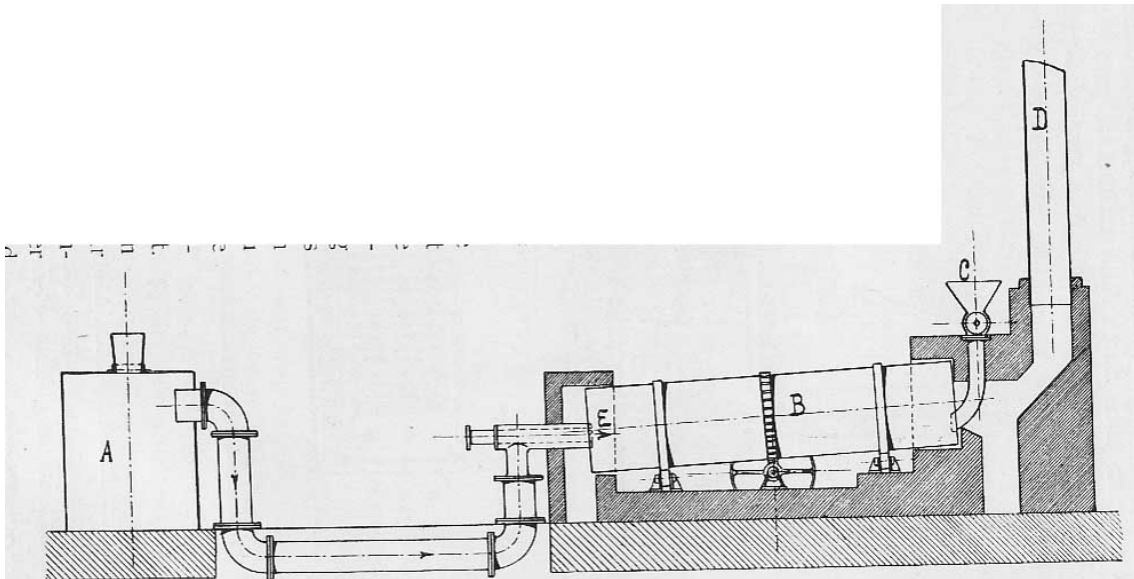


Abbildung 14: Schema eines Ransome-Ofens¹⁴³

Bis zum Jahr 1892 standen in den Vereinigten Staaten von Amerika erst zwei Drehrohrofen, die jedoch einen enormen Brennstoffverbrauch hatten. Durch die bessere Ausnutzung der Abhitze versuchte J. F. de Navarro die Wirtschaftlichkeit dieses Ofentyps

¹⁴³ Naske, Portland-Zement-Fabrikation, 135

zu verbessern. Durch die Konstruktion zweier übereinander liegender Brenntrommeln sollte die Abwärme des Klinkers die Verbrennungsluft erhitzen.

Im Jahr 1895 ließen Hurry und Seaman in den U.S.A. eine weitere Verbesserung dieses Prinzips patentieren. Bei diesem Patent kamen zusätzlich zur Brenntrommel noch zwei Kühltrommeln, zwischen denen ein Walzwerk den Klinker brach. Die Abwärme des auskühlenden Klinkers, dessen Abkühlung durch das Vorbrechen im Walzwerk beschleunigt werden konnte, wurde zur Erwärmung des brennenden Kohlenstaubs verwendet. Dieses System fand in den Vereinigten Staaten von Amerika große Verbreitung.

In Deutschland errichtete zunächst C. v. Forell einen Drehofen. Bei seinem Ofen lag über der Brenntrommel noch eine weitere Trommel, in der der Kalkstein durch die Abgase der darunter liegenden Brenntrommel getrocknet wurde, um ein leichteres Nachmahlen und Ablöschen vor dem Brennen sowie ein schnelleres Sintern möglich zu machen. Der Kalkstein wurde zuvor mit einer tonhältigen Schlacke durch einen Steinbrecher geschickt und anschließend in die obere Rösttrommel geführt. Danach wurde dieses Gemisch gebrannt und ausgekühlt und in einer Rohrmühle fein vermahlen. Dieses Rohmehl wurde schließlich in der unteren Brenntrommel bis zur Sinterung gebrannt und danach wieder vermahlen¹⁴⁴. Der Ofen hatte eine Länge von 16 Metern und konnte pro Tag 35 Tonnen Klinker aus einem Gemisch von Hochofenschlacken- und Kalksteinsteinmehl produzieren, dem Steinkohlenstaub als Brennmittel beigefügt wurde¹⁴⁵.

Nach dem Ersten Weltkrieg bestanden die Drehrohröfen noch im Grundprinzip aus einer Brenn- und einer Kühltrommel. Diese Trommeln wurden aus 2,5 Meter langen Rohschüssen, die aus Kesselblech bestanden, zusammengefügt. Diese ruhten mittels Lauftringen auf Rollenlagerungen und wurde durch Zahnradübersetzungen angetrieben. Das Brennrohr war um circa sechs Prozent geneigt und drehte sich mit 20-40 Umdrehungen in der Stunde. Die Brenntrommel hatte einen Durchmesser von zwei bis drei Metern und wies eine Länge von bis zu 70 Metern auf. Für eine trockene Rohmaterialaufbereitung wurde die Länge kürzer als bei der Nassaufbereitung gewählt. Die Auskleidung der Brenntrommel mit feuerfestem Material erfolgte durch Schamottesteine mit hohem Tongehalt oder durch Klinkerbeton. Beim Nassverfahren wurden die ersten sechs bis acht Meter nicht

¹⁴⁴ *Naske*, Portland-Zement-Fabrikation, 133-140

¹⁴⁵ *Verein Deutscher Zementwerke e.V.*, Zement Taschenbuch 2002 (Düsseldorf 2002), 15

ausgefüttert, da dieser Bereich durch den feuchten Schlamm gekühlt wurde. Die Kühltrommel war ebenfalls schräg gelagert und hatte einen Durchmesser von 1 bis 1,6 Metern und eine Länge von 15-20 Metern. Die Rotationsgeschwindigkeit lag bei 1-1,5 Umdrehungen pro Minute. Im Inneren war die Trommel zu einem Drittel mit feuerfestem Material ausgekleidet und im restlichen Bereich waren Hebeeisen angebracht, um den Klinker zu wenden.

Beim Brennvorgang gelangte zunächst entweder das im Trockenverfahren gewonnene Rohmehl oder der nass aufbereitete Rohschlamm in das Brennrohr. Die geneigte Lage des Rohrs führte dazu, dass das Brenngut durch die langsame Rotation zu der am unteren Ende befindlichen Feuerungszone gelangt. Dabei verdampfte zuerst das Wasser, dann wurde die Kohlensäure ausgetrieben und schließlich kam es zur Sinterung. Für diesen Brennvorgang wurde meistens Steinkohle mit geringem Aschenanteil verwendet. Diese Kohle musste zuerst getrocknet und anschließend vermahlen werden, damit sie in feinem Staub durch Düsen in die Brenntrommel zugeführt werden konnte.

Der fertig gebrannte Klinker gelangte im glühenden Zustand in die Kühltrommel. Der Klinker wurde darin von einem durchstreichenden Luftstrom gekühlt. Die dabei erhitzte Luft wurde anschließend in die Brenntrommel als Verbrennungsluft für den Kohlenstaub eingeblasen¹⁴⁶. Bei der Klinkerkühlung entwickelten sich verschiedene Möglichkeiten. F. L. Smidth & Co in Kopenhagen entwickelten einen doppelten Kühler, der aus zwei waagrechten konzentrischen Zylindern bestand, durch die der Klinker nacheinander in entgegengesetzter Richtung gelang. Der Vorteil dieser Kühlvorrichtung lag darin, dass die Ventilatoren, die die Luft aus der Kühltrommel absaugten und in die Brenntrommel drückten, nicht so sehr angegriffen wurden. In den U.S.A. wurden Kühltürme entwickelt, die jeweils für ein Ofenpaar die Kühlung vornahmen¹⁴⁷.

Im Jahr 1928 entwickelte Otto Georg Lellep den Lepolofen. Dieser Ofen arbeitete nach dem Halbnassverfahren und erreichte als erstes Drehofensystem einen hohen thermischen Wirkungsgrad. Mit einem Lepolofen konnten bis zu 2.500 Tonnen¹⁴⁸ bis 3300 Tonnen Klinker erzeugt werden. Dieser Ofen mit Rostvorwärmer wird nach dem

¹⁴⁶ Schott, Entwicklung der Fabrikation, 173-175

¹⁴⁷ Naske, Portland-Zement-Fabrikation, 147-150

¹⁴⁸ Raffel, 100 Jahre Perlmooser, 57f

Halbtrockenverfahren mit Pellets oder Granalien beschickt, die auf einem Wanderrost zugeführt werden. Dabei werden sie von den Abgasen im Querstrom in einer Trockenkammer und einer Heißkammer, die durch eine Wand getrennt sind, bis auf die Calcinierungstemperatur erhitzt¹⁴⁹. Anfangs wurde der Vorwärmer für eine einfache Gasführung konstruiert, doch ab 1952 wurde der Ofen für eine doppelte Gasführung konzipiert¹⁵⁰. Bei der doppelten Gasführung wird das 1100 bis 1200 Grad Celsius heiße Abgas in der Heizkammer von oben durch die Pelletschicht gesaugt. Danach kühlt das Gas auf 250 bis 300 Grad ab und wird in Zyklonen vorentstaubt und von oben in die Trockenkammer geführt. Nach der Trocknung der Pellets im Vorwärmer wird das Gas über einen Kamin abgeleitet¹⁵¹. Nach dem Vorwärmen in den Zyklonen gelangt das entsäuerte Rohmehl in den Drehrohrofen und bewegt sich darin durch die Drehung und Neigung des Ofens in Richtung Ofenauslauf. Die Befeuerung kann mittels Kohle, Schweröl oder Erdgas erfolgen. Das Rohmehl wird bei circa 1400 Grad gesintert und danach in die Kühlzone weitergeführt¹⁵².

¹⁴⁹ Verein Deutscher Zementwerke e.V., Zementaschenbuch 2002, 53

¹⁵⁰ Verein Deutscher Zementwerke e.V., Zementaschenbuch 2002, 16

¹⁵¹ Verein Deutscher Zementwerke e.V., Zementaschenbuch 2002, 53

¹⁵² Kölblinger, Gmundner Zementwerke Hans Hatschek, 69

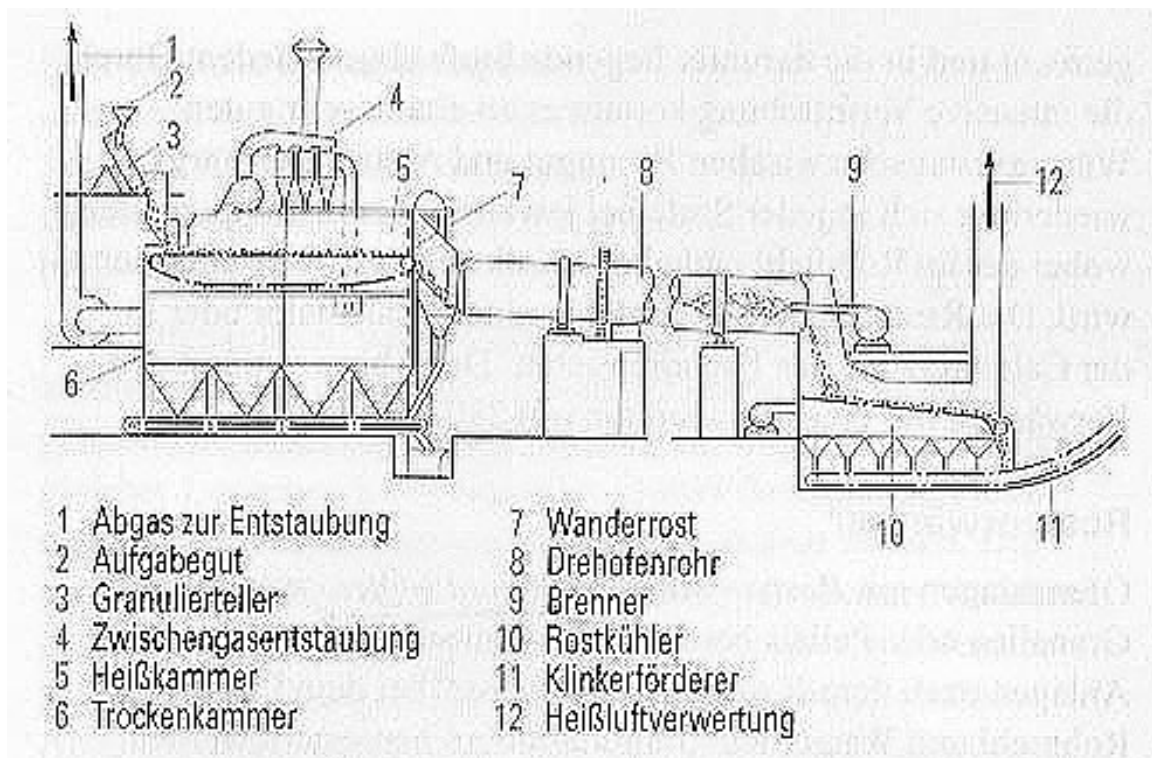


Abbildung 15: Schema eines Lepolofens¹⁵³

Im Jahr 1950 entwickelte M. Vogel-Jörgensen das Zyklonvorwärmerverfahren, das 1951 von F. Müller zur industriellen Reife entwickelt wurde¹⁵⁴. Dieses Ofensystem wird auch als Wärmetauscherofen bezeichnet¹⁵⁵. Der Zyklonvorwärmer, der aus vier bis sechs Stufen besteht, erhitzt das Brennmaterial im Gegenstrom zum Ofenabgas. Das Abgas strömt dabei von unten nach oben durch die Zyklonstufen, die in den 50 bis 120 Meter hohen Türmen übereinander angeordnet sind. Das Rohmehl schwebt in einem Steigschacht durch die Strömung auf die oberste Stufe und wird dabei jeweils auf die örtliche Temperatur erhitzt. Im Zyklon wird das Rohmehl vom Gas getrennt und in die darunter liegende Stufe befördert. Die intensive Vermischung führt zu einem guten Wärmeaustausch zwischen dem Brennmaterial und dem Abgas. Dieser Vorgang wiederholt sich in jeder Stufe und die Temperatur steigt von Stufe zu Stufe und entsäuert dabei den im Rohmehl enthaltenen Kalkstein. Je nach Bauart findet in einem Calcinator oder in der Calcinerzone des Drehofens die Restentsäuerung statt¹⁵⁶. Die Abgase haben eine Temperatur von circa 300 Grad und werden für die Rohmaterialtrocknung verwendet, was die Wärmeausnutzung

¹⁵³ Verein Deutscher Zementwerke e.V., Zementaschenbuch 2002, 54

¹⁵⁴ Verein Deutscher Zementwerke e.V., Zementaschenbuch 2002, 16

¹⁵⁵ Kölblinger, Gmundner Zementwerke Hans Hatschek, 69

¹⁵⁶ Verein Deutscher Zementwerke e.V., Zementaschenbuch 2002, 52f

optimiert. Nach dem Vorwärmen gelangt das Rohmaterial wie beim Lepolofen in die Brennzone und wird dort gesintert¹⁵⁷.

Im Jahr 1966 wurde bei vielen Zyklonvorwärmerofen die Vorcalciniertechnik eingeführt. Diese Technik brachte einige Vorteile, da die Investitions- und Betriebskosten niedrig waren, aber gleichzeitig die Produktionskapazität sehr hoch war. Ofenanlagen mit Vorcalciniertechnik können bis zu 10.000 Tonnen Klinker täglich produzieren. Das heiße Rohmehl wird bei der Vorcalciniierung aus der zweituntersten Zyklonstufe in einen Calcinator geführt, der zwischen Zyklonvorwärmer und Drehofen angeordnet ist. In diesem Schacht werden das Ofengas und das Brenngut im Gleichstrom geführt, was zu einer intensiven Reaktion untereinander führt. Dies erhöht die Vorentsäuerung des Rohmehls auf über 90 Prozent und dadurch kann der Ofen kleiner dimensioniert werden oder bei der gleichen Größe bessere Leistungen erzielen. Da für die Entsäuerung nur Temperaturen von 830 bis 950 Grad erforderlich sind, können für die Calcination auch heizwertarme Brennstoffe wie zum Beispiel aschereiche Kohle verwendet werden. Die Verbrennungsluft kann entweder durch den Drehofen oder durch eine Tertiärluftleitung direkt vom Klinkerkühler zum Calcinator geführt werden¹⁵⁸.

¹⁵⁷ *Kölblinger*, Gmundner Zementwerke Hans Hatschek, 69

¹⁵⁸ *Verein Deutscher Zementwerke e.V.*, Zementtaschenbuch 2002, 54-57

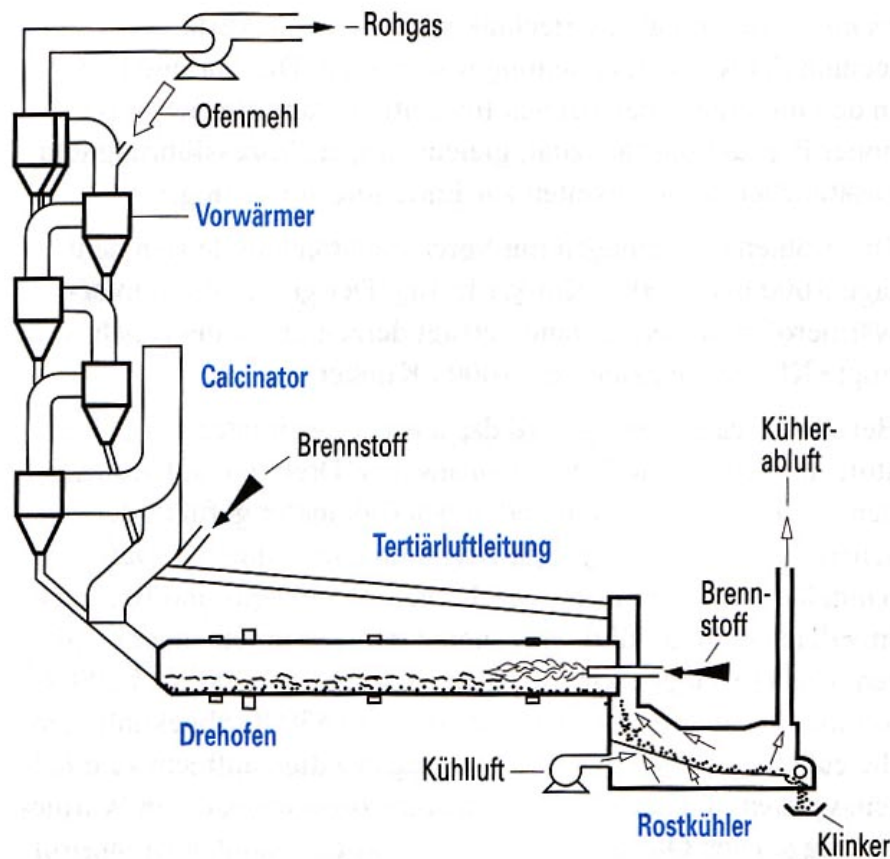


Abbildung 16: Schema einer Drehofenanlage mit Zyklonvorwärmer und Calcinator¹⁵⁹

Bis 1991 wurden in Österreich noch einige Schachtofen nach dem Schwarzmehlverfahren betrieben, seitdem sind aber nur noch Drehrohröfen mit Rostvorwärmer und Drehrohröfen mit Zyklonvorwärmer in Betrieb¹⁶⁰. In Deutschland wird der Zementklinker zum größten Teil in Drehrohröfen mit Zyklonvorwärmern produziert. Zudem arbeiten auch noch einige Öfen mit Rostvorwärmer und Schachtofen. In den Jahren von 1972 bis 2001 stieg der Anteil der Öfen mit Zyklonvorwärmer, die deutlich energiesparender arbeiten, von 56 auf 88 Prozent. Diese Entwicklung hat sich im sehr kurzen Zeitraum von 1990 bis 1998 in den neuen Bundesländern vollzogen, in denen bereits über 90 Prozent des Zementklinkers in Zyklonvorwärmeröfen erzeugt wird¹⁶¹. In den letzten Jahren wurden in Deutschland die Zahl der betriebenen Öfen reduziert und so waren im Jahr noch 60 Öfen – davon 41 Zyklonvorwärmeröfen, 11 Rostvorwärmeröfen und 8 Schachtofen – in Betrieb¹⁶².

¹⁵⁹ Verein Deutscher Zementwerke e.V., Zementaschenbuch 2002, 56

¹⁶⁰ Ernstbrunner, Die österreichische Kalk- und Zementindustrie, 14

¹⁶¹ Verein Deutscher Zementwerke e.V., Zementaschenbuch 2002, 50-52

¹⁶² Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V., BDZ: Tabellen - Anzahl und Kapazität der Öfen mit Betriebsgenehmigung (Berlin 2008), online unter <<http://www.bdzement.de/550.html?tab=Ofenkapazitaet>> (30. März 2008)

Ofentyp	1970			1982			2001		
	Anzahl	Kapazität		Anzahl	Kapazität		Anzahl	Kapazität	
		10 ³ t/d	%		10 ³ t/d	%		10 ³ t/d	%
Öfen mit Zyklonvorwärmer	48	53,1	49	51	90,1	71	46	116,6	88,4
Öfen mit Rostvorwärmer	53	36,6	34	30	28,8	23	16	14,1	10,7
Trockenöfen	7	4,5	4	2	1,4	1	–	–	–
Nassöfen	18	8,8	8	4	2,1	2	–	–	–
Schachtofen	42	5,5	5	26	3,8	3	8	1,2	0,9
Summe	168	108,5	100	113	126,2	100	70	131,9	100

Tabelle 10: Genehmigte Ofenanlagen in Deutschland (für 1970 und 1982 alte Bundesländer)¹⁶³

5.3 Klinkerkühler

Nach dem Brennen bis zur Sinterung muss der Klinker wieder abgekühlt werden. Dafür werden Rostkühler, Satelliten- oder Planetenkühler und Rohrkühler verwendet. Beim Rostkühler wird der Klinker auf einem Transportrost von quer strömender Luft gekühlt, wobei die dabei erhitzte Luft entweder als Verbrennungsluft im Ofen eingesetzt oder dem Calcinator zugeführt werden kann. Die überschüssige Luft kann noch zusätzlich zur Trocknung der Rohmaterialien genutzt werden und ist heute bei den meisten Anlagen in Betrieb. Satellitenkühler finden nur bei niedrigen Ofenkapazitäten von bis zu 3.000 Tonnen täglich Verwendung. Bei diesem Kühler sind zehn bis elf Kühlrohre am Umfang des Drehofens angebracht, in denen der Klinker seine Wärme im Gegenstrom abgibt¹⁶⁴. Die Rohrkühler sind die ältesten noch in Gebrauch befindliche Kühlerformen, die jedoch nur noch bei circa 5 % der Ofenanlagen der Welt in Betrieb ist. Bei dieser Bauart erfolgt die Wärmeabgabe des Klinkers auf die Kühlluft durch eine Kombination von Gegen- und Kreuzstrom, wodurch der Klinker auf 200 bis 400 Grad abgekühlt wird¹⁶⁵. In

¹⁶³ Verein Deutscher Zementwerke e.V., Zementaschenbuch 2002, 51

¹⁶⁴ Verein Deutscher Zementwerke e.V., Zementaschenbuch 2002, 59f

¹⁶⁵ Jochen Stark, Bernd Wicht, Zement und Kalk. Der Baustoff als Werkstoff (Basel 2000), 49

Satellitenkühlern und Rohrkühlern wird nur so viel Luft zur Kühlung des Klinkers zugeführt, wie im Brennofen als Verbrennungsluft gebraucht wird.

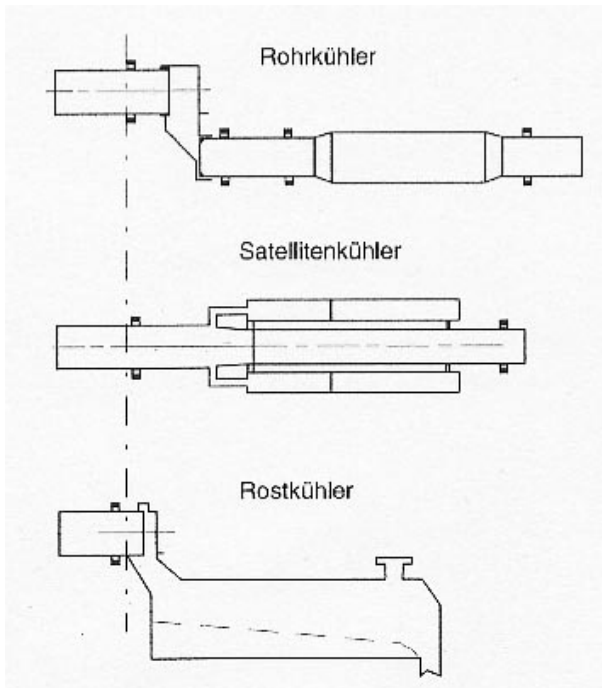


Abbildung 17: Schema der verschiedenen Kühler

5.4 Klinkermahlung

Nach dem Abkühlen wird der Zementklinker entweder alleine oder gemischt mit Hüttensand, Puzzolanen oder anderen Zumahlstoffen vermahlen. Zusätzlich wird meist noch Calciumsulfat, oft in Form von Gips, zugegeben, um die Erstarrung regeln zu können¹⁶⁶. Durch die Mahlung wird auch die Feinheit für jede gewünschte Zementsorte erzeugt. Für die Festigkeitsentwicklung des Zements ist vor allem die Korngröße zwischen drei und 30 μm entscheidend, deren Massenanteil je nach Zementsorte variiert¹⁶⁷.

5.4.1 Kugelmühlen

Bereits seit dem 19. Jahrhundert sind Kugelmühlen zum Mahlen der Zementrohstoffe und des Zementklinkers in Gebrauch. Diese Mühlen sind sehr robust und zeichnen sich durch eine hohe Verfügbarkeit aus. Das Rohr der Kugelmühle hat eine Länge von bis zu 20

¹⁶⁶ Locher, Zement, 109

¹⁶⁷ Kölblinger, Gmundner Zementwerke Hans Hatschek, 74

Metern und einen Durchmesser von bis zu sechs Metern. Im Inneren befinden sich viele kleinere Mahlkugeln, die durch die Drehbewegung des Rohres bewegt werden und dadurch das Mahlgut zerkleinern. Mit Kugelmühlen können bis zu 200 Tonnen Klinker in der Stunde vermahlen werden. Zur Qualitätssicherung sind an die Kugelmühlen noch Windsichter angeschlossen, die das Mahlgut mit der gewünschten Feinheit abscheiden und das gröbere Gut wieder zurück in die Mühle transportieren.

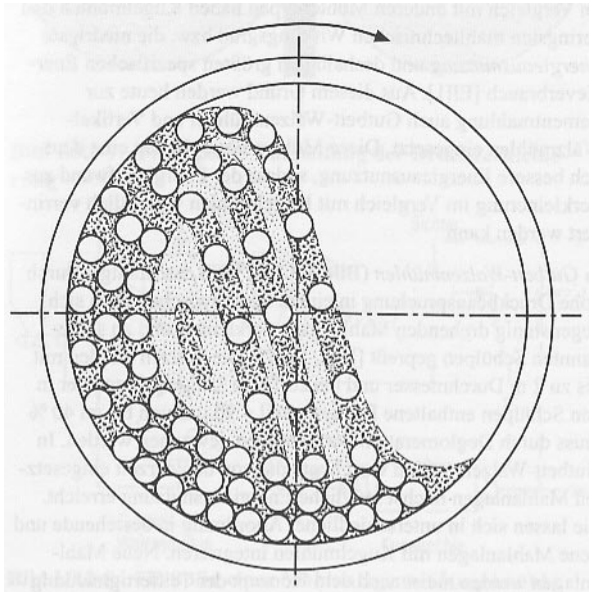


Abbildung 18: Schema einer Kugelmühle¹⁶⁸

5.4.2 Gutbett-Walzenmühlen

In den Gutbett-Walzenmühlen drehen sich zwei Mahlwalzen gegeneinander, die eine Länge von 1,4 Metern und einen Durchmesser von bis zu zwei Metern haben. Dazwischen wird das Mahlgut durch die hohe Druckbeanspruchung zerkleinert und zu so genannten Schülpen gepresst. Diese Schülpen weisen einen hohen Feinkornanteil von 40 Prozent auf, der anschließend in Kugelmühlen getrennt wird. Die Walzenmühlen weisen eine sehr hohe Energienutzung auf und werden daher bei neuen Anlagen vorwiegend eingesetzt.

¹⁶⁸ Verein Deutscher Zementwerke e.V., Zementaschenbuch 2002, 67

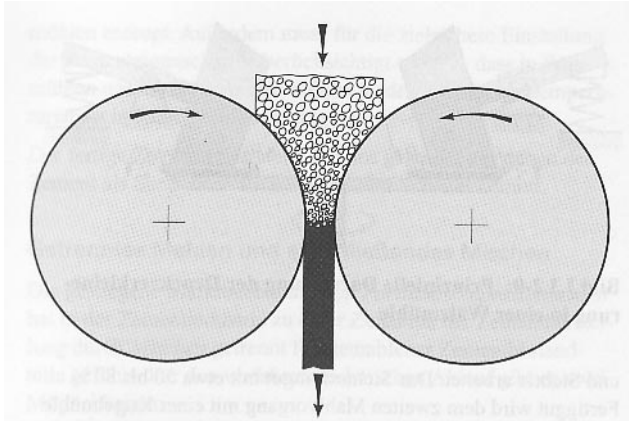


Abbildung 19: Schema einer Gutbett-Walzenmühle¹⁶⁹

5.4.3 Wälzmühlen

Bei Vertikal-Wälzmühlen wird das Mahlgut zwischen zwei bis 4 Mahlwalzen, die hydraulisch auf einen Mahlteller gepresst werden, durch Druck und Reibung zerkleinert. Zudem ist bei dieser Mühlenbauart der Sichter im Gehäuse integriert¹⁷⁰. Bei Vertikal-Wälzmühlen liegt der Energiebedarf um 25 bis 40 Prozent unter jenem der Kugelmühlen¹⁷¹.

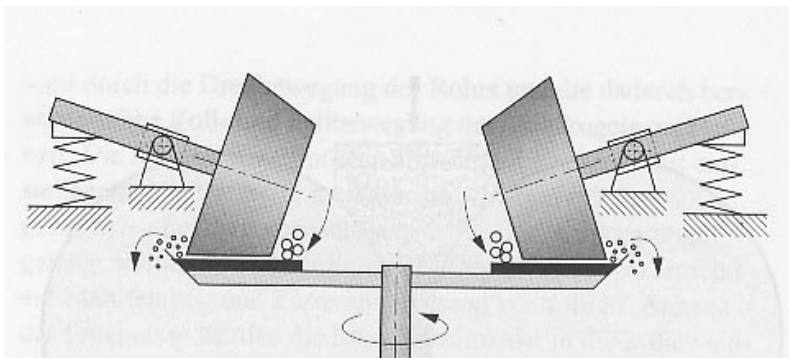


Abbildung 20: Schema einer Vertikal-Wälzmühle¹⁷²

5.5 Entstaubungsanlagen

Beim Mahlen und Brennen des Zements und seiner Rohstoffe fällt viel Staub an. Seit 40 bis 50 Jahren versuchen die Zementwerke, teils aus eigenem Antrieb und teils wegen gesetzlicher Vorschriften, die Emissionen möglichst niedrig zu halten. Die wesentlichen

¹⁶⁹ Verein Deutscher Zementwerke e.V., Zementaschenbuch 2002, 69

¹⁷⁰ Verein Deutscher Zementwerke e.V., Zementaschenbuch 2002, 67-71

¹⁷¹ Locher, Zement, 109

¹⁷² Verein Deutscher Zementwerke e.V., Zementaschenbuch 2002, 70

Faktoren für die Staubentwicklung stellen das Ofen- und Rohrmühlengas und die Mühlen und Trocknungsanlagen. Die gebräuchlichsten Filteranlagen sind die Elektrofilter, gelegentlich kommen auch Gewebefilter und Zyklone vor¹⁷³.

5.5.1 Zyklon

Zyklone haben einen einfachen Aufbau und eine hohe Betriebssicherheit. Der Staub wird durch Zentrifugalkräfte abgeschieden, die durch Gaszuführung erzeugt werden. Durch die Schwerkraft fällt der Staub nach unten zum Staubaustrag, während das entstaubte Rauchgas den Zyklon nach oben durch ein Tauchrohr verlässt. Der Feinstaub verbleibt bei dieser Wirkungsweise aber im Gas, weshalb Zyklone vor allem in der Zwischengasentstaubung bei Rostvorwärmern, im Zyklonvorwärmer oder als Vorabscheider für Gewebefilter eingesetzt werden.

5.5.2 Gewebefilter

Beim Gewebefilter erfolgt die Abscheidung der Partikel an der Oberfläche eines Filtermediums, das vom Gas durchströmt wird. Die Filtermedien sind entweder Faserschichten, membranartige Materialien oder Sinterlamellen. Die abgeschiedenen Teile bilden an der Oberfläche einen Staubkuchen, der mit ansteigender Dicke einen Druckverlust verursacht. Deswegen ist es erforderlich den Staubkuchen regelmäßig zu entfernen. Gewebefilter haben einen hohen Abscheidegrad von bis zu 99 Prozent.

5.5.3 Elektrofilter

Bei einem Elektrofilter werden die Staubpartikel durch die Wirkung von elektrostatischen Kräften in einem elektrischen Feld abgeschieden. Dazu müssen die Partikel zuerst elektrisch aufgeladen werden, was durch negativ geladene Gasmoleküle geschieht. Die Partikel werden dadurch zur Niederschlagselektrode transportiert, von der die Staubschicht regelmäßig durch Rütteln entfernt werden muss. Für Partikel mit einer Größe unter $0,1\mu\text{m}$ kommt die Brown'sche Molekularbewegung zum Tragen. Elektrofilter haben, wie Gewebefilter, einen hohen Wirkungsgrad von 99 Prozent, zeichnen sich darüber hinaus

¹⁷³ Verein Deutscher Zementwerke e.V., Zementaschenbuch 2002, 76-91

aber durch geringen Druckverlust aus, weshalb sie heute die gebräuchlichste Filtermethode darstellen¹⁷⁴.

5.6 Verpackung des Zements

Nach der Produktion wird der Zement entweder in Säcken oder lose vom Zementwerk zu den Verbrauchern gebracht. Früher war auch die Verpackung in Fässern sehr gebräuchlich. Bei der Sackverladung wird der Zement mit speziellen, großteils automatisierten Maschinen in Säcke gefüllt. Die Säcke werden je nach Zementsorte mit einer unterschiedlichen Farbe bedruckt. Der Versand von Losezement ist heutzutage ebenfalls sehr automatisiert. Der Zement wird dabei in Silofahrzeuge gefüllt. Dies kann entweder aus hochgestellten Silos, unter denen eine Fahrbahn mit Brückenwaage liegt, oder durch getrennte Belade- und Wägebunker geschehen, die von den Lagersilos getrennt sind und wohin der Zement horizontal oder vertikal transportiert wird.¹⁷⁵

¹⁷⁴ *Kail, Zementherstellung*, 33f

¹⁷⁵ *Kölblinger, Gmundner Zementwerke Hans Hatschek*, 77-79.

6 Normen für Zement

Zu Beginn der Zementproduktion waren noch keine Normen aufgestellt worden, die die Qualität des Zements sicherten. Zunächst entstand in Deutschland das „Laboratorium für Baumaterialienprüfung“, das von Wilhelm Michaelis, H. Frühling und A. Rudeloff im Jahr 1872 gegründet wurde. Fünf Jahre später wurden in Deutschland die ersten Normen vom neu gegründeten „Verein Deutscher Cement-Fabrikanten“ erarbeitet, die im Jahr 1878 von den preußischen Behörden als maßgebliche Anforderungen eingeführt wurden. Im gleichen Jahr wurden auch in Österreich die ersten Zementnormen herausgegeben. In der Schweiz und in Russland wurden im Jahr 1881 Normen für Portlandzement beschlossen und die Vereinigten Staaten folgten im Jahr 1884¹⁷⁶.

In Österreich wurde die erste offizielle Prüfanstalt für Zemente von der Stadt Wien als „städtische Prüfanstalt für hydraulische Bindemittel“ im Jahr 1879 gegründet. 1888 wurde die „Versuchsanstalt für Bau- und Maschinenmaterial des k.k. Technologischen Gewerbe-Museums in Wien“ eingerichtet, die drei Jahre später ebenfalls die Prüfung von Zementen übernahm¹⁷⁷.

Anfänglich waren die Prüfungsmethoden noch sehr einfach. Im Jahr 1859 wurde die Zugfestigkeit des Zements derart geprüft, dass ein Zementprüfkörper mit einer Art Achterform hergestellt wurde, an dem am unteren Ende ein Behälter angehängt wurde. Dieser Behälter wurde nach und nach mit Sand oder anderen Gewichten gefüllt, bis der Prüfkörper riss. Bei der Entwicklung der Prüfungsmethoden war vor allem Wilhelm Michaelis sehr aktiv. So war er auch an der Erfindung des Zugprüfers beteiligt und veröffentlichte im Jahr 1875 17 Thesen zur Beurteilung des Zements, die auch die Grundlage für die späteren Zementnormen waren¹⁷⁸. In Abbildung 21 ist die Entwicklungsgeschichte der Prüfungsmethoden dargestellt.

¹⁷⁶ Haegermann, Vom Caementum zum Spannbeton, 58-63

¹⁷⁷ Huber, 100 Jahre Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie, 14

¹⁷⁸ Stark, Wicht, Geschichte der Baustoffe, 69

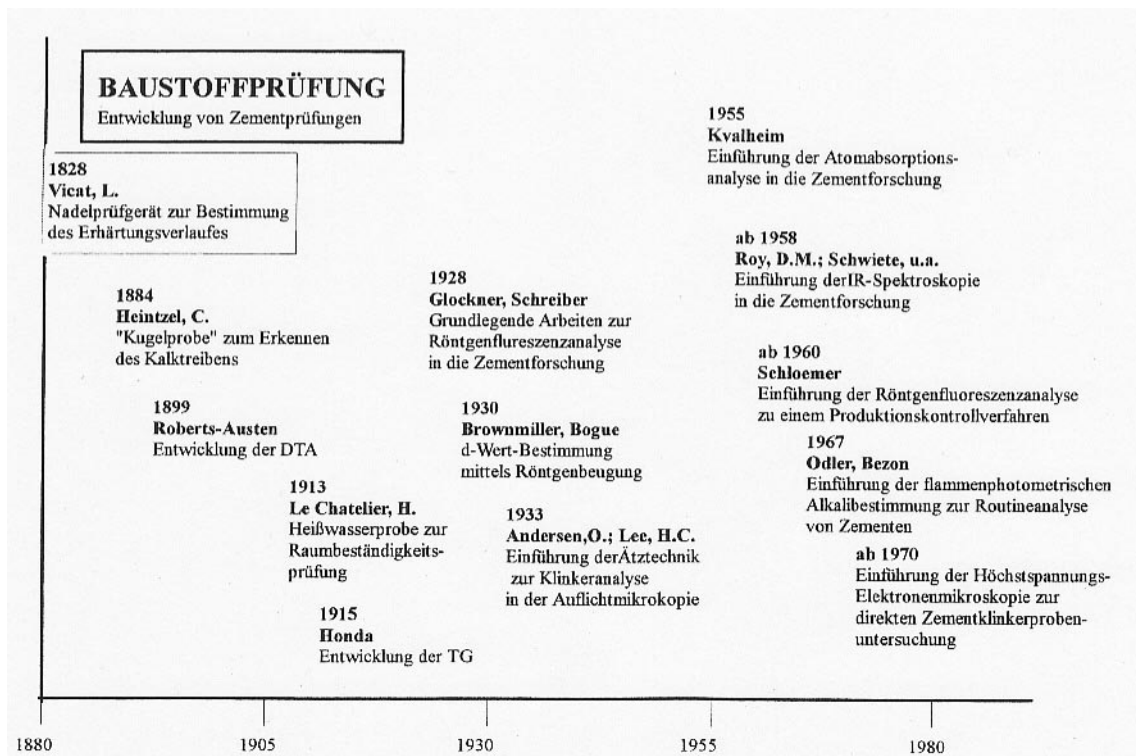


Abbildung 21: Entwicklung von Zementprüfungen¹⁷⁹

6.1 Normenentwicklung in Österreich

Die ersten Qualitätsbestimmungen für Portlandzement wurden im Jahr 1878 aufgestellt. Die Bestimmungen wurden in sechs Abschnitte unterteilt. Im ersten Teil wurden kaufmännische Regelungen festgehalten. In den weiteren Teilen wurden die Zementeigenschaften festgehalten und die Prüfung dieser Eigenschaften bestimmt. Im zweiten Abschnitt wurden die Portlandzemente nach ihrer Bindezeit unterschieden. Im dritten Absatz wurde festgelegt, dass der Portlandzement sowohl an der Luft als auch unter Wasser volumenbeständig sein musste, was durch eine längere Zeit unter Wasser gelagerte Kuchenprobe nachgeprüft wurde, die keine Verkrümmungen oder Kantenrisse aufweisen durfte. Im vierten Teil wurde die Mahlfineinheit festgelegt. Der Rückstand auf einem Sieb mit 900 Maschen pro Quadratzentimeter durfte nicht mehr als 20 Prozent betragen. In den letzten beiden Absätzen war die Festigkeit des Zements bei einer Mischung mit Sand im Verhältnis 1:3 Thema. Dabei wurde der zu verwendende Sand und ein Wasserzusatz von 10 Prozent festgeschrieben. Es wurde eine Mindestzugfestigkeit vorgeschrieben, die nach 28 Tagen acht Kilogramm pro Quadratzentimeter betragen musste. Die Druckfestigkeit wurde nicht festgelegt, da – obwohl die Beanspruchung des Portlandzements vor allem auf Druck

¹⁷⁹ Stark, Wicht, Geschichte der Baustoffe, 193

erfolgt – damals keine günstigen und verlässlichen Druckpressen für dessen Ermittlung vorhanden waren.

Im Jahr 1880 veröffentlichte der Österreichische Ingenieur- und Architektenverein die „Bestimmungen für die einheitliche Benennung der zu Bauzwecken verwendeten hydraulischen Bindemittel“, weil oftmals Zemente mit gleichen Eigenschaften sehr verschiedene Namen trugen. In diesen Bestimmungen wurden die beiden Gruppen „hydraulische Bindemittel“ und „Kalke“ anhand verschiedener Eigenschaften definiert.

Bei den Vorschriften aus dem Jahr 1889 wurde erstmals der Zusatz von Gips zur Regelung der Abbindung zugelassen, der die Qualität des Portlandzements steigerte. Zudem wurde festgelegt, dass der Portlandzement neben CaO auch eine bestimmte Menge an hydraulischen Bestandteilen, wie SiO₂, Al₂O₃ und Fe₂O₃, aufweisen musste. Die Feinheit der Mahlung wurde zusätzlich mit einem neuen Maschensieb überprüft. Beim 900-Maschen-Sieb, das bereits seit 1878 zur Feinheitmessung herangezogen wurde, durfte der Rückstand nur mehr zehn Prozent und beim neuen Sieb mit 4900 Maschen pro Quadratcentimeter – was eine Maschenweite von 0,09mm ergab - 35 Prozent betragen. Eine wesentliche Neuerung stellte auch die Prüfung der Druckfestigkeit dar, die zur Wert bestimmenden Probe wurde, wohingegen die Zugfestigkeit als Kontrolle für die Gleichmäßigkeit des Zements diente.

Im Jahr 1907 wurden die Richtlinien abermals verschärft. Die zulässigen Mindestfestigkeiten wurden gesteigert und die Siebrückstände reduziert. Der Rückstand auf dem 900-Maschen-Sieb durfte nur noch fünf Prozent und auf dem 4900-Maschen-Sieb 30 Prozent betragen.

Bei der nächsten Normenänderung im Jahr 1913 wurde die zulässige Menge an Zusatzstoffen von zwei auf drei Prozent erhöht, da ein höherer Zusatz an Gips als unschädlich für die Qualität des Zements erkannt wurde. Zudem wurden neue Grenzen für die Zugabe von SO₃ und MgO eingeführt. Weiters wurden die Mindestfestigkeiten ein weiteres Mal erhöht.

Im Jahr 1919 wurden die ersten Normen für die neue Republik Österreich herausgegeben. Die Bestimmungen blieben größten Teils gleich, lediglich die Mindestfestigkeiten wurden erhöht¹⁸⁰.

Am 23. September 1920 wurde der „Österreichische Normenausschuss für Industrie und Gewerbe“ gegründet und ein Jahr später erschien die erste ÖNORM, die metrische Gewinde regelte¹⁸¹. Im Jahr 1926 gab der Normenausschuss seine Portlandzementnormen unter der Bezeichnung „ÖNORM B 3311“ heraus. Darin wurden die Vorschriften zur Mindestfestigkeiten und der Mahlfeinheit wieder erhöht. Die Änderungen betrafen auch die Aufassung der 28-Tage-Festigkeit und die Einführung einer Festigkeitsprüfung nach sieben Tagen. Zudem wurde der deutsche Normensand wegen seiner Gleichmäßigkeit für die Proben eingeführt. Mit diesen Normen war Österreich eines der ersten Länder, das sehr rigorose Bestimmungen verankert hat.

Im Jahr 1939 wurden in Österreich die „Deutschen Normen für Portlandzement, Eisenportlandzement und Hochofenzement“ übernommen, die in der Deutschen Industrienorm (DIN) 1164 aus dem Jahr 1932 festgeschrieben worden waren. 1939 wurden die Normwerte bezüglich Festigkeit noch erhöht. Im Jahr 1942 wurden die Zementnormen umfassend überarbeitet. Die Bezeichnung der Zemente enthielt nun die Mindestfestigkeit nach 28 Tagen. So bedeutete die Bezeichnung „Zement 225“ für den früheren „gewöhnlichen Zement“, dass diese Zementsorte nach 28 Tagen eine Mindestdruckfestigkeit von 225 Kilogramm pro Quadratzentimeter aufweisen musste. Die beiden anderen Sorten waren „Zement 325“ und „Zement 425“. Die Mahlfeinheit wurde hinaufgesetzt und betrug nun beim 4900-Maschen-Sieb einen maximalen Rückstand von 20 Prozent, während die Prüfung mit dem 900-Maschen-Sieb weggelassen wurde. Die Mindestfestigkeiten wurden ebenso erhöht und die Bestimmung für den Prüfungsvorgang geändert.

¹⁸⁰ *Brameshuber*, Die österreichische Zementindustrie, 34-38

¹⁸¹ *ÖN Österreichisches Normungsinstitut*, Geschichte des ON (Wien 2008), online unter < http://www.on-norm.at/publish/on_geschichte.html> (05. April 2008)

Jahr	900 ¹⁾	4900 ²⁾
1878	20 ^{0/0}	—
1889	10 ^{0/0}	35 ^{0/0}
1907	5 ^{0/0}	30 ^{0/0}
1913	5 ^{0/0}	30 ^{0/0}
1919	5 ^{0/0}	30 ^{0/0}
1926	3 ^{0/0}	25 ^{0/0}
1939 (DIN 1164 v. 1932)	2 ^{0/0}	25 ^{0/0}
1942	—	20 ^{0/0}

Tabelle 11: Entwicklung der Normen zur Mahlfeinheit von 1878 bis 1942 (höchster Rückstand auf Maschen je cm²)¹⁸²

Jahr	Zug			Druck (Würfel)		
	Tage: 2	7	28	2	7	28
1878	—	8	12	—	—	—
1889	—	10	15	—	—	150
1907	—	12	18	—	—	180
1913	—	12	20	—	120	200
1919	—	12	20	—	150	250
1926	12	18	—	130	220	—
1939 (DIN 1164 v. 1932)	—	18	25	—	200	300
	Biegezug (Prismen)			Druck (Prismen)		
1942	—	25	50	—	110	225

Tabelle 12: Entwicklung der Normen zur Festigkeit von 1878 bis 1942 (in kg/cm² für gewöhnliche Zemente)¹⁸³

Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde vom Österreichischen Normenausschuss im Jahr 1949 eine so genannte „Vornorm“ unter der Bezeichnung „ÖNORM B 3312“ herausgegeben. Da der zur Prüfung herangezogene „Deutsche Normensand“ nicht mehr verfügbar war, wurde der Sand nunmehr aus österreichischen Lagerstätten bezogen. Die weiteren Bestimmungen und Prüfapparate wurden aus dem Jahr 1942 übernommen¹⁸⁴.

Bis zum Jahr 2002 war in Österreich schließlich die „ÖNORM B 3310“ in Kraft. Diese unterschied zwischen Portlandzement, Eisenportlandzement und Hochofenzement. Der Portlandzement wurde in drei Klassen eingeteilt: Zement 275, Zement 375 und Zement 475. Ersterer wurde als normaler Bauzement bezeichnet, während die anderen beiden Zementsorten höhere Anfangsfestigkeiten erzielten. Wegen der raschen Wärmeentwicklung eignete sich der Zement 475 nicht für Massenbeton. Die Normen regelten auch den

¹⁸² *Brameshuber*, Die österreichische Zementindustrie, 41

¹⁸³ *Brameshuber*, Die österreichische Zementindustrie, 42

¹⁸⁴ *Brameshuber*, Die österreichische Zementindustrie, 38-41

erlaubten Zusatz an Kalziumsulfat und Wasser zur Erstarrungsregelung¹⁸⁵. Neben den drei Sorten an Portlandzement wurden zudem die Bestimmungen für Eisenportlandzement (EPZ 275) und Hochofenzement (HOZ 275) festgelegt, die für massige Bauteile und Massenbeton geeignet waren. Weiters wurden noch die beiden erhöht sulfatbeständige Portlandzemente PZ 275 und PZ 375 definiert, die für Bauwerke gedacht waren, die erhöhten Sulfatangriff ausgesetzt waren¹⁸⁶.

Mörtelfestigkeit	Mindestwerte in N/mm ² (früher kp/cm ²) nach			
	1	3	7	28
	Tagen			
	Zement 275			
Biegezug	—	—	2,9 (30)	4,9 (50)
Druck	—	—	10,8 (110)	27,0 (275)
	Zement 375			
Biegezug	—	2,9 (30)	3,9 (40)	5,9 (60)
Druck	—	14,7 (150)	22,1 (225)	36,8 (375)
	Zement 475			
Biegezug	2,9 (30)	4,9 (50)	5,9 (60)	6,9 (70)
Druck	9,8 (100)	20,4 (300)	35,3 (360)	48,8 (475)

Tabelle 13: Mindestfestigkeitswerte der österreichischen Zemente nach ÖNORM B 3310¹⁸⁷

6.2 Europäische Zementnormen

Im Jahr 2002 wurde die ÖNORM B 3310 „Zement für Bauzwecke“ durch eine neue europäische Norm ersetzt. Die neue ÖNORM EN 197-1 war damit die erste auf europäischer Ebene harmonisierte Norm im Baubereich. Die Zemente wurden darin in fünf Hauptgruppen unterteilt. „CEM I“ ist seitdem die Bezeichnung für Portlandzement, „CEM II“ für Portland(komposit)zement, „CEM III“ für Hochofenzement, „CEM IV“ für Puzzolanzement und „CEM V“ für Kompositzement. Je nach der Gruppenzugehörigkeit haben die Zemente unterschiedliche Bestimmungsmerkmale. So ist die Art und Menge der Zusatzstoffe geregelt und die Festigkeit wurde in drei Klassen eingeteilt: Der Zusatz 32,5 bezeichnet demnach eine Druckfestigkeit nach 28 Tagen, die zwischen 32,5 und 52,5 MPa (N/mm²) liegen muss. Damit wurden erstmals auch Festigkeitsobergrenzen festgelegt. Die Prüftermine sind in der neuen europäischen Zementnorm nach zwei, sieben und 28

¹⁸⁵ Kölblinger, Gmundner Zementwerke Hans Hatschek, 37f

¹⁸⁶ Ahammer, Technischer und wirtschaftlicher Stand der österreichischen Zementindustrie, 40f

¹⁸⁷ Kölblinger, Gmundner Zementwerke Hans Hatschek, 38

Tagen¹⁸⁸. In der Abbildung 22 ist die Entwicklung der Kennzahlen zur Druckfestigkeit und zur Mahlfeinheit von 1900 bis heute dargestellt.

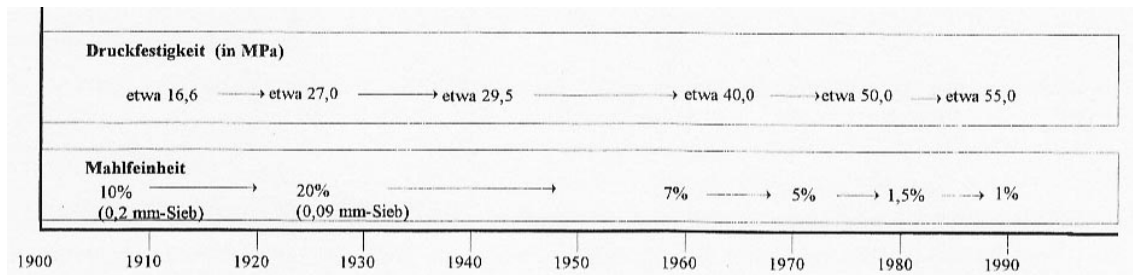


Abbildung 22: Entwicklung der Kennzahlen zur Zementqualität¹⁸⁹

¹⁸⁸ Franz R. Koubowetz, Die neue Zementnorm (ÖNORM EN 197-1) (Wien 2001); online unter <http://www.zement.at/file_upl/Neue_Normen03a.pdf> (04. Juni 2008)

¹⁸⁹ Stark, Wicht, Geschichte der Baustoffe, 181

7 Die Verdienste Hans Hauenschilds um die Erforschung des Zements

Dieses Kapitel beleuchtet das Leben Hans Hauenschilds und seine zahlreichen Verdienste für die Zementindustrie. Das Kapitel ist dreigeteilt. Nach dem privaten Lebenslauf wird im zweiten Kapitel der berufliche Werdegang dargestellt. Zum Schluss sind die von ihm verfassten schriftlichen Werke mit kurzer Inhaltsangabe aufgelistet.

Hervorzuheben ist, dass Hauenschild in der Literatur unter verschiedenen Namen aufgeführt wurde. Geboren als Joannes Hauenschild, wurde sein Name später nur noch kurz als Johann bezeichnet. Nach dem Eintritt in das Stift Kremsmünster übernahm er den Ordensnamen Gottfried, später jedoch bezeichnete er sich selbst nur noch als Hans Hauenschild.

7.1 Privater Lebenslauf

7.1.1 Familie

Joannes Hauenschild wurde am 14. August des Jahres 1842 im oberösterreichischen Windischgarsten geboren.¹⁹⁰ Seine Eltern, der bürgerliche Färbermeister Johann senior und Elisabeth, geborene Gruber, betrieben in Windischgarsten eine Färberei.¹⁹¹ Beide Elternteile stammten aus Färberfamilien. Die Vorfahren väterlicherseits erwarben im Jahr 1792 die Färberei im Haus Nr. 104 in Windischgarsten.¹⁹² Die Eltern seiner Mutter verkauften ihr Anwesen und die dazugehörige Färbergenehmigung noch vor der Hochzeit von Johann und Elisabeth, die am 30. Juni 1829 stattfand, um 1.250 Gulden an den Bräutigam. Im Jahr 1843 suchte Johann Hauenschild senior um eine Genehmigung an, das Haus um eine Färbermange¹⁹³, ein Wehr und ein Wasserwerk am Dambach zu erweitern.

¹⁹⁰ Taufschein von Joannes Hauenschild, ausgestellt am 9. Oktober 1855 (Stiftsarchiv Kremsmünster)

¹⁹¹ Handschriftlicher Lebenslauf von Hans Hauenschild, ohne Datum (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

¹⁹² Häuserchronik des Marktes Windischgarsten (HNr. 104) von Bürgermeister Franz Schröckenfux (Windischgarsten 1916)

¹⁹³ Eine Mange ist ein Gerät zum Plätten der Stoffe. (vgl. Jacob *Grimm*, Wilhelm *Grimm*, Deutsches Wörterbuch (Leipzig 1854-1960); online unter <<http://germazope.uni->

Per Dekret vom 22. Mai 1843 erhielt er schließlich vom k.k. Traunkreisamt die Erlaubnis für die Erweiterungsarbeiten.¹⁹⁴ Die Färberei war nach den Umbauarbeiten für damalige Verhältnisse mit einer mittels Wasserrad betriebenen Glättungsmaschine, einer Hausmühle und einer Indigoreibmaschine modern ausgestattet. Zum Trocknen der Stoffe pachtete Johann Hauenschild um 36 Kreuzer pro Jahr eine nahe Grundfläche.¹⁹⁵

Johann Hauenschild senior starb bereits vier Jahre nach der Geburt seines Sohnes am 4. Oktober 1846 im Alter von 37 Jahren an Typhus. Die Witwe Elisabeth Hauenschild musste schließlich im Mai 1850 das Haus und die Färberei um 1.250 Gulden an Ferdinand Hofbauer zwangsweise verkaufen,¹⁹⁶ da der Betrieb laut Stanzel verschuldet war und sie ihn nicht selbst weiterführen konnte. Elisabeth Hauenschild musste mit ihren Kindern ausziehen und starb im Jahr 1861, zwei Jahre bevor ihr Sohn die Matura absolvierte.¹⁹⁷

7.1.2 Schulzeit

Johann Hauenschild zeigte im Volksschulalter eine hohe schulische Begabung. So schloss er beispielsweise in der dritten Klasse in allen 16 Fächern dreizehn Mal mit der Note „Sehr Gut“ ab.¹⁹⁸ Deshalb bemühten sich der Pfarrer von Windischgarsten, Josef Thaller, und der Bürgermeister Leopold Westermayr, ihm einen Platz im Stiftsgymnasium Kremsmünster zu verschaffen. Wegen des frühen Todes seines Vaters und der geringen Finanzmittel seiner Mutter ersuchten sie um die Befreiung vom Schulgeld an.¹⁹⁹ Wegen seiner guten Noten wurde Johann Hauenschild mit dem Schreiben des Abtes von Kremsmünster am 14. August 1856 diese Bitte gewährt. Das Stift erklärte sich darin bereit, für den Unterricht, Kost und Logis des Schülers aufzukommen. Die Eltern und Wohltäter Johann Hauenschilds wurden dazu verpflichtet, ihn mit Kleidung auszustatten und für ärztliche Hilfe, Medikamente sowie Schulbücher aufzukommen.²⁰⁰ Im Stiftsgymnasium blieb Johann Hauenschild weiter

trier.de/Projects/WBB/woerterbuecher/dwb/wbgui?mode=hierarchy&textsize=600&lemid=GM00881> (29. Mai 2008))

¹⁹⁴ Häuserchronik des Marktes Windischgarsten (HNr. 106) von Bürgermeister Franz Schröckenfux (Windischgarsten 1916)

¹⁹⁵ Rudolf Stanzel, Jörg Strohmann, Julius Konrad Trenkler, Hans Hauenschild. Windischgarstens vergessener Sohn. Leben und Werk; Gedenkschrift zum 100. Todestag von Hans Hauenschild (Windischgarsten 2001), 7f.

¹⁹⁶ Häuserchronik des Marktes Windischgarsten (HNr. 106) von Bürgermeister Franz Schröckenfux (Windischgarsten 1916)

¹⁹⁷ Stanzel, Hans Hauenschild, 7f.

¹⁹⁸ Zeugnis der Hauptschule Kremsmünster vom 29. September 1853 (Privatbesitz Rudolf Stanzel)

¹⁹⁹ Armutszeugnis vom 18. November 1861 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

²⁰⁰ Brief des Abtes von Kremsmünster an Pfarrer Josef Thaller vom 14. August 1858 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

ein Musterschüler. So wurde er im Zeugnis des ersten Semesters der 8. Klasse im Jahr 1863 als fleißig und stets aufmerksam beschrieben. Seine Noten waren fast nur „Sehr Gut“ und „Vorzüglich“. Lediglich im Fach „Englische Sprache“ erhielt er ein „Recht Gut“.²⁰¹ Im selben Jahr maturierte er in den Fächern „Religionslehre“, „Lateinische Sprache“, „Griechische Sprache“, „Geschichte und Geographie“, „Mathematik“, „Naturwissenschaften“, „Deutsche Sprache“ und „Philosophische Propädeutik“.²⁰²

In seiner Gymnasialzeit entdeckte Johann Hauenschild seine Liebe zu den Naturwissenschaften und zu seinen Heimatbergen. Er konnte bei den wissenschaftlichen Werken einiger Lehrer mitarbeiten. So half er beim Buch „Flora von Kremsmünster“, sammelte Sagen aus seiner Heimat und beschäftigte sich mit Moosen und Flechten, die er auch bei zahlreichen Bergwanderungen vor Ort besichtigen konnte. Über das Studium der alpinen Pflanzenwelt fing er an, sich auch für Geologie zu interessieren.²⁰³

7.1.3 Kloster und Studium

Nach seiner Matura trat er im Herbst 1863 unter dem Namen „Gottfried“ als Novize in das Stift Kremsmünster ein. Er fühlte sich zu diesem Schritt von seinen Förderern verpflichtet, die – wie er glaubte - erwarteten, dass er nach ihrer jahrelangen finanziellen Unterstützung in das Benediktinerstift eintrat. Er hoffte aber mit diesem Schritt seinen naturwissenschaftlichen Interessen besser nachgehen zu können. Der damalige Abt, Augustin Reslhuber, bewilligte ihm auch, nach Absolvierung eines Theologiestudiums ein naturwissenschaftliches Studium beginnen zu dürfen.²⁰⁴ Im Jahr 1864 fing Gottfried Hauenschild dieses Theologiestudium in St. Florian an. In jener Zeit verfasste er auch seine ersten schriftlichen Werke, indem er erste Texte über seine Heimat für den neu gegründeten Alpenverein schrieb (siehe Kapitel 7.3.3).

Seine eingehenden Studien über seine Heimat, vor allem jene über die Geologie des Gebietes, führten dazu, dass er im Jahr 1867 vom Konsortium, das die Pyhrnerbahn errichten wollte, aufgefordert wurde, ein Gutachten für die Überquerung des Pyhrnpasses zu erstellen. Die von ihm vorgeschlagene Trasse wurde von der k.k. Generalinspektion

²⁰¹ Gymnasialzeugnis der 8. Klasse, erstes Semester von Johann Hauenschild vom 14. Februar 1863 (Stiftsarchiv Kremsmünster)

²⁰² Maturazeugnis von Johann Hauenschild, ohne Datum (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

²⁰³ Handschriftlicher Lebenslauf von Hans Hauenschild, ohne Datum (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

²⁰⁴ Handschriftlicher Lebenslauf von Hans Hauenschild, ohne Datum (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

übernommen.²⁰⁵ Die Eisenbahnüberquerung des Pyhrnpasses wurde jedoch letztlich nie realisiert und die Pyhrnbahn erst ab 1901 gebaut. Bei diesem Bauvorhaben wurde jedoch der Pyhrnpass nicht überquert, wie von Hauenschild in seiner Trassierung vorgeschlagen, sondern der Bergstock mittels eines Tunnels durch den Bosruck überwunden.²⁰⁶

Im Jahr 1867 war er auch an den Ausgrabungen der römischen Überreste von Windischgarsten beteiligt, bei denen laut eines Briefes des Kooperators Oberleitner an Hauenschild Ziegelfragmente mit der Aufschrift LIICIIITA gefunden wurden, was als Abkürzung für „Legio secunda, Cohors secunda Italica“ angesehen wurde.²⁰⁷ Zu seiner Zeit wurde noch angenommen, dass es sich bei den Funden um die Überreste der Stadt „Ernolatia“ handelte, die auf der berühmten mittelalterlichen Karte „Tabula Peutingeriana“²⁰⁸ verzeichnet war. Durch die Fehlannahme, dass die Ausgrabungen Überreste einer bedeutenden mittelalterlichen Siedlung zu Tage fördern würden, konnte er aber die Akademie der Wissenschaften überzeugen, 300 Gulden für die Ausgrabungen zur Verfügung zu stellen. Die gefundenen Stücke wurden schließlich ins Landesmuseum nach Linz gebracht. Erst später stellte sich heraus, dass die Überreste von „Gabromagus“, dem römischen Windischgarsten, stammten.²⁰⁹

Am 27. Juni 1868 beendete Gottfried Hauenschild als Bester seines Jahrganges das Theologiestudium in St. Florian und wurde einen Monat später, am 26. Juli 1868, zum Priester geweiht. Die Primiz, die erste Messe in seinem Heimatort, war laut Stanzel in Windischgarsten ein großes Fest.²¹⁰ Sein Mentor, der Bürgermeister Leopold Westermayr, fertigte für dieses Ereignis eigens ein Chronogramm bei dem die hervorgehobenen Buchstaben – als römische Zahlen gesehen - in drei Zeilen jeweils die Zahl 1868 ergaben.²¹¹ Der obere Teil des Chronogramms war durch ein Rebus verziert.²¹²

²⁰⁵ Handschriftlicher Lebenslauf von Hans Hauenschild, ohne Datum (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

²⁰⁶ Elmar *Oberegger*, Basis-Informationen zur Geschichte der Pyhrn-Bahn; online unter <<http://members.a1.net/otob/pyhrnbahnmuseum/1basis.htm>> (29. Mai 2008)

²⁰⁷ Brief des Kooperators Oberleitner an Hauenschild, ohne Datum (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

²⁰⁸ Die Peutingersche Tafel stellt eine einzigartige Quelle der historischen Verkehrs- und Siedlungsgeographie Österreichs mit rund 3900 Ortsnamen dar. (vgl. *aeiou Österreich-Lexikon*, Peutingersche Tafel; online unter <<http://aeiou.iicm.tugraz.at/aeiou.encyclop.p/p300613.htm>> (29. Mai 2008))

²⁰⁹ *Stanzel*, Hans Hauenschild, 11f.

²¹⁰ *Stanzel*, Hans Hauenschild, 12f.

²¹¹ *Stanzel*, Hans Hauenschild, 12f.

²¹² Chronogramm zur Primiz von Gottfried Hauenschild, ohne Datum (Privatarchiv Rudolf Stanzel)



Abbildung 23: Chronogramm zur Primiz von Hans Hauenschild²¹³

Nach seiner Priesterweihe schrieb sich Gottfried Hauenschild an der Universität Wien für das Lehramtsstudium der Naturgeschichte, Physik und Mathematik ein, das ihm der Abt von Kremsmünster bereits als Novize erlaubt hatte. Neben seinem regulären Studium besuchte er auch einige Lehrveranstaltungen in Mineralogie bei August Emanuel von Reuss, in Petrographie bei Gustav Tschermak, in Chemie bei Josef Redtenbacher und in Geologie bei Eduard Suess, der auch am Bau des Suezkanals und am Bau der ersten Wiener Hochquellenleitung beteiligt war. Für Gustav Tschermak war er zudem als Privatassistent tätig. Als Dank für diese Tätigkeit legte dieser der Akademie der Wissenschaften Hauenschilds Arbeit über „Mikroskopische Untersuchungen des Predazzites und

²¹³ Chronogramm zur Primiz von Gottfried Hauenschild, ohne Datum (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

Pencatites“ vor, die auch in die Sitzungsberichte aufgenommen wurde. Ein besonderes Naheverhältnis hatte Gottfried Hauenschild zu Josef Redtenbacher, den er selbst als Onkel bezeichnete. Redtenbacher stammte ebenfalls aus Oberösterreich und gab ihm private Lehrstunden. Unter dessen Leitung begann Hauenschild seine Untersuchungen über „hydraulische Magnesiakalke und deren Vorkommen und Anwendung in Österreich“, die Redtenbacher kurz vor seinem Tod am 10. Februar 1870 der Akademie der Wissenschaften vortrug. An seinem Totenbett soll er Gottfried Hauenschild noch das Versprechen abgenommen haben, sich intensiver mit der Erforschung der Mörtelsubstanzen zu beschäftigen. Zudem gab Redtenbacher seinem Schüler noch die Empfehlung, aus dem Kloster auszutreten.²¹⁴

Nachdem Gottfried Hauenschild bei der k.k. geologischen Reichsanstalt seine Arbeit „Über einige Reste der Glazialperiode im Alm- und Steyerlingthale“ vortrug, wurde er am 28. April 1870 zum „Correspondenten der k.k. geologischen Reichsanstalt“ ernannt. Im selben Jahr wurde er durch Fürsprache seines Professors Eduard Suess als chemisch-geologischer Experte Mitglied der Prüfungskommission für die Baumaterialien für die Wiener Hochquellenleitung. Dabei konnte er auch die verschiedenen gebräuchlichen Zemente analysieren und in der Praxis studieren. Zur gleichen Zeit stellte er auch chemische Untersuchungen über die Septarien²¹⁵ des Tegels im Wiener Gebiet an und bewies dadurch deren mögliche Verwendung für Romazement. Diese Untersuchungen konnten schließlich von der Wienerberger-Gesellschaft praktisch verwertet werden.²¹⁶ Die Gesellschaft zahlte ihm für jeden Besuch der Lagerstätten fünf Gulden, womit er seinen Lebensunterhalt bestreiten konnte.²¹⁷

Während seiner Studienzeit wurde Gottfried Hauenschild zudem im Juli 1870 als Lehrer bei Erzherzog Carl Ferdinand berufen und unterrichtete dessen Söhne Friedrich und Carl Stefan in Naturgeschichte. Diese Tätigkeit übte er bis zum Ende seines Studiums aus, das er im Jahr 1871 abschloss.²¹⁸

²¹⁴ Handschriftlicher Lebenslauf von Hans Hauenschild, ohne Datum (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

²¹⁵ Septarien sind linsenförmige oder knollige Kalkkonkretionen in karbonatischen Gesteinen (Kalk-Tone), welche im Inneren durch Austrocknung bedingt radiale Schrumpfungsrisse haben. Sie entstehen durch lokale Anreicherung von Calciumkarbonat infolge Zersetzung organischer Substanzen. (vgl. Stefan *Schorn*, Mineralienatlas Lexikon – Septarie (Vaterstetten 2007), online unter <<http://www.mineralienatlas.de/lexikon/index.php/Septarie>> (30. April 2008)

²¹⁶ Handschriftlicher Lebenslauf von Hans Hauenschild, ohne Datum (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

²¹⁷ Brief von Hauenschild an Maria Wittmann, 1870 (Privatbesitz Rudolf Stanzel)

²¹⁸ Handschriftlicher Lebenslauf von Hans Hauenschild, ohne Datum (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

7.1.4 Austritt aus dem Kloster und Hochzeit

Bereits in seiner Studentenzeit lernte Gottfried Hauenschild Maria Theresia Wittmann kennen. Diese stand als Privatlehrerin für Französisch und Klavier in den Diensten des Fürsten Esterhazy. Der Beginn dieser Beziehung kann nicht genau festgelegt werden. Der erste Brief an seine Freundin datiert vom Dezember 1867. Darin schwärmte Hauenschild von ihrer gemeinsamen Zeit in Waizenkirchen, wo sie sich laut Stanzel möglicherweise kennen gelernt hatten.²¹⁹ Diese Liebe machte sein Leben als Ordensmann, das er mit seinem Eintritt ins Stift Kremsmünster nicht ganz freiwillig gewählt hatte, noch schwerer. Er war sich der schwierigen Situation auch bewusst und versuchte, die Liebe möglichst geheim zu halten. Deshalb verwendete er in seinen Briefen die Anschrift „Liebe Schwester“ und unterschrieb sie mit „Dein treuer Bruder Gottfried“. Zudem war es den beiden nicht möglich, sich regelmäßig zu sehen, da er nach wie vor in Wien studierte und in der restlichen Zeit ins Stift zurückkehren musste. Er versuchte aber, seiner Freundin eine Anstellung in Wien zu verschaffen, damit sie sich öfters sehen konnten.²²⁰ Als am 18. Juli 1871 ihr Sohn Albrecht Titus – in seinen Briefen auch als Albert tituliert - zur Welt kam, wurde das Klosterleben für Hauenschild noch schwieriger.²²¹

Gottfried Hauenschild hatte schon vor der Geburt seines Sohnes den Austritt aus dem Stift erwogen. Jedoch wollte er zunächst seine finanzielle und berufliche Zukunft abgesichert wissen. Er war schließlich noch als Lehrer für die beiden Erzherzogssöhne tätig und errichtete auf Besitzungen des Stiftes Kremsmünster eine Fabrik (siehe Kapitel 7.2.1). Zudem plagten ihn Gewissensbisse dem Stift Kremsmünster gegenüber, da es ihm seine Ausbildung finanziert hatte und er im dortigen Gymnasium als Lehrer tätig war. Deshalb wollte er zunächst dem Orden „in irgend rationeller Weise Ersatz“²²² für diese Unterstützung leisten.²²³ Im Jahr 1872 suchte Hauenschild um unbefristeten Urlaub an, der ihm jedoch vom Stift nicht gewährt wurde. Er begründete dies dem Stift gegenüber damit, dass er die Ergebnisse seiner Forschungsarbeiten über Magnesiaement verwerten wollte.²²⁴ Daher trat Hauenschild, der ab dem Jahr 1871 in seinen Briefen wieder seinen

²¹⁹ Stanzel, Hans Hauenschild, 14f.

²²⁰ Handschriftlicher Lebenslauf von Hans Hauenschild, ohne Datum (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

²²¹ Stanzel, Hans Hauenschild, 14f.

²²² Handschriftlicher Lebenslauf von Hans Hauenschild, ohne Datum (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

²²³ Handschriftlicher Lebenslauf von Hans Hauenschild, ohne Datum (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

²²⁴ Altman *Kellner*, Profeßbuch des Stiftes Kremsmünster (Kremsmünster 1968), 458f.

bürgerlichen Namen Johann Hauenschild verwendete, unter Berufung auf die Artikel 4 und 6 des Allgemeinen Bürgerlichen Gesetzbuches aus dem Kloster und zugleich aus der römisch-katholischen Kirche aus. Er zahlte außerdem dem Stift Kremsmünster eine Entschädigung für seine Ausbildung. Er durfte nach seinem Schreiben vom 23. März 1872, in dem er dem Abt seine Entscheidung mitteilte, sehr rasch wieder nach Wien abgereist sein, da er einige Bücher entlehnte und dafür Bilder als Kautions hinterließ.²²⁵

Kurz darauf trat Hauenschild mit seiner Freundin Maria zum evangelischen Glauben über und heiratete sie schließlich am 27. Mai 1872. Sie wohnten vorerst in Wien in der Alserbachstraße 19, wo der Vater von Maria Theresia Wittmann ein Friseurgeschäft betrieb.²²⁶

Im Jahr 1873 übersiedelte die junge Familie nach Mödling, wo am 12. Januar der zweite Sohn auf die Welt kam, den die Eltern auf den Namen Richard taufte. Dieser verstarb jedoch am 4. Februar 1873, kurz nach seiner Geburt. Nach einer weiteren Übersiedlung nach Weitenegg bei Melk erblickte am 5. Februar 1874 Sohn Friedrich Wilhelm, genannt Fritz, das Licht der Welt. In den folgenden Jahren gebar seine Frau noch weitere Kinder. In Trifail kamen am 16. Januar 1875 Sohn Rudolf, am 5. Juni 1876 folgte Sohn Wilhelm Otto, am 15. Juni 1877 Sohn Hellmuth zur Welt. In Wien gebar Maria Hauenschild am 13. August 1878 Johanna, die erste Tochter, die allerdings bereits am 13. Dezember desselben Jahres verstarb. Am 4. September 1880 wurde in der gleichen Stadt auch Sohn Hermann August geboren.²²⁷

7.1.5 Emigration nach Deutschland

Bereits in Weitenegg erhob der Priester von Ebersdorf im Jahr 1874 Einspruch gegen Hauenschilds Ehe,²²⁸ da der Paragraph 63 des damaligen Allgemeinen Bürgerlichen Gesetzbuches besagte, dass

²²⁵ Brief von Hauenschild an den Abt des Stifts Kremsmünster, 23. März 1872 (Stiftsarchiv Kremsmünster)

²²⁶ Stanzel, Hans Hauenschild, 14f.

²²⁷ Stanzel, Hans Hauenschild, 38f.

²²⁸ Brief von Hauenschild an Gustav Marchet, 1880 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

„Geistliche, welche schon höhere Weihen empfangen; wie auch Ordenspersonen von beiden Geschlechtern, welche feierliche Gelübde der Ehelosigkeit abgelegt haben,²²⁹“

keine gültigen Eheverträge schließen konnten. Auch der Austritt aus der katholischen Kirche hob damals diesen Paragraphen nicht auf.²³⁰ Deshalb wurde die Heirat vor Gericht angefochten. Das Verfahren dauerte mehrere Jahre und erst am 15. Juni des Jahres 1880 entschied das Landesgericht Wien, dass die Ehe ungültig wäre. Hans Hauenschild versuchte das Urteil anzufechten, doch das Oberlandesgericht entschied am 18. November 1880 ebenfalls gegen ihn. Diesem Urteil schloss sich auch der Oberste Gerichtshof am 8. Juni 1881 an.²³¹ Das Gericht begründete dies damit, dass der Paragraph 63 des Allgemeinen bürgerlichen Gesetzbuches durch das kaiserliche Patent vom 8. Dezember 1856 und durch das Gesetz vom 25. Mai 1868, das den Austritt aus der Kirche zuließ, nicht aufgehoben wurde und daher weiterhin in Kraft war. Weiters hieß es im Urteil, dass es den Gerichten nicht zustünde,

„die Gründe zu untersuchen, welche sich etwa für die Aufhebung oder Abänderung des §63 a.b.G.B. geltend machen lassen. Sie können und dürfen die Anwendung bestehender Gesetze sich weder in die Beurtheilung ihrer Nothwendigkeit und Zweckmäßigkeit einlassen, noch der Beurtheilung der gesetzgebenden Gewalt über die Zulässigkeit oder Unzulässigkeit abändernder Bestimmungen vorgreifen, noch endlich ein bestehendes Gesetz durch Schlussfolgerungen als außer Wirksamkeit getreten erklären, sondern müssen sich bei ihren Entscheidungen lediglich daran halten, dass die Anordnung des §63 a.b.G.B. [...] bisher im gesetzlichen Wege nicht außer Kraft gesetzt worden ist.“²³²

Daraus kann vermutet werden, dass Hauenschild versuchte, die Unsinnigkeit des Gesetzes darzustellen und so seine Ehe retten wollte. Ähnliche Schlüsse zog später auch Joseph Unger in seiner Abhandlung „Priesterehen und Mönchsehen“, in der er folgerte, dass mit

²²⁹ Josef Schey, Rudolf Hermann (Hg.), Das Allgemeine bürgerliche Gesetzbuch (Wien 1936), 45f.

²³⁰ Schey, Hermann (Hg.), Das Allgemeine bürgerliche Gesetzbuch, 45f.

²³¹ Abschrift der Trauungsurkunde Nr. 140/1872 des evangelischen Pfarramtes Wien I, 23. Oktober 1941

²³² Julius Glaser, Joseph Unger, Joseph von Walther (Hg.), Sammlung von Civilrechtlichen Entscheidungen des k.k. obersten Gerichtshofes (Wien 1884), 240-243.

dem Austritt aus dem geistlichen Stand auch das daran geknüpfte Ehehindernis wegfallen müsste, wie auch beim Austritt aus dem Militärstand das Ehehindernis wegfiel.²³³

Noch vor Verkündung des Urteils des Obersten Gerichtshofes nahm Hauenschild am 9. Mai 1881 mit seiner Frau und seinen sechs Kindern die königlich-preußische Staatsbürgerschaft an und emigrierte nach Berlin.²³⁴ Kurz nach der Übersiedlung starben die beiden Söhne Hellmuth und Hermann August an Scharlach.²³⁵

Am 27. März 1882 gebar Maria Hauenschild in Berlin ihr neuntes Kind, Otto. Wegen einer Erkrankung seiner Frau zog Hans Hauenschild mit seiner Familie nach Vouvry in der Schweiz, wo Maria Hauenschild am 29. August 1883 Sohn Erich zur Welt brachte. Nach einem weiteren Umzug nach Aarau gebar sie noch zwei Kinder, am 23. Mai 1885 Emma, die zweite Tochter, und am 15. August 1886 Sohn Kurth, der aber bereits ein halbes Jahr später, am 9. Jänner 1887, verstarb.²³⁶

Anfang des Jahres 1900 verschlechterte sich der Gesundheitszustand von Hans Hauenschild aufgrund eines Herzleidens. Da die dortige Gebirgsluft Linderung bringen sollte, zog er wieder in die Schweiz.²³⁷ Er erholte sich jedoch nicht mehr und verstarb am 26. Juni 1901 im Alter von 58 Jahren an einem Herzschlag und wurde in Vouvry begraben. Der Verein der Schweizer Zementfabrikanten, zu dessen Ehrenmitglied er im Jahr 1883 ernannt wurde²³⁸, pflegte seinen Grabstein und ließ diesen anlässlich seines 100. Todestags in seine Heimatgemeinde Windischgarsten überstellen.²³⁹

7.2 Beruflicher Lebenslauf

Nachdem ihm sein Mentor Josef Redtenbacher auf dem Totenbett das Versprechen abgenommen haben soll, sich besonders mit den Mörtelsubstanzen auseinander zu setzen,

²³³ Joseph *Unger*, Priesterehen und Mönchsehen (Jena 1910), 8-10.

²³⁴ Naturalisationsurkunde des königlichen Polizei-Präsidenten von Berlin, 9. Mai 1881 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

²³⁵ Stanzel, Hans Hauenschild, 38f. sowie Nachruf auf Hans Hauenschild in der Thonindustriezeitung Berlin, Juli 1901 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

²³⁶ Stanzel, Hans Hauenschild, 38f.

²³⁷ Nachruf auf Hans Hauenschild in der Thonindustriezeitung Berlin, Juli 1901 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

²³⁸ Fritz *Hauenschild*, Neue Aufgaben für künftige Konferenzen. Eine Erinnerung an Prof. Hans Hauenschild; In: Baumaterialienkunde, Heft 8 (Freiburg / Baden 1902), 127f.

²³⁹ Stanzel, Hans Hauenschild, 31f.

war Hans Hauenschild beinahe sein restliches Leben mit der Erforschung des Zements und der Errichtung von Zementwerken beschäftigt.

7.2.1 Erste unternehmerische Tätigkeiten

Wie bereits im Kapitel 6.1.4 erwähnt, errichtete Hauenschild 1871 im Steyerlingtal auf Gründen des Stifts Kremsmünster eine Untersuchungsfabrik, in der er verschiedene Materialien zur Zementherstellung untersuchte. Zur Finanzierung verwendete er eine kleine Erbschaft. Weiters wurden noch Mittel des Stiftes Kremsmünster und anderer Investoren aufgewendet. Vertraglich erhielt Hauenschild ein Drittel des Reingewinnes.²⁴⁰ Die Ergebnisse seiner Druck-, Zug- und Bruchfestigkeitsprüfungen verglich er mit den Ergebnissen des in Österreich berühmten Kufsteiner Zements (siehe Kapitel 4.3.1). Da er von seinen Analysen sehr angetan war, schickte er einige Proben nach Wien.²⁴¹ Die Fabrik konnte täglich 5,6 Tonnen²⁴² Zement produzieren.²⁴³

Im Jahr 1870 erwarb Gottfried Hauenschild ein Patent auf einen neuen Wassermörtel, den er „Magnesia-Cement“ nannte. Das Patent wurde allerdings offiziell von Ludwig Zeitlinger angemeldet, da Gottfried als Pater kein eignes Patent anmelden konnte.²⁴⁴ Der Magnesiacement erhärtete im Gegensatz zu den gebräuchlichen Zementsorten nicht durch die Ausbildung von Calciumsilicaten, sondern durch die Bildung von Magnesiumcarbonat ($MgCO_3$). Für die Herstellung dieser Zementsorte eignete sich einerseits dolomitische Kalksteine mit einem Mindestanteil von 25 Prozent an Magnesiumcarbonat, andererseits aber auch Mineralien, die Magnesiumcarbonat als Hauptbestandteil enthielten. Dieser Zement ist dem Romanzement sehr ähnlich, da er bei niedrigen Temperaturen von lediglich 400 Grad Celsius gebrannt wurde. Nach dem Brennen und Feinmahlen musste der Magnesiacement noch mehrere Wochen in Wasser gelöscht werden. In der Patentschrift empfahl Hauenschild den Zement für den Verputz von Mauern, Wasserleitungen und Reservoirs sowie für Trockenbauten. Der Zement konnte in einem Verhältnis von 1:3 mit

²⁴⁰ Brief von Hauenschild an Maria Wittmann, 22. August 1871 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

²⁴¹ Handschriftlicher Lebenslauf von Hans Hauenschild, ohne Datum (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

²⁴² In seinem Brief schreibt Hauenschild von 100 Zentnern. Der besseren Übersichtlichkeit halber wurde dieser Wert von mir in Tonnen umgerechnet. (1 Zentner = 56 kg)

²⁴³ Brief von Hauenschild an Maria Wittmann, 22. August 1871 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

²⁴⁴ Handschriftlicher Lebenslauf von Hans Hauenschild, ohne Datum (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

Sand gemischt werden, allerdings brauchte der Zement auch einige Tage zum Austrocknen und durfte in dieser Zeit nicht mit Wasser in Berührung kommen.²⁴⁵

Im Jahr 1873 übernahm Hans Hauenschild den Direktorenposten der neu gegründeten „Weiß-Zementfabrik“ in Mödling, nachdem er bei seinen Studien für die Wienerberger-Gesellschaft diesen Ort als idealen Standort für ein Zementwerk vorschlug. Damit hatte Hauenschild ein regelmäßiges Einkommen und übersiedelte mit seiner Familie nach Mödling. (siehe Kapitel 7.1.4)²⁴⁶ Seine Anstellung war jedoch nicht von Dauer. Er konnte dort nicht frei über die Maschinenanlagen entscheiden, da diese von den Verwaltungsräten vorgeschrieben wurden, was seiner Meinung nach nicht zweckmäßig war. Zudem geriet die Firma durch den Bankenkrach rasch in finanzielle Schwierigkeiten. In dieser schwierigen Phase zerstritt sich Hauenschild mit den Verwaltungsräten, die den Betrieb nicht einschränken, sondern stattdessen die Fabrikationsprinzipien ändern wollten.²⁴⁷

Bei der Wiener Weltausstellung, die am 1. Mai 1873 von Kaiser Franz Josef eröffnet wurde, hielt Hans Hauenschild für den Österreichischen Ingenieur- und Architektenverein, dem er kurz zuvor beigetreten war, einen Vortrag mit dem Titel „Über dolomitische Zemente und ihre Bedeutung für Bauwissenschaft und Architektur“. Auf Einladung des Handelsministers Anton Freiherr von Banhans durfte er auch noch über „Kalk und Zement“ referieren. Auf der Weltausstellung konnte er auch Kontakt zu anderen bekannten Zementforschern knüpfen. So lernte er beispielsweise Hermann Bleibtreu kennen, der Deutschlands erste Portlandzementfabrik errichtet hatte (siehe Kapitel 4.2.1).²⁴⁸

Im Jahr 1874 wurde Hans Hauenschild für ein halbes Jahr zum provisorischen Leiter einer Ultramarinfabrik in Weitenegg bei Melk bestellt. Nach dieser Tätigkeit reiste er durch Europa, um dort bei der Errichtung von Zementfabriken beratend zu helfen. Zuerst errichtete er eine Dolomitzementfabrik in Sinsleben bei Ermsleben, das südlich von Magdeburg liegt. Anschließend führte er Schichtenanalysen in der Nähe von Eperies²⁴⁹ in der heutigen Slowakei durch. Dies führte zum Abbau von Lagerstätten von Kalkmergel und zur Errichtung einer Portlandzementfabrik. Danach unternahm er geologische

²⁴⁵ Ludwig *Zeitlinger*, Beschreibung des von Ludwig Zeitlinger, Sensengewerke zu Leonstein, entdeckten neuen Wassermörtels (Magnesia-Cement), Privileg Nr. 2091, 23. Februar 1870 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

²⁴⁶ Stanzel, Hans Hauenschild, 16.

²⁴⁷ Handschriftlicher Lebenslauf von Hans Hauenschild, ohne Datum (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

²⁴⁸ Handschriftlicher Lebenslauf von Hans Hauenschild, ohne Datum (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

²⁴⁹ Heute: Prešov in der Slowakei

Untersuchungen in den Steinbrüchen des Grafen Seilern in Tlumatschau bei Brünn,²⁵⁰ wo schließlich auch ein Zementwerk gebaut wurde (siehe Tabelle 9).²⁵¹ In der Nähe von Neulangbach konstatierte er jedoch, dass eine Zementfabrik dort nicht rentabel sei. In Stein in Krain fand er eine Schicht natürlichen Portlandzementmergels.²⁵²

7.2.2 Aufbau und Leitung des Trifailer Zementwerks

Gegen Ende des Jahres 1874 wurde er nach Trifail²⁵³ im heutigen Slowenien berufen, um die dortigen Braunkohlelagerstätten zu untersuchen. Aufgrund der schwierigen Beschaffenheit der Schichten dauerten diese Untersuchungen bis zum Sommer 1875. Danach konnte Hauenschild den Bau einer Zementfabrik vorschlagen, da die Schichten ein gutes Ausgangsmaterial für Zement lieferten und der Brennstoff durch die Braunkohlelager ebenfalls vor Ort anzufinden war. Hans Hauenschild wurde auch gleich mit dem Bau des Zementwerkes beauftragt. Dafür reiste er zunächst nach Deutschland und Frankreich zur Besichtigung von zahlreichen Zementwerken. Die Kontakte, die er bei der Weltausstellung in Wien 1873 knüpfen konnte, erwiesen sich dabei als hilfreich, da für betriebsfremde Personen die Besichtigung einer Zementfabrik normalerweise nicht möglich war. Im Spätherbst des Jahres 1875 wurde schließlich mit dem Bau des Zementwerks in Trifail begonnen, der im Sommer 1876 abgeschlossen wurde.²⁵⁴ Für dieses Zementwerk errichtete Hauenschild einen Ringofen nach der Konstruktion von Friedrich Hoffmann (siehe Kapitel 5.2.3). Er versuchte aber, dieses Ofensystem durch kleinere Verbesserungsmaßnahmen zu optimieren. So ließ er den Ofen nicht mehr aus feuerfesten Ziegeln errichten, sondern verwendete eine betonähnliche Masse für die Ofenwände, die durch das Feuer im Ofen gebrannt wurde. Diese Masse bestand aus feuerfestem Ton, der mit Kohlengrus vermischt und in festen Rahmen zu Quadern gestampft wurde. Die Grundidee stammte ebenfalls zwar vom Ofenerfinder Hoffmann, Hauenschild wendete dieses Verfahren jedoch erstmals bei einer größeren Ofenkonstruktion an. Weiters fügte er die Quader nicht mit Mörtel zusammen, sondern begrenzte sie lediglich mit Holzstoffpappe. Dadurch konnten sich die Quader der Ofenmauer beim Austrocknen nur bis zu den Quaderfugen zusammenziehen und beim Erwärmen nur bis zu diesen ausdehnen. Sie waren bei seiner Konstruktion in

²⁵⁰ Handschriftlicher Lebenslauf von Hans Hauenschild, ohne Datum (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

²⁵¹ Huber, 100 Jahre Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie, 13.

²⁵² Handschriftlicher Lebenslauf von Hans Hauenschild, ohne Datum (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

²⁵³ Heute: Trbovlje in Slowenien

²⁵⁴ Handschriftlicher Lebenslauf von Hans Hauenschild, ohne Datum (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

einem parabolischen Querschnitt angeordnet und 120 Zentimeter dick und 80 Zentimeter lang und breit.

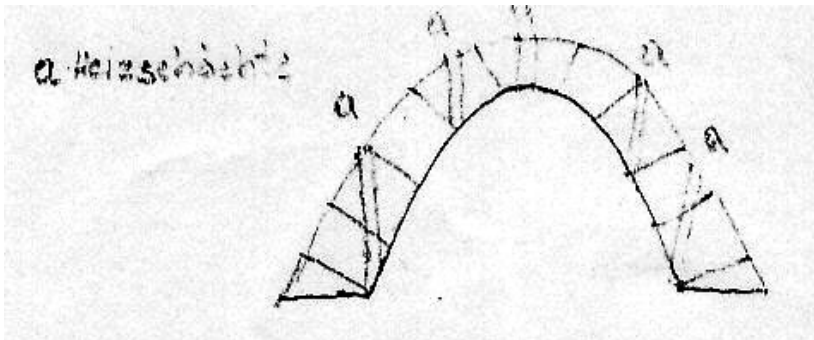


Abbildung 24: Querschema des Ringofens nach den Entwürfen von Hans Hauenschild²⁵⁵

Durch die Adaptionen von Hauenschild sollte die strahlende Abwärme möglichst gut ausgenutzt werden und den Ofen vor dem Einstürzen bewahren. Die nötigen Heizschächte wurden erst nach der Errichtung des Ofens in die Kammern gebohrt. Hauenschild gab an, dass seine Version des Ringofens - gegenüber einem aus Ziegeln gemauerten Ringofen - deutlich billiger wäre. Der Ringofen, den Hauenschild in Trifail errichten ließ, bestand aus 16 Kammern, von der jede eine Leistungsfähigkeit von etwa 56 Tonnen Portlandzement hatte.²⁵⁶ Eine weitere Verbesserung erzielte Hauenschild durch die Verwendung einer Trockenpresse zur Herstellung der Rohziegel,²⁵⁷ mit der er 15.000 Stück Rohziegel in zehn Stunden herstellen konnte.²⁵⁸ Hauenschild selbst bezeichnete das Zementwerk in Trifail als „Musteretablisement“, bei dem auch das Prinzip der Abfallverwertung umgesetzt wurde.²⁵⁹

Nachdem der deutsche Techniker Albert Daimer mit der Leitung der Zementfabrik betraut worden war, blieb Hans Hauenschild dem Werk noch bis Ende des Jahres 1877 als Chemiker erhalten und konnte viele Erfahrungen in der Steinbruchtechnik und praktischen Geologie sammeln.²⁶⁰ In dieser Zeit verfasste er, auf Anregung seines Freundes Friedrich Hoffmann, der auch Vorstand des „Vereins zur Fabrikation von Ziegeln, Thonwaaren, Kalk

²⁵⁵ Brief von Hauenschild an Richard Jordan, 10. April 1876 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

²⁵⁶ Brief von Hauenschild an Richard Jordan, 10. April 1876 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

²⁵⁷ Handschriftlicher Lebenslauf von Hans Hauenschild, ohne Datum (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

²⁵⁸ Brief von Hauenschild an Richard Jordan, 10. April 1876 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

²⁵⁹ Handschriftlicher Lebenslauf von Hans Hauenschild, ohne Datum (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

²⁶⁰ Stanzel, Hans Hauenschild, 18f.

und Cement“ in Berlin war, die beiden Texte „Die Cementfabriken bei Grenoble“ und „Studien über die Physik des Sandes“.

Durch sein geologisches Wissen konnte er bei einem Bergrutsch auf die Südbahn bei Steinbruck²⁶¹ in der Nähe von Trifail einen zweiten Rutsch vorhersagen und so nach eigenen Aussagen 43 Bergleute, die bei den Rettungsarbeiten tätig waren, vor dem Tod bewahren. Bei der Aufklärung des Unglücks wurde er auch als geologischer Experte in die Untersuchungskommission berufen.²⁶²

7.2.3 Versuchsstation für Baumaterialien

Nach seiner Rückkehr nach Wien gründete Hans Hauenschild mit eigenen Mitteln die Versuchsstation für Baumaterialien als Privatinstitut,²⁶³ das damit das erste derartige Fachinstitut in Österreich war.²⁶⁴ Die offizielle Genehmigung zum Betrieb der Versuchsstation erhielt Hans Hauenschild am 24. Mai 1879 per Gewerbeschein, der genau festlegte, welche Tätigkeiten ihm erlaubt waren.²⁶⁵ Im Programm der Versuchsstation steht geschrieben, dass in diesem Privatinstitut die verschiedenen Baumaterialien untersucht wurden.

Hauenschild gliederte seine Versuchsstation in vier Abteilungen. In der „geologischen und petrografischen Abteilung“ untersuchte er Lagerstätten von Gesteinen und Tonen auf Mächtigkeit, Ausdehnung sowie deren chemische Struktur und verkaufte die Untersuchungsergebnisse an Interessenten. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen konnten auch in Kartenform erworben werden. In der „chemisch-technologischen Abteilung“ analysierte er die Rohmaterialien und fertigen Bauprodukte mittels mikroskopischer, mechanischer und chemischer Untersuchungen. Zudem prüfte er die Brennmaterialien auf ihre Eignung als Brennstoff. In der „mechanisch-technologischen Abteilung“ führte er Festigkeitsproben für alle Baumaterialien durch. Die „technische Abteilung“ war

²⁶¹ Heute: Zidani most in Slowenien

²⁶² Handschriftlicher Lebenslauf von Hans Hauenschild, ohne Datum (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

²⁶³ Handschriftlicher Lebenslauf von Hans Hauenschild, ohne Datum (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

²⁶⁴ Nachruf auf Hans Hauenschild in der Thonindustriezeitung Berlin, Juli 1901 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

²⁶⁵ Gewerbeschein, ausgestellt vom Magistrat der Stadt Wien am 24. Mai 1879 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

schließlich dafür zuständig, Voranschläge für die Errichtung von Steinbrüchen, Ziegelwerken, Zementfabriken und Kalkbrennereien für Firmen zu erstellen.²⁶⁶

Neben diesen Tätigkeiten führte Hauenschild auch eine Untersuchung an Bildwerken in Salzburg durch. Dabei fand er heraus, dass die „versteinerte Masse“, die Erzbischof Thimo von Salzburg im 11. Jahrhundert nach Christus für diese Bildwerke verwendet hatte, einer Mischung aus Romanzement und Sand sehr ähnlich war. Zusätzlich entdeckte Hauenschild in der Masse Fibrin als auch Albumin und schloss daraus, dass der Mörtel mit Blut angerührt worden war.²⁶⁷

Nach dem Aufbau seiner Versuchsstation war Hans Hauenschild nebenbei auch als Lehrer an der ersten österreichischen Baugewerksschule angestellt. Er unterrichtete dort vom 15. Oktober 1879 bis 15. August 1880 die Fächer Baumaterialienlehre, Algebra, Physik und Buchhaltung.²⁶⁸

Bereits in seiner Zeit in Trifail arbeitete Hans Hauenschild an seinem großen Werk, dem „Katechismus der Baumaterialien“. Er schrieb darin das Wissen zusammen, das er durch seine ganzen Erfahrungen und Versuche erworben hatte, und schuf so ein wichtiges Werk für Techniker, Ingenieure, Architekten und Baumeister. Das Werk beinhaltete unter anderem auch die von ihm aufgestellte grundlegende Mörteltheorie.²⁶⁹

In seiner Zeit in Wien wurde Hans Hauenschild auch als geologischer Experte für die 1882 eröffnete Gotthardbahn und für die Wiener Hochquellenleitung herangezogen. Ebenfalls in diese Lebensspanne fällt auch die Mitarbeit am Handbuch der Architektur, zu dem er das Kapitel „Die Mörtel und ihre Grundstoffe beitrug (Siehe Kapitel 7.3.1).²⁷⁰

Im Jahr 1880 bewarb sich Hans Hauenschild an der Technischen Universität um eine Professorenstelle. Da er jedoch noch nicht promoviert war, wurde sein Habilitationsgesuch

²⁶⁶ Programm der Versuchsstation für Baumaterialien, Anlage zum Gewerbeschein, ausgestellt vom Magistrat der Stadt Wien am 24. Mai 1879 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

²⁶⁷ *Quietmeyer*, Die Mörtelkunde von ihren ersten Anfängen, 25f.

²⁶⁸ Zeugnis von der I. Österr. Baugewerksschule in Wien, 15. August 1880 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

²⁶⁹ Nachruf auf Hans Hauenschild in der Thonindustriezeitung Berlin, Juli 1901 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

²⁷⁰ Nachruf auf Hans Hauenschild in der Thonindustriezeitung Berlin, Juli 1901 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

abgelehnt und ihm mitgeteilt, er solle sich nach dem Erwerb des Doktorgrades wieder bewerben.²⁷¹

7.2.4 Mitarbeit bei der Normierung

Durch seine zahlreichen in Eigenregie und für Unternehmen durchgeführten Untersuchungen war Hans Hauenschild prädestiniert für die Mitarbeit an der Normenentwicklung für Zemente. Im Jahr 1878 wurde er bei der Generalversammlung des deutschen Zieglervereins in Berlin zum Mitglied der Nomenklaturkommission gewählt, welche die Normen für die wichtigsten Rohstoffe der Keramischen Industrie erstellten. Ihm wurde der deutschsprachige Teil des damaligen Österreich zugeteilt und die Aufgabe übertragen, für dieses Gebiet einen Musterfragebogen zu erstellen.²⁷² Er wurde in zahlreiche Unterkommissionen der Abteilung für künstliche und natürliche Baustoffe berufen.²⁷³ Als Mitglied des Österreichischen Ingenieur- und Architektenvereins in Wien war er auch hier bei der Entstehung der ersten Normen und der Nomenklatur für hydraulische Bindemittel beteiligt.²⁷⁴

7.2.5 Aufbau und Leitung von Zementwerken

Nach seiner Emigration nach Deutschland, wollte Hans Hauenschild zunächst an der königlichen Gewerbeschule in Iserlohn als Lehrer arbeiten,²⁷⁵ doch bald darauf zog er nach Berlin. Dort arbeitete Hans Hauenschild bei seinem Freund Friedrich Hoffmann mit, der die „Deutsche Töpfer- und Ziegler-Zeitung“ herausgab und ein Laboratorium betrieb. Er schrieb nicht nur in der „Töpfer- und Ziegler-Zeitung“ einige Artikel über Zement und andere Themen, sondern beteiligte sich auch an der Herausgabe der Notizbücher von Friedrich Hoffmann.²⁷⁶ Zudem war er auch im oben erwähnten Laboratorium tätig.²⁷⁷

²⁷¹ Brief des Rektors der Technischen Universität Wien an Hauenschild, 6. April 1880 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

²⁷² Handschriftlicher Lebenslauf von Hans Hauenschild, ohne Datum (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

²⁷³ *Hauenschild*, Neue Aufgaben für zukünftige Konferenzen

²⁷⁴ *Stanzel*, Hans Hauenschild, 20.

²⁷⁵ Brief von Hauenschild an Gustav Marchet, 1880 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

²⁷⁶ Nachruf auf Hans Hauenschild in der Thonindustriezeitung Berlin, Juli 1901 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

²⁷⁷ Friedrich *Hoffmann* (Hg.), Deutsche Töpfer- und Ziegler-Zeitung (Berlin/Halle 1881), 388.

Das Laboratorium der Deutschen Töpfer- und Ziegler-Zeitung,

Berlin N., Kesselstrasse No. 7,

übernimmt, auf langjährige Erfahrungen gestützt und mit allen Versuchsapparaten ausgerüstet:

Analysen und Begutachtungen von Rohmaterialien der Tohnwaaren-, Kalk- und Cement-Industrie. Die Begutachtung giebt zutreffende Anhaltspunkte für die zweckmässigste Verwendung für die beste Art und Weise der Vorbereitung, der Formgebung, der Trockenvorrichtungen, der geeignetsten Brennapparate etc.

Brennversuche. Dieselben erstrecken sich auf Ermittlung der Brandfarben bei verschiedenen Temperaturen und verschiedener Beschaffenheit der Rauchgase (oxydierendes und reduzierendes Feuer), auf Klinkerungsfähigkeit, auf Feuerfestigkeit, auf Glasuren etc.

Trockenversuche. Dieselben ermitteln das Verhalten der Materialien für sich und in verschiedenen Magerungsgraden beim Trocknen, namentlich Bestimmung der Minimaltrockenzeit, der Schwindung, Porosität, Festigkeit im lufttrocknen Zustand etc.

Untersuchungen und Begutachtung von Fabrikaten auf Wetterbeständigkeit etc.

Cementprüfungen nach den officiellen Normen.

Ferner liefert das genannte Laboratorium:

Thermometer mit Schutzhülle zum Preise von 30 Mark.

Orsat's Apparat zur Analyse der Rauchgase für 100 Mark.

Atmometer zur Ermittlung der Trockenwirkung der Atmosphäre zum Preise von 3 Mk.

Zugmesser zur Ermittlung des Zuges in Brennöfen zum Preise von 25 Mark.

Normalzugfestigkeits-Apparat nebst sämtlichem Zubehör, wie solche vom Herrn Minister der öffentlichen Arbeiten als den „Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Portland-Cement entsprechend“ anerkannt worden sind, zum Preise von 300 Mark.

Abbildung 25: Werbeinserat des Laboratoriums der Deutschen Töpfer- und Ziegler-Zeitung²⁷⁸

Wie schon im Kapitel 6.1.5 erwähnt, übersiedelte Hans Hauenschild im Jahr 1883 mit seiner Familie nach Vouvry in die Schweiz und übernahm den Direktorenposten der Zementfabrik „Greppin & Co.“. Nach zwei Jahren brach das Unternehmen allerdings zusammen und so zog Hans Hauenschild weiter nach Aarau, wo er im Jahr 1885 die Leitung der Zementfabrik von Albert Fleiner übernahm. In den darauf folgenden fünf Jahren gedieh das Unternehmen unter seiner Leitung sehr gut.²⁷⁹ Hans Hauenschild Hauenschild, Albert Fleiner und Albert Bauermeister versuchten, die Fabrikation des Zements zu verbessern. Diese Bemühungen mündeten schließlich am 11. September 1888 in die Anmeldung des Patents über „*Neuerungen in der Fabrikation von künstlichem Portlandzement*“ in Österreich. Diese Änderungen betrafen das maschinelle Formen von rollfähigen Körpern aus Portlandzementrohmasse, die in speziellen Röhren geformt wurden. Diese Körper wurden in den Röhren mit Kalksteinpulver überstreut, wodurch das Zusammenkleben vor dem Trocknen und während der Sinterung verhindert wurde.²⁸⁰

²⁷⁸ Hoffmann (Hg.), Deutsche Töpfer- und Ziegler-Zeitung, 388.

²⁷⁹ Nachruf auf Hans Hauenschild in der Thonindustriezeitung Berlin, Juli 1901 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

²⁸⁰ Albert Fleiner, Hans Hauenschild, Albert Bauermeister, Neuerungen in der Fabrikation von künstlichem Portlandzement, Privileg Nr. 2035, 11. September 1888 (Privilegiendatenbank des Patentamts Wien)

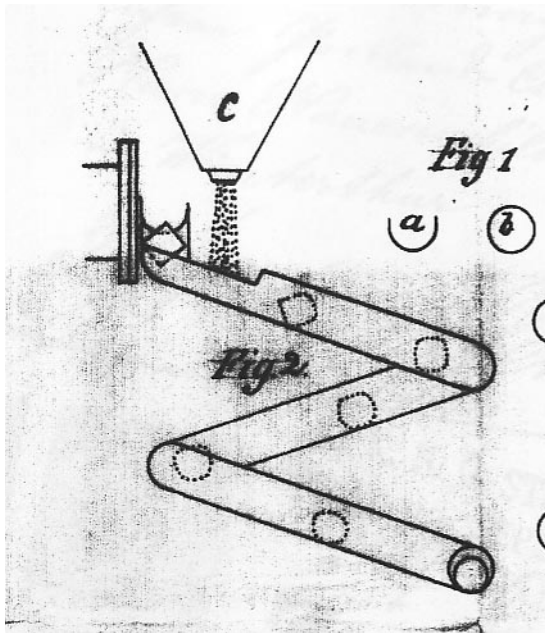


Abbildung 26: Schema der Rollkörperformungsmaschine²⁸¹

7.2.6 Hauenschild-Ofen

In der Zeit, als Hauenschild die Zementfabrik in Aarau leitete, entwickelte er auch den „Schachtofen zum kontinuierlichen Brennen von Portland-cement mit Darreinrichtung“, den er in Deutschland am 8. November 1889²⁸² und in Österreich am 9. Juli 1890²⁸³ patentieren ließ.

Der Schachtofen wurde aus feuerfestem Mauerwerk errichtet, wobei dieses Mauerwerk dünn genug war, um die abstrahlende Wärme auszunützen. Der Schachtofen bestand erstens aus einem Brennzylinder, der entweder aus Blech oder aus mit Zement umhülltem Eisen erbaut wurde. Zweitens wurde um diesen ersten Zylinder eine zweite Wand angefertigt. Im Hohlraum zwischen den beiden Zylinderwänden lag der Trocken- oder Darrraum, in dem eine schraubenförmige Bahn angebracht war, auf der das zu trocknende Rohmaterial in Körben von oben nach unten befördert wurde. Eine weitere Möglichkeit bestand darin, das Rohmaterial von oben einzuschütten und ohne Körbe die Bahn hinunter gleiten zu lassen. Die notwendige Wärme für die Trocknung erhielt der Darrraum einerseits

²⁸¹ Albert Fleiner, Hans Hauenschild, Albert Bauermeister, Neuerungen in der Fabrikation von künstlichem Portlandzement, Privileg Nr. 2035, 11. September 1888 (Privilegiendatenbank des Patentamts Wien)

²⁸² Hans Hauenschild, Schachtofen zum kontinuierlichen Brennen von Portlandzement mit Darreinrichtung, 8. November 1889 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

²⁸³ Hans Hauenschild, Schachtofen zum kontinuierlichen Brennen von Portlandzement mit Darreinrichtung, Privileg Nr. 43064, 9. Juli 1890 (Privilegiendatenbank des Patentamts Wien)

durch die Abstrahlung der Brennraumwand, andererseits durch die Abwärme des gebrannten Klinkers. Dies wurde dadurch bewerkstelligt,

„dass am unteren Theil des Darrraums der Brennzylinder b und der innere Mantel m von ringförmig angeordneten Luftschlitzen oder Luftlöchern e [...] durchbrochen werden, so dass die in den Cylinderofen von unten eintretende und durch das gebrannte Material getrocknete und erwärmte Luft vermöge ihrer dadurch bedingten größeren Ausdehnung zum Theil durch diese Löcher hindurch in den Darrraum tritt und dem zu trocknenden Material entgegenströmt.“²⁸⁴

Diese Luftlöcher teilten den Ofen in den darüber liegenden Brennraum und den darunter befindlichen Abkühlungsraum, der nicht mehr aus feuerfestem Material bestehen musste. Der fertig gebrannte Klinker wurde mittels eines speziellen Rostes aus dem Ofen gezogen. Dieser Rost hatte einen pyramidenförmigen Aufsatz, durch den die fertige Klinkermasse von selbst aus dem Ofen gleiten konnte, und in der Mitte einen Luftkanal, der im Ofen für einen guten Zug sorgte. Eine weitere Neuerung bestand darin, dass

„die strahlende Wärme, durch Verwendung zur Trocknung des Rohmaterials, der inneren Ofenwand entführt, letztere somit beständig abgekühlt und auf einer verhältnismässig niedrigen Temperatur gehalten wird, ist namentlich noch durch die Wirkung des starken centralen Zuges in dem Ofen, ein Abschmelzen der Ofenwand bzw. ein Verschlacken derselben oder Verschmelzen mit dem Brenngut nach Möglichkeit verhindert [...]“²⁸⁵

Die wesentlichen Entwicklungen lagen nicht nur darin, dass die Abwärme des Ofens und des abkühlenden Klinkers nun besser genutzt und für die Trocknung des Rohmaterials verwendet wurde, sondern auch in der Installation eines pyramidenförmigen Rostes. Dieser

²⁸⁴ Hans *Hauenschild*, Schachtofen zum kontinuierlichen Brennen von Portlandzement mit Darreinrichtung, Privileg Nr. 43064, 9. Juli 1890 (Privilegiendatenbank des Patentamts Wien)

²⁸⁵ Hans *Hauenschild*, Schachtofen zum kontinuierlichen Brennen von Portlandzement mit Darreinrichtung, Privileg Nr. 43064, 9. Juli 1890 (Privilegiendatenbank des Patentamts Wien)

hatte den Vorteil, dass die fertig gebrannte Klinkermasse nun selbstständig aus dem Ofen gleiten konnte und nicht von Zeit zu Zeit abgestochen werden musste.²⁸⁶

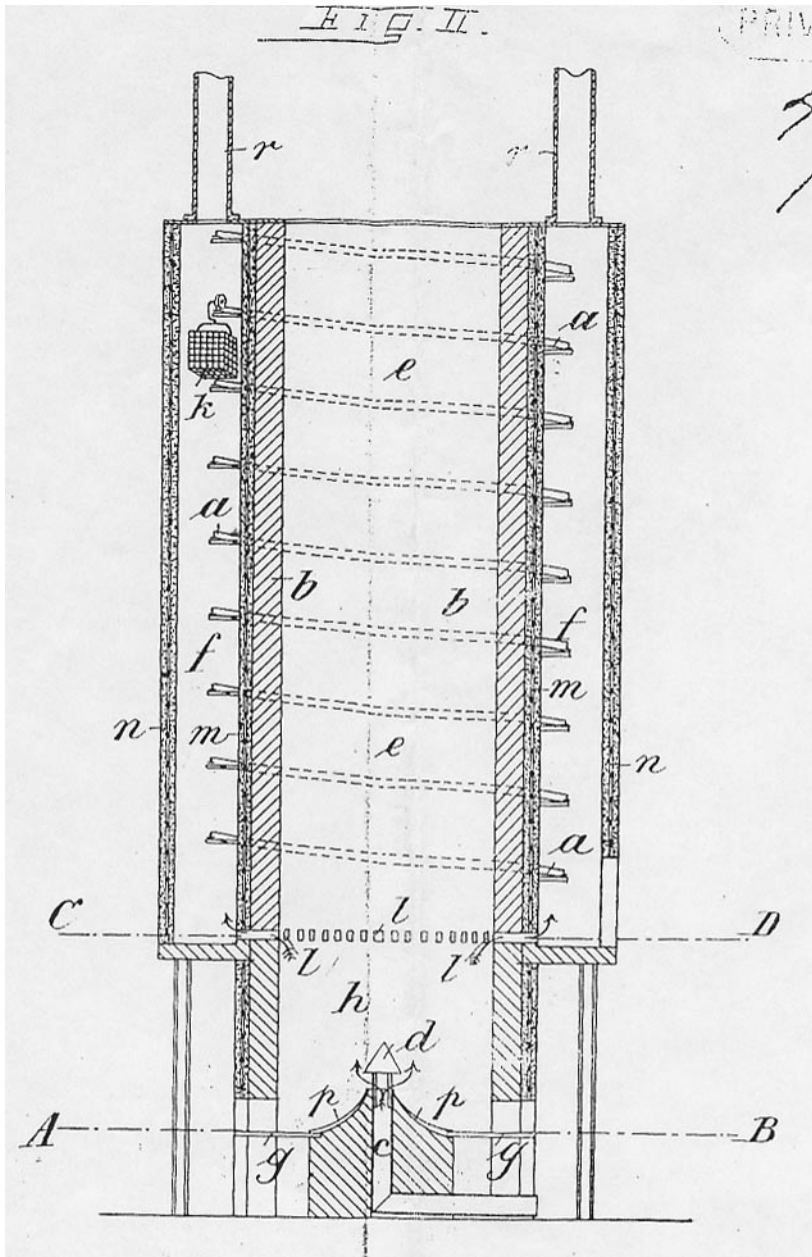


Abbildung 27: Schema des Hauenschild-Ofens²⁸⁷

²⁸⁶ Hans Hauenschild, Schachtofen zum kontinuierlichen Brennen von Portlandzement mit Darreinrichtung, Privileg Nr. 43064, 9. Juli 1890 (Privilegiendatenbank des Patentamts Wien)

²⁸⁷ Hans Hauenschild, Schachtofen zum kontinuierlichen Brennen von Portlandzement mit Darreinrichtung, Privileg Nr. 43064, 9. Juli 1890 (Privilegiendatenbank des Patentamts Wien)

7.2.7 Weitere Tätigkeiten

Nach seinen Jahren in der Schweiz kehrte Hans Hauenschild im Jahr 1889 wieder nach Berlin zurück (siehe Kapitel 7.1.5) und half bei der Errichtung von zahlreichen Zementwerken und versuchte seinen Ofen zu vermarkten.²⁸⁸ Zunächst war er als Berater einer Zementfabrik in Neustadt tätig, später beriet er ein Werk in Zweibrücken, in der Nähe von Saarbrücken.²⁸⁹ In Oos bei Baden half er Friedrich Hoffmann bei der Errichtung eines Zementwerks, in dem ein Ofen nach den Neuerungen des Patents von Hauenschild, Fleiner und Bauermeister (siehe Kapitel 7.2.5) erbaut wurde. Hauenschild suchte bei den Mitinhabern des Patents um einen Preisnachlass für seinen Freund Hoffmann an und regelte dabei auch die Aufteilung der Lizenzgebühren. In Braunschweig wurde im Jahr 1890 ebenfalls ein solcher Ofen errichtet, durch den Hauenschild gute Einnahmen erzielen konnte. Zu dieser Zeit plante er auch eine Reise in die Vereinigten Staaten von Amerika, wo Interesse an seinem Ofen bestand. Durch die Lizenzeinnahmen in Deutschland konnte er das Angebot jedoch ausschlagen und auf die beschwerliche Reise verzichten.²⁹⁰

Im Jahr 1892 gründete er gemeinsam mit seinen Söhnen die „Technisch-Chemische Anstalt für Cementindustrie“ in Berlin, die ihm als Stützpunkt für seine Tätigkeiten diente.²⁹¹ Im selben Jahr unternahm er eine Studienreise nach Le Theil, wo er die damals größte Zementfabrik der Welt besichtigte, in der 100 Schachtföfen in Betrieb waren. In diesem Werk wurden täglich 100 Wagenladungen des bekannten Kalks von Le Theil, den Hauenschild bereits im Jahr 1881 für die „Deutsche Töpfer- und Zieglerzeitung“ beschrieb (siehe Kapitel 7.3.1), und des Grappier Portlandzements erzeugt.²⁹²

Mit dem Vertrieb der Keßlerschen Fluete (siehe Kapitel 7.3.1) in Deutschland erschloss Hauenschilds Firma im Jahr 1892 eine weitere Einnahmequelle. Drei Jahre wurden die Keßlerschen Fluete bereits vielfach von Behörden und Privaten bei Bauvorhaben verwendet.²⁹³

²⁸⁸ Nachruf auf Hans Hauenschild in der Thonindustriezeitung Berlin, Juli 1901 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

²⁸⁹ Stanzel, Hans Hauenschild, 24.

²⁹⁰ Brief von Hauenschild an seine Gattin Maria, 13. September 1890 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

²⁹¹ Nachruf auf Hans Hauenschild in der Thonindustriezeitung Berlin, Juli 1901 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

²⁹² Brief von Hauenschild an seine Gattin Maria, 13. September 1892 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

²⁹³ Hans *Hauenschild*, Keßlersche Fluete. Bewährte Mittel zur Härtung und Erhaltung von weichen Kalksteinen, Sandsteinen, Mörtel, Zementwaren, Kunststeinen und Gips (Berlin 1913), V-VIII.

Im Mai des folgenden Jahres reiste er nach Prag und nahm dort Proben des böhmischen Mergels. Diese schickte er zusammen mit genauen Erläuterungen der durchzuführenden Analyse an seine Söhne nach Berlin.²⁹⁴ Im Spätsommer des Jahres 1893 reiste Hans Hauenschild schließlich nach Russland, wo sein Ofen am 11. September patentiert wurde.²⁹⁵ In Schtschurowo an der Oka, südöstlich von Moskau, errichtete er einen Schachtofen. In dieser großen Fabrik waren zahlreiche Ofensysteme in Betrieb. Neben den bereits in Betrieb befindlichen vier Ringöfen und neun Schachtofen wurden noch ein Dietzsch-Ofen und ein Hauenschild-Ofen errichtet, der unter Leitung von Hans Hauenschild erbaut werden sollte. Nach der Fertigstellung seines Ofens wollte er weiterreisen, doch der Fabrikdirektor hielt seinen Pass zurück und zwang ihn, weitere 14 Tage zu bleiben, wofür er ihm aber eine zusätzliche Prämie und die Empfehlung seines Ofens versprach. Im Jahr 1894 reiste Hans Hauenschild schließlich nach Rudniki im damaligen Polen, um dort beim Bau eines Zementwerks zu helfen. Bei dieser Dienstreise begleitete ihn erstmals sein ältester Sohn Albert.²⁹⁶

Gegen Ende seines Lebens werden die Quellen immer dürftiger. Brieflich belegt ist etwa, dass er im Jahr 1896 eine Zementfabrik in Odessa errichtete. Bei diesem Bau wurde aber nicht genau nach den Plänen Hauenschilds gearbeitet, was beinahe zu einem Unglück führte, da einige schlecht ausgeführte Bogenträger des Ofendaches einstürzten. Der ebenfalls anwesende Wilhelm Hauenschild, der seinen Vater begleitete, konnte aber durch die Konstruktion einer Aufhebevorrichtung den vom Dach begrabenen Arbeitern das Leben retten und so den weiteren Aufbau der Fabrik sichern. In seinem Brief vom 7. Juli 1896 hoffte Hauenschild auf weitere Aufträge, die ihn nach Nizza, Rumänien und Kasan geführt hätten.²⁹⁷ Im Jahr 1899 errichtete er wieder zusammen mit seinem Sohn Wilhelm eine Zementfabrik in Dmitrowka in Russland, das etwa 120 Kilometer südöstlich von St. Petersburg lag.²⁹⁸

In seiner Zeit als Leiter der „Technisch-Chemischen Anstalt für Cementindustrie“ meldete er im Jahr 1896 ein weiteres Patent an. Der Patentanspruch lautete auf ein

²⁹⁴ Brief von Hauenschild an seine Familie, 27. Mai 1893 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

²⁹⁵ Brief von Hauenschild an seine Familie, 06. Oktober 1893 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

²⁹⁶ *Stanzel*, Hans Hauenschild, 25-27.

²⁹⁷ Brief von Hauenschild an seine Gattin Maria, 07. Juli 1896 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

²⁹⁸ *Stanzel*, Hans Hauenschild, 29f.

„Verfahren zur Herstellung von Cementmörtel, dadurch gekennzeichnet, dass als Mörtelsubstanzen einerseits Cementshalbfabrikat, also gebranntes, aber unvermahlene Cementstücke, andererseits ein beliebiges Magermittel verwendet werden, welche zusammen vermahlen werden.“²⁹⁹

Die Vorteile lagen darin, dass die Konsumenten vor minderwertiger Ware geschützt waren, weil die gebrannten Zementstücke leicht zu erkennende Merkmale aufwiesen. Zudem konnten die nicht gemahlene Zementstücke leichter transportiert werden, da sie nicht vor Nässe geschützt werden mussten. Der dritte Vorteil war, dass die Zementstücke mit der Zeit mürbe wurden und daher leichter vermahlen werden konnten.³⁰⁰

Hans Hauenschild leistete neben den von ihm patentierten Neuerungen und des Hauenschild-Ofens weitere Beiträge für die Technik der Mörtelsubstanzen. Er entwickelte die Hauenschildsche Schwebeanalyse, die zum Nachweis von Beimengungen zum Portlandzement diente, einen Psammometer zur Ermittlung der Hohlräume von Sand und einen Apparat zur Bestimmung der Kohlensäure.³⁰¹

7.3 Schriftliche Arbeiten

Bereits in seiner Schulzeit begann Hans Hauenschilds schriftstellerische Tätigkeit, als er einigen Lehrern bei ihren Werken helfen durfte. Während seiner Studienzeit verfasste er vor allem touristische Texte, in denen er mit Vorliebe die Gegend um seinen Heimatort Windischgarsten beschrieb. Später verfasste er vor allem wissenschaftliche Arbeiten und Zeitungsartikel, die oftmals das Thema Zement in verschiedenen Facetten beinhalteten und in denen er das durch seine Forschungen und Arbeiten gewonnene Wissen dokumentierte.

7.3.1 Wissenschaftliche Arbeiten zum Thema Zement

Im Jahr 1870 schrieb Hans Hauenschild eine Abhandlung mit dem Titel *„Über hydraulische Magnesia-Kalke und deren Vorkommen und Anwendung in Österreich“*, die von seinem Mentor bei der Akademie der Wissenschaften vorgetragen wurde. Darin

²⁹⁹ Hans *Hauenschild*, Neuerungen in der Herstellung von Zementmörtel, Privileg Nr. 46/1323, 16. März 1896 (Privilegiendatenbank des Patentamts Wien)

³⁰⁰ Hans *Hauenschild*, Neuerungen in der Herstellung von Zementmörtel, Privileg Nr. 46/1323, 16. März 1896 (Privilegiendatenbank des Patentamts Wien)

³⁰¹ *Hauenschild*, Neue Aufgaben für künftige Konferenzen

erläuterte er den Unterschied zu anderen hydraulischen Kalken, die ihre Wirkung durch die Bildung von Kalk-Tonerde-Silikaten entfalteten. Dahingegen entstand die hydraulische Wirkung der Magnesia-Kalke, die aus Dolomit gewonnen wurden, durch die Ausbildung von Magnesiahydrat. Nach Hauenschild wurden die untersuchten Magnesiakalk-Sedimente in Bänken von Gletscherschlamm gefunden.³⁰²

Im Jahr 1872 wurde im „Techniker“ ein Artikel von Hans Hauenschild mit dem Titel „Ueber Dolomite und ihre praktische Verwerthung“ veröffentlicht. Er erläuterte die verschiedenen Arten von Dolomiten und wies auf die Vorzüge der Bindemittel aus diesem Gestein hin und belegte dies mit von ihm durchgeführten Festigkeitsproben.³⁰³

In seinem Vortrag „*Ueber dolomitische Cemente und ihre Bedeutung für Bauwissenschaft und Architectur*“, den er bei der Wiener Weltausstellung im Jahr 1873 hielt, erklärte er die Vorzüge des Zements aus Dolomit gegenüber Romanzement und Luftmörtel. Die Vorteile lagen laut Hauenschild darin, dass der Magnesiacement aus Dolomit beispielsweise in Stallungen oder Kanälen nicht durch das dort verstärkt vorkommende Ammoniak zerstört wird, sondern sich das Magnesiumhydroxid mit dem Ammoniak verbindet und so den Mauerfraß verhindert. Der reine Dolomitzement wiederum eignete sich aufgrund seiner weißen Farbe besonders gut für Verputzarbeiten und Flächenornamente. Die Festigkeitsproben ergaben zudem im Vergleich zum Luftmörtel eine erhöhte Festigkeit, die nur von qualitativ hochwertigen Portlandzementen übertroffen wird.³⁰⁴

Im Jahr 1877 veröffentlichte Hans Hauenschild in der „Deutschen Töpfer- und Ziegler-Zeitung“ einen ausführlichen Artikel mit dem Titel „*Studien über die Physik des Sandes*“. Darin stellte er fest, dass einige Eigenschaften des Sandes noch nicht ausführlich genug behandelt worden waren. Im Zuge der Aufstellung der Zementnormen war jedoch eine genaue Analyse des Sandes notwendig, der dem Mörtel beigemischt wurde, da dieser Sand die Qualität des Mörtels stark beeinflusste. Hauenschild schlug die Unterscheidung in Silicatsande und Carbonatsande vor und erörterte anschließend die unterschiedlichen

³⁰² Gottfried *Hauenschild*, Über hydraulische Magnesia-Kalke und deren Vorkommen und Anwendung in Österreich; In: Sitzungsberichte der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (Wien o.J.), 203-208

³⁰³ Hans *Hauenschild*, Über die Dolomite und deren praktische Verwerthung; In: Der österreichische Ökonomist (Wien 1872), 410-412, 418f, 426f.

³⁰⁴ Hans *Hauenschild*, Ueber dolomitische Cemente und ihre Bedeutung für Bauwissenschaft und Architectur; In: Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines, Heft 9 (Wien 1873)

Eigenschaften der verschiedenen Sande, verwies jedoch darauf, dass noch weitere Untersuchungen angestellt werden sollten.³⁰⁵

Im Notizblatt des „Deutschen Vereins für Fabrikation von Ziegeln, Thonwaaren, Kalk und Cement“ wurde im Jahr 1878 ein Artikel von Hans Hauenschild mit dem Titel „*Künstliche Meteoriten aus Portland-Cement*“ veröffentlicht. Beim Studium einer Sammlung von Portlandzementklinkern fielen ihm Ähnlichkeiten zur äußeren Erscheinung von Steinmeteoriten auf, die an der Oberfläche rundliche Eindrücke und dazwischen Wülste mit abgerundeten Rändern aufwiesen. Diese Oberflächenerscheinungen traten bei Meteoriten durch den Eintritt in die Erdatmosphäre auf. Beim Zementklinker entstanden diese Erscheinungen jedoch durch in den Ofen gepresste Luft, wo diese auf die weißglühende Masse trafen. Er wies daher darauf hin, dass viele Meteoriten möglicherweise nicht aus dem Weltall stammten, sondern vulkanischen Ursprungs sein könnten, da die Unterscheidung zwischen „echten“ und „unechten“ Meteoriten nur für geübte Kenner möglich wäre.³⁰⁶

In den Jahren 1879 und 1880 veröffentlichte Hans Hauenschild sein dreibändiges Buch „*Katechismus der Baumaterialien*“. Im ersten Band beschrieb er die natürlichen Bausteine sowie deren Abbau, Verarbeitung und Verwendung. Im zweiten Band widmete er sich gänzlich den Mörtelsubstanzen, die für die vorliegende Arbeit von besonderem Interesse sind. Zuerst definierte er den Begriff Mörtel und erläuterte dann die Rohmaterialien, die zur Mörtelherstellung verwendet werden konnten. In weiteren Kapiteln beschrieb er allgemein die damals gebräuchlichen Öfen, ihre Bauweise sowie die möglichen Brennmaterialien. In den darauf folgenden Abschnitten ging er näher auf die Fabrikationsweisen von Luftkalk, Wassermörtel und Portlandzement ein. Im vorletzten Kapitel beschäftigte er sich eingehend mit den Normen und der Wertbestimmung des Mörtels und Zements, bevor er im letzten Kapitel schließlich den für Mörtel wichtigen Sand beschrieb.³⁰⁷ Im dritten Band widmete er sich schließlich ganz der Ziegelfabrikation.³⁰⁸

³⁰⁵ Hans *Hauenschild*, Studien über die Physik des Sandes. Ein Beitrag zur Baumaterialienkunde; In: Friedrich *Hoffmann* (Hg.), Deutsche Töpfer- und Ziegler-Zeitung (Berlin / Halle 1877), 382, 387, 395f, 403-405.

³⁰⁶ Hans *Hauenschild*, Künstliche Meteoriten aus Portland-Cement; In: *Deutscher Verein für Ziegeln, Thonwaaren, Kalk und Cement*, Notizblatt des Deutschen Vereins für Ziegeln, Thonwaaren, Kalk und Cement (Berlin 1878)

³⁰⁷ Hans *Hauenschild*, Katechismus der Baumaterialien, Bd. 1-2 (Wien 1879)

³⁰⁸ Hans *Hauenschild*, Katechismus der Baumaterialien, Bd. 3 (Wien 1880)

In der vierten, dreizehnten und sechzehnten Ausgabe der „Deutschen Töpfer- und Ziegler-Zeitung“ aus dem Jahr 1881 veröffentlichte Hans Hauenschild einen Artikel über „*Die Kalkasche und ihre Verwerthung*“. Darin beschrieb er die Anwendungsmöglichkeiten der bei der Kalkbrennerei anfallenden Kalkasche. In größeren Städten wurde diese hauptsächlich zum Tünchen und für kleinere Ausbesserungen an Wänden verwendet. War jedoch der Absatzmarkt für diese kleineren Mengen nicht in unmittelbarer Nähe, musste die Kalkasche andere Anwendungen finden. Im Artikel erläuterte Hauenschild zunächst die Ursachen der Entstehung von Kalkasche, bevor er die genauen Anwendungsmöglichkeiten beschrieb.³⁰⁹

In der fünften Ausgabe der „Deutschen Töpfer und Ziegler-Zeitung“ vom 29. Januar 1881 schrieb Hans Hauenschild einen Artikel mit dem Titel „*Zum Unfall am Stephansturm in Wien*“. Er kommentierte darin einen Bericht aus der „Wochenschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins“, in dem die Schuld an dem Unfall dem sich ausdehnenden Zement und die Empfehlung, diesen für Hochbauten nicht zu verwenden, gegeben wurde. Hauenschild konstatierte, dass sich nach den Normen angefertigter Zement nicht ausdehnen dürfe. Beim Bau des Stephansturms wurde allerdings minderwertiger englischer Zement verwendet, der nicht die Normen erfüllte. Er verwehrt sich daher ausdrücklich gegen die Empfehlung, Zement bei Hochbauten zu meiden. Stattdessen empfahl er den Baumeistern, den auf der Baustelle verwendeten Zement sicherheitshalber auf seine Qualität zu testen.³¹⁰

Über die vier Ausgaben Nummer 23 bis 26 verteilt schrieb Hans Hauenschild über den „*hydraulischen Kalk von Lafarge du Theil*“ in Frankreich. Bereits im Jahr 1875 besichtigte er die dortigen Fabrikationsstätten und zitierte in seinem Bericht eine für die Pariser Weltausstellung im Jahr 1878 herausgegebene Broschüre. In diesem Schriftwerk wurden die Vorzüge des hydraulischen Kalks gegenüber dem Portlandzement hervorgehoben und mittels chemischer Analysen verschiedener Zemente untermauert. Hauenschild sah in dem Erfolg des hydraulischen Kalks von Lafarge du Theil einen Ansporn, entweder seine Fabrikation in Deutschland zu forcieren oder die Entwicklung des Portlandzements

³⁰⁹ Hans Hauenschild, *Die Kalkasche und ihre Verwerthung*; In: Friedrich Hoffmann (Hg.), *Deutsche Töpfer- und Ziegler-Zeitung* (Berlin/Halle 1881), 29f, 107f, 135f.

³¹⁰ Hans Hauenschild, *Zum Unfall am Stephansturm*; In: *Deutsche Töpfer- und Ziegler-Zeitung* (Berlin/Halle 1881), 40f.

voranzutreiben, damit die Nachteile gegenüber dem Kalk von Lafarge du Theil ausgemerzt werden könnten.³¹¹

Im Jahr 1882 schrieb Hans Hauenschild für die „Deutsche Töpfer- und Ziegler-Zeitung“ in der 20. Ausgabe einen Text über „*Die Zusammensetzung der Cemente unter dem Mikroskop*“. Er übersetzte dafür eine Notiz von Le Chatellier, die der Pariser Akademie am 27. März 1882 überreicht worden war. Darin wurde die Zusammensetzung der Zemente unter dem Mikroskop näher untersucht und so die verschiedenen chemischen Teile nachgewiesen.³¹²

Im selben Jahr ging Hauenschild neuerlich auf die Bestandteile der Zemente ein. Er nahm in seinem Artikel Bezug auf die „Chemiker-Zeitung“, in der über die Schädlichkeit von Kalkaluminaten im hydraulischen Mörtel berichtet worden war. Von diesem Artikel ausgehend dokumentierte er detailliert die chemischen Vorgänge bei der Zementerhärtung und die chemischen Bestandteile vor und nach dieser.³¹³

In der 42. Ausgabe der Zeitung aus dem Jahr 1883 schrieb Hans Hauenschild, der mittlerweile in Vouvry tätig war, einen Artikel über „*Die neuen Schweizer Normen für Portland-Cement und andere hydraulische Bindemittel*“. Im Zuge der „Schweizerischen Landes-Ausstellung“ in Zürich wurden die Zementnormen – wie auch jene für die anderen Baumaterialien - neu bearbeitet. Dabei wurde die Definition der Bindezeit und die Einführung des Erhärtungsbeginns des Zements als ausschlaggebendes Kriterium für die Qualität eingeführt sowie die Werte der Festigkeitsproben erhöht. In seinem Artikel beschrieb Hauenschild diese neuen Normen und die vorausgehenden Untersuchungen von verschiedenen Zementen und anderen Bindemitteln.³¹⁴

Für das „*Handbuch der Architektur*“ verfasste 1883 Hans Hauenschild einige Abschnitte. Er trug für das Buch die Kapitel „Die Baustoffe im Allgemeinen“,

³¹¹ Hans *Hauenschild*, Der hydraulische Kalk von Lafarge du Theil. Seine Fabrikation, Eigenschaften und Anwendung; In: Friedrich *Hoffmann* (Hg.), Deutsche Töpfer- und Ziegler-Zeitung (Berlin/Halle 1881), 190f, 198f, 207f, 217f.

³¹² Hans *Hauenschild*, Die Zusammensetzung der Cemente unter dem Mikroskop; In: Friedrich *Hoffmann* (Hg.), Deutsche Töpfer- und Ziegler-Zeitung (Berlin/Halle 1882), 159f.

³¹³ Hans *Hauenschild*, Die Zusammensetzung der Cemente vor und nach der Erhärtung; In: Friedrich *Hoffmann* (Hg.), Deutsche Töpfer- und Ziegler-Zeitung (Berlin/Halle 1882), 182-184, 190f, 213f.

³¹⁴ Hans *Hauenschild*, Die neuen Schweizer Normen für Portland-Cement und andere hydraulische Bindemittel; In: Friedrich *Hoffmann* (Hg.), Deutsche Töpfer- und Ziegler-Zeitung (Berlin/Halle 1883), 362f.

„Constructionsmaterialien“, in dem er über „Stein“, „Keramische Erzeugnisse“, „Die Mörtel und ihre Grundstoffe“, „Beton“ sowie „Eisen und Stahl“ schrieb, und „Materialien des Ausbaues“, in dem er über „Zink und Blei“, „Kupfer und Legierungen“, „Asphalt“ sowie „Glas“ berichtete, bei.³¹⁵

Im Jahr 1892 übersetzte Hans Hauenschild eine Veröffentlichung von Keßler, worin dieser die von ihm entwickelten Fluats erläuterte. Die Keßlerschen Fluo-Silikate, kurz als Keßlersche Fluats bezeichnet, dienten als Härtings- und Erhaltungsmittel für Baustoffe. Sie waren eine Klasse von Salzen, mit deren Salzlösung der zu erhärtende Stein getränkt wurde. Die Fluats verwandelten sich beim Erhärten in ein Gestein, das weder durch Wasser noch durch andere atmosphärische Einflüsse angegriffen werden konnte. Im Jahr 1895 überarbeitete Hans Hauenschild die Veröffentlichung von L. Keßler und fügte seine neu gewonnenen Kenntnisse hinzu. Nach seinem Tod erfolgte im Jahr 1913 eine weitere Aktualisierung.³¹⁶

7.3.2 Weitere wissenschaftliche Arbeiten

Im Jahr 1869 verfasste Gottfried Hauenschild eine geologische Arbeit über die „*Mikroskopische Untersuchung des Predazzites und Pencatites*“. Darin stellte er zunächst den aktuellen Forschungsstand über die von Granit überlagerten Kalke aus der Gegend von Predazzo in Südtirol dar, und ging danach auf seine eingehenden Analysen von Bruchstücken ein. Er kam zum Schluss, dass Predazzit und Pencatit keine Mineralien, sondern innige Gemenge von Calcit und Brucit³¹⁷ waren, sich die verschiedenen Formeln der beiden Gemenge aus der unterschiedlichen Häufigkeit des Brucits erklärten und die dunkle Färbung und Bänderung des Pencatites auf organische Masse zurückzuführen wären.³¹⁸

Im Jahr 1870 hielt Gottfried Hauenschild bei der k.k. geologischen Reichsanstalt einen Vortrag mit dem Thema „*Ueber einige Reste der Glacialperiode im Alm- und*

³¹⁵ Josef *Durm*, Hermann *Ende*, Eduard *Schmitt*, Heinrich *Wagner*, Handbuch der Architektur, Bd. 1 (Darmstadt 1883), 55-159, 179-228.

³¹⁶ *Hauenschild*, Keßlersche Fluats

³¹⁷ Brucit ($Mg(OH)_2$) ist natürliches Magnesiumhydroxid und nach dem amerikanischen Mineralogen A. Bruce benannt. (vgl. Wikipedia, Brucit; online unter <<http://de.wikipedia.org/wiki/Brucit>> (16. Mai 2008))

³¹⁸ Gottfried *Hauenschild*, Mikroskopische Untersuchung des Predazzites und Pencatites; In: Sitzungsberichte der österreichischen Akademie der Wissenschaften (Wien o.J.), 795-803.

Steyerlingthal“. Darin berichtete er über seine Untersuchungen an einigen Gesteinslagern, die seinen Analysen nach das Material für einen guten Wassermörtel lieferten. Da er Moränenreste nachweisen konnte, kam er zu dem Schluss, dass diese Lager durch ehemalige Gletscher in die Täler transportiert wurden, da.³¹⁹

Im folgenden Jahr referierte Gottfried Hauenschild über „*Die Salinar-Mulde von Windischgarsten*“. Er erläuterte in seinem Vortrag die Geologie des Windischgarstnertales und wies auf zahlreiche Spuren von Salzvorkommnissen hin. Er unterteilte diese Spuren in direkte, wo Salzvorkommen nachgewiesen wurden, und indirekte Erscheinungen, wo kalte Schwefelquellen zu Tage traten, und ging auf diese kurz ein.³²⁰

Für die 29. Ausgabe des Jahres 1881 der „*Deutschen Töpfer- und Ziegler-Zeitung*“ schrieb Hans Hauenschild einen Artikel über „*Ausschläge und Verfärbungen an Verblendern und ihre Verhütung*“. Darin beschrieb er die Ursachen, die durch Sulfatbildung zu Verfärbungen an der Oberfläche von Verblendsteinen führen konnten. Diese Ursachen lagen hauptsächlich in Fehlern bei der Produktion und konnten durch sorgfältige Fabrikation, die jedoch oftmals sehr teuer war, ausgemerzt werden. Eine weitere Möglichkeit bestand darin, die Verblendsteine mit einer Glasur zu überziehen. Die jeweils beste und kostengünstigste Variante zur Verhinderung von Verfärbungen musste jedoch vom Fabrikanten und Architekten in jedem einzelnen Fall gesondert gewählt werden.³²¹

Im selben Jahr schrieb Hauenschild einen weiteren Artikel für die „*Deutsche Töpfer- und Ziegler-Zeitung*“ mit dem Titel „*Asphalt und seine Werthbestimmung*“. Er unterschied darin zwei verschiedene Typen von Asphalt. Der Stampf-Asphalt wurde aus Kalkstein hergestellt, der mit natürlichem Erdpech durchzogen war. Dieser wurde durch Stampfen komprimiert und hauptsächlich bei Fahrstraßen verwendet. Die zweite Variante war der Guss-Asphalt, der aus natürlichem Asphalt hergestellt und meist mit Bitumen, Harzölen und Kies als Magerungsmittel vermischt wurde. Dieses Gemisch wurde geschmolzen und konnte danach in der gewünschten Dicke aufgetragen werden. Da der Asphalt jedoch sehr

³¹⁹ Gottfried *Hauenschild*, Ueber einige Reste der Glacialperiode im Alm- und Steyerlingthal; In: *Geologische Reichsanstalt*, Verhandlungen der Geologischen Reichsanstalt (Wien 1870), 61f.

³²⁰ Gottfried *Hauenschild*, Die Salinar-Mulde von Windischgarsten; In: *Geologische Reichsanstalt*, Verhandlungen der Geologischen Reichsanstalt (Wien 1871), 56-58.

³²¹ Hans *Hauenschild*, Ausschläge und Verfärbungen an Verblendern und ihre Verhütung; In: Friedrich Hoffmann (Hg.), *Deutsche Töpfer- und Ziegler-Zeitung* (Berlin/Halle 1881), 239f.

teuer war, kam es oft zu Verfälschungen weshalb Hauenschild in seinem Artikel auch noch auf die möglichen Wertbestimmungsmethoden einging.³²²

Die bayrische Landesausstellung in Nürnberg war der Anlass für einen weiteren ausführlichen Artikel von Hans Hauenschild in der „Deutschen Töpfer- und Ziegler-Zeitung“, der im Jahr 1882 erschien. In mehreren Ausgaben berichtete er vor allem von den Ausstellern aus der „Gruppe VII: Arbeiten aus Tohn“, wie Ziegelfabrikanten, Töpferwarenproduzenten, Porzellan- oder Steinzeugindustriellen.³²³

Im Artikel „*Eine Versuchsstation der Kunststeinindustrie*“ beschrieb Hans Hauenschild zunächst die Geschichte dieser Industrie und stellte anschließend die „Versuchsstation für Kunststeinindustrie“ von Monod von Froideville in Potsdam vor, in der die Fabrikation der Kunststeine gründlichen Versuchen zur Qualitätssteigerung unterzogen wurde.³²⁴

In der 43. Ausgabe des Jahres 1882 beschrieb Hauenschild nicht nur die geologische Entstehung von Schlamm und Ton, sondern zeigte auch die Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen diesen beiden Materialien auf. Seine Analysen zeigten, dass

„zwar alles das, was wir Tohn zu nennen gewohnt sind, genetisch gesprochen Schlamm ist oder gewesen ist, dass aber der Schlamm in vielen Fällen wenig oder auch gar nichts mit Tohn gemeinschaftliches hat.“³²⁵

Zur besseren Übersicht führte Hauenschild tabellarisch die chemische Zusammensetzung verschiedener Schlammbildungen an.³²⁶

³²² Hans *Hauenschild*, Asphalt und seine Werthbestimmung; In: Friedrich Hoffmann (Hg.), Deutsche Töpfer- und Ziegler-Zeitung (Berlin/Halle 1881), 401-403.

³²³ Hans *Hauenschild*, Die bayrische Landes-Industrie-, Gewerbe- und Kunst-Ausstellung in Nürnberg; In: Friedrich Hoffmann (Hg.), Deutsche Töpfer- und Ziegler-Zeitung (Berlin/Halle 1882), 239f, 247f, 279, 286f, 294f.

³²⁴ Hans *Hauenschild*, Eine Versuchsstation der Kunststeinindustrie; In: Friedrich Hoffmann (Hg.), Deutsche Töpfer- und Ziegler-Zeitung (Berlin/Halle 1882), 301f.

³²⁵ Hans *Hauenschild*, Schlamm und Tohn; In: Friedrich Hoffmann (Hg.), Deutsche Töpfer- und Ziegler-Zeitung (Berlin/Halle 1882), 342.

³²⁶ Hans *Hauenschild*, Schlamm und Tohn; In: Friedrich Hoffmann (Hg.), Deutsche Töpfer- und Ziegler-Zeitung (Berlin/Halle 1882), 341f.

Gegen Ende des Jahres 1882 verfasste Hans Hauenschild den Artikel „*Die Tohnwaarenindustrie in hygienischer Beziehung*“. Darin beschrieb er anhand der verschiedenen Gewinnungs- und Produktionsphasen des Tons die möglichen Gefahren für die Arbeiter. Während in der Gewinnungsphase hauptsächlich die Vermeidung von Arbeitsunfällen wichtig war, musste in der Produktionsphase auch sehr darauf geachtet werden, die Staub- und Gasentwicklung gering zu halten und die Arbeiter vor dem verbliebenen Staub und Gas zu schützen. In seinem Artikel beschrieb er verschiedene Maschinen und Vorgehensweisen zur Minimierung von Arbeitsunfällen.³²⁷

In seinen letzten Lebensjahren verfasste Hans Hauenschild auch noch einige wissenschaftliche Arbeiten über die Hauenschild'sche Schwebeanalyse Hydro-Kalkstein und Modellierzement³²⁸ und arbeitete an Otto Luegers Lexikon der Technik mit.³²⁹

7.3.3 Andere schriftliche Werke

Nachdem 1862 der Österreichische Alpenverein gegründet worden war, um die Kenntnis von den Alpen zu verbreiten, die Liebe zu ihnen zu fördern und ihre Bereisung zu erleichtern,³³⁰ war auch Gottfried Hauenschild mit einigen Veröffentlichungen in den Jahrbüchern des Alpenvereins tätig. 1865 veröffentlichte er im Jahrbuch des Österreichischen Alpenvereins einen Text über „*Die Kreidelucke im Kleinen Priel*“. Darin beschrieb er seine Wanderung zu der „Kreidelucke“ genannten Höhle im Massiv des Kleinen Priels, die er im September 1864 in Begleitung von einigen weiteren Wanderern unternahm. Mit Fackeln ausgestattet, hatten sie die zwischen zwei Gosauschichten liegende Höhle erkundet. In seinem Text erläuterte Hauenschild auch kurz die entdeckten geologischen Formen, wie etwa Kalksinter, und die Höhlenfauna, wie einige beispielsweise einige Alpenmolche, die in einem unterirdischen See schwammen.³³¹

³²⁷ Hans *Hauenschild*, *Die Tohnwaarenindustrie in hygienischer Beziehung*; In: Friedrich *Hoffmann* (Hg.), *Deutsche Töpfer- und Ziegler-Zeitung* (Berlin/Halle 1882), 374f, 382f, 391f.

³²⁸ Nachruf auf Hans Hauenschild in der *Thonindustriezeitung* Berlin, Juli 1901 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

³²⁹ Otto *Lueger* (Hg.), *Lexikon der gesamten Technik und ihrer Hilfswissenschaften* (Stuttgart/Wien 1894)

³³⁰ *Österreichischer Alpenverein*, *Der Oesterreichische Alpenverein – Idee und Struktur* (Innsbruck o.J.); online unter <http://www.alpenverein.at/portal/Der_Verein/Geschichte/index.php?navid=137> (02. Juni 2008)

³³¹ Gottfried *Hauenschild*, *Die Kreidelucke im Kleinen Priel*; In: Edmund von *Mojsisovics* (Hg.), *Jahrbuch des österreichischen Alpen-Vereines*, Bd. 1 (Wien 1865), 329-331.

Im Jahrbuch des österreichischen Alpenvereins aus dem Jahr 1866 verfasste Gottfried Hauenschild einen Artikel über seine „*Erinnerungen an das Warscheneck und seine Umgebung*“. In diesem Text beschrieb er das Windischgarstnertal, in dem er geboren wurde. Zunächst ging er auf die Geographie, die Berge, Täler, Bäche und Flüsse seines Heimattales ein. Durch seine im Studium der Naturwissenschaften erlernten Kenntnisse konnte er die Details der Landschaft fachkundig beschreiben und führte auch viele Fakten an, wie etwa die Höhenzahlen der Berge und Pässe. Immer wieder finden sich im Text auch Hinweise auf geologische Besonderheiten, die er mit den Fachbegriffen benennt, wodurch der Artikel nicht bloß eine reine Wanderbeschreibung darstellt.³³² Hauenschild sah sich bei seinen Landschaftsbeschreibungen in der Tradition Baedekers³³³, der in seinen Reiseführern möglichst viele Informationen über ein Gebiet, wie Verkehrswege, Geographie, Übernachtungsmöglichkeiten etc., vermitteln wollte. So merkte er in seinem Text zu den Gasthäusern im Tal an, dass Baedeker „*ihnen zweifelsohne den Sternchenorden ertheilen*“ würde.³³⁴ Im weiteren Schriftsatz beschrieb Hauenschild die sehenswerten Orte des Tales und ging auch auf die Wirtschaftsbetriebe dieser ländlichen Region ein. Auf seinen Wanderungen im Windischgarstnertal dokumentierte Hauenschild außerdem die Fauna der Region. So findet sich in seiner Abhandlung über das Warscheneck auch eine Auflistung der von ihm vorgefundenen Pflanzenarten. Neben diesen fachkundigen Informationen lieferte er aber auch zahlreiche Anekdoten und seine Eindrücke über ein vom ihm initiiertes Konzert auf dem Berg wieder.³³⁵ Den Abschluss seiner Beschreibung

³³² Gottfried *Hauenschild*, *Erinnerungen an das Warscheneck und seine Umgebung*; In: Guido von *Sommaruga* (Hg.), *Jahrbuch des österreichischen Alpen-Vereines*, Bd. 2 (Wien 1866), 182-220.

³³³ Karl Baedeker wurde am 3. November 1801 in Essen geboren. Er absolvierte eine Buchhändlerlehre und studierte anschließend Geisteswissenschaften. Im Jahr 1827 gründete er in Koblenz eine Verlagsbuchhandlung. Im Jahr 1835 brachte er den ersten Baedeker-Reiseführer „Rheinreise“ auf den Markt. In der Folge vereinbarte er mit dem englischen Verleger John Murray jun. eine gegenseitige Vertriebsvereinbarung ihrer Reisebücher. In seinen Werken legte er auf hohe Aktualität, leicht Handhabung, gute Stadtpläne, Informationen aus erster Hand wert. Seine Reiseführer sind stets in drei Teile untergliedert. Zunächst werden allgemeine Informationen zum Reisegebiet dargestellt, danach werden alle „Merkwürdigkeiten“ erläutert und zum Schluss finden sich noch praktische Hinweise für den Reisenden. Im Jahr 1846 führte er die Baedeker-Sterne als Qualitätsauszeichnung ein und band seine Büchern in markanten roten Buchdeckeln mit Goldprägung. Karl Baedeker starb am 4. Oktober 1859. (vgl. *Mairdumont GmbH & Co. KG*, *Die Baedeker-Verlagsgeschichte* (Ostfildern-Kemnat o.J.), online unter <http://www.baedeker.com/de/pdf/verlagsgeschichte_baedeker_de.pdf> (25. April 2008))

³³⁴ *Hauenschild*, *Warscheneck*, 187.

³³⁵ Im Jahr 2001 errichtete der Österreichische Alpenverein und der Heimatverein Windischgarsten an dieser Stelle ein Kleindenkmal mit der Aufschrift „Hier musizierte 1865 eine Musikkapelle zum Ruhm und zur Ehre Gottes. Hans Hauenschild entdeckte ein mehrfaches Echo. „Horch Wanderer zwischen Himmel und Erde!“ ÖAV Windischgarsten 2001. Zum 100. Todestag und 50 Jahre Errichtung des Kreuzes auf dem Warscheneck. Gewidmet vom Heimatverein Windischgarsten.“

des Tales bildet schließlich ein Gedicht seines Freundes und Heimatdichters Moser, in dem dieser wehmütig seine Heimatverbundenheit darstellt.³³⁶

Im gleichen Jahrbuch des Alpenvereins findet sich noch ein weiterer Beitrag von Gottfried Hauenschild unter dem Titel „*Weitere Beiträge zur Kenntniss der Kreidelucke im kleinen Priel*“. Darin dokumentierte er seine weiteren Erkundungen der Höhle im kleinen Priel. Bei diesen Besichtigungen vermaß er auch die Tiefe der Höhle, die er mit über 258 Klafter (in etwa 500 Meter) angab.³³⁷

Im vierten Jahrbuch des Österreichischen Alpenvereins aus dem Jahr 1868 verfasste Hauenschild einen Bericht über eine Wanderung, die ihn und einige Kollegen auf den Priel und die Spitzmauer, die er im Text als „österreichisches Matterhorn“ bezeichnete, führte. Unter den Wanderern war auch der spätere Unterrichtsminister Gustav Marchet. Im Hochsommer des Jahres 1867, am 13. August, starteten sie ihre Tour von Windischgarsten aus. Wegen einiger Schneefelder verlief die Wanderung zwar nicht reibungslos, Hauenschild schwärmte aber dennoch über der hervorragenden Aussicht von den Berggipfeln. Bei dieser Tour kaute Gottfried Hauenschild peruanische Cocablätter, deren Belebungs- und Stärkungskraft er schätzte.³³⁸

In der Zeitschrift des Deutschen Alpenvereins schrieb Hauenschild im Jahr 1871 einen Artikel, in dem er zu einem neu erschienenen Panoramabild des Zeichners J. Schauer einige Bemerkungen machte. Dazu gab er noch Informationen über mögliche Wanderungen in dem Gebiet um das Tote Gebirge an.³³⁹

Im Jahr 1872 schrieb Gottfried Hauenschild einen Artikel für den Jahresbericht des Österreichischen Touristen-Clubs in Wien mit dem Titel „*Aus dem Prielgebiete*“. Darin berichtete er zunächst über neue Höhenmessungen der drei großen Berge Warscheneck, Spitzmauer und Großer Priel, die im Zuge der Trassierung der Wels-Rottenmanner-Bahn vom Handelsministerium durchgeführt worden waren. Danach äußerte er seine Meinung zu

³³⁶ *Hauenschild*, Warscheneck, 182-220.

³³⁷ Gottfried *Hauenschild*, *Weitere Beiträge zur Kenntniss der Kreidelucke im kleinen Priel*; In: Guido von *Sommaruga* (Hg.), *Jahrbuch des österreichischen Alpen-Vereines*, Bd. 2 (Wien 1866), 358-365.

³³⁸ Gottfried *Hauenschild*, *Vom Priel auf die Spitzmauer*; In: Edmund von *Mojsisovics*, *Jahrbuch des Österreichischen Alpenvereins* (Wien 1868), 118-140.

³³⁹ Gottfried *Hauenschild*, *Bemerkungen zu J. Schauer's Prielgruppe und das Tote Gebirge vom Kasberge aus gesehen*; In: *Deutscher Alpenverein, Zeitschrift des Deutschen Alpenvereines*, Bd. 2 (München 1871)

der geplanten Errichtung eines Gipfelkreuzes auf dem Großen Priel, das seiner Meinung nach nur schwer umzusetzen wäre. Zum Schluss berichtete er noch über das Vorhaben des Deutschen Alpenvereins, der am Großen Priel eine neue Schutzhütte errichten wollte. Er argumentierte über mögliche Standorte und schlug vor, für den Bau Magnesiaement aus seiner Versuchsfabrik im Steyerlingtal zum Erzeugerpreis zu liefern.³⁴⁰

Im selben Jahr veröffentlichte er im Jahrbuch des deutschen und österreichischen Alpenvereins einen Artikel über „*Das Sensengebirge*“. Darin beschrieb er ausgiebig die Landschaft und stellte zudem einige mögliche Wandertouren vor.³⁴¹

1875 berichtete Hans Hauenschild über seine Besteigung des Grintouz (slowenisch: Grintovec) in den Steiner Alpen, die er am 9. November 1874 durchgeführt hatte. Dies war die erste Winterbesteigung dieses Berges, da damals bereits zahlreiche Schneefelder den Aufstieg erschwerten.³⁴² Sie führte ihn von Stein bei Laibach auf den Gipfel, von wo er die Aussicht genoss.³⁴³

Für die „*Neue deutsche Alpen-Zeitung*“ berichtete Hans Hauenschild im Jahr 1879 über einige Gebräuche aus den Alpenländern. In der Ausgabe vom 4. Januar schrieb er den Beitrag „*Zwischen den Rauh Nächten. Weihnachts- und Neujahrsgebräuche in Oberösterreich*“. Neben einer Erklärung des Begriffs „Rauh Nächte“, zu denen die Thomasnacht am 21. Dezember, die Heilige Nacht am 24. Dezember und die Heilige Dreikönigsnacht vor dem 6. Januar zählten, erzählte er einige Brauchtümer, wie etwa das Backen des Störibrottes, das nur zu festlichen Anlässen hergestellt wurde.³⁴⁴ In der Ausgabe vom 5. April schrieb er mit „*Die Ratschnbuab'm*“ eine Jugenderinnerung nieder, wie er zur Osterzeit mit einigen anderen Kindern die Ratschen schwingen durfte und sie sich anschließend Geschichten erzählten.³⁴⁵ Für die Ausgabe vom 7. Juni schrieb Hans

³⁴⁰ Gottfried *Hauenschild*, Aus dem Prielgebiete: In: *Österreichischer Touristenklub*, Dritter Jahresbericht des österreichischen Touristen-Club in Wien (Wien 1872), 18-23.

³⁴¹ Gottfried *Hauenschild*, Das Sensengebirge; In: Jahrbuch des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins (Wien 1872), 122-134.

³⁴² *PD Onger Trzin*, Planinsko društvo Onger Trzin (Trzin o. J.); online unter <<http://onger.org/?mode=chrono&id=245>> (03. Juni 2008) [Übersetzung: Ernst Bruckmüller]

³⁴³ Hans *Hauenschild*, Besteigung des Grintouz; In: *Österreichischer Touristenklub*, Jahrbuch des Österreichischen Touristen-Club in Wien. VI. Clubjahr (Wien 1875), 167f.

³⁴⁴ Hans *Hauenschild*, Zwischen den Rauh Nächten. Weihnachts- und Neujahrsgebräuche in Oberösterreich; In: *Neue deutsche Alpenzeitung*, Bd. 8 (Wien 1879), 4-7.

³⁴⁵ Hans *Hauenschild*, Die Ratschnbuab'm. Eine Jugend-Erinnerung aus Windisch-Garsten; In: *Neue deutsche Alpenzeitung*, Bd. 8 (Wien 1879), 157f.

Hauenschild noch einen dritten Beitrag über die alpenländischen Brauchtümer mit dem Titel „Die Bergmandln vom Warscheneck“, worin dieser den Aberglauben der „Bergmandln“ beschrieb, die einerseits närrisch sein konnten und Wanderer in die Irre führten, andererseits aber dem Wanderer, der die „richtige Bergfreudigkeit“ hatte, stets wohl gesonnen waren.³⁴⁶

Im Jahr 1881 veröffentlichte Hans Hauenschild eine Schrift mit dem Titel „Das Tabakmonopol und das Deutsche Volk“. Er vertrat in diesem Werk die Meinung, dass die Einführung eines Tabakmonopols in Deutschland sowohl für den Staat, der dadurch die Einnahmen erhöhen konnte, als auch für die Konsumenten, die eine gesicherte Qualität der Tabakwaren erwarten konnten, der beste Weg wäre. Er wog die unterschiedlichen Besteuerungsvarianten ab, rechnete die Kosten und Erträge der einzelnen Varianten gegeneinander auf und verglich die Daten mit jenen aus anderen Ländern.³⁴⁷

7.3.4 Werkverzeichnis

Da Hans Hauenschild in seinem Leben eine Vielzahl an Texten verfasste, folgt in einer Tabelle eine Übersicht der von ihm stammenden oder unter seiner Mitarbeit entstandenen Werke. Die bibliographischen Angaben zu seinen Texten sind im Literaturverzeichnis zu finden.

Jahr	Name Hauenschields	Titel
1860	Johann	Mitarbeit beim Artikel „Das Jahr und seine Tage“ von Pater Armand Baumgarten ³⁴⁸
1865	Gottfried	Die Kreidelucke im kleinen Priel
1866	”	Erinnerungen an das Warscheneck und seine Umgebung
1866	”	Weitere Beiträge zur Kenntnis der Kreidelucke im kleinen Priel
1869	”	Chemische Untersuchungen von hydraulischen Magnesia-Kalken in Österreich ³⁴⁹

³⁴⁶ Hans *Hauenschild*, Die Bergmandln vom Warscheneck; In: Neue deutsche Alpenzeitung, Bd. 8 (Wien 1879), 231-236.

³⁴⁷ Hans *Hauenschild*, Das Tabakmonopol und das deutsche Volk (Leipzig/Berlin 1881)

³⁴⁸ *Stanzel*, Hans Hauenschild, 46.

1869	''	Mikroskopische Untersuchungen des Predazzites und Pencatites
1869	''	Über hydraulische Magnesiakalke und deren Vorkommen und Anwendung in Österreich
1870	''	Ueber einige Reste der Glacialperiode im Alm- und Steyerlingthale
1871	''	Die Salinarmulde von Windischgarsten
1871	''	Aus dem Prielgebiete
1871	''	Bemerkungen zu J. Schauer's Prielgruppe und das Todte Gebirge
1872	''	Über Dolomite und ihre praktische Verwerthung
1873	Hans	Ueber dolomitische Cemente und ihre Bedeutung für Bauwissenschaft und Architectur
1875	''	Besteigung des Grintouz
1877	''	Die Cementfabriken bei Grenoble ³⁵⁰
1877	''	Studien über die Physik des Sandes
1878	''	Künstliche Meteoriten aus Portland-Cement
1879	''	Katechismus der Baumaterialien
1879	''	Zwischen den Rauh Nächten
1879	''	Die Ratschnbuab'm
1879	''	Die Bergmandln vom Warscheneck
1880-83	''	Mitarbeit bei den von Friedrich Hoffmann herausgegebenen Notizbüchern ³⁵¹
1881	''	Das Tabakmonopol und das deutsche Volk
1881	''	Die Kalkasche und ihre Verwerthung
1881	''	Zum Unfall am Stephansturm
1881	''	Der hydraulische Kalk von Lafarge du Theil
1881	''	Ausschläge und Verfärbungen an Verblendern und ihre Verhütung
1881	''	Asphalt und seine Werthbestimmung
1882	''	Die Zusammensetzung der Cemente unter dem Mikroskop

³⁴⁹ Kellner, Professbuch des Stiftes Kremsmünster, 459

³⁵⁰ Handschriftlicher Lebenslauf von Hans Hauenschild, ohne Datum (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

³⁵¹ Kellner, Professbuch des Stiftes Kremsmünster, 459

1882	”	Zusammensetzung der Cemente vor und nach der Erhärtung
1882	”	Bayrische Landes-Industrie-, Gewerbe- und Kunst-Ausstellung in Nürnberg
1882	”	Versuchsstation der Kunststeinindustrie
1882	”	Schlamm und Tohn
1882	”	Tohnwaaren-Industrie in hygienischer Beziehung
1883	”	Die neuen Schweizer Normen für Portland-Cement und andere hydraulische Bindemittel
1883	”	Mitarbeit beim „Handbuch der Architektur“
1892	”	Keßlersche Fluete
1894	”	Mitarbeit bei Otto Luegers Lexikon der gesamten Technik
	”	Genealogische Arbeiten für die Quellenwasserleitung in Wien und die Gotthardbahn ³⁵²
	”	Veröffentlichung über die Hauenschildsche Schwebeanalyse ³⁵³
	”	Veröffentlichung über Hydro-Kalkstein ³⁵⁴
	”	Veröffentlichung über Modellierzement ³⁵⁵

³⁵² *Kellner*, Professbuch des Stiftes Kremsmünster, 459

³⁵³ *Kellner*, Professbuch des Stiftes Kremsmünster, 459

³⁵⁴ *Kellner*, Professbuch des Stiftes Kremsmünster, 459

³⁵⁵ *Kellner*, Professbuch des Stiftes Kremsmünster, 459

8 Schlussbetrachtung

Über die Geschichte des Zements und die Technik seiner Herstellung wurde eine große Zahl an Werken geschrieben. In den meisten Büchern jedoch kommt der Name Hans Hauenschild nicht mehr vor, obwohl er noch zu Beginn des 20. Jahrhunderts in einer Reihe mit anderen großen Zementforschern, wie Wilhelm Michaelis und Hermann Bleibtreu genannt wurde.³⁵⁶ Es scheint fast so, als wäre die Person Hans Hauenschild in Vergessenheit geraten. Einigen Heimatforschern aus Windischgarsten ist es zu verdanken, dass seine Persönlichkeit wieder mehr ins Licht gerückt wurde. Die vorliegende Diplomarbeit leistet einen weiteren Beitrag zur Rekonstruktion seines Lebens und seiner Verdienste um die Erforschung des Zements.

Die Geschichte des Zements reicht bis in früheste Zeit zurück, doch erst im 18. Jahrhundert wurden die Eigenschaften des Zements näher untersucht. Der Engländer John Smeaton war der Erste, der systematisch analysierte, worauf dessen besondere Eigenschaften beruhten. In den folgenden Jahren machten sich vor allem englische Forscher verdient; ihre Bemühungen führten schließlich zur Erfindung des Portlandzements, der heute die meist verwendete Zementsorte darstellt.

Der Portlandzement verhalf der noch jungen Zementindustrie zu einem enormen Aufschwung, der durch den wirtschaftlichen Boom der Industrialisierung zusätzlich beflügelt wurde. In Österreich und Deutschland entstanden vor allem in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts zahlreiche Zementwerke, die den Bedarf der Bauwirtschaft stillten. Die Betriebe wurden laufend vergrößert, was auch immer wieder zu Überkapazitäten und Krisen der Zementindustrie führte. Die Zementwirtschaft konnte sich jedoch stets rasch erholen und erreichte vom Ersten bis zum Zweiten Weltkrieg eine Steigerungsrate von über hundert Prozent. Durch die Erschließung neuer Märkte konnten die Zementfabrikanten ihren Absatz bis heute immer weiter steigern, wenn auch globalisierungsbedingt die Produktion zunehmend in andere Länder verlegt wird, während die Marktkonzentration steigt.

³⁵⁶ Naske, Portland-Zement-Fabrikation, 4.

Die Technologie der Zementproduktion hat in den letzten 150 Jahren einen großen Wandel durchgemacht. Von einfachen Kalk- und Ziegelöfen, die für die Zementherstellung adaptiert wurden, entwickelte sich das Fabrikationsverfahren zu einem hoch technologisierten Prozeß. Die Entwicklung der Ofensysteme von einfachen Schachtofen, zu denen der von Hans Hauenschild erfundene Ofen zählte, bis zu komplizierten Drehrohröfen zeigt die zunehmende Technologisierung besonders deutlich, doch auch in anderen Bereichen der Zementproduktion wurden zahlreiche neue Erfindungen gemacht, die die Fabrikation vereinfachten und die Qualität des Produktes steigerten.

Diese Qualität wurde vor allem durch die Aufstellung der Zementnormen in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts gesichert. Zahlreiche Zementforscher, darunter auch Hans Hauenschild, beschäftigten sich mit der Wertbestimmung der Zemente, da minderwertige Qualität immer wieder zu Unfällen führte.

Hans Hauenschild war in all den genannten Bereichen tätig. Durch die Errichtung von zahlreichen Zementwerken half er mit, die wirtschaftliche Entwicklung der Industrie voranzutreiben. Zudem vergrößerte er durch seine zahlreichen Reisen nicht nur sein eigenes Wissen über Zement und dessen Produktion, sondern verbreitete die neu gewonnenen Kenntnisse zugleich in Europa. Seine Fahrten führten ihn in die Länder Österreich-Ungarn, Deutschland, Russland und Frankreich, deren Staatsfläche Kontinentaleuropa damals beinahe gänzlich bedeckte. Seine Tätigkeit in den Zementwerken führte zu zahlreichen Verbesserungen in der Produktion. Nachdem er bereits in seiner Studienzeit einen neuen Mörtel patentiert hatte, meldete er noch drei weitere Patente an, die Weiterentwicklungen der Zementherstellung betrafen. Das bedeutendste Patent ist der von ihm erfundene „Schachtofen zum kontinuierlichen Brennen von Portlandzement“. Auch wenn sich sein Modell letztendlich nicht durchsetzte, war es ein weiterer wichtiger Schritt in der Entwicklung der Ofensysteme. Erst mit den leichten Adaptierungen von Schneider fand der Ofen eine weitere Verbreitung. Neben dem Hauenschild-Ofen und seinen anderen Patenten, entwickelte er die Hauenschildsche Schwebeanalyse, einen Psammometer und einen Apparat zur Bestimmung der Kohlensäure.

Bei der Aufstellung der ersten Zementnormen wurde Hans Hauenschild in zahlreiche Kommissionen berufen. Bereits in seiner Zeit als Fabriksdirektor in Trifail beschäftigte er sich mit geologischen Untersuchungen und gründete daraufhin in Wien die

„Versuchsstation für Baumaterialien“, die das erste derartige Fachinstitut in Österreich darstellte.

Neben diesen praktischen Tätigkeiten verfasste Hans Hauenschild mehrere Artikel und Bücher zum Thema Zement. Sein wichtigstes Buch war der „Katechismus der Baumaterialien“, in dem er sein gesammeltes Wissen niederschrieb, doch auch im „Handbuch der Architektur“ erläuterte er ausgiebig die verschiedenen Baustoffe. Seine Arbeiten beschränkten sich jedoch keineswegs nur auf die Erforschung des Zements, denn seine Interessen lagen im gesamten Bereich der Bauindustrie, so schrieb er auch Artikel über Kunststeine, Asphalt und Ton. Zudem verfasste er einige geologische Arbeiten und wurde aufgrund dieser Kenntnisse auch in die Baumaterialienkommission der Wiener Hochquellenleitung berufen.

Wie sein Berufsleben war auch das Privatleben von Hans Hauenschild sehr bewegt. Nach seiner Ausbildung im Stiftsgymnasium Kremsmünster trat er dem Benediktinerstift bei und studierte Theologie. In seiner Schulzeit hatte er jedoch seine Liebe zu den Naturwissenschaften entdeckt und vergrößerte sein Wissen in diesem Bereich durch das Studium in Wien. Damals lernte er auch Maria Wittmann kennen und verliebte sich in sie. Mit der Geburt des ersten Sohnes wurde das Klosterleben für ihn immer unerträglicher. Daher entschloss er sich, aus dem Kloster und der katholischen Kirche auszutreten und nahm gemeinsam mit seiner Freundin den evangelischen Glauben an und ehelichte sie kurz darauf. Ehemalige katholische Geistliche durften jedoch zur damaligen Zeit nicht heiraten, woraufhin Hauenschilds Ehe nach langem Rechtsstreit annulliert wurde. Dies veranlasste ihn zur Emigration nach Deutschland, wo er sich in Berlin niederließ. Obwohl sie zeitweilig einer sehr unsicheren Lage lebten, brachte seine Gattin insgesamt zwölf Kinder zur Welt, von denen drei bereits in früher Kindheit starben.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass Hans Hauenschild stets bemüht war, Unversuchtes zu versuchen und Unerforschtes zu erforschen. Dabei lieferte er wichtige Erkenntnisse, ohne die die derzeitige Zementforschung möglicherweise nicht dort wäre, wo sie heute ist, die aber nach seinem Tod langsam in Vergessenheit gerieten. Die vorliegende Diplomarbeit beleuchtet nicht nur neue Aspekte des Lebens von Hans Hauenschild, sondern bietet auch zahlreiche Anknüpfungspunkte für weitere Recherchen.

Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Brenngutreaktionen und Mineralneubildungen in einem Drehofen.....	7
Abbildung 2: Steigerung der Weltzementproduktion 1880-1938.....	29
Abbildung 3: Entwicklung der Weltzementproduktion nach dem 2. Weltkrieg.....	31
Abbildung 4: Zementproduktion 2002 nach Weltregionen.....	31
Abbildung 5: Divergenz zwischen Produktionskapazität und Absatz.....	38
Abbildung 6: Zementversand in Deutschland von 1980 bis 2006.....	40
Abbildung 7: Aktuelle Karte der Zementindustriestandorte in Österreich.....	52
Abbildung 8: Schematische Darstellung des Zementherstellungsprozesses.....	55
Abbildung 9: Schema eines periodischen Schachtofens.....	59
Abbildung 10: Schema des Etagenofens von Dietzsch.....	60
Abbildung 11: Schema eines „Aalborg-Ofens“.....	62
Abbildung 12: Schema eines automatischen Schachtofens.....	64
Abbildung 13: Schema eines Ringofens mit 16 Kammern.....	66
Abbildung 14: Schema eines Ransome-Ofens.....	67
Abbildung 15: Schema eines Lepolofens.....	71
Abbildung 16: Schema einer Drehofenanlage mit Zyklonvorwärmer und Calcinator.....	73
Abbildung 17: Schema der verschiedenen Kühler.....	75
Abbildung 18: Schema einer Kugelmühle.....	76
Abbildung 19: Schema einer Gutbett-Walzenmühle.....	77
Abbildung 20: Schema einer Vertikal-Wälzmühle.....	77
Abbildung 21: Entwicklung von Zementprüfungen.....	81
Abbildung 22: Entwicklung der Kennzahlen zur Zementqualität.....	86
Abbildung 23: Chronogramm zur Primiz von Hans Hauenschild.....	91
Abbildung 24: Querschema des Ringofens nach den Entwürfen von Hans Hauenschild..	100
Abbildung 25: Werbeinserat des Laboratoriums der Deutschen Töpfer- und Ziegler-Zeitung	104
Abbildung 26: Schema der Rollkörperperformungsmaschine.....	105
Abbildung 27: Schema des Hauenschild-Ofens.....	107
Tabelle 1: Normzemente nach der europäischen Norm.....	11
Tabelle 2: Analyse des Portlandzement 1849.....	27
Tabelle 3: Steigerung der Weltzementproduktion bis zum 2. Weltkrieg.....	29
Tabelle 4: Zementproduktion 1926 nach Erdteilen.....	30
Tabelle 5: Fabriksanzahl des Vereins deutscher Portland-Zementfabrikanten, deren Versand und Produktionsfähigkeit.....	37
Tabelle 6: Produktionsanstieg in der Romanzementfabrik Franz Kink.....	42
Tabelle 7: Verteilung der Zementwerke in Alt-Österreich.....	46
Tabelle 8: Leistungssteigerung der alt-österreichischen Zementindustrie bis 1913.....	47
Tabelle 9: Zementfabriksgründungen in Österreich bis 1909.....	49
Tabelle 10: Genehmigte Ofenanlagen in Deutschland (für 1970 und 1982 alte Bundesländer).....	74
Tabelle 11: Entwicklung der Normen zur Mahlfeinheit von 1878 bis 1942 (höchster Rückstand auf Maschen je cm ²).....	84
Tabelle 12: Entwicklung der Normen zur Festigkeit von 1878 bis 1942 (in kg/cm ² für gewöhnliche Zemente).....	84
Tabelle 13: Mindestfestigkeitswerte der österreichischen Zemente nach ÖNORM B 3310	85

Literaturverzeichnis

- Ernst *Ahammer*, Technischer und wirtschaftlicher Stand der österreichischen Zementindustrie (Dipl. Wien 1970)
- Hiltraud *Ast*, Die Kalkbrenner am Ostrand der Alpen; In: Beiträge zur Volkskunde, Wirtschafts- und Sozialgeschichte Niederösterreichs, Bd. 9 (Augsburg 1977)
- Armin *Brameshuber*, Die österreichische Zementindustrie (Wien 1953)
- Brockhaus – Die Enzyklopädie: in 24 Bänden, Bd. 24 (Leipzig/Mannheim ²⁰1999)
- Peter *Crampton*, The Cement Industry – Globalization Trends (Dipl. Wien 2003)
- Josef *Durm*, Hermann *Ende*, Eduard *Schmitt*, Heinrich *Wagner*, Handbuch der Architektur, Bd. 1 (Darmstadt 1883)
- Martin *Ernstbrunner*, Die österreichische Kalk- und Zementindustrie angesichts der Liberalisierung der Märkte: Eine wirtschaftsgeographische Studie unter Berücksichtigung der Verarbeitungszweige Transportbeton- und Fertigputzindustrie (Dipl. Wien 1999)
- A.J. *Francis*, The Cement Industry 1796-1914: A history (Newton Abbot London / North Pomfret / Vancouver 1977)
- Julius *Glaser*, Joseph *Unger*, Joseph *von Walther* (Hg.), Sammlung von Civilrechtlichen Entscheidungen des k.k. obersten Gerichtshofes (Wien 1884)
- Fred P. *Glasser*, Fundamentals of cement chemistry: The clinkering process; In: Jan *Skalny*, Cement production and use (o.O. 1979)
- Richard *Grün*, Der Zement. Herstellung, Eigenschaften und Verwendung (Berlin 1927)
- Gustav *Haegermann*, Vom Caementum zum Spannbeton (Wiesbaden 1964)
- Franz *Harder*, Werden und Wandern unserer Wörter. Etymologische Plaudereien (Berlin 1911)
- Fritz *Hauenschild*, Neue Aufgaben für künftige Konferenzen. Eine Erinnerung an Prof. Hans Hauenschild; In: Baumaterialienkunde, Heft 8 (Freiburg / Baden 1902)
- Gottfried *Hauenschild*, Die Kreidelucke im Kleinen Priel; In: Edmund *von Mojsisovics* (Hg.), Jahrbuch des österreichischen Alpen-Vereines, Bd. 1 (Wien 1865)
- Gottfried *Hauenschild*, Erinnerungen an das Warscheneck und seine Umgebung; In: Guido *von Sommaruga* (Hg.), Jahrbuch des österreichischen Alpen-Vereines, Bd. 2 (Wien 1866)

- Gottfried *Hauenschild*, Weitere Beiträge zur Kenntniss der Kreidelucke im kleinen Priel; In: Guido von *Sommaruga* (Hg.), Jahrbuch des österreichischen Alpen-Vereines, Bd. 2 (Wien 1866)
- Gottfried *Hauenschild*, Vom Priel auf die Spitzmauer; In: Edmund von *Mojsisovics*, Jahrbuch des Österreichischen Alpenvereines (Wien 1868)
- Gottfried *Hauenschild*, Ueber einige Reste der Glacialperiode im Alm- und Steyerlingthal; In: *Geologische Reichsanstalt*, Verhandlungen der Geologischen Reichsanstalt (Wien 1870)
- Gottfried *Hauenschild*, Bemerkungen zu J. Schauer's Prielgruppe und das Todte Gebirge vom Kasberge aus gesehen; In: Deutscher Alpenverein, Zeitschrift des Deutschen Alpenvereines, Bd. 2 (München 1871)
- Gottfried *Hauenschild*, Die Salinar-Mulde von Windischgarsten; In: *Geologische Reichsanstalt*, Verhandlungen der Geologischen Reichsanstalt (Wien 1871)
- Gottfried *Hauenschild*, Aus dem Prielgebiete; In: *Österreichischer Touristenklub*, Dritter Jahresbericht des österreichischen Touristen-Club in Wien (Wien 1872)
- Gottfried *Hauenschild*, Das Sensesgebirge; In: Jahrbuch des Deutschen und Österreichischen Alpen-Vereines (Wien 1872)
- Gottfried *Hauenschild*, Über hydraulische Magnesia-Kalke und deren Vorkommen und Anwendung in Österreich (Wien o.J.); In: Sitzungsberichte der Österreichischen Akademie der Wissenschaften
- Gottfried *Hauenschild*, Mikroskopische Untersuchung des Predazzites und Pencatites; In: Sitzungsberichte der österreichischen Akademie der Wissenschaften (Wien o.J.)
- Hans *Hauenschild*, Über die Dolomite und deren praktische Verwerthung; In: Der österreichische Ökonomist (Wien 1872)
- Hans *Hauenschild*, Ueber dolomitische Cemente und ihre Bedeutung für Bauwissenschaft und Architectur; In: Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines, Heft 9 (Wien 1873)
- Hans *Hauenschild*, Besteigung des Grintouz; In: *Österreichischer Touristenklub*, Jahrbuch des Österreichischen Touristen-Club in Wien. VI. Clubjahr (Wien 1875)
- Hans *Hauenschild*, Studien über die Physik des Sandes. Ein Beitrag zur Baumaterialienkunde; In: Friedrich *Hoffmann* (Hg.), Deutsche Töpfer- und Ziegler-Zeitung (Berlin / Halle 1877)
- Hans *Hauenschild*, Künstliche Meteoriten aus Portland-Cement; In: *Deutscher Verein für Ziegeln, Thonwaaren, Kalk und Cement*, Notizblatt des Deutschen Vereins für Ziegeln, Thonwaaren, Kalk und Cement (Berlin 1878)

- Hans *Hauenschild*, Zwischen den Rauhächten. Weihnachts- und Neujahrsgebräuche in Oberösterreich; In: Neue deutsche Alpenzeitung, Bd. 8 (Wien 1879)
- Hans *Hauenschild*, Die Ratschnbuab'm. Eine Jugend-Erinnerung aus Windisch-Garsten; In: Neue deutsche Alpenzeitung, Bd. 8 (Wien 1879)
- Hans *Hauenschild*, Die Bergmandln vom Warscheneck; In: Neue deutsche Alpenzeitung, Bd. 8 (Wien 1879)
- Hans *Hauenschild*, Katechismus der Baumaterialien, Bd. 1-2 (Wien 1879)
- Hans *Hauenschild*, Katechismus der Baumaterialien, Bd. 3 (Wien 1880)
- Hans *Hauenschild*, Das Tabakmonopol und das deutsche Volk (Leipzig/Berlin 1881)
- Hans *Hauenschild*, Die Kalkasche und ihre Verwerthung; In: Friedrich Hoffmann (Hg.), Deutsche Töpfer- und Ziegler-Zeitung (Berlin/Halle 1881)
- Hans *Hauenschild*, Zum Unfall am Stephansturm; In: Deutsche Töpfer- und Ziegler-Zeitung (Berlin/Halle 1881)
- Hans *Hauenschild*, Der hydraulische Kalk von Lafarge du Theil. Seine Fabrikation, Eigenschaften und Anwendung; In: Friedrich *Hoffmann* (Hg.), Deutsche Töpfer- und Ziegler-Zeitung (Berlin/Halle 1881)
- Hans *Hauenschild*, Ausschläge und Verfärbungen an Verblendern und ihre Verhütung; In: Friedrich Hoffmann (Hg.), Deutsche Töpfer- und Ziegler-Zeitung (Berlin/Halle 1881)
- Hans *Hauenschild*, Asphalt und seine Werthbestimmung; In: Friedrich Hoffmann (Hg.), Deutsche Töpfer- und Ziegler-Zeitung (Berlin/Halle 1881)
- Hans *Hauenschild*, Die bayrische Landes-Industrie-, Gewerbe- und Kunst-Ausstellung in Nürnberg; In: Friedrich *Hoffmann* (Hg.), Deutsche Töpfer- und Ziegler-Zeitung (Berlin/Halle 1882)
- Hans *Hauenschild*, Eine Versuchsstation der Kunststeinindustrie; In: Friedrich Hoffmann (Hg.), Deutsche Töpfer- und Ziegler-Zeitung (Berlin/Halle 1882)
- Hans *Hauenschild*, Schlamm und Tohn; In: Friedrich *Hoffmann* (Hg.), Deutsche Töpfer- und Ziegler-Zeitung (Berlin/Halle 1882)
- Hans *Hauenschild*, Die Tohnwaarenindustrie in hygienischer Beziehung; In: Friedrich *Hoffmann* (Hg.), Deutsche Töpfer- und Ziegler-Zeitung (Berlin/Halle 1882)
- Hans *Hauenschild*, Die Zusammensetzung der Cemente unter dem Mikroskop; In: Friedrich *Hoffmann* (Hg.), Deutsche Töpfer- und Ziegler-Zeitung (Berlin/Halle 1882)
- Hans *Hauenschild*, Die Zusammensetzung der Cemente vor und nach der Erhärtung; In: Friedrich *Hoffmann* (Hg.), Deutsche Töpfer- und Ziegler-Zeitung (Berlin/Halle 1882)

- Hans *Hauenschild*, Die neuen Schweizer Normen für Portland-Cement und andere hydraulische Bindemittel; In: Friedrich *Hoffmann* (Hg.), Deutsche Töpfer- und Ziegler-Zeitung (Berlin/Halle 1883)
- Hans *Hauenschild*, Keßlersche Fluats. Bewährte Mittel zur Härtung und Erhaltung von weichen Kalksteinen, Sandsteinen, Mörtel, Zementwaren, Kunststeinen und Gips (Berlin 1913)
- Edmund *Heusinger von Waldegg*, Die Kalkbrennerei und Cementfabrikation mit Anhang über die Fabrikation der Kalksandsteine (Leipzig 1903)
- Friedrich *Hoffmann* (Hg.), Deutsche Töpfer- und Ziegler-Zeitung (Berlin/Halle 1881)
- M. C. *Howatson*, Reclams Lexikon der Antike (Stuttgart 1996)
- Franz *Huber*, 100 Jahre Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie 1894 - 1994 (Wien 1994)
- Matthias *Kail*, Zementherstellung. Ein terminologischer Abriss (Dipl. Wien 2003)
- Joseph *Keith*, Das Schwarzmehlverfahren im Schachtofen. Zur Betriebseröffnung der M. M. Portland-Zementfabrik in Peggau (Steiermark); In: Allgemeine Bauzeitung (Juli 1961)
- Altman *Kellner*, Profeßbuch des Stiftes Kremsmünster (Kremsmünster 1968)
- Walther *Killy*, Deutsche Biographische Enzyklopädie, Bd. 1 (München/New Providence/London/Paris 1995)
- Ursula *Klingebiel*, Der westdeutsche Zementmarkt. Eine Untersuchung der Marktstruktur, zugleich ein Beitrag zur Analyse der Kartellierungsbestrebungen in der Zement-Industrie der Bundesrepublik Deutschland (Diss. Marburg 1960)
- Volker *Koch*, Die Tiroler Zementindustrie (Innsbruck 1972)
- Franz *Kölblinger*, Darstellung der wirtschaftlichen und technologischen Entwicklung der Zementindustrie – unter besonderer Berücksichtigung der Gmundner Zementwerke Hans Hatschek Aktiengesellschaft (Dipl. Wien 1983)
- Heinz Otto *Lamprecht*, Opus caementitium. Wie die Römer bauten (Düsseldorf 1968)
- Heinz Otto *Lamprecht*, Opus Caementitium. Bautechnik der Römer (Düsseldorf 1993)
- Friedrich Wilhelm *Locher*, Zement. Grundlagen der Herstellung und Verwendung (Düsseldorf 2000)
- Otto *Lueger* (Hg.), Lexikon der gesamten Technik und ihrer Hilfswissenschaften (Stuttgart/Wien 1894)

- Ernst *Madelung*, Die Entwicklung der Deutschen Portland-Zement-Industrie von ihren Anfänge bis zur Gegenwart mit besonderer Berücksichtigung der Kartelle (München / Leipzig 1913)
- Herbert *Matis*, Dieter *Stiefel*, „Mit der vereinigten Kraft des Capitals, des Credits und der Technik...“. Die Geschichte des österreichischen Bauwesens am Beispiel der Allgemeinen Baugesellschaft – A. Porr Aktiengesellschaft, Bd. 1 (Wien / Köln / Weimar 1994)
- Carl *Naske*, Die Portland-Zement-Fabrikation. Ein Handbuch für Ingenieure und Zementfabrikanten (Leipzig 1909)
- Nikolaus *Pongracz*, Die Familie Kink. Aufstieg einer Wiener Großbürgerfamilie (Dipl. Wien 1994)
- Friedrich *Quietmeyer*, Zur Geschichte der Erfindung des Portlandzementes (Diss. Berlin 1911)
- Friedrich *Quietmeyer*, Die Mörtelkunde von ihren ersten Anfängen bis zur zielbewussten Herstellung des Portlandzements; In: Peter Hans *Riepert*, Die deutsche Zement-Industrie (Charlottenburg 1927)
- Gerhard *Raffel*, Hundert Jahre Perlmooser Zementwerke A. G. 1872 – 1972 (Wien 1972)
- Franz *Reber*, Vitruv. De architectura libri decem (Wiesbaden 2004)
- Peter Hans *Riepert*, Die Deutsche Zement Industrie (Charlottenburg 1927)
- Josef *Schey*, Rudolf *Hermann* (Hg.), Das Allgemeine bürgerliche Gesetzbuch (Wien 1936)
- Josef *Schmid*, Zement in der Weltwirtschaft (Diss. Wien 1949)
- Otto *Schönberger* (Hg.), Marcus Porcius Cato. Vom Landbau. Fragmente (Düsseldorf / Zürich 2000)
- Friedrich *Schott*, Die Entwicklung der Fabrikation in Deutschland; In: Peter Hans *Riepert*, Die Deutsche Zement Industrie (Charlottenburg 1927)
- Jan *Skalny*, Cement production and use (o.O. 1979)
- Graham *Speake* (Hg.), A Dictionary of Ancient History (Cambridge/Oxford 1994)
- Rudolf *Stanzel*, Jörg *Strohmann*, Julius Konrad *Trenkler*, Hans Hauenschild. Windischgarstens vergessener Sohn. Leben und Werk; Gedenkschrift zum 100. Todestag von Hans Hauenschild (Windischgarsten 2001)
- Jochen *Stark*, Bernd *Wicht*, Geschichte der Baustoffe (Wiesbaden / Berlin 1998)
- Jochen *Stark*, Bernd *Wicht*, Zement und Kalk. Der Baustoff als Werkstoff (Basel 2000)

J. M. *Stowasser*, M. *Petschenig*, F. *Skutsch*, Stowasser. Lateinisch-deutsches Schulwörterbuch (München 1994)

Wolfgang *Stütz*, Die österreichische Zementindustrie unter dem Blickwinkel der Energiesparung und dem Umweltschutz (Dipl. Wien 1993)

Max *Thury*, Die österreichische Cement-Industrie; In: Die Groß-Industrie Österreichs. Festgabe zum glorreichen fünfzigjährigen Regierungs-Jubiläum seiner Majestät des Kaisers Franz Josef I., Bd. 2 (Wien 1898)

Joseph *Unger*, Priesterehen und Mönchsehen (Jena 1910)

Verein *Deutscher Zementwerke e.V.*, Zement Taschenbuch 2002 (Düsseldorf 2002)

Albert *Wolfram*, Die Problematik der Unternehmensgröße im industriellen Bereich – mit einem Beispiel aus der Zement erzeugenden Industrie (Diss. Wien 1974)

Quellen

Zeugnis der Hauptschule Kremsmünster vom 29. September 1853 (Privatbesitz Rudolf Stanzel)

Taufschein von Joannes Hauenschild, ausgestellt am 9. Oktober 1855 (Stiftsarchiv Kremsmünster)

Brief des Abtes von Kremsmünster an Pfarrer Josef Thaller vom 14. August 1858 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

Armutszeugnis vom 18. November 1861 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

Gymnasialzeugnis der 8. Klasse, erstes Semester von Johann Hauenschild vom 14. Februar 1863 (Stiftsarchiv Kremsmünster)

Maturazeugnis von Johann Hauenschild, ohne Datum (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

Brief des Kooperators Oberleitner an Hauenschild, ohne Datum (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

Chronogramm zur Primiz von Gottfried Hauenschild, ohne Datum (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

Ludwig *Zeitlinger*, Beschreibung des von Ludwig Zeitlinger, Sensengewerke zu Leonstein, entdeckten neuen Wassermörtels (Magnesia-Cement), Privileg Nr. 2091, 23. Februar 1870 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

Brief von Hauenschild an Maria Wittmann, 1870 (Privatbesitz Rudolf Stanzel)

Brief von Hauenschild an Maria Wittmann, 22. August 1871 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

Brief von Hauenschild an den Abt des Stifts Kremsmünster, 23. März 1872 (Stiftsarchiv Kremsmünster)

Brief von Hauenschild an Richard Jordan, 10. April 1876 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

Gewerbeschein, ausgestellt vom Magistrat der Stadt Wien am 24. Mai 1879 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

Programm der Versuchsstation für Baumaterialien, Anlage zum Gewerbeschein, ausgestellt vom Magistrat der Stadt Wien am 24. Mai 1879 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

Brief des Rektors der Technischen Universität Wien an Hauenschild, 6. April 1880 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

Zeugnis von der I. Österr. Baugewerksschule in Wien, 15. August 1880 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

Brief von Hauenschild an Gustav Marchet, 1880 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

Naturalisationsurkunde des königlichen Polizei-Präsidenten von Berlin, 9. Mai 1881 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

Albert *Fleiner*, Hans *Hauenschild*, Albert *Bauermeister*, Neuerungen in der Fabrikation von künstlichem Portlandzement, Privileg Nr. 2035, 11. September 1888 (Privilegiendatenbank des Patentamts Wien)

Hans *Hauenschild*, Schachtofen zum kontinuierlichen Brennen von Portlandzement mit Darreinrichtung, 8. November 1889 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

Hans *Hauenschild*, Schachtofen zum kontinuierlichen Brennen von Portlandzement mit Darreinrichtung, Privileg Nr. 43064, 9. Juli 1890 (Privilegiendatenbank des Patentamts Wien)

Brief von Hauenschild an seine Gattin Maria, 13. September 1890 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

Brief von Hauenschild an seine Gattin Maria, 13. September 1892 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

Brief von Hauenschild an seine Familie, 27. Mai 1893 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

Brief von Hauenschild an seine Familie, 06. Oktober 1893 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

Brief von Hauenschild an seine Gattin Maria, 07. Juli 1896 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

Hans *Hauenschild*, Neuerungen in der Herstellung von Zementmörtel, Privileg Nr. 46/1323, 16. März 1896 (Privilegiendatenbank des Patentamts Wien)

Handschriftlicher Lebenslauf von Hans Hauenschild, ohne Datum (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

Nachruf auf Hans Hauenschild in der Thonindustriezeitung Berlin, Juli 1901 (Privatarchiv Rudolf Stanzel)

Häuserchronik des Marktes Windischgarsten (HNr. 104) von Bürgermeister Franz Schröckenfux (Windischgarsten 1916)

Häuserchronik des Marktes Windischgarsten (HNr. 106) von Bürgermeister Franz Schröckenfux (Windischgarsten 1916)

Abschrift der Trauungsurkunde Nr. 140/1872 des evangelischen Pfarramtes Wien I, 23. Oktober 1941

Internetquellen

aeiou Österreich-Lexikon, Peutingersche Tafel; online unter <http://aeiou.iicm.tugraz.at/aeiou.encyclp.p/p300613.htm> (29. Mai 2008)

Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V., BDZ: Tabellen - Anzahl und Kapazität der Öfen mit Betriebsgenehmigung (Berlin 2008), online unter <http://www.bdzement.de/550.html?tab=Ofenkapazitaet> (30. März 2008)

CEMBUREAU, Total World Cement 1913 2006 (Brüssel 2006) (E-Mail-Auskunft vom 12. März 2008)

HeidelbergCement AG, Zemente und ihre Herstellung (Heidelberg o.J.), online unter http://www.heidelbergcement.com/NR/rdonlyres/D237DDCA-8358-4508-AC83-4A20FF74F609/0/B1_Zemente_und_ihre_Herstellung.pdf (10. April 2008)

Jacob *Grimm*, Wilhelm *Grimm*, Deutsches Wörterbuch (Leipzig 1854-1960); online unter <http://germazope.uni-trier.de/Projects/WBB/woerterbuecher/dwb/wbgui?mode=hierarchy&textsize=600&le mid=GM00881> (29. Mai 2008)

Franz R. *Koubowetz*, Die neue Zementnorm (ÖNORM EN 197-1) (Wien 2001); online unter http://www.zement.at/file_upl/Neue_Normen03a.pdf (04. Juni 2008)

Walter *Lorenz*, Werner *Gwosdz*, Trends in der Zementindustrie (Hannover 2001), online unter http://www.bgr.bund.de/cln_011/nn_322882/DE/Allgemeines/Z6/Downloads/Commodity_Top_News/Rohstoffwirtschaft/15_zementindustrie,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/15_zementindustrie.pdf (03. April 2008)

Mairdumont GmbH & Co. KG, Die Baedeker-Verlagsgeschichte (Ostfildern-Kemnat o.J.), online unter http://www.baedeker.com/de/pdf/verlagsgeschichte_baedeker_de.pdf (25. April 2008)

Elmar *Oberegger*, Basis-Informationen zur Geschichte der Pyhrn-Bahn; online unter <http://members.a1.net/otob/pyhrnbahnmuseum/1basis.htm> (29. Mai 2008)

ON Österreichisches Normungsinstitut, Geschichte des ON (Wien 2008), online unter <http://www.on-norm.at/publish/on_geschichte.html> (05. April 2008)

Österreichischer Alpenverein, Der Oesterreichische Alpenverein – Idee und Struktur (Innsbruck o.J.); online unter <http://www.alpenverein.at/portal/Der_Verein/Geschichte/index.php?navid=137> (02. Juni 2008)

PD Onger Trzin, Planinsko društvo Onger Trzin (Trzin o. J.); online unter <<http://onger.org/?mode=chrono&id=245>> (03. Juni 2008) [Übersetzung: Ernst Bruckmüller]

Stefan Schorn, Mineralienatlas Lexikon – Septarie (Vaterstetten 2007), online unter <<http://www.mineralienatlas.de/lexikon/index.php/Septarie>> (30. April 2008)

Ingo Selent, Historische Baustoffe (2005), online unter <<http://www.historische-baustoffe-selent.de/lexikon/k/>> (11. April 2008)

Wikipedia, Brucit; online unter <<http://de.wikipedia.org/wiki/Brucit>> (16. Mai 2008)

Zement + Beton Handels- und Werbeges.m.b.H., VÖZ – Jahresbilanz 1999 (Wien 2006), online unter <<http://www.zement.at/page.asp?c=188>> (17. März 2008)

Zement + Beton Handels- und Werbeges.m.b.H., Presseinformation 1. Februar 2008 (Wien 2008), online unter >http://www.zementindustrie.at/file_upl/pa_neue_verbandsspitze010208.pdf> (17. März 2008)

Zement + Beton Handels- und Werbeges.m.b.H., VÖZ – Werke: Karte (Wien 2006), online unter <<http://www.zement.at/werkekarte.asp>> (17. März 2008)

Zement + Beton Handels- und Werbeges.m.b.H., VÖZ - Zementindustrie (Wien 2006), online unter <<http://www.zement.at/page.asp?c=55&stat=bdb>> (17. März 2008)

Anhang

Abstract (Deutsch)

Die Geschichte des Zements wurde bereits in zahlreichen Werken behandelt. In den meisten dieser Bücher fehlt jedoch der Name Hans Hauenschild, der von seinen Zeitgenossen als bedeutender Zementforscher gewürdigt wurde. Er war im 19. Jahrhundert ein wichtiger Wissenschaftler, der sich mit dem Thema Zement in verschiedenen Bereichen beschäftigte. Die gegenständliche Diplomarbeit befasst sich mit der Fragestellung, welche Leistungen Hans Hauenschild für die Zementindustrie und -forschung erbrachte.

Hans Hauenschild wurde am 14. August 1842 als Sohn des bürgerlichen Färbermeisters Johann Hauenschild in Windischgarsten geboren. Nach seiner Schulzeit im Stiftsgymnasium Kremsmünster trat er als Novize in das Stift ein, studierte zunächst Theologie in St. Florian und wurde schließlich zum Priester geweiht. Anschließend studierte er in Wien Naturwissenschaften und Mathematik. Während seiner Studienzeit lernte er seine zukünftige Frau Maria Wittmann kennen, wegen der er aus dem Stift austrat, um sie heiraten zu können.

Noch während seiner Studienzeit in Wien errichtete er in Oberösterreich eine Zementversuchsfabrik. Danach leitete er ein Zementwerk in Mödling, bevor er in Trifail beim Bau einer weiteren Fabrik mithalf. Nebenbei beschäftigte er sich intensiv mit Geologie und der Zusammensetzung der Zemente. Dieses Wissen veranlasste ihn im Jahr 1878 in Wien eine Versuchsstation für Baumaterialien zu gründen. Aufgrund seiner Kenntnisse war er auch bei der Aufstellung der ersten Zementnormen tätig. Im Jahr 1881 emigrierte er wegen der Annullierung seiner Ehe nach Deutschland, wo er bei der Deutschen Töpfer- und Ziegler-Zeitung mitarbeitete. Er half bei der Errichtung von zahlreichen Zementwerken in einigen europäischen Ländern. Bei dieser Tätigkeit widmete er sich weiter der Erforschung des Zements. Er meldete mehrere Patente an, wobei das wichtigste der von ihm erfundene Ofen zum kontinuierlichen Brennen von Portlandzement war. Zudem entwickelte er mehrere Verfahren zur Zementprüfung.

Abstract (English)

The history of cement has been dealt with in various works. In most of these books, the name of Hans Hauenschild is missing, although he was praised by his contemporaries for his significant innovations in this area. He was an important scientist in the nineteenth century, dealing with the topic cement in its various facets. This paper's aim is to show Hans Hauenschild's achievements for the research and fabrication of cement.

Hans Hauenschild, son of Johann Hauenschild, was born on the 14th of August 1842 in Windischgarsten. After graduation at the monastery school in Kremsmünster, he entered into the monastery as a novice, studied theology in St. Florian and finally received ordination. Afterwards, he studied natural sciences and mathematics in Vienna. During his studies he got to know his future wife Maria Wittmann, for whom he left the monastery to marry her.

In the course of his time in Vienna he set up an experimental cement factory in Upper Austria. Afterwards, he not only managed a factory in Mödling, but also helped constructing a cement fabrication plant in Trifail. Besides, he devoted himself to the study of geology and the composition of cement. This knowledge inspired him to form a company which purpose was to test building materials. His skills made it also possible for him to establish the first standard specifications for cement. As his marriage was annulled in 1881 he emigrated to Germany, where he worked for the Deutsche Töpfer- und Ziegler-Zeitung. Furthermore, he helped building up many cement factories in different European countries. During his journeys, he dedicated himself to the investigation of cement even further. Moreover, Hans Hauenschild applied for several patents (the most important one was his kiln for the continuous burning of Portland cement) and developed various methods for the control of cement quality.

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name: Florian Riepl
Geboren: 05. September 1982, in Oberneukirchen
E-Mail: friepl@gmail.com

Ausbildung

Seit März 2001 Lehramtsstudium Geschichte- und Sozialkunde sowie
Geographie- und Wirtschaftskunde an der Universität Wien
Okt. 2000 – Jänner 2001 Internationale Betriebswirtschaftslehre an der Universität
Wien
Sept. 1992 – Juni 2000 Stiftsgymnasium Wilhering
Sept. 1988 – Juni 1992 Volksschule Nord, Eferding

Berufliche Tätigkeiten

Seit Juni 2007 Studierendenvertreter der Studienrichtung Lehramt
Geographie, Fakultätsvertreter Doktorat Naturwissenschaften
Sept. 2006 – Jänner 2007 Eurojobs Catering
2001 – 2006, Juli / Aug. Wasserwerk Wels
Sept. 2000 Österreichischer Wachdienst

Zusatzqualifikationen

2000 – 2003 Jungscharführer der Katholischen Jungschar Wilhering