

Aus der schweizerischen Zementindustrie: nach einem Vortrag

Autor(en): **Gygi, H.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **66 (1948)**

Heft 33

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-56778>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

stoffgehalt (F_s) des durch Sedimentation geklärten Wassers, in Form der Gleichung (14). Voraussetzung ist, dass die Kornverteilungskurve der ungelösten Stoffe im Rohwasser einer durch Gleichung (7) dargestellten Potenzfunktion gehorcht. Diese Beziehung zwischen F_s und F_r lautet:

$$(14) \quad F_s = \frac{2}{(n+2) d_{\max}^n C^{n/2}} \left(\frac{H}{t}\right)^{n/2} F_r$$

Bei Absetzbecken mit konstanter Wassertiefe H , insbesondere bei Flachbecken, entspricht der Quotient $\frac{H}{t}$ der Oberflächenbelastung des Beckens. Bezeichnet man diese mit O , so geht (14) über in

$$(17) \quad F_s = \frac{2}{(n+2) d_{\max}^n C^{n/2}} O^{n/2} F_r$$

Hierin ist die Oberflächenbelastung O in m/h und d_{\max} in mm einzusetzen.

Für Abwasser mit vorwiegend körnigem Schlamm und einem spez. Gewicht der ungelösten Feststoffe von 1,06 bis 1,14 g/cm³ können für die in (14) und (17) enthaltenen Größen ungefähr folgende Werte angenommen werden:

Gehalt des Rohwassers an ungelösten Stoffen

F_r in g/m ³	n	d_{\max} in mm
300 bis 500	0,46	0,60 bis 0,70
200 bis 300	0,43	0,50 bis 0,60
100 bis 200	0,40	0,35 bis 0,50
50 bis 100	0,38	0,25 bis 0,35

Spezifisches Gewicht der ungelösten Stoffe im Rohwasser

γ_F in g/cm³

1,14

1,10

1,06

Charakter des abgesetzten Schlammes

schwerer Schlamm

normaler Schlamm

leichter Schlamm

Materialkonstante

C

196

140

84

Bei Abwasser mit flockigem Schlamm gelten (14) und (17) nicht mehr. Wie (17) zeigt, wächst F_s mit der 5. bis 4. Wurzel aus der Oberflächenbelastung an. Bei Abwasser mit flockigem Schlamm nimmt aber F_s mit steigender Oberflächenbelastung viel stärker zu, wie Pöpl [6] gezeigt hat. Der Exponent n kann hier Werte bis 1,5 und noch mehr erreichen.

Für Wasser mit Sand und Kohlschlamm fehlen bis heute Versuche. Einzig der Wert C kann angegeben werden. Er beträgt für Sand ($\gamma_F = 2$ bis 2,4 g/cm³) 1400 bis 1960, für Kohlschlamm ($\gamma_F = 1,5$ g/cm³) rd. 700.

Literaturverzeichnis

- [1] Transactions of the Cambridge Philosophical Society 9 (1850: G. G. Stokes. Mathematical and Physical Papers 3).
- [2] Steuernagel: Die Sedimentierung der suspendierten Substanzen des Kanalwassers und ihr Einfluss auf die mechanische Klärung des Abwassers in Flachbecken. «Gesundheit» 1903, Sonderdruck.
- [3] Imhoff, K., und Fair, G. M.: Sewage Treatment. New York. 1940.
- [4] Pöpl, F.: Die Absetz- und Schwebestoffkurven gemeindlicher Abwässer. «Gesundheitsingenieur» 1942, Heft 39/40.
Pöpl, F.: Die Ausscheidung der Feststoffe städtischer Abwässer im ständig durchflossenen Absetzraum. «Gesundheitsingenieur» 1942, Heft 49/50.
- [5] Imhoff, K.: Taschenbuch der Städteentwässerung. 9. Auflage, 1941. Bild 20, S. 99.
- [6] Pöpl, F.: Die mechanische Ausflockung der Schwebestoffe gemeindlicher und industrieller Abwässer. «Gesundheitsingenieur» 1943, Heft 17, Bild 6, S. 217.

Aus der schweizerischen Zementindustrie

Nach einem Vortrag von Dr. H. GYGI, Wildegg, gehalten am 11. Febr. 1948, im Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein

DK 666.9(494)

1. Die hydraulischen Bindemittel im Wandel der Zeiten

Von den drei Bindemitteln, Zement, Kalk und Gips, sind Kalk und Gips seit dem Altertum verwendet worden. Damals wurde als Mörtel der Luftkalk allein benützt. Er wurde vorwiegend in der Grube gelöscht. Wasserkalk, d. h. wasserbeständiges Material, mag hin und wieder benützt worden sein, doch ohne dass man sich seiner besonderen Eigenschaften bewusst geworden wäre. Für wasserdichten Verputz verwendete man Luftkalkmörtel mit Zusatz von Ziegelmehl, Puzzolanerde oder Trass.

Mit dem Zerfall des weströmischen Reiches ging auch ein Teil der damaligen Baukunst verloren, doch sind die alten Bauverfahren zum Teil im Mittelalter übernommen worden. Im allgemeinen hat man bis zum Beginn des 18. Jahrhunderts Luftkalk neben Lehm verwendet. Bedurfte man wasserbeständigen Kalkes, so setzte man wie im Altertum Ziegelmehl

oder Trass und in Italien Puzzolanerde zu. In der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts setzte auf dem Kontinent die Forschung auf dem Gebiete der Mörtelkunde stärker ein. Man versuchte, Ersatzstoffe für Puzzolanerde und Trass zu finden. Man erkannte klar die hydraulischen Eigenschaften des Ziegelmehls, gewann in gebranntem Alaunschiefer ein neues, in Schweden viel benütztes Zuschlagmittel und fand infolge des Eindringens in das Wesen des Trasses neue Puzzolanerde in Frankreich und verwendbaren Basalt-Tuff in Deutschland.

Während man auf dem Kontinent nicht wesentlich weiter kam, nahm die Mörtelkunde in England eine viel raschere Entwicklung, zum Teil weil Puzzolanerde und Trass wegen ihren Transportkosten zu teuer waren. Der Ingenieur Smeaton hatte 1756 den Bau des Leuchtturmes von Eddystone bei Plymouth zu leiten; hierbei lag es ihm im höchsten Grade daran,

einen möglichst guten Wassermörtel zu verwenden. Nach einer Reihe von Versuchen erlangte er eine vorzügliche Mörtelmischung, stellte sich aber dann die Frage, warum die verschiedenen Kalke verschiedene feste Mörtel liefern und kam schliesslich mit Hilfe eines befreundeten Chemikers zum Schluss, der Tongehalt des Kalksteins und nicht seine Härte, wie man bisher geglaubt hatte, müsse eine der Hauptursachen dafür sein, dass der daraus gebrannte Kalk einen unter Wasser erhärtenden Mörtel liefere. Aber der ursächliche Zusammenhang zwischen der Wirkung des im Kalkstein enthaltenen und zugleich mit diesem gebrannten Tones und des als gebrannten Ton zuge-

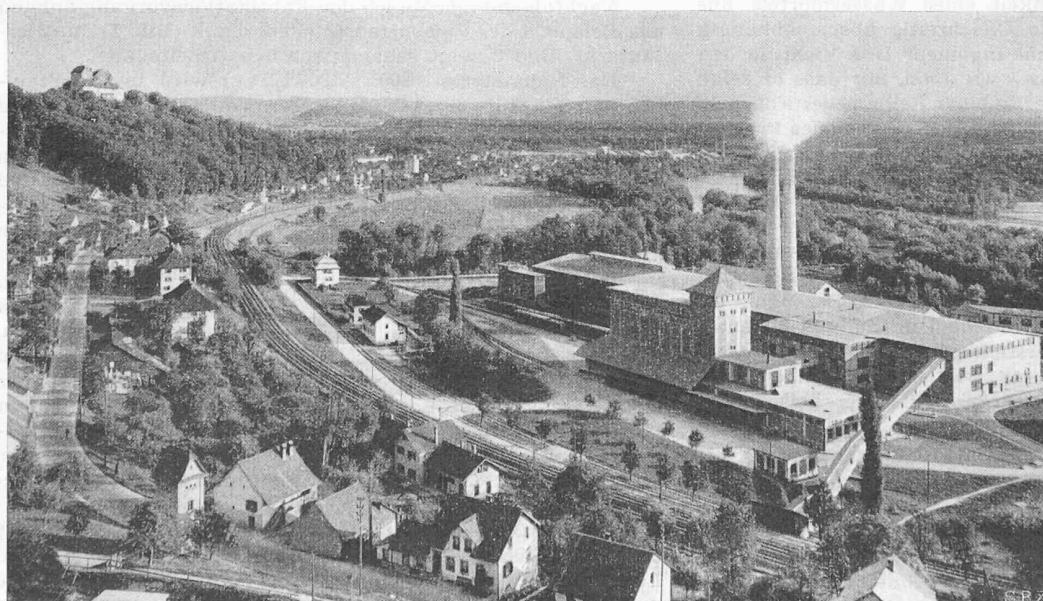


Bild 1. Zementfabrik Holderbank-Wildegg A.-G.

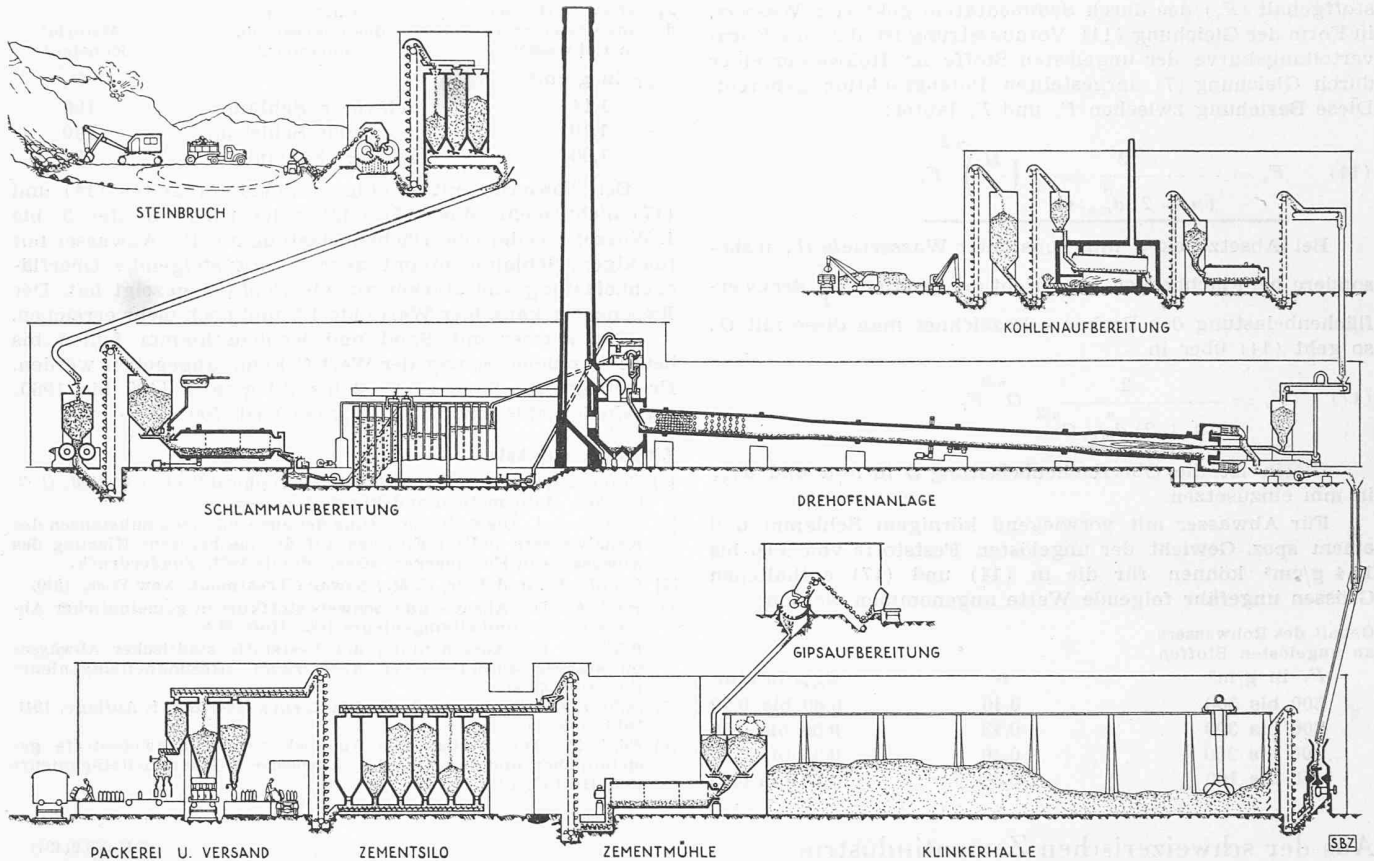


Bild 2. Schematische Darstellung der Zementfabrikation nach dem Nassverfahren

setzten Ziegelmehles entzog sich den Blicken des Forschers. Noch fehlte die Erkenntnis, dass nicht der Ton, sondern seine durch das Brennen aufgeschlossene Kieselsäure die Erhärtung des Mörtels herbeiführt. Es ist möglich, dass die Versuche von Smeaton nun zum Suchen nach tonhaltigem Kalkstein anregten. Jedenfalls fällt ins Jahr 1796 die Erfindung des Roman-Zementes durch James Parker. Dieser Zement wurde aus natürlichem Gestein, also ohne Mischung gewonnen, stärker gebrannt als Wasserkalk und dann in Pulverform gebracht. Roman-Zement hat hohen, nicht scharf begrenzten Tongehalt und dieser gestattet kein Brennen bis zur Sinterung, wie der Portland-Zement. Die Brenntemperatur liegt zwischen 1000 und 1100° C. Der Parkersche Zement band schon in 10 Minuten, also ungemein rasch ab, wenn er frisch war, noch früher.

Die Forschung ging inzwischen weiter und Dr. John, Professor der Chemie in Berlin, gelang es 1815 bis 1817 theoretisch die Herstellungsmöglichkeit eines Wassermörtels aus künstlicher Mischung zu zeigen. Gleichzeitig, aber unabhängig von John, kam der französische Ingenieur L. J. Vicat zu den selben Untersuchungsergebnissen wie John, nur dass er seine Rezepte in die Praxis umsetzte. In einer Reihe neuer Fabriken wurde nun hydraulischer Kalk, wie Vicat sein neues Produkt nannte, gebrannt. Portland-Zement war es aber noch nicht und Frankreich nahm dessen Erzeugung erst spät und langsam auf und überliess die führende Stellung zunächst England und dann Deutschland. In England liess der Maurer Joseph Aspdin 1824 ein Patent eintragen auf «An improvement in the modes of producing an artificial stone», den er Portland-Zement nannte. Diesen Namen legte er seinem Erzeugnis bei wegen dessen Farbähnlichkeit mit dem in England beliebten Portlandstein. Was Aspdin herstellte war aber von dem, was man heute Portland-Zement nennt, weit entfernt. Aspdin warf etwaige, bis zur Sinterung gebrannte Klinker beiseite, er wollte gar nicht so stark brennen.

Und nun der letzte Schritt zum Portland-Zement: Es war ein englischer Arbeitersohn, Isaac Charles Johnson, der ihn tat. Er war Betriebsleiter der Zementfabrik Francis & White. Johnson fing an, selbst zu analysieren, ging über die Analyse seines Chemikers hinweg und kam nach einigen Monaten zur Überzeugung, dass das Brennen bis zur Sinterung, also Hartbrand, das Hauptfordernis sei, und so gelangte er 1844 zu einem wirklichen Portland-Zement.

2. Die Fabrikation von Zement unter besonderer Berücksichtigung der Wärmewirtschaft

Während Gips und Kalk aus den in der Natur vorkommenden Gesteinsarten ohne vorherige Aufbereitung hergestellt werden, benötigt die Fabrikation von Portland-Zement eine Rohmischung, die in bezug auf Kalk, Kieselsäure, Tonerde und Eisenoxyd stets ein genau eingehaltenes Mischungsverhältnis aufweisen muss. In der Schweiz findet man das Rohmaterial in der für die Portlandzement-Fabrikation erforderlichen Zusammensetzung nirgends in grossen Mengen, so dass in allen Fabriken die Herstellung der Rohmischung auf künstlichem Wege erfolgen muss, indem Kalk und Ton zusammen vermahlen und gemischt werden. Der mechanischen Arbeit geht diejenige des Chemikers parallel, der durch fortwährende Untersuchung der Rohstoffe das richtige Mischungsverhältnis des Rohmaterials überwachen muss.

Nachfolgend möchte ich den Fabrikationsvorgang anhand des Beispiels der Zementfabrik Holderbank (Bild 1) kurz erläutern. Bild 2 zeigt schematisch den Arbeitsgang.

Das Rohmaterial (800 ÷ 1000 t/Tag) wird in den Steinbrüchen mit Hilfe eines Löffelbaggers verladen und mit einem im Steinbruch selbst aufgestellten Hammerbrecher auf Nussgrösse vorzerkleinert. Das vorgebrochene Gut gelangt alsdann in drei Silos, die sich neben der Brechanlage befinden und zum Ausgleich dienen. Im Steinbruch wird nur tagsüber gearbeitet, während die nachfolgenden Fabrikationsabteilungen durchgehend im Betrieb stehen.

Ein Transportband bringt das Gestein in die Fabrik, wo es zunächst in zwei Rohmühlen unter Wasserzusatz zu Schlamm verarbeitet wird (Bild 3). Der Wasserzusatz ist so bemessen, dass der Schlamm mit Kreiselpumpen durch Rohrleitungen gefördert werden kann. Zur Lagerung des Rohschlammes dienen sechs grosse Böttiche (Bild 4), in denen der Schlamm laufend kontrolliert wird. Man verfügt hier über ein homogenes Gemisch von der erforderlichen Zusammensetzung. Der fertig aufbereitete Rohschlamm kann nun dem Ofen aufgegeben werden.

Die Ofenanlage des Werkes in Holderbank (Bild 5) ist mit zwei Drehöfen von 3,00/2,50 m Durchmesser und 80 m Länge ausgerüstet. Die Öfen drehen langsam um ihre eigene Axe und sind gegen den Auslauf hin schwach geneigt. Sie sind mit einer Kohlenstaubfeuerung ausgestattet (Bild 6); die

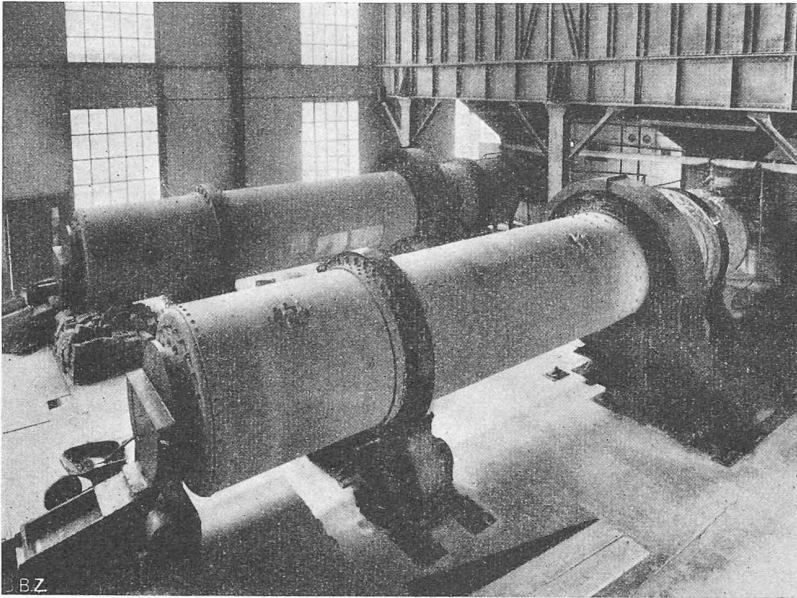


Bild 3. Rohmühlen, hinten Silos mit Zuteilapparaten für Rohmaterial, vorn Entleerung des Schlammes

Feuergase durchstreichen den Ofen im Gegenstrom. Der auf-gegebene Rohschlamm wird im Ofen zuerst vorgetrocknet, dann erfolgt bei 900°C die Entsäuerung des Kalksteins, bei den höheren Temperaturen entstehen allmählich die den Klinker bildenden Mineralien und bei 1450°C , bei teilweisem Schmelzen, wird die Sintertemperatur erreicht. Anschliessend gelangt der Klinker zur Abkühlung in den Klinkerkühler, wo zugleich die Verbrennungsluft vorgewärmt wird.

Vom Auslauf des Kühlers wird der Klinker in die Klinkerhalle (Bild 7) transportiert, die ein Fassungsvermögen von 25000 t aufweist. Die Klinkerhalle wird durch einen Laufkran bedient; dieser kann auch zur Speisung der Silos vor den Zementmühlen benützt werden.

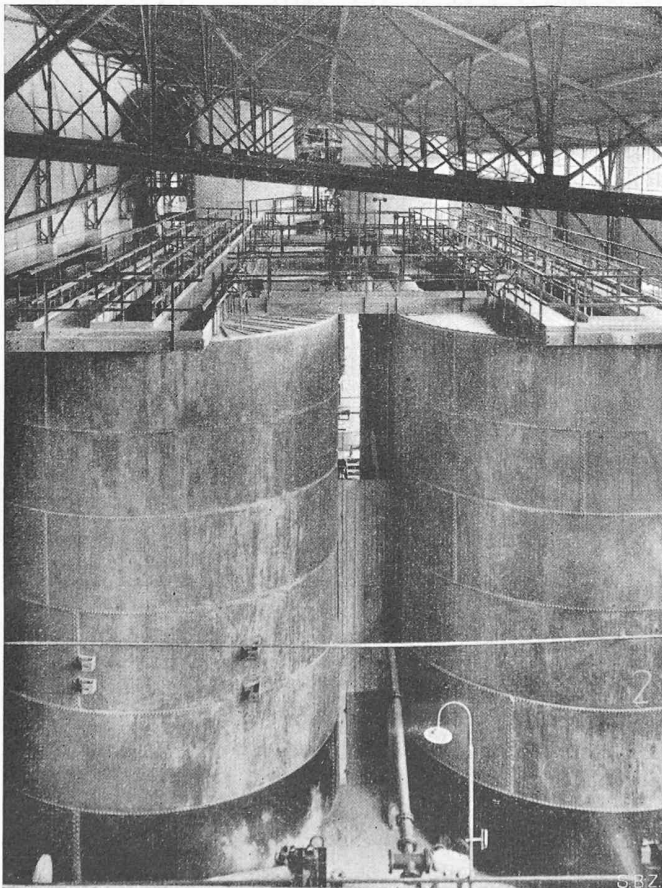


Bild 4. Rohschlammkammern

Die Zementmühlen (Bild 8), sind ähnlich aufgebaut wie die Rohmühlen. Es sind Dreikammermühlen, die mit Mahlkörpern gefüllt werden. Um die Abbindeverhältnisse des Zementes zu regulieren, wird bei der Vermahlung des Klinkers etwas Gips zugesetzt. Der fertig gemahlene Zement wird sofort in die Zementsilos transportiert, deren Fassungsvermögen 10000 t beträgt. Der Zement wird mit einer besonders sinnreich konstruierten Maschine von 80 t/h Durchsatz in Säcke abgefüllt, die nachher in Bahnwagen oder auf Camions verladen werden können.

3. Die Verbesserung der Wärmewirtschaft

Die Zementknappheit hat weitesten Kreisen die entscheidende Bedeutung des Kohlenverbrauchs für die Zementindustrie und damit für die gesamte Bautätigkeit unseres Landes gezeigt. Fortschritte, die aus der Not des Kohlenmangels hervorgegangen sind, werden auch in Zukunft von Bedeutung sein, weil die in der Schweiz infolge der Transportkosten an und für sich hohen Kohlenpreise nicht mehr auf das Preisniveau der Vorkriegsjahre zurückgehen werden. Ausser durch die verbesserte Wärmewirtschaft brennstoffbeheizter Oefen ist eine Senkung des Kohlenverbrauchs der Zementindustrie durch Uebergang auf elektrische Heizung versucht worden.

Ausgehend von den wärmetechnischen Grundlagen des Brennvorganges soll dargestellt werden, was auf diesem Gebiete in unserem Lande schon erreicht wurde und was noch zu erwarten ist.

a) Die Wärmetönung des Klinkerbrennens

Unter der Wärmetönung des Klinkerbrennens ist diejenige Wärmemenge zu verstehen, die beim verlustlos verlaufenden Brennprozess notwendig ist, um aus den Rohmaterialien mit einer Anfangstemperatur von 0°C 1 kg Klinker mit einer Endtemperatur von ebenfalls 0°C zu erzeugen.

Der Klinker, der den Berechnungen zu Grunde liegt, besteht aus kristallinen Bestandteilen und besitzt die auf Tabelle 1 angegebene Zusammensetzung. Der Wärmearaufwand umfasst, wie auf Tabelle 2 gezeigt wird, das Erwärmen des Rohmaterials, die endothermen Prozesse der Entwässerung des Tongehaltes der Rohmaterialien, die Austreibung der Kohlensäure aus dem Kalk und die Bildung der Sinterschmelze. Von diesem Wärmearaufwand sind, wie Tabelle 3 zeigt, die Wärmeentwicklung bei der Bildung gewisser Klinkerminerale und der Wärmeinhalt des Klinkers abzurechnen, ebenso die Wärmeinhalte der durch Dissoziation der Karbonate entwickelten Kohlensäure und des aus dem Ton abgespaltenen Wasserdampfes. Es darf dabei aber nicht übersehen werden, dass die Erwärmung der Rohmaterialien bis in das Gebiet der einsetzenden Reaktionen und die Abkühlung des Klinkers von der Sintertemperatur bis herab auf 0°C einander nicht aufwiegen können, da der stoffliche Zustand ein verschiedenartiger ist.

Unter den erwähnten Voraussetzungen ergibt sich für die Wärmetönung von Portlandzementklinker ein Wert von 448 kcal/kg.

b) Der tatsächliche Wärmeverbrauch des Klinkerbrennens

Der Wärmeverbrauch des Zementofens setzt sich aus der oben angegebenen Nutzwärme und aus den Verlustwärmern zusammen. Als Verlustwärmern kommen in Frage die in den Abgasen enthaltenen, fühlbaren Wärmemengen und latenten Verdampfungswärmemengen, die Strahlungsverluste des Ofens und die fühlbare Wärmemenge des Klinkers am Austritt aus dem Kühler. Tabelle 4 zeigt die Wärmebilanz eines modernen Drehofens für Portlandzement-Klinker, der nach dem Trokfenverfahren arbeitet.

Das Brennen von Portland-Zement erfolgt mit wenigen Ausnahmen im Drehofen, weil bei diesem Ofensystem der Sintervorgang mit dem Auge überwacht werden kann und sich ohne besondere Schwierigkeiten ein gleichmässiger Brand des Klinkers erzielen lässt. Der neuzeitliche Drehofen besteht aus drei verschiedenen Teilen, nämlich: dem Kalzinier- und Sinterofen, dem Vorwärmer und dem Kühler.

Im Brennofen wird das Material zuerst entsäuert und dann bis zur Sintertemperatur erhitzt, die für Portlandzement-

Klinker bei etwa 1450° C liegt. Demnach treten in der Sinterzone sehr hohe Temperaturen auf, die an der inneren Oberfläche der Ausmauerung des Ofens zeitweise 1500° C übersteigen. Es liegt deshalb auf der Hand, dass bei diesen Temperaturen Wärme nur noch durch Strahlung zugeführt werden kann.

Die Reaktionsgase einerseits und der gebrannte Klinker andererseits verlassen den Brennofen mit sehr hohen Temperaturen, und es ist nun die Aufgabe der Wärmeaustauscher, unter Einschaltung eines gasförmigen Wärmeträgers den Klinker zu kühlen und die so erhitzten Gase gemeinsam mit den heissen Reaktionsgasen zur Vorwärmung des Rohmaterials zu verwenden.

Im Vorwärmer und im Kühler wird die Wärme hauptsächlich durch Konvektion übertragen. Grundsätzlich kommen als Wärmeaustauscher vor allem Drehtrommeln mit entsprechenden Einbauten in Betracht. Von anderen Konstruktionen hat sich in der Praxis nur beim Lepol-Ofen der Wanderrost als Vorwärmer eingeführt und es ist nicht sicher, ob er sich zu halten vermag.

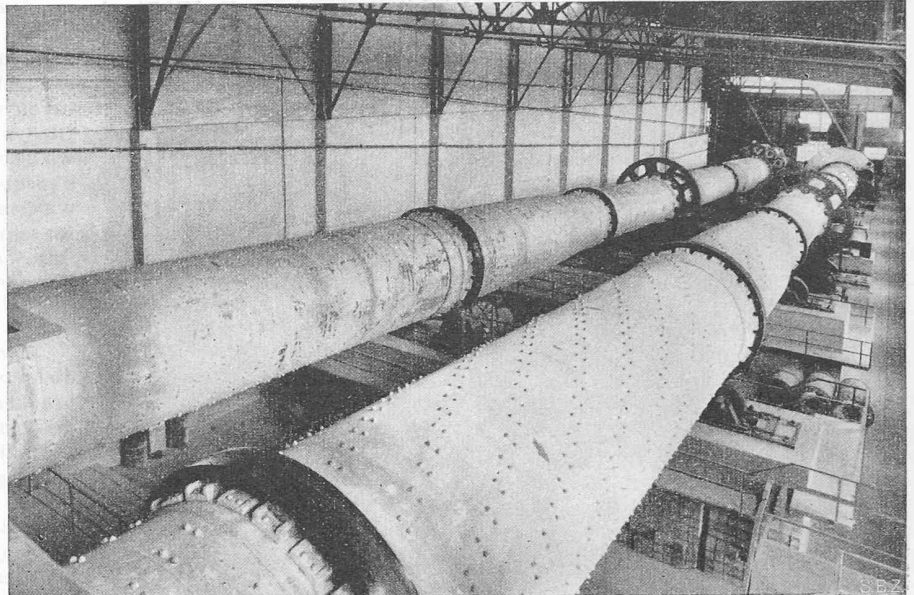


Bild 5. Drehtofenanlage, im Hintergrund die Sinterzone mit Kohlenstaubsilos

Tabelle 1. Zusammensetzung von Klinker

Vereinfachte Zusammensetzung %	Mineralzusammensetzung %	Materialmengen zum Brennen von 1 kg Klinker kg
SiO ₂ = 21,62	3 CaO SiO ₂ = 49,0	CaCO ₃ 1,221
Al ₂ O ₃ = 9,93	2 CaO SiO ₂ = 24,7	Al ₂ O ₃ 2 SiO ₂ 2 H ₂ O 0,251
CaO = 68,45	3 CaO Al ₂ O ₃ = 26,3	SiO ₂ 0,099
Total 100,00	Total 100,0	Total 1,571

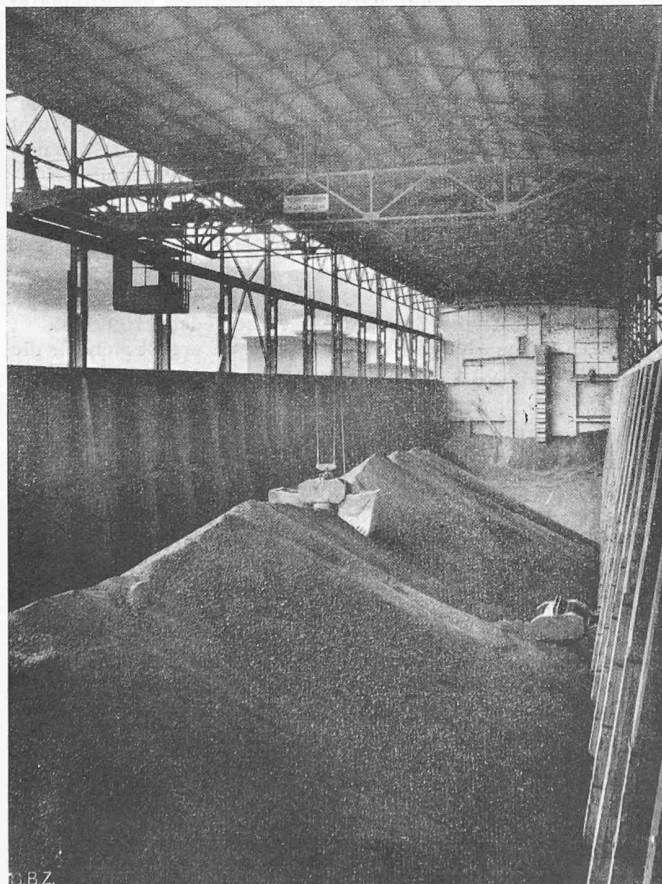


Bild 7. Klinkerhalle mit Laufkran

Tabelle 2. Theoretischer Wärmebedarf zum Brennen von 1 kg Portlandzement-Klinker

Teilprozess	Bestandteile	Wärmebedarf	
		Teile kcal/kg	Total kcal/kg
Erwärmen der Rohmaterialien von 0 auf 450° C	CaCO ₃	136,2	179
	Al ₂ O ₃ 2 SiO ₂ 2 H ₂ O	31,6	
	SiO ₂	10,7	
Endothermer Effekt bei der Entsäuerung des Kaolins	Al ₂ O ₃ 2 SiO ₂ 2 H ₂ O	55,9	56
Erwärmen der Rohmaterialien mit entwässerter Tonsubstanz auf 900° C	CaCO ₃	155	195
	Al ₂ O ₃ 2 SiO ₂	27	
	SiO ₂	12,8	
Endothermer Effekt bei der Entsäuerung des CaCO ₃	CaCO ₃	—	483
Erhitzen der entsäuerten Rohmaterialien von 900 auf 1400° C (Sintertemperatur)	CaO	77,7	123
	Al ₂ O ₃ 2 SiO ₂	31,5	
	SiO ₂	14,0	
Endothermer Effekt bei der Bildung der Sinterschmelze	—	—	22
Totaler Wärmebedarf			1058

Tabelle 3. Theoretischer Wärmerückgewinn beim Brennen von 1 kg Portlandzement-Klinker

Teilprozess	Bestandteile	Wärmebedarf	
		Teile kcal/kg	Total kcal/kg
Exothermer Effekt bei der Bildung der Klinkermineralien	3 CaO SiO ₂	54,4	113
	2 CaO SiO ₂	36,3	
	3 CaO Al ₂ O ₃	21,8	
Abkühlen des gebrannten Klinkers			366
Abkühlen des aus dem CaCO ₃ der Rohmaterialien entbundenen CO ₂			124
Abkühlen des aus dem Kaolin der Rohmaterialien entbundenen H ₂ O			7
Total			610

Wärmetönung 1058 — 610 = 448 kcal/kg Klinker

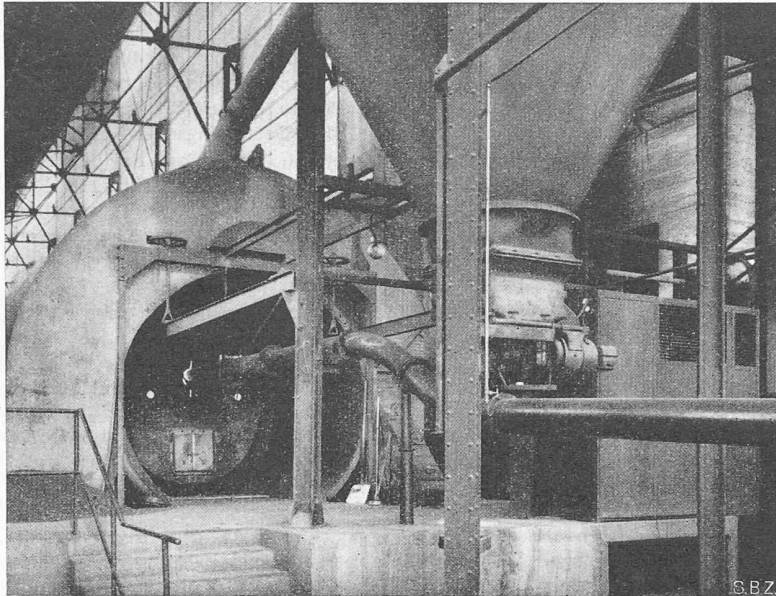


Bild 6. Drehofen (Feuerungsseite) und Klinkerkühler

Ungefähr bis zum Jahre 1912 wurde der Zement hauptsächlich in Schachtofen gebrannt, die sich durch ihren geringen Kohlenverbrauch auszeichneten. Um der steigenden Nachfrage entsprechen zu können, ging man dann immer mehr zur Verwendung von Drehöfen über, die eine höhere Produktion aufwiesen als die Schachtofen, wobei man den höheren Kohlenverbrauch in Kauf nahm. Je nach den vorliegenden Rohmaterialverhältnissen fassten das Trockenverfahren und das Nassverfahren gleichzeitig Fuss. Um die Wärmewirtschaft der damals verwendeten Drehöfen günstiger zu gestalten, ging man bald daran, sie zu verlängern und gleichzeitig ergriff man Massnahmen, um eine gute Kühlung des Klinkers zu erreichen.

Ein entscheidender Schritt zur Verbesserung der Wärmewirtschaft der Drehöfen erfolgte im Jahre 1929, als die Société des Chaux et Ciments de la Suisse Romande sich entschloss, in ihrem Werk in Roche einen Lepol-Ofen mit Vorwärmung durch Wanderrost aufzustellen. Es brauchte einen Achtung gebietenden Unternehmegerist, um sich zu einem damals unerprobten Ofensystem zu entscheiden. Erst durch Trennung in einen Trockenprozess bei mässiger Gastemperatur und eine anschlies-

Tabelle 4. Wärmebilanz eines nach dem Trockenverfahren arbeitenden modernen Drehofens für Portlandzement-Klinker

Einnahmen					Ausgaben				
	Menge pro 1 kg Klinker	Unterer Heizwert bzw. spez. Wärme kcal/kg	Temperatur ° C	Wärmezufuhr kcal/kg		Menge pro 1 kg Klinker Nm ³	Spez. Wärme kcal/kg ° C	Temperatur ° C	Wärmebedarf kcal/kg
Kohle.	0,1695 kg	6150	—	1042	Wärmetönung	—	—	—	448
Luft	1,50 Nm ³	0,313 *)	33	15	Verbrennungsgase	1,153	0,3555 *)	286	120
Rohmaterial (nass)	1,76 kg	0,2036	30	11	Luftüberschuss	0,128	0,318 *)	286	12
					CO ₂ aus Rohmaterial	0,27	0,4395 *)	286	34
					H ₂ O aus Rohmaterial	0,25	0,376	286	147
					Klinkerwärme	1,0 kg	0,1956	178	35
					Strahlungsverlust				181
					Verluste durch Materialrückläufe	0,244	0,214	52	3
					Unbestimm. Verluste				88
					Total				1068
					Total				1068

*) kcal/Nm³ ° C

c) Der Drehofen mit Brennstoffheizung

Die zur Heizung der Zementöfen erforderliche Wärme wird bis heute ausschliesslich durch Verbrennen von Kohle, Oel oder Gas gewonnen. Der thermische Wirkungsgrad moderner, mit Kohlenstaub geheizter Zementöfen dürfte in der Schweiz im Mittel bei etwa 32 % liegen. Bei einer Wärmetönung von 448 kcal/kg ergibt sich somit ein tatsächlicher Wärmeaufwand zum Brennen von 1 kg Klinker von 1400 kcal pro kg. Wenn man den untern Heizwert guter Kohle mit 7000 kcal/kg annimmt, erhält man einen Kohlenverbrauch von 0,2 kg/kg Klinker.

Nun lag die Klinkerproduktion der schweizerischen Zementfabriken in den letzten Vorkriegsjahren jährlich bei etwa 600 000 t. Das bedeutet, dass der normale jährliche Kohlenbedarf unserer heimischen Zementindustrie mit etwa 120 000 t zu veranschlagen ist, entsprechend ungefähr 3,5 % des gesamten schweizerischen Kohlenbedarfs der Vorkriegsjahre.

Schon seit Jahren war man sich in unserem Lande, das ausschliesslich auf die Zufuhr ausländischer Kohle angewiesen ist, im klaren, was für eine wichtige Rolle die Wärmewirtschaft in der Zementindustrie spielt. In richtiger Erkenntnis dieser Verhältnisse bestrebte sich daher die schweizerische Zementindustrie von jeher, Ofensysteme zu verwenden, die einen möglichst geringen Kohlenverbrauch aufweisen.

sende Vorwärmung auf höhere Temperatur gelang es nach monatelangem, kostspieligem Versuchsbetrieb, das Zerplatzen des granulierten Gutes zu vermeiden.

In der Folge war die schweizerische Zementindustrie be-

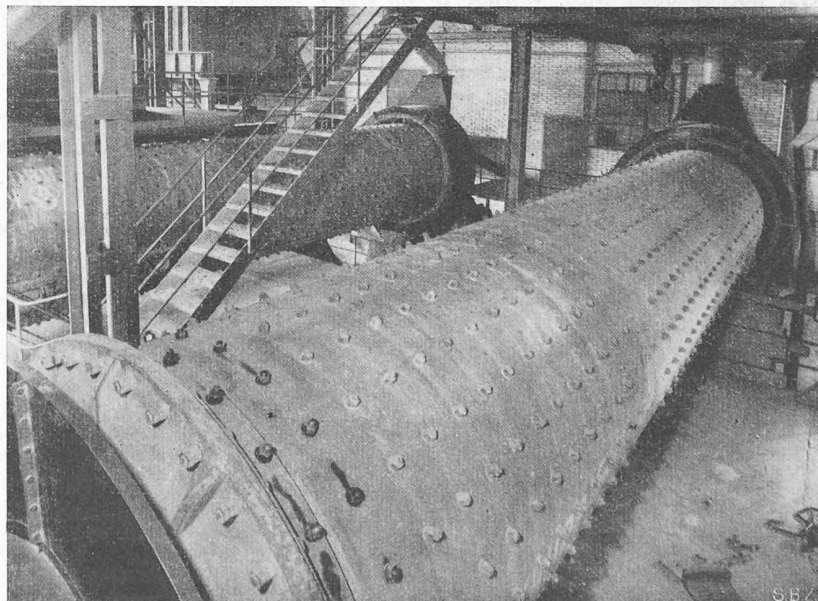


Bild 8. Zementmühlen

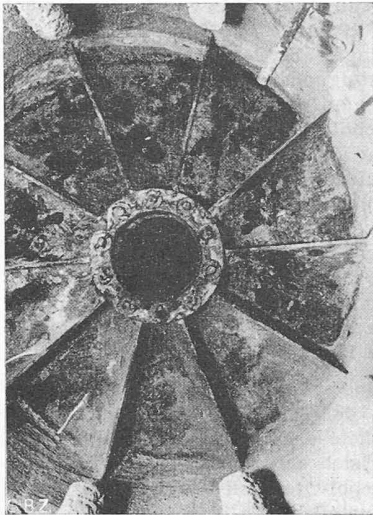


Bild 9. Trommel-Wärmeaustauscher mit Hubschaufeln (aussen) und Leitschaufeln für die Luftströmung an der Stirnwand hinten

strebt, den einfachen Drehofen für das Trocken- und das Nassverfahren durch Einbauten verschiedener Art zu verbessern, und in der Regel liessen sich auf diese Weise erfreuliche Fortschritte erzielen.

Dies war ungefähr der Stand der Wärmewirtschaft bei Ausbruch des Krieges und von diesem Zeitpunkt an hat der Kohlenverbrauch in der schweizerischen Zementindustrie eine entscheidende, alle übrigen Faktoren weit überragende Bedeutung erlangt. Dies gilt umso mehr, als es nur in beschränktem Umfang möglich ist, für die Heizung des Zementofens Ersatz-Brennstoffe von geringerer Qualität

heranzuziehen. Erfahrungsgemäss muss das Kohlenstaubgemisch in erster Linie trocken sein, weil in der Sinterzone des Drehofens Verbrennungstemperaturen von über 1900° C notwendig sind. Ferner muss der Gehalt an flüchtigen Bestandteilen zwischen 12 bis 35 % liegen und der Aschengehalt des Brennstoffes darf höchstens 20 % betragen.

Die auf Grund der neuesten Erfahrungen für schweizerische Verhältnisse als besonders aussichtsreich erscheinende Ofenanlage besteht nach Auffassung des Vortragenden aus einem einfachen Drehofen mit unten liegender Kühltrommel. Dabei ist die Anwendung des Trockenverfahrens zu empfehlen, das grundsätzlich einen höheren thermischen Wirkungsgrad aufweist als das Nassverfahren.

Das Anfeuchten und Formen des Rohmaterials wird in einer Granuliertrommel vorgenommen. Die Granalien, die dort entstehen, sind durchwegs Kügelchen von 1 bis 2 cm Durchmesser, die einen Feuchtigkeitsgehalt von ungefähr 12 % aufweisen. Sie gelangen alsdann in den Vorwärmer, der gleich aufgebaut ist wie der Kühler.

Der Verfasser hat das Problem der Wärmeaustauscher eingehend untersucht und ist zu einer neuartigen Konstruktion gekommen. Sie bezweckt bei gedrängtem Aufbau die Wärmeübertragung durch Konvektion zwischen dem Gut und dem gasförmigen Wärmeträger möglichst intensiv zu gestalten. Hierfür werden im Wärmeaustauscher, der als zylindrische Trommel ausgebildet ist, die sich um ihre horizontale Axe dreht, Hubschaufeln (Bild 9) eingebaut, durch die das Gut hochgehoben wird, worauf es im freien Fall in innige Berührung mit dem Gasstrom kommt. Ausserdem wird durch den Einbau von Leitschaufeln eine Drallbewegung des Luftstromes erzeugt und da ja der Wärmeübergang zwischen Gasstrom und Gut etwa mit der 0,75ten Potenz der Strömungsgeschwindigkeit zunimmt, lassen sich durch diese neuartige Kombination ausgezeichnete Werte erzielen.

Das vorgewärmte Material gelangt alsdann in die Kalzinier- und Sinterzone, wo keinerlei Einbauten mehr angeordnet sind und fällt mit hoher Temperatur in den Klinkerkühler. Dort wird die zur Verbrennung des Kohlenstaubes nötige, im Gegenstrom eingeführte Sekundärluft auf etwa 575° C vorgewärmt und so in den Ofen eingeführt.

Messungen an einer bestehenden Ofenanlage der beschriebenen Bauart haben einen Wärmebedarf von ungefähr 1100 kcal pro kg Klinker ergeben. Es ist aber ohne weiteres möglich, durch den Einbau weiterer Wärmeaustauscher-Elemente in Verbindung mit einem modernen Klinkerkühler den Wärmebedarf auf 1000 kcal/kg Klinker zu reduzieren.

Währendem die Wärmeaustauscher die Aufgabe haben, die Abgastemperatur und die Klinkertemperatur nach Möglichkeit zu senken, wäre es grundsätzlich auch von grösstem Interesse, die Brennzone des Ofens möglichst weitgehend gegen Strahlungsverluste zu schützen. Aus materialtechnischen Gründen ist dies leider zur Zeit nur in bescheidenem Masse möglich und es bestehen Zweifel darüber, ob ein wirklicher Strahlungsschutz in der Brennzone wirklich gelingen wird.

Es hat nicht an Vorschlägen gefehlt, die in der Sinterzone ausgestrahlte Wärme beispielsweise zum Vorwärmen von Wasser und dessen Verwendung für die Raumheizung zu benützen. Die beste Verwertungsmöglichkeit liegt nach unserer Ansicht beim Trockenverfahren darin, die Strahlungswärme der Sinterzone zum Vorwärmen von Luft zu verwenden, die ihrerseits zum Vortrocknen des granulierten Rohmaterials dient. Auf diese Weise besteht die Möglichkeit, die gesamte Strahlungswärme der Sinterzone dem Ofenprozess zu erhalten, allerdings unter Zuhilfenahme zusätzlicher Einrichtungen.

Diese Ausführungen lassen die Möglichkeiten erkennen, den Wärmebedarf des Zementofens zu verringern; zum Teil sind sie in der Schweiz schon ausgenützt worden. Leider ist trotz allen Anstrengungen nicht mehr viel herauszuholen.

(Schluss folgt)

Der Vorschlag für eine Standard-Küche in Schweden

DK 643.3

«Die Arbeit, die jährlich in den schwedischen Küchen geleistet wird, übersteigt insgesamt diejenige der Industrie». So beginnt die Besprechung der bemerkenswerten Massnahmen der schwedischen Fachleute zur Typisierung der Kücheneinrichtungen in der Zeitschrift «Byggmästaren». Diese interessante Tatsache trifft auch für die Schweiz zu, wie ich schon früher an dieser Stelle gezeigt habe¹⁾. Die Bedeutung der Ausgestaltung unserer Küchen kann darum nicht genug unterstrichen werden. Es wird deshalb hier kurz über die Standardisierung der schwedischen Küche orientiert²⁾.

Das vorliegende Resultat ist aus der Zusammenarbeit verschiedener Institutionen entstanden. Der Vorschlag wurde vom Bureau für Baustandardisierung auf Grund der Untersuchungsarbeiten des Schwed. Architekten-Verbandes (SAR), des Schwed. Werkbundes (SSF) und des Heimforschungsinstitutes (HFI) ausgearbeitet. Weiter wurden die Erfahrungen mit schon bestehenden Standard-Küchen (z. B. HSB) und von Baugenossenschaften, Küchenmöbelfabrikanten usw. zu Nutzen gezogen.

Dem Vorschlag ist eine «Normalküche» für eine Wohnung von 2 bis 3 Zimmern mit 3 bis 4 Personen zu Grunde gelegt. Die Elemente sind ausschliesslich in Holz hergestellt. Die Frage der Ausführung der verschiedenen Beläge der Arbeitsflächen wird noch studiert. Sämtliche Masse sind dem Modul 1 dm angepasst mit Ausnahme des halben Moduls für

¹⁾ SBZ 1947, Nr. 36. S. 500*.

²⁾ Die meisten Angaben sind mit freundlicher Erlaubnis der Redaktion der schwedischen Zeitschrift für Architektur und Bautechnik «Byggmästaren» entnommen (Nr. 4, 1948).

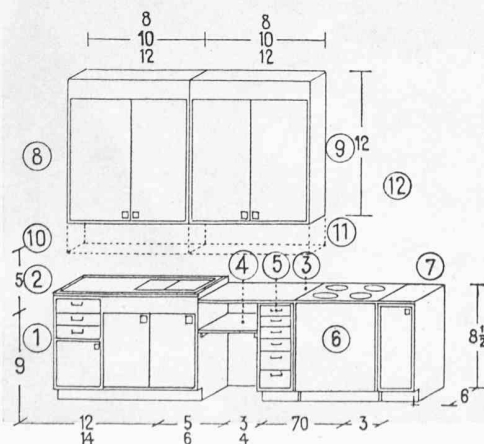


Bild 1. Einheiten für das Abwaschen und zur Zubereitung des Essens (Masse in dm)

- 1 Abwaschtisch mit Platz für Abfalleimer und Schüsseln, sowie Fächer für Besteck, Servietten, Tischtücher usw.
- 2 Abwaschvorrichtung mit Wasch- und Spülbecken samt Abstellfläche für Abwaschgut
- 3 Zubereitungsplatz, gleichzeitig Reinigungsplatz und Abstellfläche für das schmutzige Geschirr
- 4 Ausziehbrett, das erlaubt, Zubereitungsarbeiten auch sitzend auszuführen
- 5 Schubladenschrank für versch. Küchengeräte
- 6 Herd mit oder ohne Oberschrank
- 7 Pfannenschrank
- 8 Wandschrank für Geschirr, Teller, Gläser
- 9 Wandschrank für das Zubereitungsgeschirr
- 10 Trockengestell für das Abwaschgut
- 11 Gewürzschubladen für die am meisten gebrauchten Gewürze
- 12 Platz für den Abzug und event. Abstellbrett für die am meisten gebrauchten Kochgefässe