

Zur Frage des Portlandzementes und der Zemente mit hydraulischen Zuschlägen

Autor(en): **Roš, Mirko**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **125/126 (1945)**

Heft 16

PDF erstellt am: **18.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-83737>

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.

Zur Frage des Portlandzementes und der Zemente mit hydraulischen Zuschlägen

Von Prof. Dr. M. ROß, Direktionspräsident der EMPA, Zürich

Die durch die Kriegsverhältnisse, insbesondere in den Jahren 1943 bis 1945 verursachte Knappheit an Portlandzement war, im Hinblick auf die Bekämpfung der Besorgnis erregenden Arbeitslosigkeit im Bauwesen durch Arbeitsbeschaffung, auch Gegenstand von Interpellationen im Nationalrat¹⁾ und von Erörterungen in der Tagespresse²⁾. Die Tragweite einer durch die Not der Zeit bedingten Verminderung in der Erzeugung und damit einer Einschränkung des Verbrauches von Bindemitteln, in allererster Linie von Portlandzement, auferlegt uns die Pflicht, den technischen Sachverhalt klar zu stellen und die Möglichkeiten einer rationellen Nutzung der durch den Kohlenmangel in ihrer Erzeugung weitgehend eingeschränkten Bindemittelmengen darzutun.

*

Die am Jahresende 1946 aus der Erzeugung der schweizerischen Werke zur Verfügung stehende Menge an Portlandzement, inbegriffen den gegenwärtigen Vorrat, wird sich auf $\sim 400\,000$ t stellen³⁾.

An aktiver Schlacke werden im Lande bestenfalls und nur dann, wenn eine zusätzliche, industrielle Erzeugung von geeigneter Schlacke⁴⁾ durch elektrisches Brennen in zur Zeit stillliegenden Karbidöfen (Flums, Meiringen, Wimmis) gelingen sollte, bis Ende 1946 $\sim 60\,000$ t zur Verfügung stehen⁵⁾. Wie durch EMPA-Versuche⁶⁾ nachgewiesen, ergibt sich die bautechnisch rationellste Verwendung von in Wasser abgeschreckter, granulierter Schlacke dann, wenn deren Anteil in 100% Mischung von Portlandzement und Schlacke äusserst 15%, normalerweise 10%, beträgt, wobei die normgemässen technischen Eigenschaften der schweizerischen Portlandzemente auch in bezug auf chemische Reinheit aufrecht erhalten bleiben. Der allenfalls verbleibende Teil an Schlacke ist dann zur Herstellung eines normgemässen Eisenportlandzementes, d. h. eines Portlandzementes mit höchstens 30% Schlackenanteil zu verwenden.

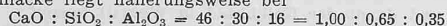
Bei einer Gesamtmenge von $400\,000$ t Portlandzement und restloser Verwendung der im Lande bestenfalls erzeugten Schlacke von $\sim 60\,000$ t ergeben sich jährlich an

¹⁾ Sitzung des Nationalrates vom 26. September 1945.

²⁾ «Die Tats.» vom 28. und 29. Juli, 25. August, 6., 7., 20., 21. und 27. September 1945.

³⁾ Jährliche, dem Bedarf entsprechende Zementerzeugung in normalen Zeiten rd. $600\,000$ t (max. 1931: $927\,000$ t); hierzu erforderlicher Bedarf an Kohle rd. $125\,000$ t.

⁴⁾ Nicht jede und nur wenige Schlacken von ganz bestimmter chemischer Zusammensetzung und physikalischer Beschaffenheit eignen sich für die Zementfabrikation (kalkreiche, basische, granulierte Schlacke des Gieserei-Roheisens). Die günstigste Zusammensetzung granulierter Hochofenschlacke liegt näherungsweise bei



$$\text{oder} \quad \frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3} \cong 1,00$$

Der Kalkgehalt CaO soll über 40 Gewichtsprozent liegen. Hoher Schwefelgehalt mahnt zur Vorsicht (Treiben). Durch dauernde Feuchtlagerung der granulierten Schlacke findet eine partielle Entschwefelung statt. Magnesiummengen MgO in der Schlacke bis zu 15% wirken sich nicht treibend aus. Manganoxydul MnO setzt, besonders bei $\text{MnO} > 3\%$, die Reaktionsfähigkeit der Schlacke ganz bedeutend herab. Hochofenschlacke muss trocken verwendet und so fein als möglich gemahlen werden. Zumahlung von feuchter Schlacke ergibt minderwertigen Schlackenzement. — Mitteilung der Materialprüfungs-Anstalt am Schweiz. Polytechnikum Zürich. Landesausstellungs-Ausgabe 1896, VII. Heft, L. Tetmajer. «Resultate spezieller Untersuchungen auf dem Gebiet der Hydraulischen Bindemittel», Zürich 1899. — H. Passow, «Schmelzversuche zum Nachweis des Einflusses der chemischen Zusammensetzung auf die Hydraulizität der Schlacken» Stahl und Eisen 1909. — H. Köhl und W. Knothe «Die Chemie der hydraulischen Bindemittel», Leipzig 1915.

⁵⁾ Die seit 1942 im Lande durchschnittlich erzeugte und gegenwärtig zur Verfügung stehende Jahresmenge an aktiver Schlacke, die als Nebenprodukt anfällt, ist bestenfalls mit $20\,000$ t anzusetzen. Gemäss dem KIAA im Mai und Juli 1945 unterbreiteten Vorschlägen sollen durch elektrisches Schmelzen in bereits bestehenden, etwas umzubauenden Niederschachtöfen (Karbidöfen) jährlich pro Schlackenofen rd. $14\,000$ t, somit in drei Öfen rd. $40\,000$ t Schlacke erzeugt werden. Die jährliche Gesamtmenge an Schlacke von $20\,000$ t + $40\,000$ t = $60\,000$ t würde, mit $30\,000$ t Kalkhydrat gemischt (Schlacke : Kalk = 2 : 1), insgesamt $90\,000$ t Schlackenzement ergeben.

⁶⁾ Eingehende vorsorgliche, 1942 an der EMPA aus eigener Initiative durchgeführte Versuche haben die Möglichkeit einer Zumahlung zum normgemässen Portlandzement an inländischer, aktiver, als Nebenprodukt erzeugter Schlacke von maximal 15% Gewichtsanteil (rd. 18% Schlackenzusatz zu 100% Portlandzement) ergeben. Seit 1942 wurde seitens der EMPA vorerst eine Zugabe von 10% Gewichtsanteilen an aktiver, trockener Schlacke zugelassen, da mit dieser Anteilmenge bereits der ganze Vorrat an Schlacke in nützlichster Weise aufgebraucht wird. Dieser Zement mit normalerweise 10%, äusserst 15% Gewichtsanteilen Schlacke erfüllt in jeder Hinsicht — auch in bezug auf chemische Reinheit — die Normvorschriften für Portlandzement; dieser Zement behält daher seine Bezeichnung «Portlandzement».

Portlandzement (Anteil 10% Schlacke) $350\,000 \cdot \frac{1}{0,9} \cong 390\,000$ t
Eisenportlandz. (Anteil 30% Schlacke) $50\,000 \cdot \frac{1}{0,7} \cong 70\,000$ t
insgesamt $\cong 460\,000$ t
entsprechend der verfügbaren Schlackenmenge. Der Gewinn stellt sich somit auf $\sim 60\,000$ t, er beträgt $\sim 15\%$.

Da die Festigkeit sowohl des Portlandzementes (PZ) als auch des normgemässen Eisenportlandzementes (EPZ) ungefähr doppelt so hoch wie diejenige des normgemässen Schlackenzementes (SZ) ist (Abb. 1 und 2), sind die vorerwähnten $60\,000$ t PZ bzw. EPZ praktisch gleichwertig mit rund $120\,000$ t SZ, für deren Erzeugung (bei einem Mischungsverhältnis von zwei Gewichtsteilen Schlacke und einem Gewichtsteil Kalkhydrat) $\sim 80\,000$ t Schlacke und $\sim 40\,000$ t Kalkhydrat erforderlich sind. Die Erzeugung der bautechnisch äquivalenten Bindemittelmenge in Form von reinem Schlackenzement erfordert somit eine Mehrerzeugung an Schlacke von $20\,000$ t und an Kalkhydrat von $40\,000$ t. Die erforderliche Menge an kcal zur Erzeugung einer Tonne Kalkhydrat durch Elektrizität (Kalk) wird nicht niedriger als für Kohlenbrand sein, sie wird zu rd. $1,5$ Mio kcal eingeschätzt und ist mit $\geq 1,0$ Mio kcal einzusetzen; sie ist somit mindestens so gross wie für das Brennen von Portlandzement, der bei Kohlenbrand und aller Voraussicht nach auch bei elektrischem Brand $\sim 1,0$ Mio bis $1,2$ Mio kcal beansprucht^{7a)}. Sodann ist zu beachten, dass die gesamte, bisher im Land erzeugte Jahresmenge an Kalkhydrat $\sim 10\,000$ t (1939: ~ 9700 t) nicht überstieg. Es wäre schwierig, ja gegenwärtig nicht möglich, die vorerwähnte erforderliche Menge an Kalkhydrat von $\sim 40\,000$ t für die Erzeugung von $120\,000$ t Schlackenzement innert nützlicher Frist im Lande zu erhalten.

Nicht zu unterschätzen ist namentlich die Tatsache, dass über die industrielle Erzeugung einer basischen oder dieser ähnlichen aktiven, als Zusatz zu Portlandzement geeigneten, granulierten Schlacke in Niederschachtöfen, sowie über das elektrische Brennen von Kalk noch keine ausreichenden Erfahrungen vorliegen und dass deren industrielle Erzeugung sowohl mit noch zu lösenden technischen als namentlich wirtschaftlichen Problemen (Herabsetzung des Energiebedarfes) verbunden ist.

*

Als Masstab für den technisch-wirtschaftlichen Bindemittelwert gilt das Verhältnis:

$$\frac{\text{Normenfestigkeit kg/cm}^2}{\text{aufgewendete Brenn-Energie in kcal für das in der Volumeneinheit des Normkörpers (cm}^3\text{) enthaltene Bindemittel}}$$

Dieser Verhältniswert, der *energetische Wirkungsgrad*, zeigt für den Schlackenzement im Vergleich zum Portlandzement ein sehr ungünstiges Bild. Unter Zugrundelegung des Energiebedarfes für die Erzeugung einer Tonne Bindemittel für den in rationellem, modernem Betrieb im Drehofen erzeugten Portlandzement von $\cong 1,0$ Mio kcal und für den im elektrischen Niederschachtöfen hergestellten Schlackenzement⁷⁾ von $\cong 1,85$ Mio kcal stellen sich die energetischen Wirkungsgrade⁸⁾ wie folgt:

Portlandzement	550	$\frac{\text{kg/cm}^2}{\text{kcal/cm}^3}$	Schlackenzement	170	$\frac{\text{kg/cm}^2}{\text{kcal/cm}^3}$
----------------	-----	---	-----------------	-----	---

Die Brennkosten des Schlackenzementes stellen sich $\sim 85\%$ höher als diejenigen des Portlandzementes, der energetische Wirkungsgrad beim Portlandzement ist aber im Vergleich zum Schlackenzement $\sim 3,3$ -mal grösser.

^{7a)} Genaue Zahlen für elektrischen Brand von Kalk, Schlacke und Portlandzement werden erst bei fabrikmässiger Erzeugung erhältlich sein.

⁷⁾ Angaben gemäss der vorerwähnten Eingabe an das KIAA vom Mai 1945: Für eine Tonne elektrisch gebrannten Schlackenzementes werden benötigt zum Schmelzen der Schlacke 1220 kWh, Trocknen der Schlacke 350 kWh, Brennen des Kalkes 580 kWh.

total 2150 kWh
somit $2150 \cdot 860 = 1,85$ Mio kcal

Entsprechend diesen Angaben wären an Brennenergie pro Tonne erforderlich: Schlacke, Trocknen inbegriffen: 2350 kWh, Kalk 1750 kWh, somit 100 bzw. 50% mehr als für Portlandzement.

⁸⁾ Schriftenreihe zur Frage der Arbeitsbeschaffung, herausgegeben vom Delegierten für Arbeitsbeschaffung, Bautechnische Reihe Nr. 7, Bindemittel, von A. Voellmy, Abteilungsvorsteher der EMPA, Polygraphischer Verlag A.-G., Zürich 1943.

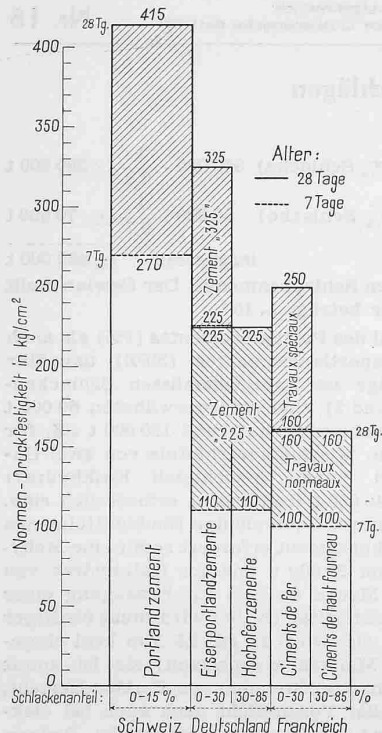


Abb. 1. Normen-Druckfestigkeiten. Portlandzement mit Zuschlägen von Schlacke. Schweiz, Deutschland, Frankreich. Konsistenz des gemischt-körnigen Sandes plastisch. Schweiz. Schlackenzement: Normendruckfestigkeit im Alter von 28 Tagen $\approx$ rd. 220 kg/cm²

zementen durch elektrisches Brennen in für Kalk und Schlacke getrennten Oefen, selbst in Zeiten der Not, fällt aus technisch-wirtschaftlichen Erwägungen dahin.

Die bautechnische Bewertung der in Frage stehenden normgemässen Zemente, die nach der Festigkeit erfolgt, ist in Abb. 1 und 2 veranschaulicht. Die Ueberlegenheit des Portlandzementes, der Minderwert des Hochofenzementes und die Schwäche des Schlackenzementes gehen aus diesen graphischen Darstellungen eindeutig hervor. Der Schlackenzement sowie der damit erzeugte Beton sind, festigkeitstechnisch bewertet, nur halb so stark wie Portlandzement bzw. Portlandzement-Beton. Es sind somit 150 kg/m³ Portlandzement mit 300 kg/cm³ Schlackenzement praktisch gleichwertig, wobei der schwächer dosierte Portlandzement-Beton ohne Einbusse an Verarbeitbarkeit den Vorteil weitaus geringeren Schwindens aufweist (Luftbauten^{a)}). Schlackenzementbeton ist nicht frostbeständig.

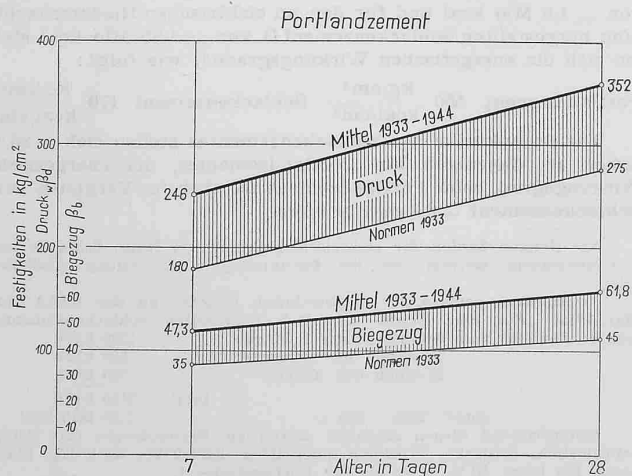


Abb. 4. Schweizerische Portlandzemente (PZ) 1933 bis 1944. Gesamtmittelwerte der Biegezug- und Würfel-druck-Festigkeiten. Alter 7 und 28 Tage. Normenwerte 1933

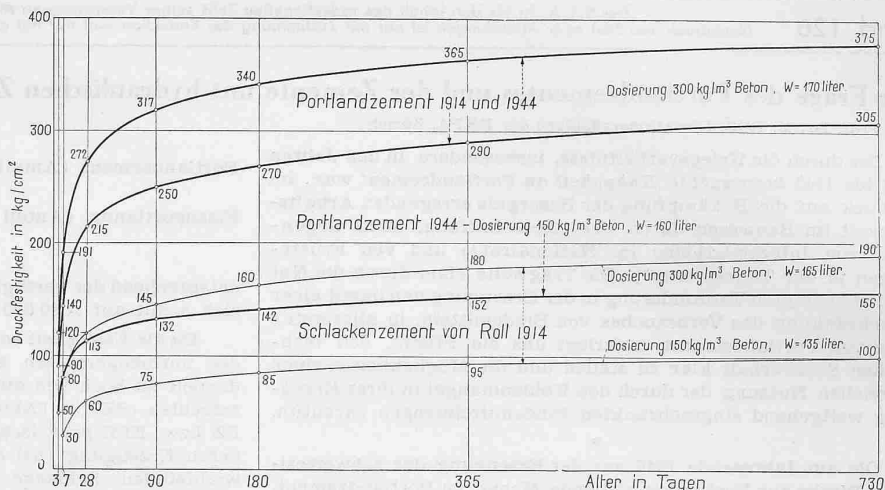


Abb. 2. Beton. Schweiz. Portlandzemente 1914 und 1944 und Schlackenzement von Roll 1914. Würfel-druckfestigkeiten w_{fd} . Dosierungen: 150 u. 300 kg/m³. Konsistenz plastisch. Alter bis 2 Jahre

Aus dieser Gegenüberstellung geht der sehr beachtenswerte technische Mehrwert deutlich hervor, der sich bei Zumahlung von Schlacke zum Portlandzement in Anteilen von 10% (Portlandzement) bzw. 30% (Eisenportlandzement) gegenüber ausschliesslicher Verwendung der Schlacke für die Erzeugung von Schlackenzement ergibt. Die Herstellung des Schlackenzementes durch elektrisches Brennen in für Kalk und Schlacke getrennten Oefen, selbst in Zeiten der Not, fällt aus technisch-wirtschaftlichen Erwägungen dahin.

Laboratoriumsversuche und Erfahrungen beim Bau und an ausgeführten Bauwerken rechtfertigen nachfolgende, in die schweizerischen Bindemittelnormen aufgenommene Bestimmungen betreffend die Verwendung der Zementsorten:

«Portlandzemente sind zu allen Bauten unter Wasser oder an der Luft, insbesondere bei solchen Bauwerken zu verwenden, die hohe Festigkeit in der ersten Phase der Erhärtung, Frost- und Wetterbeständigkeit und eine grössere Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Abnutzung erfordern». Beton- und Eisenbeton-Bauwerke, an der Luft und im Wasser mit Portlandzement nach den Regeln der Baukunst erstellt, haben sich in jeder Beziehung bewährt. Rückschläge sind nur dort erfolgt, wo Beton und Eisenbeton unangebracht waren und die Grundregeln nicht beachtet wurden⁹⁾.

Kein Baustoff vermag innerhalb einer Zeitspanne von etwa 50 Jahren (1881 bis 1933) eine so bedeutende Steigerung seiner Festigkeit aufzuweisen, wie Portlandzement (Abb. 7). Die Würfel-druck- wie auch Zug- bzw. Biegezug-Festigkeiten wurden auf den drei- bis vierfachen Betrag gehoben. Fortschritt und Erfolg der Beton- und Eisenbeton-Bauweise sind mit der Qualitätsteigerung des Portlandzementes auf das allerngste verknüpft-

^{a)} Die alleräusserste Dosierung für Beton ist mit 100 kg/m³ Portlandzement und die praktisch äquivalente Schlackenzementmenge mit 150 kg/m³ anzusetzen. Da beim Schlackenzement der Anteil an Schlacke $\% \times 150 = 100$ kg/m³ ausmacht, ist dessen Zusatz zum Portlandzement technisch und wirtschaftlich vollauf gerechtfertigt, indem der Zusatz von Kalkhydrat und damit der Kalkbrand in Wegfall kommt.

⁹⁾ M. R. o. s. «Versuche und Erfahrungen an ausgeführten Eisenbeton-Bauwerken in der Schweiz 1924–1945», EMPA-Bericht Nr. 99, Zürich 1945.

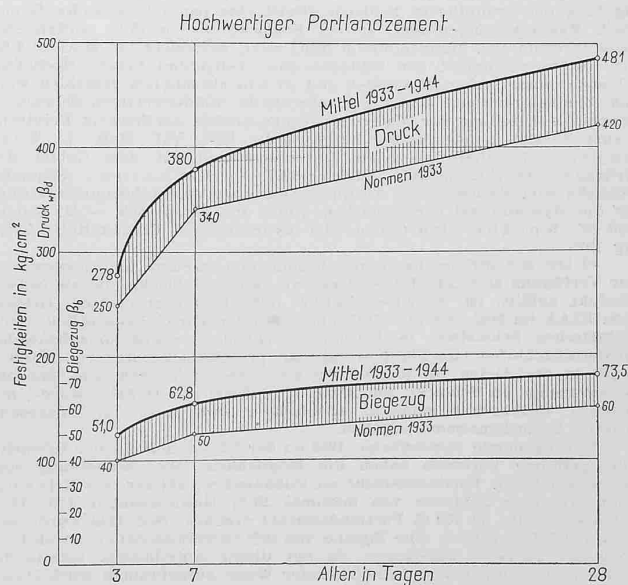


Abb. 6. Schweizerische Hochwertige Portlandzemente (HPZ) 1933 bis 1944. Gesamtmittelwerte der Biegezug- und Würfel-druckfestigkeiten. Alter 3, 7 und 28 Tage. Normenwerte 1933

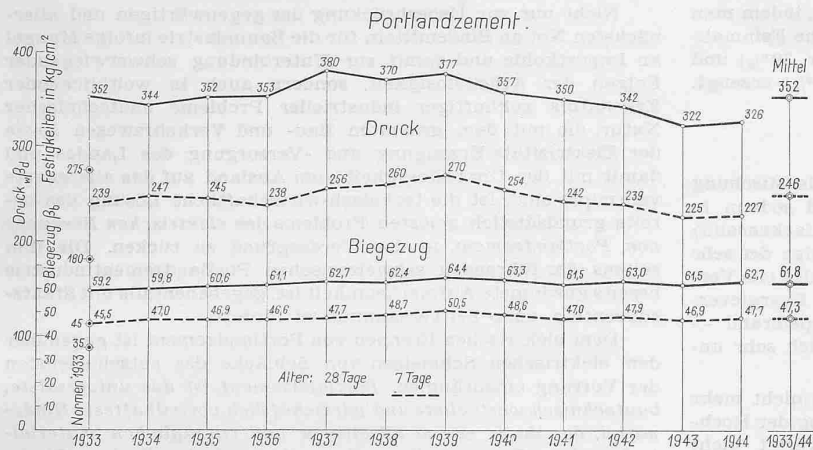


Abb. 3. Schweizerische Portlandzemente (PZ) 1933 bis 1944. Biegezug- und Würfeldruck-Festigkeiten. Jahresmittelwerte. Gesamtmittelwerte. Alter 7 und 28 Tage. Normenwerte 1933

ohne erstklassigen und hochwertigen Portlandzement wäre der gewaltige Fortschritt nicht möglich gewesen¹⁰⁾. Die Jahres- und Gesamtmittelwerte der Würfeldruckfestigkeit $w\beta_d$ und Biegezugfestigkeit β_b der schweizerischen Portlandzemente von 1933 bis 1944 gehen aus den Abb. 3 bis 6 hervor. Seit dem Inkrafttreten der letzten, sechsten Normen vom Jahre 1933 verzeichnen die schweizerischen Portlandzemente selbst durch die sechs Kriegsjahre (1939 bis 1945) hindurch eine beachtenswerte ∞ Unveränderlichkeit ihrer Festigkeitsqualität. Die schweizerischen Portlandzemente gehören zu den besten der Welt¹¹⁾.

*

Eisenportlandzemente mit höchstens 30% Schlackenanteil wurden auch während des zweiten Weltkrieges in die Schweiz eingeführt. Zur Untersuchung gelangten 30 Sendungen. Als normengemäss wurden 70% aller Sendungen befunden, $\sim$ 30% befriedigten nicht; höchstwahrscheinlich handelte es sich um Hochofenzemente mit 30% übersteigendem Schlackenanteil. Soweit feststellbar, haben sich die importierten Eisenportlandzemente gut bewährt.

*

Hochofenzemente mit über 30% und höchstens 85% Schlacke vermögen den schweizerischen Portlandzementnormen nur aus-

¹⁰⁾ M. R. o. s. «Versuche und Erfahrungen an ausgeführten Eisenbeton-Bauwerken in der Schweiz 1924–1943.» Auswirkung auf die zukünftige Entwicklung der Beton- und Eisenbeton-Bauweise. Sonderdruck aus dem XXXII. Jahresbericht 1942 des Vereins Schweizerischer Zement-, Kalk- und Gipsfabrikanten und «65 Jahre Schweiz. Portlandzement-Normen». Festschrift Dr. E. Martz, Zürich 1945.

¹¹⁾ M. R. o. s. «Ergebnisse vergleichender Prüfungen von schweizerischen und ausländischen Zementen entsprechend den schweizerischen Normen», Untersuchungen der EMPA aus den Jahren 1924–1926. Diskussionsbericht EMPA Nr. 20, Zürich 1927.

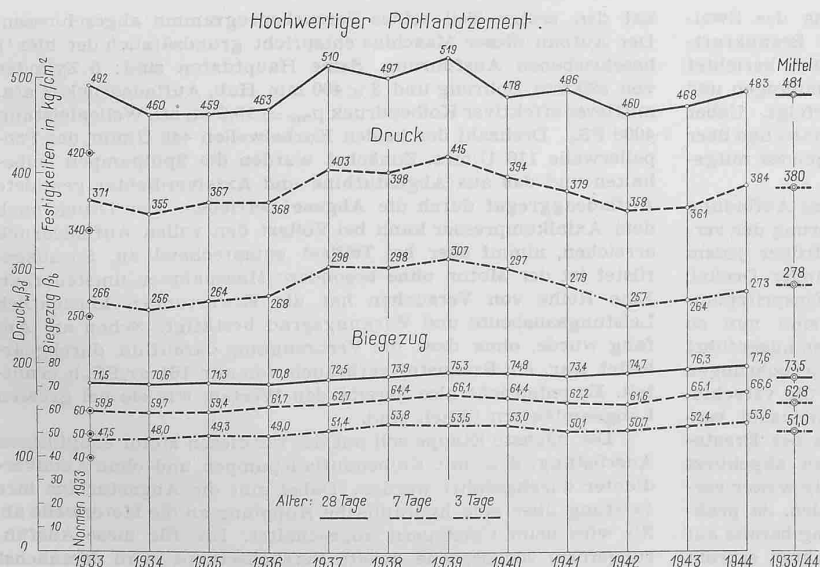


Abb. 5. Schweizerische Hochwertige Portlandzemente (HPZ) 1933 bis 1944. Biegezug- und Würfeldruck-Festigkeiten. Jahresmittelwerte. Gesamtmittelwerte. Alter 3, 7 und 28 Tage. Normenwerte 1933

nahmsweise, in der Regel nicht zu genügen. Infolge des sehr grossen Spielraumes im Schlackenanteil schwanken auch die Festigkeitseigenschaften in weiten Grenzen. Die Hochofenzemente sind gegen Lagerung empfindlich. Die Schwindmasse sind gross. Die Hochofenzemente befriedigen nicht und haben sich bei Luftbauten *nicht* bewährt.

Gemäss den schweizerischen Bindemittelnormen von 1933 haben die Abbindezeiten, die Volumenbeständigkeit und die Festigkeitseigenschaften der Eisenportland- und Hochofenzemente den Vorschriften für Portlandzemente zu genügen. Die Erfüllung der gleichen technischen Reinheit wie für Portlandzemente wird nicht verlangt.

*

«Schlackenzemente sind für langsam fortschreitende Arbeiten unter Wasser oder in feuchter Luft brauchbar, die keine hohen Festigkeiten erfordern. An der Luft neigen sie zu Schwindrissigkeit und sind deshalb für Luftbauten nicht zu empfehlen».

Schlackenzemente waren zu Beginn dieses Jahrhunderts in den U. S. A. sehr im Gebrauch.

In England hat die Verwendung nie grosse Ausmasse angenommen und in Deutschland hat sie praktisch aufgehört. In Belgien und Frankreich wurden sie, obschon auch folgen-schwere Rückschläge zu verzeichnen waren, bis zu Kriegsbeginn (1939) verwendet¹²⁾. In der Schweiz liegen für Bauten in ständiger Nässe bzw. Feuchtigkeit gute, bei Luftbauten schlechte Erfahrungen vor.

Die industrielle Erzeugung von Schlackenzement, die ihren Ausgang in der Schweiz nahm¹³⁾, konnte sich selbst in Roheisen erzeugenden Ländern, wobei die Schlacke in Form von in Wasser abgeschreckter, granulierter Hochofenschlacke als Nebenprodukt gewonnen wird, nicht behaupten und wurde, der ihr anhaftenden technisch-wirtschaftlichen Schwäche wegen — empfindliche Lagerungsbeständigkeit, geringe Anfangsfestigkeit, Schwindrissigkeit, Gesteigungskosten — fast gänzlich verlassen¹²⁾.

¹²⁾ F. M. Lea und C. H. Desch: «Die Chemie des Zementes und Betons.» Deutsche Ausgabe Zementverlag G. m. b. H., Berlin 1937. Original in englischer Sprache.

¹³⁾ Der Beginn der Schlackenzement-Fabrikation der Ludw. von Roll'schen Eisenwerke in Choindez reicht in die 80er Jahre des vorigen Jahrhunderts zurück. Der Schlackenzement wurde insbesondere durch die Schweizerische Landesausstellung 1883 bekannt und in grösseren Mengen in den Handel gebracht.

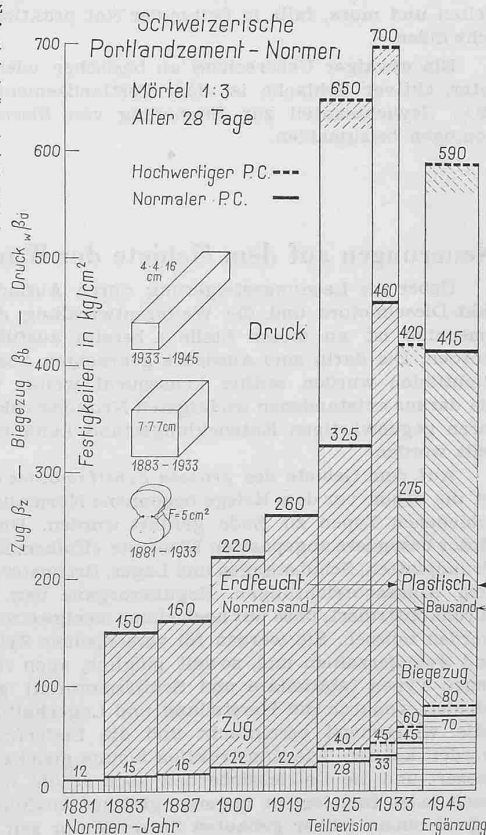


Abb. 7. Schweizerische Portlandzement-Normen 1881 bis 1945. Steigerung der vorgeschriebenen Druck- und Zugfestigkeiten

Heute wird Hochofenschlacke rationeller ausgenützt, indem man sie dem Portlandzement zusetzt und durch homogene Feinmahlung Eisenportlandzement (Schlackenanteil bis max. 30%) und Hochofenzement (Schlackenanteil > 30% bis < 85%) erzeugt.

Schlussfolgerung

Von einer Erzeugung des *Schlackenzementes* als Mischung von im Schachtofen elektrisch geschmolzener und sodann in Wasser abgeschreckter, granulierter Schlacke (Schlackensand) und Kalkhydrat (Kalk elektrisch gebrannt) ist, zufolge des sehr ungünstigen technisch-wirtschaftlichen Wirkungsgrades (im Verhältnis zu der niedrigen Festigkeit viel zu hoher Energieverbrauch), Abstand zu nehmen. Der getrennte Doppelbrand — Schlacke einerseits und Kalk andererseits — wirkt sich sehr unwirtschaftlich aus.

Schlackenzement wird seit 1918 in der Schweiz nicht mehr erzeugt, da dessen Herstellung, selbst bei Verwendung der Hochofenschlacke als Nebenprodukt, bautechnisch bewertet nicht befriedigt und er durch den weitaus besseren Portlandzement wesentlich vorteilhafter ersetzt werden kann. Im Falle der Verwendung von Schlackenzement, der gemäss den schweizerischen Normen für die Bindemittel der Bauindustrie wie die andern Bindemittel, wenn normengemäss, auch zugelassen wird, ist ganz besonders zu beachten, dass er nur für Arbeiten unter Wasser oder in feuchter Luft, die keine hohen Festigkeiten erfordern, brauchbar ist. Von einer Verwendung des *Schlackenzementes* für den Bau von Talsperren ist dringend abzuraten.

Hochofenzement, durch Zusatz von aktiver Schlacke zu Portlandzement in Gewichtsanteilen von > 30% bis < 85% erzeugt, ist desgleichen gegenwärtig von der Erzeugung auszuschliessen.

Falls die industrielle Erzeugung von geeigneter Schlacke in elektrischen Niederschachtofen zu einem für die Zementverwertung günstigen Ergebnis führen sollte, ist die granulierten Schlacke dem Portlandzement, nach vorheriger Eignungsprüfung in der EMPA, in einem Gewichtsanteil von allerhöchstens 15% Schlacke und 85% Portlandzement, normalerweise 10% Schlacke und 90% Portlandzement durch homogene Mahlung beizumischen. Diese Mischung muss den schweizerischen Bindemittelnormen 1933 für Portlandzement in allen Teilen — auch in bezug auf chemische Reinheit — Genüge leisten. Die Benennung bleibt «Portlandzement». Das elektrische Schmelzen von Schlacke in Niederschachtofen kann nur als ein sehr kostspieliger Notbehelf gelten und muss, falls in Zeiten der Not praktiziert, wieder verschwinden.

Ein etwaiger Ueberschuss an basischer oder ähnlich geariteter, aktiver Schlacke ist dem Portlandzement bis höchstens 30% Gewichtsanteil zur Erzeugung von *Eisenportlandzement* homogen beizumahlen.

Nicht nur zur Ueberbrückung der gegenwärtigen und aller nächsten Not an Bindemitteln für die Bauindustrie infolge Mangel an Importkohle und damit zur Unterbindung schwerwiegender Folgen der Arbeitslosigkeit, sondern auch in weitblickender Erkenntnis zukünftiger industrieller Probleme bautechnischer Natur, die mit dem gesamten Bau- und Verkehrswesen sowie der Elektrizitäts-Erzeugung und -Versorgung des Landes und damit mit der Unabhängigkeit vom Ausland auf das allerengste verknüpft sind, ist die technisch-wirtschaftliche Lösung des bereits grundsätzlich gelösten Problems des *elektrischen Brennens von Portlandzement* in den Vordergrund zu rücken. Die ihm seitens der führenden schweizerischen Portlandzementindustrie bereits gewidmete Aufmerksamkeit ist, gegebenenfalls mit Staats-subvention, ohne Zeitversäumnis zu fördern.

Dem elektrischen Brennen von Portlandzement ist gegenüber dem elektrischen Schmelzen von Schlacke des entschiedensten der Vorrang einzuräumen. *Portlandzement ist das universalste, bautechnisch wertvollste und wirtschaftlich vorteilhafteste Bindemittel, das dank seinen allseitigen und vorzüglichen material-technischen Eigenschaften alle anderen hydraulischen Bindemittel der Bauindustrie, ausgenommen den Tonerdezement, zu ersetzen vermag.*

Von einer Einteilung und Normierung von Portlandzementen nach Verwendungszwecken gemäss folgendem Schema

Bezeichnung	Chem. Charakteristik
gewöhnlicher Portlandzement für Hausbau	—
hochwertiger Portlandzement für rasch zu erstellende, hochbeanspruchte Luftbauten	reich an Trikalziumsilikat
Wasserbau-Portlandzement für Wasserbauten und Strassen; wasserbeständig, dicht, geringes Schwinden	reich an Dikalziumsilikat
Wasserbau-Portlandzement mit niedriger Abbindewärme für Massiv- und Talsperrenbau	reich an Dikalziumsilikat und gleichzeitig aluminatarm

ist, insbesondere in der Gegenwart, entschieden abzuraten. Viel wichtiger ist es, das gegenwärtige hohe Niveau der Bindemittelindustrie in unserem Lande aufrecht zu erhalten.

Die industrielle Verwirklichung des elektrischen Brennens von Portlandzement bedeutet Pionierarbeit und ist eines der allernächsten Zukunftsprobleme der schweizerischen Bindemittel- und Bauindustrie. Die industriell-wirtschaftliche Lösung des elektrischen Brandes von Portlandzement führt uns ganz besonders in der gegenwärtigen Zeit der Kohlennot, aber auch in Zukunft allein und sicher aus dem Dilemma: *Wir können keinen elektrischen Strom zum Brennen von Portlandzement erhalten, da wir den Strom nicht zur Verfügung haben. Da wir infolgedessen keinen Portlandzement durch Brand in Elektroöfen erzeugen können, sind wir gegenwärtig nicht in der Lage, Kraftwerke zu bauen, um elektrische Energie zu gewinnen.*

Neuerungen auf dem Gebiete der Wärmekraftmaschinen bei Gebr. Sulzer A.-G., Winterthur

Ueber die Leistungssteigerung durch Aufladung des Zweitakt-Dieselmotors und die Weiterentwicklung der Brennkraftmaschine ist an dieser Stelle¹⁾ bereits ausführlich berichtet worden. Die darin zum Ausdruck gebrachten Anschauungen und Richtlinien wurden seither konsequent weiter verfolgt. Ueber die daraus entstandenen wichtigsten Neukonstruktionen und über ihren gegenwärtigen Entwicklungsstand kann folgendes mitgeteilt werden:

Auf dem Gebiete des *grossen Schiffsmotors* ohne Aufladung ist die schon vor dem Kriege begonnene Normalisierung der verschiedenen Typen zu Ende geführt worden. Die früher jedem Motor besonders angepassten Elemente (Kolben, Zylinder, Deckel, Grundplatten, Schubstangen und Lager, Brennstoff-Einspritzpumpen, Anlassvorrichtungen, Regulierorgane usw.) sind nun so durchkonstruiert, dass nur noch einige wenige Grössen ausgeführt werden müssen. Sie werden für verschiedene Zylinderbohrungen und Zylinderzahlen und, soweit möglich, auch für die verschiedenen Typen (stationäre und Schiffsmotoren) gemeinsam verwendet, wodurch die Herstellung und Lagerhaltung der Ersatzteile weitgehend vereinfacht und die Lieferfristen abgekürzt werden können. Die Konstruktion konnte gleichzeitig weiter verbessert und die Betriebsicherheit noch erhöht werden, da praktisch jedes Bauelement in genau gleicher Ausführung bereits auf irgend einem früher gebauten Sulzer-Motor seit Jahren erprobt worden war.

Ein *hochgeladener Zweitakt-Gegenkolben-Schiffsmotor* befindet sich seit einiger Zeit auf dem Versuchstand (Abb. 1) und

hat den ersten Teil seines Versuchsprogramms abgeschlossen. Der Aufbau dieser Maschine entspricht grundsätzlich der hier¹⁾ beschriebenen Ausführung. Seine Hauptdaten sind: 6 Zylinder von 320 mm Bohrung und 2 × 400 mm Hub, Aufladendruck 2 ata, mittlerer effektiver Kolbendruck $p_{me} = 10,6$ at, eff. Wellenleistung 4000 PS_e, Drehzahl der beiden Kurbelwellen 440 U/min, der Propellerwelle 110 U/min. Zunächst wurden die Spülumpen beibehalten und das aus Abgasturbine und Axialverdichter gebildete Aufladeggregat durch die Abgase betrieben. Der Druck nach dem Axialkompressor kann bei Vollast den vollen Aufladendruck erreichen, nimmt aber bei Teillast entsprechend ab. So ausgerüstet ist der Motor ohne besondere Massnahmen umsteuerbar. Eine Reihe von Versuchen hat die Erwartungen hinsichtlich Leistungsausbeute und Wirkungsgrad bestätigt. Schon am Anfang wurde, ohne dass die Verbrennung daraufhin durchgearbeitet war, ein Brennstoffverbrauch von nur 164 gr/PS_eh ermittelt. Er entspricht also bereits den Werten, wie sie bei grossen Langsamläufern üblich sind.

Die nächste Etappe soll mit der für diesen Motor endgültigen Ausrüstung, d. h. mit Kolbenaufładepumpen und ohne Axialverdichter durchgeführt werden. Dabei gibt die Abgasturbine ihre Leistung über eine hydraulische Kupplung an die Motorwelle ab. Sie wird beim Umsteuern abgeschaltet. Die für diese Ausführungsform vorgesehene zweite Versuchsetappe wird demnächst beginnen. Ein Motor dieser Bauart mit hoher Aufladung ist hinsichtlich Raumbedarf den gegenwärtig üblichen Maschinen über-

¹⁾ Vgl. SBZ Bd. 119, S. 147* und 166* (1942).