Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 72 (1954)
Heft: 10

Artikel: Neue Erfahrungen im Massenbetonbau
Autor: Fritsch, Josef
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-61151

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 07.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Neue Erfahrungen im Massenbetonbau

Von Dipl. Ing. Dr. **Josef Fritsch**, Wien *)

DK 693.54

Es dürfte kaum ein Fachgebiet der Technik geben, auf dem in der ganzen Welt trotz unserer Fortschritte und Bestrebungen immer wieder so viel Misserfolge und Schäden auftreten wie beim Massenbeton. Nach einer amerikanischen Statistik zeigen mehr als 20 % der seit einem Menschenalter errichteten grossen Massenbetonbauwerke ernste Schäden. Die Beantwortung einer Rundfrage nach den Ursachen nennt in erster Linie ungenügende Kenntnis der Betontechnologie und insbesondere den Umstand, dass unsere Massenbetontechnik unterschätzt und immer wieder als einfache Angelegenheit hingestellt wird, zu deren Beherrschung es ausreicht, nur die bisher gewonnenen Erfahrungen zu verwerten. Die genannte Zahl der aufgetretenen Schäden gilt für Amerika. Die Unterschätzung der Technologie des Massenbetons aber, und vor allem die zu hohe Bewertung der alten Erfahrungen, erfolgt zweifellos auch durch uns.

Wie kommt es nun, dass Schwierigkeiten der Betontechnik immer wieder unterschätzt werden? Die Ursachen sind verschiedene. Sowohl die Ausgangsstoffe für die Herstellung des Betons, das sind Sand, Kies, Steine, Wasser und Zement, als auch der Mischvorgang mögen bei oberflächlicher Betrachtung einfach erscheinen. In Wirklichkeit ist aber schon die Entscheidung über die Eignung eines vorhandenen Zuschlagstoffes mit einer besonderen Verantwortung verbunden. Es gehört überhaupt ein anerkennenswerter Mut dazu, bei uns in Mitteleuropa die etwas ungebräuchliche, jedoch grundsätzliche Frage zu stellen, ob sich nach dem heutigen Stand der Technik mit den vorgesehenen Rohmaterialien die Errichtung eines bestimmten Bauwerkes überhaupt vertreten lässt.

Ein weiterer Grund für die erwähnten Fehlleistungen ist eine oft vertretene unrichtige Auffassung über das Normenwesen. Die Massenbetontechnik war bei uns in Oesterreich schon viele Jahre vor dem letzten Weltkrieg in festen Regeln und Arbeitsvorschriften erstarrt, deren Macht und Reichweite auf ihrer Verankerung in unseren Normen beruhten. Die bei uns so entstandene «alte klassische Betonlehre» war dadurch gekennzeichnet, dass im Leistungsverzeichnis ein genormter Siebkurvenbereich, eine feste Zementdosierung je Kubikmeter Beton und dazu noch die Verarbeitbarkeit beziehungsweise Verdichtungsart vorgeschrieben wurden, während diejenigen Faktoren, von denen die Betonfestigkeit unmittelbar abhängt, nämlich Verdichtungsgrad und Wasserzementwert, wenig Beachtung fanden.

Gewiss, wir brauchen Normen und Anhaltspunkte für Siebkurven. Derartige Richtlinien müssen jedoch laufend dem letzten Stand der Technik angepasst werden, keinesfalls aber dürfen sie ihren Fortschritt behindern. Der Praktiker aber wird nur dann seine Erfahrungen am besten verwerten, wenn er sie eingehend und ständig kritisch überprüft und laufend dem letzten Stand der Technik anpasst. Hiermit sei nicht die Auffassung eines bekannten Stollenbauers verteidigt, dass neuzeitliche Arbeitsvorgänge und Geräte erst dann ihren vollen Nutzen bringen können, wenn der letzte Praktiker alter Schule die Baustelle verlassen hat.

In diesem Zusammenhang sei auf die Einstellung der Amerikaner zu ihrer Forschung hingewiesen. Der unleugbare Vorsprung, den die Amerikaner gerade auf unserem Fachgebiet haben, ist vielleicht in erster Linie die für unsere Begriffe unerhörte Macht der Forschung, ferner die Vielzahl ihrer Baustellen, die phantastischen Mengen des jährlich verbauten Betons, die Grösse und der Reichtum dieses Landes, kurz all das, was wir so gerne als «die unbegrenzten Möglichkeiten» bezeichnen und bewundern. So wichtig diese Faktoren sein mögen, so stehen sie bei einem Vergleich der Verhältnisse doch keineswegs an erster Stelle. — An erster Stelle steht vielmehr der amerikanische Mensch, der Ingenieur, der in einer neuen Grossbaustelle nicht etwa ein willkommenes Anwendungsgebiet seiner bisherigen Erfahrungen sieht, sondern von ihr neue Fortschritte erwartet; seine alten Erfahrungen aber dienen ihm nur als Ausgangspunkt und Wegweiser für weitere Forschungen ebenso wie für die technische Weiterentwicklung der Betontechnik. Ein Standpunkt, der unsere Beachtung verdient.

Kommen wir auf die sogenannte «alte klassische Betonlehre» zurück und versuchen wir die Fortschritte herauszustellen, die die heutige Technik von ihr unterscheiden. Die heutige Entwicklung ist nur zum Teil aus der Anwendung und Weiterentwicklung altbekannter Zusammenhänge und Theorien entstanden. Sie beruht vielmehr auch auf Ergebnissen, die den bisherigen Auffassungen anscheinend widersprechen. Als Beispiel sei das so wichtige und heikle Gebiet der beizugebenden Zementmenge angeführt. Früher hatte man den Zementgehalt eines Kubikmeters verdichteten Betons, also den Kennwert der *Dosierung*, fest vorgeschrieben. Dies führte zwangsläufig zu der Auffassung, dass ein Beton unter allen Umständen von höherer Qualität sei, je höher der Zementgehalt ist, eine Auffassung, die zu schweren Missverständnissen führen kann. Aehnliches gilt von der Ueberschätzung der Druckfestigkeit eines Betonkörpers als Masstab für die Bewertung einer Betonmischung.

A. Feinstkorntechnik von Betonmischungen

Als wichtigsten Fortschritt werten wir die Behandlung derjenigen Korngruppen, die wegen ihrer kleinen Abmessungen bisher einer baustellenmässigen Behandlung nur in beschränktem Masse zugänglich waren. Die in den deutschen Normen enthaltenen Siebkurven begannen bei dem Wert von 0,2 mm. Die Baumaschinentechnik kannte aber bis in die allerjüngste Zeit keinen Weg, um die Zusammensetzung des Sandes unter 2 oder 3 mm in bestimmter Weise zu regeln. Die bisher üblichen Sandwaschmaschinen schwemmten mit dem Wasser wohl einen Teil der unerwünschten Feinstteile, aber damit stets auch einen Teil der überaus wertvollen kleineren Körnungen fort. Sie arbeiteten aber viel zu roh, um eine genaue Abgrenzung hinsichtlich Korngrösse oder Qualität zu ermöglichen. Eine Siebung im grossen Masstab aber ist erst bei einer Trennkorngrösse von mindestens 2 bis 3 mm möglich. Man musste sich daher darauf beschränken, hinsichtlich des Wertes der Siebkurve bei 0,2 mm eine blosse Feststellung zu machen, ohne die Möglichkeit zu haben, die in der Norm angegebenen Sollwerte durch praktische Massnahmen in irgend einer Weise herbeizuführen.

Theoretisch kannte man den wesentlichen Einfluss des allerfeinsten Sandes auf die Verarbeitbarkeit des Frischbetongemenges schon seit langem. Da jedes einzelne Korn mit Zementleim umhüllt werden muss, entscheidet vor allem die jeweils anfallende Zusammensetzung des Feinstsandes über den Bedarf an Wasserbindemittelleim. Für den Aufbau des Sandes gibt es in jedem Fall einen Bestwert, der durch den Mindestbedarf an Leim gekennzeichnet ist.

Als wichtigster Schritt zur Verbesserung des Feinstsandes erscheint uns — vor allem bei Moränenmaterial — die «Entstaubung», das ist die Entfernung der allerfeinsten Stoffe und ihr teilweiser Ersatz durch künstliche Luftporen. In zweiter Linie muss dann die Unterteilung und getrennte Dosierung des Sandes unter 3 mm in mindestens zwei Fraktionen erfolgen.

Die ersten Versuche zur Entstaubung eines Moränenmaterials wurden vom Verfasser mit einer *Prallplatte* nach dem in Bild 1 gezeigten Schema durchgeführt. Es erfolgte hierbei gleichzeitig eine Sortierung der feinsten Körner nach ihrer Eignung als Betonzuschlagstoff: auch die allerfeinsten rundlichen Quarzkörner, die bei den üblichen Schwemmverfahren weggespült werden, bleiben bei dieser Trennung erhalten, während alle ihrer Form nach ungünstigen, also glimmerigen, stäbchenförmigen, erdigen und staubigen Bestandteile entfernt werden. Durchgeführte Betonversuche bewiesen den praktischen Wert einer derartigen Trennung. Als nächster Schritt mussten Einrichtungen gefunden oder entwickelt werden, die auf der Baustelle im grossen verwendbar sind. Hierfür übernahmen wir, ähnlich wie die Amerikaner, ein in der Montanindustrie erprobtes Verfahren. An unseren Baustellen an der Oberstufe Kaprun ebenso wie am Donaukraftwerk Jochenstein wurden Horizontal- und Vertikalschlämmeinrichtungen nach dem System von Dr. Eder errichtet. Diese

*) Auszug aus dem Vortrag des Verfassers, gehalten am 28. Oktober 1953 im Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein.

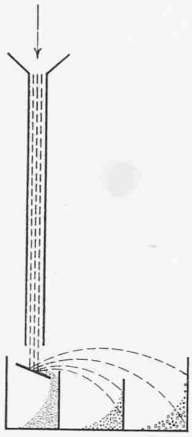

Bild 1. Prallplatte, Schema

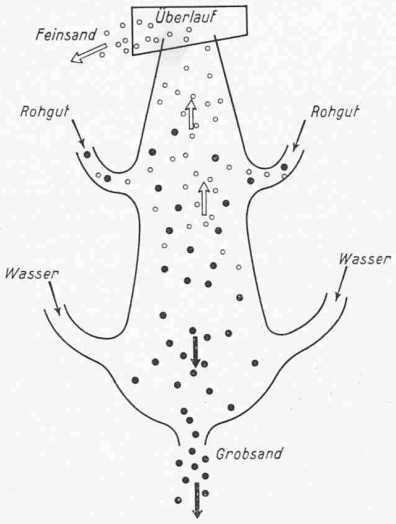

Bild 2. Prinzip der Rheax-Vertikalschlämmung nach dem Patent von Dr. Eder

Anlagen, die in letzter Zeit unter dem Namen «Rheax» bekannt geworden sind, werden auch an der Baustelle der Talsperre Zervreila und an der des Donauwerkes Ybbs-Persenbeug eingebaut. Wie das Schema (Bild 2) zeigt, erfolgt in der Birne des Vertikalschlämmapparates das Absinken der gröberen Körnungen entgegen einem nach aufwärts gerichteten Wasserstrom; diese beiden entgegengesetzten Bewegungen bringen eine ungleich genauere Trennung der Körnungen mit sich. Die erreichte Trennschärfe ist auch grösser als bei den auf amerikanischen Grossbaustellen üblichen «Fahrenwald»-Anlagen der Firma Dorr [1]).

Ist der Natursand in seiner Zusammensetzung nur einigermassen richtig aufgebaut, so genügt es mitunter, nur einen Teil des gesamten Sandes durch die Trennanlage zu schicken, während der Rest völlig naturbelassen zugegeben wird. Voraussetzung hierfür ist aber die *ständige* Ueberprüfung der Zusammensetzung des so gemischten Sandes im Laboratorium. Dabei hat die Entnahme der Sandproben vom Förderband und nicht etwa von einer Halde zu erfolgen.

Unter Verwendung der gezeigten Schlämmanlage System Eder wurden an den beiden genannten österreichischen Baustellen bereits erhebliche Betonmengen hergestellt, so dass über die dabei gemachten *Erfahrungen* berichtet werden kann.

Wesen und Erfolg dieser Einrichtungen beruhen letzten Endes darauf, dass das bisher nur für gröbere Fraktionen gebräuchliche Arbeiten mit getrennten Körnungen nach einer anzustrebenden Sieblinie nun auch auf den allerfeinsten Bereich erstreckt werden kann. Wir wissen heute, dass wir mit dem bis zur Zementfeinheit aufbereiteten und entstaubten Material die höchste Betonqualität erreichen können, die unter den gegebenen Verhältnissen, also insbesondere mit dem gewählten Wasserzementleim *überhaupt* erwartet werden kann. Die erreichbaren Vorteile gegenüber den bisherigen Verfahren sind wesentlich und erstrecken sich insbesondere auf die folgenden Belange:

1. Zunächst ist man in der Lage, hinsichtlich des Aufbaues des *Korngemenges* einen weiteren Schritt zu gehen und eine zusätzliche Verbesserung der Sieblinie zu erforschen und praktisch einzuhalten. Wir wissen heute [2]), dass unter sonst gleichen Verhältnissen diejenige Betonmischung sowohl in wirtschaftlicher als auch in jeder technischen Beziehung die wertvollste ist, bei der die ideale Verarbeitbarkeit mit der *geringsten Menge* des gewählten Wasserzementleimes erreicht werden kann. Eine über den Bestwert hinausgehende Zugabe von Zementleim, bzw. Wasser würde sich aber in jeder Beziehung ungünstig auswirken: das Wasser ist es, das nicht nur die Festigkeit, sondern vor allem auch die Frostbeständigkeit herabsetzt und gleichzeitig das Schwindmass des Betons erhöht.

[1]) Fritsch: Amerikanischer Talsperrenbau, «Schriftenreihe des Oe. Wasserwirtschaftsverbandes», Heft 24, S. 10, Wien, Springer.

[2]) Fritsch: Aufbau und Eignungsprüfung von Rüttelbeton, «Oe. Bauzeitschrift», 3. Jg., H. 1/3, 1948, Wien, Springer.

2. Die so gefundene Betonzusammensetzung bietet gleichzeitig die Gewähr dafür, dass an der Baustelle die stets anzustrebende praktisch vollkommene *Frischbetonverdichtung* auch tatsächlich erfolgt und zwar in der denkbar kürzesten Zeit.

3. Damit sind die Voraussetzungen erfüllt, um weiterhin als Ziel und Kennwert für die Zusammensetzung der Betonmischungen nicht mehr die Zementdosierung allein anzusehen, sondern gleichzeitig auch mit dem Verhältnis des Wassers zu den Bindemitteln, also dem *Wasserbindemittelwert* praktisch zu arbeiten. Es ist der Weg eröffnet, um das schon lange bekannte, aber bisher wenig angewandte Abramsche Gesetz über die Abhängigkeit der Betonfestigkeit vom Wasserzementwert in die Praxis einzuführen. Dies war bisher, und zwar so lange nicht möglich, als wir die für die Betonfestigkeit in erster Linie massgebenden Kennwerte, nämlich den Wasserbindemittelwert und das Porenvolumen des verdichteten Betons nicht ziffernmässig erfasst hatten.

4. Nicht weniger ausschlaggebend ist die mit den bisherigen Einrichtungen nicht erreichte, praktisch vollkommene *Gleichmässigkeit* der Betonqualität, wie sie heute das Zusammenwirken der drei Faktoren — Feinstsandaufbereitung — Johnsonturm — Rüttelverfahren — ermöglicht. Sie fand bisher vor allem in den unvermeidbaren Schwankungen der Zusammensetzung des Feinstsandes ihre Grenzen. Solange eine bestimmte Dosierung und Verarbeitbarkeit vorgeschrieben waren, mussten schon bei der geringsten Aenderung in der Zusammensetzung der allerfeinsten Fraktionen mitunter merkbar grössere Wassermengen zugegeben werden, um die Mischung ständig in der geforderten Verarbeitbarkeit zu halten. Die dadurch verursachten Veränderungen der Betonqualität bleiben aber im allgemeinen unbemerkt, zumal ja dabei sämtliche Forderungen des Leistungsverzeichnisses, und zwar insbesondere hinsichtlich Dosierung und Konsistenz, eingehalten wurden. Diesen Streuungen versuchte man bisher dadurch Rechnung zu tragen, dass man unter dem Titel «Sicherheit» eine entsprechende Ueberdosierung an Bindemittel vornahm [3]). In Wahrheit aber erreichte man dadurch keineswegs eine eindeutige Verbesserung der Betonzusammensetzung, da mit der höheren Dosierung auch eine entsprechend höhere Wassermenge in die Mischung kam.

5. Eine besondere technische Bedeutung kommt der völligen Ausscheidung des allerfeinsten Materials, der sogenannten *Entstaubung* zu: Es ist Tatsache, dass vor allem bei dem qualitativ oft nicht hochwertigen Material, wie wir es im Hochgebirge, insbesondere in Moränen antreffen, von der Natur an erster Stelle die mineralogisch schlechtesten Teile des Gesteins, also die weicheren, angefaulten oder verwitterten Körner auf Feinstteile zerrieben werden, die betontechnisch minderwertig, wenn nicht schädlich sind; sie setzen vor allem die Frostbeständigkeit des Betons erheblich herab [4]).

Nicht geringer sind die Vorteile, die eine derartige Entstaubung als Wegbereiter für eine exakte Anwendung der sogenannten *künstlichen Luftporen* darstellt. Man schafft Platz für ihre Entwicklung und eröffnet damit einen neuen und genaueren Weg für ihre Dosierung und Einbeziehung in den Aufbau des feinsten Kornes. Trotzdem die Anwendung von Luftporen auf einem verhältnismässig einfachen Vorgang beruht und die Zahl der Forschungsarbeiten und Veröffentlichungen über diesen Punkt ins Unermessliche wächst, besitzen wir noch keineswegs einfache und befriedigende Lösungen und Gebrauchsanleitungen für unsere Baustellen.

Wir wollen hier vom primären Zweck der Luftporen, nämlich der Erhöhung der Frostbeständigkeit, einen Augenblick absehen und nur die Rolle betrachten, welche diese Poren als Feinstkorn höchster Qualität in der Betonmischung spielen. Sie wirken sich bekanntlich vor allem durch eine zusätzliche Verbesserung der Verarbeitbarkeit und damit durch die Möglichkeit einer merkbaren Herabsetzung des Bedarfes an Bindemittelleim aus. Eine Schwierigkeit liegt aber darin, dass die Erzeugung von Luftporen in einer Frischbetonmischung wesentlich durch den Gehalt an Feinstteilen, Zement und Wasser beeinträchtigt wird. Dies kann so weit gehen, dass in sehr trockenen, aber auch in staubreichen Mischungen die Entwicklung der Luftporen gänzlich unterbunden wird. Wir

[3]) Fritsch: Talsperrenbeton, Sicherheit und Verantwortung, «Schriftenreihe des Oesterreich. Wasserwirtschaftsverbandes», Heft 15, Springer, Wien.

[4]) Wogrin: Kurze Uebersicht der Entwicklung und Prüfung des Betons für die Limbergsperre (Festschrift der Tauernkraftwerke AG: Die Hauptstufe Glockner-Kaprun).

wissen weiter, dass die Luftporen während der Verdichtung des Betons zum Teil wieder entweichen, und dass dieser Teil von der Wirkung des Rüttlers und von der Steife des Betons abhängt.

Dabei dürfen wir aber den in einem bestimmten Fall erreichbaren Gehalt an Luftporen nicht als den einzigen Wertmesser für die Beurteilung ansehen. Die eben erwähnte Verringerung der erforderlichen Leimmenge ist unter Umständen nicht geringer einzuschätzen und stellt nicht bloss eine Funktion der erzeugten Luftporenmenge dar; sie hängt vielmehr ebenso von der Art des allerfeinsten Sandes wie von der Qualität des Luftporenmittels ab. Wir haben es also auch hier mit Streuungen zu tun, die letzten Endes auf die ständigen und bisher meist unbemerkten Schwankungen im Aufbau des feinsten Sandes zurückzuführen waren. Sie haben den Wirkungsgrad der Luftporenmittel dauernd und in einem meist unbekannten Ausmass beeinträchtigt. Unsere Erfahrung lehrt uns, dass durch die völlige Entstaubung die Vorteile der luftporenbildenden Mittel mit einem bisher nicht erreichten Wirkungsgrad erfasst werden können.

Zur *Beurteilung* des Wertes eines luftporenbildenden Mittels ist demnach in jedem einzelnen Fall durch praktische Versuche sowohl die Frage nach der Menge der erzeugten Luftporen, als auch die nach der erreichbaren Verringerung des Bedarfes an Wasserzementleim *gleichzeitig* zu beantworten.

B. Prüftechnik

Die im vorstehenden gezeigten neuen Entwicklungen stellen an die Prüftechnik neue Anforderungen. Wie erwähnt, handelt es sich in erster Linie darum, die Siebkurven auch auf den allerfeinsten Bereich zu erstrecken. Dies erfordert ein ungleich genaueres Arbeiten, als wir es bisher gewohnt waren, zumal wir gleichzeitig auch den *Verdichtungsgrad* beachten und als Kennwert für den Zementgehalt in erster Linie den *Wasserzementwert* verwenden wollen. Es sollen daher im folgenden Arbeitsvorgänge und Geräte beschrieben werden, die sich hierfür an unseren Prüf- und Baustellen seit Jahren bewähren[5]). Sie setzen uns in die Lage, in einem einfachen, und vor allem raschen Verfahren den Wert einer Kornmischung zu kennzeichnen und dabei den Einfluss der Feinstteile und der Luftporenmittel klar aufzuzeigen.

Die Prüfmethode geht vom erwähnten Abramsschen Gesetz aus, nach dem die Festigkeit eines Betonkörpers unter sonst gleichen Verhältnissen, das ist insbesondere bei gleichem Verdichtungsgrad, ausschliesslich vom Wasserzementwert abhängt. Wir sehen nun diejenige Mischung als die in jeder Beziehung wertvollste an, bei der die ideale Rüttelwilligkeit mit der geringsten Menge Wasserzementleim erreicht werden kann.

Um nun für eine neue Baustelle die Zusammensetzung der Betonmischung erstmalig zu entwickeln, gehen wir praktisch so vor, dass wir zunächst in Vorversuchen dasjenige Verhältnis von Wasser zu Zement suchen, mit dem unter den gegebenen Verhältnissen der Baustelle bei praktisch vollkommener Frischbetonverdichtung die jeweils geforderte Festigkeit erreicht wird. Bei allen weiteren Versuchen wird dann für diesen Bauteil dieser Faktor stets unverändert beibehalten und lediglich die Leim-*Menge* bestimmt, die bei den verschiedenen zur Prüfung kommenden Kornzusammensetzungen jeweils erforderlich ist, um die ideale Rüttelwilligkeit zu erreichen.

Dabei dürfen wir allerdings nicht einen Fehler machen, der mit der Einführung der Rüttelbetontechnik zunächst auf Prüfstellen in aller Welt übernommen wurde: Zur Verdichtung einer Betonprobe tauchte man einfach einen Innenrüttler unmittelbar in die Probekörper ein. Die Folge war, dass eine für diese kleine Betonmenge viel zu grosse Rüttelenergie angewendet und in jedem Falle, also auch bei ausgesprochen schlechter Rüttelwilligkeit, die praktisch vollkommene Verdichtung erreicht wurde. Damit aber ging nicht nur jeder Masstab für die Beurteilung der Verdichtbarkeit verloren, man konnte insbesondere auch Porenvolumen und Leimbedarf, also diejenigen Werte nicht erfassen, welche die Mischung entscheidend kennzeichnen. Eingehende Versuche[6]) haben gezeigt, dass der Rüttler auf seine unmittelbare Umgebung eine

[5]) Patente in Oesterreich, Schweiz, Deutschland.

[6]) Kolb: Ueber Betonverdichtung durch Innenrüttler, «Die Bautechnik» 1949, Heft 2.

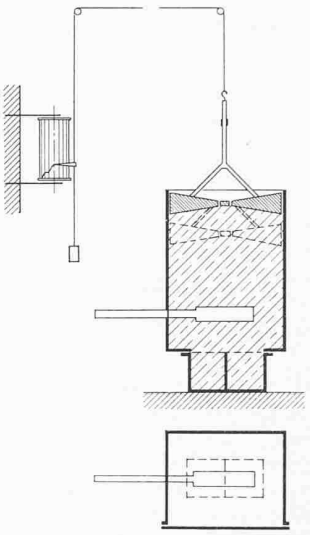

Bild 3. Grosses Rüttelprüfgerät, Schema

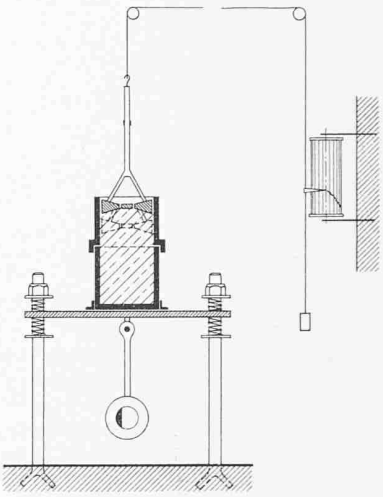

Bild 4. Kleines Rüttelprüfgerät, Schema

grundsätzlich *andere* Wirkung ausübt, als auf die entfernteren Zonen seines Wirkungsbereiches. Diese Erwägungen führten zur Konstruktion eines neuen Prüfgerätes, dessen Schema Bild 3 zeigt.

Der Tauchrüttler wirkt hier auf eine Betonmenge ein, die ihrer Grössenordnung nach dem Wirkungsbereich dieses Rüttlers an der Einbaustelle entspricht. Auch die Entfernung der am Boden des Kessels eingebauten Würfeldruckformen vom Rüttler entspricht ebenso wie das Grösstkorn der verwendeten Mischung mittleren Verhältnissen der Baustelle. Mit Rücksicht auf die für jeden Versuch erforderliche grosse Betonmenge ist diese Type in erster Linie zur Verwendung auf der Baustelle geeignet. Für Betonlaboratorien wurde ein kleineres Modell entwickelt, bei dem die Betonprobe in einer Würfelform auf einem Rütteltisch verdichtet wird (Bild 4). Der zum Antrieb verwendete Rüttler ist jetzt an einem Pendel unterhalb der Tischplatte so befestigt, dass Nebenschwingungen ausgeschaltet werden. Dabei sind die Intensität der Rüttelung und die Feder des Rütteltisches so abgestimmt, dass auf dem kleinen Rütteltisch mit der gleichen, bzw. entsprechenden Betonmischung die gleichen Setzungskurven erzielt werden, wie auf dem grossen Gerät.

Zum Gebrauch wird ein Rüttelprüfgerät zunächst locker mit Beton gefüllt und dann der schwere Betondeckel lose aufgelegt. Bei Inbetriebnahme des Rüttlers sinkt der Deckel herab und überträgt seine Bewegung auf das angeschlossene Schreibgerät, dessen Konstruktion dem eines Wasserstandpegels gleicht. Man erhält so eine Setzungskurve, deren Verlauf einen ausserordentlich empfindlichen Masstab für die «Rüttelwilligkeit» der Betonmischung darstellt. Sie gibt überdies den in jedem Augenblick vorhandenen Verdichtungsgrad der Betonprobe an.

Die Verwendung dieser Geräte sei an einigen *Beispielen* kurz erläutert. Wie mehrfach erwähnt, gibt uns das Rüttelprüfgerät die Möglichkeit, die Frage nach der Eignung eines Korngemenges stets durch Bestimmung der Wasserzementleim-*Menge* zu beantworten, die erforderlich ist, um eine ideale Rüttelwilligkeit und gleichzeitig die praktisch vollkommene Frischbetonverdichtung zu erreichen. Im einfachsten Fall sind das zu prüfende Korngemenge einerseits und der Wasserzementwert anderseits gegeben, und wir hätten nun durch Einzelversuche zu erforschen, welche Menge dieses Wasserzementleimes benötigt wird, um die ideale Verdichtbarkeit gerade noch zu gewährleisten. Es ist hierzu weder notwendig noch zweckmässig, diese Zementleimmenge etwa durch Ausprobieren verschiedener willkürlich gewählter Dosierungen erraten zu wollen. Der folgende systematische *Prüfvorgang* ist vielmehr einfacher und genauer:

Wir geben dem Korngemenge für den ersten Einzelversuch eine etwas zu gering bemessene Menge Wasserzementleim bei. Der Erfolg wird ein ausserordentlich langsamer Rüttelvorgang sein, der sich in unserem Schreibgerät durch eine sehr flache Kurve abzeichnet. Sodann wiederholen wir den Versuch mit einer verhältnismässig grossen Menge Leim, so dass wir eine

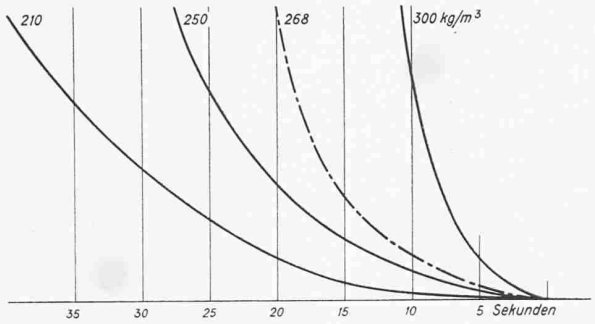

Bild 5. Rüttelprüfgerät, Setzungskurven einer Versuchsreihe

rasche Setzung und eine steile Kurve erhalten. Ein dritter Versuch wird mit einem beliebigen Zwischenwert ausgeführt. Die aus diesen Einzelversuchen gewonnenen drei Setzungskurven werden nun so übereinander gezeichnet, wie dies Bild 5 zeigt. Aus Erfahrung wissen wir, dass ein Frischbeton mit idealer Rüttelwilligkeit in unserem Gerät eine ganz bestimmte Setzungskurve liefern würde, die strichpunktiert zwischen den soeben gefundenen Kurven eingetragen wird. Beschreiben wir nun jede einzelne der drei im Versuch dargestellten Setzungskurven mit der jeweils verwendeten Leimmenge, so können wir nun leicht durch graphische Interpolation den Zementbedarf der Betonmischung ermitteln, welche diese ideale Rüttelwilligkeit aufweisen würde. Man braucht dazu diese Mischung tatsächlich im Versuch nicht herzustellen. Die drei Einzelversuche liefern uns somit als Kennzeichen der zu prüfenden Kornmischung die Menge Wasserzementleim, die zur Erreichung der besten Verarbeitbarkeit erforderlich ist.

Bild 6 gibt ein Beispiel für die Auswertung der Ergebnisse, wie wir sie für eine Talsperrenbaustelle in Niederösterreich durchgeführt haben[7]). Dort stand ein Bruchmaterial zur Verfügung, dessen Qualität insbesondere in den feinen Fraktionen nicht erstklassig war. Daher wurde das Brechgut unter 3 mm restlos entfernt und statt dessen aus grösserer Entfernung ein natürlicher, hochwertiger Feinsand angeliefert. Es war die Frage zu beantworten, mit welcher Menge Fremdsand die günstigsten Ergebnisse zu erwarten sind. Hierzu wurden Vorversuche nacheinander mit einer Beigabe von 200, dann von 400 und schliesslich von 600 kg Sand je Kubikmeter Beton vorgenommen (Bild 6a). Für jede so hergestellte Kornmischung a—c wurde die erforderliche Leimmenge in der eben beschriebenen Weise ermittelt, und zwar zunächst ohne Beigabe eines Luftporenmittels. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Man war dann in der Lage, die Beziehung zwischen Sandbeigabe und der jeweils erforderlichen Leimmenge graphisch aufzutragen (Bild 6b). Sie zeigt, dass der geringste erreichbare Zementleimbedarf von 246 kg mit einer Sandbeigabe von 425 kg zustandekommt. Sodann wurde die selbe Arbeit unter Beigabe eines Luftporenmittels wiederholt. Wie zu erwarten war, lag jetzt der Bestwert bei einer geringeren Sandbeigabe (340 kg/m³) und brachte überdies einen wesentlich kleineren Zementbedarf mit sich (224 kg/m³). Die Darstellung lässt auch die wirtschaftlichen Vorteile von künstlich erzeugten Luftporen klar erkennen.

Während in diesem Fall eine einzige variable Grösse, nämlich die Höhe der Sandbeigabe zu bestimmen war, soll nun in einem weiteren Beispiel der Arbeitsvorgang gezeigt werden, wie wir ihn an der Baustelle für das Donaukraftwerk Jochenstein eingeschlagen haben, um die beste Zusammensetzung des Sandes zu erhalten; dort steht *Feinsand* in den Korngruppen 0,1 bis 1 mm und 1 bis 3 mm, sowie Grobsand von 3 bis 7 mm zur Verfügung. Um nun in einem solchen Falle das günstigste Verhältnis dieser drei Faktoren zu finden, gehen wir so vor, dass wir zahlreiche Betonprobekörper mit sehr verschiedenem Kornaufbau anfertigen. Während die Zusammensetzung im Bereich über 7 mm, die weniger Einfluss auf den Bestwert ausübt, bei allen Versuchen gleich bleibt, werden die Anteile an den drei erwähnten Sandfraktionen bei jedem Einzelversuch wesentlich anders gewählt. Zu jeder der versuchsweise angenommenen acht Sieblinien von Bild 7 suchen wir nach dem oben erläuterten Verfahren den *Bedarf* an Zement, den wir uns dann in einem Dreistoffdiagramm auftragen. Hier können wir Punkte gleichen Zementbedarfes sinngemäss verbinden und erhalten so den Bereich unter 230 kg/m³ Beton, in dem zweifellos die absoluten Bestwerte der Siebkurven liegen müssen. Alle diese Arbeiten sind einfacher auszuführen als zu beschreiben. Eine Prüfstelle macht an einem Arbeitstag leicht zehn Einzelversuche mit allen Nebenarbeiten, so dass die Bestimmung eines derartigen Bestwertes in kurzer Zeit beendet ist.

Bild 8 zeigt als weiteres Beispiel den Arbeitsvorgang, der uns angibt, welches von zwei zur Verfügung stehenden Bindemitteln für eine bestimmte geforderte Betonfestigkeit die wirtschaftlichste Lösung ergibt. Diese Aufgabe tritt in dieser Form vor allem dann an uns heran, wenn wir, wie beispielsweise an der schon genannten Baustelle für das Donaukraftwerk Jochenstein, reinen Portlandzement mit einem Puzzolanstoff zu mengen haben. Während bisher für solche Vergleiche fast ausschliesslich die Würfeldruckfestigkeit als Bewertungsmasstab herangezogen wurde, berücksichtigen wir gleichzeitig die Unterschiede, die sich im *Bedarf* des Korngemenges an Bindemittelleim ergeben. Wie das Beispiel zeigt, hatte ein charakteristisches Zement-Puzzolangemenge nicht nur eine andere Bezugskurve zwischen Festigkeit und Wasserbindemittelwert; es zeigte sich vor allem auch ein wesentlicher Unterschied im Bedarf, ebenso wie im Preis.

Haben wir nun zu ermitteln, welches Bindemittel für eine bestimmte Festigkeit am wirtschaftlichsten ist, so gehen wir nach Bild 8 wie folgt vor: Im Teil 1 dieser Rechentafel wird für die beiden zunächst zu vergleichenden Bindemittel die schon erwähnte Beziehung aufgetragen, die an jeder Baustelle zwischen der Festigkeit und dem Wasserbindemittelwert besteht. Mit dem so gefundenen Werte wird dann im Betonversuch der Bedarf an Wasserzementleim ermittelt und im Teil 2 eingezeichnet. Darstellung 3 zeigt den Preis der beiden Bindemittel. Der Teil 4 der Rechentafel gibt dann die gesuchte direkte Beziehung zwischen der geforderten Betonfestigkeit und dem Preis für jedes der beiden Bindemittel. Wiederholt man den ganzen Rechenvorgang für Bindemittelgemenge mit verschieden hoher Beigabe von Puzzolanen, so kann man den Anteil des Puzzolanstoffes ermitteln, der für jede Betonfestigkeit das wirtschaftlichste Gemenge liefert.

C. Konsistenz

Haben wir auf diese Art in unserer Betonprüfstelle Kornaufbau und Bindemittel endgültig festgelegt, so ist es nun Sache der Baustelle, dafür zu sorgen, dass Verarbeitbarkeit und Verdichtungsgrad auch tatsächlich ständig ihren Bestwert erreichen.

Es sei darauf hingewiesen, dass wir auch dann, wenn die erforderliche Betonfestigkeit tatsächlich erreicht wird, um die Einhaltung des Verdichtungsgrades besorgt sein müssen. Beton, der die praktisch vollkommene Frischbetonverdichtung, aus

[7]) Fritsch: Der heutige Stand der Massenbetontechnik, «Schriftenreihe d. Oe. Wasserwirtschaftsverbandes», Heft 19, Springer, Wien.

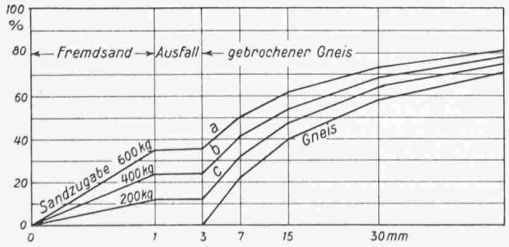

Bild 6a. Ausfallkörnungen a bis c mit einem für die Vergleichsversuche verschieden hoch angenommenen Anteil an Fremdsand

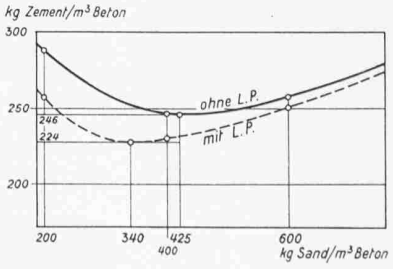

Bild 6b. Graphische Ermittlung der erforderlichen Sand- und Zementmengen

Bild 6. Ermittlung des Zementbedarfs bei verschiedenem Feinsandgehalt

Tabelle 1. Bedarf der Ausfallkörnungen a bis c an Leim in kg pro m³ Beton, bestimmt mit dem Rüttelprüfgerät in Betonversuchen

Sieblinie	Sandzugabe	Zement ohne L.P.	Zement mit L.P.
a	600	258	251
b	400	247	230
c	200	288	256

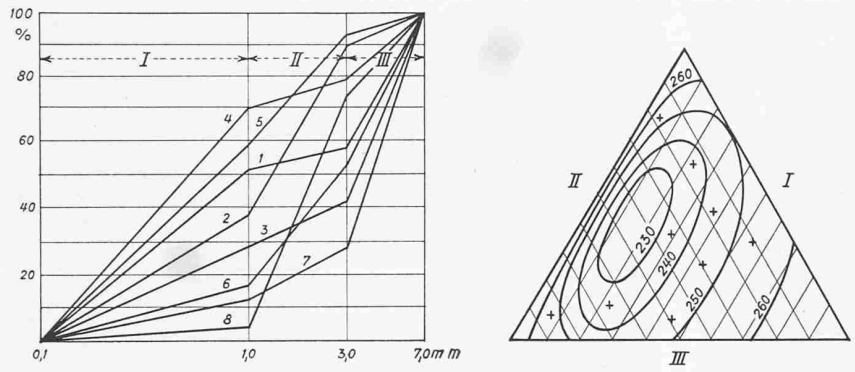

Bild 7. Aufbau des Sandes aus den drei Fraktionen I, II und III

welchem Grund immer, nicht aufweist, kann unter Umständen dennoch eine geforderte, mässige Druckfestigkeit annehmen. Er wird aber in bezug auf *Frostbeständigkeit* kaum gut abschneiden. Frostversuche weisen auch bei exaktester Durchführung so hohe Streuungen auf, dass es nur schwer möglich ist, Regeln und Gesetze abzuleiten, die den Zusammenhang der Frostsicherheit mit anderen klar erfassbaren Betoneigenschaften eindeutig darstellen würden. Der Einfluss aber, den das Porenvolumen eines unvollkommen verdichteten Betons auf die Frostbeständigkeit ausübt, ist überaus klar festzustellen. Bild 9 gibt eine Zusammenstellung von Versuchsergebnissen, die wir bei unseren Frostprüfungen gefunden haben. So erlangt die Frage nach dem auf der Baustelle tatsächlich erreichten *Verdichtungsgrad* besondere Bedeutung. Sie hängt wesentlich von der beim Einbau gewählten Verarbeitbarkeit und Steife des Betons ab.

Noch bei Errichtung der Limbergsperre der Tauernkraftwerke AG. in Kaprun hat man einen Beton gefordert, der so trocken ist, dass man einen schweren Tauchrüttler gerade noch zügig einführen kann, während die Mischung anderseits durch das Rütteln so beweglich werden musste, dass sich nach dem Herausziehen des Rüttlers dessen Oeffnung im Beton gerade noch von selbst schliesst. Es ist klar, dass man durch eine möglichst trockene Beschaffenheit der Betonmischungen, wie sie erstmalig an der Eckertalsperre im Harz ausgeführt wurde, das Höchste an Bindekraft aus dem Zement herausholen kann. Dies gilt allerdings nur dann, wenn dabei gleichzeitig die praktisch vollkommene Verdichtung auch tatsächlich an jedem Punkt des Bauwerkes erreicht wird, eine Forderung, die sich allerdings mit grösserer Sicherheit mit einem etwas weicheren Beton erfüllen lässt. Aus diesem Grunde haben die meisten ausländischen, vor allem amerikanischen Betriebe niemals so trocken gearbeitet, wie die beiden erwähnten Baustellen.

Die Einbaustelle erleichtert sich ihre Verantwortung für die Einhaltung der praktisch vollkommenen Frischbetonverdichtung gerne dadurch, dass sie den Beton etwas weicher bereitet. Dies führte auf amerikanischen Baustellen zu dem in Bild 10 gezeigten «Durchziehen» des Rüttlers. Wir lehnen eine so weiche Beschaffenheit ab und führen im allgemeinen unsere Einmannrüttler am Rande des im vorangegangenen Arbeitsvorgang verdichteten Bereiches ein. Bild 11 zeigt auch die rauhe und grobe Beschaffenheit des unverdichteten und die glatte, aber nicht wässerige Oberfläche des verdichteten Betons. Beim Entleeren des Kübels soll vermieden werden, dass gröbere Steine auf die alte Betonoberfläche rollen und dort an der empfindlichsten Stelle unseres Massenbauwerkes den guten Anschluss des Frischbetons erschweren (Bild 12). Es geschieht dies am einfachsten dadurch, dass die Entleerung nicht unmittelbar auf die alte Betonoberfläche, sondern womöglich in den frisch geschütteten Beton hinein erfolgt (Bild 13).

D. Grösstkorn

Bei der Untersuchung der Verhältnisse an der Einbaustelle darf die Frage des anzuwendenden Grösstkorns nicht übersehen werden. Es ist nicht uninteressant, die Entwicklung der Massenbetontechnik in dieser Beziehung zu verfolgen. Die ersten Bestrebungen zur Vergrösserung des Kornes fallen in die Zeit des Gussbetons. Man hatte damals wohl das richtige Empfinden, dass man von dem, wenn auch unerreichbaren Vorbild der Natur unnötig weit entfernt ist, wenn man den Baustoff mit allzuviel Wasser anmacht. Es kam so zu der ersten Verbesserung, nämlich zur Einbettung einzelner grösserer Steine in die weiche Masse. Dies befriedigte vor allem auch deshalb, weil der weiche Beton eine volle Gewähr für den allseitigen Anschluss der Einbettung bot.

Als mit dem Fortschreiten unserer Erkenntnisse aus dem Gussbeton der weiche und schliesslich der *Stampfbeton* wurde, brachte das Einbetten grosser Steine wenig Sicherheit. Untersuchungen zeigten, dass vor allem *unter* den Steinen, wo sich die Verdichtung nicht hinreichend auswirken konnte, Luft- und Wasseransammlungen eintraten und die unerlässliche Haftung in Frage stellten. Zudem gestaltete sich das getrennte Einbringen der Steine mit gesonderten Geräten verhältnismässig kostspielig.

Man hoffte daher, dass der nächste Fortschritt in der Betonverarbeitung, nämlich der *Rüttelbeton*, durch seine gröbere und trockenere Beschaffenheit die Einbettung von Steinen überflüssig machen werde. Allerdings erreichten unsere

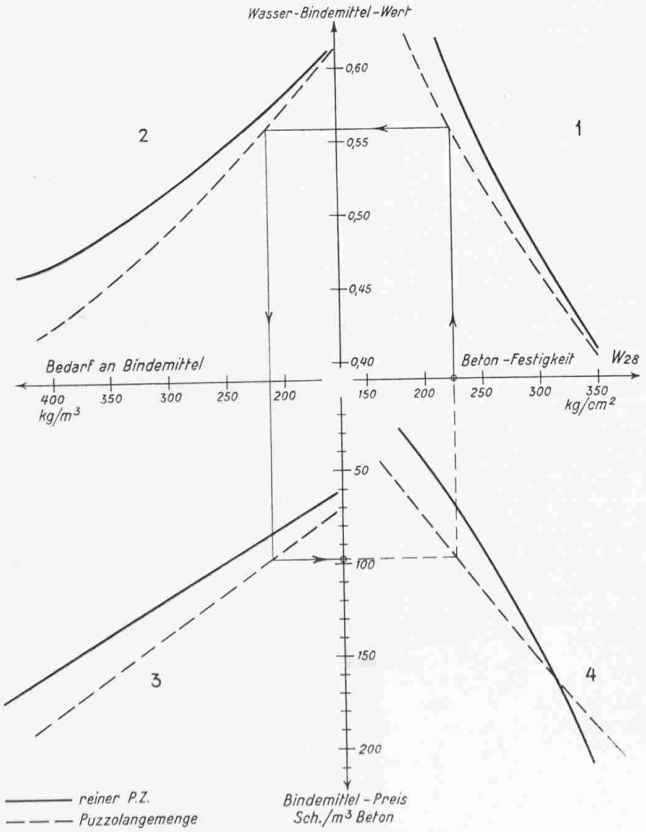

Bild 8. Wahl des Bindemittels für verschiedene Betonfestigkeiten

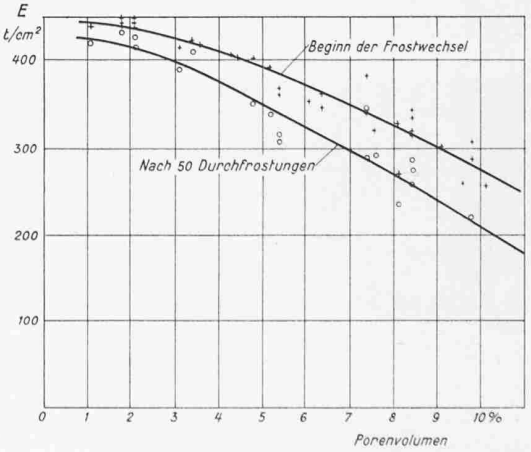

Bild 9. Einfluss des Verdichtungsgrades auf die Frostsicherheit

Bild 10. Das «Durchziehen» eines Rüttlers auf einer amerikanischen Baustelle

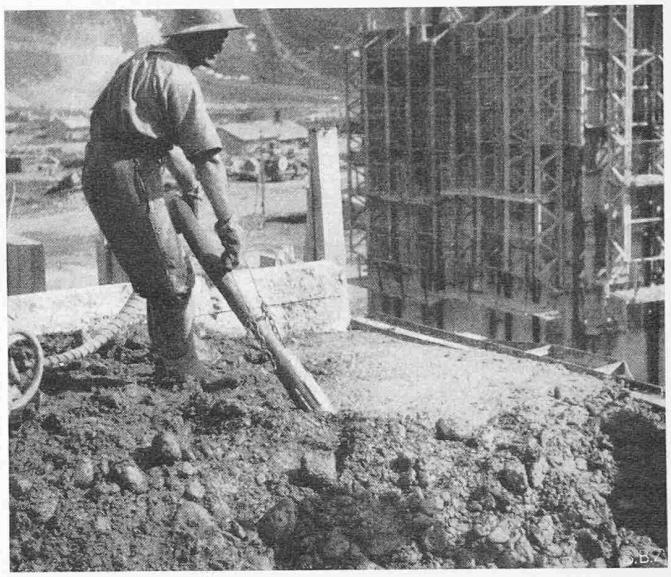

Bild 11. Einsetzen des Rüttlers am Rande des bereits verdichteten Bereiches. Man beachte die Oberfläche des unverdichteten Betons

ersten Ausführungen mit Rücksicht auf die zunächst noch geringen Leistungen der Rüttler noch lange nicht die heutige Steife und Korngrösse (Bild 14).

Die weitere Entwicklung ging zunächst von der Konstruktion stärkerer Tauchrüttler aus, die anfangs aus Amerika und Schweden zu uns gelangten und uns die Möglichkeit boten, im normalen Arbeitsvorgang wesentlich grössere Körnungen einwandfrei mitzuverarbeiten. So wurde das Grösstkorn immer schwerer und schwerer gewählt. Es ist bezeichnend, dass man auch in dieser Entwicklung zunächst über das Ziel und über die günstigsten Abmessungen hinauskam. Bild 15 zeigt ein Grösstkorn an einer ausländischen Baustelle, das einem Siebdurchmesser von 240 mm entspricht. Bald folgte aber auch hier der Rückschlag, da Untersuchungen die Grenze zeigten, die auch bei kräftigster Rüttelung den dichten Anschluss der mitverarbeiteten Steine im Massenbeton gefährden. Heute wissen wir, dass die modernen Betonbereitungsanlagen ebenso wie unsere schweren Tauchrüttler in der Lage sind, ein Grösstkorn einwandfrei mitzuverarbeiten, das einem Siebdurchmesser von etwa 15 cm entspricht, ein Ziel, auf das heute die verschiedensten Baustellen der Welt einheitlich hinarbeiten (Bild 16).

Damit waren aber die Bemühungen um Verarbeitung einer immer grobkörnigeren Mischung keineswegs zur Ruhe gekommen. Das Streben nach immer schwererem Grösstkorn war verständlich, denn es verringerte naturgemäss den erforderlichen Anteil an Zement und Feinbeton. Man war ja mit zunehmender Grösse der mitverarbeiteten Steine in der Lage, die feinere Masse fetter und immer fetter zu halten, und dennoch mit einer immer geringeren Dosierung an Zement pro Kubikmeter Beton auszukommen, sofern nur die einheitliche maschinelle Verarbeitung gewährleistet schien. Und wie so oft in der Geschichte der Technik, griff die weitere Entwicklung auf die erste Massnahme, auf die gesonderte Einbettung einzelner Fremdkörper in die Grundmasse zurück. Als Beispiel sei hier auf die versuchsweise Einbettung einzelner Felsstücke in den fertig verdichteten Massenbeton der Limbergsperre hingewiesen.

Zur gleichen Zeit unternahmen es die Maschinenfabriken, Rüttelgeräte zu schaffen, deren Wirkung die bisherige Entwicklung nicht fortsetzte, sondern übersprang und gleich mit einem Gewicht von mehreren Tonnen bisher unbekannte Leistungen erzwingen wollte [8]).

So haben wir wieder einmal den Eindruck, dass die Entwicklung den Stand der Technik zu einem Abschluss geführt hat. Ob dies wirklich der Fall ist, lässt sich nicht abschätzen. Noch immer enthält der Beton wesentlich mehr Wasser, als zur chemischen Bindung des Zementes notwendig wäre, und in diesem Ueberschusswasser liegt nach wie vor ein Anreiz für Konstrukteure von Baumaschinen ebenso wie für Betontechniker, dem grossen Vorbild der Natur noch näher zu kommen.

E. Betonoberfläche

Zur Kennzeichnung des heutigen Standes unserer Massenbetontechnik sei noch kurz auf eine Neuerung bei der Ausbildung der Betonoberfläche verwiesen. Früher, als der Massenbeton noch lange nicht die heutige Gleichmässigkeit und Qualität aufwies, versuchte man, vor allem im Wasserbau, die Oberfläche durch Verkleidung mit Natursteinen zu schützen. Viele unserer älteren Wasserbauten sind Zeugen dieses Verfahrens, das heute wohl nur mehr wenig Berechtigung besitzt. Unsere Freude daran schwand in dem Masse, als wir lernten, unsere Mittel lieber für Verbesserung des Betons selbst aufzuwenden und eine Betonqualität herzustellen, die nicht nach einer solchen Natursteinverkleidung verlangt.

Mit Einführung des Stampfbetons ging man dazu über, im Inneren von grossen Schwergewichts-Mauern einen Kernbeton mit einer billigeren Mischung einzubauen, während eine meist

[8]) «Die Wasserwirtschaft», Stuttgart, Heft 4, Januar 1952.

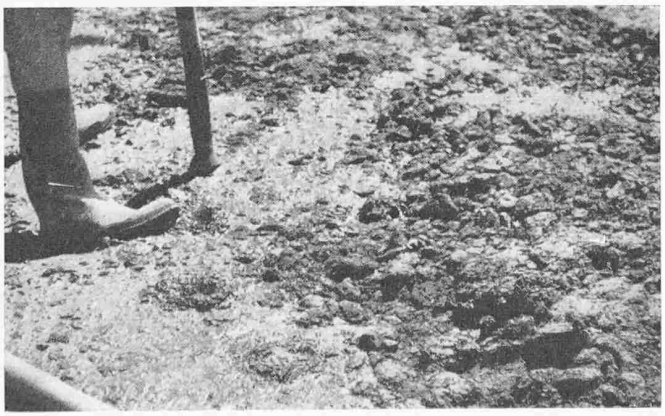

Bild 14 (links). Rüttelung von Feinbeton

Bild 15 (rechts). Grobbeton

Bild 12. Abgerollte Grobteile infolge Entleerung des Betonkübels auf die alte Betonoberfläche

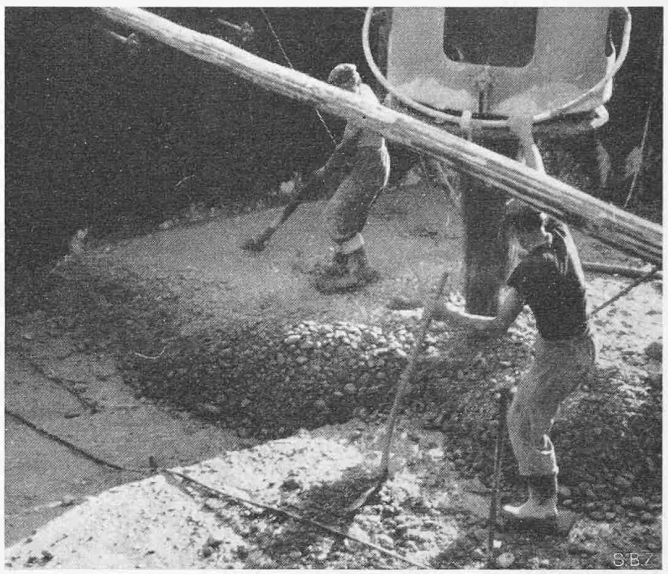

Bild 13. Entleerung des Betonkübels in die frische Mischung zur Vermeidung des Abrollens

mehrere Meter starke Vorsatzschicht das Bauwerk an der Luft- und Wasserseite vor Witterungseinflüssen schützte. Die Weiterentwicklung dieses Gedankens führte zu dem Vorschlag, dem Vorsatzbeton eine immer geringere Stärke zu geben und ihn schliesslich nur mehr als verlorene Betonschalung auszuführen. Bekannt wurden vor allem die Schalkörper, die man in Frankreich an der Baustelle La Girotte und später in Bort les Orgues ausführte (Bild 17). Wenngleich sich diese Arbeitsweise bewährt hat, könnte der Einwand erhoben werden, dass der beim Einbau schon völlig erhärtete Betonstempel weitere Bewegungen des Frischbetons, vor allem das Schwinden, nicht in gleichem Masse mitmachen kann und daher ein Ablösen zu fürchten wäre. In der Absicht, dieser Frage auszuweichen, haben wir ein Modell von Betonschaltafeln hergestellt, bei der die Verankerung nicht durch einen Betonstempel, sondern durch eine dünne Stütze aus Stahl erfolgt, zu deren Verankerung im Inneren des Betonkörpers ein Formstein einbetoniert wird. Bei dieser Ausführung ist die vollkommene Gewähr dafür geboten, dass die Verankerungselemente in der Betonmasse nicht als Fremdkörper wirken und sich ablösen können (Bild 18).

F. Zusammenfassung

Die Verbesserung der Betonqualität, die wir auf unseren Grossbaustellen gegenüber der sogenannten «alten klassischen Betonlehre» erreichen, gründet sich insbesondere auf die folgenden Faktoren:

1. Gleichzeitige Verbesserung der Qualität und des Kornaufbaues der allerfeinsten Fraktionen durch *Entstaubung* des Zuschlagstoffes bei teilweisem Ersatz der schädlichen Feinstteile durch künstliche Luftporen. *Klassierung* des Feinstsandes in zwei oder mehrere Gruppen und getrennte Zugabe der Fraktionen nach einer Sieblinie, die sich auch auf diese Korngruppen bezieht.
2. Gewähr für die Erreichung der praktisch vollkommenen Frischbetonverdichtung an der Einbaustelle durch sorgfältige Abstimmung der Betonzusammensetzung auf die Rüttelwilligkeit.
3. Kennzeichnung des Frischbetons nach Wasserbindemittelwert und Verdichtungsgrad. Beurteilung des Kornaufbaues nach der *Menge* Wasserbindemittelleim gegebener Zusammensetzung, die zur Erreichung einer idealen Rüttelwilligkeit erforderlich ist.
4. Bei Massenbetonkörpern höchste Betonqualität an der *Aussenschicht* (Betonschaltafeln).

Die Erfüllung dieser Forderungen gibt uns die Möglichkeit, die bisher für unvermeidbar gehaltenen Streuungen in der Betontechnik nicht nur herabzusetzen, sondern sie praktisch auszuschalten und das Letzte aus den Baustoffen herauszuholen. So wurde auf unseren Baustellen in den letzten Jahren eine neue Entwicklung angebahnt, von der wir bisher erst den Anfang erleben. Das eine aber steht heute schon fest: wir dürfen uns weiterhin bei allen Festlegungen nur mit grösster Zurückhaltung an alte Normen und Erfahrungen halten. Wir müssen hingegen die Mittel und den Mut aufbringen, an jeder neuen Grossbaustelle *alle* grundlegenden Fragen neu aufzurollen, um unabhängig von den Erfahrungen und Verhältnissen früherer Baustellen neue Fortschritte zu erzielen.

Adresse des Verfassers: Dr. J. Fritsch, Graben 19, Wien 1 (Oesterreich).

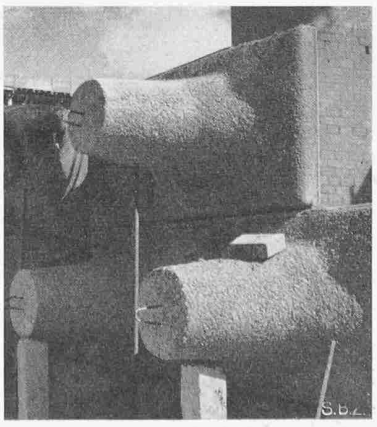

Bild 17. Betonschalkörper auf einer französischen Baustelle

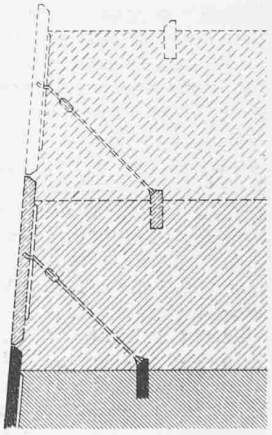

Bild 18. Verlorene Betonschaltafeln mit Stahlanker

Bild 16 (links). Betonmischung mit Grösstkorn entsprechend einer Siebweite von 15 cm