

# Neuzeitliche Betontechnologie

Autor(en): **Bächtold, J.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **72 (1954)**

Heft 30

PDF erstellt am: **20.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-61224>

## **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.

# Neuzeitliche Betontechnologie

DK 666.972

Von Dipl. Ing. J. Bächtold, Oberingenieur der Kraftwerke Oberhasli AG., Innertkirchen

## 1. Allgemeines

Die Herstellung und Verarbeitung von Beton hat im Verlaufe der letzten zehn Jahre eine ganz wesentliche Entwicklung durchgemacht. Beim Studium der S. I. A.-Normen Nr. 105 oder 112, die noch nicht zehn Jahre alt sind, des Beton-Manuals des «Bureau of Reclamation» von 1942 oder anderer einschlägiger Literatur, die vor acht und mehr Jahren erschienen ist, finden wir nichts von Luftporenbildnern, von grobem Korn über 120 mm oder von Betonfabriken, die eine Dosiergenauigkeit von 3 bis 5 % garantieren. Wir finden auch keine Angaben über die Trennung der Feinkörnungen unter 3 mm und deren überragende Bedeutung für die Qualität des Betons. Die neuesten Erkenntnisse und Mittel versetzen uns in die Lage, Beton von sehr hoher Festigkeit Wetterbeständigkeit und Gleichmässigkeit wirtschaftlich herzustellen. Es sei im folgenden versucht, die wichtigsten Grundlagen eines neuzeitlichen Betons kurz zusammenzustellen.

## 2. Zuschlagstoffe

Noch vor wenigen Jahren betrachtete man die Trennung von Betonkies (0 bis 30 oder 0 bis 50 mm) in zwei Komponenten bereits als Fortschritt. Die Trennung erfolgte meist bei 5, 7 oder 8 mm. Während für die Grimselsperren (1928/32) eine Unterteilung des natürlichen Kieses 0 bis 120 mm bei 6 und 40 mm vorgeschrieben war, wurde 18 Jahre später bei der Räterichsbodensperre das verwendete Rundmaterial 0 bis 180 Millimeter bei 3, 8, 25 und 60 mm getrennt. Als Druckfestigkeiten  $\beta_{d28}$  wurden bei den Grimselsperren 100 kg/cm<sup>2</sup> für Beton P 190 und 210 kg/cm<sup>2</sup> für Beton P 300 vorgeschrieben. Die analogen Zahlen für die Räterichsbodensperre lauteten 180 kg/cm<sup>2</sup> für Beton P 180 und 280 kg/cm<sup>2</sup> für Beton P 280. Erreicht wurden bei diesem Bauwerk dann Mittelwerte von über 300 bzw. 450 kg/cm<sup>2</sup>. Während damals noch allgemein die Meinung bestand, einige Prozent Staubgehalt seien der Betonqualität nicht abträglich, verbesserten aber die Verarbeitbarkeit, versuchten wir bei der Oberaarsperre (1951/53) den Staub durch vermehrtes Schlämmen weitgehend zu entfernen. Im amerikanischen Talsperrenbau erkannte man sehr bald die Bedeutung des Feinkornanteils und versuchte gegen Ende der vierziger Jahre, durch Schlämmen eine weitere Trennung der Korngrössen unter 5 oder 3 mm zu erreichen. Es handelte sich aber nicht um eine systematische Trennung, sondern um eine mehr zufällige Entmischung mit nachträglicher Wiederausammensetzung. Auch in Frankreich wurden in dieser Hinsicht Versuche gemacht und Erkenntnisse gewonnen, die aber m. W. nicht zur Grossanwendung auf Baustellen führten. Für die Baustelle Fessenheim wurde z. B. die gleiche Kiesaufbereitungsanlage wie bei Othmarsheim installiert, bei Baubeginn aber dann durch ein grosses Absetzbecken für den Feinsand ergänzt. Dieses ermöglicht wohl eine bessere Sandrückgewinnung aber keine systematische Korn-trennung und Entstaubung.

Es ist das unbestreitbare Verdienst der österreichischen Ingenieure, ein zuverlässiges Verfahren für die bauplatzmässige Aufbereitung des Feinsandes entwickelt zu haben [1 bis 7]. Das Problem der Beherrschung der Granulometrie feinkörniger Materialien stellte sich in kategorischer Weise zuerst im Bergbau. Theoretische und praktische Forschungen, vor allem von Dr.-Ing. Eder, Wien, führten bei der Aufbereitung von Kohle, Graphit, Kaolin und Giessereisand zur Lösung dieses Problems. Sehr bald drängte sich die Anwendung der von Eder entwickelten Methode auch für die Aufbereitung von Betonzuschlagstoffen auf. Es ist in erster Linie der Einsicht in diese Materie und der Initiative von Dir. Bömer und Dipl. Ing. E. Wogrin zu verdanken, dass das Schlammprinzip nach Dr. Eder unter der Bezeichnung Rheax-Verfahren im Talsperrenbau Anwendung gefunden hat. Die Feinstkorn-trennung und Entstaubung der Zuschlagstoffe wird für den Bau der letzten Sperrren der Tauernkraftwerke durch eine Rheax-Anlage bewerkstelligt. Die Vorteile dieser Massnahme sind, wie wir später noch sehen werden, ganz eklatant.

Nicht nur die Festigkeit, sondern ganz besonders auch die Frostbeständigkeit werden ganz deutlich verbessert. Das feinste Material im Beton saugt das Wasser wie ein Schwamm auf und ist daher der Zerstörung durch Frost am stärksten ausgesetzt. Bei der Reparatur der frostbeschädigten Wehrpfeiler und Ufermauern des Kraftwerkes Ryburg-Schwörstadt vor bald 20 Jahren haben wir festgestellt, dass von jeder Tagesschicht die oberen, feineren Partien auf eine viel grössere Tiefe zerstört waren als die unteren, gröberen (Bild 1).

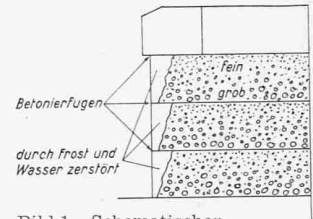


Bild 1. Schematischer Querschnitt eines Wehrpfeilers

Infolge des zu grossen Wasserzusatzes und des überschüssigen Feinsandanteiles hat sich der Beton beim Einbringen und Verdichten entmisch, indem die feinen Anteile nach oben stiegen. Es ist heute allgemein bekannt, dass es zur Verkitung der Körner und Füllung der Hohlräume zwischen ihnen lange nicht so viel Feinstmaterial braucht, wie man früher glaubte. Theoretisch sollten sich die einzelnen Körner berühren und nur von einer Zementleimschicht von der Stärke des Zementpartikels umhüllt sein. Es lässt sich leicht nachweisen, dass dann für die Füllung der verbleibenden Poren nur noch sehr wenig Zement nötig ist.

Mit Hilfe der spezifischen Oberfläche und der Siebkurve lässt sich für jedes Material die totale Kornoberfläche berechnen. Bedeutet  $O_s$  die spezifische Oberfläche eines Kornes pro Gramm Gewicht,  $\gamma$  das spezifische Gewicht des Minerals, aus dem das Korn besteht, und  $d$  den für den Siebdurchgang massgebenden Durchmesser, so lautet der Zusammenhang  $O_s = a/d\gamma$ ;  $a$  ist ein Faktor, der von der Kornform abhängig ist. Für kugelförmiges Material ist  $a = 6$ , für würfelförmiges ist  $a = 6\sqrt{2}$  und für plattes, wenn die Dicke der Scheibe  $1/4$  des Durchmessers ausmacht, ist  $a = 12$  (Bild 2).

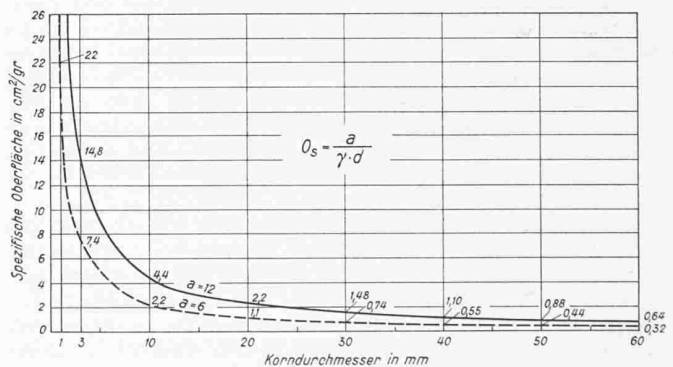


Bild 2. Spezif. Kornoberfläche in Abhängigkeit vom Korndurchmesser

Die totale Kornoberfläche in einem m<sup>3</sup> Kies-Sand von 0,1 bis 60 mm und einer granulometrischen Zusammensetzung entsprechend der EMPA-Kurve beträgt bei  $a = 10$  (z. T. abgeplattetes, z. T. gebrochenes Material)  $\sim 25 \cdot 10^6$  cm<sup>2</sup>; 1,5 % Staub unter 0,1 mm hätte ungefähr die selbe Oberfläche. Rechnen wir mit einer Schichtstärke der Zementleim umhüllung gleich dem mittleren Zementkorndurchmesser von z. B. 0,05 mm, so sind für die Einhüllung sämtlicher Körner  $25 \cdot 10^4 \cdot 5 \cdot 10^{-4} = 125$  l Zementleim notwendig. Für stark plattes Material mit  $a = 12$  wären somit 20 % mehr, für rein kugeliges Material 20 % weniger Bindemittel erforderlich.

Es ist ohne weiteres einleuchtend, dass Staub von der Korngrösse des Zementes den Zementleim verdünnt, seine Qualität herabsetzt und somit, besonders bei mageren Dosierungen, die Verkitung verschlechtert. Es leuchtet aber

auch ein, dass, wenn zuviel Zementbrei im Beton enthalten ist und die Gesteinskörner darin schwimmen, die Festigkeit geringer sein muss, als wenn sich diese berühren. Dies muss sich ganz besonders nachteilig auswirken, wenn der Zementleim durch Staub verdünnt ist. Eine Vermehrung der Zementdosierung kann sich dabei sogar negativ auswirken, d. h. die Festigkeit kann trotz Mehrzement abnehmen. Die Erhöhung der Zementdosierung ist daher kein Allheilmittel.

Das Porenvolumen eines gut abgestuften Kies-Sandmaterials von 0,1 bis 60 mm, mit Wasser einvibriert, beträgt nach unsern Versuchen rd. 20 %. Dieses kann mit 150 kg Zement (50 l Festmaterial) und 150 l Wasser gerade gefüllt werden. Von diesem Wasserzusatz, der für die Verdichtung nötig ist, sind 120 l Ueberschuss, der somit 12 % Poren und Kanäle zurücklassen muss. Von den 200 l Zementmilch sind, wie wir schon gesehen haben, ungefähr 125 l für die Umhüllung der Gesteinskörner nötig. Aus diesen Ueberlegungen geht hervor, dass ohne andere Massnahmen (Reduktion des Wasserzementfaktors) ein Beton P 150 stark porös sein muss. Aus der Formel für die spezifische Oberfläche ergibt sich, dass je grösser der Durchmesser, um so kleiner die Oberfläche der Körner in der Volumeneinheit ist. Ein Kies-Sandmaterial von 0,1 bis 120 mm hat eine um 20 % kleinere Oberfläche als ein solches von 0,1 bis 60 mm, wodurch entsprechend Zementleim eingespart oder die Poren besser gefüllt werden können.

Der Anteil der Kornoberfläche des Feinsandes von 0,1 bis 1,0 mm macht 60 %, derjenige von 1,0 bis 3,0 mm 13 % der Gesamtoberfläche der Zuschlagstoffe (0,1 bis 60 mm) aus, immer annähernd rundes Material vorausgesetzt. Wie früher schon erwähnt, würden 1,5 % Staub unter 0,1 mm ungefähr die gleiche Oberfläche wie die übrigen 98,5 % der Zuschlagstoffe aufweisen. Hieraus ergibt sich die fundamentale Bedeutung der Staubentfernung und der richtigen Zusammensetzung des Sandes 0,1 bis 3 mm. Dieser Zusammenhang zeigt aber auch die untergeordnete Rolle der Granulometrie der grösseren Bestandteile.

Nachdem Versuche mit einem Grösstkorn bis 250 mm und mehr gezeigt hatten, dass die Schwierigkeiten der Verdichtung und der Verschleiss der Vibratoren und Aufbereitungsmaschinen mit der Korngrösse sehr stark anwachsen, kam man in fast allen Ländern auf ein Maximalkorn von ungefähr 150 mm. Eine wesentliche Steigerung der Korngrösse ist nur denkbar, wenn für die Einbringung und Verdichtung grundsätzlich neue Wege beschritten werden. Die Versuche, grössere Steine in weichen Feinbeton zu versenken, gehen weit zurück. In die Staumauern Barberine und Rempen wurden in den Beton grosse Steinbrocken eingebaut und zwar bis zu 13 % des Mauervolumens. Auch eine grössere Anzahl ausländischer Staumauern wurde mit solchem Blockbeton erbaut. Obschon z. T. Einlagen bis zu 40 % des Volumens vorgesehen waren, überstieg die eingebrachte Menge kaum 20 %. Ein wirtschaftlicher Vorteil konnte, abgesehen von einigen kleinen Objekten, mit besonderen Bedingungen nirgends erzielt werden.

Eine viel bessere Zukunft scheint einer Methode beschieden zu sein, die gegenwärtig in Deutschland ausprobiert wird. Sie besteht darin, dass in eine Schicht Feinbeton von z. B. 50 cm Stärke eine Lage Steinblöcke von 70 cm Mächtigkeit eingerüttelt wird. Die verwendeten Grossrüttler sind mehrere Tonnen schwer (Bild 3). Die so entstehende Grob-

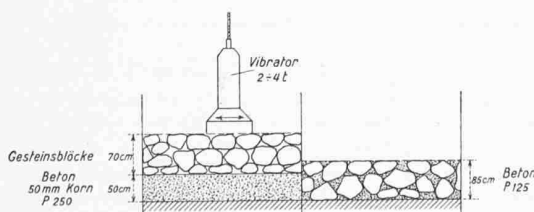


Bild 3. Einarbeiten von Blockeinlagen

betonschicht ist etwa 85 cm dick und weist eine Dosierung von P 125 und einen sehr kleinen Wasserzementfaktor ( $\sim 0,4$ ) auf. Es scheint, dass mit diesem Verfahren Beton sehr hoher Festigkeit hergestellt werden kann. Die Wärmeentwicklung ist gering und die vollkommene Verdichtung zusammen mit dem kleinen W/Z-Faktor ergeben eine sehr geringe Porosität.

### 3. Die Zementzusatzmittel

Die Versuche, mit dem Zusatz von plastifizierenden Mitteln die Verarbeitbarkeit und damit auch die Qualität des Betons zu verbessern, ohne die Zementdosierung zu erhöhen, reichen schon etwa 25 Jahre zurück. Ganz feinkörnige Pulver mit Korngrössen unter 0,05 mm, die mehr oder weniger chemisch oder elektrisch aktiv sind (Kieselgur, Flugasche, Puzzolan, Bentonit usw.) wirken hauptsächlich durch ihre Feinheit schmierend und verteilend. Von grösserer Bedeutung sind organische Verbindungen auf Alkoholbasis, Calcium-Lignosulfonate u. a. m., deren bipolare Moleküle eine starke Affinität einerseits zu den Zementkörnern, andererseits zum Wasser haben. Dadurch wird eine intensive Benetzung und eine feine Verteilung des Zementes erreicht und gleichzeitig die Flockenbildung verhindert. Zu diesen Mitteln gehört z. B. das Plastiment. Ueber dessen Wirkung haben schon vor 20 Jahren die Professoren Stucky, Bolomey, Ros u. a. berichtet. Versuche mit Plastimentzugabe haben eine ganz beträchtliche Verminderung des Wasserzusatzes, eine geringere Entmischung, bessere Haftung und grössere Festigkeit des Betons ergeben. Beim Bau der Eisenbahnbrücke bei St. Jakob an der Birs haben vier Jahre dem Beton Plastiment zugesetzt, um eine bessere Haftung des Gewölbebetons an den bestehenden Widerlagern und an den Ankerisen sowie eine möglichst hohe Betonqualität überhaupt zu erzielen. Der Erfolg übertraf die Erwartungen.

Wie die granulometrischen Ueberlegungen zeigten, sollte der Beton nicht mehr Feinmaterial enthalten, als zur Umhüllung der Gesteinskörner und zur Füllung der Poren erforderlich ist. Experimente und die Erfahrung haben nun gezeigt, dass ein Teil des Feinsandes durch Luftbläschen ersetzt werden kann, ohne dass die Festigkeit praktisch sinkt. Diese gleichmässig verteilten Luftporen [8] von der Grössenordnung von 0,05 bis 0,2 mm machen den Beton weich, lassen eine beträchtliche Verminderung des Anmachwassers zu, unterdrücken die Bildung von Kapillaren und damit die Wasseraufnahmefähigkeit. Dies, zusammen mit einer gewissen Nachgiebigkeit und Ausweichmöglichkeit bei Eisbildung, erhöht die Frostbeständigkeit in sehr hohem Masse.

Flüssigkeiten, die mit einem Besen zu Schaum geschlagen werden können, sind schon lange bekannt (Seifenlauge, Kunstharze usw.). Das Hauptproblem lag darin, ein solches Produkt zu finden, das keinen Schaum, sondern nur feine, sehr gleichmässig verteilte Bläschen ergibt und chemisch inaktiv ist, so dass es weder den Zement noch die Mineralien verändert. Ein derartiges Mittel wurde zuerst in den Vereinigten Staaten im Vinsol Resin gefunden und im Staumauerbau verwendet. Später kam ein ähnliches Produkt, das Darex, auf den Markt, das im Jahre 1949 als erster Airentainer im schweizerischen Talsperrenbau bei der Staumauer Räterichsboden zur Anwendung kam. Fast gleichzeitig wurden kleinere Sperren im Oberhasli (Totensee, Mattentalp) mit Fro-Be, einem Luftmittel, dessen Fabrikation eben in der Schweiz aufgenommen worden war, betoniert, und ähnliche neue Produkte ausprobiert. Die Erfahrungen entsprachen durchaus den Erwartungen, indem bei einem Luftporengehalt von 3 bis 5 % der Wasserzusatz um 10 bis 15 % vermindert und trotzdem der Massenbeton wesentlich leichter verarbeitet werden konnte. Diese Verbesserung der Verarbeitung gestattete auch eine Herabsetzung der Zementdosierung des Massenbetons von P 180 auf P 170 und später sogar auf P 160.

Die Versuchung liegt nahe, durch Kombination eines Luftporenmittels mit einem plastifizierenden Mittel den Wasserzusatz und den Zementgehalt noch weiter zu verkleinern. Eine solche Verbindung ist das Frioplast [9]. Die österreichischen Ingenieure haben nicht nur die entscheidende Rolle des Feinkorns erkannt und die Konsequenzen aus dieser Erkenntnis gezogen, sondern nützen auch diese kombinierte Wirkung der Zusatzmittel vollständig aus. Ihre Versuche und praktischen Erfahrungen haben gezeigt, dass es möglich ist, mit einer Dosierung von 150 und Frioplastzusatz frostbeständigen Beton mit guten Festigkeitseigenschaften herzustellen. Ich habe im Verlaufe des letzten Winters zahlreiche Versuche durchgeführt, um abzuklären, welche Massnahmen nötig sind, um mit minimalen Dosierungen noch guten Beton herzustellen. Die mittleren Werte aus einer grossen Zahl von Versuchen und Beton P 130 von 120 mm Korn sind auf Tabelle 1 zusammengestellt. Dort sind auch die Wasserdurchlässigkeiten angegeben. Diese Betonarten konnten im Bau-



werk gerade noch verdichtet werden. Die Proben wurden als grosse Blöcke dem Bauwerk entnommen und in Würfel zersägt.

Diese Versuchsergebnisse stimmen sehr schön mit den Resultaten ausländischer und auch anderer schweizerischer Versuche überein. Ganz besonders die österreichischen Ingenieure, aber auch die italienischen und französischen, sind auf Grund solcher Versuche dazu übergegangen, dispergierende und luft-einführende Mittel zu kombinieren und dafür die Zementdosierung zu vermindern. So werden z. B. in Oesterreich gegenwärtig die Drossen- und die Mosersperre der Tauernkraftwerke mit einem Massenbeton P 135 und einem Vorbeton P 250 erstellt. Für den Massenbeton beträgt der Wasserzementfaktor 0,88 bei 0,5 % Frioplastzusatz und für den Vorbeton 0,45 bei ebenfalls 0,5 % Frioplast. Auf Grund der im vergangenen Winter durchgeführten Versuche haben wir uns entschlossen, die Sperren der Wasserfassungen im Sustengebiet mit einem Beton P 280, statt wie vorgesehen P 300, mit entstaubtem Sand und einem Frioplastzusatz von 0,3 % auszuführen.

#### 4. Transport und Einbringung des Betons

Mit der Verkleinerung des Wasserzusatzes und des Feinsandanteils geht die Gefahr der Entmischung des Betons auf dem Transportweg stark zurück. Versuche haben gezeigt, dass durch Zusatz eines plastifizierenden Mittels oder eines Airentainers eine Entmischung praktisch überhaupt verhütet werden kann. Von einer zentralen Betonfabrik aus können daher weitauseinanderliegende Baustellen mit solchem Beton versorgt werden, ohne dass unterwegs gemischt werden muss. Für den Transport können ganz gewöhnliche Lastwagen verwendet werden.

Die Einbringung und Verteilung des Betons im Bauwerk geschieht heute immer noch durch Schaufeln, direkt mittels Kübeln oder durch Pumpen. Für das letztgenannte Verfahren werden die Kolbenpumpen immer mehr durch pneumatische Förderer verdrängt, weil diese einem ganz wesentlich geringeren Verschleiss ausgesetzt und zudem viel billiger sind. Während die Kolbenpumpe für den störungsfreien Betrieb einen hochdosierten Beton (min. P 250) verlangt, bewältigt die pneumatische Pumpe praktisch alle Dosierungen mit beliebigen Zusatzmitteln [12].

Die Verwendung grosser Kübel für den Transport und die Einbringung von Staumauerbeton führt bei der Entleerung auf einen Haufen zu einer starken Entmischung des Betons. Mit Verteilbühnen lässt sich dieser Nachteil vermeiden (Bild 4). Damit kann jede beliebige Schichtstärke gleichmässig angelegt und systematisch verdichtet werden. Wird ein grosser Kübel direkt entleert, so muss dieser eine besondere Vorrichtung aufweisen, damit der Beton auf eine grössere Fläche verteilt wird, oder der Kübel muss während der Entleerung verschoben werden, damit der Haufen nicht zu hoch wird.

Die Behandlung der unvermeidlichen Betonierfugen ist heute überall ungefähr die selbe: Entfernen der Zementhaut, Aufrauen, vor dem Anbetonieren Anlegen von Feinmaterial (nicht Zementmilch!), aber nur soweit, dass dieses nicht austrocknet. Das sind die üblichen Massnahmen, um eine gute Verbindung des alten mit dem neuen Beton zu erzielen.

Tabelle 1. Mittelwerte von an Betonproben gemessenen Druckfestigkeiten und Wasserdurchlässigkeiten bei Beton P 130, 120 mm Korn.

Probe	Zuschlagstoff und Zusatz	$w\beta_{164}$ kg/cm <sup>2</sup>	Wasser- zement- faktor	Wasser- durch- lässigkeit cm <sup>3</sup> /min
I	normaler Sand 0 bis 8 mm ohne Zusatz	210	0,8	0,018
II	normaler Sand mit Darex 0,45 cm <sup>3</sup> /kg Zement	220	0,72	0,0005
IIa	wie II, entstaubt	236	0,70	0,006
III	wie II mit Frioplast 0,5 cm <sup>3</sup> /kg Zement	249	0,70	0,003
IIIa	wie III, entstaubt	286	0,70	0,0016
IV	wie III, mit 3 % Staubzu- satz zum Normalsand	177	0,78	0,16

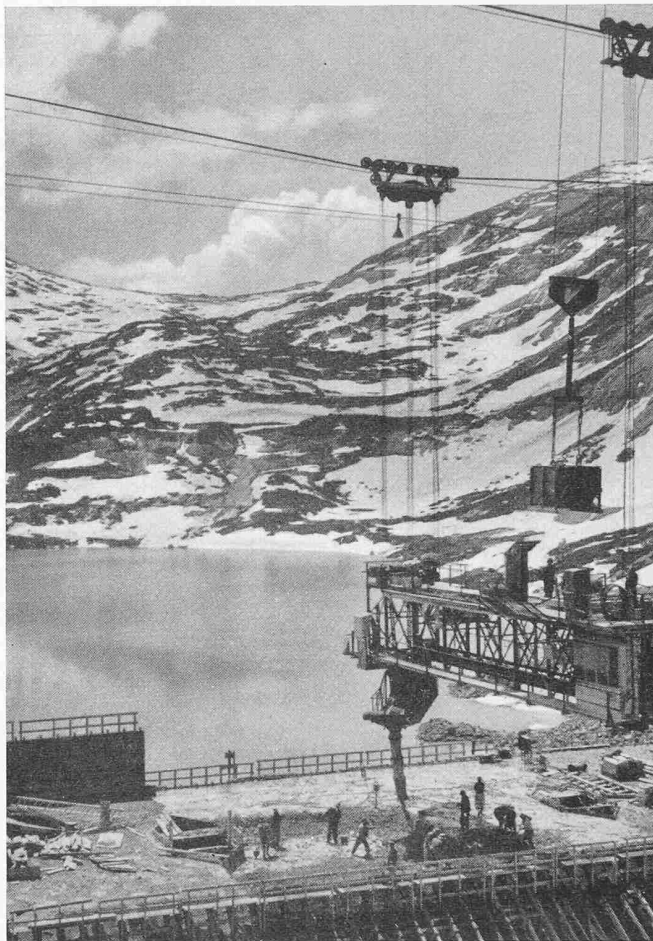


Bild 4. Verteilbühne für das Einbringen des Betons der Staumauer Räterichsboden

Saisonfugen von Staumauern sind die schwachen Punkte solcher Bauwerke. Es hat sich gezeigt, dass es bis heute nicht gelungen ist, diese ohne Nachinjektionen dicht zu bringen. Die Schwind- bzw. Temperatur-Differenz zwischen dem letztjährigen und dem neuen Beton, ferner die Eigenspannungen infolge des Unterschiedes der Innen- und Aussentemperatur, besonders im Winter, verursachen ein teilweises Öffnen der Saisonfugen im fertigen Bauwerk. Es empfiehlt sich daher, in solche Fugen zum vorneherein Injektionsröhren einzulegen, um nach erfolgter Schrumpfung injizieren zu können.

Die Verdichtung des Frischbetons mit Tauchvibratoren hat bis vor kurzem grosse Schwierigkeiten bereitet. Sobald beim Grobbeton die Dosierung unter 160 und der Wasserzementfaktor unter 0,9 lagen, stieg der Verschleiss der Vibratoren ins Untragbare. Die meist gebräuchlichen Vibratoren, wie Notz und Wacker, sind inzwischen verbessert worden. Ferner konnte durch die Entstaubung der Zuschlagstoffe und die Verwendung von plastifizierenden und luft-einführenden Mitteln die innere Reibung im Beton derart herabgesetzt werden, dass heute ein Beton P 130 mit einem Wasserzementfaktor 0,9 noch einwandfrei vibriert werden kann.

#### 5. Massnahmen gegen leicht aggressive Wässer

Ganz weiches Wasser, oder solches, das Kohlensäure, Humussäure oder ähnliches enthält, wie es im Wasserbau häufig vorkommt, greift den Beton besonders dann an, wenn es durch Risse oder poröse Stellen durchsickert. Bei Auftreten solcher Wässer ist es daher ganz besonders wichtig, dass der Beton absolut dicht ist und eine glatte, geschlossene Oberfläche besitzt. Zu vermehrtem Schutz wird die vom Wasser bespülte Oberfläche oft mit einem bituminösen Anstrich versehen. Bei den Staumauern und Stollenauskleidungen im Oberhasli haben wir fast alle Flächen, die mit Wasser in Berührung kommen, fluatiert, und ausserdem z. T. noch mit einem Bitumenanstrich versehen. Um die Wirksamkeit der Behandlung mit Fluat abzuklären, führten wir Versuche mit Betonkörpern durch, die einer Bepflügelung mit destilliertem Wasser, das noch 7 mg/l freie Kohlensäure enthielt, ausge-

setzt wurden. Dieses Wasser entsprach annähernd demjenigen, das bei einer Wasserfassung im Oberhasli festgestellt wurde (7 mg/l freies  $\text{CO}_2$ , 2,2 franz. Härtegrade). Ein Unterschied in der Auslaugung der Oberfläche der fluatierten und nicht fluatierten Körper stellte sich erst nach drei Wochen ein. Nach neunwöchiger Bepflügelung zeigten die nicht fluatierten Körper bereits eine um 25 % grössere Auslaugung der Oberfläche als die fluatierten. Von den erstgenannten wurden nach neun Wochen 53 g, von den letztgenannten 42 g  $\text{CaO}$  pro  $\text{m}^2$  Oberfläche ausgelaugt. Da die Zuschlagstoffe aus Granit bestehen, stammt der gelöste Kalk ausschliesslich aus dem Zement. Der entsprechende Zementverlust macht 84 bzw. 66 g pro  $\text{m}^2$  aus, oder bei gleichmässigem Weiterschreiten der Auslaugung ungefähr 350 bzw. 425 g pro  $\text{m}^2$  und Jahr. Bei einem Beton P 300 würde somit im Verlaufe eines Jahres eine Schicht von 1,16 bzw. 1,32 mm aufgelöst. Ausser dem  $\text{CaO}$  wurden auch geringe Mengen von Alkalien-Magnesia-Eisen-Aluminumsalzen sowie Kieselsäure aus dem Beton gelöst. Die Menge des gelösten  $\text{SiO}_2$  betrug etwa 10 % des ausgelaugten  $\text{CaO}$ . Dieser Versuch zeigt, dass der Angriff des absolut weichen und dazu noch kohlenstoffhaltigen Wassers auf die Betonoberfläche beträchtlich ist und dass in einem solchen Falle ein Schutz angezeigt ist.

## 6. Die Wärmeentwicklung des Zementes

Nach unsern Messungen hat trockener Beton, wie er heute hergestellt wird, eine spezifische Wärme von 0,2 kcal/kg. Mit einer massgebenden Wärmeentwicklung des Zementes von 80 kcal/kg und einer Wärmeabfuhr durch Strahlung und Konvektion von 5 bis 10 %, je nach Bautempo und Blockausbildung (offene oder geschlossene Fugen), ergibt sich eine Temperaturerhöhung von 12 bis 14 ° C pro 100 kg Zementdosierung. Eine Temperaturdifferenz zwischen dem Innern und der Oberfläche einer Stauwand ohne Hohlfugen (im ersten Winter) von 30 ° C erzeugt Zugspannungen in der Grössenordnung von 40 kg/cm<sup>2</sup>. Diese müssen als an der Grenze des Zulässigen liegend bezeichnet werden. Die Maximaltemperaturen in der Bausaison sollten daher bei unsern klimatischen Verhältnissen 32 ° C nicht überschreiten. Bei einer Anfangstemperatur des Betons von 10 ° C (Hochgebirge) darf die Temperatur daher um höchstens 22 ° C ansteigen, damit im ersten Winter die Riss-Sicherheit gewährleistet ist. Ohne künstliche Kühlung sollte somit bei forcierter Betonierung die Zementdosierung nicht über 160 kg/m<sup>3</sup> betragen. Mit der künstlichen Kühlung kann man den Temperaturanstieg weitgehend regulieren, doch sind damit Kosten in der Grössenordnung von 1 Fr./m<sup>3</sup> Beton verbunden. Es ist verlockend, an Stelle eines Portlandzementes einen Spezialzement mit geringer Wärmetönung zu verwenden. Nachdem der sogenannte Low-Heat-Zement sich nicht durchwegs bewährt hat, wird vor allem in Deutschland Hochofenzement oder ganz besonders Gipsschlackenzement (auch Sulfathüttenzement genannt) empfohlen. Diese Zemente entwickeln nur halb so viel Wärme wie ein Portlandzement, der Sulfathüttenzement sogar nur 1/3. Da diese Zemente in der Schweiz nicht fabriziert werden, kommen sie für grössere Bauwerke kaum in Frage, und es bleibt uns zur Meisterung des Wärmeproblems nur die künstliche Kühlung oder eine möglichst niedrige Dosierung.

## 7. Die Schüttbetonbauweise

Anlässlich des Oesterreichischen Betontages vom 22./23. März 1954 erläuterte Ing. Franz Bittner das Prinzip der Schüttbauweise. Diese Betonbauweise, die darin besteht, möglichst mageren, porösen, leichten und damit isolierenden Beton durch loses Schütten — ohne Verdichtung — zu erzeugen, ist zwar schon lange bekannt, erhielt aber erst besondere Bedeutung durch die Notwendigkeit, grosse Mengen Bauschutt, die der Krieg hinterlassen hatte, zu entfernen und nutzbringend zu verwerten. Die Wirtschaftlichkeit dieser Baumethode hängt hauptsächlich von den zur Verfügung stehenden Zuschlagstoffen, von der Betonförderung und vom Schalungssystem ab. Der «Oesterreichische Binobau, Salzburg» hat eine besonders rationelle Schalung, eine sehr leichte Kletterschalung entwickelt, die sich für den Schüttbeton in Oesterreich und in Deutschland bei unzähligen Bauten bewährt hat. Als Zuschlagstoff wird aufbereiteter Bauschutt, möglichst gleicher Körnung, Kies von einer Korngrösse oder neuerdings auch die Schlacke von Hüttenwerken verwendet. Die Zementdosierung richtet sich nach der erforderlichen

Festigkeit. Da die Zuschlagstoffe nur aus grösseren Körnern bestehen, ist die Kornoberfläche und damit die zur Bindung erforderliche Zementleimmenge gering. Grosse Siedlungen, Wohnblöcke, ja sogar Hochhäuser sind bereits in dieser Bauweise erstellt worden. Mit einem Kostenaufwand von 600 000 D-Mark wurde in Stuttgart das 17-geschossige Max-Kade-Hochhaus in Schüttbeton erbaut, während die Kalkulation ergeben hatte, dass ein Stahlbetonskelettbau 1 Million DM gekostet hätte. Die Baufortschritte sind bei guter Planung und Installation sehr gross, und die Schall- und Wärmeisolation soll zwei bis zweieinhalb mal so gross sein wie bei einer gleich starken Vollziegelmauer.

## 8. Messungen am fertigen Bauwerk

Für die Kontrolle des Temperaturverlaufes im Innern des Betons stehen uns heute gute Einrichtungen zur Verfügung. Hingegen haben Dehnungs- bzw. Spannungsmessungen an Stauwänden bis heute zu keinen befriedigenden Ergebnissen geführt. Die verschiedenen Einflüsse überlagern sich derart, dass eine Analyse der Messresultate nicht möglich ist. Am zuverlässigsten ist immer noch die direkte Bestimmung der Deformationen und Bewegungen. Die Ueberprüfung der Qualität des Betons im Bauwerk ist bei Stab- und Flächentragwerken leicht und zuverlässig. Bei Stauwänden war es bis anhin üblich, Bohrkern herauszunehmen oder Probekörper auszuspitzen.

Das «Institut technique du bâtiment et des travaux publics» in Paris hat in den letzten Jahren ein Verfahren zur zerstörungsfreien Prüfung von Beton entwickelt. Es wird bezeichnet als «Auscultation dynamique du béton» [10]. Die Methode gründet sich auf die Beziehung zwischen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles im Beton und dem Elastizitätsmodul. Es handelt sich somit darum, die Geschwindigkeit eines Stossimpulses, der durch den Beton geschickt wird, zu bestimmen. Daraus kann mit Hilfe der Dichte und der Poissonzahl der dynamische Elastizitätsmodul des Betons und aus diesem die Würfeldruckfestigkeit berechnet werden. Diese Messungen ergeben aber nicht nur die mittleren Festigkeiten im Bauwerk, sie zeigen auch alle Unregelmässigkeiten, schlechte Arbeitsfugen, Kiesnester usw. an. Wir haben an verschiedenen Stauwänden im Oberhasli solche Prüfungen vorgenommen. Schallwellen wurden von der Luft zur Wasserseite, schräg von oben nach unten — um möglichst viele Arbeitsfugen zu schneiden — von Kontrollgang zu Kontrollgang, von Fugenhohlraum zu Fugenhohlraum geschickt. Der Beton der neuen Mauern erwies sich als sehr gleichmässig und die Uebereinstimmung der erzielten Resultate mit denjenigen von Probekörpern, die während der Betonierung und aus der fertigen Mauer entnommen wurden, war gut.

## Schlussfolgerungen

Viele Laien, aber auch Baufachleute, sind heute noch der Meinung, Beton herzustellen sei die einfachste Sache der Welt. Wenn die Qualität vernachlässigt wird, steckt tatsächlich nicht viel hinter einer Betonierarbeit. Will man aber mit einem Minimum an Mitteln ein Maximum an Wirkung erreichen, so gibt es viele Probleme zu lösen. Einige wurden in den vorstehenden Ausführungen gestreift. Diese legen den Schluss nahe, dass beim heutigen Stand der Betontechnik sowohl im Eisenbeton- als im Massenbetonbau mit geringeren Zementdosierungen gearbeitet werden sollte. Gewichtsmauern z. B. sollten mit einer derart geringen Dosierung hergestellt werden, dass eine Kühlung unnötig wird. Anders ist es bei Bogenmauern, wenn aus Festigkeitsgründen eine höhere Dosierung erforderlich und wenn ausserdem die Schliessung der Radialfugen möglichst bald angestrebt wird, um mit dem Füllen des Stausees der Betonierung folgen zu können. Die Einsparungen, die durch die Zementreduktion und das Wegfallen der künstlichen Kühlung erzielt werden, sind gross. Es dürfte bei den Bauaufgaben, die heute noch der Verwirklichung harren, dadurch keine allgemeine Verminderung des Zementverbrauchs zu befürchten sein. Voraussetzung für eine radikale Reduktion der Zementdosierung ist aber die Entstaubung der Zuschlagstoffe, die Beherrschung der Granulometrie des Sandes auch unter 3 mm Durchmesser und die richtige Wahl der Zementzusatzmittel. Die Arbeiten von Abrams, Dr. Solvey-Stern, Dr. Tillmann, Dr. Drögsler u. a. m. haben schon seit Jahren auf die Bedeutung des Wasserzement-



faktors für die Qualität des Betons hingewiesen. Durch den Zusatz plastifizierender und luftführender Mittel wird erst eine wirksame Verbesserung dieses Faktors ermöglicht. Wie bereits erwähnt, ist die volle Konsequenz aus allen erwähnten Erkenntnissen bis jetzt nur in Oesterreich gezogen worden. Es ist daher sehr zu begrüßen, dass die Motor-Columbus AG. als Bauleiterin für die Staumauer Zervreila eine Rheax-Schlämmanlage bestellt hat und der Granulometrie des Feinsandes die grösste Aufmerksamkeit schenkt. Auf den Sperrenbaustellen Sambuco, Mauvoisin und Grande Dixence sind von den Krupp-Rheinhausenwerken Schlämmanlagen erstellt worden, die, wie es scheint, die österreichischen Erfahrungen ebenfalls zu Nutzen ziehen und eine Entstaubung und teilweise auch eine Feinkornreinigung ermöglichen. Sind solche Sandaufbereitungsanlagen einmal im Talsperrenbau eingeführt, so ist zu hoffen, dass sie auch von den permanenten Kieswerken eingerichtet werden. Dann erst dürfen diese als gut eingerichtet gelten.

Die neuesten Erkenntnisse auf dem Gebiet der Beton-technologie setzen uns in den Stand, auf allen Gebieten des Betonbaues die zur Verfügung stehenden Mittel besser auszunützen, rationeller zu bauen und damit den Wirkungsgrad der Bauwirtschaft zu verbessern.

## Das Schwesternhaus des Kantonsspitals Glarus

Hierzu Tafeln 35 bis 38

Das Problem der Förderung des Schwesternstandes lastet nicht nur auf den staatlichen Heil- und Pflegestätten, sondern auch auf den privaten Krankenanstalten. Immer schwerer wird es, junge, hilfsbereite Menschen zu finden, die willens sind, sich der Krankenpflege zu widmen. Der Beruf ist anstrengend; von den Pflegerinnen wird Liebe und Hingabe zum Beruf, Entsagung und Opferbereitschaft verlangt. Ein lauterer Charakter, gepaart mit Gewissenhaftigkeit und Ausdauer, sind die notwendigen Voraussetzungen für die Erfüllung der schönen Aufgabe. Leider waren die Bedingungen, unter denen das Pflegepersonal gelegentlich arbeiten und leben musste, nicht überall den gestellten Forderungen an die menschlichen Eigenschaften ebenbürtig. Man verlangte vom Personal mehr als man zu bieten hatte. Oft — und das trifft heute an vielen Orten noch zu — war die Unterkunft mangelhaft, häufig fehlte den treuen Helfern manches, was andern zum Leben notwendig erscheint. In Erkenntnis dieser Lage hat der Bundesrat am 1. Mai 1947 einen Normalarbeitsvertrag für das Pflegepersonal in Kraft gesetzt, der ausser Entlohnung, Arbeitszeit und Ferienanspruch auch die sozialen Sicherungen für das Alter regelt. Im Zuge dieser Besserstellungen sind auch die Projektierung und Ausführung von verbesserten Unterkünften zu sehen. Viele der grösseren Krankenanstalten werden das Wohnproblem ihrer Schwestern in den nächsten Jahren lösen müssen.

Die sich der Architektenschaft stellende Aufgabe wird häufig dadurch erschwert, dass das Schwesternhaus nachträglich in eine bereits vorhandene Anlage eingefügt werden muss. Ein verhältnismässig grosses Raumprogramm soll oft auf recht knappem Raum verwirklicht werden. Schwer fällt es besonders, eine Gebäudeform zu wählen, die bei konzentrierter Anordnung der Schwesternzimmer das abschreckend kasernenhafte Aussehen vermeidet. Man möchte den Schwestern eine private Sphäre schaffen, die von derjenigen des Spitals möglichst verschieden ist. Die Länge der Spitalgänge mit den aufgereihten Krankenzimmertüren und der frostigen Ruhe will man im Wohnhaus des Personals ausschalten; die Aufreihung der Zimmer durch deren beruhigende und erfrischende Gruppierung ersetzen, und schliesslich soll die Möglichkeit geboten sein, gleichgeartete oder gleichgesinnte, harmonisierende Schwestern zu Wohngemeinschaft-

### Literaturverzeichnis:

- [1] Prof. Dr. G. Wagner, TH Wien: Schlammtechnik in neuer Entwicklungsphase. «Techn. Rundschau» Nr. 13, 1953.
- [2] Dr. Ing. Jos. Fritsch, Wien: Neue Erfahrungen im Masserbetonbau. «Schweiz. Bauzeitung», 6. 3. 1954.
- [3] Dr. Ing. Kurt Bracher, Wien: Kornreinigung bei Aufbereitungsanlagen für Grossebaustellen und der Begriff der Trennschärfe.
- [4] O. Frey-Bär & M. Kuhn: Sandreinigung bei Staumauerbeton. «Schweiz. Bauzeitung», 27. 2. 1954.
- [5] M. Duriez, Paris: Les adjuvants du béton. «Anales de l'institut techniques du bâtiment et des travaux publics».
- [6] A. Wogrin, Tauernkraftwerke: Ueber die Frostbeständigkeit des Betons. «Oesterreichische Bauzeitung» 17—19 1951.
- [7] Prof. Dr. Ing. F. Tölke, Kalsruhe: Entwicklungslinien im Talsperrenbau. «Die Wasserwirtschaft», Heft 4, 1951/52.
- [8] Dr. A. Ammann: Luftporenbeton. «Schweiz. Bauzeitung», 5. 1. 1952; daselbst weitere Literaturstellen.
- [9] EMPA-Bericht Nr. 159: Einfluss des Zusatzes von Frioplast.
- [10] O. Graf, Fortschritte und Forschungen im Bauwesen, Reihe C, Heft 2: Schüttbodyen. Stuttgart 1951, Francksche Verlagshandlung.
- [11] Dr. R. V. Baud: Betonprüfung mit akustischen Methoden. «Schweiz. Bauzeitung», 19. 9. 1953.
- [12] J. Bächtold: Betonbeförderung mittels Pumpen. «Zementbulletin» 1953, Nr. 10.

Dipl. Arch. Jakob Zweifel, Zürich/Glarus

DK 725.518: 361.081.42

ten in Gruppen zusammenzufassen. Ein Schwesternhaus dürfte den fröhlich Lachenden ebenso gut wie den Besinnlichen und Ernsten dienen. Schön wäre es, könnte man die Aufgabe mit Einzelbauten lösen, doch dazu fehlen oft Raum und Geld. Die Gruppenbildung muss meistens innerhalb eines einzigen Hauses möglich gemacht werden; es müssen also Zimmer zu Zimmergruppen gefügt werden, in denen vielfältiges Leben herrschen kann. Es muss aber auch jeder einzelnen Schwester erlaubt werden, sich zurückzuziehen, denn aus dem Alleinsein schöpft sie Kraft, den Pflegebedürftigen zu helfen. Auch die der Gesellschaft dienenden Räume dürfen im Schwesternhaus nicht fehlen. Manches muss gemeinsam besprochen und beraten werden; Besuch muss man empfangen dürfen; von klösterlicher Abgeschlossenheit darf nicht die Rede sein, wenn man lebensfrohe und gesunde Mädchen zum Ergreifen des schweren Berufes begeistern will. Und schliesslich ist an die Verrichtungen zu denken, die zur Pflege des Körpers und der persönlichen Effekten nötig sind. Waschen, Bügeln, Nähen, Flickern, Putzen usw. sind tägliche Beschäftigungen, die man je nach Lust und Laune entweder allein oder in fröhlicher Gesellschaft besorgt. Aus den vielen Gegeben-

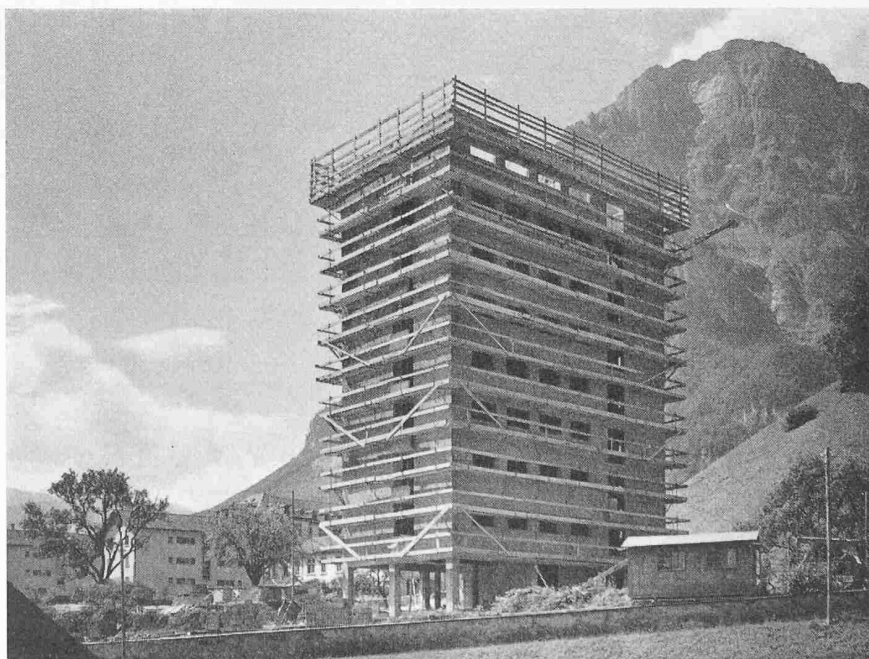


Bild 1. Das Hochhaus im Bau, aus Nordost