

<b>Zeitschrift:</b>	Schweizerische Bauzeitung
<b>Herausgeber:</b>	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
<b>Band:</b>	67 (1949)
<b>Heft:</b>	33
<b>Artikel:</b>	Die Betonsonde, ein neues Gerät zur Bestimmung der Verarbeitbarkeit von Beton
<b>Autor:</b>	Rychner, G.A.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-84116">https://doi.org/10.5169/seals-84116</a>

### **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:** 23.02.2026

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

## Die Betonsonde, ein neues Gerät zur Bestimmung der Verarbeitbarkeit von Beton

Von Dipl. Ing. G. A. RYCHNER, Zürich (ehemaliger Mitarbeiter der T. F. B., Willegg)

DK 666.97.083.7

Bis heute haben verschiedene Methoden mit mehr oder weniger Geschick das Ziel verfolgt, die Verarbeitbarkeit des Betons zu bestimmen<sup>1)</sup>. Den meisten haftet aber der Nachteil an, dass sie nur im Laboratorium verwendbar sind und auf dem Bauplatz infolge ihrer Umständlichkeit nicht Eingang finden können. Wohl hat sich vor allem der Kegel von Abrams in der Praxis eingebürgert, aber die Ergebnisse, die mit diesem Gerät erzielt werden, geben bei runden Zuschlagsstoffen nur Auskunft über die *Fluidität*, d. h. über jene Eigenschaft des frischen Betons, die vom Verhältnis des Wasserzusatzes zur totalen inneren Oberfläche des Sandkies- und Zementmaterials abhängig ist. Der Versuch mit dem Kegel oder Slump-test gibt messbare Ergebnisse nur im eigentlichen Fluiditätsbereich des Betons; für erdfrechte und steifplastische Konsistenzen ist er unbrauchbar, bzw. sind seine Angaben unzuverlässig, denn ein Setzmass von Null oder einigen Millimetern gibt keine präzise Auskunft. Außerdem sagt das Setzmass *allein* über die Plastizität des Betons nichts aus und über die Verarbeitbarkeit gibt es nur insofern einen Hinweis, als diese natürlich von der Fluidität des Betons beeinflusst wird.

In den S.I.A.-Normen Nr. 105 «Besondere Bedingungen für die Herstellung von Beton» lautet Absatz 2 des Art. 4: «Der Beton ist von plastischer Konsistenz, wenn die Ränder eines auf eine ebene, horizontale Unterlage geschütteten Betonhaufens nicht ausfliessen, der Haufen jedoch zusammen sackt». Die Plastizität ist jene Eigenschaft des frischen Betons, bei welcher bleibende Verformungen *ohne* Verlust des Zusammenhangs der Masse eintreten. Sie ist vom Gehalt an feinsten Partikeln (Feinsand unter 0,1 mm und Zement) und vom Wasserzusatz der Mischung abhängig. Wenn ein Beton mit einem Setzmass von 3 bis 15 cm als plastisch bezeichnet wird (Norm S.I.A. Nr. 105), so liegt der Grund darin, dass der Ausdruck «plastisch» in den meisten Fällen, wo der Slump-test durchgeführt wird (Eisenbetonmischungen mit genügender Zementdosierung), zutrifft. Die Plastizität kann aber allein an dem Aussehen (Zustand, Form, Zusammensetzung, Mobilität) des Betonhaufens nach Entfernung des Blechkegels und nicht nach dem Setzmass beurteilt werden. Nasser Sandkies ergibt beispielsweise ein Setzmass von 10 cm und mehr und ist keineswegs plastisch. Magere Betonmischungen lassen sich bei einem solchen Setzmass nicht einmal zusammenballen und sind schwerer zu verarbeiten als fettere. Das Setzmass ist somit kein *allgemein* gültiges Kennzeichen für die Beurteilung der Verarbeitbarkeit von Frischbeton. Es kann lediglich bei der *gleichen* Betonmischung dazu dienen, die Anmachwassermenge zu regulieren, und in diesem Sinne leistet es in der Praxis gute Dienste.

Im Zusammenhang mit dem Setzmass als Kennzeichen der Fluidität verschiedener Betonmischungen wäre es richtiger, die Ausdrücke «erdfeucht», «plastisch», «giessfähig» (die bedingt zutreffen, nämlich nur dann, wenn die Zementdosierung genügend oder der Anteil an Feinem entsprechend erhöht ist) durch die Reihenfolge «feucht», «nass», «tropfnass» oder «übersättigt» zu ersetzen. Magerer Beton kann nie plastisch werden. Während Fluidität und Plastizität bestimmte Eigenschaften des frischen Betons sind, wird mit der Konsistenz lediglich der generelle Zustand des frischen Betons subjektiv beschrieben, wobei die Beurteilung vom persönlichen Empfinden abhängt (die Einteilung in erdfreucht, plastisch, giessfähig nach dem Setzmass ist willkürlich). Die Plastizität ist gekennzeichnet durch das Zusammenwirken von Kohäsion und einem gewissen Grad von Fluidität; sie entspricht einem Zustand der Bewegung der Masse quasi ohne äussere Krafteinwirkung. Die *Verarbeitbarkeit* dagegen bezeichnet eine Eigenschaft des frischen Betons, die nur im Zusammenhang mit einer äusseren Krafteinwirkung zur Geltung kommt. Sie ist mit Verformung, Bewegung, äusserem *Energieaufwand* verbunden. Der letztgenannte ist umso grösser, je schwieriger der Beton zu verarbeiten ist, und der Beton ist umso schwieriger zu verarbeiten, je grösser sein

innerer Widerstand gegen die Verdichtungsarbeit ist (Reibungskräfte). Dieser innere Widerstand ist einerseits von der Fluidität der Mischung (Wasserzusatz), anderseits von der Beschaffenheit (Kornform, Rauigkeit), Korngrösse und Verteilung (granulometrische Zusammensetzung) der Zuschlagsstoffe, sowie von der Zementdosierung (wenn von der Feinheit des Zementes abgesehen wird) abhängig. Die letzten Faktoren beeinflussen in massgebender Weise die Kohäsion der Komponenten. Bei der Beurteilung der Verarbeitbarkeit im Bauwerk spielen noch äussere Faktoren, die mit dem Beton in Wechselwirkung stehen, eine Rolle, z. B. die Schalung (Form, Breite und Höhe, sog. Wandeffekt) und die Eiseneinlagen (Durchmesser, Dichte und Verteilung).

Welche Bedeutung der Verarbeitbarkeit des Betons in wirtschaftlicher und technischer Hinsicht zukommt, geht aus der Entwicklung der Methoden, welche die Einbringung und Verdichtung des frischen Betons zu bezeichnen, hervor. In dieser Beziehung ist der Weg vom Gussbeton zum erdfreuchten, vibrierten Beton sehr lehrreich: Der erste ist ein an sich sehr leicht verarbeitbarer Beton, der praktisch keine Verdichtungsarbeit erfordert (die Schwerkraft genügt), der zweite ist ein an sich schwer verarbeitbarer Beton (Setzmass 0 oder sehr klein), der durch leistungsfähige mechanische Apparate derart verdichtet wird, dass die Verarbeitbarkeit *scheinbar* eine Verbesserung erfährt. Bei passender Konsistenz können bekanntlich die inneren Reibungswiderstände durch Vibration teils oder ganz aufgehoben werden, wodurch der Beton infolge seiner momentanen Mobilität flüssig erscheint. Dabei ist aber zu beachten, dass die Zufuhr von Energie für die einwandfreie Verdichtung von relativ trockenen und daher an sich schwer verarbeitbaren Betonmischungen in erster Linie das Ziel verfolgt, bei möglichst geringer Anmachwassermenge kompakten Beton zu erzielen, in der Erkenntnis der grossen Bedeutung eines niedrigen Wasser/Zement-Faktors und einer guten Verdichtung für die Herstellung von *Qualitätsbeton*. Die Verarbeitbarkeit des frischen Betons hat eine bestimmte Grösse, die durch eine Arbeit bzw. Leistung gemessen werden kann. Es handelt sich nun darum, die Verarbeitungs- oder Verdichtungsmethode mit ihr in Einklang zu bringen, um den gewünschten Nutzeffekt zu erzielen.

\*

Die *Betonsonde* stellt einen Versuch dar, die Slump-test-Methode zu ergänzen. Sie beruht auf dem im Erdbau angewendeten Arbeitsprinzip und dient zur Feststellung der «inneren» Verarbeitbarkeit des frischen Betons, d. h. der Verarbeitbarkeit der Mischung an und für sich. Die Messungen mit der Betonsonde sind bei genügend grosser Form für die Einbringung des Betons *vollständig unabhängig von irgendwelcher Wirkung der Schalungswände*.

Die Betonsonde wurde von der *Technischen Forschungs- und Beratungsstelle (TFB) der E. G. Portland* in Willegg entworfen. Sie ist ein kleines *Rammbär-Eindringgerät*, das infolge seines geringen Gewichtes (1 kg) und seiner kleinen Dimensionen (Länge 50 cm) überall leicht mitgenommen werden kann. Abmessungen und Gewicht wurden nach praktischen Erwägungen und einigen Vorversuchen für Körnungen bis rund 30 mm (Eisenbeton) festgelegt. Der Durchmesser der Sonde beträgt 20 mm, somit  $\frac{2}{3}$  der Dimensionen des Maximalkorns. Die Spitze ist halbkugelförmig. Das Gewicht des Rammbärs beträgt 0,5 kg, die Fallhöhe 20 cm. Infolgedessen ist die Arbeit pro Schlag 10 cmkg (Bilder 1 und 2). Mit der Betonsonde wird der innere Widerstand des Betons als Summe eines Spitzenwiderstandes und eines seitlichen Reibungs-

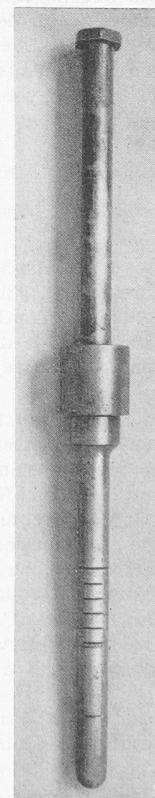


Bild 1. Betonsonde Ø 20 mm

<sup>1)</sup> Vgl. Bolomey in SBZ, Bd. 95, S. 10\* (1930) und Bd. 98, S. 105\* und 118\* (1931).

widerstandes gemessen. Voraussetzung zur Bestimmung der Verarbeitbarkeit ist, dass der Beton immer auf gleiche Weise in das Modell eingebracht und verdichtet wird (was indessen beim Slump-test auch der Fall ist). *Mit der Betonsonde kann aber auch der Verdichtungsgrad des Betons während der Verdichtungsarbeit im Bauwerk selbst kontrolliert werden, z. B. beim Vibrieren.* Messungen dieser Art zeigten deutlich, dass z. B. bei der oberflächlichen Vibration eines Betonbelages die Verdichtung nach dem zweiten Durchgang des Vibrators bedeutend zugenommen hatte.

Mit der Betonsonde können verschiedene Versuche durchgeführt werden. Der umfassendste besteht darin, wie im Erdbau, den Verlauf der Einsenkung in Funktion der Anzahl Rammschläge (aufgewandte Arbeit) zu beobachten und graphisch aufzutragen. Man kann sich aber auch darauf beschränken, die Eindringtiefe für eine bestimmte Arbeit oder umgekehrt die aufgewandte Arbeit für eine bestimmte Eindringtiefe zu messen. Die zweite Methode hat den Vorteil, die Eindringungswiderstände (Anzahl Rammschläge) direkt anzugeben; außerdem ergibt sie eine grössere und bessere Abstufung der Messergebnisse, die in übersichtlicher Art in Abhängigkeit vom Wasser-Zement-Faktor graphisch aufgetragen werden können. Die bei den Versuchen festgelegte Eindringtiefe betrug  $t = 10$  cm. Die Anzahl Rammschläge, die erforderlich waren, um diese Tiefe zu erreichen, haben wir mit  $A t_{10}$  (Arbeit für die Eindringtiefe von 10 cm) bezeichnet. Zu Vergleichszwecken haben wir die Eindringtiefe  $t_0$  beim Aufsetzen der Sonde auf die Oberfläche des Betons gemessen. Diese Werte sind im oberen Teil der graphischen Darstellung Bild 2 aufgetragen. Im Zusammenhang mit der Beobachtung des Verhaltens des Betons beim Eindringen der Sonde unter dem Einfluss des Eigengewichtes erlauben sie bereits, die Mischung grob zu beurteilen, und verglichen mit den erhaltenen Arbeitswerten  $A t_{10}$  dienen sie zur Abschätzung der Plastizität. Wenn bei gleicher Verarbeitbarkeit von zwei Mischungen (gleiche aufgewandte Arbeit für eine Eindringtiefe von 10 cm) die Eindringtiefe  $t_0$  verschieden ist, so ist diejenige Mischung plastischer, die den kleineren Wert von

$t_0$  aufweist. Die Wahl des Wasser/Zement-Faktors  $\frac{W}{Z}$  als

Einheit für die Abszissenaxe hat den Vorteil, dass beim Vergleich der Verarbeitbarkeit von verschiedenen Mischungen der Einfluss auf die Festigkeitseigenschaften des Betons abgeschätzt werden kann, da bekanntlich die Druckfestigkeit des Betons mit abnehmendem Wasser/Zement-Faktor (zunehmendem Zement/Wasser-Faktor) zunimmt. Es sei hier nur auf die Näherungsformel von Bolomey hingewiesen, welche die voraussichtliche Druckfestigkeit des Betons in Abhängigkeit vom Zement/Wasser-Faktor angibt:

$$R = \left( \frac{Z}{W} - 0,50 \right) K$$

wobei  $R$  = Druckfestigkeit des Betons

$$\frac{Z}{W} = \text{Zement/Wasser-Faktor} = \frac{1}{\frac{W}{Z}}$$

$K$  = von der Zementmarke und dem Alter abhängiger Koeffizient. Für normengemässen schweizerischen Portlandzement normaler Qualität im Alter von 28 Tagen ist  $K = 180 \div 250$ , je nach der granulometrischen Zusammensetzung des Sandkieses innerhalb gewisser Grenzen.

\*

Die Versuche, die mit der Betonsonde durchgeführt wurden, beweckten, den Einfluss der Anmachwassermenge, der Zementdosierung, der granulometrischen Zusammensetzung und der Kornform der Zuschlagstoffe auf die Verarbeitbarkeit des Betons festzustellen. Es wurde durchwegs der gleiche normengemässen Portlandzement (Jura-Zementfabrik) verwendet. Für die Betonzuschlagstoffe wurden zwei granulometrische Zusammensetzungen gewählt, eine kiesreiche nach der EMPA-Siebkurve und eine sandreiche nach der Fuller-Siebkurve. Die prozentualen Gewichtsanteile der verschiedenen Kornfraktionen waren demgemäß folgende:

	EMPA (E)	Fuller (F)
Sand 0 $\div$ 1 mm	10 %	18 %
Sand 1 $\div$ 8 mm	29 %	33 %
Kies 8 $\div$ 15 mm	21 %	19 %
Kies 15 $\div$ 30 mm	40 %	30 %
	100 %	100 %
S : K $\sim$ 2 : 3 G. T.		S : K $\sim$ 1 : 1 G. T.

Für die Beurteilung der Verarbeitbarkeit von gebrochenem oder teils gebrochenem, teils rundem Material wurden diese granulometrischen Zusammensetzungen beibehalten. Die Untersuchung einer Ausfallkörnung beruhte auf der EMPA-Siebkurve als Grundlinie.

Ausfallkörnung (A)	Sand 0 $\div$ 1 mm	10 %	49 % G. T.
	Sand 1 $\div$ 8 mm	39 %	
	Kies 8 $\div$ 15 mm	—	
	Kies 15 $\div$ 30 mm	51 %	
			100 %

Die Kornabstufung des Sandes 0  $\div$  8 mm für die Mörtelmischung entsprach ebenfalls der EMPA-Siebkurve:

Mörtelsand	Sand 0 $\div$ 1 mm	23 %
	Sand 1 $\div$ 8 mm	77 %
		100 %

Grundsätzlich wurden Messungen nach jeder Zunahme des Wasser/Zement-Faktors um 0,025 durchgeführt.

Die Ergebnisse der Versuche, die für die zwei verschiedenen Kornabstufungen «EMPA» und «Fuller» des Kiesandes — rundes Material — den Einfluss der Zementdosierung (in kg pro m<sup>3</sup> fertigen Beton) auf die Verarbeitbarkeit des frischen Betons in Abhängigkeit vom Wasser/Zement-Faktor angeben, sind in Bild 2 graphisch aufgetragen. Aus Bild 3 ist der Einfluss der Beschaffenheit und der granulometrischen Zusammensetzung der Zuschlagsstoffe bei gleichbleibender Zementdosierung (P 300) zu entnehmen.

Bild 4 gibt einen Vergleich der Messergebnisse, die mit der Betonsonde und der üblichen Slump-test-Methode erzielt worden sind, und zwar für die Ausfallkörnung «A».

Bild 5 zeigt den Verlauf der Kurven für Beton P 300 «E» und Mörtel P 300, wenn die Messungen mit einem Wasser/Zement-Faktor = 0, also bei absolut trockenen Mischungen beginnen.

Die Möglichkeit, mit der Betonsonde auch die Zuschlagsstoffe untersuchen zu können, geht aus Bild 6 hervor, das eine graphische Darstellung der Messergebnisse für zwei Sande von verschiedener Kornabstufung enthält.

#### Versuchsergebnisse

##### 1. Messbereich (Bilder 2 und 3), Verlauf der Kurven, Fluidität

Die graphische Darstellung der Messergebnisse zeigt in erster Linie, dass der *Messbereich* der Betonsonde insbesondere alle erdfreudigen und steifplastischen Mischungen umfasst, die dem Slump-test nicht zugänglich sind (günstige Konsistenzen für Vibration). Der *Messbereich* erstreckt sich aber auch auf diejenigen Mischungen, die mit dem Slump-test untersucht werden können (vgl. Bild 4); er hört erst beim giessfähigen Beton auf, der eine Arbeitszahl  $A t_{10} = 0$  aufweist, d. h. wenn der Beton dem Eindringen der Sonde keinen Widerstand mehr leistet. Dieser Wert wird indessen nur bei *homogenen, nicht zur Entmischung neigenden* Mischungen erreicht, wodurch die Möglichkeit gegeben ist, mit der Betonsonde Fehler in der Zusammensetzung von Mischungen aufzudecken, bzw. die Giessbarkeit oder Entmischungsgefahr einer Mischung zu beurteilen.

Der *Verlauf* der Kurven zeigt grundsätzlich drei Bereiche: einen steilen Ast, einen Uebergangsbereich und einen flachen Ast. Der steile Ast entspricht erdfreudigen Mischungen, die einen mit der Zunahme der Fluidität des Betons rapid abnehmenden Reibungs- bzw. Scherwiderstand aufweisen. In diesem Bereich der *Reibung* ergibt der frische Beton *kein Setzmass*. Der Uebergangsbereich entspricht nassen Mischungen. Bei guter Kornabstufung und besonders bei genügender Zementdosierung ist der Beton plastisch. Der flache Ast entspricht übersättigten Mischungen, die bei guter Kohäsion und Homogenität breiig oder giessfähig sind. In diesem unteren Teil der Kurve ist hauptsächlich der Spaltenwiderstand massgebend, der von der Fluidität wenig beeinflusst wird. Mit dem Setzmass kann vor allem die Fluidität des frischen Betons, dessen Verarbeitbarkeitswerte den unteren Teil der Kurven bilden (Uebergangsbereich und flacher Ast), gemessen werden. In Bild 4 entspricht der Anfang der Krümmung der Kurve «Betonsonde» (Uebergang des steilen zum flachen Ast) dem ersten *messbaren Setzmass*.

Für verschiedene Mischungen ist der *Fluiditätszustand* annähernd der gleiche, wenn die Tangenten an die Kurven parallel sind. Ist bei einem endlichen Arbeitswert  $A t_{10}$ , die

Tangente an die Kurve horizontal, so kann die Verarbeitbarkeit bzw. Giessbarkeit durch weitere Zugabe von Wasser nicht verbessert werden.

## 2. Runder Sand und Kies. Einfluss der Zementdosierung und der granulometrischen Zusammensetzung. Streuung, Entmischungsgefahr (Bild 2)

Bei gleicher Kornbeschaffenheit hängt die Verarbeitbarkeit von der Fluidität und von der Kohäsion der Mischung ab. Die feinsten Partikelchen erhöhen die Kohäsion durch Vergrösserung der gesamten inneren Oberfläche des Sandkies- und Zementmaterials und engen Kontakt zwischen den einzelnen Körnern, wodurch der innere Widerstand der trockenen Mischung grösser wird. Durch die Zugabe von Wasser entsteht ein Wasserfilm, der grösser, regelmässiger und feiner verteilt ist. Dieser Film bewirkt einerseits, durch seine bessere kapillare Verteilung, eine Korn-zu-Korn-Bindung, die den Zusammenhalt der Komponenten bewirkt, anderseits ist seine «Schmierwirkung» grösser; diese Eigenschaften verleihen der Mischung Plastizität: Der frische Beton erscheint als kohärente, geschmeidige Masse von geringem inneren Widerstand und somit von besserer Verarbeitbarkeit.

Bild 2 zeigt deutlich, dass bei gleicher Fluidität des frischen Betons eine stärkere Zementdosierung die Verarbeitbarkeit in günstigem Sinne beeinflusst (Abnahme der Arbeitswerte  $A t_{10}$ ) und zwar bei gleichzeitiger Herabsetzung des Wasser/Zement-Faktors (trotz Erhöhung der absoluten Anmachwassermenge) d.h. Erhöhung der zu erwartenden Festigkeit des erhärteten Betons. Für den gleichen Fluiditätsgrad (Tangente an die Kurven  $\sim$  parallel, Setzmasse  $\sim$  identisch) sind also fetttere Mischungen verarbeitbarer als magere. Zwei verschiedenen dosierte Mischungen mit dem gleichen Setzmassa weisen nicht den gleichen Arbeitswert auf. Für ein Setzmassa von einigen Millimetern beträgt z. B. die Anzahl Rammsschläge für die Mischung «EMPA» P 300 etwa  $30 \div 40$ , während für die gleiche Mischung P 200 diese Zahl auf über 100 ansteigt; für ein Setzmassa von 70 mm (Beton plastisch bzw. nass) betragen diese Werte etwa 10 bzw. 30.

Die Kurven in Abhängigkeit vom Wasser/Zement-Faktor zeigen, dass sich die Verbesserung der Verarbeitbarkeit des Betons durch die Erhöhung der Wasserzugabe allein für die Festigkeitseigenschaften des Betons umso nachteiliger erweist, je kleiner die Zementdosierung ist.

Der Einfluss der Kornabstufung auf die Verarbeitbarkeit geht aus dem Vergleich der Messergebnisse für die granulometrischen Zusammensetzungen «EMPA» und «Fuller» hervor. Für die gleiche Zementdosierung und Anmachwassermenge wirkt sich die geringere Fluidität der sandreichereren Mischung «Fuller» in einem höheren Arbeitswert  $A t_{10}$  im erdfeuchten Bereich aus. Im eigentlichen Fluiditätsbereich dagegen, d. h. bei nassen und übersättigten Mischungen, hat die bessere Kohäsion der sandreichereren Mischung einen günstigen Einfluss auf die Verarbeitbarkeit

des frischen Betons (vgl. auch Bild 6). Gleiche Verdichtungsarbeit wird eher mit weniger Wasser erreicht, während bei erdfeuchten Mischungen im Gegenteil ein erhöhter Wassersatz erforderlich ist. Bei höheren Dosierungen (P 400) ist die kiesreichere Mischung «EMPA» im ganzen Bereich der Messungen die beste, also nicht nur für erdfeuchte Konsistenzen, sondern auch für plastische und giessfähige, bei denen infolge des hohen Zementgehaltes der Einfluss des Sandes auf die Kohäsion gegenüber demjenigen der Fluidität der Mischung zurücktritt. Der Vergleich der beiden granulo-

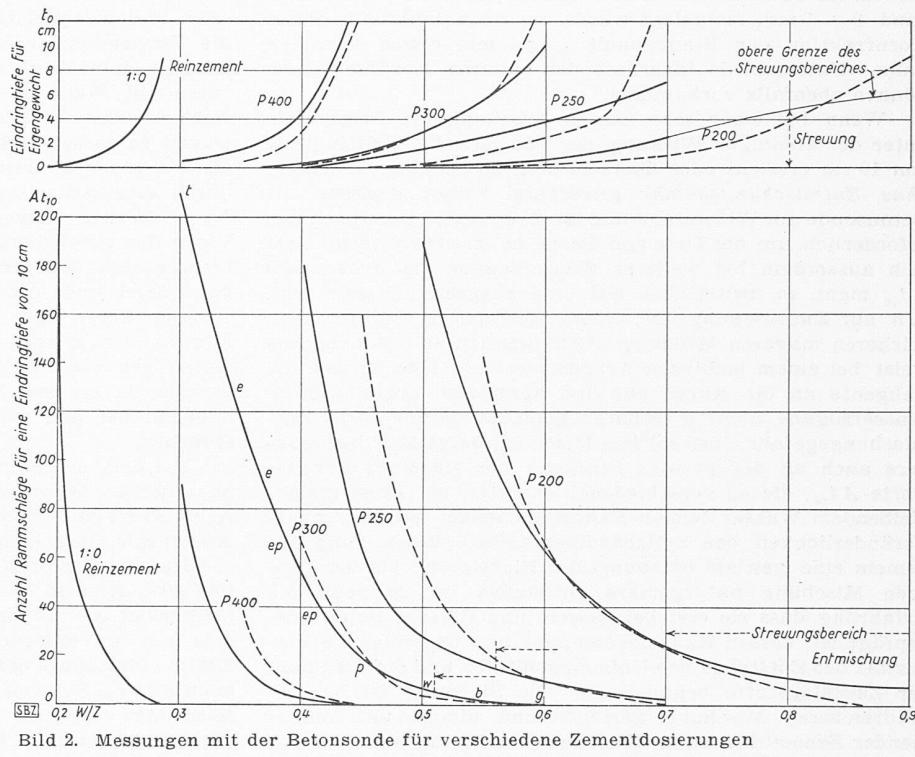


Bild 2. Messungen mit der Betonsonde für verschiedene Zementdosierungen

t	Kiessand-Zusammensetzung :	Handsonde Ø 20 mm :
e	nach EMPA	Spitze halbkugelförmig
ep	nach Fuller	Totalgewicht 1000 g
p	Körnung 0 $\div$ 30 mm rund	Gesamtlänge 50 cm
w	Beton gestampft	Gewicht des Rammbärs 500 g
b	SBZ	Hubhöhe 20 cm
g	Schalung 20 $\times$ 20 $\times$ 20 cm	Arbeit pro Schlag 10 cmkg

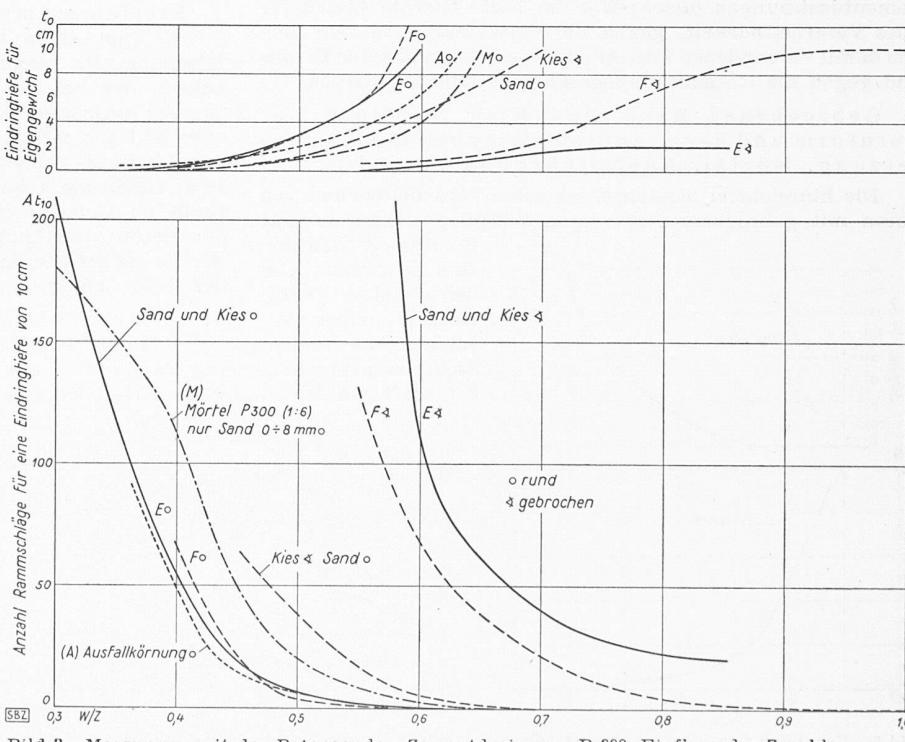


Bild 3. Messungen mit der Betonsonde. Zementdosierung P 300, Einfluss der Zuschlagsstoffe. Kiessand 0 bis 30 mm, E nach EMPA, F nach Fuller

metrischen Zusammensetzungen zeigt, dass *kiesreichere Körnungen* sich für *erdfeuchte Konsistenzen* (Stampfbeton, *Vibration*) besser eignen und für sehr fette Mischungen absolut besser sind, während ein erhöhter Sandanteil bei abnehmender Zementdosierung die Verarbeitbarkeit von *nassem Beton* ohne Zunahme des Wasserzusatzes erleichtert. Wenn sandreichere Mischungen in bezug auf die Verarbeitbarkeit in gewissen Fällen vorteilhaft erscheinen, so ist doch zu beachten, dass sie im allgemeinen geringere Festigkeiten ergeben als *kiesreichere*. Um die Messergebnisse besser zu verstehen, ist zu beachten, dass, wenn auch der Anteil an Feinsand  $0 \div 1$  mm festgelegt wurde, so doch innerhalb dieser Kornfraktion der Staubgehalt  $< 0,1$  mm etwas variieren kann. Unterschiede innerhalb der anderen Kornfraktionen können ebenfalls vorkommen.

Wenn bei einer sehr nassen Mischung die Betonsonde unter der alleinigen Wirkung der Schwere die Eindringtiefe von 10 cm erreicht oder überschreitet, so ist diese Mischung ohne *Entmischungsgefahr* giessfähig. Stösst dagegen die Betonsonde auf Widerstand und ist eine Anzahl Rammschläge erforderlich, um die Tiefe von 10 cm zu erreichen, vermindert sich ausserdem bei weiterer Wasserzugabe die Arbeitszahl  $A_{t_{10}}$  nicht, so deutet dies auf eine abgesetzte Kiessschicht, d. h. auf *Entmischung* hin. Dieser Zustand ist bei der *kiesreicherem mageren Mischung P 200* deutlich zu erkennen; sie weist bei einem endlichen Arbeitswert  $A_{t_{10}}$  eine horizontale Tangente an die Kurve auf und kann also durch weitere Wasserzugabe nicht giessbar gemacht werden. Die *Entmischungsgefahr* einer solchen Mischung zeigt sich insbesondere auch an der grossen *Streuung* der einzelnen Arbeitswerte  $A_{t_{10}}$ , die an verschiedenen Punkten bei sonst gleichbleibendem Wasser/Zement-Faktor gemessen werden (lokale Veränderlichkeit des Spitzewiderstandes). Wenn ganz allgemein eine gewisse Streuung der Einzelwerte bei der gleichen Mischung naturgemäß vorhanden ist, so zeigt die Erfahrung, dass sie erst bei *nassem und fluidem Beton* ausgeprägt ist, dessen Kohäsionsmangel und ungenügende Plastizität das Entstehen von Unhomogenitäten und die Trennung der Zuschlagstoffe begünstigen. Die Streuung ist bei der sandreicherem Mischung geringer und nimmt mit zunehmender Zementdosierung ab. Diese Ergebnisse stimmen mit den Feststellungen über die mittleren Arbeitswerte  $A_{t_{10}}$  (unterer Verlauf der Kurven) überein. Die *Entmischungsgefahr* ist umso grösser, je kleiner die Zementdosierung ist. Der Einfluss der Kornabstufung nimmt mit zunehmender Dosierung ab. Für genügend fette Mischungen besteht *Entmischungsgefahr* auch für *kiesreichere Zusammensetzungen* nicht.

Vorstehende Ausführungen bestätigen, dass ausreichende Zementdosierungen *gleichzeitig* die beste Gewähr bieten für gute Verarbeitbarkeit, gegen die Verwässerungsgefahr und den damit verbundenen Festigkeitsabfall des erhärteten Betons und gegen die *Entmischungsgefahr* des frischen Betons.

### 3. Gebrochener Sand und Kies. Einfluss der Kornform und der granulometrischen Zusammensetzung. Mörtel. Ausfallkörnung (Bild 3)

Die hinreichend bekannte, schlechte Verarbeitbarkeit von Beton mit gebrochenen, sperrigen Zuschlagsstoffen kommt in Bild 3 deutlich zum Ausdruck. Um den gleichen Fluiditätsgrad einer Mischung mit rundem Sandkies zu erzielen, erfordert ein Beton

gleicher Dosierung mit gebrochenen Zuschlägen bedeutend mehr Wasser und ist trotzdem immer noch schwerer zu verdichten. Im Gegensatz zu Beton mit runden Zuschlagstoffen ist im Fall von gebrochenen Materialien die sandreichere Mischung «Fuller» im ganzen Gebiet der Messungen ohne Erhöhung des Wasserzusatzes wesentlich besser zu verarbeiten, als die *kiesreichere Mischung «EMPA»*. Dies geht auch aus den Werten  $t_0$  hervor. Da die Kurve P 300 Fuller, gebrochen, (Bild 3) mit der Kurve P 200 Fuller, rund, (Bild 2) übereinstimmt, sind beide Mischungen in bezug auf Verarbeitbarkeit und die zu erwartenden Festigkeiten praktisch gleichwertig. Daraus geht hervor, dass in diesem Fall die Verwendung von gebrochenem Material an Stelle von runden einem Verlust an Zementdosierung von  $\sim 100$  kg/m<sup>3</sup> entspricht. Wenn man von der Voraussetzung ausgeht, dass richtigerweise bereits eine sandreichere Mischung gewählt wurde, so lassen sich die Verbesserung der Verarbeitbarkeit als auch der zu erwartenden Festigkeitseigenschaften nur durch eine Erhöhung der Zementdosierung erzielen. Daher der Ausdruck «Zementfresser» für gebrochenes Material. Wenn der gebrochene Sand durch runden ersetzt wird, verbessern sich die Verhältnisse erheblich. Die Kornform hat beim Sand einen grösseren Einfluss als beim Kies.

Der Slump-test ist für Mischungen mit gebrochenem Material ungeeignet, bzw. die Setzmasse können nicht mit denjenigen von Mischungen mit runden Sandkies verglichen werden, da sie bei den letztgenannten mehr der Fluidität, dagegen bei den ersten mehr der Verdichtungsarbeit entsprechen.

Bei dem mageren Mörtel P 300 ( $\sim 1:6$ ) ist der Wasseranspruch der Mischung naturgemäß grösser, um den gleichen Arbeitswert wie bei Beton P 300 zu erzielen. Indessen sollte Mörtel mit einer kleineren Sonde untersucht werden.

Die Ausfallkörnung «A» mit rund 50% Sand  $0 \div 8$  mm und 50% Kies  $15 \div 30$  mm weist eine leicht bessere Verarbeitbarkeit als die entsprechende EMPA-Mischung auf, aber dies nur im *erdfeuchten bis plastischen Bereich*, wo die EMPA-Mischung der Fuller-Mischung überlegen ist (vgl. auch Bild 4). Bei weichplastischen Mischungen ist die EMPA-Mischung eher und die Fuller-Mischung deutlich besser. Diese Beobachtung bestätigt die bekannte Tatsache, dass Ausfallkörnungen im eigentlichen Fluiditätsbereich nicht so homogen sind wie kontinuierliche granulometrische Zusammensetzungen und demzufolge eher zu Entmischungen Anlass geben können. Somit erscheint die Ausfallkörnung in diesem Versuch nur bei *erdfeuchten und steifplastischen Konsistenzen* einen leichten Vorteil zu bieten, der allerdings gegenüber der EMPA-Mischung unbedeutend ist.

### 4. Steifemaximum (Bild 5)

Es gibt einen bestimmten Wasserzusatz, bei dem die Mischung eine maximale Steife aufweist. Für diesen Wasserzusatz, der bei der untersuchten Betonmischung P 300 mit runden Sandkies «EMPA» einer totalen Wassermenge von etwa 84 l pro m<sup>3</sup> fertigen Beton entspricht, ist die Kohäsion des Sandkies-Zement-Wasser-Gemisches am grössten, und zwar fallen die Arbeitswerte vor und nach diesem Maximum rapid ab. Gelänge es mit geeigneten mechanischen Mitteln den Beton vollständig zu verdichten, so würden vermutlich jeweils die grösstmögliche Dichte und Festigkeit erreicht, und der Beton könnte nach kürzester Frist ausgeschalt werden.

### 5. Untersuchung der Zuschlagstoffe

Aus dem Beispiel von Bild 6 geht die grössere Kohäsion von Sand mit mehr Feinem hervor. Bis zur Sättigung mit Wasser ( $8 \div 9\%$ ) bewirkt eine Zunahme des Wassergehaltes

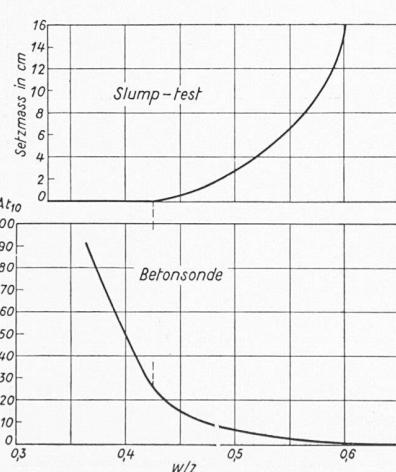


Bild 4. Vergleich von Slump-test und Betonsonde. Dosierung P 300. Ausfallkörnung A

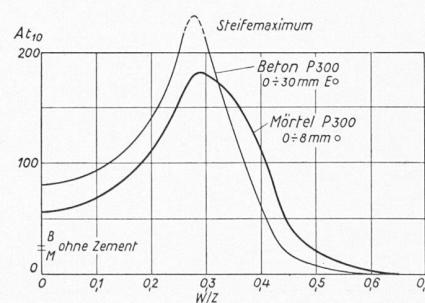


Bild 5. Messungen mit der Betonsonde. (Steifemaximum)

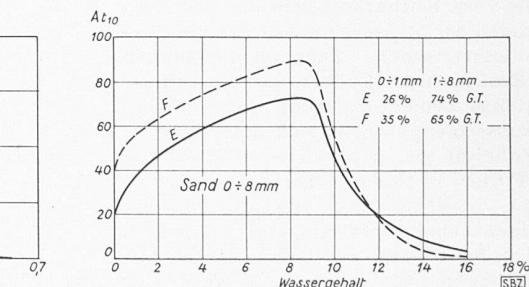


Bild 6. Untersuchung der Zuschlagstoffe mit der Betonsonde; Sandzusammensetzung E bzw. F

eine Erhöhung der Kohäsion des gestampften Sand-Wasser-Gemisches. Nach Erreichen des Sättigungspunktes tritt eine Lockerung der Mischung durch überschüssiges Wasser auf. Bei grösserer Fluidität erweist sich der Sand mit dem höheren Anteil an Feinem als homogener und verarbeitbarer.

#### 6. Anmachwassermenge, Druckfestigkeit, Dichte

Bei der gleichen Kornzusammensetzung «EMPA» entsprechen die letzten Messungen durchwegs einer totalen Anmachwassermenge von 180 l/m<sup>3</sup> fertigen Beton (Bild 2). Nach der Formel von Bolomey ergeben sich für die zugeordneten Wasser/Zement-Faktoren folgende Festigkeitswerte (mit  $K = 250$  berechnet, kontinuierliche, kiesreiche Körnung):

Dosierung	W/Z	Z/W	Druckfestigkeit
P 400	0,45	2,22	430 kg/cm <sup>2</sup>
P 300	0,60	1,67	292 kg/cm <sup>2</sup>
P 250	0,72	1,39	223 kg/cm <sup>2</sup>
P 200	0,90	1,11	153 kg/cm <sup>2</sup>

Im grossen und ganzen zeigt es sich, dass für eine bestimmte Kornzusammensetzung, unabhängig von der Zementdosierung, die gleiche totale Anmachwassermenge Eindringwiderstände von der gleichen Grössenordnung ergibt. Die fetten Mischungen sind dabei zäher aber plastischer, die mageren dagegen fluider. Zieht man die Tangenten unter 45° an die Kurven P 400, P 300 und P 200, so erhält man folgende Werte:

totale

Dosierung	W/Z	Anmachwassermenge	A t <sub>10</sub>
P 400	0,356	142,5 l	15
P 300	0,44	132 l	24,5
P 200	0,615	123 l	55

Auf Grund dieser erhaltenen Wassermengen kann für jede Mischung das Raumgewicht nach Bolomey berechnet werden (Hohlräume gleich Null angenommen). Man erhält:

P 400	2,467	} ~ 2,47
P 300	2,471	
P 200	2,473	

Somit erscheint der Fluiditätsgrad der verdichteten Mischung auch als Mass für deren Raumgewicht. Daraus sieht man, dass je fetter eine Mischung, desto geringer der Arbeitsaufwand ist, um einen Beton bestimmter Dichtigkeit zu erzielen, wobei die Betonfestigkeit mit zunehmender Zementdosierung auch anwächst. Freilich sollte dieser Vergleich, der einerseits auf einzelnen Versuchsergebnissen, andererseits auf theoretischen Erwägungen beruht, noch experimentell an Hand von grösseren Versuchsreihen überprüft werden.

\*

Die vorliegenden Ergebnisse bestätigen in anschaulicher Form eine Reihe bereits bekannter Tatsachen und decken interessante Zusammenhänge auf, womit sie die Zuverlässigkeit der Betonsonde als Messgerät — jedenfalls im Bereich der erdfeuchten bis nassen (plastischen) Mischungen — unter Beweis stellen. An Hand von Kurven können diejenigen Mischungen ausgesucht werden, die für eine zu erreichende Festigkeit (W/Z-Faktor) oder event. Kompazität einer gewünschten Verarbeitbarkeit entsprechen. Dabei wird man zwischen der Fluidität oder scheinbaren Verarbeitbarkeit des Betons und dessen innerem Widerstand zu unterscheiden haben.

Die Eindringwiderstände können selbstverständlich auch für andere Eindringtiefen als die aus Zweckmässigkeitsgründen gewählte von 10 cm gemessen werden, z. B. für 5 cm, 15 cm usw. Es wäre überhaupt interessant und für gewisse Zwecke auch nützlich, die Verhältnisse  $t_5/t_{10}/t_{15}$  ... zu kennen. Für Zuschlagstoffe grösserer Dimensionen oder für Mörtel wären entsprechende Sonden zu benutzen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Betonsonde ein einfaches, billiges und auf jedem Bauplatz brauchbares Gerät ist, das zur Bestimmung der Verarbeitbarkeit und für die Kontrolle von Beton neben dem Slump-test wertvolle Dienste leisten kann und somit für die Praxis zweifellos von Nutzen ist.

#### Schweiz. Technische Stellenvermittlung STS

DK 331.115.11 (494)

Die «Konjunktur» der STS verläuft bekanntlich polar zur allgemeinen Wirtschaftskonjunktur. Da diese im Abflauen begriffen ist, hat sich bei der STS prompt eine vermehrte Tätigkeit eingestellt. Daher ist es interessant, wieder einmal vom Jahresbericht der STS auszugsweise Kenntnis zu geben,

den der bewährte Leiter der Geschäftsstelle, E. Hablitzel, verfasst hat. Für Fernerstehende sei daran erinnert, dass die STS ein Gemeinschaftswerk ist, das getragen wird von S. I. A., G. E. P., A. E. P. L., STV, VSM und BIGA. Präsident ist unser Kollege Arch. A. Mürset. Red.

Überblick. Die bereits Ende 1947 fühlbare Konjunkturabschwächung hielt auch im Jahr 1948 an. Dies zeigt sich recht deutlich in der Zahl der bei der STS angemeldeten Stellen suchenden. Während Jahren war die Zahl der Angemeldeten in der monatlichen Statistik jeweils kleiner als im gleichen Monat des Vorjahres, um im August 1947 den Tiefpunkt zu erreichen. Seither ist ein stetiges Ansteigen der Anmeldungen feststellbar. Die Zahl der gemeldeten offenen Stellen war mit 860 im Jahr 1948 etwa 12 % geringer als 1947, dagegen erhöhte sich diejenige der getätigten Vermittlungen ungefähr um den selben Prozentsatz, nicht zuletzt, weil die Vermehrung der Stellen suchenden die bessere Ausnutzung der Stellenmeldungen ermöglichte. Die Stellenmeldungen aus dem Ausland (nämlich 83, von denen 17 besetzt werden konnten, darunter vier Maschineningenieurstellen in den USA), haben sich leicht vermehrt, ohne den Umfang zu erreichen, der vielfach während des Krieges hinsichtlich des ausländischen Bedarfes an schweizerischen Angehörigen der technischen Berufe für den Wiederaufbau der Kriegszerstörungen angenommen wurde. Fast durchwegs werden Fachleute mit Erfahrungen gesucht, die auch in der Schweiz lohnende Verdienstmöglichkeiten finden können.

Stellen suchende. Die Benützung der STS durch die Stellen suchenden war gegenüber dem Vorjahr 1947 wesentlich reger. Der während der letzten Jahre fühlbare Mangel an jüngeren Angehörigen der technischen Berufe trat weniger in Erscheinung; im Gegenteil, bei den akademisch gebildeten Technikern, besonders denjenigen der Maschinen- und Tiefbaubranche, konnte eine gewisse Sättigung des Bedarfes festgestellt werden, was die Placierung junger Absolventen ziemlich erschwert. Durchschnittlich waren im Laufe des Berichtsjahres 46 % der Angemeldeten in fester, 29 % in provisorischer oder gekündigter, und 25 % ohne Stellung. Zahlreich sind immer noch die Anfragen von ausländischen Stellen suchenden aus dem Ausland, die in der Schweiz eine Anstellung suchen, wie auch die persönlichen Besuche österreichischer Techniker, die ihren Aufenthalt in der Schweiz dazu benützen, sich einen Arbeitsplatz zu suchen. Die veränderte Arbeitsmarktlage für die technischen Berufe lässt aber die Zureise ausländischer Techniker nicht als wünschenswert erscheinen, und sollte die Konjunkturabschwächung weiterhin anhalten, so wird der Abbau der bereits beaufstätigten ausländischen Techniker notwendig werden.

Offene Stellen. Der überwiegende Teil der Anfragen erfolgte direkt durch die Personal suchenden Arbeitgeberfirmen. Einzelne Stellenmeldungen aus dem Ausland wurden durch das BIGA, Sektion für Arbeitskraft und Auswanderung, Gruppe Auswanderung, mitgeteilt. Recht zahlreich sind die Stellenmeldungen von den Organen des öffentlichen Arbeitsnachweises geworden, die bezwecken, bei der Beurteilung von Gesuchen um Erteilung oder, was noch häufiger ist, um Verlängerung der Arbeitsbewilligungen an Ausländer, festzustellen, ob eine geeignete einheimische Ersatzkraft gefunden werden kann.

Vermittlungen. Von den 263 getätigten Vermittlungen erfolgten 65 zu Industriefirmen, 3 zu Heizungsfirmen, 96 zu Architekturfirmen, 71 zu Ingenieurfirmen, 11 zu Bauunternehmungen, 5 zu Amtsstellen oder öffentlichen Unternehmungen und 12 zu verschiedenen Unternehmungen. Die vermittelten Bewerber gehören nachstehenden Altersstufen an:

unter 20 Jahren	1 Bewerber
20 bis 24 Jahre	71 Bewerber
25 bis 29 Jahre	16 Bewerber
30 bis 39 Jahre	105 Bewerber
40 bis 49 Jahre	51 Bewerber
50 bis 59 Jahre	11 Bewerber
60 und mehr Jahre	8 Bewerber

Anmeldungen von Angehörigen der technischen Berufe, die, durch die Verhältnisse gezwungen, aus dem Auslande zurückkehren mussten, gingen nur noch vereinzelt ein. Dabei handelte es sich fast durchwegs um Rückwanderer fortgeschrittenen Alters, deren Placierung sich recht schwierig gestaltet. Es hat fast den Anschein, als ob der Strom der Heimkehrer doch endlich zum Versiegen kommen sollte.