

DIE BAUTECHNIK

18. Jahrgang

BERLIN, 5. April 1940

Heft 15

Alle Rechte vorbehalten.

Über das Rütteln des Betons.¹⁾

Von Otto Graf.

Pa 252

Nach einem Vortrag in der 43. Hauptversammlung des Deutschen Beton-Vereins am 29. Februar 1940 in Berlin.

Wenn man eine eiserne Form, beispielsweise eine Form für Betonwürfel von 30 cm Kantenlänge, mit einem Tisch verbindet, der in rasch verlaufende Schwingungen versetzt ist, und wenn man dabei die Form mit etwas mehr als erdfeucht angemachtem Beton füllt, so ist leicht festzustellen, daß der Beton beim Einfüllen rasch zusammensinkt und daß das Raumgewicht des Betons nach verhältnismäßig kurzer Rüttelzeit größer ist als beim Verdichten durch Stampfen. Es zeigt sich also, daß der Beton unter der Wirkung rasch verlaufender Schwingungen verhältnismäßig rasch verdichtet wird, und zwar mehr, als wenn gute Stampfarbeit aufgewendet wird.

Wenn zu dieser Feststellung eine Erklärung gesucht wird, so läßt sie sich durch Beobachtung des Rüttelvorgangs wie folgt gewinnen. Wenn man während des Rüttelns des Betons einen Stahlstab auf den Beton stellt, so kann dieser Stab leicht zum Eindringen gebracht werden.

Damit ergibt sich, daß die Reibung in dem schwingenden Beton verhältnismäßig klein ist. Wird die Maschine stillgesetzt, also die Wirkung des Schwingens weggenommen, so zeigt sich, daß es jetzt nur mit Anstrengung, im Grenzfall nur unter Zuhilfenahme eines Hammers möglich ist, den Stahlstab in den Beton zu stoßen. Wenn man die Maschine wieder in Gang bringt und auf den schwingenden Beton grobe Schotterstücke auflegt und mit leichtem Druck nachhilft, bis die Schotterstücke teilweise in den Beton eingedrungen sind, so sinken die groben Schotterstücke allmählich tiefer. Wenn der Beton außer wenigen groben Stücken nur Sand und Zement enthält, sinken die Schotterstücke unter praktisch möglichen Umständen verhältnismäßig schnell; in einem bestimmten Fall betrug die Sinkstrecke innerhalb einer Minute mehr als 20 cm. Man erkennt damit, daß Kräfte zur Geltung kommen, welche die Körner des Betons, insbesondere die groben Stücke, nach unten drücken und damit die Verdichtung des Betons herbeiführen.

¹⁾ Über frühere Versuche im Institut für die Materialprüfungen des Bauwesens an der Techn. Hochschule Stuttgart vgl. a) Graf u. Walz, Aus Versuchen mit erschüttertem (vibriertem) und mit handgestampftem Beton, B. u. E. 1933, S. 252 ff.; b) Graf u. Walz, Rüttelbeton, Untersuchungen über das Verdichten des Betons durch Rütteln, Z. d. VdI 1934, S. 1037 ff.; c) Walz, Beitrag zur Anwendung von Rüttelverfahren beim Verarbeiten des Betons, Versuche über Oberflächenrüttlung, B. u. E. 1935, S. 79 ff.; d) Walz, Eigenschaften von Beton bei Außenrüttlung und bei Tischrüttlung, Bautenschutz 1935, S. 78 ff.; e) Graf, Aus Untersuchungen mit Geräten für die Verdichtung von Straßenbeton, Betonstr. 1935, S. 245 ff.; f) Graf, Untersuchungen mit Geräten für die Verdichtung von Straßenbeton, Betonstraße 1936, S. 99; g) Bonwetsch u. Walz, Untersuchung von Straßenfertigern und Stampfgeräten zur Herstellung einschichtiger Betonfahrbahnen, Jahrbuch 1936 der Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen e. V., S. 167 ff.; h) Graf, Über das Verdichten von Mörtel und Beton durch Rütteln, B. u. E. 1937, S. 76 ff., auch Internationaler Verband für die Materialprüfungen der Technik, Kongreß London 1937, S. 294 ff.; i) Kaufmann, Über das Verdichten von Beton durch Rütteln, B. u. E. 1938, S. 263 ff.; k) Kaufmann, Über die einschichtige Verdichtung von Straßenbeton durch Rütteln mit einem Handgerät, Betonstr. 1938, S. 159 ff. Ein umfassender Bericht, den der Vortragende gemeinsam mit seinem Mitarbeiter Herrn F. Kaufmann für den Deutschen Ausschuß für Eisenbeton und für die Direktion der Reichsautobahnen erstattet, ist in Vorbereitung.

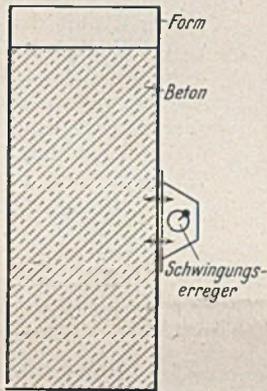


Abb. 1. Außenrüttler.

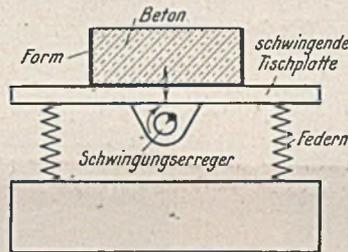


Abb. 3. Tischrüttler.

Im wesentlichen handelt es sich darum, daß dem Beton Schwingungen²⁾ aufgezungen werden, die so groß sein müssen, daß die einzelnen Körner durch die mit den Schwingungen auftretenden Beschleunigungen aus ihrer Lage gebracht werden und sich dichter lagern. Dabei liefern die größeren Körner und die Körner aus spezifisch schwererem Gestein die größeren Massenkräfte; bei den größeren Körnern hat die durch die Massenkräfte zu überwindende Reibung die kleinere Bedeutung; infolgedessen tritt mit den größeren Körnern die größere Verdichtungswirkung auf. Diese Vorgänge zeigten sich ohne weiteres bei dem eingangs beschriebenen Versuch.

Schließlich ergibt sich aus dem Gesagten, daß die Rüttelwirkung von der Schwingzahl und von der Schwingweite bestimmt wird. Beispielsweise ergibt sich die gleiche Beschleunigung von 5g in cm/sek² mit 3000 6000 Umläufen je Minute und der Schwingweite 1 0,25 mm³⁾.

Die bis jetzt geschilderten Vorgänge werden übrigens im täglichen Leben oft und schon lange nutzbar gemacht; man denke an das Ver-

²⁾ Ausführliche Darlegungen der Vorgänge beim Verdichten gab Kaufmann in B. u. E. 1938, S. 264 ff. Vgl. auch Hermitte und Mariani, Annales de l'institut technique 1936, S. 18 ff.

³⁾ Vgl. Kaufmann, B. u. E. 1938, S. 265.



Abb. 2. Außenrüttler.

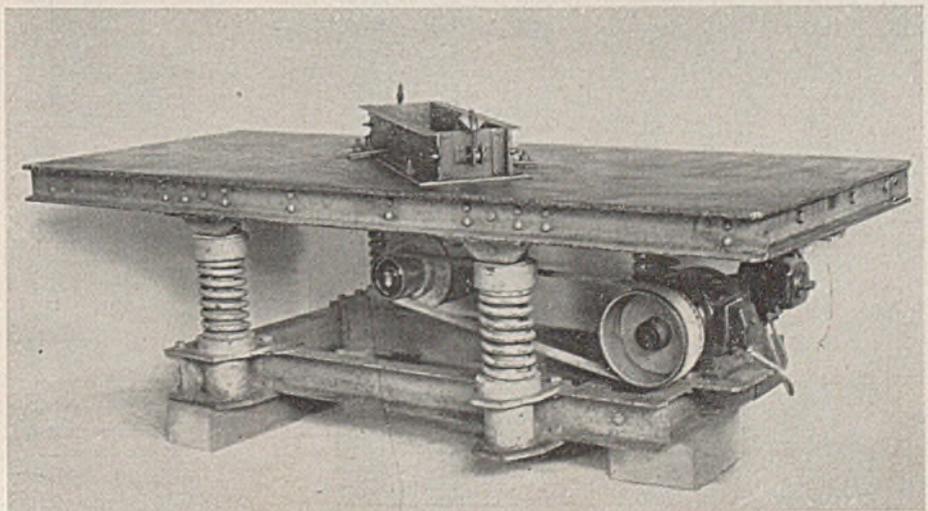


Abb. 4. Tischrüttler.



Abb. 6. Oberflächenrüttler.

u. 8, auch eine Vereinigung von Oberflächenrüttler nach Abb. 9. Die Außenrüttler sind nur für einfache Aufgaben brauchbar, bei denen der an der Schalung liegende Beton durch Rütteln geschlossen werden soll. Der Tischrüttler wird bei der Herstellung von Betonwaren gebraucht; der Tisch muß dazu steif gebaut sein und die Stützung so gewählt werden, daß der Tisch über seiner ganzen Fläche funktlich gleiche Bewegungen ausübt. Der Oberflächenrüttler eignet sich für das Verdichten von Betonfahrbahnen und Betonbelägen. Der Innenrüttler ist der wichtigste Rüttler; er ist für das Verdichten des Betons in Eisenbetontragwerken wie in massigen Bauten verwendbar.

füllen körniger Stoffe in Verpackungen, an das Rütteln der Sandformen in Gießereien u. a. m.

Die Herstellung von Betonwaren durch Rütteln wird m. W. seit 35 Jahren geübt. Allerdings handelt es sich bei den älteren Anwendungen um das Rütteln mit kleinen Schwingzahlen. Das Rütteln mit hohen Schwingzahlen, zunächst mit $n = \text{rd. } 2000$, dann mit $n = 3000$ und 4500 je Minute, schließlich weit höher, ist m. W. erst in den letzten zehn Jahren eingeführt worden.

Aus den vielen Rüttlern, die in den letzten Jahren benutzt wurden, sind im folgenden als Beispiele dargestellt: Außenrüttler nach Abb. 1 u. 2, Tischrüttler nach Abb. 3 u. 4, Oberflächenrüttler nach Abb. 5 u. 6, sowie Innenrüttler nach Abb. 7

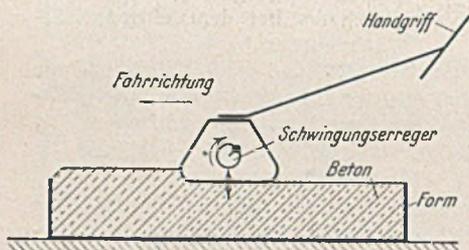


Abb. 5. Oberflächenrüttler.

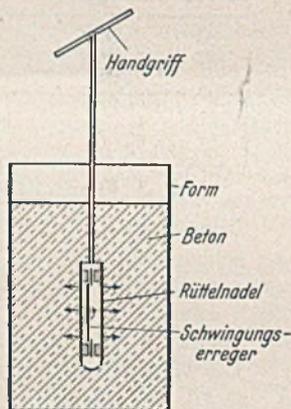


Abb. 7. Innenrüttler.

Die Rüttler werden entweder mit einem Elektromotor oder mit einem Benzinmotor oder mit einem Preßluftmotor angetrieben. Auf der Achse des Rüttlers sitzt eine außermittige Schwingmasse, die im Betrieb die Schwingungen hervorruft. Abb. 10 zeigt dazu den Querschnitt eines Innenrüttlers mit dem Elektromotor m und mit der außermittigen Schwingmasse g . Der Motor liegt entweder im Rüttler, vgl. Abb. 1, 3 bis 7, 9 u. 10, oder er treibt den Rüttler mittels einer biegsamen Welle nach Abb. 8 oder mit einer stehenden Welle nach Abb. 11. Im Falle der Abb. 11 sitzt ein Preßluftmotor unmittelbar unter dem Handgriff.

Für die Begründung eines Urteils über die Rüttler werde ich jetzt allgemeine Feststellungen erörtern und Versuchsergebnisse darstellen. Es handelt sich dabei um Beispiele aus Versuchen für den Deutschen Ausschuß für Eisenbeton, für die Direktion der Reichsautobahnen, für das Talsperrenbauamt Quedlinburg und für die Siemens-Bauunion. Allerdings ist heute eine besondere Beschränkung geboten.

Es werden genannt:

1. der Einfluß der Schwingzahl,
2. der Einfluß der Schwingbreite,
3. der Einfluß der Kornzusammensetzung des Betons im allgemeinen,
4. die zweckmäßige Zusammensetzung des Rüttelbetons,
5. die zweckmäßige Steife des Rüttelbetons,
6. die Bedeutung des Zementgehalts,
7. die Wirkungsweise der Rüttler, insbesondere der Innenrüttler, sowie die Schütthöhe des Betons, wenn mit Innenrüttler verdichtet wird,
8. die Rütteldauer,
9. der Schalungsdruck und die Beschaffenheit der Schalung im allgemeinen,
10. der Anwendungsbereich der Innenrüttler.

Zu 1. Schwingzahl. Abb. 12 zeigt aus Versuchen mit einem Oberflächenrüttler⁴⁾, daß unter sonst gleichen Umständen mit zunehmender Schwingzahl eine Steigerung der Biegezugfestigkeit eintrat. Ähnliches war für die Druckfestigkeit festzustellen. Höhere Schwingzahlen — bis etwa 8000 je Minute — haben die Festigkeiten noch etwas gesteigert⁵⁾; ob mit Rüttlern, die mit noch höheren Schwingzahlen arbeiten, eine Erhöhung oder ein Rückgang der Festigkeiten eintritt, ist z. Z. noch unbekannt.

⁴⁾ Walz, B. u. E. 1935, S. 110.

⁵⁾ Journal of the Institution of Civil Engineers, Band 5, S. 436 ff.

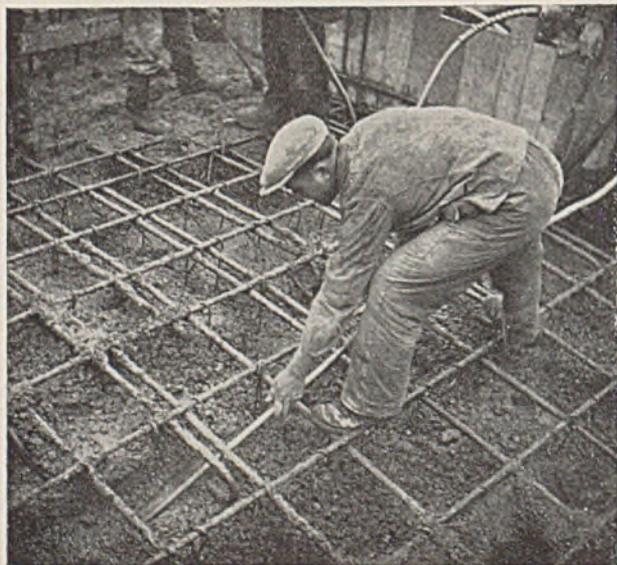
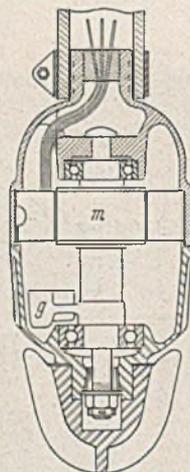


Abb. 8. Innenrüttler.



g Schwingmasse,
 m Elektromotor.

Abb. 10. Schnitt durch einen amerikanischen Innenrüttler.

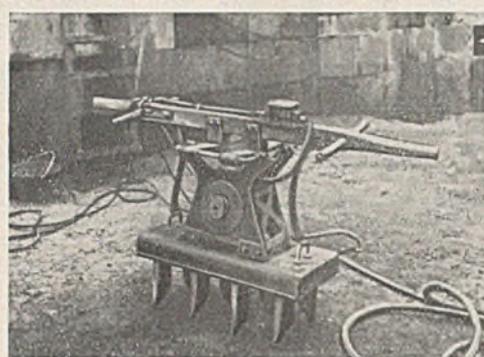


Abb. 9. Vereinigung von Oberflächen- und Innenrüttler.

oder er treibt den Rüttler mittels einer biegsamen Welle nach Abb. 8 oder mit einer stehenden Welle nach Abb. 11. Im Falle der Abb. 11 sitzt ein Preßluftmotor unmittelbar unter dem Handgriff.

Für die Begründung eines Urteils über die Rüttler werde ich jetzt allgemeine Feststellungen erörtern und Versuchsergebnisse darstellen. Es handelt sich dabei um Beispiele aus Versuchen für den Deutschen Ausschuß für Eisenbeton, für die Direktion der Reichsautobahnen, für das Talsperrenbauamt Quedlinburg und für die Siemens-Bauunion. Allerdings ist heute eine besondere Beschränkung geboten.

Es werden genannt:

1. der Einfluß der Schwingzahl,
2. der Einfluß der Schwingbreite,
3. der Einfluß der Kornzusammensetzung des Betons im allgemeinen,
4. die zweckmäßige Zusammensetzung des Rüttelbetons,
5. die zweckmäßige Steife des Rüttelbetons,
6. die Bedeutung des Zementgehalts,
7. die Wirkungsweise der Rüttler, insbesondere der Innenrüttler, sowie die Schütthöhe des Betons, wenn mit Innenrüttler verdichtet wird,
8. die Rütteldauer,
9. der Schalungsdruck und die Beschaffenheit der Schalung im allgemeinen,
10. der Anwendungsbereich der Innenrüttler.

Zu 1. Schwingzahl. Abb. 12 zeigt aus Versuchen mit einem Oberflächenrüttler⁴⁾, daß unter sonst gleichen Umständen mit zunehmender Schwingzahl eine Steigerung der Biegezugfestigkeit eintrat. Ähnliches war für die Druckfestigkeit festzustellen. Höhere Schwingzahlen — bis etwa 8000 je Minute — haben die Festigkeiten noch etwas gesteigert⁵⁾; ob mit Rüttlern, die mit noch höheren Schwingzahlen arbeiten, eine Erhöhung oder ein Rückgang der Festigkeiten eintritt, ist z. Z. noch unbekannt.

⁴⁾ Walz, B. u. E. 1935, S. 110.

⁵⁾ Journal of the Institution of Civil Engineers, Band 5, S. 436 ff.

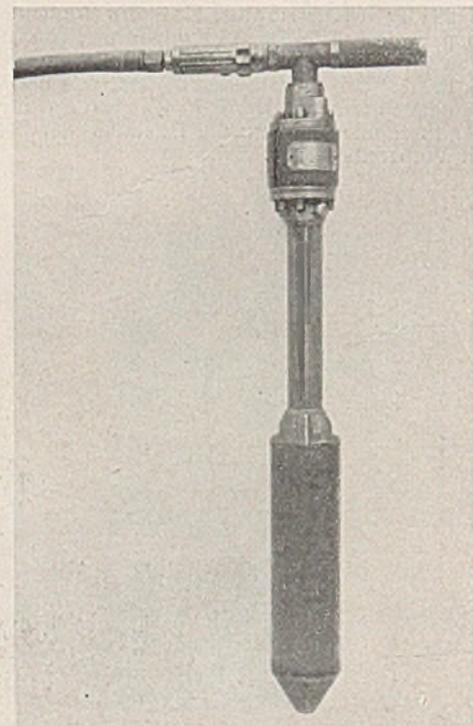


Abb. 11. Innenrüttler mit Preßluftantrieb.

Zugehörige Untersuchungen sind eingeleitet. Im ganzen ist dem bisher Bekannten zu entnehmen, daß Schwingzahlen unter etwa $n = 3000$ je Minute mit den z. Z. bekannten Geräten nicht zu empfehlen sind. Die höheren Schwingzahlen ermöglichen höhere Leistungen und eine kürzere Rüttelzeit. Bei den Versuchen von Withey⁶⁾ war die nötige Rüttelzeit bei Vergrößerung der Schwingzahl von 4000 auf 6000 auf $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{4}$ vermindert. Weiterhin ist es möglich, mit dem schneller laufenden Gerät den Wirkungsbereich zu vergrößern oder Geräte gleicher Leistung mit kleinerem Gewicht zu bauen. Die Vergrößerung des Wirkungsbereichs hat selbstverständlich allgemeine Bedeutung für den Baubetrieb; sie ist in Grenzfällen — man denke an die Verarbeitung von Grobbeton in massigen Bauteilen — besonders wichtig. Das Gewicht des Gerätes ist zu beachten, weil der Mann, der die Maschine führen soll, mit dem leichteren Gerät rascher und aufmerksamer arbeiten kann.

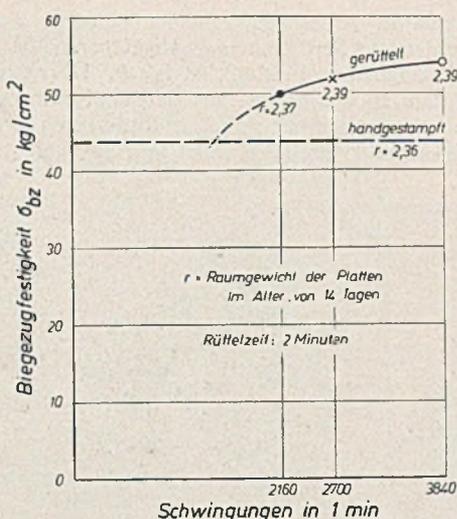


Abb. 12. Einfluß der Schwingzahl auf die Biegezugfestigkeit bei gerüttelten Platten.

Zu 3. Der Einfluß der Kornzusammensetzung des Betons macht sich beim Rütteln entsprechend dem anfangs beschriebenen Versuch zunächst so bemerkbar, daß Beton mit groben Zuschlägen zuverlässiger und rascher gerüttelt werden kann als Mörtel. Weiter ist festgestellt, daß die Körnung des Rüttelbetons tiefer gelegene Sieblinien, also weniger feine Teile aufweisen darf als gleich steifer Beton, der in anderer Weise verarbeitet wird.

Zu 4. Nach dem zu 3. Gesagten und nach zahlreichen anderen Beobachtungen ist es nicht nötig, für die Zusammensetzung des Rüttelbetons engere Grenzen als die jetzt geltenden zu fordern. Man kann vielmehr beim Rüttelbeton weitere Grenzen der Kornzusammensetzung nutzbar machen, einerseits, weil gegenüber den anderen Verarbeitungsarten feinkörnige Mischungen beim Rütteln mit weniger Wasser verarbeitbar sind und deshalb höhere, für wichtige Aufgaben noch hinreichende Eigenschaften liefern, andererseits, weil durch Rütteln gröbere Mischungen verarbeitet werden können. Man kann also mit minderwertigen Stoffen durch Rütteln noch hinreichende Festigkeiten erreichen; mit gut zusammengesetztem Beton, für gutes Rütteln abgestimmt, lassen sich Höchstleistungen von außerordentlicher Weite schaffen.

Zu 5. Die zweckmäßige Steife des Rüttelbetons kann während der Arbeit verfolgt werden. Zunächst muß der Beton mindestens so weich sein, daß die obere Fläche nach angemessener Rüttelzeit durchweg, auch an den Tauchstellen geschlossen erscheint. Zur Erläuterung sei zunächst auf Abb. 13 bis 15 verwiesen, die das Verhalten von steifem Kiesbeton gegenüber einem Innenrüttler zeigen. In Abb. 13 ist der Zustand des Betons vor dem Rütteln dargestellt; er lag mit 33 cm hoher Schüttung in der Form von 60 cm \times 60 cm Grundfläche. Abb. 14 zeigt den gleichen Beton, nachdem an einer Stelle, nahe der Ecke bei *a* gerüttelt worden ist; Abb. 15 gilt für den Zustand nach einer Rüttelzeit von

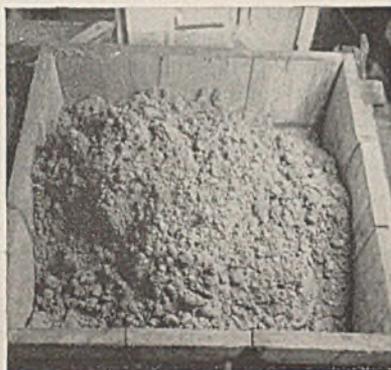


Abb. 13. Vor dem Einrütteln.



Abb. 14. Nach Einrütteln an der Stelle *a*.



Abb. 15. Nach einer Rüttelzeit von 109 Sekunden.

Abb. 13 bis 15. Verhalten von steifem Kiesbeton beim Einrütteln.

Zu 2. Schwingbreite. Bei der Wahl der Schwingbreite ist — wie schon erörtert — entscheidend, daß die Beschleunigung der Betonteile ausreichend groß wird. Es ist also — natürlich abhängig von der Schwingzahl — ein Mindestwert nötig. Dieser ist für Beton verschiedener Zusammensetzung verschieden. Für leicht verarbeitbaren, weich angemachten Kiesbeton sind kleinere Beschleunigungen erforderlich als bei schwer verarbeitbarem steifem Beton mit kleinerem Zementgehalt, mit groben Schotterstücken usf. Aus diesen und anderen Gründen wird man Geräte verschiedener Leistung bereithalten oder Geräte, denen alle vorkommenden Leistungen abgenommen werden können. Es ist u. a. zu erwarten, daß vorläufig zwei Innenrüttler ausreichen, der leichtere für die Arbeiten im Eisenbetonbau, der schwerere für den Massenbetonbau.

Den bisher vorliegenden Versuchen⁷⁾ ist zu entnehmen, daß nach Überschreitung der jeweils erforderlichen Beschleunigung nur eine kleine Zunahme der Festigkeit eintritt. Doch gelten diese Feststellungen nur für Tischrüttler, welche den gesamten in Formen aufgesetzten Beton bestimmten Schwingungen aussetzen. Bei Innenrüttlern nehmen die Massenkräfte vom Rüttler nach außen ab; an der Rüttelstelle selbst muß ein großer Überschuß der Massenkräfte herrschen; in einer gewissen Entfernung vom Rüttler sind die Schwingungen so weit gedämpft, daß sie zur Verdichtung nicht mehr ausreichen. Der Ort der Größe der Schwingbreite, die jeweils eben zur Verdichtung noch ausreicht, begrenzt den Wirkungsbereich.

109 Sekunden. Wesentlich ist, daß der Beton nach dem Rütteln geschlossen war und oben ein wenig Zementbrei trug.

Wenn im Beton die Tauchstellen des Rüttlers offen bleiben, ist der Beton zu steif, oder er hat zu wenig feine Teile, oder er enthält zuviel feine Teile, die den Beton zäh machen. Für den zweiten Fall gilt Abb. 16. Ein anderer nicht zulässiger Fall ist in Abb. 17 dargestellt. Offene Stellen sind auch möglich, wenn der Innenrüttler sehr rasch herangezogen wird.



Abb. 16. Rüttelbeton falscher Zusammensetzung (zu wenig feine Teile).
Schotterbeton bis 30 mm, Sandgehalt 40%,
Zementgehalt 268 kg/m³, Eindringmaß 1,5 cm.
Gerüttelt 9,6 min/m³.



Abb. 17. Rüttelbeton mit zuviel feinsten Teilen.
Schotterbeton bis 30 mm, Sandgehalt 51%,
Zementgehalt 259 kg/m³, Eindringmaß 5 cm.
Gerüttelt 9,6 min/m³.

⁶⁾ Proceedings of the Highway Research Board 1935, S. 217 ff.

⁷⁾ Journal of the Institution of Civil Engineers, Band 8, S. 559.

Wenn man weiterhin prüft, mit welcher Steife der Beton noch gerüttelt werden kann, so ergibt sich, daß der Beton ein Eindringmaß⁸⁾ von mindestens 4 cm aufweisen sollte, auch wenn die derzeit besten Rüttler benutzt werden. Vorläufig sei empfohlen, auf der Baustelle mit Beton zu arbeiten, dessen Eindringmaß mindestens 5 cm beträgt. Dabei wird erreicht, daß die Verdichtung besser ist als mit ausgiebiger Handstampfung, wie Abb. 18 erkennen läßt⁹⁾.

verhältnis höhere Festigkeiten verbürgt werden als bisher. Überdies werden die Festigkeiten regelmäßiger.

Gußbeton zu rütteln, ist falsch. Überdies wird der Handwerker beim Rütteln zu weichen Betons durch aufspritzendes Zementwasser bei seiner Arbeit empfindlich gestört. Rüttelbeton braucht ein Ausbreitmaß von höchstens 35 cm, auch wenn sehr eng gelegte Eiseneinlagen einzubetten

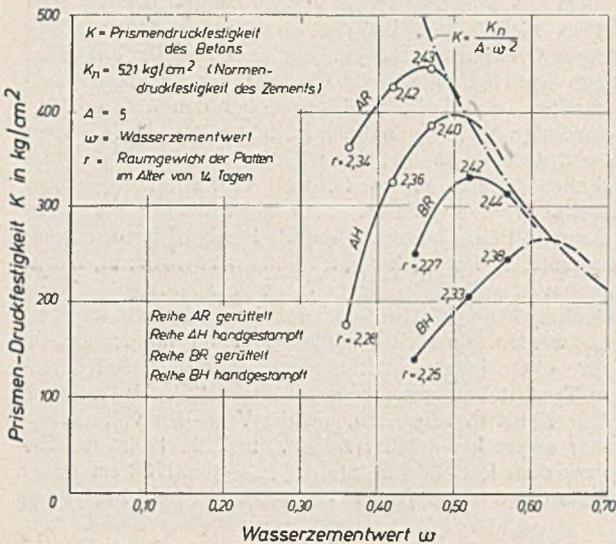


Abb. 18. Beziehung zwischen der Prismendruckfestigkeit K und dem Wasserzementwert ω bei gerütteltem und bei handgestampftem Beton.

In der Regel wird der Beton mit mehr Wasser angemacht, als für die gute Verdichtung nötig ist. Bei unseren Versuchen ist solcher Beton durch Rütteln zwar stets schwerer geworden als mit den bisher üblichen Verarbeitungswesen. Bei weich angemachten Mischungen ist aber überdies beobachtet worden, daß sich der Zementbrei unter den groben Kiesstücken deutlich entmischte¹⁰⁾; dabei blieb die Druckfestigkeit etwas kleiner als bei Beton, der gestampft wurde; auch die Biegezugfestigkeit nahm etwas ab, weil eben die Festigkeit des Zementsteins unter den Kiesstücken bestimmend war. Abb. 19 zeigt dazu links die untere, rechts die obere Bruchfläche einer Säule nach dem Biegeversuch; die Bruchfläche lag wie hier stets unter den Kiesstücken.

Für diesen Abschnitt ist als wichtigstes Ergebnis hervorzuheben, daß der Rüttelbeton im allgemeinen steifer, also mit weniger Wasser verarbeitet werden kann als der Beton mit den bisher üblichen Verarbeitungsarten. Deshalb können für gerüttelten Beton mit dem gleichen Misch-

⁸⁾ Vgl. Heft 71 des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton, S. 57 ff.

⁹⁾ Walz, B. u. E. 1935, S. 93.

¹⁰⁾ Graf u. Walz, B. u. E. 1933, S. 252 u. f.



Links untere, rechts obere Bruchfläche.

Abb. 19. Bruchflächen einer eingerüttelten Betonsäule nach dem Biegeversuch.

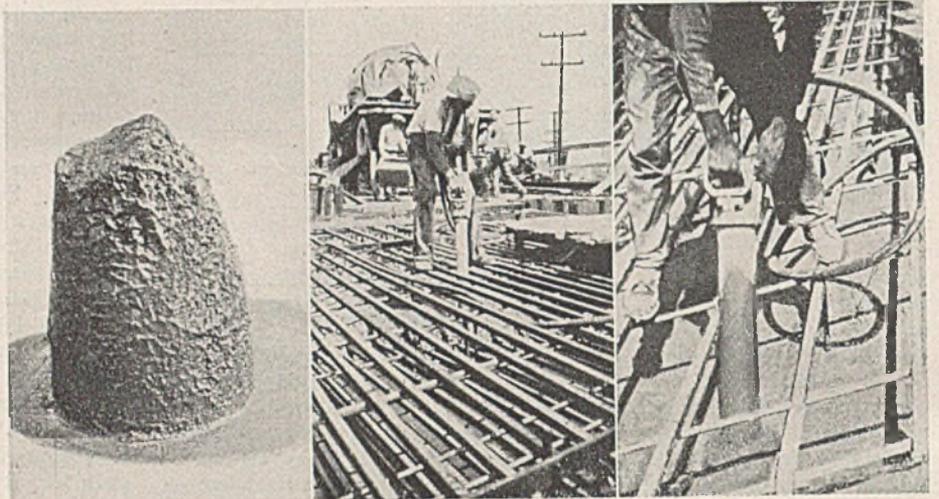


Abb. 20. Einrütteln des Betons bei engen Eiseneinlagen.

Links Steifekegel des verarbeiteten Betons. Nach einem Werbeblatt der Portland Cement Association in Chicago.

sind. Ich zeige dazu in Abb. 20 ein älteres Werbebild; der Betonkegel links soll darauf aufmerksam machen, wie steif der Beton für Eisenbetonbauten sein kann.

Zu 6. Wegen des Zementgehalts sei bemerkt, daß der Beton zu den bisher bekannten Versuchen mit Innenrüttlern 150 bis 300 kg Zement in 1 m^3 fertigem Beton enthielt. Es ist anzunehmen, daß auch Beton mit kleineren und größeren Zementgehalten gerüttelt werden kann.

Zu 7. Die Wirkungsweite der Rüttler ist wiederholt verfolgt worden. Für Oberflächenrüttler, die zum Bau der Betonfahrbahnen der Reichsautobahnen verwendet worden sind, ist bekannt, daß die Herstellung von 25 cm dicken Betondecken ohne Schwierigkeit möglich ist¹¹⁾; bei Versuchen mit Sondergeräten ist festgestellt worden, daß der steif angemachte Schotterbeton auf mehr als 25 cm Tiefe gut verdichtet werden kann¹²⁾. Für die Beurteilung der Wirkungsweite der Innenrüttler sind in den Jahren 1938 und 1939 u. a. Säulen mit einem Querschnitt von $60 \text{ cm} \times 60 \text{ cm}$ aus schwer verarbeitbarem, steif angemachtem Schotterbeton und aus leichter verarbeitbarem Kiesbeton hergestellt worden. Die Schütthöhe betrug 50 cm. Der Rüttler wurde nur in der Mitte eingeführt. Die Rütteldauer war 18 Sekunden (gerechnet vom Beginn des Einführens bis zum Wiederverlassen des Betons, nachdem die Spitze des Rüttlers bis zum Grund der Schicht gesenkt war). Die Rütteldauer je m^3 Beton war nur 1,7 Minuten. Die Säulen wurden später quer gesägt, so daß das Gefüge des Betons gut erkennbar war.

Ferner wurde die Druckfestigkeit eines Säulenabschnitts ermittelt. Abb. 21 u. 22 zeigen Beispiele aus diesen Versuchen¹³⁾. In Abb. 21 ist deutlich erkennbar, daß der Beton innerhalb des durch Kreidestriche abgegrenzten Kreises von $D = \text{rd. } 35 \text{ cm}$ verdichtet war; außerhalb behielt der Beton große Hohlräume; der Wirkungskreis des Innenrüttlers war deutlich auf 35 cm abgegrenzt. Die Säule zu Abb. 22 ist mit einem größeren, schwereren und schneller laufenden Gerät verdichtet worden. Der Durchmesser des Wirkungskreises wurde 70 cm, also doppelt so groß als in Abb. 21. Es ist selbstverständlich, daß der Wirkungskreis möglichst groß gewünscht wird; auch ist anzunehmen, daß die Geräte der Zukunft noch Fortschritte bringen. Vorläufig kann verlangt werden, daß die Innenrüttler für Eisenbeton in steif angemachtem Kiesbeton mit einem Tauchabstand von etwa 60 cm verwendet werden können.

¹¹⁾ Vgl. u. a. Kaufmann, B. u. E. 1938, S. 268.

¹²⁾ Betonstr. 1938, S. 159.

¹³⁾ Ausführliche Mitteilungen folgen, vgl. Fußbemerkung 1.



Abb. 21 u. 22. Wirkungsweise von Innenrüttlern in Säulen von 60 cm \times 60 cm Querschnitt.

Die Wirkungsweise der in der Säulenachse eingeführten Rüttler ist durch Kreidestriche bezeichnet; der Wirkungskreis der Abb. 21 hat 35 cm, der der Abb. 22 70 cm Durchm.

Die Schütthöhe des Rüttelbetons kann nach unseren Beobachtungen auf mindestens 60 cm, wahrscheinlich bei schweren Geräten auf erheblich mehr gesetzt werden; dabei muß gesorgt werden, daß der Rüttler bis an die vorhergehende Schicht, besser noch etwas tiefer geführt wird. Wenn der frische Beton auf bereits erhärteten Beton geschüttet ist, empfiehlt es sich, nahe der Anbindefläche länger als sonst zu rütteln und überdies in der ersten Lage einen Beton mit mindestens 8 cm Eindringmaß zu wählen. Es ist nicht schwieriger, mit Rüttelbeton einen guten Anschluß herzustellen als mit Stampfbeton.

Zu 8. Die für eine gute Verdichtung nötige Rütteldauer ist selbstverständlich vom Wirkungsbereich des Rüttlers, sodann von dem Kornaufbau und von der Stelze des Betons abhängig. Zugehörige Untersuchungen sind noch im Gang.

Vorläufig wird angenommen, daß Schotterbeton mit einem Eindringmaß von 5 cm, der als Rüttelbeton noch gut verdichtet werden kann, mit neueren Innenrüttlern einschließlich der Steckzeit in rd. 8 Minuten je m^3 verdichtet werden kann; zu weichem Kiesbeton dürfte ein Drittel dieser Zeit genügen. Einschließlich der Steckzeiten des Innenrüttlers werden demnach in 1 Stunde bis zu 20 m^3 verdichtet¹⁴⁾.

Zu 9. Der Schalungsdruck wird durch das Rütteln geändert. Vorläufige Untersuchungen zeigten u. a., daß der Druck gegen die Wand einer Säulenschalung 0,5 m über der Fußfläche dem Flüssigkeitsdruck des Betonraumgewichts nahekam, wenn steifer Beton in einer Säulenschalung mit dem Querschnitt 60 cm \times 60 cm in rd. 2 Stunden in Schichten von rd. 0,5 m bis auf die Höhe von 2 m (1,5 m über der Preßstelle) eingebracht und gerüttelt war. Durch das Rütteln weiterer Schichten ist der Druck an der Meßstelle nicht mehr gesteigert worden. Wenn man Beton gleicher Kornzusammensetzung mit einem Ausbreitmaß von 45 bis 50 cm anmachte und durch Stochern verarbeitete, war der Flüssigkeitsdruck vorhanden, bis der Beton rd. 0,5 m über der Meßstelle stand; dann blieb er kleiner als bei der Verarbeitung von Rüttelbeton. Wir werden diese Verhältnisse noch näher verfolgen, dabei auch die beim Rütteln oftmals zusätzlich auftretenden, allerdings kleinen Änderungen des Drucks beobachten.

Welterhin ist zu beachten, daß die Schalung für Rüttelbeton dichter gemacht werden sollte als für anderen Beton. Beim Rütteln wird Zementbrei durch die offenen Fugen gedrückt; damit entstehen Mängel an den Außenflächen des Betonkörpers, die mit dichten Fugen vermieden werden.

Zu 10. Anwendungsbereich der Innenrüttler. Die bis jetzt geschilderten Einzelheiten sollen aufmerksam machen, daß Rüttler ein wesentliches Hilfsmittel für die Herstellung von Beton bestimmter und gleichmäßiger Beschaffenheit darstellen, auch daß die Herstellung von hochwertigem Beton mit hoher Festigkeit mit dem Rütteln erleichtert wird. Dabei ist wichtig, daß nicht bloß die Druckfestigkeit und die Biegefestigkeit erhöht und das Gewicht vergrößert wird; auch die anderen Betoneigenschaften werden verbessert. Ferner können die äußeren Betonflächen regelmäßiger und mit weniger Mängeln verbürgt werden.

¹⁴⁾ Der amerikanische Ausschuß für Rüttelbeton nimmt nach einem älteren Bericht an, daß mit Innenrüttlern bis 15 m^3 Beton je Stunde verarbeitet werden können. Vgl. Proceedings American Concrete Institute, Band 32, 1936, S. 445 u. f.

Man kann auch bestimmte Eigenschaften mit weniger Zement erreichen als bisher; dadurch ist die Entwicklung des Betonbaues zusätzlich technisch gefördert; man denke dabei an die Senkung der Temperatur beim Erhärten des Betons in massigen Bauwerken durch eine solche Verringerung des Zementgehalts.

Zu beachten ist ferner, daß die Geräte sehr wenig Betriebskosten fordern.

Schlußbemerkung.

Zum Schluß sollen noch zwei oft gestellte Fragen erörtert werden:

1. Bei welchen Aufgaben des Betonbaues ist das Rütteln zweckmäßig?
2. Welche Eigenschaften sollen die Geräte aufweisen?

Zur ersten Frage sei folgendes gesagt. Mit guten Rüttlern kann steifer Beton, der früher nur durch kräftiges Stampfen zu verdichten war, rasch und zuverlässig verarbeitet werden. Die Leistung wird mit den Rüttlern weit höher, und der Beton wird weit gleichmäßiger verarbeitet. Zum Eisenbeton kann erheblich steiferer Beton verwendet werden, wenn der Beton gerüttelt wird. Bei weich und flüssig angemachtem Beton bringt das Rütteln in der Regel keine Gütesteigerung gegenüber der bisher üblichen Verarbeitung, bei unvorsichtiger Anwendung umgekehrt eine Güteminderung.

Das Rütteln ist demnach angezeigt, wenn es sich um Beton handelt, der zur Erlangung hoher Festigkeit und Undurchlässigkeit unter Beschränkung des Zementgehalts steif angemacht werden soll, oder der steif angemacht werden muß, weil die bisher üblichen Verdichtungsverfahren nicht mehr anwendbar oder zu umständlich sind. Auch können Zuschlagstoffe, die mit den bisherigen Arbeitsverfahren unbrauchbar erschienen, nutzbar gemacht werden. Mit dem Rütteln ist es möglich, hochwertigen Beton mit größerer Gleichmäßigkeit und mit geringerem Aufwand als bisher herzustellen, in Ausnahmefällen auch Beton mit gewöhnlichen Eigenschaften aus geringerwertigen Stoffen oder weniger Zement herzustellen. Es ist damit ohne weiteres zu erkennen, daß der Rüttler nur in einem Teil des Betonbaues Anwendung finden wird.

Zur zweiten Frage sind die Bedingungen bis jetzt nur roh umrissen. Es wird aber möglich sein, in absehbarer Zeit anzugeben, wie groß die Drehzahl, die Beschleunigung, die Gewichte usw. zu wählen sind. Die seit einiger Zeit in Nordamerika gebrachten, seit dem vergangenen Jahr auch in Deutschland gebauten schnellaufenden schweren Rüttler genügen schon hohen Ansprüchen des Massenbetonbaues. Am wichtigsten ist dabei zur Zeit, daß Bauarten gefunden werden, die den Baubetrieb lange Zeit ohne Störung aushalten. Diese Forderung ist in den vergangenen Jahren nur unvollkommen erfüllt worden. Doch ist der Fortschritt offensichtlich im Gange.

Mit der Verwendung des Rüttlers entstehen den Ingenieuren des Baubetriebes neue, im besonderen maschinentechnische Aufgaben; es handelt sich u. a. um die Wahl des jeweils geeigneten Antriebs, um die Bereitstellung der für den ungestörten Baubetrieb nötigen Hilfsgerüste und Leitungen, um die Entwicklung von Arbeitsplänen usw. Schließlich ist das Rütteln ein Hilfsmittel bei der Entwicklung des Baubetriebes zum planvoll geleiteten Ingenieurbetrieb, bei der Übertragung schwerer einförmiger Arbeit auf die Maschine, die vom denkenden Mann geführt wird

Alle Rechte vorbehalten.

Die Mindestgröße von Pfeilergrundkörpern.

Von Dipl.-Ing. Franz Gebauer, Wien-Kassel.

Beim Entwurf der Grundkörper großer Brückenpfeiler sind im wesentlichen zwei Dinge zu beachten und maßgebend:

1. die Gründungstiefe, die durch die bodenmechanischen Eigenschaften des Erdreiches, und
2. die Größe des Grundkörpers, die sowohl durch den Boden als auch durch den Überbau bedingt ist.

Diese beiden Bestimmungsstücke stehen aber miteinander in einem Zusammenhang, der im folgenden einer näheren Betrachtung unterzogen werden soll.

Da die Gründung den Zweck hat, die vom Überbau ausgeübten Kräfte auf den Boden zu übertragen, ergibt sich aus der zulässigen Bodenpressung und der zulässigen Setzung eine bestimmte Mindestgröße des Grundkörpers. Zu diesem Zwecke werden die Pfeiler, Stützen und Widerlager so lange stufenförmig oder stetig vergrößert, bis die erforderliche Größe erreicht ist. In den kragartig vorstehenden Teilen des Grundkörpers treten dabei außer den Normalspannungen auch Biegespannungen auf. Soweit es sich hierbei um Druckspannungen handelt, braucht man sich nicht weiter um sie zu kümmern, da sie so klein sind, daß sie nicht ins Gewicht fallen. Maßgebend für die Formgebung werden hingegen die Biegezugspannungen im Grundkörper.

Die „Berechnungsgrundlagen für massive Brücken“ (DIN 1075) schreiben in § 11, Ziffer 2, vor: „Bei Stützen und Widerlagern und Pfeilern aus Beton empfiehlt es sich, zur Aufnahme der Zugspannungen Eiseneinlagen anzuordnen.“ Dieser Satz unterliegt jedoch heute gewissen Einschränkungen. Erfahrungsgemäß ist bei Grundkörpern, sobald in ihnen Stahleinlagen notwendig werden, der Verbrauch an Stahl unverhältnismäßig groß. Ob Stahleinlagen notwendig sind oder nicht, dafür war bisher im allgemeinen die Annahme der Druckverteilung im Grundkörper maßgebend. Zur Zeit ist es durchaus üblich, keine Rundstahleinlagen anzuordnen, wenn die Verbindungslinie der einspringenden Ecken des Grundkörpers nicht flacher als 60° gegen die Waagerechte geneigt ist (Abb. 1).

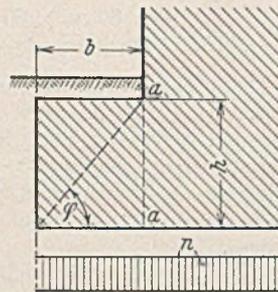


Abb. 1.

Der Zweck der nachfolgenden Untersuchungen soll sein, ein sicheres und wirtschaftliches Stufenverhältnis des Grundkörpers aufzuzeigen, wobei sich herausstellen wird, daß bedeutende Ersparungen an Baustoffen und an Arbeitsaufwand erzielt werden können, wenn die Bodenpressungen klein sind. Bei großen Bodenpressungen hingegen (> 5 kg/cm²) zeigt es sich, daß das dem Winkel φ = 60° entsprechende Stufenverhältnis v = h : b = 1,732 zur Einhaltung der zulässigen Spannungen nicht mehr ausreicht.

Die auskragenden Vorsprünge des Grundkörpers werden durch die auftretenden Bodenpressungen wie ein eingespannter Träger beansprucht, wobei im Querschnitt a-a die größten Biegespannungen und Schubspannungen auftreten. Die Wirkung der Bodenpressungen, die diese Beanspruchungen hervorrufen, wird jedoch durch das Eigengewicht des vorkragenden Teiles und der darauf lastenden Überschüttung abgeschwächt.

Die durch diese Beanspruchung auftretenden Spannungen sind allein als maßgebend für das Stufenverhältnis v = h : b zu betrachten. Dabei wird sich zeigen, daß die Zugspannungen den Schubspannungen gegenüber maßgebend für die Bemessung des Grundkörpers sind. Man kann heute dem Beton Zugspannungen in begrenztem Maße durchaus zumuten. Ein Wert für die zulässigen Betonzugspannungen, der noch genügend Sicherheit gegen das Auftreten von Haarrissen gibt und im Bereich der Reichsautobahnen schon vielfach zugelassen wird, ist

$$(1) \quad \sigma_{bzul} = \frac{1}{40} \cdot W_{b28}$$

worin W_{b28} die Würfestigkeit des Betons nach 28tägiger Erhärtung ist. Dieser Wert wird auch den weiteren Ausführungen zugrunde gelegt. Es wäre wünschenswert, daß dieser Wert durch DIN-Vorschrift ganz allgemein gültig gemacht werden würde.

In der folgenden Ableitung bleibt für den Regelfall bewußt unberücksichtigt, daß die Absätze des Grundkörpers noch Erdauflast tragen. Da aber die Grundkörper meistens abgetreppert werden, wird praktisch durch die Überschüttung das etwas geringere Raumgewicht des Bodens mehr als ausgeglichen. Außerdem wird vorausgesetzt, daß die Spannungsfläche der Bodenpressungen ein Rechteck oder — bei anßerordneter Belastung — ein Trapez ist.

Mit den umstehenden Bezeichnungen und denen aus Abb. 1 ergeben sich die folgenden Beziehungen für einen 1 m breiten Streifen.

Es bedeuten:

- γ_b Raumgewicht,
- W_b Würfestigkeit des Betons,
- σ_{zul} zul. Zugspannung des Betons.

Das Moment des vorkragenden Teiles um a-a ist nach Abb. 1:

$$M = 1 \cdot p \cdot \frac{b^2}{2} - 1 \cdot h \cdot \gamma_b \cdot \frac{b^2}{2} = \frac{b^2}{2} (p - \gamma_b h) = \sigma \cdot \frac{1 \cdot h^2}{6}$$

Mit $\frac{h}{b} = v_1$ ist:

$$(2) \quad \sigma = \frac{3}{v_1^2} (p - \gamma_b v b)$$

Wenn noch für $\sigma = \frac{1}{40} \cdot W_b$ eingesetzt wird, ergibt sich:

$$(3) \quad v_1 = \sqrt{\frac{3600 \gamma_b^2 b^2}{W_b^2} + \frac{120}{W_b} \cdot p - \frac{60}{W_b} \cdot \gamma_b b}$$

Bei Vorhandensein von waagerechten Kräften tritt auch noch eine mehr oder weniger große Ausmitte der Belastung ein, die Druckverteilung im Untergrund ist nicht mehr rechteckig, sondern trapezförmig (Abb. 2). Die gefundenen Beziehungen ändern sich dann geringfügig wie folgt:

- p = Kantenpressung,
- n p = Pressung im Querschnitt a-a,

$$M = \frac{b^2}{2} \left[\frac{p}{3} (n + 2) - \gamma_b h \right]$$

Mit γ_b = 2,2 erhält man sinngemäß:

$$(4) \quad v_1' = \sqrt{\frac{17424 b^2}{W_b^2} + 40(2 + n) \frac{p}{W_b} - \frac{132}{W_b} \cdot b}$$

Daß für die Bemessung des Verhältnisses v = $\frac{h}{b}$ in dem praktisch vorkommenden Bereich der Bodenpressungen immer die Biegezugspannungen (gegenüber den Schubspannungen) maßgebend werden, zeigt die folgende Untersuchung. Die Schubspannung τ im Querschnitt a-a ist

$$\tau = \frac{p b - \gamma_b h b}{h \cdot 1} = \frac{p - \gamma_b h}{v}$$

Daraus wird

$$v_2 = \frac{p - \gamma_b h}{\tau}$$

Aus Gl. 2 ist

$$v_1^2 = \frac{3(p - \gamma_b h)}{\sigma}$$

Abb. 2.

Maßgebend ist von beiden die Gleichung, die den größeren Wert für v ergibt. Wenn also der Bruch $\frac{v_1^2}{v_2^2}$ größer als 1 wird, brauchen die Schubspannungen nicht weiter verfolgt zu werden

$$\frac{v_1^2}{v_2^2} = \frac{(p - \gamma_b h) 3 \tau^2}{(p - \gamma_b h)^2 \sigma} > 1 \quad \text{oder mit} \quad \sigma = \frac{W_b}{40}$$

$$120 \tau^2 > W_b (p - \gamma_b h)$$

Nach DIN 1075 (massive Brücken) ist für W_b ≤ 160 kg/cm² τ_{zul} ≤ 4 kg/cm² und für W_b ≥ 160 kg/cm² τ_{zul} = 6 kg/cm².

Der ungünstigste Grenzfall tritt für h = 0 ein.

Dann wird
$$p \leq \frac{120 \tau^2}{W_b}$$

Übersicht 1.

		τ = 4		τ = 6	
		1920 > W _p		4320 > W _p	
W _b		120	160	200	250
				300	kg/cm ²
p		16	12	21,6	17,3
				14,4	kg/cm ²

Nach Übersicht 1 erreichen bei den üblichen Bodenpressungen (p < 10 kg/cm²) die Biegezugspannungen eher den zulässigen Wert als die Schubspannungen. So große Bodenpressungen wie die in der Übersicht 1 kommen nur ganz ausnahmsweise (bei vorzüglichem Felsboden) vor und sollen den nachstehenden Betrachtungen nicht zugrunde gelegt werden.

Ist einerseits die Auskräftungsmöglichkeit der Stufen durch die inneren Kräfte des Grundkörpers bedingt, so erfordert andererseits der zulässige Bodendruck p bestimmte Mindestabmessungen, die den folgenden Beziehungen genügen müssen (Abb. 3). Dabei bedeuten:

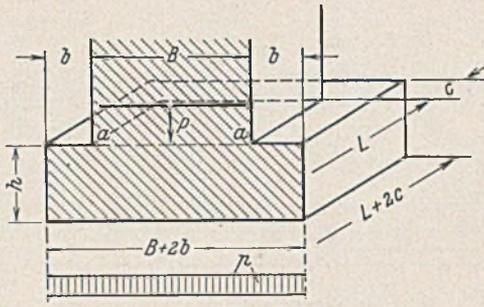


Abb. 3.

c = Auskräftung an der Stirnseite,
 P = Gesamtlast des Aufbaues oberhalb der Fuge $a-a$,

$$Q = \frac{P}{L + 2c} = \text{desgl. für 1 m der Sohle,}$$

B = Breite des Pfeilers,
 $h = v b$, b und p wie früher,

$$p = \frac{Q + (B + 2b) h \gamma_b}{B + 2b}$$

Daraus wird

$$(5) \quad v_3 = \frac{p}{b \gamma_b} - \frac{Q}{b \gamma_b (B + 2b)}$$

Somit bestehen in Gl. (3) u. (5) zwei voneinander unabhängige Gleichungen, die nur v und b als Veränderliche enthalten. Da sich bei ihrer Gleichsetzung Gleichungen 3. und 4. Grades ergeben, läßt sich ihre Lösung nach v und b am schnellsten auf zeichnerischem Wege finden. Die streng erfüllte Gl. (3) läßt sich durch Vernachlässigung des ersten Gliedes unter der Wurzel vereinfachen. Diese Vereinfachung hat bei den Werten von $p > 2 \text{ kg/cm}^2$ und $W_b > 160 \text{ kg/cm}^2$ keinen merklichen Einfluß auf die Genauigkeit der Lösung, da die rechnerische Ungenauigkeit kleiner ist als die zeichnerische. Es ergibt sich dann:

$$(6) \quad v_1 = \sqrt{\frac{120}{W_b} \cdot p - \frac{132}{W_b} \cdot b}$$

Das Bild dieser Gleichung ist eine Gerade.

Die zweite Gl. (5) stellt eine Hyperbel dar (Abb. 4). Der Schnittpunkt der beiden Linien ergibt die gesuchten Werte für b und v . Da die Lösung wesentlich von dem Wert Q abhängt, der sich wieder aus der Ausladung c an der Stirnseite ergibt, ist es zweckmäßig, für c einen oberen und einen unteren Wert anzunehmen. Zu jedem Q gehört dann ein Wertepaar b und v . Bei nicht zu langen Pfeilern ($B : L \cong 1 : 5$) gibt

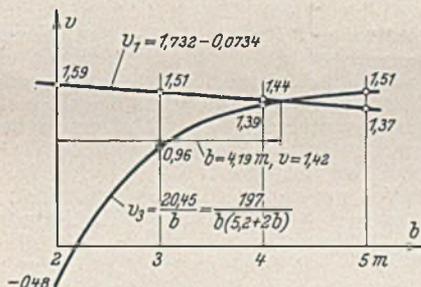


Abb. 4. Darstellung und Lösung der Gl. (3) u. (5).

der Wert $c = \frac{1}{12} \cdot L$ gute Ergebnisse. Zum leichteren Verständnis wird ein Beispiel durchgerechnet.

Gegeben: Gesamte Auflast über der Fuge $a-a = P = 10\,600 \text{ t}$ (Abb. 3),
Abmessungen der Aufstandsfuge $= B = 5,20 \text{ m}$, $L = 21,00 \text{ m}$,
zul. Bodendruck $p_{zul} = 4,5 \text{ kg/cm}^2 = 45 \text{ t/m}^2$,
Würfelfestigkeit des Betons $W_b = 180 \text{ kg/cm}^2 = 1800 \text{ t/m}^2$.

Gesucht: b und h .

$$c \cong \frac{1}{12} \cdot L = 1,75 \text{ m}, \quad L + 2c = 24,50 \text{ m}, \quad Q = \frac{10\,600}{24,50} = 433 \text{ t/m.}$$

$$\text{Aus Gl. (6) wird} \quad v_1 = \sqrt{\frac{120}{1800} \cdot 45 - \frac{132}{1800} \cdot b} = 1,732 - 0,0734 b,$$

$$\text{aus Gl. (5) wird} \quad v_3 = \frac{45}{2,2 b} - \frac{433}{2,2 b (5,20 + 2 b)}$$

Wenn für b verschiedene Werte eingesetzt werden, ergeben sich die Gerade und die Hyperbel in Abb. 4 und in ihrem Schnitt die gesuchten Werte

$$v = 1,42 \quad b = 4,19 \text{ m}, \quad h = 5,95 \text{ m.}$$

Die Abmessungen des Grundkörpers müßten im vorliegenden Fall $(B + 2b) \cdot (L + 2c) = 13,60 \cdot 24,50 \text{ m}$ betragen. Mit Absicht wurde hier ein Grenzfall als Beispiel gewählt, denn wäre die zulässige Bodendruck noch kleiner, dann würde sich überhaupt kein Schnittpunkt ergeben, und dann müßte entweder die Auflast P kleiner gemacht oder die Ausladung c an der Stirnseite oder die Pfeilerbreite B größer gewählt werden.

Steht der Grundkörper im Grundwasser, dann ist von dem Gewicht des eintauchenden Betons der wirksame Auftrieb abzusetzen.

Da die Pfeilergrundkörper meistens aus Sparsamkeitsrücksichten abgetrept werden, ändert sich für jede Stufe die Breite und damit auch das Stufenverhältnis. Beim Entwurf ist daher folgendes zu beachten: Zuerst wird v so berechnet, wie es oben gezeigt wurde. Sodann wird die Verbindungslinie aller einspringenden Ecken nach Gl. (6) ermittelt und danach die Abtreppung gewählt. Da sich der obere Teil des Grundkörpers in der Druckzone befindet, ist das Stufenverhältnis von E nach C ganz belanglos, und der Grundkörper ist vollkommen sicher bemessen, wenn das Stufenverhältnis von A nach C und von A nach E ausreicht (Abb. 5).

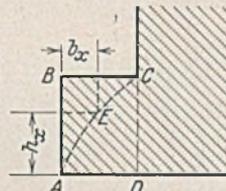


Abb. 5. Abtreppung.

Da in den Arbeitsfugen die Übertragung der waagerechten Schubkräfte nicht im gleichen Maße gesichert ist wie im ungestörten Betonquerschnitt, müssen geeignete Baumaßnahmen diese Übertragung gewährleisten. Eine ebenso einfache wie sichere Maßnahme ist dabei die, daß man die unvermeidlichen Arbeitsfugen durch Einbetonieren von größeren Bruchsteinen verzahnt. Andererseits soll aber die Sohle des untersten Absatzes, die als Zugzone wirkt, keine Bruchsteineinlagen erhalten, damit der Beton in diesem Bereich so gleichförmig als möglich wird. Außerdem wird es zweckmäßig sein, den untersten Absatz den oberen gegenüber möglichst dick zu machen, um ihn so biegesteif wie möglich zu gestalten.

Zum Schluß möge noch einiges über die in besonderen Fällen notwendigen Maßnahmen bei der praktischen Gestaltung folgen. Sind, wie z. B. bei Gewölbereihenpfeilern, außer den lotrechten auch noch waagerechte Kräfte wirksam, so wird zu ihrer sicheren Aufnahme eine Verzahnung mit dem Boden anzustreben sein. Ist der Grundkörper nun nach dem vorstehenden Verfahren bemessen, dann ist darauf zu achten, daß die Verzahnung so ausgebildet wird, daß der Grundkörper zusätzlich in den Boden einbindet, daß also die notwendige Mindesthöhe in allen Punkten auch vorhanden ist.

Treten außer den Normalspannungen auch noch Biegespannungen infolge waagerechter Kräfte auf, dann geht man bei der Bemessung zweckmäßig so vor, daß die Zusatzspannungen zuerst überschlägig ermittelt werden. Dieser Wert wird dann von der zulässigen Bodendruck abgesetzt, und nur der Restbetrag wird als die für lotrechte Lasten zulässige Pressung eingesetzt.

Vermischtes.

75 Jahre Feinmechanische Werke R. Fuess. Die Feinmechanischen und Optischen Werke R. Fuess in Berlin-Steglitz konnten am 1. April auf ein 75jähriges Bestehen zurückblicken. Sie sind jedem Wasserbauer durch die von ihnen entwickelten selbstschreibenden Pegel und eine Reihe anderer, in der Wasserwirtschaft verwendeter Meßgeräte bekannt. Ihr Arbeitsgebiet ist aber viel umfassender, ihre in engster Zusammenarbeit mit der Wissenschaft auf den verschiedensten Gebieten geschaffenen Feinmeßgeräte haben Weltruf, sie haben den Werken besonders in der neuzeitlichen Meteorologie eine Sonderstellung gesichert. Möge das Unternehmen, das viel zur Geltung des deutschen Namens beigetragen hat, auch weiterhin blühen und gedeihen.

Die neue Brücke über die Maas bei Ougrée. Zwischen Ougrée und Sclessin, zwei wichtigen Industriestädten am rechten bzw. linken Ufer der Maas, bestand seit 1857 zunächst nur eine Brücke von 5 m Fahrbahnbreite, die nur von Fahrzeugen bis 5 t benutzbar war. Der stark an-

gewachsene Verkehr und der große Abstand bis zu den Nachbarbrücken bedingte die Herstellung einer neuen Brücke von 12 m Fahrbahnbreite mit je 2 m breiten Seitenwegen für Radfahrer und Fußgänger, deren Bauplatz einige hundert Meter stromabwärts zur alten Brücke gewählt wurde.

Während die alte Brücke auf fünf Pfeilern ruhte, hat die neue ein Tragwerk aus Stahl in geschweißter Ausführung auf nur zwei Strompfeilern mit einem Koppelträger in der Mittelöffnung (Abb. 1) von niedriger Bauhöhe erhalten. Sie wurde am 18. Juni 1939 für den Verkehr freigegeben.

Nach dem Bericht in „L'ossature métallique“, September 1939, S. 368, hat diese Brücke eine Baulänge von 166,16 m. Die Teilung des Trägers durch die beiden Gelenke ist aus Abb. 1 ersichtlich; der geschweißte Stahlquerträger und die Brückendecke im Schnitt sind in Abb. 2 wiedergegeben. Die Brücke dient auch zur Überführung zweier Straßenbahngleise. Die Fahrbahndecke ruht unmittelbar auf sechs vollwandigen Hauptträgern, die durch Viereckrahmen untereinander verbunden sind

Die Kragträger für die Seitenwege sind in Abständen von zwei Feldern angeordnet, wie aus Abb. 3 zu erkennen ist.

Die Stahlblechhöhen der sechs Hauptträger wechseln zwischen 2 und 3 m und ihre Dicken dementsprechend zwischen 14 und 17 mm. Die Flanschen wie auch die Stahlbleche sind aus Siemens-Martin-Stahl von 42 bis 50 kg/mm² Bruchfestigkeit. Die übrigen Teile bestehen aus Thomas-Stahl von 37 bis 44 kg/mm². Die Seitenträger wurden aus je drei Montagestücken von 16 bis 25 m Länge und 16 bis 28 t Gewicht an der Baustelle durch Schweißung vereinigt, der Koppelträger dagegen aus Teilen von 18,19 m und 24,59 m Länge und Gewichten von 17 und 25 t. Das Gesamtgewicht des Stahlbaues beträgt 1300 t.

Bei der Schweißarbeit, die unter besonderer Auswahl der Elektroden geschah, wurden die Dehnungsverhältnisse des Tragwerkes sorgfältig beachtet und jede Verbindungsstelle durch Durchleuchtung auf Fehler im Gefüge nachgeprüft, so daß dieses Bauwerk wegen der Sorgfalt der Ausführung des geschweißten Tragwerkes und seiner architektonischen Ausbildung besondere Beachtung verdient.

— Zs. —

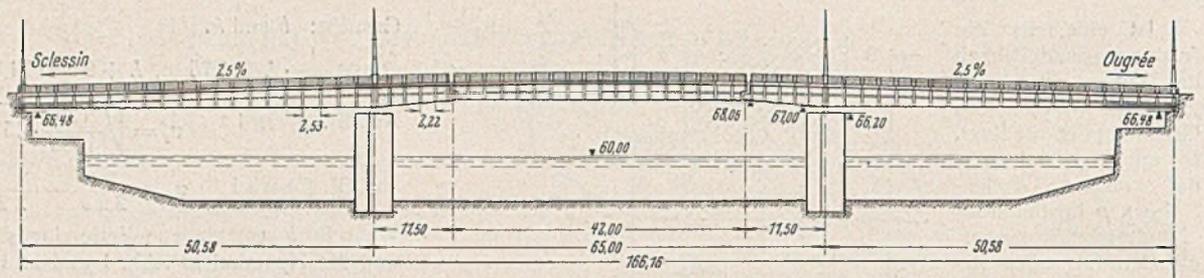


Abb. 1.

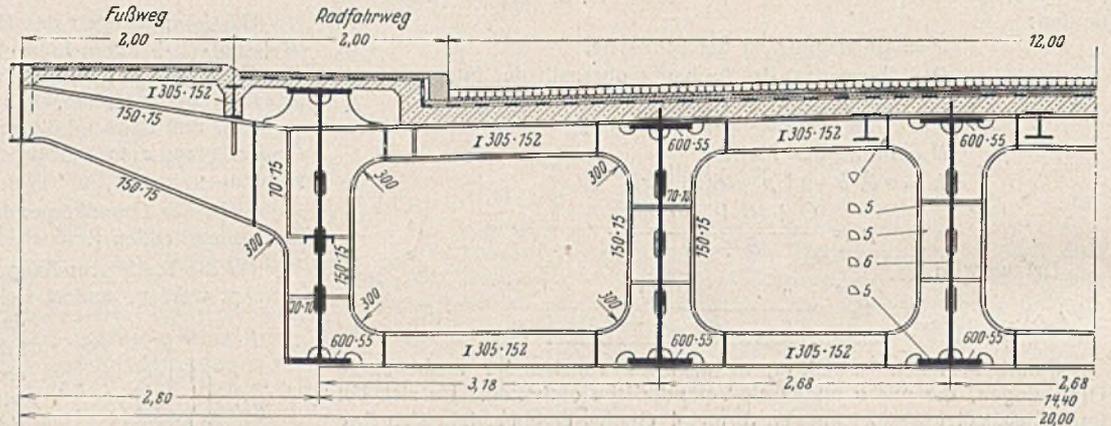


Abb. 2.

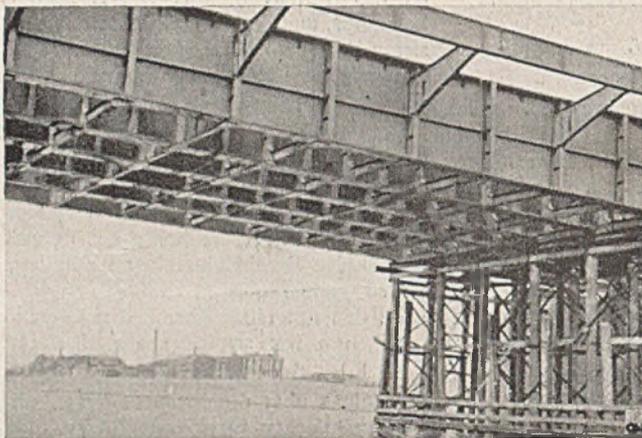


Abb. 3.

Personalmeldungen.

Deutsches Reich. Deutsche Reichsbahn. a) Reichsverkehrsministerium, Eisenbahnabteilungen. Ernann: zum Ministerialdirektor: der Ministerialdirigent Meilicke.

Versetzt: der Reichsbahnrat Wischniakowsky als Vorstand zum Betriebsamt Hildesheim.

b) Betriebsverwaltung. Ernann: zum Präsidenten einer Reichsbahndirektion: der Vizepräsident Beck, Leiter der Generaldirektion der Ostbahn in Krakau, unter Versetzung nach Berlin als Präsident der RBD; — zum Reichsbahndirektor: der vormalige Direktor der Lausitzer Eisenbahn AG, Dipl.-Ing. Roßmann, Dezent der Reichsbahnbauabteilung München; — zum Oberreichsbahnrat: die Reichsbahnräte Kment, Vorstand des Betriebsamts Hartberg, Keidel, Vorstand des Betriebsamts Stralsund 2; — zum Reichsbahnrat: die Reichsbahnbauassessoren Giehm, Erich Hoffmann und Dr.-Ing. Hermann Nebelung bei der Reichsbahnbauabteilung Berlin, Brandebuemeyer in Mainz, Walter Wagner, Vorstand des Neubauamts Braunschweig 2, Hans Bock beim Betriebsamt Köln-Deutz 1, Wilhelm Meinecke, Vorstand des Neubauamts Regensburg, Richard Graßmann bei der RBD Königsberg (Pr.), Rapp, Vorstand des Betriebsamts Berlin 3, Schön und Steenbeck bei der RBD Dresden, Kohlhas, Vorstand des Neubauamts Stralsund/Lietzow, Sinn, Vorstand des Neubauamts Halle (Saale) 3, Herzberg, Vorstand des Neubauamts Plauen (Vogtl.), Lahme und Kuckuck bei der RBD Berlin, Müsse bei der Generalbetriebsleitung West Essen, Herbert Müller bei der RBD Frankfurt (Main), Knopp bei der RBD Breslau, Aldag, Vorstand des Neubauamts Hof, Gahntz beim Betriebsamt Bremen 1, Hans Fischer bei der RBD Oppeln, Heiß und Hans Breuer bei der RBD Münster (Westf.), Reiser, Vorstand des Neubauamts München 19, Hornscheidt bei der Reichsbahnbauabteilung Berlin, Prause bei der RBD Hamburg, Fehling bei der RBD Halle (Saale), Schweighard beim Betriebsamt Oldenburg 1, Dutschmann bei der RBD Dresden, Gerbl bei der Reichsbahnbauabteilung München, Bollmann bei der RBD Frankfurt (Main),

der technische Angestellte Dipl.-Ing. Hechler beim RZA Berlin; — zum Reichsbahnratmann: die technischen Reichsbahnoberinspektoren Kehr in Berlin, Seidel in Chemnitz, Fritzsche in Teplitz, Werner in Reichenberg, Baumgärtel in Aussig, Trott in Eisenach, Karl Krämer in Heidelberg, Sonnenburg in Troppau.

Versetzt: Der Vizepräsident Ernst Emrich, Leiter der Gruppe Verkehrswesen bei dem Reichsprotector in Böhmen und Mähren, nach Berlin als Leiter der Generalbetriebsleitung Ost; — die Reichsbahnräte Martin Lange, Vorstand des Betriebsamts Burgsteinfurt, als Vorstand zum Betriebsamt Münster (Westf.) 1, Nouak bei der RBD Villach als Vorstand zum Betriebsamt Gießen 2, Ast, Dezent der RBD Saarbrücken, als Dezent zur RBD Mainz, Nehse, Vorstand des Betriebsamts Aschaffenburg, als Vorstand zum Betriebsamt Graudenz, Dr. Liebscher beim Neubauamt Wels als Vorstand zum Betriebsamt Aschaffenburg, Asbeck, Vorstand des Neubauamts Königsberg (Pr.), als Vorstand zum Betriebsamt Deutsch-Eylau, Adolf Neumann bei der RBD Kassel als Vorstand zum Betriebsamt Burgsteinfurt, Ruffler bei der RBD Breslau als Vorstand zum Betriebsamt Nürnberg 2, Eder beim Betriebsamt Nordhausen 1 als Vorstand zum Betriebsamt St Wendel; — die Reichsbahnbauassessoren Theodor Jahnke bei der RBD Nürnberg in die Eisenbahnabteilungen des Reichsverkehrsministeriums, Thielsen beim Betriebsamt Frankfurt (Oder) zur RBD Münster (Westf.), Brehmer beim Betriebsamt Mannheim 1 zum RZA Berlin, Humpert bei der RBD Köln zur RBD Villach.

Übertragen: dem Präsidenten der RBD Wilhelm Emrich neben der Leitung des RZA München die Geschäfte des Präsidenten der Generalbetriebsleitung Süd in München; — dem Oberreichsbahnrat Paul Friedrich Schulz, Dezent der Obersten Bauleitung der Reichsautobahnen Stettin, die Stellung des Leiters daselbst unter Beilegung der Amtsbezeichnung „Baudirektor bei den Reichsautobahnen“.

Gestorben: der Oberreichsbahnrat Tillinger, Dezent der RBD Mainz; — die Reichsbahnräte Stockhammer beim Betriebsamt Linz 1, Weleba beim Betriebsamt Graz; — der Reichsbahnratmann Ernst Kehm in Landau (Pfalz).

Im Ruhestand verstorben: der Abteilungspräsident a. D. Friedrich Roth in Bisamberg bei Wien; — der Oberbaurat a. D. Geheime Baurat Richard Baumann in Dresden, zuletzt Dezent der Generaldirektion der vormaligen sächsischen Staatseisenbahnen; — der Oberreichsbahnrat a. D. Alfred Lange in Dresden, zuletzt Dezent der RBD Dresden; — der Regierungsbaurat a. D. Michaelis in Karlsruhe, zuletzt bei der RBD Karlsruhe.

Berichtigung.

In dem Aufsatz von Dr.-Ing. Ertl, „Durchlaufende Gewölbe auf waagrecht nachgiebigen Pfeilern“, sind Abb. 1 u. 5 auf S. 122 u. 123 des Heftes 11 zu vertauschen. Die Unterschriften der Abbildungen sind richtig. In Gl. (13a) auf S. 125, rechte Spalte, muß es in dem Ausdruck für D_2 ($c_4 + \alpha_2 c_5$) statt ($c_4 - \alpha_2 c_5$) heißen.

INHALT: Über das Rütteln des Betons. — Die Mindestgröße von Pfeilergrundkörpern. — Vermischtes: 75 Jahre Feinmechanische Werke R. Fuess. — Die neue Brücke über die Maas bei Ougrée. — Personalmeldungen. — Berichtigung.

Verantwortlich für den Inhalt: Dr.-Ing. Erich Lohmeyer, Oberbaudirektor a. D., Berlin. Verlag: Wilhelm Ernst & Sohn, Verlag für Architektur und technische Wissenschaften, Berlin W 9. Druck: Buchdruckerei Gebrüder Ernst, Berlin SW 68.