

KONSTRUKTION UND AUSFÜHRUNG

MASSIV-, EISENBETON-, EISEN-, HOLZBAU

HERAUSGEBER: REG.-BAUMEISTER FRITZ EISELEN

Alle Rechte vorbehalten. — Für nicht verlangte Beiträge keine Gewähr.

61. JAHRGANG

BERLIN, DEN 10. DEZEMBER 1927

Nr. 25

Versteinerung loser Sande als Gründungsverfahren.

Von Reg.-Baumeister Dr.-Ing. Erich Biermann (Berliner Nordsüdbahn A. G.).

(Hierzu 16 Abbildungen.)

A. Chemische Grundlagen. Die Verfestigung des Baugrundes als Gründungsverfahren erfährt durch eine von Dr.-Ing. H. Joosten gefundene chemische Reaktion eine wertvolle Ergänzung. Das Verfahren (Patentschrift Nr. 441 622 Klasse 5 c, Gruppe I, Tiefbau- und Kälteindustrie-A. G. vorm. Gebhardt & Koenig u. Dr.-Ing. Hugo Joosten in Nordhausen, „Verfahren zur Verfestigung von Gebirgschichten“*) schließt an geologische Vorgänge an und

Chemikal II wird unmittelbar nach der mit Chemikal I erfolgten Imprägnierung des Gebirges eingeführt. Das Chemikal II ruft die chemische Umsetzung hervor und bewirkt so die Anreicherung von Kieselsäure und damit die Verfestigung des Bodens.

B. Versuche. Für die Bedürfnisse des Untergrundbaues wurden in Los 22 der Schnellbahn Gesundbrunnen—Neukölln Versuche getätigt, die nachstehend bekanntgegeben werden:

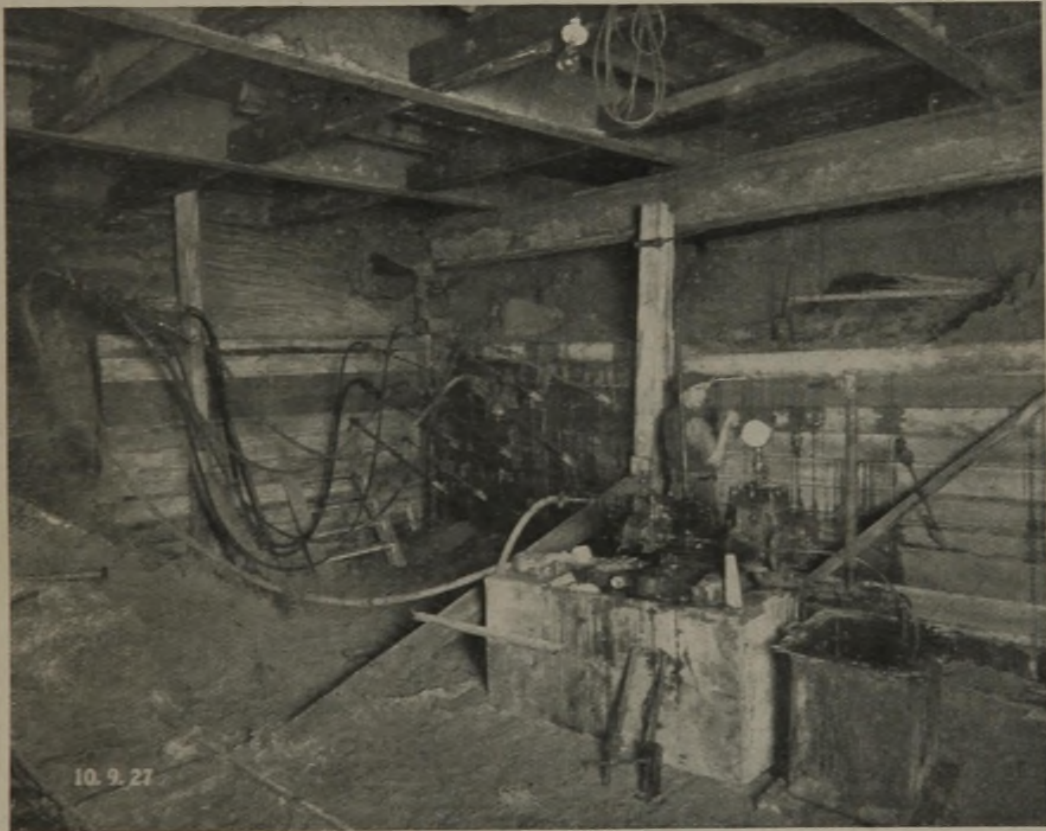


Abb. 1. Einspritzen der Chemikalien in den Untergrund.

stellt die Verkieselung quarzhaltigen Gebirges durch Einwirken von löslichen Salzen oder Säuren auf kiesel-säurehaltiges Material dar.

Für die Anwendung werden zwei Flüssigkeiten (Chemikal I und II), die nacheinander zur Einpressung gelangen, unterschieden. Das Chemikal I ist eine Lösung kiesel-säurehaltigen Materials und dient zur Durchtränkung des zu verfestigenden Gebirges. Das

Das zu verfestigende Material war in dem hier vorliegenden Fall alluvialer und diluvialer Tal-sand, wie er allgemein als märkischer Sand be-kannt ist. Er trägt folgende Merkmale:

feiner, weißer Sand	
0,36	Porenvolumen (naß nach Mitscherlich)
2,63	Einheitsgewicht
174,—	kg Volumengewicht (100 ccm)
80,86	v. H. Quarzgehalt
15,70	„ Feldspat und ähnliche Mineralien
1,95	„ kohlensaurer Kalk.

*) Vgl. die Mitteilung in Deutsche Bauzeitung, Konstr. Beilage Nr. 9, Jahrg. 1927. —

Korngröße:		
über 2 mm		4,05 v. H.
von 2—1 mm		11,2 "
1—0,5 "		35,2 "
0,5—0,2 "		24,8 "
0,2—0,1 "		19,6 "
0,1—0,05 "		2,2 "
0,05—0,01 "		0,2 "
feinste Teilchen		1,8 "

Die Versuche wurden in einer Tiefe von rund 3^m über Grundwasser und 3^m unter O. K. Straße gemacht.

I. Versuch (Abb. 1 bis 6, S. 177 bis 179).

Unbelasteter Sand sollte hinter einer 8 cm starken Bohlwand, bei der die Ritzen zwischen den Bohlen mittels Werg gedichtet waren, verfestigt werden. In

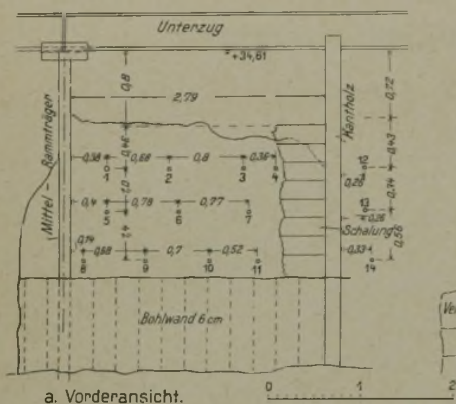


Abb. 2 (oben).

Anordnung bei Versuch I mit Einzeichnung des Versteinerungskörpers.



Abb. 3 (links).

Bild der Verfestigung des Bodens nach Entfernung der Bohlwand.

die Bohlwand wurden Löcher gebohrt, durch die Einspritzröhre in einem Winkel von 30° zur Wagerechten in den Sand gestoßen und an der Bohlwand mittels Holzspunden abgedichtet wurden. Die Anordnung der Löcher geht aus der Abb. 2 hervor. Die 1/2" starken Rohre waren vorn zugespitzt und mit 1 mm starken Schläuchen an eine Pumpe angeschlossen, die die Einspritzung bewirkte (Abb. 1).

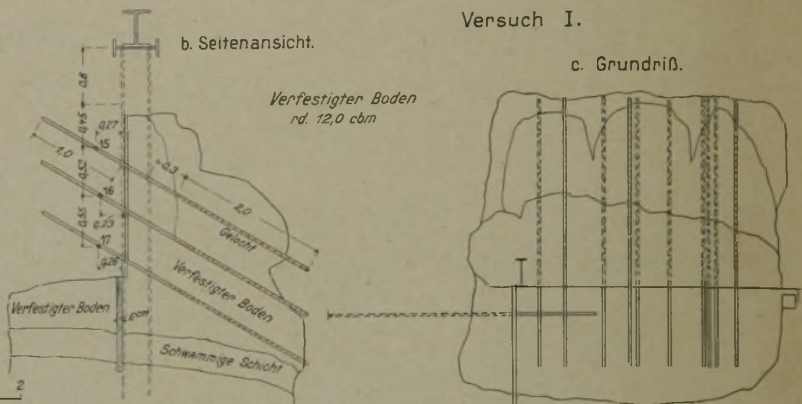
Die Einspritzung des Chemicals I, der Imprägnierungsflüssigkeit, erfolgte unter einem Manometerdruck von 1 bis 3 atm. Nach zu vermutender Sättigung wurden Pumpe und Schläuche mit Wasser gewaschen und Chemical II unter 3 bis 5 atm eingespritzt. Die Erhärtung trat nach einigen Minuten ein und nahm nach Wochen noch weiter zu. Die Freilegung der versteinerten Massen brachte die in den Abb. 3—6 dargestellte eigenartige Form. Durch die bei den Aufnahmen aufgestellten Fluchtstäbe läßt sich die Wirkung aus der gewählten Rohranordnung leicht feststellen. Das versteinerte Material zeigt in dem freigelegten und mit Wasserstrahl

gesäuberten Block angenähert homogene Beschaffenheit und ist so fest, daß es mit Spitzhacke und Meißel gebrochen werden muß. Die Neubildung ähnelt der natürlichen Gebirgsbildung.

II. Versuch (Abb. 7 bis 10, S. 180).

Der Versuch wurde in derselben Form wie I) ausgeführt mit der Maßgabe, daß vorwiegend durch Rohr Nr. 1 Chemical I mit 1 atm und Chemical II unter 5 bis 7 atm durch die Rohre Nr. 2 bis 5 eingeführt wurde. Der Erfolg geht aus den Abb. 7 bis 10 hervor, wobei zu bemerken ist, daß der rechte schmale Wandansatz auf ein geringes Nachgeben der Bohlwand zurückzuführen ist, wobei sich der unmittelbar hinter dieser befindliche Sand lockerte

Versuch I.



und die Chemicalien den widerstandsloseren Weg gegangen sind. Die Struktur des Gebirges war gleichmäßiger als bei Versuch I und fester, vielleicht infolge feuchten Wetters beim Versuch.

III. Versuch.

Auf eine wagerechte Fläche von 0,5 · 2,0 m, die mit Kanthölzern umgrenzt war, wurde mit der Gießkanne Chemical I und danach Chemical II gegossen. Der Erfolg bestand in einer homogenen 3 bis 5 cm starken, mit der Spitzhacke zu bearbeit. Sandsteinkruste.

IV. Versuch (Abb. 11 bis 14, S. 181).

Die gelochten Rohre wurden senkrecht in den Boden gestoßen. Durch Rohr Nr. 1 wurde Chemical I unter 1 atm, durch die Rohre Nr. 2 bis 5 Chemical II unter 4 bis 5 atm Druck eingebracht. Das Ergebnis zeigt die Abbildung. Die traubenartige Form ist darauf zurückzuführen, daß die Chemicalien beim Einpressen teilweise an den Rohren hochgedrückt wurden und sich dann erst verteilten. Um das Hochquellen

der Chemikalien aus dem feinen losen Sand an den oberen Rohraustrittsstellen zu verhindern, wurde eine etwa 20 cm starke Kalkmörteldecke auf die Versuchsstelle gebracht.

Ferner sei noch über Versuch V. der in Nordhausen ausgeführt wurde, nähere Angabe gemacht.

V. Versuch (Abb. 16, S. 182).

Ein Schacht 2 · 2 m wurde 3,55 m tief in groben Kies trocken von Hand geteuf und die Schachtstöße wurden mit Holzgevierten und Blechverschalung gesichert. Bei 4,05 m Teufe wurde der Wasserspiegel angefahren. Alsdann wurden auf einer Fläche von 1,5 · 1,5 m 9 Rohre bis 6,40 m Teufe eingerammt. Diese Rohre hatten 75 cm Abstand voneinander und waren unter dem Wasserspiegel gelocht. Die bei 3,55 m stehende Sohle des Schachtes (0,5 m über dem Wasserspiegel) wurde durch eine Betonschicht von 15 cm Stärke bedeckt.

Die Chemikalien wurden in die oben bezeichneten 9 Rohre mittels Druckluftpumpe eingepreßt und danach wurde die Betonschicht entfernt. Es zeigte sich, daß der Kies sowohl oberhalb als auch unterhalb des Wasserspiegels verfestigt war und nur noch kaum nennenswerte Wasserzuflüsse durchließ. In dem nun verfestigten Kies wurde mit Meißel und Hacke bis 5,60 m geteuf. Da das Gebirge aus grobem Kies größerer Mächtigkeit bestand, wurde gleichzeitig ein Versuch mit feinem tonigen Sand gemacht, indem dieser in den Schacht von 5,60 bis 4,70 m (0,9 m hoch) gebracht wurde. Wie oben wurden wieder 9 Rohre bis 6,4 m Tiefe eingerammt. Es zeigte sich dabei, daß der Wasserspiegel seit Beginn der Arbeiten sich etwas gesenkt hatte und nunmehr bis 4,35 m stand. Hierauf wurden von neuem Chemikalien eingepreßt, wobei sich, genau wie nach dem ersten Einpressen, zeigte, daß eine Wasserabspernung bzw. eine Verfestigung des Sandes sofort eintrat.

Alsdann wurde bis 6,40 m Tiefe weiter ausgehoben, und die chemisch verfestigten Schachtwandungen wurden in verschiedener Teufe unter dem Wasserspiegel wagerecht durchbohrt. Die Reichweite wurde wie folgt festgestellt mit:

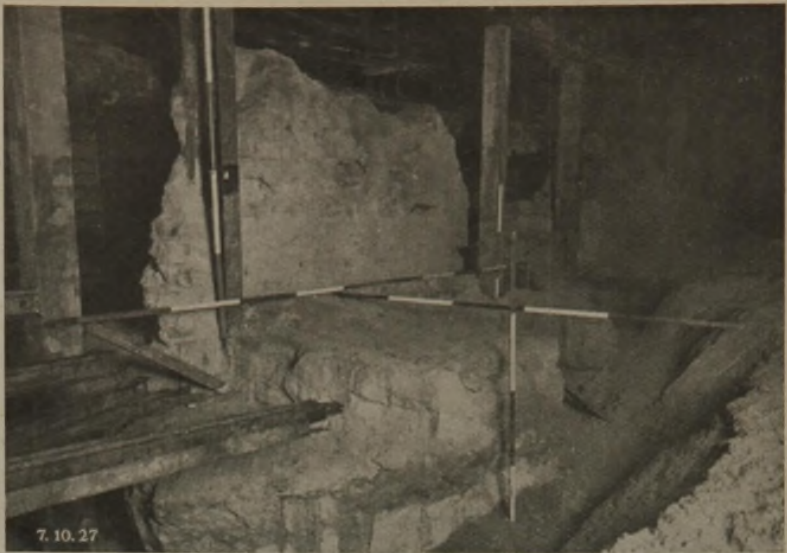
Horizontal-vorbohr-löcher	Teufe unter Wasser-spiegel	trocken bis m	gebohrt bis m	Zufluß
Oststoß	1,08	1,35	1,50	Wasser
Nordstoß	0,58	1,10	1,10	Wasser
	1,05	1,20	1,20	trocken
Weststoß	1,08	1,60	1,60	feucht
Südstoß	1,15	1,00	1,20	Wasser
	0,85	1,00	1,00	trocken

Die Tiefe der Verfestigung wurde hier bis zu rund 8,05 m festgestellt. Die mittlere Tiefe der Prüflöcher betrug etwa 1,27 m. Die Flächenausdehnung der Verfestigung beträgt demnach $(1,55 + 2 \cdot 1,27) \cdot (1,55 + 2 \cdot 1,27) = 16,8 \text{ qm}$, die Höhe der Verfestigung $8,05 - 3,55 = 4,6 \text{ m}$.

Abb. 4 (oben). Vorderansicht.

Abb. 5 (Mitte). Rückansicht.

Abb. 6 (unten). Seitenansicht des freigelegten verfestigten Körpers.



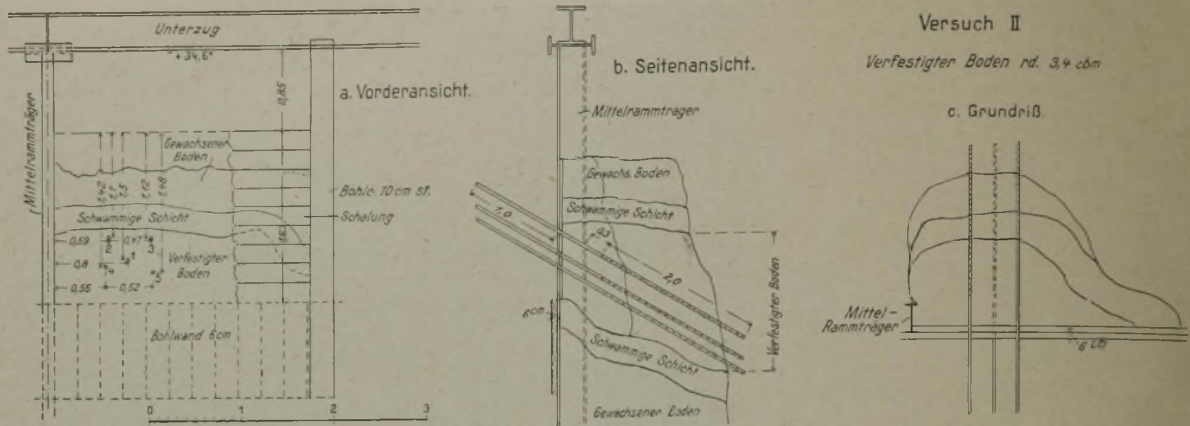


Abb. 7. Anordnung bei Versuch II mit Einzeichnung des Versteinerungskörpers.



Abb. 8. Der freigelegte verfestigte Körper. Hinteransicht.



Abb. 9. Verfestigter Körper nach Entfernung der Bohlwand und Abspritzen mit Wasser.

Die Masse des verfestigten Kieses betrug also rund $16,8 \cdot 4,6 = 77,3 \text{ cbm}$, wozu noch aus dem Nebenversuch rund $2,7 \text{ cbm}$ hinzukommen, so daß die Gesamtverfestigung sich also auf rund 80 cbm ausgedehnt hatte.



Abb. 10. Desgl. Vorderansicht.

Beachtenswert ist, daß in dem, $2,35 \text{ m}$ im Grundwasser liegenden Schacht der Grundwasserandrang nach der Verfestigung nur noch etwa $1 \frac{1}{2}$ Minute beträgt.

C. Anwendung. Die ersten wenigen Versuche können kein abschließendes Urteil bringen; erschwerend für die praktische Erkenntnis ist, abgesehen von der Kostenfrage, die Notwendigkeit, die Versuche für wirkliche Verhältnisse durchzuführen. Laboratoriumsversuche verfehlen hier ihren Zweck, weil die bodenphysikalischen Verhältnisse nicht nachzubilden sind, wenn diese überhaupt genau genug für spätere Anwendungen zu erfassen sind; hinzu treten dann noch die Wetterverhältnisse bei und nach dem Versuch selbst.

Ist das Freischachten der verfestigten Sande nicht möglich, so muß man sich wie beim Preßzementbau mit einer Arbeit auf Risiko abfinden. Allerdings bietet das neue Verfahren der Einspritzung von Zementmilch gegenüber wesentliche Vorteile. Der Druck für die Empressung ist bei dem neuen



Abb. 11 und 12. Der verfestigte Körper der Versuchsreihe IV nach Spaltung.

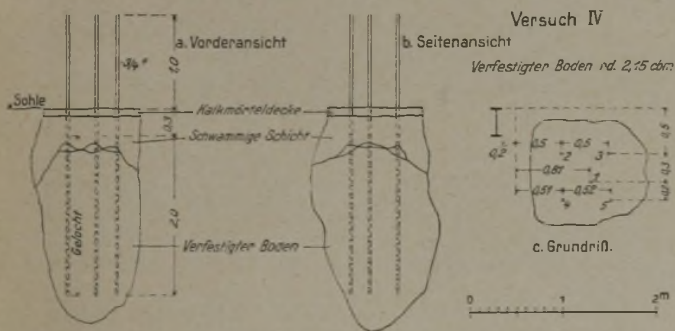


Abb. 13. Versuchsanordnung Nr. IV.

Verfahren weit geringer, etwa 2 atm gegenüber 8 bis 10 atm (im feinen Sande), und damit die Gefahr der Störung des Gleichgewichtes oder der Bildung von Hohlräumen weniger von Bedeutung. Ferner tritt die Verfestigung sofort ein, während beim Preßzementbau mit langen Abbindezeiten die Einwirkung des Wassers in chemischer und mechanischer Beziehung den Erfolg mindern.

Grundlegend ist jedoch die Frage, ob homogenes Material in gewollten Abmessungen hergestellt werden kann, wobei dessen Festigkeit zunächst noch nicht berücksichtigt werden soll.

Ähnlich wie in der Bohr- und Sprengtechnik werden hier Erfahrungen über Rohransätze usw. durch Serienversuche gesammelt werden müssen.

Die sich ergebende große Zahl der Rohre für die Verfestigung größerer Massen ist nur eine scheinbare, weil nach bereits eingetretener Verfestigung neue Chemikalien durch die bereits verfestigten Massen durchdringen können und in den bisher unberührt gebliebenen Sandkörpern die Anreicherung von Kieselsäure bewirken können. So wurde z. B. verwitterter Helgoländer Sandstein unter Druck von 15 atm vollkommen von beiden Materialien durchdrungen und brachte ein vollkommen hartes Gestein bleibender Festigkeit. Die Imprägnierung mit dem Chemical I braucht nicht derart zu erfolgen, daß das Porenvolumen des Sandes damit angefüllt ist, vielmehr genügt wie beim Beton ein Überzug des Chemicals I um die ein-

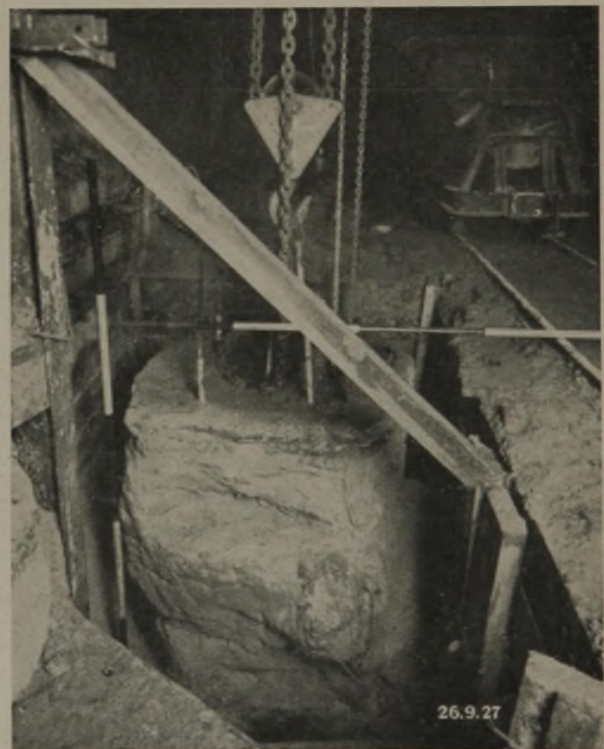


Abb. 14. Der freigelegte Körper IV.

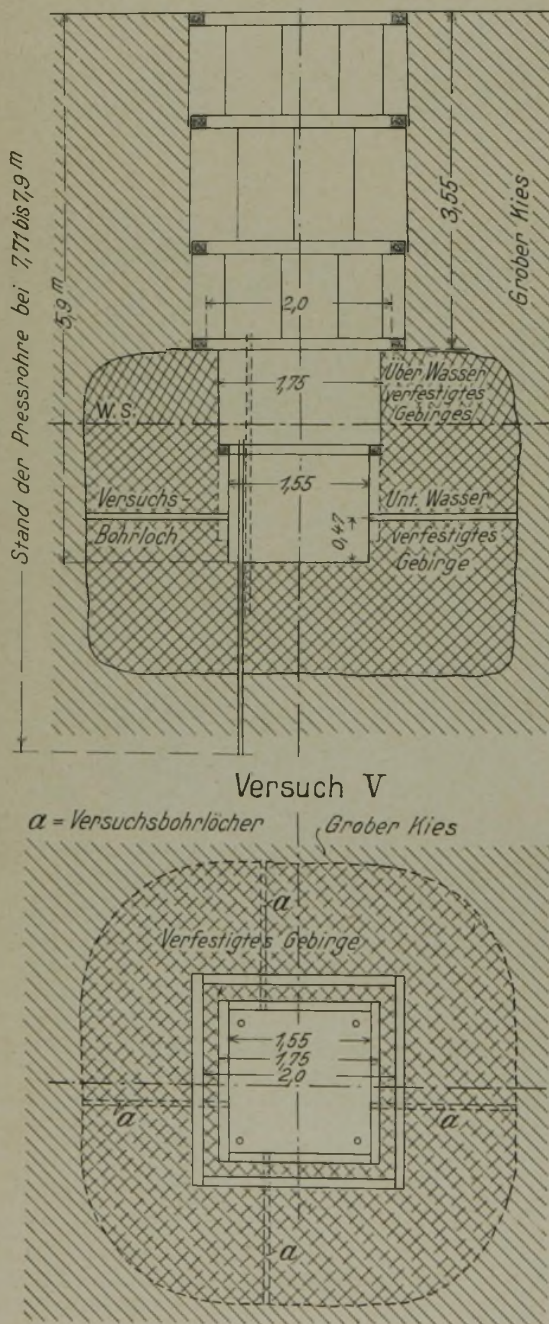
zelnen Sandkörnchen herum. Nach Eintritt des Chemicals II bewirkt dann die freigewordene Kieselsäure eine feste Verbindung der Sandkörner an ihren Berührungsstellen.

Die Versuche im Grundwasser oder mit Wasser durchtränktem Boden waren bezüglich der Homogenität und Reichweite äußerst günstig. Dagegen ergab ein Einbringen von verdünntem Chemical I (20° Bé gegenüber 38°) einen kaum nennenswerten Erfolg. Grundwasser oder Kapillarwasser erfüllen also die Aufgabe, das Chemical I zu verteilen. Dementsprechend wird man, wie beim Preßzementbau, zur Erleichterung



Abb 15. Einzelne Stücke aus dem verfestigten Sandkörper.

Abb. 16 (hierunter). Versuchsanordnung Nr. V mit Eintragung des verfestigten Körpers.



der Chemikaldurchdringung den zu verfestigenden Boden mittels Druckwassers zunächst durchsetzen. Gleichzeitig wird damit auch ein bedeutend geringerer Verbrauch an Chemikalien zu erwarten sein.

Hier schon erdbaustatische Verhältnisse allgemein zu erörtern, dürfte verfrüht erscheinen. Für die Anwendung im Untergrundbahnbau, die gewisse Allgemeingültigkeit haben, seien dagegen einige Fälle erörtert:

Rammträger: Die Verfestigung des Bodens dicht um die Rammträger ist als Ergebnis der Versuche festgestellt; die Keile zum Andrücken der Bohlen an dem abgeschachteten Boden bewirken eine gute Dichtung.

Bohlwände: Bei nicht gespundeten Bohlen dringen die Chemikalien durch die Ritzen; die Bohlen müssen durch Werg gedichtet werden; mit eintretender Verfestigung binden die Bohlen stark an das verfestigte Gebirge an und sind nur schwer von diesem zu lösen.

Sohlenschutzschicht, Gründungssohle: Eine ausgesprochene Eignung des neuen Verfahrens liegt in der Verfestigung der Ausschachtsohle. Durch die schnelle Erhärtung wird beträchtliche Zeit gespart für das sonst erforderliche Einbringen der unteren Sohlenschutzschicht in Beton, die wiederum bis zum Aufbringen der Grundwasserabdichtung erhärtet sein muß. Allerdings liegen Erfahrungen über die chemischen Einflüsse auf die Grundwasserdichtung (Pappe und Klebmasse) noch nicht vor. Besonders werden aber dabei Setzungen des Bauwerks, deren Ursache hauptsächlich auf die nie unberührt bleibende Gründungssohle zurückzuführen sind, gemindert, wenn nicht ausgeschaltet sind.

Gefahrinderung: Sind Bauwerke in der Nähe der Baugrube durch Bodensetzungen, Versackungen oder unvorhergesehene Fälle in Gefahr, so werden diese durch die sofort eintretende Versteinerung gesichert werden können. Voraussetzung ist dabei, daß Handpumpe und Geräte sowie die Chemikalien auf einem kleinen Wagen bereitgehalten werden, ähnlich wie ein autogenes Schweiß- und Schneidegerät zum fahrbaren Aggregat ausgebildet ist.

Fundamentvertiefungen: Bei Häusern, die hart an der Baugrube liegen, scheint die Versteinerung vorteilhafter und gefahrloser als die schachtmäßige zonenweise Tieferführung der Hausfundamente zu sein. Es ist hier jedoch zu berücksichtigen, daß das aus Sicherheitsgründen weiter als erforderlich verfestigte Material später entfernt werden muß (gegebenenfalls mit Preßluftmeißel), soweit es in die Tunnelbaugrube reicht. Für diesen Fall würde ein weiterer Versuch an einem Hause auszuführen sein,

dessen Fundamente in jedem Fall auf besondere Konstruktionen abgefangen und auf Tunnelsohle geführt werden müssen. Dabei könnten dann die veränderten Verhältnisse bei belastetem Sande und im Grundwasser studiert werden. Die Einspritzung würde etwa derart erfolgen müssen, daß die Rohre für Chemikal I hart an beiden Seiten des Fundamentes (parallel zur Hausflucht), die Rohre für Chemikal II in etwa 30 cm Abstand nach außen parallel angeordnet werden. Die Rohre erhalten eine durchlochte Länge von rd. 1 m am Ende und werden, mit der Verfestigung von Tunnelsohle anfangend, abschnittsweise höher gezogen.

Die Kostenfrage allgemein zu erörtern, dürfte verfrüht sein, da die Versuchsergebnisse, insbesondere durch die Materialverluste, ein falsches Bild geben würden. Es sei nur betont, daß weder Gerät (Handpumpe, Rohre und Schläuche in Handelsware) noch Löhne (ein Facharbeiter übersieht etwa 12 Rohre) eine Rolle spielen, wogegen die Kosten für die Chemikalien erheblich werden können und in erster Linie von den benötigten

Mengen abhängig sind. Hierbei ist zu bemerken, daß der Materialverbrauch unter dem Wasserspiegel bzw. in feuchtem Boden erheblich geringer ist als in trockenem Sande.

Für weitere Versuche wären Erfahrungen über Strömungserscheinungen in Sanden, insbesond. solche von Flüssigkeiten vom Einheitsgewicht 1,4 wertvoll.

In chemischer Beziehung sei noch bemerkt, daß die im Boden enthaltenen Säuren und Salzlösungen, die als betonschädlich bekannt sind, auf die versteinerten Massen von günstigem Einfluß sind.

Weitere Versuche werden von der Berliner Elektrizitätswerke A. G. in Rummelsburg in Schwimmsand für Gründungszwecke und vom Städtischen Tiefbauamt in Leipzig für Uferbefestigungen an der Nahe ausgeführt. Es wäre zu wünschen, daß die interessierten Fachkreise ihre Aufmerksamkeit auf das Verfahren lenkten und durch ihre Hilfe die Gründungstechnik fördern. —

Neuartige Ausführung der Schalenkuppel des Planetariums in Mannheim.

Erwiderung auf die Äußerungen der Dipl.-Ing. Dischinger und Finsterwalder in Nr. 17 zu obigem Aufsatz in Nr. 15.

Von Dipl.-Ing. Scherzinger in Ludwigshafen a. Rh.

Neuartiges hat zu allen Zeiten Widerspruch und Kritik gefunden und wird mit solchen immer rechnen müssen, wobei die Beweggründe den verschiedensten Quellen entspringen können. Welches aber auch immer diese Beweggründe sein mögen, so steht doch fest, daß Derjenige, der glaubt Kritik üben zu sollen, damit die Verpflichtung übernimmt, sich im Bereich des Möglichen alle jene Kenntnisse zu eigen zu machen, die für die sachliche Beurteilung des umstrittenen Gegenstandes notwendig sind. Über diese selbstverständliche Pflicht haben sich die beiden Verfasser in bedauerlicher Weise hinweggesetzt.

Die nächste Folgeerscheinung dieser Unterlassung war die nicht den Tatsachen entspr. Behauptung, daß an beiden 1. Sektoren zahlreiche Biegungrisse aufgetreten seien. Da Biegungrisse nicht auftraten, sind natürlich auch alle daran geknüpften Folgerungen unzutreffend. Genau so unzutreffend ist die Behauptung, daß sich Verbiegungen ergeben haben, die ein Mehrfaches der Schalenstärke betragen. Diese Behauptung ist unrichtig, sowohl was den Umfang der Abweichung des ersten Sektorpaares von ihrer ursprünglichen Form betrifft als insbesondere auch bezüglich des hierfür maßgeblichen Grundes. Hier muß man den beiden Verfassern zugute halten, daß der seitens der Schriftleitung durchgeführten Kürzung meiner Veröffentlichung unter anderem auch die Begründung der beim ersten Sektorpaar eingetretenen Formveränderung zum Opfer gefallen ist. Dagegen ist der Beobachtung Erwähnung getan, daß die Sektoren sich schon während des Torkretierens von der Schalung losgelöst haben. Dieses Abheben von der Schalung ist darauf zurückzuführen, daß die Verbindung der Meridianeisen mit dem oberen Ring beim ersten Sektorpaar nicht genügend starr ausgebildet war im Hinblick darauf, daß sich die Reibung zwischen Torkretbeton und geölter Blechschalung geringer erwies als nach den Vorversuchen hätte erwartet werden können. Da sich die Formveränderung innerhalb der Abbindezeit des Betons vollzog, hatte sie in statischer Hinsicht keinerlei ungünstige Wirkung und kann somit höchstens als Schönheitsfehler bewertet werden.

Diese Erfahrung wurde selbstverständlich beim nächsten Sektorpaar verwertet, indem sämtliche Meridianeisen mit dem oberen Druckring in feste Verbindung gebracht wurden. Zwar löste sich das zweite Sektorpaar und auch die folgenden wiederum während des Torkretierens von der Schalung los, doch betrug die größte Formveränderung jeweils nur noch 1 bis 2 mm. Es scheint den beiden Verfassern bekannt geworden zu sein, daß sich das aus zwei Sektorpaaren bestehende Gebilde beim Ausrüsten in so geringfügigem Umfang deformierte, daß sich die Formänderung nur mit allerfeinsten Instrumenten hätte genau messen lassen. Da Formänderungen unzweifelhaft Gradmesser für die Beanspruchung und damit der Standicherheit einer Konstruktion sind, hätten meine Kontrahenten in logischer Weiterverfolgung ihrer eigenen Gedanken den Schluß ziehen müssen, daß, da die Form-

änderung des aus zwei Sektorpaaren bestehenden Gebildes nur einen kleinsten Bruchteil derjenigen des ersten Sektorpaares ausmachte, umgekehrt die Standsicherheit des ersteren ein Vielfaches der letzteren betragen müßte. Durch das Anfügen jedes weiteren Sektorpaares müßte sich die Sicherheit weiter vervielfachen.

Ich möchte es in diesem Zusammenhang als glücklichen Zufall bezeichnen, daß gerade um jene Zeit, als die Kuppel hergestellt wurde, einige Male heftige Stürme über unsere Gegend gingen, die anderweitig allerlei Schaden anrichteten. Trotzdem der Angriff des Windes auf die offenen Sektoren ein ungleich viel ungünstigerer ist als er jemals auf die geschlossene Kuppel sein kann, haben die Sektoren diese außerordentliche Belastung, ohne den geringsten Schaden zu nehmen, überstanden. Diese ungewollte Belastungsprobe zeigt wiederum, welch' hohen Sicherheitsgrad unsere Konstruktion praktisch besitzt.

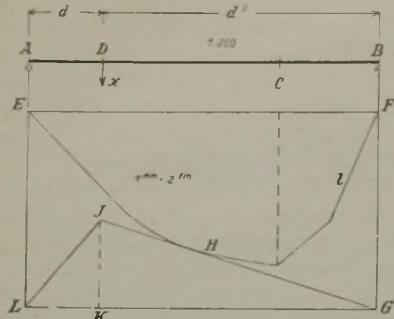
Trotzdem die Praxis die beiden Verfasser ins Unrecht setzt, möchte ich auf ihre weiteren Ausführungen eingehen. Der erste Fehler, den sie begehen, liegt darin, daß sie ein Sektorpaar mit einem Gewölbe vergleichen, das beim Ausrüsten im Scheitel unterstützt bleibt. Die Sektoren sind aber kein Gewölbe im gewöhnlichen Sinne, sondern, zum Unterschied von diesen, Schalen, die in zwei Ebenen gekrümmt sind. Selbstverständlich ist das Verhalten dieser Schalen in statischer Hinsicht auch ein ganz anderes als dasjenige eines nur in einer Ebene gekrümmten Gewölbes. Dies geht aus einfachen statischen Überlegungen hervor und hat sich auch ganz besonders bei den vor Ausführung der Kuppel durchgeführten Versuchen gezeigt.

Der zweite Irrtum ist die Folge des ersten. Wenn man einen Sektor als einebenig gekrümmtes Gewölbe betrachtet, dann trifft es zu, daß die Sektorform von der Stützlinienform nicht unerheblich abweicht. Nehme ich jedoch in richtiger Weise den Sektor als Ganzes, dann zeigt sich, daß die Schwerpunktlinie von der Stützlinienform sehr viel weniger abweicht und daß besonders die noch vorhandene Abweichung gerade in den gefährlichsten Querschnitten sehr klein ist. Sehr viel näher hätte meines Erachtens für die Verfasser ein Vergleich der Sektoren mit dem seitens ihrer eigenen Firma stark propagierten, nur an einzelnen Punkten unterstützten Tonnengewölbe gelegen. Wenn dort das Stützverhältnis auch in normalen Verhältnissen ein günstigeres sein mag, so macht der Sektor das geringere Stützverhältnis durch seine Steilheit, die weniger Biegung als Normalkräfte hervorruft, mehr als wett.

Man könnte auf die falschen Informationen entspringenden irrtümlichen Schlußfolgerungen der beiden Verfasser noch manches erwidern, doch glaube ich, daß die vorstehenden Ausführungen für den unbefangenen, sachlichen, nicht von Konkurrenzgeist erfüllten Beurteiler genügend Aufschluß schaffen über die hohe Sicherheit, die der Kuppel innewohnt. —

Vermischtes.

Zusätzliche Einzellast bei einem nicht voll ausgenutzten Balken. Der frei aufliegende Balken $A-B$ der bestehenden Abbildung trage eine beliebige, ruhende Belastung (in der Abb. nicht angegeben), aus der sich die



Momentenlinie l ergeben möge. Das größte Biegemoment sei bei C und betrage 41 tm , entsprechend der dort abzumessenden Ordinate. Der Balken sei aber vermöge seines in allen Querschnitten gleichen Widerstandsmomentes imstande, 53 tm aufzunehmen. Nun soll bei D noch eine Einzellast x aufgebracht werden. Wie groß darf diese werden für volle Ausnutzung des Profils? Die Beantwortung dieser Frage stößt auf Schwierigkeiten, solange der Ort des Maximalmomentes noch nicht feststeht. Dieser aber ist auf elementarem Wege nicht einfach zu bestimmen, da ja die Größe der Einzellast noch unbekannt ist; er kann bei D oder zwischen D und C liegen. — Hier hilft folgende einfache Konstruktion: Man trage von der Achse $E-F$ der Momentenlinie aus die Ordinate $FG = 53 \text{ tm}$ im Maßstabe der Momentenfläche ($1 \text{ mm} = 2 \text{ tm}$) auf und ziehe von G an die Momentenlinie die Tangente. Ist H ihr Berührungspunkt, so liegt der gefährliche Querschnitt über H ; sein Biegemoment, zugleich das größte des ganzen Balkens, ist 53 tm . Die bei D aufzubringende Einzellast x findet man, indem man die unter D abzugreifende Ordinate $J-K$ der Tangente (mit Bezug auf die wagerechte Achse $G-L$) im Momentenmaßstabe ($1 \text{ mm} = 2 \text{ tm}$) als Biegemoment abmisst und mit $\frac{d+d'}{d \cdot d'}$ multipliziert, worin d und d'

die Abstände des Querschnittes D , also des Angriffspunktes der Einzellast, von den Auflagern A und B bedeuten. $G-L$ wäre die von der Einzellast allein erzeugte Momentenfläche. In unserem Falle ergibt sich $JK = 12 \text{ mm} = 24 \text{ tm}$; also mit $d = 2 \text{ m}$, $d' = 7,5 \text{ m}$: Einzellast $P = 24 \cdot 9,5 = 15,2 \text{ t}$. —

Baurat Dr. Lindt, Zittau.

Briefkasten.

Antworten aus dem Leserkreis:

Zur Frage Arch. G. K. in B. in Nr. 22. (Befestigung eines Bassinbodens.) Zur Herrichtung des Bodens für das Freibadbecken dürfte die in Nr. 24 vorgeschlagene Befestigung an sich wohl geeignet sein. Die Unterlage von Schlacke bietet eine gewisse ausgleichende Schicht von poröser Art und ausreichend fester Packung zur Verteilung von Quellwasser in Verbindung mit der Kieslage; in letzterer sind eine genügende Anzahl von Ton- oder Zement-Drainröhren in Gefälle einzulagern, die jenes Wasser aufnehmen können und Anschluß an zeitweise mit ihren Saugrohren anzustellende Pumpen am Beckenrande erhalten; sonst wären die Quellen — bei Einfügung einer durchgehenden festen Decklage am Boden und an den Böschungen — zu verstopfen. Hierzu eignet sich außer dem Ziegelpflaster in Lehm am Boden — für die Böschungen Unterlage von Lehm bzw. von Schlacken- und Zementmörtelgemenge sowie Abdeckung von dauerhaft imprägnierter Pappe, wie Ruberoid (gemäß Verwendung z. B. an Teichen der Materialprüfungsanstalt zu Lichterfelde), bzw. auch von sonstiger Dachpappe mit Überzug von besonderer Sorte (Inertol 28); dieses ist nach Erfahrungen bei der Norddeutschen Industrie-Gesellschaft in Hannover seit Jahren bewährt mit der Eigenschaft, der Dachpappe Nahrung zu geben, sie geschmeidig und lange dauerhaft zu erhalten — und wird für zweimaligen Anstrich von je 10 qm zu etwa je 3 kg aufgetragen. Mit entsprechender Inertol-Isoliermasse kann bedarfsweise auch das Ziegelpflaster an Dehnungsfugen bzw. an Rißstellen bei Senkungen elastisch überzogen werden. Von der vorbedacht glatten Oberfläche der Decklage werden die Wasserpflanzen leicht abgehalten, soweit sie im Boden usw. wurzeln müßten. —

R. K. C.

Zur Frage Arch. H. in B. in Nr. 22. (Zerstörung von Anstrich auf Zementputz.) Zu ordnungsmäßiger Wiederherstellung des zerstörten Anstriches auf dem wegen seines frischen Zustandes dazu nicht ohne weiteres geeigneten Zementmörtelputzes werden dessen von Resten der Anstrichmasse zuvor zu befreiende Oberflächen in rauhem Zustande durch Schlemmen vorbereitet; hierzu wird Kalkmilch mehrmals dünn aufgetragen, werden die Poren gedichtet und die Flächen geglättet. Zum Ölfarbenaufstrich auf dem Putz müssen die alkalischen Erden an diesem abgetötet werden, und zwar mit Leinölsäure bzw. einfacher Harzkernseife in schwacher Lösung und hierauf dünner Alaunlösung. (Bezugsquelle: Rosenzweig & Baumann, Kassel). Dann erfolgt sorgfältiger Grundstrich mit Leinölfirnis und darüber Aufstrich mit wetter- und feuchtigkeitsbeständiger Fassadenanstrichfarbe.

Andersartig eignet sich zu bequemem Vorbereiten von fertig abgeduntem, aber auch noch frischem Zementputz bzw. Beton für später wiederherzustellenden Außenanstrich auch Inertol (gemäß Nachweisung von Schaefer & Kohrausch, Hannover) als kalt streichbarer Überzug zu guter Abdichtung des Zementmörtelputzes. Dasselbe wird zweimal (zu zusammen rd. 2 kg auf je 10 qm Putzfläche) mit Pinsel oder Streichmaschine satt aufgetragen; es bildet (wie nach Feststellungen in der Materialprüfungsanstalt zu Stuttgart und in der Praxis) eine elastische schwarz glänzende Schutzhaut mit völlig wasserabstoßender Wirkung auf dem Putz, u. a. gegen physikalische und chemische Einflüsse, durchdringt dessen Poren und trocknet rasch ab.

Übrigens sind auch Fassaden-Anstrichfarben in Teigform von wetterfester, steinähnlich aussehender Art sogar auf noch feuchtem Putz streichbar, die sich mit diesem durch Verkiesselung verbinden. (Hersteller: C. Lüdecke, Kassel). — Reg.-Bmstr. Kropf.

Zur Frage P. Heimstätten-Ges. in Nr. 24. (Staubender Terrazzo Fußboden.) Die unangenehme Staubentwicklung von Terrazzo Fußböden ist in erster Linie auf den verwendeten Zement bzw. auf dessen nicht völlig gebundene Kalkteile zurückzuführen. Daneben kann aber auch unsachgemäße Herstellung, unrichtige Mischung oder falsche Behandlung des fertigen Belages die Schuld tragen. Der Übelstand läßt sich sicher beseitigen, und zwar dadurch, daß man die fertigen Fußbodenflächen zunächst gründlich von allen Unreinigkeiten mittels Bürsten und Besen unter Zuhilfenahme von lauwarmem Wasser reinigt, gründlich trocknen läßt und nun eine Oberflächenhärtung bzw. Imprägnierung durchführt. Solche Tränkungsmittel gibt es mehrere, wie z. B. Purigo, Lithurin usw. Es sind dies nicht nur oberflächliche Anstriche, sondern diese wasserklaren Flüssigkeiten dringen bis zu einem gewissen Grade in den Belag ein. Infolge Umsetzung der Kalkanteile im Zement auf chemischem Wege, entsteht eine harte Oberfläche sowie verbessertes Aussehen und schließlich schützen diese Mittel gegen vorzeitigen Verschleiß. Der Terrazzo Fußboden wird dadurch auch wasser-, öl- und säurefest und bietet Laugen und mechanischen Angriffen den größten Widerstand.

Die Härtung kann auch mittels einer Kaliwasserglaslösung von 40 Be , in drei Teilen Wasser gelöst, erfolgen. Damit wird die Oberfläche mehrmals gestrichen, wobei je der Anstrich immer gut trocken sein muß, bevor der folgende aufgebracht wird. (8 bis 10 Stunden Zeitabstand.) Eventuell auftretende Ausschläge lassen sich durch Abwischen mit feuchtem Lappen leicht entfernen. Ist der letzte Anstrich genügend getrocknet, dann trägt man eine 1,5prozentige Fluorwasserstofflösung auf, wobei größte Vorsicht geboten ist, weil sie ätzend auf die menschliche Haut wirkt. Man muß also mit Schutzhandschuhen arbeiten. — Eine weitere Imprägnierflüssigkeit besteht aus $0,5$ Teilen Pottasche, $0,5$ Teilen Chlornatrium, 1 Teil Salpeter und 5 Teilen Wasserglas, alles vermischt mit 20 Teilen Wasser. — G. H.

Anfragen an den Leserkreis:

Arch. S. in H. (Bewegliche Abtrennung zwischen 2 gemeinsam oder einzeln zu benutzenden Sälen.) In einem Neubau sollen im Erdgeschoß 2 größere nebeneinanderliegende Versammlungsräume getrennt oder zu einem großen Saale vereinigt verwendet werden können. Öffnung in der Trennungswand $8,50 \text{ m}$ breit und 4 m hoch. Welche Konstruktion würde sich zum Schließen dieser großen Öffnung am besten eignen? Durch Stützen darf die Öffnung nicht beeinträchtigt werden. Die Dicke der Mauer kann nach der gewählten Konstruktion bestimmt werden. Nach dem Kellergeschoß zu versenkende Rolläden kommen nicht in Frage. Über den Sälen liegen Wohngeschosse. —

R. W. in F. (Schalldämpfende Einrichtung von Kegelbahnen.) Es wird um Angabe der neuesten Literatur über derartige Einrichtungen und um Hinweis auf gut ausgeführte Kegelbahnen in dieser Beziehung gebeten. Abgesehen von Isolierung von Fußboden, Wand und Decke, handelt es sich namentlich auch um die zweckmäßige Ausbildung der Fenster.

Nachschritt der Schriftleitung: Wir verweisen auch auf die Ausführungen zu diesem Thema in Konstr.-Nr. 11/1927, Briefkasten. —

E. K. in B., W. Sch. in E und Andere. (Radikalmittel zur Bekämpfung des Holzwurmes.) In letzter Zeit häufen sich bei uns die Anfragen, wie der Holzwurm zu bekämpfen sei, der einen ganzen Dachstuhl befallen hat. Wir haben fast alljährlich Mittel angegeben, mit denen durch Impfung der einzelnen Bohrlöcher der Holzwurm bekämpft werden kann, wenn dieser nur einzelne Teile befallen hat. Für einen ganzen Dachstuhl sind diese Verfahren aber nicht anwendbar. Ebenso wenig ist aber die Abtötung durch Einhüllung des ganzen Raumes mit giftigen Gasen denkbar, da dazu nicht die erforderliche Dichtigkeit des Raumes herzustellen ist.

Mit welchen Mitteln ist in solchen Fällen der Holzwurm erfolgreich bekämpft worden? Voraussetzung ist natürlich, daß der Dachstuhl nicht schon in seiner Tragfähigkeit zu Bedenken Veranlassung gibt, denn dann würden die wichtigen Tragteile jedenfalls gegen neue ausgewechselt werden müssen und nur auf die weniger wichtigen Teile wäre dann noch das Schutzverfahren anzuwenden. — Die Schriftleitung.

Inhalt: Versteinerung loser Sande als Gründungsverfahren. — Neuartige Ausführung der Schalenskuppel des Planetariums in Mannheim. — Vermischtes. — Briefkasten. —

Verlag der Deutschen Bauzeitung, G. m. b. H. in Berlin.
Für die Redaktion verantwortlich: Fritz Eiselein in Berlin.
Druck: W. Büxenstein, Berlin SW 48.