

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 89 (1971)  
**Heft:** 16

**Artikel:** Neuere Entwicklungen im Grundbau: Vortrag  
**Autor:** Lang, H.J.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-84838>

### **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:** 21.01.2026

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

aber die Verwaltung des Projekthauses macht demgegenüber geltend, dass, sofern es den Behörden und der Wirtschaft ernst ist mit dem Wunsch, die extremen Gruppen zu unterstützen, sie auch Kritik vertragen müssen.

Das Projekthaus ist die erste staatliche Einrichtung, die überhaupt keine feste Leitung hat. Um die tägliche Verwaltung zu erledigen, wählen die Benutzer des Hauses selbst eine Verwaltungsgruppe. Darüber hinaus gibt es einen Aufsichtsrat, der sich aus Personen zusammensetzt, die besonders an Jugendproblemen interessiert sind. Theoretisch wird das Hausrecht durch Zusammenkünfte der Verwaltungsgruppe, des Aufsichtsrats und Vertretern aus Spenderkreisen der Wirtschaft ausgeübt, in Praxis jedoch können alle an diesen Versammlungen teilnehmen, und alle Entscheidungen werden in direkter Demokratie<sup>3)</sup> getroffen.

Die Finanzierung der verschiedenen Veranstaltungen im Haus muss unabhängig sein, und die Verwaltung des Hauses wird so geführt, dass keine öffentlichen Mittel in Anspruch genommen werden.

Man besteht darauf, dass das Haus allen Jugendorganisationen zur Verfügung steht und nicht nur den jungen Rebellen, von denen die Idee ausging. Diese hindern niemand, das Haus zu benutzen, jedoch der Sekretär des Hauses, Peter Duelund, meint: «Natürlich wird das Haus von den Gruppen, die mit Neuem experimentieren, am meisten benutzt.»

So finden in erster Linie alle die Jugendlichen den Weg ins Projekthaus, die sich durch die übrigen Kommunikationsmittel der Gesellschaft kein Gehör verschaffen konnten. Hier können sie mit allen Kräften arbeiten und ihre Ideen in Begegnungen und Diskussionen, Blättern und Drucksachen, Zeitschriften und Büchern verbreiten. Das Haus besitzt eine eigene Druckerei, und die grossen Räume sind den Büros für Minderheitsgruppen vorbehalten. Alle Hilfsmittel stehen für schöpferisches Arbeiten zur Verfügung. Junge Schriftsteller können sich an die Schreibmaschine setzen und Gedichte und Novellen für Freunde und Bekannte vervielfältigen oder diese drucken

<sup>3)</sup> der zufällig Anwesenden? Red.

und im Buch-Café verkaufen lassen, wenn sie besonders gut sind. Das Buch-Café erfreut sich grosser Beliebtheit. Hier kann man – bei einer Tasse Tee – jede Art von Literatur kaufen. Das Buch-Café ist eine der Einnahmequellen, die bei der Finanzierung von Veranstaltungen im Haus mithilft.

Eine weitere Einnahmequelle ist die gemütliche Kellerbar. Obwohl sie erst vor einigen Monaten eröffnet wurde, ist sie schon ein grosser Erfolg. Die Preise sind niedrig; man kann hier über die Revolution diskutieren oder auch fröhlich singen.

In den Ausstellungsräumen, wo professionelle Künstler ihre Werke zeigen, dürfen auch die eigentlichen Hausbenutzer ausstellen, was sie geschaffen haben. Es gibt auch einen Raum zum Malen und Modellieren. Der Theatersaal bietet Platz für die Theatergruppe des Projekthauses sowie für das Auftreten mehr professioneller Theatergruppen. Selbstverständlich legt man besonderes Gewicht auf experimentelles Theater.

Das Haus hat Versammlungsräume für Diskussionen und kulturelle Veranstaltungen, und schliesslich gibt es ein Spielgelände für Kinder, wo Künstler versuchen wollen, pädagogisch ideale Spielplätze zu gestalten.

Eine besondere Form des Verkaufs wird mit dem Bazar veranstaltet: hierzu können alle mit ihren Erzeugnissen kommen, ihre Verkaufsstände aufschlagen und nach Belieben Handel treiben. Zu den Aufgaben des Hauses gehört es auch, den Rauschgiftkonsum zu bekämpfen. Die Zahl Rauschgiftsüchtiger hat sich seit 1966 versechsfacht. Unter den jungen Menschen gibt es viele, die die Notwendigkeit vorbeugender Bekämpfung einsehen.

Das Projekthaus besteht erst kurze Zeit; die Grundidee war in erster Linie, einen geeigneten Ort zu schaffen, wo sich kritische und reformfreudige Menschen mit Gleichgesinnten treffen und ihre Reformwünsche und -vorschläge diskutieren können. Ob dies zu konkreten Ergebnissen führen wird, muss die Zeit zeigen. Unter den jungen Menschen besteht jedenfalls kein Zweifel darüber, dass hier neue Ideen und Gedanken zum Nutzen der Gesellschaft entwickelt werden.

## Neuere Entwicklungen im Grundbau

DK 624.15

Von Prof. H. J. Lang, ETH Zürich

Vortrag, gehalten anlässlich des GEP-Jubiläums am 24. Sept. 1969

Da die GEP im Jahre 1869 ins Leben gerufen wurde, ist es angebracht, wenigstens einen kurzen Blick zurück in jene Zeit zu tun. Er zeigt uns, dass auch damals schon grosse Bauvorhaben, auch grundbaulicher Natur, realisiert waren und wurden, so ein Werk von nationalem Rang: das Eisenbahnnetz, dessen Bedeutung für die Entwicklung unseres Landes mitbestimmend war. Auch die weitere Entwicklung bis zur Jahrhundertwende lässt den Umfang der hier geleisteten Arbeiten erkennen, und wir möchten uns wünschen, dass unsere Arbeit in späteren Zeiten ebenso von Weitblick zeugen möge, wie die Werke der Gründer der GEP.

Nun möchte ich nicht den Versuch wagen, die Entwicklungen im Grundbau von damals bis heute aufzuzeigen; viel-

mehr will ich mich auf die Behandlung der neueren Entwicklungen im Grundbau beschränken. Diese sind vor allem durch drei Gegebenheiten gekennzeichnet:

- Einführung des gleislosen Erdbaues
- Ausbau des Strassennetzes
- Zwang zur immer intensiveren Baugrund-Nutzung, vor allem in städtischen Verhältnissen

Über den gleislosen Erdbau möchte ich hier nicht weiter sprechen. Dagegen möchte ich auf einige Entwicklungen eingehen, welche grundbauliche Probleme des Strassenbaues und der Fundationstechnik betreffen.

Der Ausbau des Strassennetzes, und insbesondere des Nationalstrassennetzes, kann anknüpfend an das eingangs erwähnte Beispiel des Eisenbahnnetzes

auch als eine Aufgabe von nationalem Interesse bezeichnet werden. Es scheint mir deshalb richtig, auf die Anstrengungen einzugehen, welche von seiten des Bodenmechanikers und des Grundbauers unternommen worden sind, und durch bessere Erkenntnis zum wirtschaftlicheren Strassenbau beizutragen.

Die Lebensdauer der Strassen ist durch ihre Tragfähigkeit gegeben. Wird sie durch die wirkenden Lasten überschritten, so treten Schäden ein: Es entstehen «Spuren» oder Löcher, wie in Bild 1 durch ungenügende Tragfähigkeit des Untergrundes. Auf die besondere Bedeutung der Schwertransporte ist in diesem Zusammenhang hinzuweisen. Die Spurenbildung in Bild 1 weist rd. 5 cm Tiefe auf, wodurch die Befahrbarkeit der Strasse bereits vermindert wird.

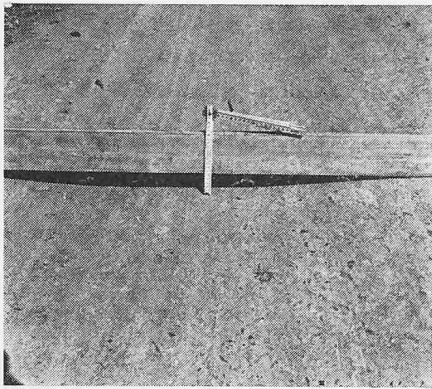


Bild 1. Spurenbildung auf einer Strasse

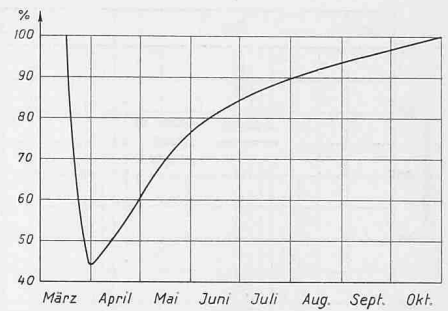


Bild 2. Jahreszeitliche Tragfähigkeitsveränderung nach Motl. Ordinate: Tragfähigkeit in % bezogen auf den Höchstwert

Nun ist die Tragfähigkeit der Strasse keine konstante Grösse, weder örtlich noch zeitlich. Es ist eine bekannte Tatsache, dass Strassenabschnitte im Einschnitt eine kürzere Lebensdauer aufzuweisen pflegen als solche auf Dämmen. Zeitlich ist eine jahreszeitliche Veränderung vorhanden (Bild 2), mit einem Minimum an Tragfähigkeit im Frühjahr, bedingt durch den Tragfähigkeitsverlust beim Auftauen nach Gefrieren. Der gleiche Verlauf kann bereits im täglichen Ablauf vorhanden sein.

Die Tragfähigkeitsverminderung ist eine Folge der Frosthebung, in Bild 3

dargestellt an Proben eines siltigen Materials ( $\text{CaCO}_3$ ). Dieser Fall ist mit einer maximalen Hebung auf das rund  $2\frac{1}{2}$ fache der ursprünglichen Probenhöhe wohl ein Extremfall, aber keineswegs eine ausserhalb der praktischen Möglichkeiten liegende Gegebenheit.

Wichtig ist die Feststellung, dass die Frosthebung ein und desselben Materials keine unveränderliche Grösse, sondern abhängig von den Einbaubedingungen ist. Bild 3 zeigt die Abhängigkeit der Frosthebung vom Verdichtungswassergehalt. Kennzeichnend ist bei diesem Material ein Maximum an Frosthebung

bei einem Wassergehalt in der Nähe des optimalen Verdichtungs-Wassergehaltes. Ein toniger Boden (Bild 4) zeigt dagegen einen anderen Verlauf mit abnehmender Hebung bei steigenden Wassergehalten.

In der Praxis ist man in den seltensten Fällen frei in der Wahl des Einbauzustandes; der Wassergehalt ist in der Regel gegeben und ziemlich hoch. Wichtig sind deshalb Methoden, welche die Eigenschaften des Bodens verbessern. Eine dieser Methoden ist beispielsweise die Stabilisierung. Die Bilder 5 und 6 zeigen den Einfluss einer Kalkstabilisierung auf ein toniges Material,

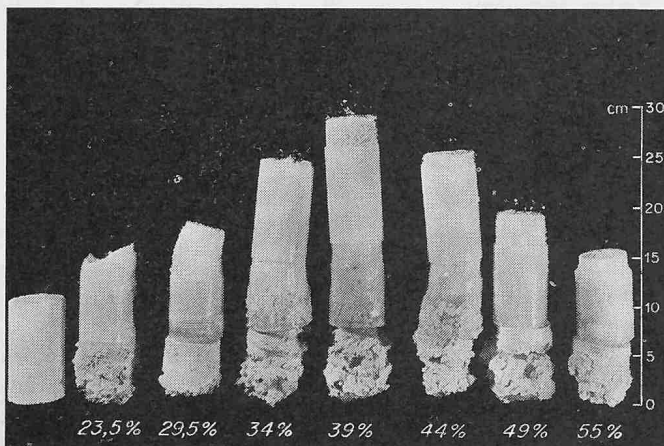


Bild 3. Frosthebungen in Funktion des Wassergehaltes bei Silt ( $\text{Ca CO}_3$ )

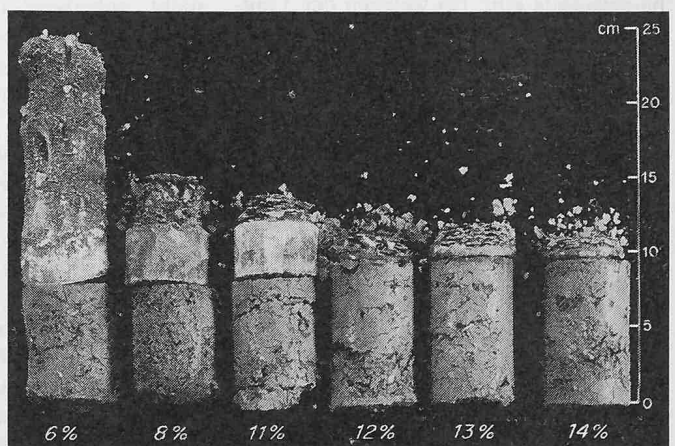


Bild 4. Frosthebungen in Funktion des Wassergehaltes bei tonigem Boden

Bild 5. Frosthebungen eines kalkstabilisierten Bodens [ $4\% \text{ Ca (OH)}_2$ ]; Frostversuch unmittelbar nach Verdichtung

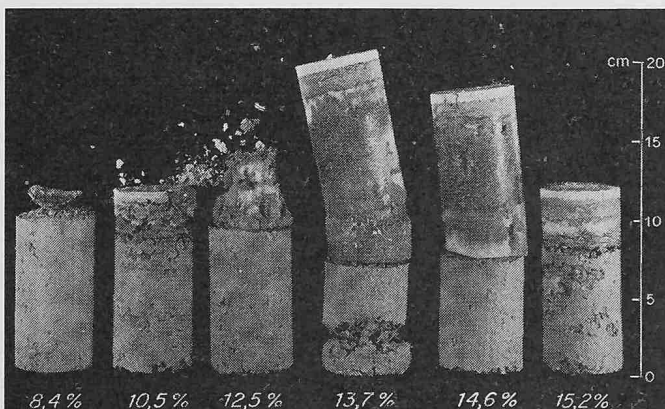
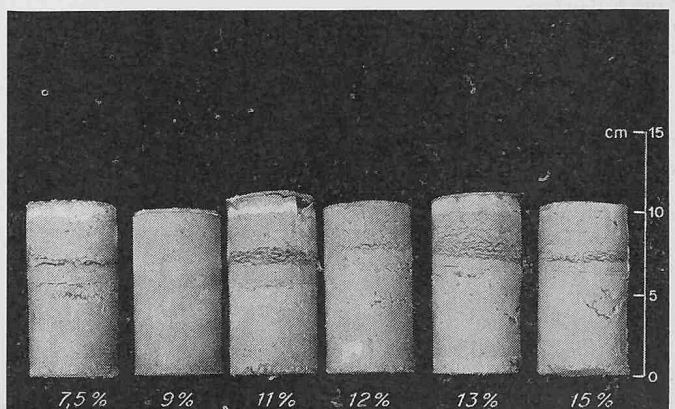


Bild 6. Wie Bild 5, aber Frostversuch  $3\frac{1}{2}$  Monate nach Verdichtung



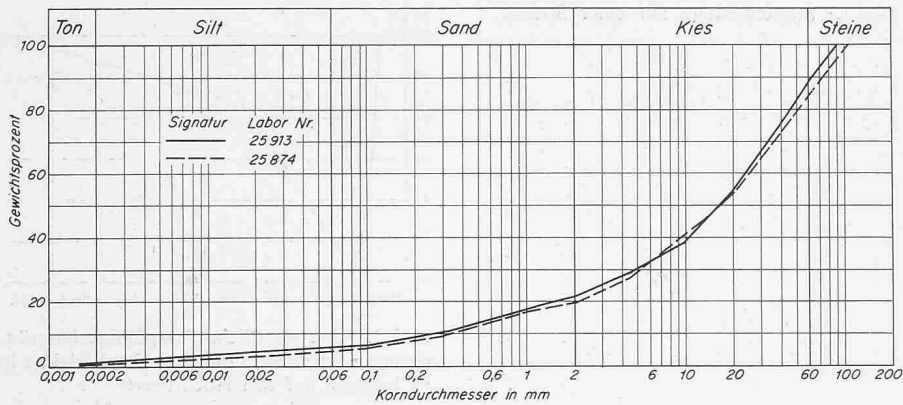


Bild 7. Kornverteilungskurven zweier Kiessande

und zwar unmittelbar nach Verdichtung und nach 3½ Monaten Lagerung vor dem Frostversuch. Der Einfluss der Zeit auf das Frostverhalten ist augenfällig, ebenso wie die Verbesserung durch die Kalkstabilisierung.

Tragfähigkeitsverminderungen ergeben sich nicht nur durch den Frost, sondern bereits durch die Einwirkung des Wassers auf den verdichteten Boden. Zu beachten ist der grosse Abfall der ursprünglich vorhandenen Tragfähigkeit nach Wasserlagerung und ein weiterer Abfall nach Gefrieren-Auftauen. Auch hier wird wieder deutlich, dass es Einbaustände gibt, bei welchen der Trag-

fähigkeitsverlust kleiner ist als bei anderen.

Eine andere und nicht minder dringende Frage ist selbstverständlich die, welche Böden frostgefährlich sind und welche nicht. Hier hat man sich weitgehend auf das in den Normen enthaltene Kriterium von höchstens 3 Gewichtsprozent Feinanteile unter 0,02 mm Korndurchmesser gestützt. Richtiger formuliert muss die Fragestellung natürlich lauten: Welche Böden sind mehr und welche weniger frostgefährlich? Untersuchungen an Kiessanden von der gleichen Baustelle (Bild 7) haben gezeigt, dass nicht unbedingt der Boden mit dem grösseren Anteil <0,02 mm (der effektiv in der Praxis beanstandet wurde) weniger frostgefährlich ist als der weniger feinteilreiche (der nicht beanstandet wurde). Bild 8 zeigt das Ergebnis der Frostuntersuchung, wonach der Gehalt an Körnern kleiner 0,02 mm keine ausreichende Beschreibung des Bodens in bezug auf die Frostgefährlichkeit darstellt.

Was wir für den wirtschaftlichen Strassenbau benötigen, sind also Beurteilungsgrundlagen über das Verhalten von Böden, welche nicht nur auf die indirekte Aussage über den Kornaufbau abgestützt sind. Sie müssen vielmehr direkt die massgebenden Tragfähigkeitswerte und deren Veränderung unter dem Einfluss von Wasser und Frost erfassen.

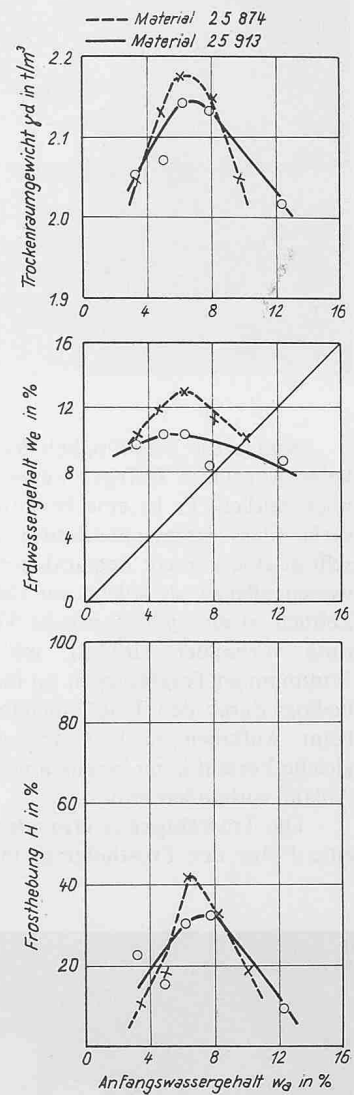


Bild 8. Frostuntersuchung an den Proben gemäss Bild 7.

Bild 9. REM-Aufnahme von Chlorit; Vergrösserung 360fach

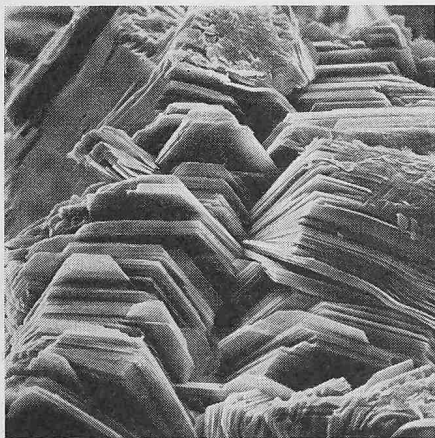


Bild 10. EM-Aufnahme von Montmorillonit (nach Barclay)

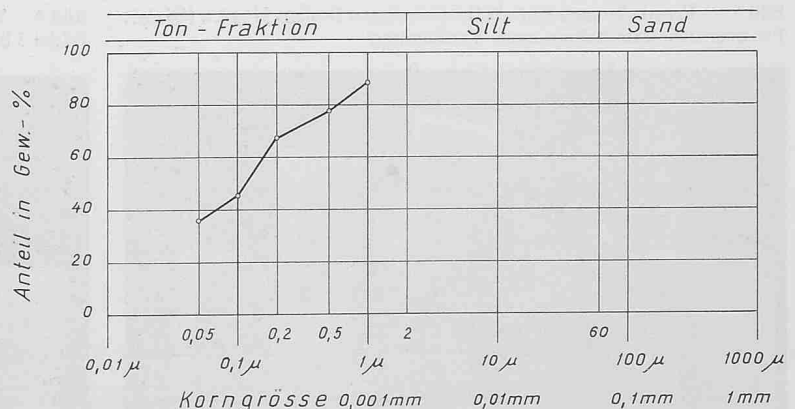
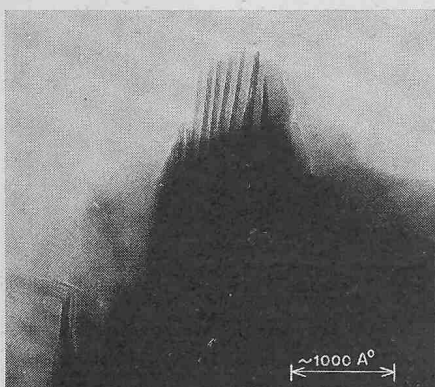


Bild 11. Kornverteilung (Summationskurve) von Wyoming-Bentonit, bestimmt nach der Überschichtungsmethode

Eine diesbezügliche Neugestaltung der Normen ist in Arbeit.

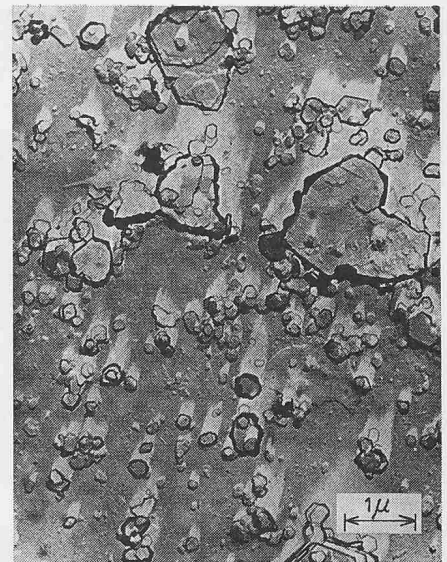
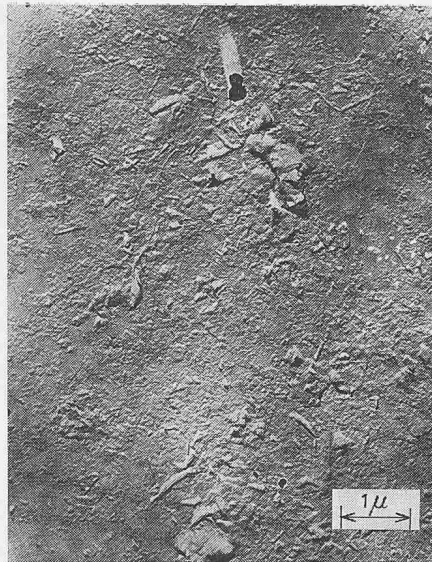
Ich habe versucht, mit diesem einen Beispiel aus dem Strassenbau eine Entwicklungstendenz im Grundbau ganz kurz zu beschreiben. Obwohl damit bezüglich des Strassenbaues längst nicht alles gesagt ist, möchte ich nur noch zu einer anderen augenfälligen Entwicklung

im Grundbau übergehen: zur Fundamentstechnik.

Wie ich bereits eingangs erwähnt habe, hat der Zwang zur immer intensiveren Nutzung des Baugrundes in der Fundamentstechnik im Grundbau Entwicklungen ausgelöst. Da die oberirdische Nutzungsmöglichkeit in der Regel beschränkt ist, muss eine intensivere Nutzung unter dem Erdboden stattfinden<sup>1)</sup>. Sie erfordert tiefe Baugruben, und zwar mehr oder weniger ungeachtet der jeweiligen geotechnischen Verhältnisse. Aus diesen Anforderungen heraus ist in den letzten 10 Jahren insbesondere die Schlitzwandtechnik in grossem Umfang heimisch geworden. Die Bedeutung dieser Bauweise mag dadurch unterstrichen werden, dass von 1961 bis 1967 in der Schweiz schätzungsweise mindestens 300000 bis 350000 m<sup>2</sup> Schlitzwände erstellt worden sind.

Die Schlitzwände, auch Bentonit-Schlitzwände oder fälschlicherweise auch als «Bentonitwände» bezeichnet, entstehen aus vertikalen Schlitzten, die im Erdreich ausgehoben, in der Regel mit einer Armierung versehen und anschliessend ausbetoniert werden. Hindernisse oder harte Schichten werden durchmeisselt, ebenso geschieht das Einbinden in den Fels. Damit der Schlitz nicht einstürzt, wird er während des ganzen Arbeitsvorganges mit einer Bentonit-suspension gefüllt gehalten. Die Ursache der Stützwirkung wird einerseits rein statischen Überlegungen (Suspensionsdruck gegen Erddruck) zugeschrieben, andererseits mit anderen Ursachen, wie beispielsweise auch mit elektrischen Phänomenen, begründet. Praktische Erfahrungen scheinen zu beweisen, dass diese Ursachen zusammen wirken dürften.

Bentonite enthalten insbesondere Tonmaterialien der Montmorillonit-Gruppe. Tonminerale sind plättchenförmig und weisen eine sehr grosse Kornoberfläche auf, welche ein grosses Wasserbindungsvermögen bewirkt. Bild 9 stellt einen Chlorit unter dem Raster-Elektronen-Mikroskop (REM) dar. Montmorillonite gehören zu den Dreischichtsilikaten; das heisst die einzelnen Schichtpakete bestehen aus drei Schichten. Die im Bild 10 (EM = Elektronen-Mikroskop) sichtbaren Schichtpakete haben eine Stärke von rund 100 Å = 10<sup>-6</sup> cm, die eben noch sichtbaren einzelnen Schichten eine solche Stärke von rund 10 Å = 10<sup>-7</sup> cm. Beim Montmorillonit sind auch die Oberflächen der Schichtpakete dem Wasser zugänglich. Dadurch ergibt sich eine spezifische Ober-



Bilder 12 u. 13. EM-Aufnahme von Bentonit (links) und Kaolinit (rechts)

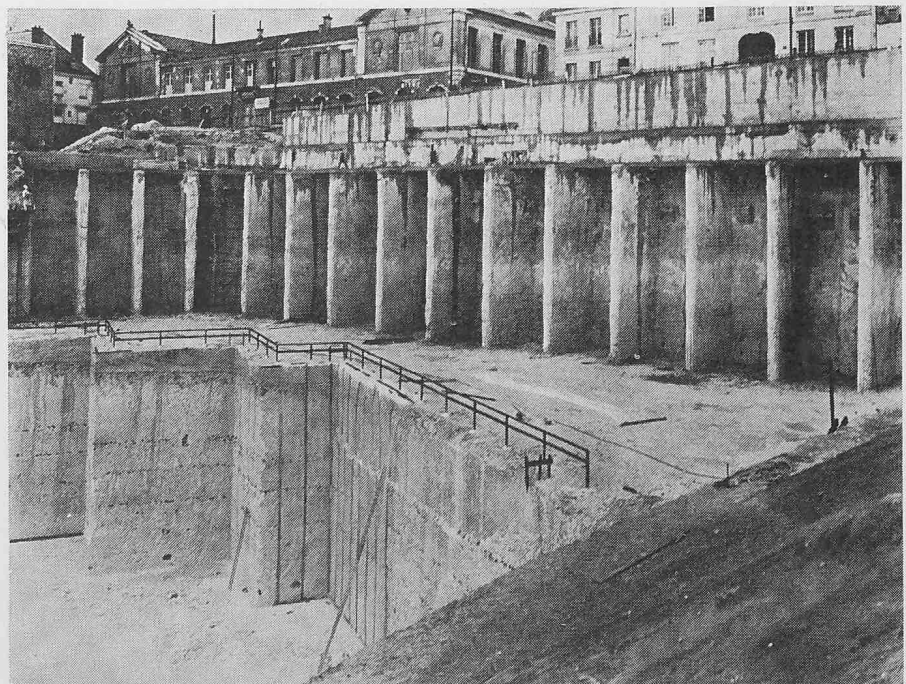
fläche, welche nach neuesten Messungen eine Grössenordnung von 800 m<sup>2</sup>/g erreichen kann! In jüngster Zeit sind überhaupt Untersuchungsmethoden entwickelt worden, die uns besseren Aufschluss über die Eigenschaften von Tonmineralien, also auch Bentoniten, geben werden, als dies bisher der Fall sein konnte. Als Beispiel sei die Kornverteilung (Bild 11) erwähnt. Die herkömmlichen Methoden gestatten die Bestimmung bis hinunter zu Korngrössen von 1 bis 2 µ (0,001 bis 0,002 mm). Die nach der Überschichtungsmethode ermittelte Kornverteilung reicht immerhin bis 0,05 µ, wobei aber immer noch 30 bis 40 % der Körner feiner als diese Grösse sind! Die sehr feine Körnung der Bentonite wird auch unter dem Elektronenmikros-

kop (Bilder 12 und 13) im Vergleich mit einem Kaolinit deutlich.

Mit der vorstehenden kleinen Abschweifung über den Bentonit in das Reich des mikroskopisch Kleinen möchte ich verdeutlichen, dass auch im Grundbau Entwicklungen nicht nur auf der Baustelle und im Planungsbüro stattfinden, sondern dass die Forschung die Grundlage zu möglichen weiteren Entwicklungen liefern muss.

Um nach diesem kleinen Abstecher wieder zu der Baugrubenumschliessung mit Schlitzwänden zu kommen, können wir feststellen, dass die verschiedensten Methoden für den Schlitzaushub angewendet werden: mit frei am Seil hängenden Greifern, mit Saugmeisseln, mit geführten Aushubwerkzeugen, um nur

Bild 14. Schlitzwand mit Rippenquerschnitt in St-Cloud, Paris



<sup>1)</sup> Vgl. Neubau Warenhaus Globus in Zürich, «Schweiz. Bauzeitung» 86, 1968, H. 14, S. 225-230.

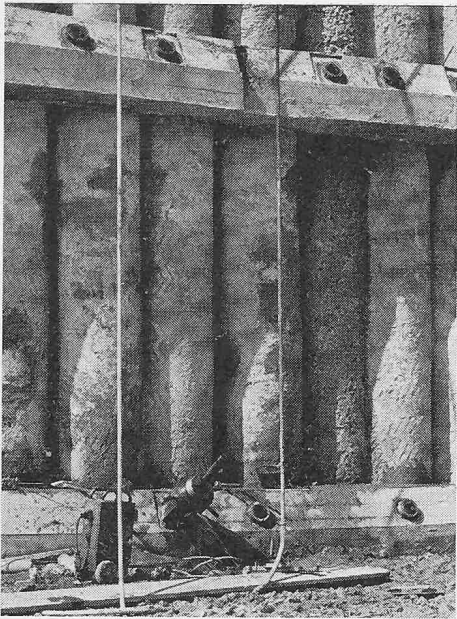


Bild 15. Pfahlwand an der N 1 bei Neuenhof



Bild 16. Rühlwand (Baustelle BBC, Baden)

diese zu nennen. Unabhängig vom Aushubsystem ist es wichtig, eine möglichst vollkommene Vertikalität der Wand zu erreichen; unter anderem besonders auch, um klaffende oder sich in der Tiefe öffnende Fugen zu vermeiden, die unter dem Grundwasserspiegel sehr unangenehme Folgen haben können. Verbessert wird die Vertikalität besonders bei tiefen Wänden teilweise durch Vorbohren. Tiefen von 30 m sind schon häufig überschritten worden. Wichtig ist natürlich auch, dass das Aushubsystem einen unvorhergesehenen, um mehrere Meter tieferen Aushub gestattet, beispielsweise wenn in eine dichtere Schicht eingebunden werden soll, die lokal tiefer liegt als erwartet. Fast möchte man sagen, die

Vielfalt der Systeme entspreche gut schweizerischem Wesen... Immerhin haben die Unternehmer unseres Landes einen derartigen Stand in der Schlitzwandherstellung erarbeitet, dass einige von ihnen regelmässig mit Schlitzwandarbeiten im Ausland beschäftigt sind (Bild 14).

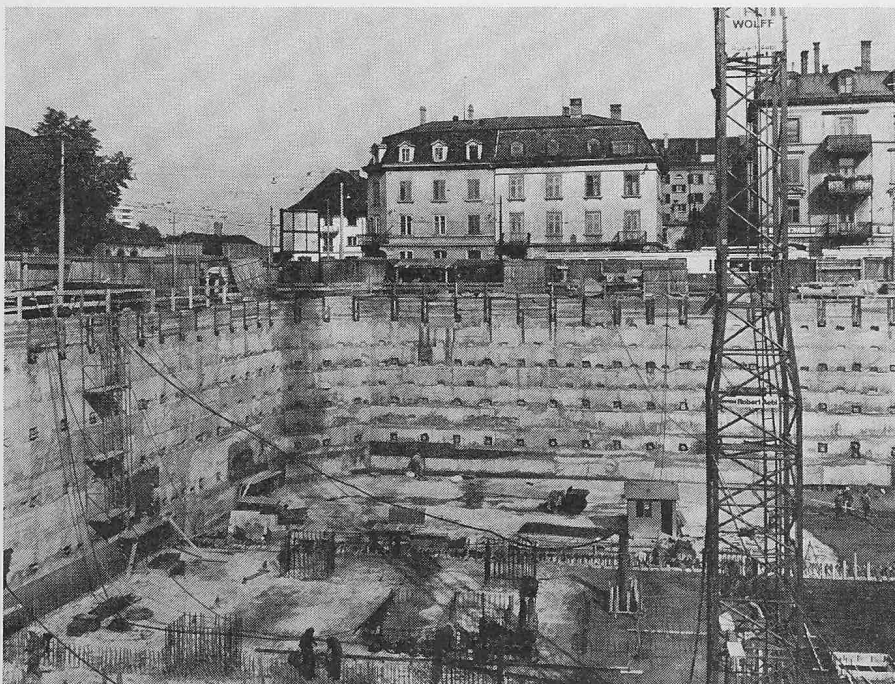
Naturgemäss findet das Schlitzwandverfahren besonders Anwendung in städtischen Verhältnissen. Hier kommt es darauf an, den vorhandenen Grund und Boden auf den letzten Zentimeter auszunützen. Das bedingt die Erstellung von Baugrubenabschlüssen unmittelbar entlang bestehender Bauten, wie auch den Einsatz auf sehr kleinen und beengten Baustellen. Nicht unerwähnt blei-

ben soll aber auch, dass sich die Erstellung von Schlitzwänden keineswegs auf Baugrubenabschlüsse beschränkt hat. So hat eine der grössten Wände, welche in der Schweiz erstellt worden ist, einen Grundwasserträger vor Infiltration aus dem aufzustauenden Rhein zu schützen. Eine andere Anwendung betrifft den Schutz von Grundwasservorkommen gegen das Eindringen von Mineralölen, wobei das Gebiet, innerhalb welchem eine Verschmutzung zu erwarten ist (Raffinerie, Tanklager usw.) gegenüber den übrigen Grundwasserträgern mittels einer Wand abgegrenzt wird, um die Ausbreitung allfälliger Ölverluste zu begrenzen.

Selbstverständlich kommen für die Erstellung von Baugrubenabschlüssen nicht nur Schlitzwände in Frage. Eine erhebliche Entwicklung haben beispielsweise auch Bohrpfahlwände und Rühlwände erfahren, letztere insbesondere mit in gebohrte Löcher versetzten Trägern. Alle diese Verfahren weisen gegenüber Rammungen den Vorteil einer relativen Lärm-Verminderung auf; ein Gesichtspunkt, dem heute zu Recht grosse Bedeutung zugemessen wird. Pfahlwände haben zum Beispiel den Vorteil, dass sie teilweise in Sickerbeton ausgeführt werden können, um den Aufstau des Grundwassers am Hang zu verhindern (Bild 15). Ähnliches gilt für Rühlwände (Bild 16). Wenn es sich jedoch darum handelt, in einer Baugrube tief unter den Grundwasserspiegel zu gehen, und eine Absenkung des Wasserspiegels ausserhalb der Baugrube nicht möglich oder zu gewagt erscheint, hat die Schlitzwand wegen ihrer Geschlossenheit und geringen Fugenanzahl Vorteile.

Die tiefe Baugrube stellt neben der Konstruktion des eigentlichen Baugru-

Bild 17. Spriessfreie Baugrube (Hotel International, Zürich-Oerlikon)



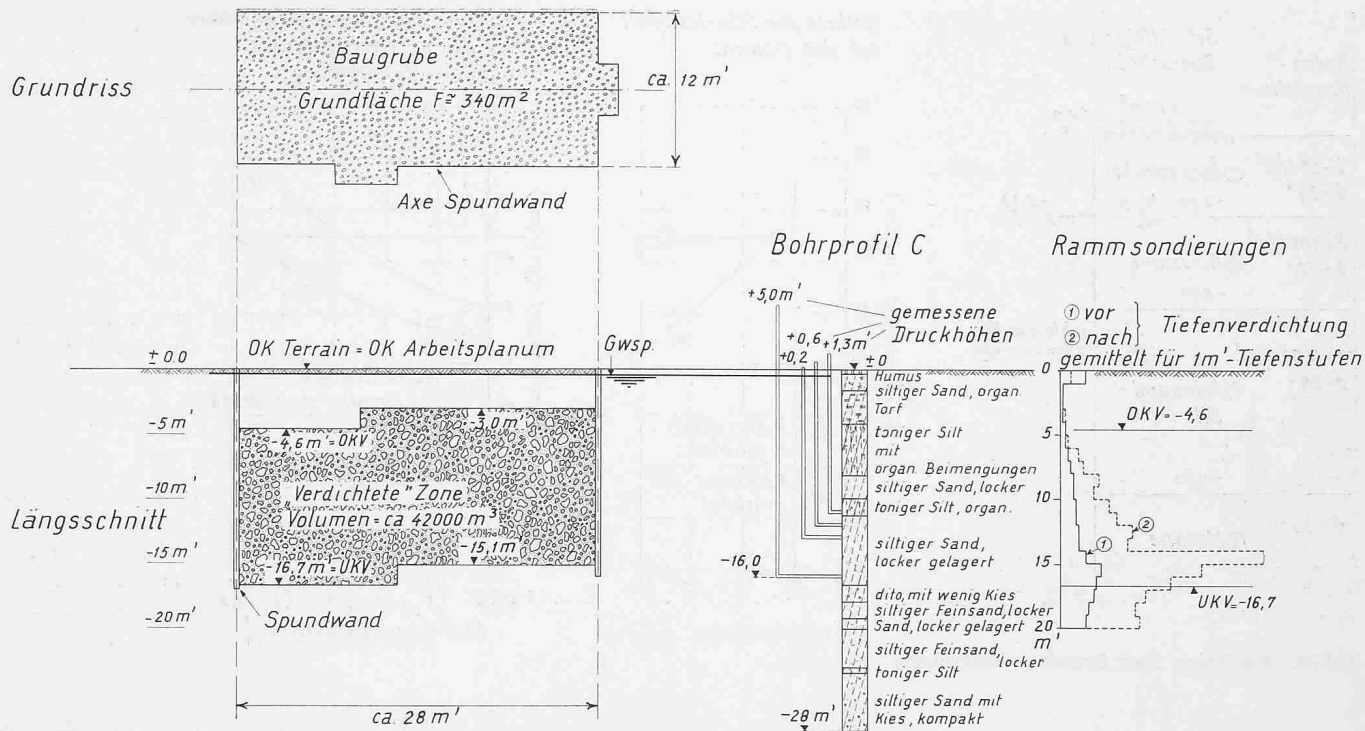


Bild 18. Tiefenverdichtung zur Erhöhung des Raumgewichtes (Transportleitung Horw-Luzern, Pumpwerk 3). Masstab 1:600

benabschlusses weitere Probleme wie Aussteifung der Baugrube gegen Erd- und Wasserdruck, Sicherung gegen Auftrieb, Wasserhaltung und hydraulischen Grundbruch. Bezüglich der Aussteifung der Baugrube ist zu konstatieren, dass sich in einem bemerkenswert grossen Umfang die spriessfreie, durch Injektionszuganker gesicherte Baugrube (Bild 17) durchgesetzt hat. Es ist dies eine Entwicklung, die sich mehr oder weniger parallel mit der Schlitzwandtechnik vollzogen hat. Die von einem einzelnen Anker übertragenen Kräfte liegen meist in einer Grösse von 30 bis 50 t. Auch hier ist ein beachtlicher Grad von Zuverlässigkeit erreicht worden, doch ist die Kontrolle der tatsächlichen Ankerkräfte von Bedeutung. Ebenfalls mit solchen

Zugankern kann die Sicherung gegen Auftriebskräfte erfolgen, welche bei tiefen Baugruben erhebliche Grössen annehmen können. Sind dagegen Zug- und Druckkräfte möglich, werden meist Pfähle angewendet.

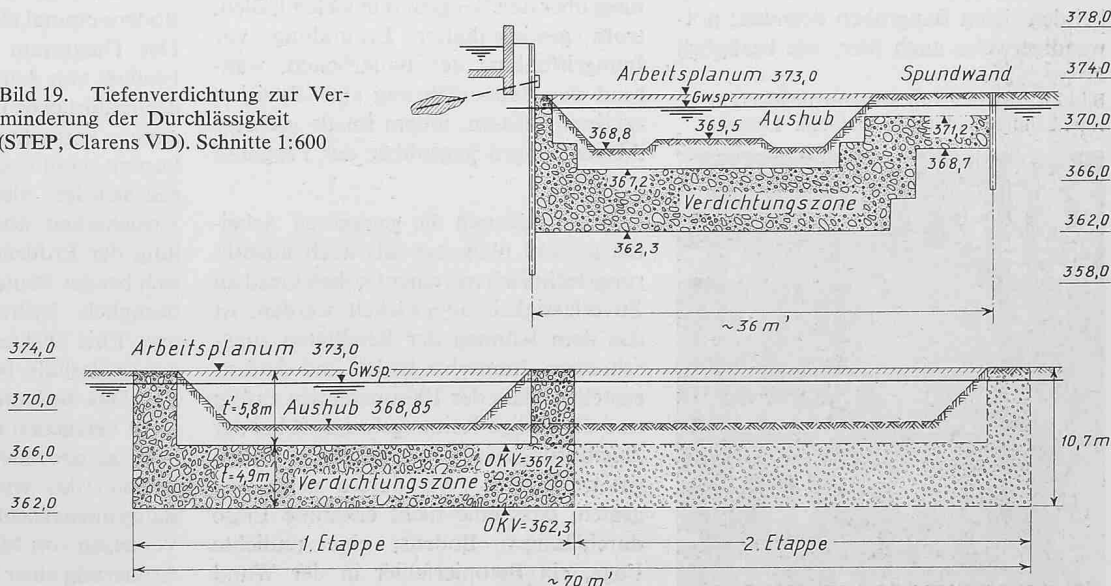
Von ausschlaggebender Bedeutung ist die Sicherung der Baugrubensohle gegen hydraulischen Grundbruch, wobei die klassische Lösung die genügende Einbindetiefe der Wand ist. Allerdings ist bei schichtenweise verschiedenen Durchlässigkeiten Vorsicht geboten. Eine andere Ausführungsform ist die Entlastung durch Drains. Ohne Drains muss ein grosser Teil der Druckdifferenz unterhalb der Baugrubensohle abgebaut werden, was eine entsprechende Einbindetiefe erfordert. Mit Drains wird dagegen

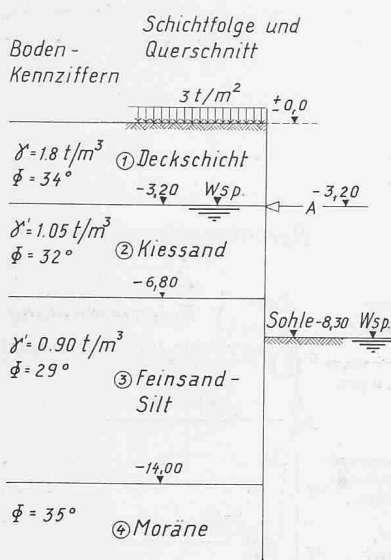
die Druckdifferenz weitgehend ausserhalb der Baugrube abgebaut<sup>2)</sup>. Eine wesentliche Verkürzung der Wand ist dadurch möglich, soweit es die Bemessung auf Grundbruch betrifft.

Eine Beeinflussung der Grundbruchsicherheit ist auch durch eine Erhöhung des Raumgewichtes des Bodens unter der Baugrubensohle erreichbar. Ein derartiges Beispiel wird in Bild 18 gezeigt, wo die Erhöhung des Raumgewichtes mittels Tiefenverdichtung hergestellt wurde. Bei diesem Beispiel handelt es sich insofern um einen Extremfall, indem auf ein verdichtetes Erd-Volumen

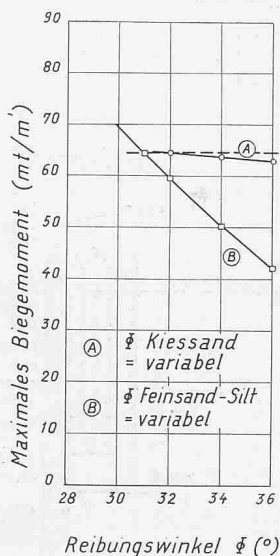
<sup>2)</sup> Vgl. Baugrube PTT-Gebäude Zürich-Enge, «Schweiz. Bauzeitung» 85, 1967, H. 41, S. 737, Bild 17.

Bild 19. Tiefenverdichtung zur Verminderung der Durchlässigkeit (STEP, Clarens VD). Schnitte 1:600





Einfluss der Scherfestigkeit auf das Moment



Einfluss des Abminderungsfaktors für den passiven Erddruck und der Wandreibung

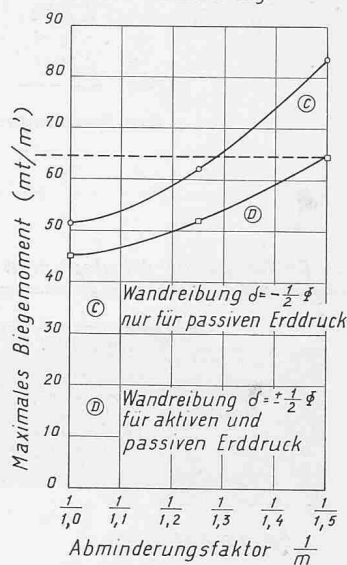


Bild 20. Ergebnisse einer Spundwandberechnung

von rund 4200 m<sup>3</sup> eine Menge an zusätzlich eingebrachtem Material von rund 1500 m<sup>3</sup> (lose gemessen) entfiel. Normalerweise kann durch Tiefenverdichtung eine absolute Verminderung des Porenvolumens des Bodens von 6 bis 10% erzielt werden, das heisst beispielsweise von  $n = 35\%$  vor Verdichtung auf  $n = 25$  bis 29% nach Verdichtung.

Diese aus Verdichtung entstehende Verkleinerung des Porenvolumens kann besonders bei hoch durchlässigen Böden noch durch Zugabe von Sand verstärkt werden und wird in dieser Form zur Verminderung des Wasserandranges in Baugruben angewendet (Bild 19). Sowohl eine Verminderung der Wasserdurchlässigkeit als auch eine Erhöhung des Raumgewichtes des Bodens sind selbstverständlich auch mit dem klassischen Mittel der Injektion erreichbar.

Mit diesen Bemerkungen möchte ich den kurzen Abriss über die Entwicklung bei den tiefen Baugruben beenden; notwendigerweise auch hier, wie bezüglich

des Strassenbaues, ohne alle Aspekte der Fundamenttechnik berührt zu haben. Das ist im Rahmen dieses Vortrages nicht möglich, müsste doch beispielsweise noch die Rede sein von Pfahlgründungen und anderen Arbeiten im Grundbau, die ebenfalls interessante Entwicklungen aufweisen wie Durchpressungen, Rohrvortrieb, Stollenbau im Lockergestein und anderes.

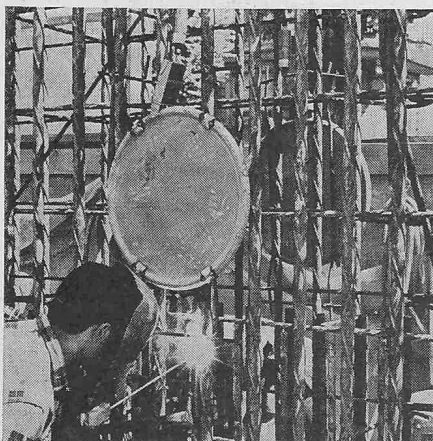
Dagegen möchte ich nicht schliessen, ohne noch eine andere Frage berührt zu haben. Die zuletzt hier erwähnten Verfahren wie Schlitzwandtechnik, Injektionen, Tiefenverdichtungen und andere sind Arbeiten, die praktisch blind ausgeführt werden müssen, das heisst das Bauwerk oder der gewünschte Effekt werden erst sichtbar, wenn die volle Wirksamkeit schon vorhanden sein sollte. Zudem ist es eine auch heute noch gültige Erfahrung, dass unsere Kenntnisse über den Baugrund in vielen Fällen, trotz gewissenhafter Erkundung vor Inangriffnahme der Bauarbeiten, während der Bauausführung eine Revision erfahren müssen, indem lokale grössere Abweichungen gegenüber der Prognose auftreten.

Wenn dennoch die genannten Arbeiten sowohl planungs- als auch ausführungstechnisch mit einem hohen Grad an Zuverlässigkeit abgewickelt werden, ist das dem Können der Beteiligten zuzuschreiben. Immerhin ist hie und da festzustellen, dass der 100-prozentige Erfolg und die völlige Reibungslosigkeit bei der Ausführung zu selbstverständlich vorausgesetzt werden. Wir dürfen nicht vergessen, dass eine nicht erkannte Linse durchlässigen Bodens, eine undichte Fuge, ein Betonierfehler in der Wand

unsere Annahmen bezüglich Grundbruchsicherheit und Wasserandrang wesentlich verändern können. Mit jedem Meter unter dem Wasserspiegel wachsen in der Baugrube die Risiken, und zwar nicht proportional.

Darüber hinaus beruhen alle unsere Bemessungsverfahren wie beispielsweise bezüglich Wandstärke, Armierung, Einbindetiefe, Ankerkräften auf Annahmen, über deren Berechtigung wir uns auch bei gewissenhafter Voruntersuchung in der Regel keine 100prozentige Garantie verschaffen können. Als ein Beispiel dazu möge Bild 20 dienen. Im mittleren Diagramm ist der Einfluss der Scherfestigkeit auf das Moment einer in einem Bauzustand einfach abgestützten Spundwand dargestellt; er kann beträchtlich sein. Das rechte Diagramm zeigt den Einfluss von Berechnungsannahmen, die sogar dann fraglich bleiben, wenn wir den Einfluss der Inhomogenität des Bodens einmal als nicht existent ansehen. Das Diagramm zeigt den beachtlichen Einfluss von Annahmen über die Grösse des Erddruckes im Bereich der üblicherweise gemachten Annahmen. Dazu kommt dann noch, was in Bild 20 unberücksichtigt bleibt, die grundlegende Unsicherheit über die effektive Verteilung der Erddrücke. Ähnlich verhält es sich bei der Bemessung der Einbindetiefe bezüglich hydraulischem Grundbruch usw. Eine Diskussion um dm oder sogar cm ist deshalb bei solchen Fragen sinnlos. Das bedeutet aber nicht, dass wir nicht versuchen sollen, bessere Erkenntnisse zu gewinnen über Fragen wie zum Beispiel das wirkliche Verhalten eines Baugrubenabschlusses. Bild 21 zeigt das Versetzen von Messinstrumenten mit der Armierung einer Schlitzwand, von denen

Bild 21. Einbau von Messinstrumenten in eine Schlitzwand (Kantonalbank Luzern)





wir uns diesbezüglich Informationen erhoffen.

Mit diesem Ausblick auf eine möglichst zukünftige Entwicklung muss ich meine Ausführungen abschliessen. Ich hoffe, dass es mir trotz der notwendigen

Beschränkung auf zwei Abschnitte aus dem mannigfaltigen Bereich des Grundbaues doch gelungen ist, einen Eindruck davon zu vermitteln, dass auch im Grundbau die Zeit nicht stehen geblieben ist.

Adresse des Verfassers: Prof. Hans Jürgen Lang, Institut für Grundbau und Bodenmechanik der ETHZ, 8006 Zürich, Gloriastrasse 37.

Herkunft der Photos: Bild 1 Recordon, Lausanne; Bilder 3 bis 6 und 14 bis 17 Brügger, VAWE, Bilder 9, 12, 13 Dr. Müller, VAWE, 21 Amberg, VAWE.

## Umschau

**Gemeindeautonomie und rechtliches Gehör.** Der Regierungsrat des Kantons Zürich erliess 1969 eine Verordnung zum Schutze des Bachsertales. Dagegen beschwerte sich die Gemeinde Bachs wegen Verletzung der Gemeindeautonomie und des rechtlichen Gehörs beim Bundesgericht. Dieses anerkannte die Beschwerdelegitimation der Gemeinde (BGE 96 I 234 ff), schränkt doch die kantonale Schutzverordnung die Befugnis der Gemeinde, Bauordnung und Zonenplan innerhalb der Schranken der Verfassung und der Gesetze selbständig zu erlassen, erheblich ein. Die Gemeindeautonomie beinhaltet zudem den Anspruch der Gemeinde auf ein erhebliches Mitspracherecht, das es ihr ermöglichen soll, «sich im Zusammenhang mit dem Erlass der in ihren Autonomiebereich eingreifenden Vorschriften in angemessenem Umfang vernehmen zu lassen». Da die Vertreter der Gemeinde Bachs rechtzeitig zu einer Besprechung eingeladen worden waren, in der sie die Ablehnung der regierungsrätlichen Pläne bekanntgaben, wurden das rechtliche Gehör und damit die Autonomie der Gemeinde Bachs nicht verletzt. Die staatsrechtliche Beschwerde wurde daher abgewiesen. Das Bundesgericht weist in seiner Begründung auf einen früheren Entscheid hin, der sich mit dem rechtlichen Gehör der Bürger resp. der Grundeigentümer befasste, das sich auf Art. 4 der Bundesverfassung – die Zusicherung der Rechtsgleichheit – stützt. Unser oberstes Gericht entschied damals, bei materieller Gesetzgebung im Sinne des Erlasses genereller und abstrakter Normen bestehe grundsätzlich kein Anspruch auf rechtliches Gehör; es empfehle sich jedoch, die Grundeigentümer bei der Aufstellung eines Bebauungsplanes anzuhören. Das Bundesgericht liess die Frage offen, ob diese Überlegung zugunsten der Grundeigentümer auch auf den Erlass einer Schutzverordnung mit regionaler Bedeutung gelte. Wir sind der Auffassung, dass die Gemeinden gut daran tun, den Bürgern und Grundeigentümern die Möglichkeit der Stellungnahme zu Entwürfen für Zonenplan und Bauordnung rechtzeitig einzuräumen. DK 719:34 VLP

**An der Entwicklung des gasgekühlten schnellen Brutreaktors (GCFR)** interessiert sich ein zweites schwedisches Elektrizitätswerk, Graningeverkens AB. Dieses hat sich dem von Gulf General Atomic durchgeführten Entwicklungsprogramm angeschlossen. Das seit mehreren Jahren bearbeitete Programm, an welchem 42 amerikanische Elektrizitätsgesellschaften und die schwedische Stockholms Elverk beteiligt sind, hat die Konstruktion einer GCFR-Demonstrationsanlage zum Ziel. Graningeverkens AB, mit Hauptsitz in Stockholm, betreibt Kraftwerke und Holzverarbeitungswerke im Norden von Schweden. Das GCFR-Entwicklungsprogramm, für das die beteiligten Elektrizitätswerke über 5 Mio US\$ aufwenden, stützt sich auf Gulf General Atomics langjährige Erfahrung in der Entwicklung und im Bau von gasgekühlten Hochtemperaturreaktoren (HTGR). DK 621.039.526

**Britische Präzisionsmessgeräte**, ein bebildertes Heft vom Central Office of Information, London, erschien in englischer Sprache mit deutscher, italienischer und französischer Zusammenfassung in der Reihe *A Good Business Publication*. Es orientiert in eingehender und anschaulicher Weise über moderne Erzeugnisse der britischen Präzisions-

messgeräteindustrie, wobei Eichung, Laseranwendung, numerische Messung und Steuerung von Werkzeugmaschinen, Neuerungen in der optischen Messung, Einsatz von Fluidics, Mikrowellentechnik für genaue Längenmessung, oberflächengeometrische sowie elektronische Messung und Qualitätskontrolle zur Sprache kommen. Die Schrift ist erhältlich beim British Consulate-General, PR-Department, Belle-rivestrasse 5, 8008 Zürich, und setzt eine Reihe sporadisch erscheinender Veröffentlichungen über neue Erkenntnisse aus der Maschinen- und Elektrotechnik fort. DK 05:681.2

**Strassen- und Bahnverbindung zwischen Sizilien und dem Festland.** In einem von der italienischen Regierung geförderten Wettbewerb hat ein Konsortium britischer beratender Ingenieure einen der sechs ersten Preise für ihr Projekt eines «schwimmenden Tunnels» zwischen Sizilien und dem italienischen Festland gewonnen. Mit diesem System werden zwei Probleme gelöst, die die Überquerung der Strasse von Messina aufwirft. Das Wasser ist sehr tief, so dass der Bau eines Tunnels schwierig wäre, und eine Brücke müsste 3 km lang sein – länger als irgendeine andere Brücke der Welt. Die Lösung der britischen Ingenieure besteht darin, dass 36 m unter der Oberfläche in einer Zone, in der das Wasser etwa 90 m tief ist, Tunnelröhren aus Eisenbeton (Bild 1) verankert werden. Sie könnten an Ort und Stelle geschleppt, bis zu der erforderlichen Tiefe versenkt, mit Drahtseilen verankert und schliesslich durch Pumpen mit Luft gefüllt werden, so dass der Auftrieb sie in der richtigen Lage erhält. Die Röhren würden im Trockendock gebaut, abgedichtet und nach der Anbringung im Meere miteinander verbunden werden. Die Konstruktion würde zwei Fahrbahnen für Strassenverkehr und eine Eisenbahnstrecke vorsehen. Die italienische Regierung wird in etwa einem Jahre entscheiden, welcher der mit dem ersten Preis gekrönten Pläne zur Anwendung gelangen soll. Führer des Konsortiums sind Alan Grant & Partners, Cobham Park, Cobham, Surrey, England. DK 624.19

Bild 1. Der englische Vorschlag einer verankerten, schwimmenden Unterwasserröhre in der Strasse von Messina

