

# Die Verwendung thixotroper Flüssigkeiten bei Senkkastengründungen

Autor(en): **Fehlmann, H.B.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **76 (1958)**

Heft 40

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-64059>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Manns spiegeln den Abglanz dieses Zeitgeistes. In der Ueberlieferung der ETH ist die enge Verbindung von Kulturwissenschaften als allgemeinem Hintergrund und technisch-naturwissenschaftlichen Fächern seit ihrer Gründung vor hundert Jahren ein Wesenszug (vgl. SBZ 1955, Nr. 42, S. 593). Das

Archiv, welches der universalen Persönlichkeit Thomas Manns sein Dasein verdankt, hat deshalb als Sonderabteilung der Bibliothek in der ETH eine der Tradition gemässe sinnvolle Stätte gefunden.

Dr. Paul Scherrer, Direktor der ETH-Bibliothek

## Die Verwendung thixotroper Flüssigkeiten bei Senkkastengründungen

DK 624.157.23

Von H. B. Fehlmann, dipl. Ing., Bern

### A. Was sind thixotrope Flüssigkeiten?

Nachdem in den letzten Jahren verschiedentlich im Tiefbau der Begriff der Thixotropie verwendet wird, sei er vorerst etwas näher umschrieben. Thixotrope Flüssigkeiten sind solche, die ihren physikalischen Charakter beliebig oft vom flüssigen in den gelartigen oder vom gelartigen in den flüssigen Zustand ändern können. Ein Gel ist eine halbflüssige Masse, die durch chemische oder elektrolytische Vorgänge eine hohe innere Steifigkeit aufweist. Gele können mittelst Silikaten geschaffen werden. Ebenso ist es möglich, mit Tonen und Bentoniten gelartige Zustände gewisser Materialien zu erreichen. So lassen sich zum Beispiel mit Silikatgelen und Kiessandgemischen, wie sie zur Herstellung von hochwertigem Beton verwendet werden, Druckfestigkeiten bis zu etwa 80 kg/cm<sup>2</sup> erzielen.

### B. Bisherige Verwendung

Die hauptsächlichsten Anwendungsgebiete von Gelen im Tiefbau liegen heute in der Dichtung und vorwiegend auch in der Verfestigung von durchlässigen Untergründen. Schon 1930 wurden Injektionsverfahren auf Silikatbasis bekannt (Joo-stein), die teilweise gleich, teilweise in abgeänderter Form noch heute in vielen Ländern angewendet werden. Durch die Zugabe von Produkten mit thixotropen Eigenschaften erreicht man bei der Ausführung von Zementinjektionsarbeiten ein besseres Fortbewegen und ein besseres Eindringen des Zementkornes in die Poren und feinen Spalten des Untergrundes.

Die Quellfähigkeit gewisser thixotroper Zuschlagsstoffe erweist sich im weiteren bei der Ausführung von Injektionen als besonders wertvolle Eigenschaft. Das Zusatzmittel vergrössert während der Injektion oder auch später, wenn sich das Injektionsgut im Untergrund befindet, sein Volumen um das 3- bis 15fache. Dank dieser Quellung und der thixotropen Eigenschaften können Arbeiten durchgeführt werden, die mit anderen Produkten nicht möglich wären. Je nach dem Mischungsverhältnis zwischen thixotropen, sandigen Zuschlagsstoffen und verschiedenen Zementen kann heute ein Injektionsgut hergestellt werden, das fast alle praktisch wünschbaren physikalischen Eigenschaften aufweist. In neuerer Zeit werden auch bei der Herstellung von Beton die thixotropen Eigenschaften gewisser Zuschlagsstoffe ausgenützt, teils zur besseren Verarbeitung (Zementwasserfaktor) oder zur besseren Lösung besonderer Aufgaben.

Das grösste Anwendungsgebiet weisen die thixotropen Flüssigkeiten unbestritten in der Erdöl- und Erdgasbohr-

technik auf. Die Dickspülungen, die beim Niederbringen von Tiefbohrungen von ausschlaggebender Bedeutung sind, besitzen alle mehr oder weniger thixotrope Eigenschaften.

Durch die Zugabe von Quell- und Stabilisierungsmitteln können die gewissen Tonen und Bentoniten eigenen thixotropen Fähigkeiten sehr stark verbessert werden. Sofern es notwendig oder erwünscht ist, die Flüssigkeit zu beschweren, kann dies durch die Zugabe von schweren Erden erfolgen, (Schwerspat usw.).

Flüssigkeiten für Dickspülungen müssen gute Schmierqualitäten aufweisen (Verschleiss), gut pumpbar sein, zur Dichtung der unverrohrten Bohrlochwand gut dichten und genügend hohe Festigkeitseigenschaften besitzen, um ein Einstürzen des Bohrloches bzw. das Nachfallen von lockeren Schichten mit Sicherheit zu vermeiden. Zudem soll die Flüssigkeit so schwer sein, dass angebohrtes Wasser, Erdgas oder Erdöl mit Sicherheit nicht in das Bohrloch eintreten kann. Im weiteren ist sie so zu belasten, dass das Bohrgut (Bohrklein) im aufsteigenden Strom der Dickspülung mit Sicherheit nach oben transportiert wird.

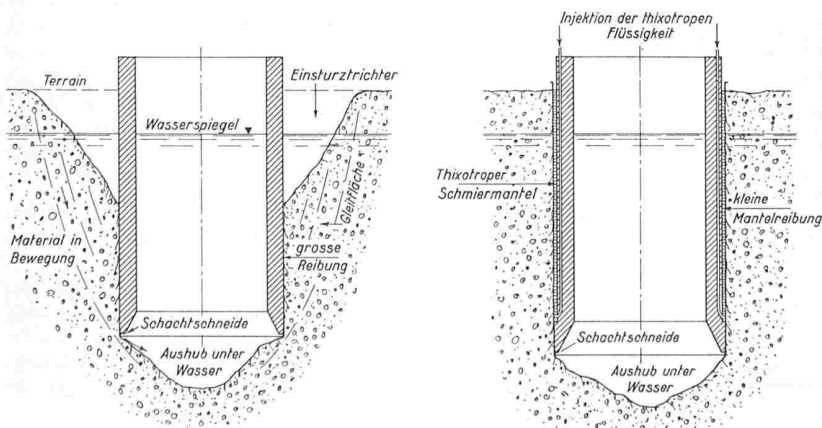
Es würde zu weit führen, noch eingehender die bisherigen Anwendungsgebiete der thixotropen Flüssigkeiten\*) zu behandeln. Wir verweisen lediglich auf der Herstellung von Dichtungsschürzen und Pfählen nach dem Bentonit-Verfahren<sup>1)</sup>. Bentonite mit thixotropen Eigenschaften werden auch auf anderen Arbeitsgebieten (beispielsweise als Zuschlagsstoff zum Giessereisand) in grossem Rahmen verwendet.

### C. Das Gleitschachtverfahren mit thixotropem Flüssigkeitsmantel

Unter Ausnützung der vorerwähnten Eigenschaften der thixotropen Flüssigkeiten wurde 1951 durch Prof. Dr. Hans Lorenz, Technische Universität Berlin, ein Verfahren zum Patente angemeldet, das sich auf folgende Tatsachen stützt: Beim Absenken von Schächten (offene oder geschlossene Bauweise) entsteht zwischen dem Bauwerk und dem Untergrund eine Gleit- und Rollreibung, die schon nach einigen Metern das Absenken des Bauwerkes erschwert und auf grössere Tiefe verunmöglichlicht. Diese Wandreibung wird nun mit thixotropen Flüssigkeiten so stark verringert, dass der Absenkvorgang bis auf sehr grosse Tiefen möglich wird.

\*) Vgl. SBZ 1958, Heft 39, S. 582.

1) SBZ 1958, Heft 11, S. 151.



Abteufen ohne thixotrope Flüssigkeiten

Abteufen mit Hilfe thixotroper Flüssigkeiten

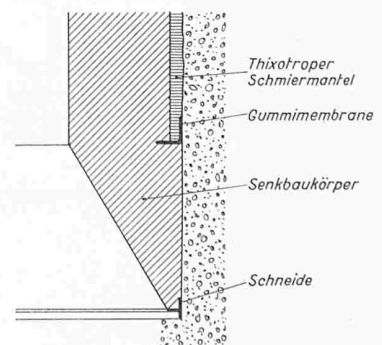


Bild 2. Ausbildung der Schachtschneide mit Dichtungsmembrane aus Gummi

Bild 1 (links). Abteufen von Brunnen-schächten im Grundwasser

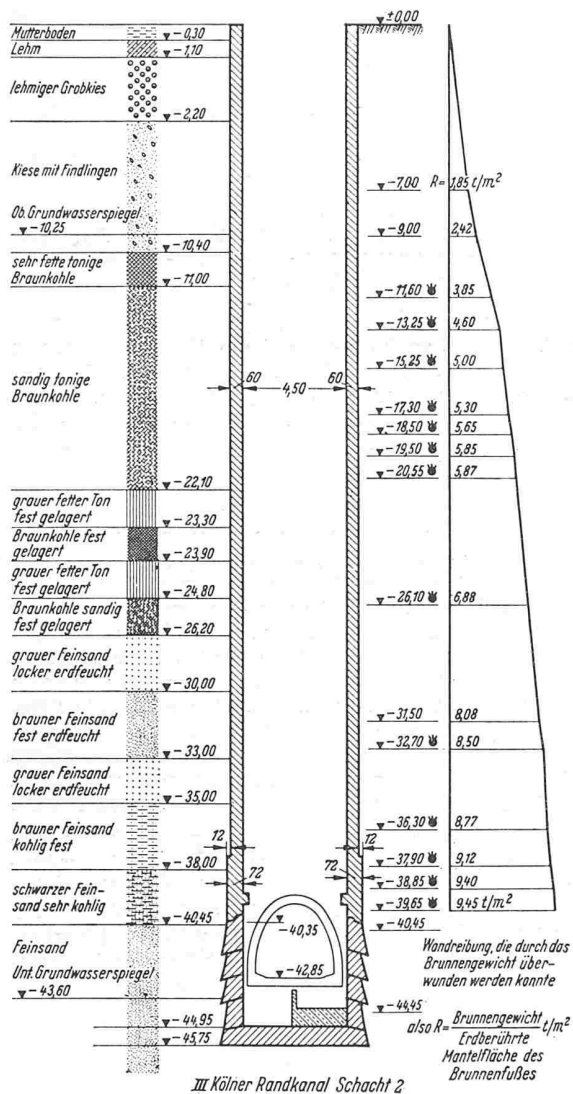


Bild 3. Schachtbrunnen von etwa 40 m Tiefe und 4,5 Durchmesser bei einem Stollen des Kölner Randkanals, gebaut durch die Firma Ways und Freytag

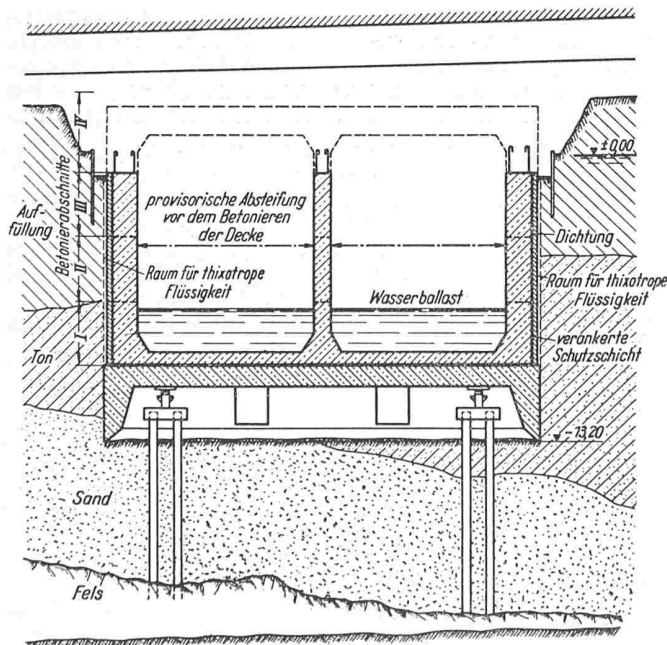


Bild 6. Senkkästen für die Untergrundbahn in Stockholm während des Absenkvorganges. Länge 10 m, Breite 20 m, Tiefe etwa 20 m. Bauunternehmung Siemens-Bauunion, Masstab 1:333

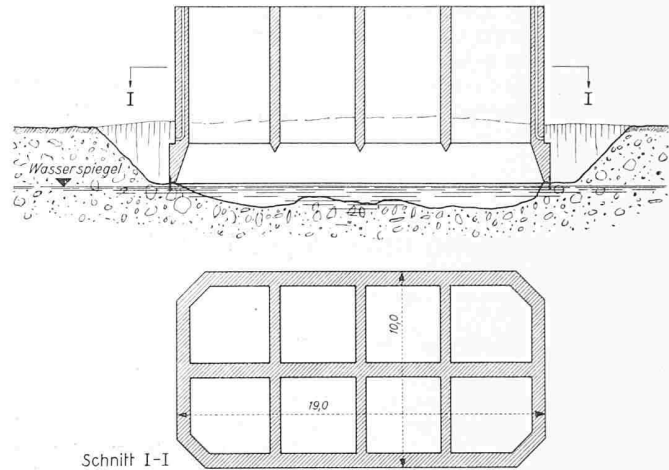


Bild 4. Einer der beiden Senkkästen vor dem Abteufen, 1:375

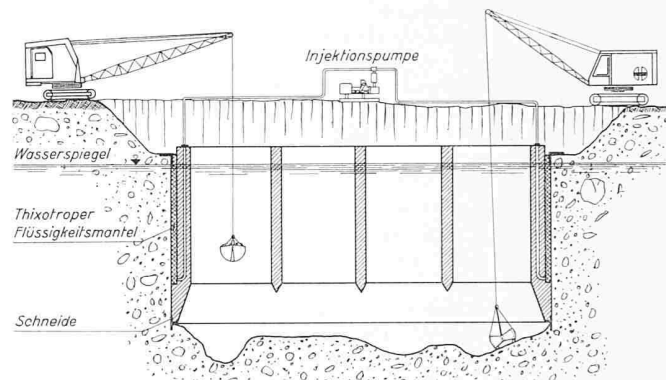


Bild 5. Die Baugrube mit abgeteufem Kasten

Bilder 4 und 5. Zwei Senkkästen für die Fundation der neuen Rheinbrücke von Au-Lustenau von rd. 10 m Breite, 19 m Länge und 14 m Tiefe. Baukonsortium C. Zschokke AG., Zürich und Dyckerhoff & Widmann KG., München. Beihilfe für die Anwendung der thixotropen Flüssigkeit durch die AG. für Grundwasserbauten in Bern.

Entgegen der Verwendung der thixotropen Flüssigkeiten bei Erdölbohrungen oder Dickspülungspfählen wird nicht mehr das ganze Bohrloch mit Schmier- und Stabilisierungsflüssigkeit ausgefüllt (wie beispielsweise beim Honigmannschen Schachtabsenkungsverfahren) sondern nur noch der Zylinderraum von einigen cm Dicke zwischen Schachtmantel oder Gleitbohrung und dem umliegenden Baugrund. Dadurch können ganz wesentliche finanzielle Einsparungen gemacht werden. Das Verfahren eignet sich nicht nur in trockenen sondern auch in wasserführenden alluvialen Schichten. In Schottern, jedoch besonders in Schluffen, Silten und Tonen hat es sich ganz besonders bewährt. Der unangenehme Einsturztrichter rund um das Bauwerk wird vermieden. Es findet bei der Verwendung dieses Verfahrens auch kein Materialkreislauf um die Schachtschneide herum statt, so dass nur das eigentliche Volumen des Senkschachtes ausgehoben werden muss, Bild 1.

Der erste Gleitschacht mit thixotropem Schmiermantel wurde 1952 in Perlen (Kt. Luzern) für die Erstellung eines horizontalen Fehlmann-Brunnens ausgeführt. Nach den ersten Schwierigkeiten gelang es, den Schacht mit nur sehr kleinem Einsturztrichter abzusenken. Das Bauwerk wurde in groben Schottern von etwa 5 bis 40 cm Durchmesser niedergebracht. Anfänglich traten grosse Verluste an thixotropen Flüssigkeiten auf, die aber später, nach gewissen Abänderungen im Injektionsverfahren, vermindert werden konnten.

So wurde u. a. festgestellt, dass bei extrem locker gelagerten oder sehr stark wasserdurchlässigen Böden die thixo-

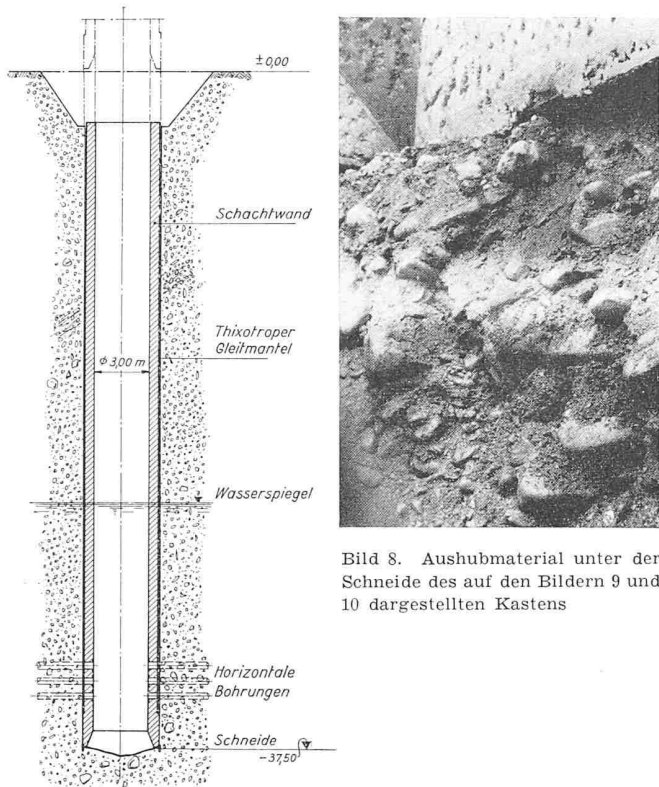


Bild 8. Aushubmaterial unter der Schneide des auf den Bildern 9 und 10 dargestellten Kastens

Bild 7. Wasserversorgung Lenzburg, Kt. Aargau. Horizontale Grundwasserfassung nach dem Fehlmann-Verfahren. Senkschacht von 3 m Durchmesser und 37,50 m Tiefe. Bauunternehmung: AG. für Grundwasserbauten, Bern; Bauleitung: Ingenieurbureau F. Ryser, Bern, Masstab 1:400

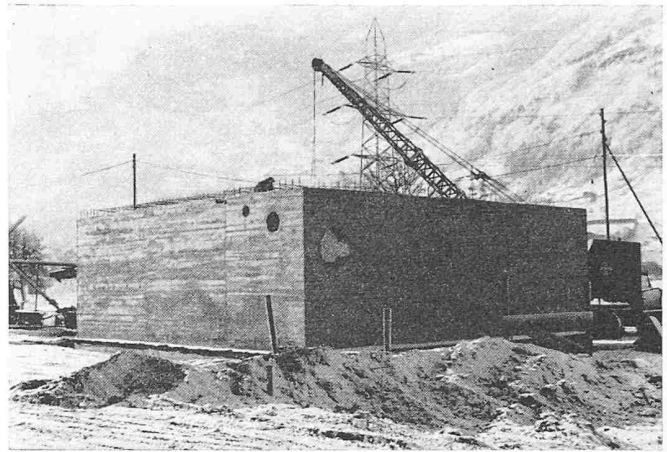


Bild 9. Der Kasten vor dem Absenken

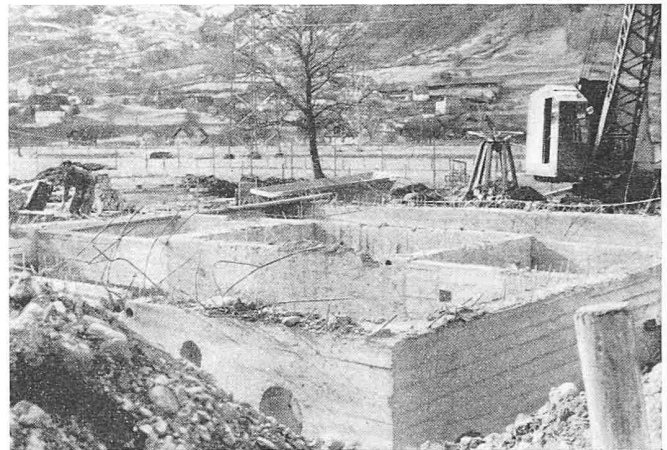


Bild 10. Der Kasten nach erfolgtem Absenken

Bilder 8, 9 und 10. Abwasserpumpschacht Altdorf. Breite rd. 10 m, Länge 10 m, Tiefe rd. 5,4 m. Bauunternehmung: AG. für Grundwasserbauten, Bern; Bauleitung: Ingenieur André Kropf, Zürich

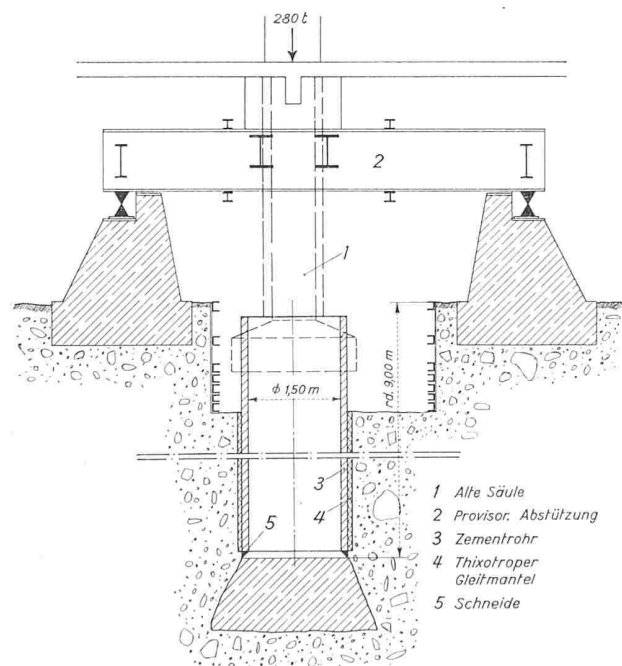


Bild 11. Unterfangung von belasteten Säulen durch Absenken von Zementrohren von 1,5 m Durchmesser und rd. 9 m Tiefe. Schmiedstube Bern. Bauunternehmung: AG. für Grundwasserbauten, Bern; Bauleitung: Ingenieurbureau Uehlinger und Walder, Bern; Masstab 1:120

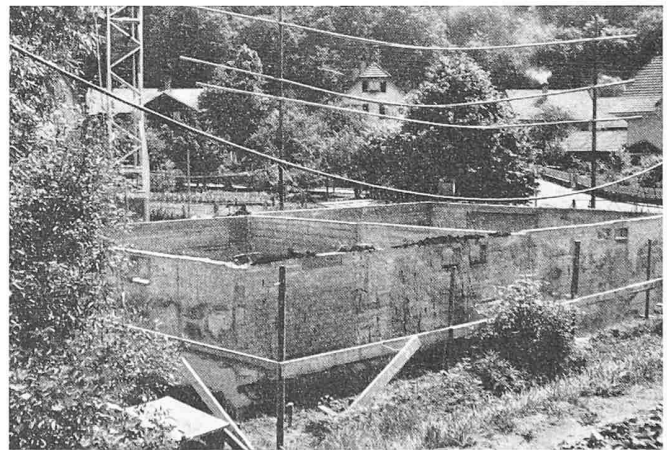


Bild 12. Foundation eines Gebäudes des Verbandes Schweiz. Konsumvereine in Gümligen. Absenken des Kellers in torfigem Untergrund ohne Spundung, mit Wasserspiegelabsenkung mittels einfachem Filterbrunnen. Der ganze Kellerteil wurde ohne Sohle fertig betoniert und dann als Monolith um etwa 4 m abgesenkt. Abmessungen 22 m x 12 m x 5 m. Bauunternehmung: AG. für Grundwasserbauten, Bern; Bauleitung: Ingenieurbureau Prantl und Gaschen, Thun

trope Flüssigkeit auf den Schachtboden durchbrach. Das geschah meistens lokal und führte zum teilweisen oder totalen Verlust der Flüssigkeit. Sobald solche Durchbrüche erfolgten und nicht sofort durch Ersetzen der Flüssigkeit für Abhilfe gesorgt wurde, stellte sich der Schacht schräg oder blieb nach ganz kurzer Strecke hängen. Versuchte man trotzdem, den Schacht weiter abzusenken, so begann der umliegende Boden

unter der Schneide weg in das Schachttinnere zu laufen. Längs der Aussenfläche begann der Untergrund nach unten zu rutschen. Wurde weiter gebaggert, so hatte sich nach wenigen Stunden ein Einsturztrichter von der Schachtschneide aus gebildet und das weitere Absenken des Bauwerkes bot grosse Schwierigkeiten. Diese unangenehmen Erscheinungen traten jedoch nur bei den ersten zwei Arbeiten auf.

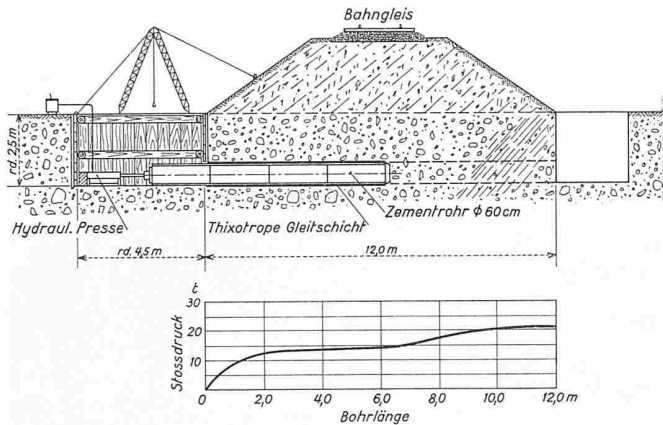


Bild 13. Horizontale Unterdeckung der Emmental - Burgdorf - Thun - Bahn. Durchmesser der Zementrohrleitung 60 cm. Bauunternehmung: AG. für Grundwasserbauten, Bern; Masstab 1: 250

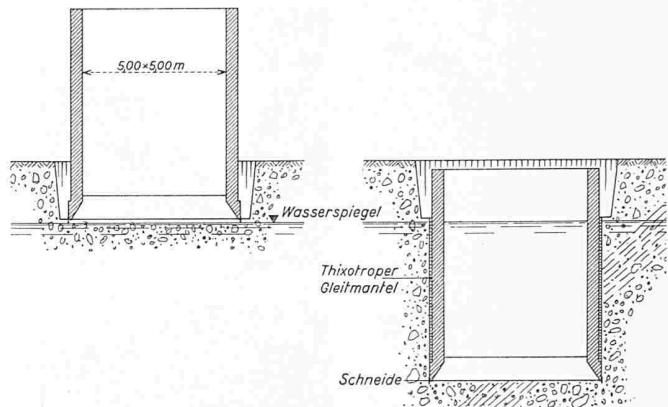


Bild 14. Abwasserpumpschacht für die SBB in Hägendorf. Länge 5 m, Breite 5 m, Tiefe etwa 7 m. Bauunternehmung: AG. für Grundwasserbauten, Bern; Bauleitung: Ingenieurbureau Emch und Berger, Solothurn. Masstab 1: 250

Durch Anbringen einer Membrane, Bild 2, sowie durch die Wahl der geeigneten thixotropen Flüssigkeiten konnten diese Erscheinungen vollständig behoben werden. Diese Entwicklung erfolgte in Zusammenarbeit mit Prof. Lorenz und wurde durch die AG. für Grundwasserbauten patentiert.

Seit 1952 sind in der Schweiz, in Deutschland, Italien, Frankreich, Schweden, Spanien und anderen Ländern ungefähr 80 verschiedene, z. T. grössere und kleinere Objekte abgesenkt worden. Die Bilder 3 bis 14 zeigen einige interessante Beispiele solcher Tiefbauarbeiten.

#### D. Zusammenfassung

Durch das Gleitschachtverfahren mit thixotropem Flüssigkeitsmantel können ganze Gebäudeteile, (Keller) die über Tag fertig betonierte, Schächte, Rohre in vertikaler und horizontaler Richtung, wie auch Pfahlschäfte auf sehr grosse Tiefe abgesenkt werden. Bei diesem Verfahren treten nur sehr kleine Wandreibungen auf, die gestatten, ohne das Aufbringen von Auflast, mit grossen Arbeitsfortschritten, zu arbeiten. Die sehr rationelle und einfache Arbeitsmethode er-

möglicht an vielen Fällen das Weglassen von Spundwänden sowie den teilweisen oder vollständigen Verzicht auf eine Wasserhaltung.

Durch diese neue, in über 80 Arbeiten bewährte Methode wird dem projektierenden Ingenieur ein Mittel in die Hand gegeben, die Kosten der Fundationen zu senken und besonders bei schwierigen Baugrundverhältnissen wirtschaftlicher zu bauen. Fundationstiefen von 30 bis 40 m können ohne Teleskopierung rasch erreicht werden. Zudem ist es möglich, bei der Verwendung dieses Verfahrens den Lärm auf ein Minimum zu verringern, da keinerlei Ramm- und Schlagarbeit geleistet werden muss. Dieses Verfahren hilft somit der Bauleitung und der Bauherrschaft in Wohngebieten Bauten auszuführen, die bei der Verwendung anderer Verfahren wegen Störungen der Nachbarschaft nicht mehr erlaubt werden. Auch treten keinerlei Erschütterungen auf. Das Verfahren ist durch Patente in fast allen Ländern geschützt.

Adresse des Verfassers: H. B. Fehlmann, dipl. Ing., Thunstr. 130, Muri BE.

## Tabelle der grössten Randspannung einer Kreisringscheibe mit äquidistanten Einzellasten

Von Dr. W. Kellenberger, Wettingen

DK 539.355

Neben «höheren» Aufgaben, die das «Gehirn» elektronischer Rechenautomaten beanspruchen, kann man solchen Maschinen auch Routinearbeiten übertragen, für die man früher «Rechenknechte» einzusetzen gezwungen war. So gewinnt das Tabellieren mathematischer Ausdrücke nach ihren Parametern immer mehr an Bedeutung. Bei vielen Aufgaben der Technik wird man glücklicherweise auf Lösungen in geschlossener Form geführt, deren komplizierter Parametere Aufbau jedoch eine gründliche Diskussion der Ergebnisse wenn auch nicht verunmöglichen, so doch erschweren kann. Eine numerische Auswertung kann unter Umständen die nötige Klarheit vermitteln. Besonders die häufig anzutreffende Form der unendlichen Reihe ist bei vielen Problemen oft die einzig mögliche Art einer Lösung. Wenn schon Reihen an sich eine Diskussion der Parametereinflüsse erschweren, so ist dies bei schlecht konvergenten Reihen erst recht der Fall. Moderne Rechenmaschinen beheben nun den Mangel schlechter Konvergenz durch schnelles und fleissiges Aufsummieren der Glieder, wodurch es vielfach erst möglich wird, Lösungen in Reihenform technisch auszuwerten.

Im vorliegenden Beispiel aus der Elastizitätstheorie, nämlich der Kreisringscheibe mit gleichmässig verteilten Einzellasten am äusseren Umfang (Bild 1) ist die Lösung in Reihenform an sich schon lange bekannt. Das Problem ist von grösster Bedeutung beim Bau von Wasserkraftgeneratoren grosser Leistung. Der Rotor solcher Maschinen weist einen Radkranz auf, der als Kreisringscheibe aufgefasst werden

kann und an seinem Umfang eine gerade Zahl Einzellaste trägt, deren Wirkung auf den Kranz derjenigen von Einzelkräften gleichkommt<sup>1)</sup>. Gefragt wird nach der maximalen Zugspannung am inneren Radius des Kranzes.

Die «übliche», konventionelle Berechnungsmethode besteht nun darin, dass die Wirkung der Einzelkräfte im Sinne einer gleichmässig verteilten Streckenlast über den Umfang angenommen wird, woraus sich ein konstanter Mittelwert der Tangentialspannung am inneren Radius ergibt. Ueber den Maximalwert erhält man damit leider keine Aussage. Wir skizzieren in groben Zügen den Weg zur exakten Lösung und halten uns dabei an das Buch von Biezeno und Grammel<sup>2)</sup>.

#### Bezeichnungen

- $r$  [cm] Scheibenradius
- $r_i$  [cm] innerer Radius
- $r_a$  [cm] äusserer Radius
- $b$  [cm] Scheibenbreite

$F = 2 \pi r_a b$  [cm<sup>2</sup>] äussere Zylinderfläche der Scheibe

$\beta = r_i/r_a$  [1] Abkürzung

$\rho = r/r_a$  [1] Abkürzung

1) H. Schmalz, Spannungsermittlung in Rotoren mit ausgeprägten Polen. «Elektrotechnik und Maschinenbau» 45 (1927) 16, S. 313.

2) C. B. Biezeno, R. Grammel, Techn. Dynamik I, Springer, Berlin, Göttingen, Heidelberg, 1953, S. 448.