

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 86 (1968)
Heft: 6

Artikel: Injektionen
Autor: Schnitter, Gerold
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-69982>

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: 31.01.2026

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

Von Prof. G. Schnitter, ETH, Zürich

1. Einleitung

Unter Injektion verstehen wir die Einpressung unter Druck eines speziell aufbereiteten Injektionsgutes (französisch coulis) in einen natürlichen oder künstlich hergestellten Hohlraum. Letzterer wird meistens durch Bohrungen erzeugt. Als Geräte werden verwendet: eine Mischanlage, eine Pumpe, Leitungen mit Zubehör und Manometer und in den meisten Fällen eine Injektionslanze. Eine Injektion bezweckt:

- a) Das einfache Ausfüllen von Hohlräumen, z. B. im Scheitel eines Stollens, in Rohren der Spannkabel, usw.
- b) Die Abdichtung gegen Wasser zwecks Verminderung oder Unterbindung der Wasserläufigkeit, z. B. unter einer Stau-mauer oder einem Wehr, gegen eine Baugrube, usw.
- c) Die Verfestigung, Versteinerung der ausgepressten Zone, z. B. der Felsauflager eines Bauwerkes, die Herstellung von Ankern im Lockergestein oder im Fels, d. h. allgemeiner ausgedrückt die Verbesserung der Festigkeits- und Formänderungseigenschaften eines Baugrundes sowie seiner Wasserundurchlässigkeit.

Obschon die erste Anwendung des dargestellten Prinzips, die Anwendung von Injektionen, auf den Anfang des letzten Jahrhunderts zurückgeht (1802 in Dieppe), hat erst nach dem Ersten Weltkrieg und im vermehrten Masse nach dem letzten Weltkrieg die Entwicklung der Injektionstechnik eingesetzt, und zwar vornehmlich beim Bau von grossen Talsperren. So ist meines Wissens auch in der Schweiz die Felsinjektion zum ersten Male beim Bau der Stau-mauer Schräh im Wägital in den zwanziger Jahren zur Anwendung gelangt. Nach dem Zweiten Weltkrieg begann in der Schweiz auch das Einpressen im Lockergestein.

Die wesentlichen Merkmale, auf welche bei einer Injektion Rücksicht genommen werden muss, sind:

- a) *Der Baugrund*, d. h. ob Fels- oder Lockergestein. Im ersteren Falle sind dessen Klüftigkeit und Kluftweite und die Natur der eventuellen Füllmassen dieser Klüfte zu beachten, Schichtung, Bankung, Verwerfung usw. Im Lockergestein sind entsprechend von Einfluss: die Kornzusammensetzung, die Porosität, die Lagerungsdichte, die Durchlässigkeit (k -Wert nach Darcy).
- b) *Die Eigenschaften des Injektionsgutes*. Zur Injektion werden heute Suspensionen, Lösungen und Emulsionen in mannig-facher Form verwendet, auf welche später noch näher eingegangen wird. Die zu wählende Injektionsmischung richtet sich ganz nach den Eigenschaften des Baugrundes und dem angestrebten Ziele.
- c) *Die Grösse des Druckes* und die Geschwindigkeit, mit welcher die Injektion ausgeführt wird, und gegebenenfalls der Abstand der Injektionsstellen (Bohrloch-abstand). Schon diese kurze Einleitung wird Ihnen gezeigt haben, dass die Ausführung

von Injektionen keine so einfache Sache ist, wie man leider heute noch mancher-orts glaubt. Insbesondere die Wahl des richtigen Injektionsgutes für eine konkrete Bauaufgabe und in einem bestimmten Bau-grund ist von grösster Bedeutung und kann in den meisten Fällen nur auf Grund von Untersuchungen im Laboratorium und im Felde mit Aussicht auf Erfolg geschehen. Es sind deshalb sehr bald spezielle Unter-nehmungen entstanden, die sich mit der Durchführung von Injektionen abgeben, und es ist anzuraten, jede einigermaßen wichtige Injektionsarbeit einer solchen Spezial-Unternehmung in Auftrag zu geben. Injektionsarbeiten gehören, wie Pfählungen, zu den heikelsten Tiefbauarbeiten und ver-langen gewissenhafteste Arbeit, langjährige Erfahrung und sorgfältige Aufsicht.

2. Mörtel-Injektionen

Bekannt ist das Ausfüllen von Hohlräu-men, wobei aber trotz der scheinbaren Ein-fachheit dieses Vorganges auf folgendes ge-achtet werden muss. Durch Aktivierung der Injektions-Schlämme ist dafür Sorge zu tragen, dass die Mörtel-Injektion stabil bleibt, d. h. dass keine Dekantation, Tren-nung des Wassers (Zement — Mörtel) nach erfolgter Injektion eintritt. In dieser Be-ziehung hat sich die mechanische Aktivie-rung durch Verwendung hochtouriger Mi-scher sehr vorteilhaft erwiesen. Dabei ent-stehen Mörtel hoher Druckfestigkeit. Be-kannt sind das Colcrete-Verfahren, in der Schweiz in Lizenz ausgeführt durch die Firma Losinger & Co. in Bern, und das Prepac-Verfahren. Letzteres erreicht die Aktivierung zusätzlich durch chemische Zusätze auf der Basis plastifizierender und Luftporen bildender Zusatzmittel. Solche Mörtel-Injektionen gestatten bei fachmän-nischer Ausführung auch das Auspressen unter Wasser ohne Auswaschung des Zementes.

3. Fels-Injektionen

Ursprünglich wurde, wie erwähnt, die Injektion in erster Linie im Felsen ange-wandt zur Abdichtung gegen Kluftwasser, zur Verminderung der Unterläufigkeit. Als Injektionsgut wurde dabei und wird auch heute noch fast ausschliesslich Zement ver-wendet, um gleichzeitig eine gewisse Ver-festigung des Felsgesteins zu erzielen. Hier-bei ist zu beachten, dass eine gewisse Kluft-weite vorhanden sein muss, um überhaupt Zement einspritzen zu können. Diese noch injizierbare Kluftweite hängt von der Kör-nung des Zementes ab. Berücksichtigt man, dass die Grösse des Zementkornes im Mit-tel 25 Mikron, im Maximum 200 Mikron beträgt, dass aber ohne besondere Vor-kehrungen Zementkörner aneinander haf-ten, so lassen sich Risse kleiner als etwa 0,1—0,2 mm nicht mehr injizieren. Wird Zement und Wasser ohne besondere Mass-nahmen normal gemischt, so scheidet sich ein wesentlicher Teil des injizierten Volu-mens in Form von Wasser ab (Dekanta-tion). Solche Injektionsmischungen bezeich-net man als nicht stabil. Die Dekantation hängt stark vom verwendeten Zement ab

und kann 30 bis 40% des Volumens be-tragen. Stabile Zementsuspensionen er-reicht man wiederum durch Aktivierung. Auch hier ist die mechanische Aktivierung durch Verwendung spezieller, rasch dre-hender Mischer am geeignetsten und über-all dort anzuraten, wo Dekantationen ver-hindert werden müssen. Die üblichsten Dosierungen liegen bei 1 zu 4 (ein Ge-wichtsteil Zement zu 4 Gewichtsteilen Wasser) bis 1 zu 2, ausnahmsweise 1 zu 1 bis sogar 1 zu 10. Die Druckfestigkeit und das Raumgewicht des abgeordneten In-jektionsgutes hängen selbstverständlich sehr stark vom gewählten Zement-Wasser-Fak-tor ab.

Um die Hohlräume des zu injizieren-den Mediums mit Injektionsgut möglichst weitgehend ausfüllen zu können (das to-tale Schliessen derselben wird nie möglich sein), müssen die einzelnen Klüfte bzw. Poren sowohl eine gewisse Grösse besitzen als auch miteinander verbunden sein, da-mit überhaupt ein Durchströmen der In-jektionsflüssigkeit und deren anschlies-sende Ablagerung möglich ist. Es handelt sich dabei also um einen Strömungsvor-gang, wobei der aufgebrachte Druck dazu dient, die verschiedenen, die Strömung hemmenden Verluste an den Wandungen und in den Krümmungen der engen «Roh-re» zu überwinden. Je nach der Öffnungs-weite der Kapillare bzw. des Risses wird eine laminare bis schwach turbulente Strö-mung entstehen. Die Unvorhersehbarkeit des durchströmten Querschnittes und des Weges sowie der tatsächlich auftretenden Strömungsart macht jede genaue mathe-matische Behandlung dieses Vorganges praktisch unmöglich. Grössenordnungs-mässig kann gesagt werden, dass der Wir-kungsbereich einer Injektion um so grö-ser sein wird, je grösser der angewandte Druck, je höher die Durchlässigkeit des Baugrundes, je geringer die Viscosität des Injektionsgutes und je länger die Einpress-zeit gewählt werden.

Besondere Aufmerksamkeit verdient eine kurze Betrachtung über den aufzu-wendenden Druck. Rein injektionsmässig gesprochen wäre, wie soeben ausgeführt, ein hoher Druck anzustreben. Derselbe richtet sich jedoch nach der Höhe des Überlagerungsdruckes. Offenbar darf die-ser nicht unberücksichtigt bleiben, will man nicht künstlich neue Klüfte aufreissen und Hebungen erzeugen. In der Frage des auf-zuwendenden Druckes gehen die Meinun-gen der Spezialisten sehr stark auseinander, insbesondere bei der Injektion im Lockergestein, worauf später noch einge-gangen wird. Im Festgestein halte ich einen maximalen Druck $p = K \times 0,27 \times h$, aus-gedrückt in kg/cm^2 , für einen guten Richt-wert. In dieser Formel bedeutet h die Höhe der Überlagerung in m und K einen Bei-wert von 1 bis 4, wobei der niedere Wert für schlechten, stark klüftigen Fels und der höhere Wert für guten, relativ wenig klüftigen Fels gilt. In anderen Worten ausgedrückt kann der Druck bei Felsinjektio-nen für je 1 bis 4 m Überdeckung je um

1 kg/cm² gesteigert werden. Der Bohrlochabstand wird bei Beginn gross gewählt, und je nach Zementaufnahme und Resultat der Kontrollversuche werden anschliessend Zwischenlöcher angeordnet.

Die Aufnahmen an Zement, meist ausgedrückt pro m Bohrloch, variieren bei Fels-Injektionen von weniger als 100 kg/m, bei geringer Aufnahme, auf mehr als 500 kg/m und mehr bei starker Aufnahme. Als beste Kontrolle der Wirkung einer Fels-Injektion dient ausser der Kontrolle durch weitere Zementinjektionen der bekannte Wasser-Abpressversuch. Dabei wird im Bohrloch auf eine gewisse Strecke unter einem gewissen Druck (meist 10 atü) Wasser eingebracht und der Wasserverlust gemessen. Als Mass dient heute noch die Angabe des Verlustes in Liter pro laufenden m Loch und pro Minute bei üblicherweise 10 atü Druck. In Erinnerung an Prof. Lugeon wird mit 1 Lugeon die Verlustmenge von 1 l/min/m bezeichnet. Dieser Wert entspricht umgerechnet einem Durchlässigkeitsbeiwert bei Annahme eines homogenen Mediums und laminarer Strömung von rd. 10⁻⁵ cm/s.

4. Lockergesteins-Injektionen

Hier muss vor allem der irrigen Meinung entgegengetreten werden, dass praktisch alle körnigen Böden injiziert werden können. Dies trifft leider nicht zu. Mit Erfolg können nur sandige und kiesige Böden injiziert werden. Die Entwicklung der Injektions-Technik hat sich in den zwei letzten Jahrzehnten vor allem mit der Anwendung dieses Verfahrens im Lockergestein abgegeben. Bald hat man erkannt, dass im Lockergestein reine Zement-Injektionen nicht nur unwirtschaftlich sind, sondern dass sie sich auch nur in grobkörnigen, kiesigen Böden mit einem k -Wert von 1 cm/s verwenden lassen. Ausserdem müssen stabile Injektions-Mischungen verwendet werden. Entwickelt wurde in erster Linie die Verwendung von *Ton-Suspensionen*. Sie können in Kies- und Grobsandböden mit k -Werten bis rd. 5×10^{-2} cm/s zur Anwendung gelangen. Mit einer Beimischung von Bentonit kann die Viskosität der Mischung verringert und verbessert werden, so dass dieser k -Wert auf ungefähr 10⁻² cm/s sinken darf. Die Stabilität des Injektionsgutes wird durch Beigabe von Natrium-Silikat (Wasserglas) erzielt. Das nach der Injektion im Boden entstandene Ton-Gel bzw. Ton-Bentonit-Gel besitzt leider eine kleine, praktisch vernachlässigbare Festigkeit. Solche Injektionen können deshalb nur zur Verringerung der Wasserdurchlässigkeit benützt werden. Wird hingegen noch Zement beigegeben, so entsteht ein Gel, das steif wird, eine Festigkeit von einigen kg/cm² je nach Höhe der Zementbeigabe erreicht und auch gegenüber der immerhin schwachen Erosion einer Grundwasser-Strömung widerstandsfähig genug wird.

Reine Bentonit-Injektionen ergeben ein zu wenig steifes Gel und sollten meiner persönlichen Erfahrung nach im grösseren Umfang nicht angewendet werden. Im Unterschied zu Fels-Injektionen steigt bei Ton-Gel-Injektionen die Aufnahme pro m Bohrloch auf eine bis mehrere Tonnen,

d. h. auf das Zehnfache gegenüber Zement-Injektionen an. In den meisten Fällen wird deshalb mit Vorteil die Menge des zu injizierenden Gutes beschränkt. Auch hierbei, aber besonders bei den chemischen Injektionen ist es notwendig, die Injektions-Geschwindigkeit zu beachten und sie gegebenenfalls zu verlangsamen (in Mattmark z. B. auf rund 200 l/h). Der Bohrlochabstand schwankt um rd. 3 m, während er bei chemischen Injektionen unter 2 m fällt.

Bei Injektionen im Lockergestein insbesondere bildet der vorzuschreibende Injektionsdruck ein sehr umstrittenes Problem. Persönlich glaube ich, dass die Auffassung, es seien hohe Drucke anzuwenden, um künstlich den Boden aufzureissen und die Risse dann mit einem Netz von Injektionsgut füllen zu können, falsch ist und ich rate davon ab, auch wenn scheinbar mit dieser Methode (aber mit welchem Aufwand und welchen Kosten) Erfolge erzielt worden seien. Der Druck muss sich nach der Höhe der Überlagerung richten. Eine Kontrolle dafür, dass richtig injiziert wird, ergibt sich aus der Beobachtung eventueller Hebungen des Baugeländes durch ständiges Einnivellieren gut versetzter Punkte.

In der Injektions-Technik sind in den letzten Jahren interessante Neuerungen eingeführt worden, wobei in erster Linie auf die Verwendung von *Manschetten-Rohren* hingewiesen werden soll. Auch werden die Bohrungen bei grösseren Arbeiten mit Vorteil nicht mehr nur mittels Rotations-Kernbohrungen ausgeführt, sondern mit Rotary-Bohrmaschinen oder schweren Druckluft-Bohrhämern, wobei selbstverständlich der gute Bodenaufschluss, der sich bei der Kernbohrung ergibt, wegfällt. Einzelheiten eines Manschettenrohres zeigt das Bild 1. Der Hohlraum zwischen Bohrlochwand und Manschettenrohr ist durch eine plastische Tongemasse ausgefüllt. Das Injektionsrohr ist alle 30 bis 40 cm gelocht. Der Lochung entspricht im Man-

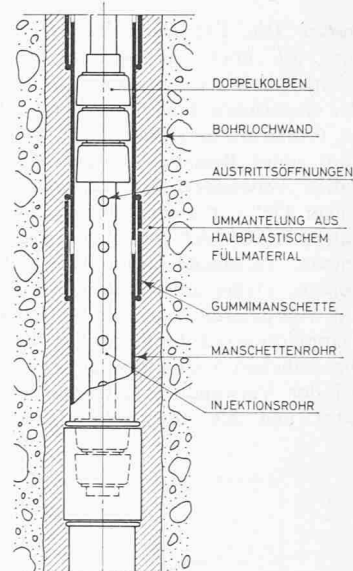
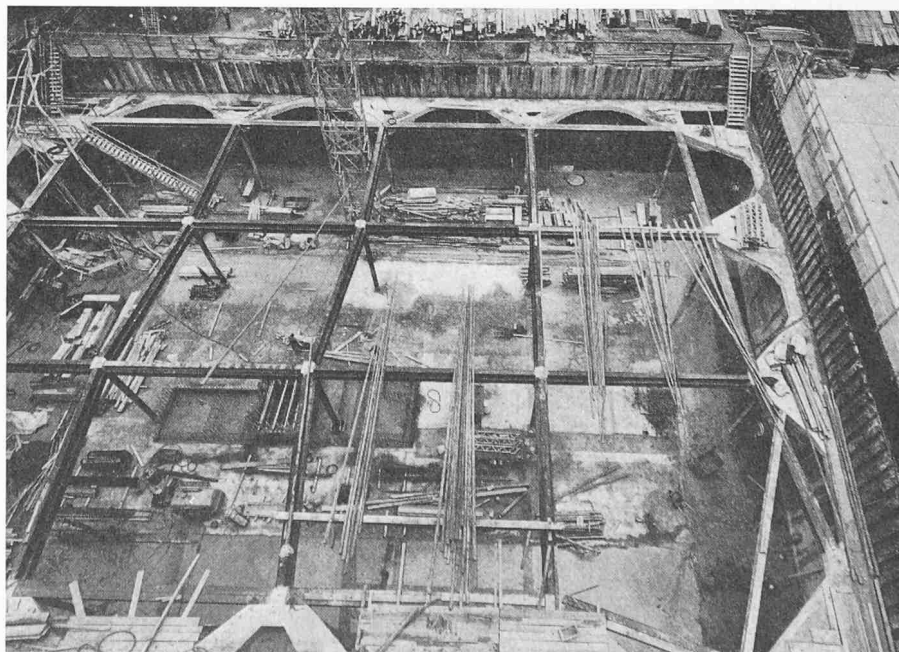


Bild 1. Manschette (Swissboring)

schettenrohr eine Öffnung, überdeckt durch die Manschetten. Das Injektionsrohr ist oben und unten durch einen Doppelkolben abgeschlossen. Bei der Injektion fliesst das Injektionsgut bei der Gummimanschette aus und durchbricht die plastische Ummantelung. Injiziert wird nach wie vor entweder von unten nach oben unter Einschieben eines Dichtungskolbens oder unter Umständen eines Doppelkolbens, oder von oben nach unten mit Nachbohrung der bereits injizierten Strecke.

Böden geringerer Durchlässigkeit können noch mittels einer *chemischen Injektion* abgedichtet werden. Dabei handelt es sich nicht mehr um Suspensionen, sondern um wässrige Lösungen, wobei Böden mit k -Werten von 10⁻³ bis 10⁻⁴ cm/s injiziert werden können. Bei Betrachtung der bis jetzt erwähnten k -Werte als Grenzwerte der Injektionsfähigkeit eines Bodens wird auffallen, dass sie relativ gross sind gegenüber dem, was früher auch von den Spezialunternehmungen ausgesagt

Bild 2. Injektionswanne mit Spundwand an der Hardturmstrasse in Zürich (Photo Brügger)



wurde. Die Erfahrung hat aber gezeigt, dass die noch bis vor kurzem ausgegebenen k -Werte zu optimistisch waren. Bei chemischen Injektionen wird allgemein als Grundsubstanz Natriumsilikat (Wasserglas) unter Beigabe von gelösten Chemikalien verwendet, die das Ausfällen zu einem Gel zur Folge haben. Als Chemikalien haben sich besonders geeignet erwiesen: Phosphate, Aluminate und Bikarbonate. Dabei muss laboratoriumsmässig die Abbindezeit oder besser gesagt, die Tempierungszeit bestimmt werden, wobei die örtlichen Verhältnisse, insbesondere die bei der Verwendung herrschende Temperatur und die chemische Zusammensetzung

des Wassers, eine beachtliche Rolle spielen. Verschiedene Verfahren wurden von den verschiedenen Spezialunternehmungen ausprobiert und bilden teilweise Gegenstand von Patenten. Die Festigkeitseigenschaften solcher chemischer Injektionen hängen sehr stark ab von den verwendeten Chemikalien und den Eigenschaften des Baugrundes.

In neuester Zeit sind ausserdem weitere Produkte angewandt worden, die es gestatten sollen, noch feinkörnigere Böden mit $k \leq 10^{-4}$ cm/s zu injizieren. Erwähnenswert sind die *Kunsthazinjektionen* und darunter das in den USA aufgekommene Verfahren AM 9 der Cyanamid Co.

und andere spezielle Produkte, die der Markt anbietet, deren Verwendung heute aber noch meist sehr kostspielig und wenig erprobt ist. Dabei zeigen sich unter Umständen Nebenerscheinungen, die bei ihrer praktischen Anwendung berücksichtigt werden müssen. Ich denke vor allem an gesundheitsschädliche Einwirkungen einerseits auf die mit der Arbeit betraute Mannschaft, andererseits auf das Grundwasser. In jedem praktischen Falle ist die Untersuchung auf solche Nebenwirkungen unerlässlich. Der Vollständigkeit halber soll noch auf die Verwendung von Bitumen als Injektionsmittel hingewiesen werden. Aus der Schweiz ist mir persönlich kein Anwendungsfall bekannt.

5. Anwendungs-Beispiele

Auf die Grossausführungen für die Abdichtung des Untergrundes von Staudämmen wie z. B. bei Serre-Ponçon (Frankreich), Sylvenstein (Deutschland), Mission Dam (British Columbien), Notre-Dame-de-Comiers (Frankreich), Mattmark (Schweiz) soll in diesem Zusammenhang nicht näher eingetreten werden. Dafür sollen eher einige Ausführungen als Beispiele zum Thema der heutigen Tagung angeführt werden, wobei den Firmen, welche Unterlagen zur Verfügung stellten, besonders gedankt sei.

Beispiel 1: Abdichtung der Sohle einer durch eine Spundwand umschlossenen Baugrube in Kiessand (Bilder 2 bis 4). Starke Verminderung des Wasserandranges und damit der Wasserhaltung (siehe auch Fundierung Krafthäuser der Kraftwerke am Rhein unterhalb Othmarsheim). Bei dieser Ausführungsmethode ist selbstverständlich darauf zu achten, dass die verfestigte Baugrubensohle durch ihr Eigengewicht und das Gewicht der nicht injizierten Überdeckung den Sohlenwasser-Druck (Auftrieb) aufnehmen kann.

Beispiel 2. Wagonfabrik Schlieren, Neubau (Bild 5). Injektion der Sohle der umspundeten Baugrube zur Abdichtung gegen Grundwasser. Der Projektverfasser hatte für die Baugrube eine Umschliessung mit Stahlspundwänden in Verbindung mit einer Abdichtung der Baugrubensohle mittels Injektionen geplant. Baugrund: Kiessand, teilweise mit siltigem Feinsand. Grundwasserspiegel: 2,30 unter OK-Terrain. Baugrubensohle: 4,70 bis 5,70 m unter Terrain. Injektionsmittel: Grobdichtung mit Tongel (Ton, Zement, Silikat), Feindichtung mit Bentonitgel. Aus Wirtschaftlichkeitsgründen musste keine vollständig trockene Baugrube erreicht werden. In der 260 m² messenden Sohle wurden total 130 m³ Injektionsgut verpresst (Injektionsdrücke $2 \div 8$ atü), d. h. pro m² Baugrubensohle i. M. 0,5 m³.

Beispiel 3. Abwassersammelkanal Montreux (Bild 6). Injektionen zur Abdichtung des Untergrundes. Sammelkanal zwischen Territet und Clarens, auf dem Quai längs des Sees, rd. 2 bis 6 m vom Ufer entfernt, Rohr-Durchmesser des Kanals 40 bis 100 cm, Länge des Kanals etwa 6 km. Der Leitungsgraben mit einer mittleren Tiefe von 2 bis 4 m kam in sehr heterogenes Material zu liegen, Silt, Sand, Kies, Steine, Bauschutt und viele Blöcke.

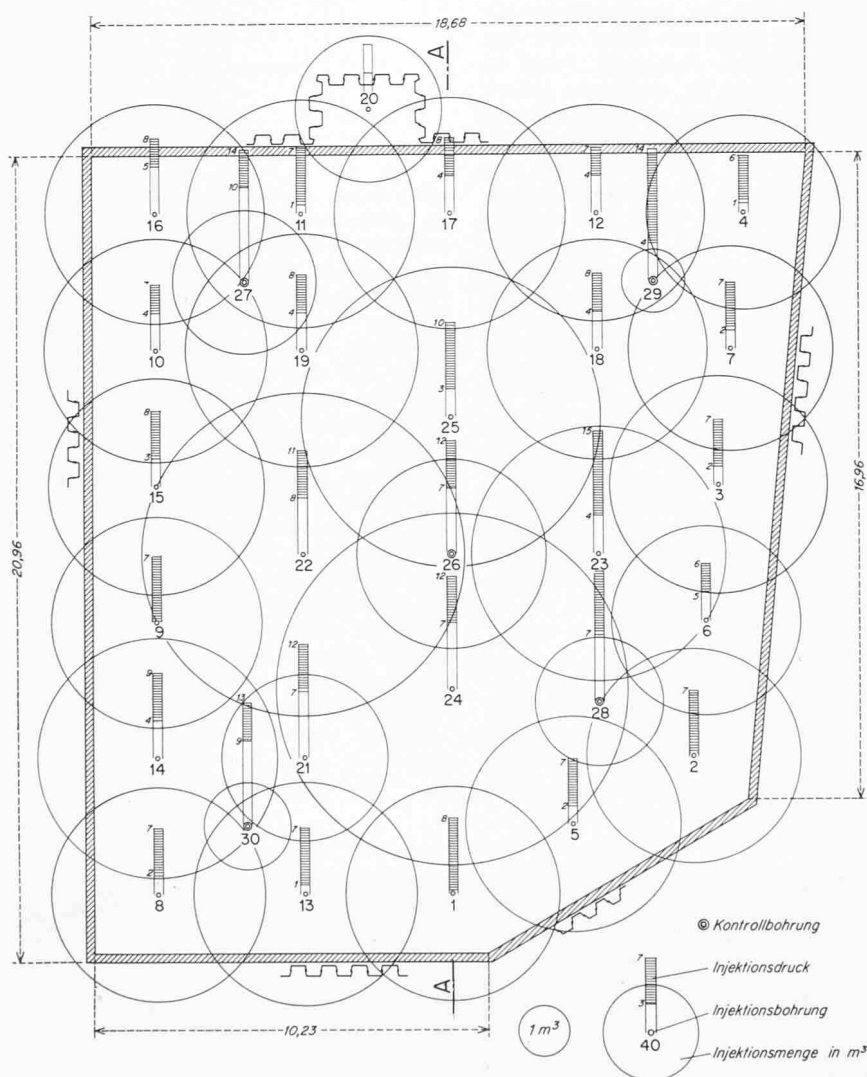


Bild 3. Injektionswanne Lagerhaus Kuoni in Zürich (Swissboring). Grundriss 1:200

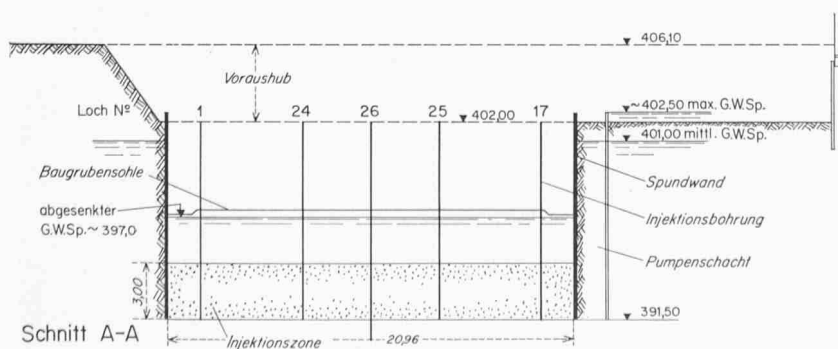


Bild 4. Injektionswanne Lagerhaus Kuoni in Zürich (Swissboring). Schnitt 1:400

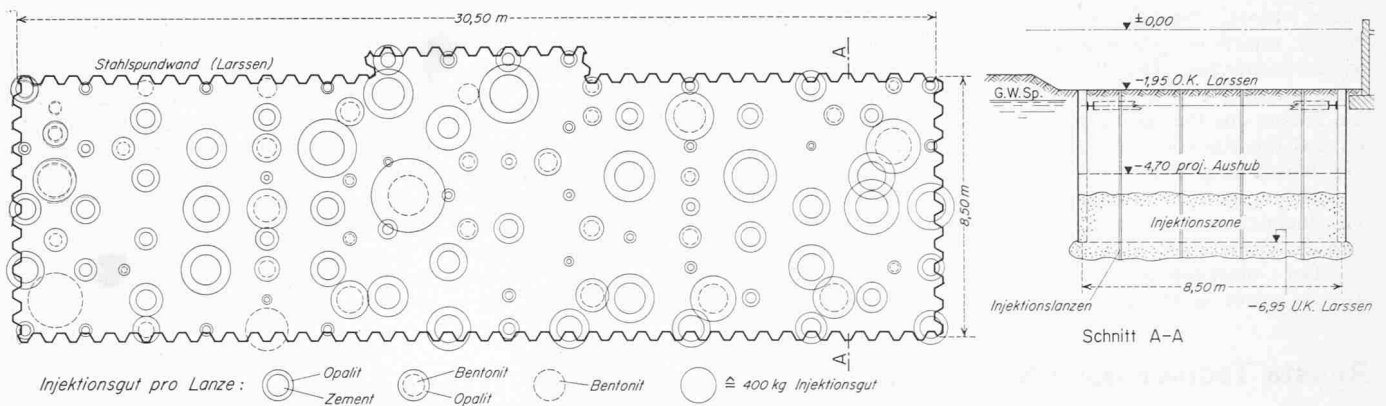


Bild 5. Neubau Wagonfabrik Schlieren, Injektionswanne mit Spundwand (Stump-Bohr-AG). Masstab 1:250

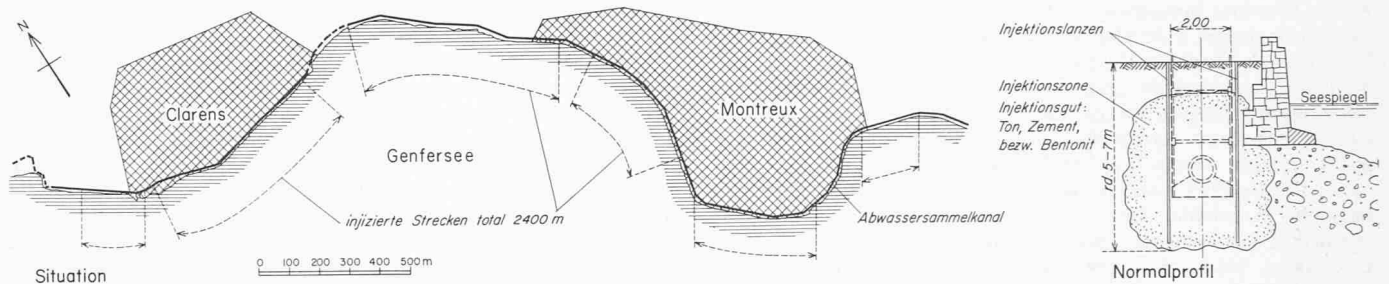


Bild 6. Abwasser-Sammelkanal Territet-Clarens, Injektionen zur Untergrund-Dichtung (Stump-Bohr-AG)

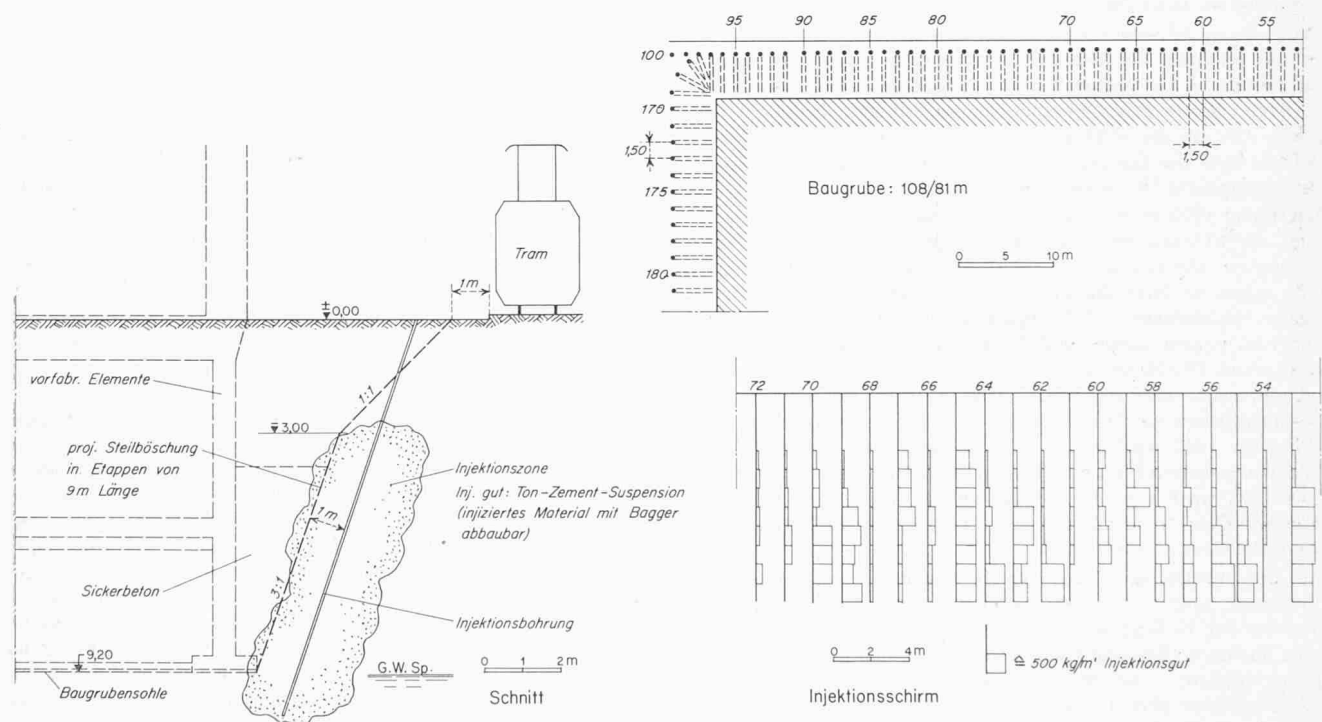


Bild 7. Schweizerische Mustermesse Basel, Neubau Hallen 22 bis 26. Injektionen zur Sicherung der Steilböschung (Stump-Bohr-AG)

Das Zeichen \triangle in den Bildern 5 bis 7 bedeutet laut DIN 1032 «entspricht»

Wegen dieser Blöcke konnte in den meisten Abschnitten nicht mit Spundwänden gerechnet werden. Eine Wasserhaltung ohne besondere vorherige Abdichtungsmassnahmen wäre in Anbetracht der direkten Verbindung mit dem See unmöglich gewesen. Zudem bestanden für das Verlegen der Rohre sehr strenge Toleranzen bezüglich Gefälle.

Man entschloss sich deshalb, nach entsprechenden Vorversuchen, die unter dem Seespiegel liegende Zone durch Injek-

tionen zu dichten. In Anbetracht des heterogenen Terrains entschloss man sich zur Anwendung verschiedener Injektionsmischungen: 1. Sehr viskose Ton-Zement-suspension zur Füllung des Blockwerkes und der stark durchlässigen Schichten, und 2. Bentonitgel zur Feindichtung. Es konnte nur mit kleinen Injektionsdrücken gearbeitet werden (einige kg/cm^2 , Nähe des Sees, geringe Überlagerung). Total sind in verschiedenen Abschnitten 2400 m Kanal injiziert und dabei rd. 8000 m^3 Injektions-

gut verbraucht worden. Im Mittel wurden je m Kanal 2 bis 5 m^3 Injektionssuspension verpresst. Die relativ hohen Aufnahmen sind durch die besondere Lage des Kanals, direkt am Seeufer, bedingt, sie können nicht als allgemeiner Masstab dienen.

Der Erfolg der Injektionen war gut: es ergab sich ein stark reduzierter Pumpaufwand für die Wasserhaltung; genaues Verlegen der Rohre war möglich.

Beispiel 4. Schweizerische Muster-

messe, Basel, Neubau Hallen 22—26 (Bild 7). Injektionen zur Sicherung der Baugrubenböschungen. Die 9 m tiefe Baugrube für diesen bedeutenden Hallen-Neubau musste aus Platzgründen mit sehr steilen und mit Rücksicht auf den vorgesehenen Bauvorgang ungespriessten Böschungen geplant werden. Baugrund: festgelagerter Rheinschotter, Baugrubensohle oberhalb des Grundwasserspiegels.

Der ursprünglich 1:1 abgeboöschte Aushub wurde in Etappen von 9 m Länge

auf eine Böschungsneigung von 3:1 nachgenommen. Um die Sicherheit dieser Steilböschungen zu gewährleisten, wurde der Boden vorher mittels Injektionen verfestigt. Diese Verpressungen hatten vor allem die Aufgabe, Rollschichten und lockerer gelagerte Partien zu füllen, die zu lokalen Nachrutschungen und Ablösungen hätten führen können. Injektionsgut: Ton-Zementsuspension. Der injizierte Schotter musste mit dem Bagger abgebaut werden können. Total wurden rd. 2000 m² Bö-

schungsfläche durch Injektionen vorbereitet und dabei 300 t Ton und Zement injiziert. An der wegen der Nähe der Strassenbahn besonders wichtigen Nordseite der Baugrube sind je m² injizierte Böschungsfläche i. M. rd. 0,1 t Ton und Zement verpresst worden. Der relativ kleine Wert erklärt sich aus dem oben erwähnten, beschränkten Injektionsziel.

Adresse des Verfassers: Prof. Gerold Schnitter, VAW an der ETH, 8006 Zürich, Gloriastrasse 37.

Rivista Tecnica della Svizzera Italiana

DK 05:62

«Von einem Jahr zum andern» überschreibt *Riccardo Gianella*, der Direktor und Redaktor des tessinischen Organs des SIA, der ATEA (Tessiner Wasserwirtschaftsverband) und des OTIA (Ordine Ticinese Ingegneri e Architetti), seine Betrachtungen im zweitletzten Heft des abgelaufenen Jahrgangs. Nach einem politischen Tour d'horizon (der sich sogar gestattet, dem grossen General-Präsidenten freimütig am Zeug zu flicken) kann er in Blick auf seinen Heimatkanton eine recht erfreuliche Jahresbilanz ziehen, sind doch folgende grossen Werke zum glücklichen Abschluss gelangt: Internationaler Bahnhof Chiasso, Neue Strasse Motto Bartola-Gotthardpasshöhe, Autobahn Chiasso-Grancia (im gleichen Heft besonders reichhaltig mit schönen Photos illustriert), Staumauer Sta Maria Lukmanier, Neues Wasserkraftwerk Biaschina, Bernhardin-Tunnel. Den Schluss dieser Erfolgsliste ziert die Erwähnung des Bundesratsbeschlusses vom 15. August 1967, die Bauarbeiten am Gotthard-Strassentunnel im Jahre 1969 aufzunehmen.

«Von einem Jahrzehnt zum andern» lautet der Titel des Vorwortes, mit welchem der Direktor den Jahrgang 1967 abschliesst. Ein aufmunterndes Dankschreiben des Präsidenten der SIA-Sektion Tessin, Arch. *Oreste Pisenti*, hat ihn daran erinnert, dass er, *Gianella*, sein Amt an der Rivista seit 10 Jahren innehat. Dies bietet ihm Anlass, kurz die Geschichte der Zeitung zu rekapitulieren, die wir zusammengefasst hier wiedergeben möchten.

Gegründet 1910 im Gefolge der Festlichkeiten zum 25jährigen Jubiläum der SIA-Sektion Tessin wurde die Rivista bis 1922 von Arch. *Americo Marazzi* geleitet, dem dann Ing. *Dell'Era* folgte, der 1926 starb, weshalb die Hefte immer spärlicher wurden und 1929 ganz verschwanden. 1930 erweckte Ing. *Ubaldo Emma* die Zeitschrift zu neuem Leben, und 1934 wurde er von Arch. *Cino Chiesa* abgelöst. Die Kriegsjahre 1940 und 1941 verursachten wieder einen Unterbruch, aber im Januar 1942 erschien sie wieder, und zwar herausgegeben vom Istituto Editoriale Ticinese (*Grassi & Co*) in Bellinzona. 1945 wird *Bruno Brunoni* Redaktor, später folgen Arch. *Marcello Beretta Piccoli* und Arch. *Giovanni Bernasconi*, worauf 1956 bis 1958 wiederum eine Lücke auftrat, in welche nun eben Ing. *Riccardo Gianella*, seit 1928 Capotecnico Cantonale IIa Sezione (acque) in Bellinzona, einsprang.

Aus den Worten, mit denen manche seiner Amtsvorgänger ihre Ziele umrissen, zeigt sich immer wieder der Wunsch nach stärkerer Anteilnahme der Kollegenschaft an den Geschicken der Zeitschrift sowie die nüchterne Beschränkung auf das unter den gegebenen Verhältnissen Mögliche – das Bestreben auch, die Zeitschrift zu einem Bindeglied zwischen allen Lesern zu machen, das um so nötiger wird, je stärker die Fachrichtungen ihr Eigenleben entwickeln. Dieses Ziel hat auch Kollege *Gianella* in hohem Mass erreicht. Auch er hat der Rivista persönliches Profil gegeben, mit Umsicht wählt er Aufsätze aus allen aktuellen Gebieten und zögert nicht, selber zur Feder zu greifen. Wer die Rivista liest, ist orientiert, auch über die Vorgänge im SIA, und er erhält ein lebendiges Bild der Technik unserer Tage. Und das erreicht die Rivista notabene aus eigener Kraft, indem sie ihren Stoff aus vorhandenen Quellen wählt und bearbeitet, da ihr natürlich kein so reicher Strom von Originalaufsätzen zufliesst wie ihren Schwesterzeitschriften *oltre Gottardo*. Möge es unserem bewährten, stets rüstigen *Gianella* – geboren 1893 und mein persönlicher Freund seit 1926 – und seinen Mitarbeitern im Redaktionskomitee¹⁾ gelingen, noch lange zum Wohl des SIA und besonders seiner Tessiner Mitglieder zu wirken!

W. J.

¹⁾ Arch. *Giovanni Bernasconi*, Arch. *Gianfranco Rossi*, Ing. *Giorgio Sartoris*, Ing. *Alessandro Rima*.

Umschau

Schweizerische Komponentenlieferungen für französische Kernkraftwerke. Wie andere Industrieländer gedenkt auch Frankreich, den stets steigenden Bedarf an elektrischer Energie mehr und mehr durch Kernenergie zu decken. Das Bauprogramm sieht alljährlich die Errichtung eines Kernkraftwerkes mit einer Leistung von 500 MW vor. Zur Aufstellung gelangen gasgekühlte Kernreaktoren mit Graphitmoderierung und Natururan als Brennstoff. Bei dem zurzeit in Saint-Laurent in Ausführung befindlichen vierten Atomkraftwerk werden erstmalig sowohl Reaktor als auch Dampferzeuger und Umwälzgebläse gemeinsam in einem zylindrischen Spannbeton-Druckbehälter untergebracht. Diese Bauweise ermöglicht, auf die recht umfangreichen Gasleitungssysteme zu verzichten, die Anlagekosten unter gleichzeitiger Erhöhung der Sicherheit zu senken und den Raumbedarf zu beschränken. Im Auftrag der Electricité de France entwickelten Gebrüder Sulzer, Winterthur, als Lizenzgeber einen diesen ungewöhnlichen Baubedingungen entsprechenden Dampferzeuger und ein Umwälzgebläse des halbaxialen Typs mit einem radial ausblasenden Diffusor zur Förderung des Kohlendioxid-Kreislaufes. Die Ausführung des Projektes wurde in der Folge einem französischen Konsortium übertragen, an dem die Compagnie de Construction Mécanique Procédés Sulzer (CCM), Paris, als Partner beteiligt ist. Dieser Auftrag umfasst die Lieferung des Sulzer-Einrohrdampferzeugers und von vier Gasumwälzgebläsen durch die Konzerngesellschaft CCM sowie der dazugehörenden Regelventile durch das schweizerische Stammunternehmen. Und zwar nicht nur für den Reaktor St-Laurent I, sondern auch für ein zweites, ebenfalls in St-Laurent aufzustellendes Kernkraftwerk gleicher Bauart. Sulzer wirkt überdies noch an einer dritten Ausführung des gleichen Kraftwerkstyps für Vandellós in Spanien mit. Im Kraftwerk St-Laurent I sind die Inbetriebsetzungsvorbereitungen unter der Leitung von EdF in vollem Gange; die Lastaufnahme soll in der zweiten Hälfte des Jahres 1968 erfolgen.

Steuerung von Signalanlagen für den Strassenverkehr. Die ersten Tabellen von Jack E. Leisch erschienen um 1951. Seither wurden neue Erkenntnisse über die Steuerung von Signalanlagen und im besonderen über die experimentelle Bestimmung oder mathematische Formulierung des Verkehrsflusses an Knotenpunkten gewonnen. Viele dieser Grundlagen sind im Highway Capacity Manual 1965 festgehalten worden. Die heute vorliegenden graphischen Darstellungen und Nomogramme¹⁾ beruhen auf diesen neuesten amerikanischen Erkenntnissen. Mit ihrer Hilfe können Kapazitäts-Analysen der meisten vorkommenden Knotenpunkte durchgeführt werden. Es werden Einbahnstrassen, Strassen mit und ohne Parkierung, Geschäftsstrassen, Wohnstrassen, Strassen mit und ohne Busverkehr usw. behandelt. Jedoch müssen einige Werte, die auf der leicht verschiedenen amerikanischen Knotenpunktsgometrie, auf den verschiedenen Kenngrössen der Fahrzeuge oder andersartiger Fahrweise beruhen, den schweizerischen Verhältnissen angepasst werden. Ein nennenswerter Einfluss dieser Abweichungen ist jedoch nur in Extremfällen vorhanden.

Die Tabellen sind für den projektierenden Verkehrs- oder Strassenbauingenieur von sehr grossem Wert und gehören in jedes Büro, das sich mit der Projektierung von Signalanlagen befasst.

Hugo Steiner, dipl. Ing. ETH/SIA/SVI, Goldau

¹⁾ Capacity Analysis Techniques for Design of Signalized Intersections. Von Jack E. Leisch, erschienen in Vol. 34, No. 9 und 10 of «Public Roads», a journal of Highway Research. Zweimonatliche Publikation, erhältlich durch: Superintendent of Documents, Government Printing Office, Washington D.C. 20402. Preis 25 US-cents pro Heft (oder \$ 1.50 für ganzes Jahr und 50 cents Versandkosten). August und Oktober 1967. 40 Seiten, 14 Illustrationen, 18 Kapazitätsdiagramme, 5 Tabellen.