

Zeitschrift:	Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber:	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band:	86 (1968)
Heft:	23
Artikel:	Injektionen in nutzbaren Grundwasserströmen: Bemerkungen zum Aufsatz von P.D. Dr. H. Jäckli
Autor:	Jäckli, Heinrich
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-70051

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: 23.02.2026

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

teilt sich das Verhältnis von 60 zu 40% auf beide Kabel. Vor allem liefert der Versuch Angaben, ob durch konstruktive Massnahmen die Deformationen und Schnittkräfte sowie das Schwingungsverhalten günstig beeinflusst werden können. Weitere Modellversuche betrachten:

- Einfluss der Torsionssteifigkeit der Pylonen
- Feste Verbindungen zwischen Tragkabel und Versteifungsträger
- Kontinuität des Versteifungsträgers bei den Pylonen
- Einziehen von Schrägseilen.

Das Resultat solcher Untersuchungen war, dass die Verwirklichung all dieser Massnahmen zu wenig Nutzen bringt im Verhältnis zum konstruktiven Aufwand.

Zusammen mit dem Modellspezialisten habe ich den Montagevorgang des Versteifungsträgers durchexerziert. Wir hängen das erste Fahrbahnelement in Brückenmitte an. Die anfängliche Kettenlinie wird geknickt und die Kabel weichen nach unten aus. Da wir beim weiteren Anhängen die Elemente auf Fahrbahnhöhe gelenkig verbunden haben, öffnen sich die Fugen auf der Unterseite. Beim Fortschreiten der Montage schliessen sich die Fugen wieder, und zu einem bestimmten Zeitpunkt hängt ein ganzer Trägerabschnitt in gerader Linie. Dies ist der Moment, wo die Einzelstücke zu einem steifen Rohr verschweisst werden. Mehr und mehr strecken sich die Kabel; der Träger krümmt sich nach oben und kommt unter Spannung. Der Zeitpunkt der Montage der Seitenöffnungen ist dabei von geringem Einfluss.

Eine Einzelheit der Modellanlage sei noch erwähnt. Eine wichtige Aufgabe hiess: Wie misst man die Spannungen im Hauptkabel, ohne durch den Messvorgang die Genauigkeit empfindlich zu stören? Lösung: Der Draht läuft über eine Umlenkrolle zur Messstrecke. Daneben ist ein Vergleichsdraht von gleicher Stärke montiert, dessen

Spannung mit Gewichten variiert werden kann. Durch Anzupfen und Vergleichen der Tonhöhe oder durch Beobachten der Resonanz kann die Kraft bestimmt werden. Voll Stolz stellten wir fest, dass die Grenzen der Brückenstatik bis nahe an die Tonkunst reichen!

Das Projekt und die Bauleitung liegen in den Händen des Ingenieurbüros Ostenfeld & Jønson in Kopenhagen. Ich bin Dr. Ostenfeld zu Dank verpflichtet, nicht nur für seine Hilfe beim Baustellenbesuch, sondern auch für das wertvolle persönliche Gespräch. In dessen Verlauf wurde offenbar, dass Ingenieurarbeit auf dieser Stufe mehr bedeutet als eine saubere Lösung einer richtig gestellten Aufgabe. Sie ist zielbewusstes Arbeiten an der Zukunft eines Landes. Von den fachlichen Erklärungen über das «Hängebrüggli», wie Dr. Ostenfeld es scherhaft nannte (er ist nicht nur ein guter Kenner der Schweiz, sondern als Däne auch ein Meister des understatement), ging das Gespräch schliesslich über zu Erlebnissen aus seiner Döttingerzeit und zu Anekdoten von seinem ehemaligen Chef, Professor Roš in Zürich.

Die Brücke am Kleinen Belt ist nur die erste einer neuen Brückengeneration im kommenden Ausbau der Fernverbindungen. Bereits ist eine grosse Strecke der Nord-Süd-Verbindung, die sogenannte Vogelfluglinie, in Betrieb. Die Anwohner des Øresund warten auf die Verbindungsbrücke zwischen Schweden und Dänemark. Vor kurzer Zeit wurde ein Wettbewerb für ein Brückenprojekt über den Grossen Belt entschieden.

An alle zukünftigen Ferienreisenden nach dem Norden geht die Empfehlung, im Reiseführer dem Abschnitt über den Kleinen Belt einen dreifachen Stern anzufügen, was in der Terminologie der bekannten Michelin-Führer sagen will: *vaut le voyage!*

Adresse des Verfassers: Stephan Schubiger, dipl. Ing. ETH, in Ing.-Büro E. Schubiger, 8006 Zürich, Universitätsstrasse 86.

Injektionen in nutzbaren Grundwasserströmen

DK 624.138.23 : 628.112

Bemerkungen zum Aufsatz von P. D. Dr. H. Jäckli in Heft 15, S. 244 der Schweiz. Bauzeitung vom 11. April 1968

Über die Bedeutung *nutzbarer Grundwasserströme* für die Wasserwirtschaft im allgemeinen und die Wasserversorgung im besonderen und den daraus folgenden grundsätzlichen Anspruch auf Schutz besteht kein Zweifel. Mein seinerzeitiger Vortrag im Basler Ing.- und Arch.-Verein, der Dr. Jäckli Anlass zu seinem eingangs zitierten Aufsatz gab, behandelte die Injektionen unter anderem als Beispiel auch als Baumethode bzw. Bauhilfsmittel zur Wasserhaltung von Baugruben ganz allgemein in grundwasserführenden Böden. Es bestand dabei gar keine Veranlassung, näher auf Probleme einzutreten, die den Rahmen des Vortrages über «Injektionen» weit gesprengt hätten.

In grundsätzlicher Hinsicht veranlasst der Aufsatz von Dr. Jäckli den Unterzeichneten, einmal folgendes festzustellen. Es wird im Bauwesen wie in sämtlichen Lebensbereichen immer gebräuchlicher, Forderungen aufzustellen; um denselben mehr Gewicht zu verleihen, werden sie möglichst extrem gehalten. Wie die gestellten Forderungen erfüllt werden können und was für Folgen sie nach sich ziehen, darüber wird nicht nachgedacht. Darüber sollen andere, leider immer häufiger die Betroffenen, nachdenken; an ihnen ist es, die möglichen technischen Lösungen zu finden, um den gestellten Forderungen zu entsprechen. Dies trifft z. B. auch für den von Dr. Jäckli auf der zweiten Spalte oben angedeuteten «Düker» zu. Wie soll er technisch gestaltet werden unter einem Baukörper, ohne dadurch zu unzulässigen Einwirkungen auf das Bauwerk selbst zu führen, z. B. zu schädlichen Setzungsunterschieden? Eine Einteilung unserer nutzbaren Grundwasservorkommen hinsichtlich Menge und Güte und eine Aufteilung in Schutzzonen verschiedener Wertigkeit drängt sich auf (siehe die in Vorbereitung stehenden Richtlinien über Gewässerschutzmaßnahmen beim Strassenbau des Eidg. Amtes für Gewässerschutz). Darnach sollten sich von Fall zu Fall die zu stellenden Forderungen richten. Auch auf diesem Gebiete kommt es auf das Mass an.

Anschliessend möge noch näher auf die von Dr. Jäckli aufgeführten Funktionen eines Grundwasserleiters eingegangen werden.

Wahrung des Durchflussprofils

Grössere Einbauten im Grundwasser beeinträchtigen nach Auffassung von Dr. Jäckli den Wasserdurchfluss der Menge nach. Diese Feststellung überrascht, sie widerspricht dem fundamentalen Prinzip der Kontinuität. Wird ein Durchflussquerschnitt der Grösse F durch Einbauten auf F' reduziert, so ändert sich am sekundlichen Durchfluss

eines Grundwasserstromes gar nichts (Kontinuitätsgesetz). Das von oben zuströmende Wasser wird an der Störstelle leicht gestaut, es strömt aber in dem verengten Querschnitt mit der gleichen Intensität weiter. Was sich ändert, ist die Sickergeschwindigkeit. Sie erhöht sich von v auf $v' = F/F'$. Dank des leichten Aufstaus von einigen Zentimetern je nach dem Einbaugrad und der Geometrie des Einbaues erhöht sich das lokal vorhandene Gefälle und damit nach dem bekannten Gesetze von Darcy die Geschwindigkeit. Der Durchfluss bleibt gewahrt, aber die Filterwirkung (Funktion 3) wird verschlechtert. Wie gross diese Verringerung der Filterwirkung ist und ob sie sich praktisch schädlich auswirken kann, muss in jedem einzelnen konkreten Falle untersucht und beurteilt werden (natürlicher k -Wert, Aufbau des Bodens, Ausmass der in das Grundwasser tauchenden Einbauten und Geometrie derselben).

Schutz des Speichervolumens

Der nicht näher ausgeführte künstliche Kieskoffer mit Dükerwirkung müsste, so wird gefordert, mindestens dem Volumen des Aushubes im Grundwasser entsprechen. Auch hier wird über das Ziel hinausgeschossen. Was gegebenenfalls ersetzt werden müsste, ist der für die Grundwasserströmung wirksame Anteil des Porenvolumens des ausgehobenen Materials. Dieser Anteil ist bekanntlich bedeutend kleiner als das nach der Bodenmechanik definierte Porenvolumen. Auch dafür muss der einzelne Fall untersucht werden. Verallgemeinerungen sind hier wie bei der Beurteilung der oben behandelten Änderung der Sickergeschwindigkeit bzw. der sich daraus ergebenden Änderung in der Filterwirkung fehl am Platze.

Nicht extreme Forderungen helfen uns, die vielfachen Faktoren in Rechnung zu stellen, die bei der Verwirklichung der zahlreichen Bauaufgaben auftreten, sondern nur die möglichst gute Erfassung dieser Faktoren in jedem einzelnen Falle, womit sich sinnvoller, das heisst sämtliche wichtigen Belange gebührend abwägende und berücksichtigende, technisch mögliche und wirtschaftlich vertretbare Lösungen ergeben.

Prof. G. Schnitter, ETH

Rückäusserung zu den Bemerkungen von Prof. G. Schnitter

Ich freue mich sehr, dass Prof. Schnitter schon im ersten Satz seiner Bemerkungen den grundsätzlichen Anspruch auf Schutz des nutzbaren Grundwassers anerkennt, hatte er doch noch in seinem Aufsatz «Injektionen» die mit Zeichnungen erläuterten Injektions-

beispiele nicht aus einem für die Nutzung ungeeigneten, sondern aus dem für die Trinkwassernutzung höchst intensiv beanspruchten Grundwasserstrom des Limmattales ausgewählt. In dieser Beziehung sind wir also einig.

Nun zu zwei eher unwichtigen Missverständnissen: Prof. Schnitter übersah, dass ich ausdrücklich eine Reduktion der Abflussmenge als Folge von Einbauten im Grundwasser auf jenen Anteil des Grundwasserstromes bezog, der im Rückstau des Hindernisses *abdrainiert* werden muss. Womit das auch von mir anerkannte Prinzip der Kontinuität gewahrt bleibt.

Zur Erhaltung des Speichervolumens sprach ich vom *Grundwasserleiter aus Kies* und dessen Porenvolumen, wobei, wie Prof. Schnitter richtig ausführt, das für die Grundwassernutzung wirksame Porenvolumen nicht identisch mit jenem in der Bodenmechanik gebräuchlichen, sondern etwas kleiner ist. Das gilt natürlich in gleichem Masse sowohl für den in der Baugrube ausgehobenen Kies wie für den als dessen Ersatz daneben oder darunter anstelle von kiesfreien Schichten künstlich eingebrachten Kieskoffer, der in der Folge als künstlicher Grundwasserleiter wirkt (Der Förster würde in seinem Bereich einer solchen Massnahme «Ersatzaufforstung» sagen!).

Abschliessend sei aber doch ein grundsätzlicher Unterschied in unseren Auffassungen nicht verschwiegen, nämlich die Bewertung der Untersuchung des *Einzelfalles*, die Prof. Schnitter fordert, und die Verallgemeinerung, die nach ihm fehl am Platze sei. Erinnern wir uns der Erhaltung der Waldfläche, die dank dem eidg. Forstgesetz seit rund 70 Jahren mehr oder weniger gewährleistet ist. Im Einzelfall liesse sich fast stets nachweisen, dass die Rodung einer einzelnen Waldparzelle nicht tragisch wäre und noch keine Bodenerosion und keine zusätzlichen Hochwasserspitzen und keine Klimaverschlechterung bewirkt. Das Forstgesetz verlangt aber grundsätzlich eine Wiederaufforstung oder Ersatzaufforstung zum Wohle der Allgemeinheit, obschon das für den einzelnen Waldbesitzer einen schweren Eingriff in seine privaten Nutzungsrechte bedeutet.

Oder eine modernere Variante: Niemand bezweifelt, dass das häusliche Abwasser eines einzelnen Landhauses den Zürichsee dank dessen Selbstreinigungskraft noch nicht unerträglich verschmutzt. Aber alle Häuser zusammen verschmutzen ihn dermassen, dass man für jedes einzelne Haus verlangen muss, dass dessen Abwasser über eine dichte Kanalisation in eine teure Kläranlage gepumpt wird.

Zurück zum Grundwasser: Ich zweifle nicht daran, dass es Einzelfälle von Einbauten ins Grundwasser gibt, bei denen das Verhältnis F/F' so nahe bei 1 liegt, dass der dabei entstehende Aufstau nur einige Zentimeter beträgt, wie es Prof. Schnitter erwähnt (Gelegentlich soll es zwar auch mehr sein, wie etwa jene Fälle belegen, wo das aufgestaute Grundwasser über die zu optimistisch dimensionierte Isolation anstieg, sehr zum Leidwesen der Kellermieter!). Wenn nun aber nach dem ersten eine ganze Anzahl von weiteren Bauherren ebenfalls drei Keller ins Grundwasser versenken und zur Erleichterung der Wasserhaltung Bentonitschlitzwände und Injektionen anwenden wollen, entsteht schliesslich eine künstliche Barriere im Grundwasserstrom, deren Auswirkung im Hinblick auf die Grundwassernutzung nicht geduldet werden kann. Aus Gründen der *Rechts-gleichheit* müssen schon vom ersten Bauherrn jene Massnahmen zum Schutze des Grundwassers verlangt werden, die später von allen übrigen ebenfalls verlangt werden müssen. Dass der Einzelne solche Forderungen heute noch gelegentlich als «extrem» oder als «nicht wirtschaftlich vertretbar» empfindet, widerlegt noch lange nicht ihre Notwendigkeit zum Wohle der Allgemeinheit. Dr. Heinrich Jäckli

Grosskernkraftwerk Stade mit Druckwasserreaktor

DK 621.039.524.44

Die Nordwestdeutsche Kraftwerke AG (NWK) hat die Firma Siemens AG beauftragt, als Generalunternehmer am linken Ufer der Elbmündung bei Stade, neben dem ölfgefeuerten Dampfkraftwerk Schilling, ein Kernkraftwerk schlüsselfertig zu errichten und die Brennelemente für die Erstausstattung zu liefern.

Die mit einem Siemens-Druckwasserreaktor ausgerüstete Anlage wird mit einer elektrischen Nettoleistung von 630 MW aus einem Einwellen-Turbosatz mit einer Bruttolleistung von 662 MW die

grösste ihrer Art auf dem europäischen Kontinent sein. Sie hat mehr als die doppelte Leistung der bisher grössten Anlage, des ebenfalls von Siemens gebauten 300-MW-Kernkraftwerkes Obrigheim. Als Energiequelle wird ein Druckwasserreaktor von 1900 MWth verwendet. Der Reaktorkern besteht aus 157 lückenlos im Quadratgitter angeordneten Brennelementen. Jedes Brennelement mit etwa 3,6 m aktiver Länge setzt sich aus 205 Brennstäben und 20 gleichmässig über den Brennelementquerschnitt verteilten, ebenfalls im Quadrat-

Bild 1 Grundrisse und Querschnitte 1:1000 durch das 660-MW-Kernkraftwerk Stade mit Druckwasserreaktor

