

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 95/96 (1930)  
**Heft:** 23

**Artikel:** Chemische Verfestigung des Baugrundes  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-44010>

#### 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:** 11.02.2026

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

zweiten rund 150 m. Bei grösseren Versuchsflächen müsste sich die Verzögerung schärfer ausprägen.

Auf den Verlauf der Schneeschmelze, die er langsam und auf einen längeren Zeitraum verteilt, wirkt der Wald im allgemeinen günstig. Die oben erwähnte Vermehrung des Hochwassers 1910 in den Illzuflüssen kann nicht dem Wald zur Last gelegt werden, denn es lagen damals (Mitte Juni) wohl oberhalb der Waldgrenze noch grosse Mengen alten Winterschnees, deren Abschmelzen die Hochflut vermehrte, im Walde aber, ebenso wie im Freiland, hauptsächlich nur der kurz vorher gefallene Neuschnee.

Das oben angeführte Abflussverhältnis von 60 % stellt einen Mittelwert für das ganze Jahr vor, der aber für die Höhe des Hochwassers bedeutungslos ist; für diese ist vielmehr das Verhältnis zwischen Niederschlag und Abfluss bei starken Regengüssen ausschlaggebend. In einer eingehenden Studie „Regelung der Abflussverhältnisse des Traunsees bei Gmunden“ haben Klunzinger und Oelwein dieses Verhältnis für die Hochwässer 1897 und 1899 untersucht. Das Einzugsgebiet umfasst 1411 km<sup>2</sup> und ist vorzüglich bewaldet. Der Höchststand des Zuflusses in den See betrug im Jahre 1897 1254 m<sup>3</sup>/sec und im Jahre 1899 1437 m<sup>3</sup>/sec; es trat in beiden Fällen einen Tag nach dem Tagesmittel des stärksten Niederschlages ein, der im Jahre 1897 auf 1900, im Jahre 1899 auf 2500 m<sup>3</sup>/sec berechnet wurde. Es ergibt sich also ein Verhältnis zwischen grösster Tagesintensität des Niederschlages und Höchstabfluss von 66, bzw. 57,5 %. Da im Quellgebiete der Traun zahlreiche grössere und kleinere Seen vorhanden sind, wurde aber zweifellos nicht allein der Hochwasserabfluss verzögert, sondern auch die Hochwasserwelle abgeschwächt.

Das Verhältnis zwischen Niederschlag und Abfluss wechselt je nach den verschiedenen Verhältnissen in den einzelnen Flussgebieten sehr stark und ist abhängig von der Niederschlags höhe, der Grösse des Einzugsgebietes und dessen geognostischer Beschaffenheit, der Bodenbedeckung (Kulturlart), sowie den Temperatur- und Windverhältnissen. Es schwankt auch in ein und dem selben Gebiete bei verschiedenen Regenfällen sehr bedeutend. Dies kommt ausserordentlich scharf zum Ausdruck in den von Prof. Engler veröffentlichten Messungsergebnissen.

Es gebriicht an Raum, hier auf die Begründung der grossen Verschiedenheiten der Abflussverhältnisse näher einzugehen; restlos lassen sie sich wohl überhaupt nicht aufklären. Der Hauptgrund für die Unterschiede liegt aber zweifellos im verschiedenen Feuchtigkeitszustande des Bodens bei Eintritt der Regenfälle. Die Messungsergebnisse zeigen deutlich, dass der Regen anfänglich nur einen geringen Einfluss auf den Wasserstand hat, dass dieser aber mit der Dauer und Menge des vorhergegangenen Regens wächst. Sie lassen die Verzögerung des Wasserablaufes aus dem bewaldeten Gebiete gegenüber dem unbewaldeten zwar wohl erkennen, können aber einen Maßstab für sie nicht bieten, da der Höchstabfluss nicht zum intensivsten Niederschlag allein in Beziehung gebracht werden darf, sondern hierbei noch zahlreiche andere Momente mitspielen, die nicht vollständig zu überblicken sind. (Forts. folgt.)

### Chemische Verfestigung des Baugrundes.

Über die erstmalige praktische Grossanwendung des chemischen Verfestigungsverfahrens<sup>1)</sup> beim Bau der Wassergewinnungsanlage des neuen Wasserwerkes der Stadt Düsseldorf am Staad sprach am 17. März Direktor Dipl. Ing. A. Lang (Düsseldorf) vor der Hauptversammlung des Deutschen Beton-Vereins. Aus hydrologischen, chemischen, finanziellen und technisch wirtschaftlichen Gründen kam für die Erweiterung der Wasserversorgung nur ein neues Wasserwerk im Norden der Stadt in der Nähe des Rheines in Frage. Eingehende Versuche, die mit dem von Herrn Direktor Dr. Ing. Joosten erfundenen chemischen Verfestigungsverfahren von Erdschichten an einem alten Kesselbrunnen in den alluvialen und diluvialen Kies- und Sandschichten beim Wasserwerk Flehe im Frühjahr 1927 vorgenommen wurden, hatten vollen Erfolg. Auf

Grund dieser Vorarbeiten wurde der Entwurf für den Bau der Wassergewinnungsanlage im Vordeichgelände für das neue Wasserwerk unter Berücksichtigung der Anwendung des chemischen Verfestigungsverfahrens ausgearbeitet und der Bau durchgeführt. — Langjährige Erfahrungen bei den alten Wassergewinnungsanlagen der Pumpwerke in Flehe hatten ergeben, dass bei allerungünstigsten tiefsten Rhein- und Grundwasserständen die einzelnen Rohrbrunnen der Wasserfassung, die in gegenseitigen Abständen von 20 m entlang des Rheines liegen und eine Entfernung von 25 bis 50 m von der Uferkante des mittleren Rheinwasserspiegels haben, nur noch mit 8 l/s beansprucht werden konnten. Die Rohrbrunnen sind an gemeinsame Heberleitungen angeschlossen, die in einem Sammelbrunnen endigen. Die Heberleitungen liegen in einem Kanal, etwa 9 m unter Geländeflur. Das bisherige Bauverfahren zur Errichtung der begehbarer wasserdichten Stampfbetonkanäle, zur Verlegung der Heberleitungen in diesen und der an die Heberleitungen anschliessenden Brunnen erforderte eine ausserordentlich umfangreiche und teure Wasserhaltung. Bei offener oder verbauter, ausgesteifter Baugrube war es aus finanziellen und technischen Gründen nicht möglich, nach dem bisherigen Bauverfahren die Kanalsohle der Heberleitung tiefer als ± 0 am Ortspegel zu legen. Damit war aber praktisch nur eine tiefste Absenkung der Grundwasserspiegel bis auf — 6,5 m möglich. Die Ueberlegung ging nun dahin, dass, wenn beim Bau der Wasserfassungsanlagen des neuen Werks bei Anwendung des chemischen Verfestigungsverfahrens die Kanalsohle auf etwa — 2,0 m gelegt werden könnte, auch bei ungünstigsten, tiefsten Rhein- und Grundwasserständen eine Beanspruchung der einzelnen Brunnen mit mindestens der dreifachen Menge wie bei dem alten Werk ermöglicht würde, da alsdann auch Absenkungen bis auf — 8,5 m zu erreichen wären. Dies führte zu folgendem Bauvorgang der Wasserfassung am Staad:

Die einzelnen Rohrbrunnen wurden in einem gegenseitigen Abstand von 20 m entlang des Rheines im Vordeichgelände und in einer Entfernung von der Uferkante des mittleren Rheinwasserspiegels von 25 bis 30 m hergestellt. Die gesamte Baugrube den Brunnen entlang, um die Brunnen herum und quer durch den Deich bis zum Sammelbrunnen wurde allseitig mit Larssen-Spundwanddielen von 9 bis 10 m Länge umschlagen. Diese Spundwände sollten den seitlichen Eintritt von Wasser in die Baugrube auf ein Mindestmass verringern und das Arbeiten in der Baugrube selbst bei allergeringster Wasserhaltung dadurch ermöglichen, dass unterhalb und innerhalb der Larssen-Wände die Sand- und Kiesschichten auf eine Stärke von etwa 2,50 m nach dem chemischen Verfahren zur Verfestigung des Baugrundes wasserabdichtend versteint wurden. Es sollte also die nach unten noch offene, mit Spundwänden allseitig umschlagene Baugrube durch das chemische Verfestigungsverfahren mit einer versteinten Sohle praktisch wasserdicht abgeschlossen werden. Die Verfestigungsarbeiten wurden, nachdem zwischen den Spundwänden der Boden bis auf +3,0 m herausgenommen war, durch Einrammen von Einspritzrohren mit Rammbär oder von Hand, und durch Einspritzen von zwei Chemikalien in die zu versteinende Bodenschicht durchgeführt. Die aus hochwertigem Stahl bestehenden Rohre waren unten mit aufgeschraubter Stahlspitze und am untersten Teile mit feiner Lochung versehen. Das Einspritzen der Chemikalien in den Untergrund erfolgte unter einem Druck bis zu 15 at. Ein in der Mitte der Baustelle betriebenes Luftkompressorenaggregat lieferte durch entsprechende Rohrleitungen über die ganze Baustelle die Luft zum Antrieb von 20 Chemikalien-Pumpen. Chemikal I, das eine Lösung kieselsäurehaltigen Materials ist und gewissermassen zur Durchtränkung des zu verfestigenden Bodens dient, wurde in fünf Schichten von je 50 cm durch jeweiliges Tieferschlagen der Rohre von oben nach unten eingepresst. Chemikal II, ein gelöstes Salz, das die chemische Umsetzung von Chemikal I im Untergrund hervorruft und so die Anreicherung mit Kieselsäure und damit die Verfestigung des Bodens bewirkt, wurde in umgekehrtem Sinne ebenfalls in fünf Schichten beim Ziehen der Rohre eingespritzt.

Trotz grosser Schwierigkeiten, besonders infolge ausserordentlich fester und grober, zusammengebackener Kies- und Sandschichten, gelang der wasserdichte Abschluss der Baugrube von unten praktisch vollkommen. Obwohl während der Bauzeit der Rhein- und Grundwasserstand bis zu 3,60 m über der versteinten Sohle stand, waren in den einzelnen Baugrubenschotten von 45 bis 50 m Länge nur Wasserhaltungen von etwa 10 l/s erforderlich. Nach Ausschachten der Erdmassen konnte der 560 m lange eisenbewehrte

<sup>1)</sup> Vergl. Band 91, S. 275 (2. Juni 1928) und Band 93, S. 243 (11. Mai 1929).

Heberrohrkanal vollkommen wasserdicht über den versteinten Schichten und zwischen den Spundwänden, die teilweise nachgedichtet werden mussten, eingebaut werden.

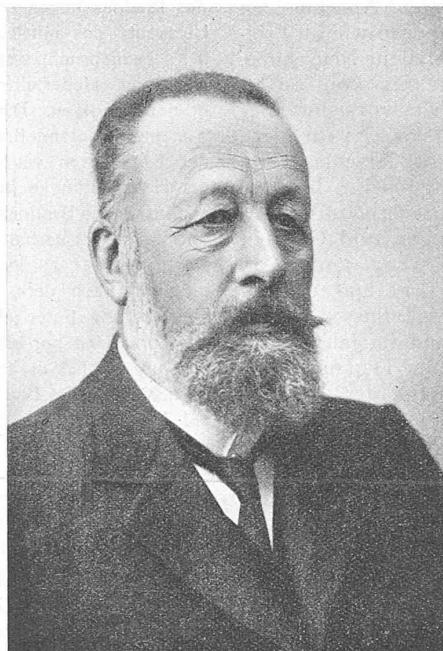
Die neue Bauweise gewährleistet gegenüber den Werken in Flehe eine tiefere Absenkung des Grundwasserspiegels von über 3 m. Mit nur 25 Brunnen auf 500 m Rheinfront können bei dem neuen Werk am Staad auch bei tiefsten Rhein- und Grundwasserständen täglich 65 000 m<sup>3</sup> gewonnen werden. Mit der früheren Bauweise wären für die selbe tägliche Fördermenge insgesamt 60 Brunnen und 700 m mehr Heberrohrkanal erforderlich gewesen. Trotz der relativ hohen Kosten des neuen Verfahrens waren deshalb doch ganz wesentliche Ersparnisse gegenüber der alten Bauweise zu erzielen.

### NEKROLOGE.

† Arthur Bachem, dessen Heimgang wir bereits gemeldet, stammte aus Wien; er hatte das Licht der Welt erblickt am 26. März 1850. Seine Ausbildung erfuhr er in Zürich, von 1863 bis 1868 an der Kantonsschule und vom Oktober 1868 bis März 1872 am Eidg. Polytechnikum, das ihm das Diplom als Bauingenieur erteilt hat. Sogleich wandte er sich dem Eisenbahnbau zu, und schon 1872 finden wir ihn in Airolo mit Vorarbeiten für den Gotthardtunnel beschäftigt. Nach zweijähriger Unterbrechung, während der er sich dem Bau der Uetlibergbahn (Normalspur-Adhäsionsbahn mit 70% Maximalsteigung) und Trassierungsarbeiten für die Südostbahnlinie Rapperswil-Samstagern widmete, zieht es ihn wieder an den Bau der Gotthardbahn-Südrampe, wo Bachem von 1875 bis 1889, also von den Vorarbeiten bis über die Betriebsöffnung hinaus arbeitete; insbesondere war er beschäftigt mit den Kehrtunnels bei Giornico, später mit den Vollendungsarbeiten der ganzen Strecke Göschenen-Giubiasco, dem Bau des Wasserwerks und der Werkstätten in Bellinzona. Seine dort gesammelten Erfahrungen stellte er sodann von 1889 bis 1895 in den Dienst der N.O.B., für die er als Bauleiter an der rechtsufrigen Zürichseebahn den Hardviadukt und den schwierigen Bau der beiden Tunnel Letten-Stadelhofen-Tiefenbrunnen mit ihrer geringen Ueberlagerung unter bebautem Gebiet leitete. Ältere Kollegen erinnern sich der dabei zu überwindenden besonders schwierigen Stellen mit Tagbrüchen beim Pfauen (altes Wolfbach-Bett) und unter dem Kreuzplatz. Nach Vollendung dieser Bahnlinie baute Bachem die Verlängerung der Sihltalbahn von Sihlwald bis Sihlbrugg (1895 bis 1899); sodann begegnen wir ihm während der nächsten zwei Jahre beim Bahnbau Erlenbach-Zweisimmen. Sein letzter grosser Bau war die S.B.B.-Strecke Uznach-Wattwil mit dem 8604 m langen Rickentunnel, der durch die dabei auftretenden Grubengasbrände viel von sich reden machte, und bei dem dadurch besondere und ganz neuartige Schwierigkeiten zu überwinden waren. Nach glücklicher Vollendung dieser Arbeit liess sich Bachem für den Rest seines Lebens in Zürich nieder, wo er sich noch mit den Projektierungs- und Vorarbeiten für die Tieflegung der linksufrigen Zürichseebahn beschäftigte; 1915 zog er sich, nach reich vollbrachtem Lebenswerk, in den wohlverdienten Ruhestand zurück. Leider war ihm kein sonniger Lebensabend beschieden; ein hartnäckiges Fussleiden machte eine Amputation notwendig, und so sah sich der kräftige Mann in seiner Beweglichkeit arg gehemmt. Ein freundlicher Tod führte ihn bald nach vollendetem 80. Lebensjahr von ihnen.

Arthur Bachem war ein pflichteifriger, ruhiger und überlegter Arbeiter, ein ausgesprochener Tunnelbauer; was ihm bei seinen Kollegen, besonders auch im Zürcher Ing.- und Arch.-Verein vor allem allgemeine Sympathie verschaffte, war sein gütiges und anspruchsloses Wesen, sein grosses Wohlwollen, das ihm ein bleibendes gutes, ja bestes Andenken sichert.

C. J.



ARTHUR BACHEM

INGENIEUR

26. März 1850

23. April 1930

### MITTEILUNGEN.

**Probleme des Dieselmotors im Flugbetriebe.** Im Rahmen der Kolloquien für Flugwesen an der Eidg. Techn. Hochschule sprach am 2. Mai Prof. Dr. G. Eichelberg vor einer grossen Anzahl von Interessenten über Probleme des Dieselmotors im Flugbetriebe. Zusammengefasst ergeben die Ausführungen des Referenten, die

durch anschauliche und interessante Zusammenstellungen ergänzt wurden, das folgende Bild: Wie im Lastwagenbetrieb, so hat auch im Flugbetrieb der Übergang vom Benzin-Vergasermotor zum Schweröl-Einspritzmotor eingesetzt. Neben einer bedeutenden Herabsetzung der Brennstoffkosten (bei den heutigen Preisen mindestens im Verhältnis 4 : 1) fällt als Ansporn vor allem die Beseitigung der Feuergefahr ins Gewicht. Dazu steht eine Erhöhung der Betriebsicherheit durch Wegfall von Vergaser und Zündung in Aussicht, zumal jeder Zylinder für sich im Brennstoff abstellbar sein wird. Anderseits hat allerdings der heutige Benzin-Flugmotor mit seinem hohen mittleren Arbeitsdruck, seiner gesteigerten Kolbengeschwindigkeit so geringe Einheitsgewichte erreicht, dass noch vor wenigen Jahren ähnliche leichte Motoren im Dieselbau kaum für möglich gehalten wurden. Das Dieselprinzip an sich — gekennzeichnet durch eine ohne Vermischung mit Brennstoff durchgeführte und daher durch keine Selbstentzündungsgefahr begrenzte hohe Verdichtung der Verbrennungsluft —, lässt zunächst nur eine bessere Brennstoffausnutzung erwarten, sagt aber nichts aus über das erreichbare Einheitsgewicht. Dieser zweite, für den Aktions-

radius nicht weniger wichtige Faktor verlangt hohe Literleistung bei geringem Litergewicht. Die nahe chemische Verwandtschaft der Brennstoffe lässt bei restloser Ausnutzung der Zylinderluft ähnliche Literleistungen erwarten. Restlos lässt sich zwar im Dieselmotor die Luft nicht für die Verbrennung heranziehen; dem vermindernden Brennstoffumsatz steht aber die bessere Ausnutzung entgegen, sodass sich nahezu gleiche Literleistung errechnet. Dagegen ist das Litergewicht, weil vom Zünddruck abhängig, beim Dieselmotor höher. Der Höchstdruck beeinflusst aber nur wenige Bauteile ausschlaggebend; andere sind unabhängig vom Druck zu bemessen; so ist der Kolben auf Wärmefluss, die Kurbelwelle auf Torsionsschwingungen zu berechnen. — Nicht so einfach sind die hohen Drehzahlen zu erreichen; doch ermöglichen die von den Diesel-Firmen in den letzten Jahren entwickelten Methoden der direkten Brennstoff-Einspritzung die unerlässliche Exaktheit der Zerstäubung und eine rasche und vollständige Verbrennung. Hinzu kommen die besonderen Anforderungen des Höhenfluges. Neben dem Luftpangel, der für den stets mit Luftüberschuss arbeitenden Dieselmotor zwar eine weniger strenge Leistungsbegrenzung bedeutet als für den Benzinmotor, fällt als neue Erschwerung die Beeinträchtigung der Zündsicherheit ins Gewicht, die mit sinkender Außen-temperatur gefährdet erscheint; dies vor allem beim Gleitflug-Leerlauf in grossen Höhen. Hier setzt nun aber besonders wirksam die mit dem Dieselprinzip gegebene Möglichkeit des Zweitakt-Verfahrens in Verbindung mit den verschiedenen Auflademöglichkeiten ein und eröffnet aussichtsreiche Perspektiven. — In zwei Ausführungen, die beide durch längere Flüge sich auswiesen, hat der Dieselmotor heute schon das Flugzeug erobert. Ein 225 PS luftgekühlter Neun-Zylinder Viertakt-Sternmotor ist von der Packard Motor Car Co. geschaffen worden, charakterisiert durch Verwendung eines einzigen Ventils für Ein- und Auslass<sup>1)</sup>. Der Zweitakt erscheint auf dem Plan als 600 PS wassergekühlter Sechs-Zylinder Reihenmotor mit gegenläufigen Kolben, der für die Junkers-Werke Dessau typischen Bauart. Beide Motoren haben außer dem vom Benzinmotor her

<sup>1)</sup> Vergl. Seite 243 laufenden Bandes (3. Mai 1930).

Red.