Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 113/114 (1939)
Heft: 16

Artikel: Berechnung der Wandstärke von Senkbrunnen
Autor: Pietrkowski, J.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-50475

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: 13.12.2025

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

14,4 und in den übrigen Monaten der Heizzeit 4,7 bis 10,2% unseres gesamten schweizerischen Heizwärmebedarfes hätten gedeckt werden können. Für diese verhältnismässig kleinen Energiemengen hätte die verfügbare Spitzenleistung der Werke zweifellos genügt.

Das ist selbstverständlich eine rein technische Ueberlegung. In wirtschaftlicher Beziehung ist es begreiflich, wenn die Elektrizitätswerke die Energie zu bessern Preisen, als wie sie zu Heizzwecken im Inland erzielbar wären, ans Ausland abgeben, umsomehr, als es sich dabei um Ganzjahrabnehmer handelt.

Auf die Preisfrage wird unter Abschnitt VII noch kurz eingetreten. Vorgängig seien an Hand der genannten Veröffentlichung des Eidg. Amtes für Elektrizitätswirtschaft noch folgende hier interessierende Angaben über die derzeitige und in der nächsten Zukunft zu erwartende Energieliefermöglichkeit der schweizerischen Wasserkraftwerke gemacht: Darnach war die Energieerzeugung der Bahn- und Industriewerke, die die erzeugte Energie zur Hauptsache selber verbrauchen, im Betriebsjahr 1937/38 1,648 Mia kWh, die gesamte, in allen Wasserkraftwerken der Schweiz erzeugte Energiemenge 7,01 Mia kWh, während in Jahren mittlerer Wasserführung die technisch mögliche Erzeugung 8,1 Mia kWh (3,6 im Winter- und 4,5 im Sommerhalbjahr) beträgt. Die Werke mit Energieabgabe an Dritte sind beim heutigen Ausbauzustand in der Lage, im Winterhalbjahr 2,87 und im Sommerhalbjahr 3,33 Mia kWh abzugeben. Von diesen insgesamt 6,2 Mia sind im Betriebsjahr 1937/38 5,385 Mia oder 87 % bezogen worden. In einem extrem trockenen Winter (wie 1920/21) kann die Wintererzeugungsmöglichkeit auf 2,4 Mia zurückgehen und in einem besonders nassen Winter auf etwa 3,3 Mia kWh ansteigen. Da bis zum Jahre 1941 kein grösseres Kraftwerk in Betrieb kommen wird, so ist bis dahin, wenn nicht besonders günstige Wasserverhältnisse eintreten, kaum mit einer Zunahme der angegebenen Energieerzeugung zu rechnen. Durch das Hinzukommen der z. Zt. im Bau befindlichen Werke Reckingen (Schweizeranteil 50 %) und Verbois der Stadt Genf, ferner des in Aussicht genommenen Kraftwerkes Innertkirchen wird sich die Liefermöglichkeit im Winterhalbjahr um rd. 0,325 Mia, im Sommerhalbjahr um rd. 0,45 Mia kWh erhöhen.

VII. Preisgestaltung

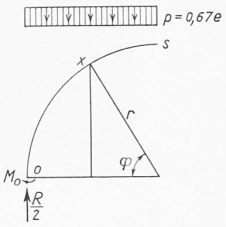
Elektrische Heizung hat, sofern nicht andere Gründe ausschlaggebend sind, nur dann Aussicht auf Anwendung, wenn sich der Heizbetrieb ebenso billig stellt wie bei Verwendung fester oder flüssiger Brennstoffe. Der äquivalente Energiepreis kann dabei je nach den Umständen sehr verschieden ausfallen, wie folgende Ueberlegung zeigt:

Zählt man die sechs ersten Positionen der Zahlentafel 1 in bezug auf das Jahr 1938 zusammen, so ergibt sich, dass in diesem Jahr rd. 3,34 Mio t Kohlen und 0,17 Mio t Heizöl im Betrage von 143,9 Mio Fr. in die Schweiz eingeführt worden sind. Der entsprechende Wärmewert ist rd. 26 740 Mia kcal, die unter Annahme eines Feuerungswirkungsgrades von 70 % und eines Wirkungsgrades der elektrischen Heizeinrichtungen von 90 % 24,2 Mia kWh entsprechen. Die kWh dürfte somit nur rd. 0,6 Rp. kosten. Diese Berechnung ist indessen noch unvollständig, weil sich der Preis der eingeführten Brennstoffe bis zu ihrer Abgabe an die Verbraucher zufolge der Grenzspesen, des Inlandtransportes, der Zwischenlagerung, der Zwischenhändlergewinne usw. noch wesentlich erhöht. Führt man die Rechnung in gleicher Weise, z. B. in Bezug auf Zürich durch, wo im Sommer 1938 100 kg Zürcher Brechkoks 40/60 mm bei Bezügen zwischen 3000 und 10 000 kg Fr. 8.20 und 100 kg Heizöl II ab 1. August bei Bezügen von 8001 bis 12 000 kg Fr. 12.10 kosteten, so ergibt sich, daß die kWh daselbst, bezogen auf Koks, rd. 1,3 Rp., bezogen auf Heizöl, sofern bei Oelfeuerung mit 80 % Wirkungsgrad gerechnet wird, rd. 1,2 Rp. hätten kosten dürfen. Dabei ist indessen immer noch nichts eingeschlossen für die ungleichen Bedienungskosten, die Auslagen für elektrische Energie bei Oelfeuerung, die ungleichen Beträge für Verzinsung und Abschreibung der Anlagekosten der Heizeinrichtungen usw. Ausserdem ist zu beachten, dass die Brennstoffpreise an andern Orten, beispielsweise im Engadin, des längern Inlandtransportes wegen, z. T. noch höher sind als in Zürich. Aus diesen Gründen ist es ausgeschlossen, einen allgemein gültigen Vergleichspreis angeben zu wollen, es bleibt nichts übrig, als derartige Untersuchungen unter Einbezug aller Nebenumstände von Fall zu Fall durchzuführen [12]). Dass dabei oft Lösungen gefunden werden, die sowohl die Elektrizitätswerke als die Energieabnehmer befriedigen, wodurch auch der Volkswirtschaft bestens gedient ist, dürfte aus dem Vorstehenden einwandfrei hervorgegangen sein.

[12]) Vgl. diesbezüglich *Hottinger M.*, Die Heizkosten in Zürich vor und nach der Frankenabwertung, «Schweiz. Blätter für Heizung und Lüftung», H. 3, S. 46 bis 58.

Berechnung der Wandstärke von Senkbrunnen

Die Bestimmung der Wandstärke von Senkbrunnen erfolgt häufig noch nach Faustformeln, die auf eine genauere Berechnung der auftretenden Spannungen verzichten und mehr auf den Erhalt eines reichlichen Brunnengewichtes zur Erleichterung der Absenkung hinzielen. Besonders bei der Verwendung hochwertiger Baustoffe wie etwa Eisenbeton erhält man dabei vielfach unwirtschaftliche Abmessungen. Die Absenkung des Brunnens wird heute, abgesehen von dem schon immer üblichen Anzug der Aussenwand, wirkungsvoller durch zweckmässige Grabgeräte, Pumpen und Spüleinrichtungen, allfällig noch durch zeitweise Auflast erreicht. Für die Bestimmung der Wandstärke ist dann im wesentlichen nur noch die statische Beanspruchung durch den Erddruck massgebend. Die Annahme allseitig gleichmässig (zentralsymmetrisch) wirkenden Erddrucks ist zu günstig; den Grenzfall nach der ungünstigen Seite hin bildet der axensymmetrische Erddruck. Dieser Fall lässt sich leicht in Erweiterung einer bei Föppl, «Technische Mechanik», Band 3, Seite 216 ff. gegebenen Berechnung untersuchen.



Bezeichnet e den Erddruck in einer bestimmten Tiefe, so ist der Druck p auf ein Ringelement von 1 m Höhe $p = 0{,}67\,e$ t/m². Damit ergibt sich nach beistehender Abbildung:

$$M_x = M_0 + \frac{R}{2}\left(r - r\cos\varphi\right) - \frac{p\,(r - r\cos\varphi)^2}{2}$$

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} M_x\,ds = 0 = \int_0^{\frac{\pi}{2}}\left[M_0 + \frac{Rr}{2}\left(1 - \cos\varphi\right) - \frac{pr^2}{2}\left(1 - \cos\varphi\right)^2\right]d\varphi$$

$$= -\,0{,}18\,Rr - \frac{pr^2}{2}\left(\frac{\pi}{2} - 2 + \frac{\pi}{4}\right)$$

Mit $R/2 = pr$ erhalten wir schliesslich $M_0 = -\,0{,}18\,pr^2$ (1)
und das Scheitelmoment zu $M_s = 0{,}32\,pr^2$ . . . . . (2)

Diese Werte sind halb so gross, als wie sie Föppl am a. O. mittels einer konzentrierten Einzellast errechnet.

Die praktische Bedeutung sei an einem Beispiel erläutert. Es handelt sich um einen vom Verfasser 12 m tief ins Grundwasser abgesenkten Sammelbrunnen von 5 m Durchmesser für eine Wassergewinnungsanlage in den Dünen der Haifa-Bay. Nach der gebräuchlichen Formel von Brinkhaus hätte sich bei der Ausführung in Eisenbeton eine Wandstärke von $w = 8\,d + 5$ bis 10 cm = 45 bis 50 cm ergeben. Ausgeführt wurde eine Wandstärke von nur 30 cm. Nach unserer Berechnung erhalten wir mit $e_{max} = 6{,}0$ t/m² bezw. $p_{max} = 0{,}67 \cdot 6{,}0 = 4{,}0$ t/m²

$$M_s = 0{,}32 \cdot 4{,}0 \cdot 2{,}65^2 = 9{,}0 \text{ mt}$$
$$h = 30 - 3 = 0{,}285\sqrt{9000};\quad \sigma_b/\sigma_e = 70/1500$$
$$fe = 0{,}271\sqrt{\ } = 25{,}7 \text{ cm}^2\ (8\,\Phi\,20 = 25{,}2 \text{ cm}^2)$$

Die Beanspruchungen sind verhältnismässig hoch gewählt, da wir einen Grenzzustand untersuchen, der in Wirklichkeit nie ganz erreicht wird.

Zur Aufnahme des negativen Momentes wird eine Ringbewehrung gleich der Hälfte der positiven angeordnet, da dies für die Ausführung praktisch ist. Das negative Moment ist zwar etwas grösser als die Hälfte des positiven, es tritt jedoch eine Entlastung der Zugeisen durch die Normalkraft $R/2$ auf. Eine Nachprüfung in unserem Falle ergibt:

$$M_0 = -\,0{,}18 \cdot 4{,}0 \cdot 2{,}65^2 = -\,5{,}05 \text{ mt}$$
$$R/2 = 4{,}0 \cdot 2{,}65 = 10{,}6 \text{ t}$$
$$e = \frac{5{,}05}{10{,}6} = 0{,}48 \text{ m};\quad fe = 12{,}6 \text{ cm}^2;\quad fe' = 25{,}2 \text{ cm}^2$$
$$x = 8{,}5 \text{ cm};\quad \sigma_b = 41 \text{ kg/cm}^2;\quad \sigma_e = 1340 \text{ kg/cm}^2$$

Die Spannungen sind also niedriger als bei positiver Beanspruchung.

Schwierigkeiten bei der Absenkung infolge zu geringen Gewichtes des Brunnens, der in drei Schichten von je 4 m Höhe gegossen und abgesenkt wurde, traten nicht auf, obgleich die Wand nur auf 1,50 m Höhe einen Anzug 1 : 5 erhielt. Allerdings waren ein leistungsfähiger Bagger und eine gute Pumpe, sowie eine Spüleinrichtung vorhanden. Die Absenkgeschwindigkeit schwankte zwischen 30 bis 70 cm pro 8-Stundenschicht, obgleich die örtliche Arbeiterschaft in dieser Arbeit völlig unerfahren war und in rd. 5 m Tiefe eine etwa 4 m starke Meeres-Sandsteinschicht durchfahren werden musste.

Dr. Ing. J. Pietrkowski, Haifa.