Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 115/116 (1940)
Heft: 14

Artikel: Winterheizung mit Sommerenergie?
Autor: [s.n.]
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-51253

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: 06.01.2026

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

INHALT: Winterheizung mit Sommerenergie? — Armierte Betontanks für Benzin, System Borsari. — Die Brückenbauten der Lorrainelinie Bern. — Umbau der grossen Stützmauer im Bahnhof Bern. — Brennstofffragen in heutiger Zeit. — Kolbendampfmaschinen der SLM-Winterthur für industrielle Heiz-Kraft-Betriebe. — Moderne Schweizer Architektur. — Mitteilungen: Ueber das Rütteln des Betons. Eidg. Technische Hochschule. Schrapper als Schürf- und Fördergerät. Behandlung von Weichholz für den Innenausbau. Bildhauer Jakob Probst. — Nekrologe: Walter Frey. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine. — Sitzungs- und Vortrags-Kalender.

Band 116 Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich
Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet Nr. 14

Winterheizung mit Sommerenergie?

Im «Bulletin SEV», 1940, Nr. 15, veröffentlicht P. Seehaus eine Abhandlung über die Möglichkeit, die überschüssige Sommerenergie unserer Kraftwerke in grossen Wärmespeichern aufzubewahren, um sie im Winter zur Raumheizung zu benützen. Da bei ähnlicher Vergrösserung eines Körpers sein dem Speicherungsvermögen proportionales Volumen mit dem Kubus des Durchmessers wächst, doch nur mit dessen Quadrat seine der nutzlos abfliessenden Wärme dargebotene Oberfläche, geht bei gleicher Speicherdauer und -Temperatur ein umso geringerer Teil der aufbewahrten Energie verloren, je grösser der Körper ist. Für einen sphärischen Heisswasserspeicher von 100° C Anfangstemperatur mit einer Korkschrot-Isolation von 24,6 % des Wasserinhalts berechnet Seehaus den Wirkungsgrad η nach 8000 h Abkühlungszeit in Funktion des Speicherinhalts V. Für $V = 3000$, bzw. 9000 m³ erhält er $\eta = 80$, bzw. 90 %. Als ausreichend für den Jahresheizbedarf von 26 Wohnungen schlägt er ein freistehendes, überdachtes, holzverschaltes Reservoir von 3000 m³ Speicherinhalt und rd. 1100 m² Oberfläche vor, mit einer 40 cm dicken Korkschrot-Isolierung, dessen Wirkungsgrad er, bei einem Aufheizmaximum von 95° und einem Entlademinimum von 25° C, zu 85,4 % veranschlagt. Neben der freistehenden Einzelausführung grösserer Behälter in versteiftem Eisenblech oder Eisenbeton empfiehlt er eine spätere Erweiterungen erlaubende Zellenbauweise. Die Dringlichkeit einer gehörigen Ausnützung unserer ausgebauten Wasserkräfte macht eine technische und wirtschaftliche Prüfung dieses Vorschlages zur Pflicht, wenn auch eine Speicherung der Energie in chemischer Form die Zukunft für sich haben mag.

Leider hat Seehaus es sich nicht versagen können, an diese Studie über isolierte Wasserspeicher eine zweite, mehr als doppelt so lange, über einen «Erdspeicher» anzufügen. Hoffentlich hält dieser zweite Abschnitt die Fachwelt nicht davon ab, dem ersten die gebührende Aufmerksamkeit zu schenken.

Obzwar sich Seehaus den «Kern» seines «Elektro-Bergwerks» halbkugelig vorstellt, ist dessen Grundgedanke besser an einem im Erdinnern geometrisch (nicht materiell!) abgegrenzten Kern von der Gestalt des schmalen Zwischenraums zwischen zwei ausgedehnten, parallelen, lotrechten Ebenen zu erläutern. Wir wählen den Längenmasstab so, dass der Inhalt einer Seitenfläche 1 wird. Von der übrigen Erde unterscheidet sich der Kern durch ein ihn durchsetzendes Wasserleitungssystem, das im Sommer von Elektrizitätswerken mit überschüssiger Energie zu beheizen ist und im Winter Wärme an die Erdoberfläche zur Verteilung unter die an dieses Fernheizwerk angeschlossenen Gebäude zurückfördern soll.

Die dem Kern in der Zeiteinheit zugeführte Wärme $2q_0$ sei als eine periodische Funktion der Zeit t von der Periode eines Jahres T schematisiert, im einfachsten Idealfall als

$$2q_0 = 2Q \sin \frac{2\pi t}{T} \quad . \; . \; . \; . \quad (1)$$

was allerdings das erstrebte Ziel einer völligen Rückgewinnung der während einer Halbperiode (im Sommer) vom Kraftwerk abgegebenen Wärme in der folgenden Halbperiode (im Winter) schon als verwirklicht voraussetzt. Die Wärmekapazität des schmalen Kerns vernachlässigt, wird sich der Wärmestrom $2q_0$ in zwei gleiche Ströme teilen: Durch die beiden Seitenwände tritt senkrecht je die Wärmemenge q_0 in der Zeiteinheit aus, um beidseitig tiefer in die Erde einzudringen. Betrachten wir den Halbraum ausserhalb der einen Seitenwand. Im Abstand x von dieser wird die Temperatur $\vartheta(x, t)$ infolge des Wärmeflusses sich zeitlich ändern, und zwar nach Massgabe der Differentialgleichung der Wärmeleitung:

$$\frac{\partial \vartheta}{\partial t} = a \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial x^2} \quad , \; x \geq 0 \, , \; t \geq 0 \quad . \; . \; . \quad (2)$$

a ist eine positive Konstante des homogen angenommenen Erdreichs oder Gesteins. Auf der betreffenden Seitenwand selbst, d. h. für $x = 0$, ist das Temperaturgefälle $-\frac{\partial \vartheta}{\partial x}$ durch die Wärmeleitzahl λ der Erde und den Wärmefluss q_0 bestimmt:

$$\frac{\partial \vartheta}{\partial x}(0, t) = -\frac{q_0(t)}{\lambda} = -\frac{Q}{\lambda} \sin \frac{2\pi t}{T} \quad . \; . \; . \quad (3)$$

Eine Temperaturverteilung mit den Eigenschaften (2) und (3) ist

$$\vartheta(x, t) = \vartheta_M + \sqrt{\frac{aT}{2\pi}} \frac{Q}{\lambda} e^{-\sqrt{\frac{\pi}{aT}}\, x} \cdot \sin\left(\frac{2\pi t}{T} - \sqrt{\frac{\pi}{aT}}\, x - \frac{x}{4}\right) \quad (4)$$

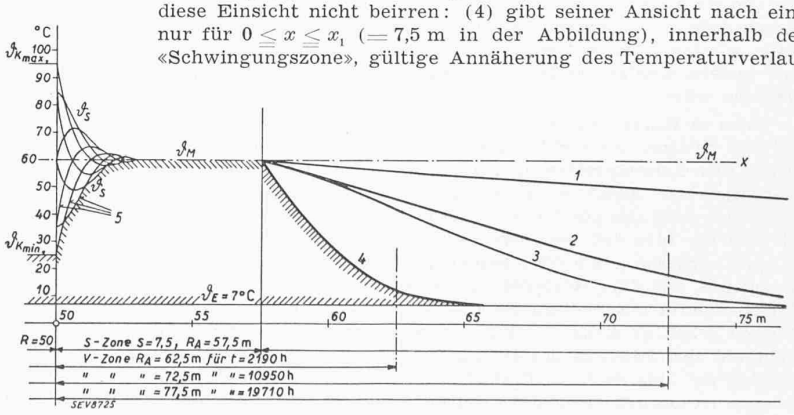
Es ist dies eine mit zunehmendem x exponentiell gedämpfte Welle, deren um $2\sqrt{\pi a T}$ voneinander abstehende Maxima mit der Geschwindigkeit $2\sqrt{\pi a/T}$ in den erderfüllten Halbraum hineinwandern, wobei ein generelles Maximum ϑ_{max} zugleich mit der Geschwindigkeit $-2\pi\vartheta_{max}/T$ zusammenschrumpft. In untenstehender, dem erwähnten Aufsatz entnommener Abbildung sind links einige (mit 5 bezeichnete) Momentanbilder der Welle in Zeitabständen $T/8$ angedeutet. In jeder Ebene $x =$ konst schwingen die Temperatur und der Wärmefluss $q(x, t) = -\lambda \frac{\partial \vartheta}{\partial x}$ mit Jahresperiode harmonisch um ϑ_M, bzw. 0, mit einer, je entfernter die Ebene, desto schwächeren Amplitude. Den der Erde durch die Ebene $x = 0$ im Sommer zugeflossenen Wärmebetrag QT/π erstattet bei der Temperaturverteilung (4) die Erde im Winter in Gänze zurück. Spiegelbildlich synchron vollzieht sich der Wärmefluss durch die gegenüberliegende Kernwand.

Die Temperatur der Kernwände wird gemäss (4):

$$\vartheta(0, t) = \vartheta_M + \sqrt{\frac{aT}{2\pi}} \frac{Q}{\lambda} \sin\left(\frac{2\pi t}{T} - \frac{\pi}{4}\right)$$

Die Abweichung $\vartheta - \vartheta_M$ vom Mittelwert, bei Herbstbeginn (zur Zeit $T/2$) noch positiv, sinkt $^1/_8$ Jahr später (zur Zeit $5T/8$) auf 0 und bleibt dann $^1/_2$ Jahr lang negativ. Um trotzdem ein Temperaturgefälle zu erhalten, das für den vorgesehenen Wärmetransport von den Kernwänden bis zu den zu heizenden Gebäuden genügt, erwartet Seehaus durch Aufheizen des Kerns und einer ihn umgebenden Zone vor Inbetriebnahme des «Bergwerks» eine Mitteltemperatur der Kernwände von $\vartheta_M = 60°$ C herzustellen. Da, wie gesagt, der Unterschied $\vartheta - \vartheta_M$ zufolge (4) mit wachsender Entfernung vom Kern nach 0, ϑ selber also nach ϑ_M strebt, setzt dies eine Temperatur der Erdrinde von 60° C voraus, bei der sich freilich keine Heizprobleme mehr stellen würden.

Ist damit die technische Realisierbarkeit der Temperaturverteilung (4) ad absurdum geführt, so lässt sich Seehaus durch diese Einsicht nicht beirren: (4) gibt seiner Ansicht nach eine nur für $0 \leq x \leq x_1$ (= 7,5 m in der Abbildung), innerhalb der «Schwingungszone», gültige Annäherung des Temperaturverlau-



Temperaturverlauf in der S- und V-Zone. x Axe der Temperaturschwingungen in der S-Zone. *1* ϑ_V, Stationär, $t = \infty$. *2* ϑ_V, $t = 19710$ h (2. Betriebsperiode). *3* ϑ_V, $t = 10950$ h (1. Betriebsperiode). *4* ϑ_V, $t = 2190$ h (Anheizen), *5* Zeitliche Verschiebung je $^1/_8$ $T = 1095$ h.

fes; für $x > x_1$, in der «Verlustzone», sieht er eine andere Lösung von (2) als Approximation der Wirklichkeit voraus, nämlich die Temperaturverteilung

$$\vartheta'(x, t) = A + C \int_0^{\frac{x - x_1}{2\sqrt{a t}}} e^{-z^2} dz \quad , x > x_1 \quad . \quad . \quad (5)$$

Bei beliebigen Festwerten A und C ist dies in der Tat eine klassische Lösung von (2). Seehaus setzt aber für diese Konstanten lineare Funktionen der Zeit ein und veranschaulicht die so erhaltene Funktion $\vartheta''(x, t)$ in seiner Abbildung durch die Kurven 4 bis 1: drei um je ein Jahr auseinanderliegende Momentaufnahmen $\vartheta''(x, t_A)$, $\vartheta''(x, t_A + T)$, $\vartheta''(x, t_A + 2T)$, die erste nach vollendeter «Anheizdauer» von $t_A = 2190$ h, sowie die angebliche Temperaturkurve $\vartheta''(x, \infty)$ nach unendlich langer Zeit. Dass diese Temperaturverläufe mit der von der Natur auferlegten Bedingung (2) unvereinbar und darum ausgeschlossen sind, ist klar. Noch schärfer springt die Unmöglichkeit des an der Stelle x_1 in diesen Kurven auftretenden Knicks in die Augen: Aus der durch die Ebenen $x = 0$ und $x = x_1$ begrenzten Erdschicht würde durch die zweite Ebene jahrelang einseitig Wärme ausströmen, durch die erste Ebene im Mittel keine, ohne dass sich darum die durchschnittliche Temperatur dieser Schicht erniedrigte! Mit einer Anspielung auf «theoretisch» bei x_1, übrigens nur für die Aufheizdauer, vorgesehene «besondere Heizeinrichtungen»[1]) ist diese Naturwidrigkeit nicht abzutun. Von der für jene Erdschicht behaupteten Konstanz der mittleren Temperatur wäre in praxi natürlich keine Rede. Man kann nicht einfach zwei Lösungen der massgebenden Differentialgleichung (2) nehmen, aneinanderfügen und befehlen: Bis x_1 gelte ϑ, von x_1 an gelte ϑ'! Wunschvorstellungen, die beim ersten Versuch zusammenbrechen, geben nicht warm.

Um ein Bild von dem zu erwartenden Temperaturverlauf $\vartheta(x, t)$ zu gewinnen, hätte Seehaus sich erstens über die Anfangs- und Randbedingungen seines Projektes klar zu werden. Die Anfangsbedingung müsste etwa lauten:

$$\vartheta(x, 0) = \vartheta_0 \quad , x \geqq 0$$

Die Randbedingung kann natürlich nur für den Sommer, etwa für das Intervall $[0, t_1]$, in dem ein Wärmestrom $q_0(t)$ zur Verfügung steht, von der Form (3) sein:

$$\frac{\partial \vartheta}{\partial x}(0, t) = -\frac{q_0(t)}{\lambda} \quad , 0 \leqq t \leqq t_1$$

Für den Rest des Jahres, d. h. im Intervall $[t_1, T]$, ist der Wärmestrom durch die Randebene $x = 0$ nicht mehr *gegeben*, sondern, mit umgekehrtem Vorzeichen blos (von Seehaus) *erhofft*. Jetzt hängt die Randbedingung von der Art der Weiterleitung dieses hypothetischen Wärmestroms ab. Die mathematisch einfachste, durch Anlegen eines (unendlich) grossen Wärme-Reservoirs anzunähernde Randbedingung wäre

$$\vartheta(0, t) = \vartheta_1 \quad , t > t_1$$

Zweitens wäre die durch diese Bedingungen bestimmte Lösung von (2) zu suchen. Dazu steht dem Ingenieur z. B. ein auf der Differenzenrechnung beruhendes graphisches Verfahren von E. Schmidt[2]) zu Gebote. Die durch ein solches Verfahren ausgeübte Selbstkontrolle hätte Seehaus vor der Verkündung eines «mit grosser Sicherheit zwischen 80 und 90 %» liegenden Wirkungsgrades seines Erdspeichers[3]) mit grosser Sicherheit bewahrt.

Nicht unerwähnt bleibe schliesslich der Umstand, dass für die von Seehaus betrachtete halbkugelige Kerngestalt, also bei einem dreidimensionalen Wärmefluss, die im eindimensionalen Falle gültige Differentialgl. (2) mit allen ihren Folgen durch eine andere, weniger einfache Bedingung mit andern Folgen zu ersetzen wäre.

Dies in Kürze unsere Einwände. Glücklicherweise sind wir auf den Erdspeicher nicht angewiesen, sondern können auf eine ältere Idee zurückgreifen, die, in Millionen von Kältemaschinen erprobt, auch schon in Heizanlagen, auf dem europäischen Kontinent erstmals im Zürcher Rathaus[4]), verwirklicht worden ist: auf die Idee der Wärmepumpe. Die Schweizer Städte, fast alle an grösseren Flüssen gelegen, harren der Tatkraft der Ingenieure, aus dem Kohlenmangel Gewinn zu schlagen und die Heizwärme für ausgedehnte Gebäudekomplexe endlich aus diesen Flüssen selbst zu holen — eine Aufgabe, deren Inangriffnahme nicht nur das Problem der Heizung, sondern auch das der Beschäftigung unserer Exportindustrie während des gegenwärtigen Krieges wesentlich erleichtern würde. K. H. Grossmann

[1]) Seehaus l. c. S. 325.
[2]) *E. Schmidt:* Einführung in die techn. Therodynamik (1936), S. 263 ff.
[3]) Seehaus l. c., S. 331. Vgl. auch seine Tabelle VIII, S. 330.
[4]) Vergl. die ausführliche Darstellung auf Seite 59* ds. Bds. Red.

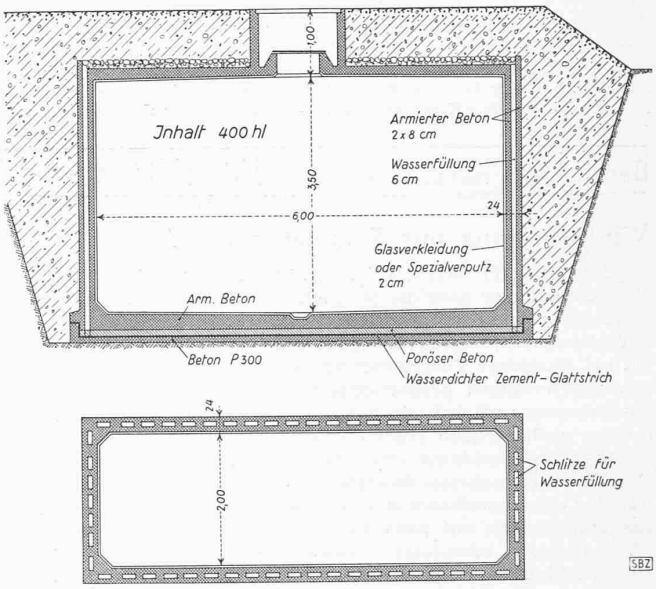


Abb. 1. Borsari-Tank mit Wasserkammern in Eisenbeton für unterirdische Benzin-Lagerung in Zürich-Affoltern. — 1 : 100

Armierte Betontanks für Benzin, System Borsari

Bekanntlich ist es durch die Entwicklung geeigneter Innenauskleidungen gelungen, ausser Wasser Flüssigkeiten verschiedenster Art, besonders Getränke wie Wein, Bier, Most in Eisenbetonbehältern mit Erfolg zu lagern. In allen modern ausgerüsteten Weinkellereien, sowie Bierbrauereien ist der Betontank als Gär- und Lagergefäss Gemeingut geworden[1]).

Das Problem der Lagerung von Benzin oder andern sich leicht verflüchtigenden Treibstoffen in Eisenbetontanks erforderte hingegen besondere bautechnische Massnahmen. Während die Lagerung schwerer Mineralöle (Heiz- und Schmieröle) keine besonderen Schwierigkeiten bietet, war die Verwendung von Eisenbetontanks für Benzinlagerung, weil schwieriger, weitaus seltener. Die zu überwindende Schwierigkeit bestand vor allem darin, Beton und Mörtel in sicherer Weise gegen Benzin abzudichten, das seiner kleinen Oberflächenspannung wegen in die feinsten Poren einzudringen vermag, was zu Flüssigkeitsverlusten führen kann. Die bei dem an der Luft erhärtenden Beton unvermeidliche Schwindrissbildung begünstigt die Undichtigkeit und damit den Verlust an Lagergut.

Von der Tatsache ausgehend, dass ein wassergesättigter Beton oder Mörtel für Benzin undurchlässig ist, hat man das Problem schon seit längerer Zeit in der Weise zu lösen versucht, dass die Behälter doppelwandig gebaut und die Zwischenräume mit Wasser gefüllt wurden. Die sichere Lösung des Problems konnte indessen nur in Verbindung mit einer zweckmässigen, beständigen und dichten Innenauskleidung erreicht werden.

Die Beachtung dieser Grundsätze führte zu zwei Bauarten, nämlich der mit Wasserkammern (Abb. 1) und der mit Trogsteinen (nach Patent Lorsignol, Abb. 2), die beide die erforderliche Feuchtigkeit der Betonwände gewährleisten. Die Behälter erhalten als Auskleidung einen Spezialputz; statt dessen kann auch die Glasplatten-Auskleidung gewählt werden. Sowohl für die Erhaltung des benzindichten Borsari-Spezialputzes, wie auch der Glasauskleidung, ist die feuchte Betonwand die bautechnisch ideale Unterlage.

Durch diese konstruktiven und materialtechnischen Massnahmen wird die bei Eisenbetonbauten sonst unvermeidliche Schwindrissbildung unterbunden und praktisch völlige Dichtigkeit erzielt. Die allseitige Umhüllung des flüssigen Lagergutes mit einem Wassermantel bewirkt konstante oder nur wenig schwankende Temperatur im Behälterinnern, Unterbindung von Verlusten durch Verdunstung und schliesst damit praktisch die Feuer- und Explosionsgefahr aus, die nur bei einem bestimmten Luft-Benzindampf-Gemisch besteht. Die an ausgeführten Eisenbeton-Benzinbehältern während der Zeitdauer von ungefähr einem Jahr gemessenen Benzinverluste sind sehr gering und, soweit vorhanden, auf Undichtigkeiten der Bedienungs- und Sicherheitsarmaturen zurückzuführen.

Bauart mit Wasser-Kammern (Abb. 1). In der Umgebung der neutralen Zone des Behälterwand-Querschnittes sind rechteckige, vertikale Wasserkammern angeordnet, die mit einer

[1]) Vgl. Eisenbetontanks in Bierbrauereien. «SBZ», Bd. 100, S. 179* (1932).