Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 101 (1983)
Heft: 23

Artikel: Thermische Beeinflussung von Grundwasser
Autor: Hänggi, Werner
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-75155

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: 04.08.2025

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

Thermische Beeinflussung von Grundwasser

Von Werner Hänggi, Basel

Das Grundwasser, das in erster Linie als *Trinkwasser* zur Verfügung stehen soll, wird heute bewusst oder unbewusst oft *in seiner natürlichen Temperatur verändert.* Als bewusste Beeinflussung ist z. B. der Gebrauch des Grundwassers als *Kühlwasser* anzusehen, falls dieses dann im erwärmten Zustand dem Grundwasserleiter wieder zugeführt wird. Aber auch der umgekehrte Vorgang ist heute sehr aktuell, nämlich der teilweise Entzug der Wärme durch *Wärmepumpen* und die Rückgabe des abgekühlten Wassers an den Grundwasserleiter. Unbewusst bzw. unbeabsichtigt wird die Temperatur des Grundwassers verändert durch in das Grundwasser reichende *Bauten,* die entweder geheizt oder gekühlt (Kühlhäuser usw.) werden. Das gleiche geschieht aber auch durch *Leitungen* im Grundwasser, insbesondere solche für *Abwasser* und vor allem für *Fernheizungen.* Eine weitere Veränderung der Temperatur des Grundwassers erfolgt durch den Betrieb von *Grundwasser-Anreicherungsanlagen* bei Verwendung von Oberflächenwasser.

Was ereignet sich nun aber, wenn die Grundwassertemperatur verändert wird? Wie breitet sich die Temperatur-Veränderung in einem fliessenden Grundwasser aus? Wird dabei der *Chemismus* verändert, oder werden im Grundwasser ablaufende *biologische Vorgänge* beeinflusst? Wie stellen sich die *rechtlichen* Probleme für den Unterlieger, der das Grundwasser, in das Wasser mit anderer Temperatur eingeleitet wurde, ebenfalls nutzt? Wie wird die *Rückgabe* von Wasser mit anderer Temperatur an den Grundwasserträger technisch am besten bewerkstelligt?

Auf viele dieser Fragen gibt es *keine eindeutige Antwort,* da diese Vorgänge noch wenig erforscht sind. Die SIA-Kommission für Wasserwissenschaft und Wassertechnik hat deshalb eine Arbeitsgruppe gebildet. Diese hat die einschlägige Literatur studiert und die vorhandenen Daten zusammengetragen bzw. aufgezeigt, wo noch keine gültige Antwort möglich ist. Teilweise werden auch neue Erkenntnisse erarbeitet. Die einzelnen Mitglieder dieser Arbeitsgruppe haben sich bereit erklärt, jeweils ein einzelnes Teilgebiet darzustellen. Diese Abhandlungen sollen in loser Folge in dieser Zeitschrift veröffentlicht werden. Das *Trinkwasser ist unser wichtigstes Lebensmittel* und stammt im erheblichen Masse aus dem Grundwasser. Die angesprochenen Fragen sind deshalb von grosser Bedeutung.

Adresse des Verfassers: *W. Hänggi,* dipl. Ing. ETH, Direktor, A. Aegerter + Dr. O. Bosshardt AG, Altpräsident der SIA-Kommission für Wasserwissenschaft und Wassertechnik, Malzgasse 32, 4052 Basel.

Thermische Ausbreitung im Grundwasserleiter

Von Fritz Stauffer, Zürich

Im Zusammenhang mit der Diskussion über die thermische Nutzung und Belastung des Grundwassers stellt sich unweigerlich die Frage nach der thermischen Ausbreitung im Grundwasserleiter. Beispiele für die thermische Beeinflussung sind: die Verwendung von Grundwasser als Wärmequelle für den Betrieb von Wärmepumpen mit Rückführung des abgekühlten Wassers; die Einleitung von Kühlwasser in den Grundwasserleiter; die Erwärmung des Grundwassers durch Leitungen oder Bauten; die Speicherung von Wärme im Untergrund und ihre Rückgewinnung.

In allen diesen Fällen ist man an der räumlichen und zeitlichen Verteilung der Temperatur im Grundwasserleiter interessiert. Im Hinblick auf die Simulation solcher Vorgänge werden im folgenden Ansätze für die mathematische Beschreibung der thermischen Ausbreitung angegeben. Hauptaugenmerk ist dabei die Ausbreitung im ausgedehnten Grundwasserleiter. Die charakteristischen Parameter der thermischen Ausbreitung, welche für einen Grundwasserleiter zu bestimmen sind, werden zusammengestellt. Für einige einfache Ausbreitungsprobleme sind analytische Lösungen angegeben. Diese können für die Abschätzung von Ausbreitungsvorgängen dienlich sein. Sie können aber auch zur Bestimmung oder Schätzung der Parameter herangezogen werden. Hauptsächlich bieten sie aber einen Einblick in das thermische Ausbreitungsverhalten.

Gleichung der thermischen Ausbreitung im homogenen Medium

Bei der Behandlung der thermischen Ausbreitung wird vorausgesetzt, dass die Verteilung der Fliessgeschwindigkeit im betrachteten Grundwasserleiter bekannt ist. Für die Energiebilanz soll der Transport von Energie durch Konduktion und Konvektion berücksichtigt werden. Bei der *Konduktion* erfolgt der Energietransport durch Wärmeleitung in den festen Bodenteilchen, sowie durch *Wärmediffusion* im Wasser. Bei der *Konvektion* wird der Energietransport durch die Bewegung des Wassers vollzogen. Die erwähnten drei Transportarten können als Energieflüsse durch eine Einheitsfläche dargestellt werden. Gemäss dem Diffusionsgesetz (*Fourier*) lautet der Fluss J_s infolge Wärmeleitung in einem Festkörper

$$(1) \qquad J_s = -\lambda_s \cdot \frac{dT}{dN}$$

wobei λ_s : Koeffizient der Wärmeleitung im Festkörper
T : Temperatur
N : Flächennormale
$\frac{dT}{dN}$: Temperaturgradient

und der Energiefluss J_f infolge Wärmediffusion in einer Flüssigkeit

$$J_f = -\lambda_f \cdot \frac{dT}{dN}$$

mit λ_f : Koeffizient der Wärmeleitung der Flüssigkeit.

Der Energiefluss infolge Konvektion in einer Flüssigkeit lautet:

$$(2) \qquad J_k = v \cdot \rho_f \cdot c_f \cdot (T - T_0)$$

wobei v : Geschwindigkeit der Flüssigkeit
ρ_f : Dichte der Flüssigkeit
c_f : spezifische Wärmekapazität der Flüssigkeit
T_0 : Referenztemperatur (z. B. Umgebungstemperatur oder Anfangstemperatur

Die Energiebilanz im porösen Medium wird auf ein endliches repräsentatives Elementarvolumen (REV) bezogen. Dieses gedachte Volumen umfasst so viele Poren und Bodenteilchen, dass stabile Mittelwerte erhalten werden. Die Variablen und Koeffizienten werden auf den Mittelpunkt dieses REV bezogen. Das Resultat der Mittelungsprozedur über das REV lautet [1] für homogene gesättigte Medien, ohne Berücksichtigung von thermischen Quellen und Senken:

(3)

$$C_m \cdot \frac{\partial T}{\partial t} = C_m \cdot D \cdot \nabla^2 T - C_f \cdot \nabla \cdot (\vec{q} \cdot T)$$