Zeitschrift: Badener Neujahrsblätter

Herausgeber: Literarische Gesellschaft Baden; Vereinigung für Heimatkunde des Bezirks Baden

Band: 41 (1966)

Artikel: Experimente zur Hydrologie der Badener Thermen

Autor: Schumacher, Ernst

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-322916

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: 20.08.2025

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

Experimente zur Hydrologie der Badener Thermen

Die Probleme der Herkunft der Badener Thermen haben den Verfasser seit dem Bezirksschulalter begeistert. Er las damals Arbeiten von P. Haberbosch, später von A. Heim, A. Hartmann und schließlich die ausführliche Monographie von U. Münzel. Mehr den experimentellen als den beschreibenden Naturwissenschaften zugeneigt, beeindruckte ihn der Vorschlag von Haberbosch und Hartmann, die «Müsern-Plateau-Hypothese» (und andere) durch Versuche zu prüfen. Falls das Wasser den Thermen durch die aufgeschlossenen Muschelkalkschichten in der Gegend des Schwabenbergs zugeleitet würde, so könnte man dies nach Anregung der beiden Autoren durch Versickernlassen von Sole auf den Müsern und analytische Kochsalzbestimmung im Thermalwasser nachweisen. Derartige Experimente gehören zum zunftgemäßen Werkzeug der Hydrologen und sind schon häufig bei der Abklärung von Grundwasserläufen eingesetzt worden.

In den letzten fünfzehn Jahren erhielten die Erdwissenschaften eine ganze Reihe neuer Hilfsmittel, worunter der Einsatz oder Nachweis von radioaktiven und stabilen Isotopen ungeahnt wichtige Resultate lieferte. Viele Naturfreunde wissen, daß es gelang, in fast jedem Mineral eine radioaktive Uhr zu entdecken, womit das Mineralalter ermittelt werden kann. Dem qualitativen geologischen Kalender vermochten die Isotopengeologen derart beinahe lückenlos einen solchen in Jahren zuzuordnen. Durch geschickte Auswertung der Kenntnisse über Isotopenaustauschvorgänge ist ein geologisches Thermometer erfunden worden, das die Entstehungstemperaturen von Sedimentmineralien und Fossilien auf wenige Zehntel Grad genau zu bestimmen gestattet. Man weiß jetzt, welche Temperaturen und jahreszeitlichen Klimaschwankungen zur Zeit der Jurameere herrschten. Daß schließlich jedes Lebewesen eine Radiokohlenstoffuhr besitzt, die nach dem Tod abzulaufen beginnt und gegen 50 000 Jahre lang «geht», ist ein weiterer Meilenstein der Isotopengeologie.

Neben Engrammen der Zeit und der Temperatur enthält aber jede Form von Materie Hinweise über ihre Herkunft und Einzelheiten ihrer «Geschichte». Dies trifft auch für Wasser in jedem Aggregatzustand und Vorkommen zu. Die Bestimmung der Sauerstoff- und Wasserstoffisotopenverhältnisse ergibt zum Beispiel die Entstehungsbedingungen eines Hagelkornes oder erlaubt zu entscheiden, ob eine Quelle vulkanischen oder meteorischen Ursprungs ist.

Unsere Experimente betreffen Messungen des Tritiumgehaltes im Thermalwasser. Die Niederschläge und alle Oberflächengewässer enthalten dieses radioaktive Wassertoffisotop. Es entsteht in der Stratosphäre durch Kernreaktionen zwischen den Bestandteilen der Luft und der kosmischen Strahlung in einer mittleren Menge von 20 Tritiumatomen pro Minute und Quadratzentimeter Erdoberfläche. Diese Atome gelangen durch vertikale Strömungen in die unteren Atmosphärenschichten und bilden dort mit dem Sauerstoff Wasser. Jeder Tropfen Regenwasser enthält etwa 10 000 Tritiumatome, eine verschwindend kleine Menge, die etwa 5 Tritiumatomen auf eine Trillion (10^{18}) Wasserstoffatome entspricht. Die dadurch verursachte Radioaktivität ist klein, da die mittlere Lebensdauer eines Tritiumatoms 18 Jahre beträgt. In einem Liter Regenwasser zerfällt durchschnittlich jede Sekunde nur ein Tritiumatom. Eine raffinierte Technik vermag heute noch Bruchteile dieser Radioaktivität recht genau zu messen. Tritiumhaltiges Wasser kann somit durch seine Radioaktivität leicht nachgewiesen werden, so daß es die bestmögliche «Markierung» von Wasser darstellt. In allen für die Hydrologie bedeutsamen Eigenschaften verhält sich dieses markierte Wasser genau wie gewöhnliches Wasser, während zum Beispiel eine Kochsalzlösung beim Einsickern in poröses Gestein und Durchlaufen unterirdischer Reservoirs in mehrfacher Hinsicht verändert werden kann. Darüber hinaus vermag eine Messung des Tritiumgehaltes das «Alter» von Wasser zu bestimmen. Wasser, das zu einem Zeitpunkt der Oberflächenzirkulation entnommen wird, verliert durch radioaktiven Zerfall seinen Tritiumgehalt. Nach 12,3 Jahren ist er auf die Hälfte, nach 24,6 Jahren auf einen Viertel usw. abgesunken. Man hat auf diese Weise die Ehrlichkeit der Etiquette auf alten Weinen objektiv überprüfen können!

Seit 13 Jahren gibt es für Tritium neben der reinen Mutter, der kosmischen Strahlung, noch eine unreine: die thermonukleare Bombe. Während das natürliche Tritiuminventar der ganzen Erde etwa 30 kg beträgt[1], hat jede große Testexplosion der Amerikaner, Engländer und Russen je etwa eine ebensogroße Menge hinzugefügt. Dies führte zu einem vorübergehenden starken Anstieg des Tritiumgehaltes im Regen, in Seen, Flüssen und sogar im Meer. So enthielt 1960 das Limmatwasser zwanzigmal mehr Tritium als vor 1954. Im Spätherbst 1961 und anfangs 1962 fanden die letzten großen Testserien der Russen und Amerikaner statt. Als Folge davon stieg der Tritiumgehalt des Regens unserer Gegend vom Januar 1962 an sprunghaft auf über den hundertfachen natürlichen Wert, siehe Figur 1[2].

Dies ist nun genau die Situation, die dem Indikatorexperiment von Haberbosch und Hartmann entspricht. Der starke Anstieg des Tritiumgehaltes im

Regen muß sich nach einer Zeit, die man bestimmen kann, im Thermalwasser widerspiegeln, falls die Thermen von jungem Oberflächenwasser gespiesen werden. Da wir den Ort nicht auslesen können, auf den der tritiumreiche Regen fällt, ergibt dieses Experiment freilich keinen Aufschluß über die Herkunft des Quellwassers, wohl aber interessante Einblicke in die Hydrologie der Thermen. Als weiteres Resultat können genaue Angaben erhalten werden, ob der Haberbosch-Hartmannsche Versuch überhaupt Aussicht hat, ein eindeutiges Ergebnis zu liefern.

Etwa 1957 entstand zwischen dem Glaziologen A. Renaud † (Lausanne), dem Physiker H. Oeschger (Universität Bern) und dem Verfasser (Universität Zürich) eine Arbeitsgemeinschaft zur Bestimmung von Tritium in Gletschern, die in der Folge an Eismaterial aus zwei Grönlandexpeditionen spannende Resultate über die Grönländische Eiskappe und über die natürliche Tritiumproduktion zurück bis 1910 sammeln konnte. In diesem Zusammenhang wurde am Institut des Verfassers und im Physik-Institut der Universität Bern mit Unterstützung des Schweizerischen Nationalfonds die komplizierte Apparatur zur Tritiumanreicherung und -Messung aufgebaut[3]. So standen denn alle Hilfsmittel zur Verfügung, als die thermonuklearen Testexplosionen 1961/62 die Voraussetzungen für ein lohnendes Experiment über die Badener Thermen ergaben. Herr Dr. U. Münzel ließ sich rasch von der einmaligen Gelegenheit zum Einsatz eines neuen Forschungsmittels für ein altes Problem begeistern und versorgte uns vom November 1961 an allwöchentlich mit einer Probe aus der Bären-Kesselquelle[4]. Wegen der Vordringlichkeit des Forschungsprogrammes über Grönland dauerte es bis Herbst 1963, als Herr Franz Gasser beim Verfasser seine Diplomarbeit mit den Tritiummessungen an den Thermalwasserproben begann und im Frühling 1964 abschloß. Der Zeitraum der fünfzehn gemessenen Proben umfaßt November 1961 bis und mit September 1962. Die Fortsetzung der Messungen steht noch aus, so daß heute erst ein Teilresultat des Experimentes zur Verfügung steht, das aber bereits unerwartete Einblicke gewährt, über die hier berichtet sei.
Figur 2 gibt die Resultate von F. Gasser wieder. Der Tritiumgehalt wird in den üblichen Tritiumeinheiten (TE): Anzahl Tritiumatome pro Trillion Wasserstoffatome, aufgetragen. Die Meßwerte sind auf ± 8 Prozent genau. Die Meß-Serie stellt erst ein grobes Netz über den Verlauf eines Jahres dar mit einem durchschnittlichen zeitlichen Abstand zwischen zwei Proben von drei Wochen. Es fällt sofort auf, daß etwa die Hälfte der Proben einen recht konstanten Wert zwischen 6 und 8 TE aufweisen. Die übrigen Proben zeigen anfangs 1962 einen starken Anstieg des T-Gehaltes, der, nach einem vorüber-

gehenden Minimum im Mai, Ende Juli ein Maximum von 17,8 TE erreicht und dann bis Ende September wieder abfällt.
Vergleicht man diese Daten mit Figur 1, so ergeben sich mehrere bedeutsame Folgerungen:
1. Innerhalb des Zeitraumes der Messungen stellt sich keine abrupte Aenderung des T-Gehaltes ein, wie sie etwa durch die Speisung der Thermen mit rezentem Regen zu erwarten gewesen wäre. Insbesondere ist es sicher, daß sich der tritiumreiche Regen vom Januar 1962 entweder bis Ende September noch nicht im Erguß auswirkt oder dann nur in außerordentlich verdünnter Form, siehe unten.
2. Der T-Anstieg von November 1961 bis Mai 1962 und bis zum Maximum Ende Juli folgt ganz parallel und ohne merkliche zeitliche Verzögerung, wenn auch stark gedämpft, dem Verlauf des T-Gehaltes von Regenwasser in unserer Gegend. Daraus ist zu schließen, daß die Bären-Kesselquelle einen Anteil ganz «jungen» Wassers (Alter ca. 0–2 Monate nach Niederschlag) enthält.
3. Der mittlere T-Gehalt über alle Proben beträgt 10 TE, derjenige der ungefähr konstanten tieferen Hälfte der Proben nur 7 TE. Das ist außerordentlich wenig, verglichen mit Limmatwasser, das am 9. Januar 1959 46 TE, am 6. April 1960 96 TE und seit Ende 1961 noch höhere Gehalte bis gegen 200 TE aufwies. Damit ist bewiesen, daß der größte Teil, das heißt über 90 Prozent des Bären-Kesselwassers mehrere Jahre alt ist. Vor der ersten großen Wasserstoffbombe 1954 enthielt Regenwasser unserer Gegend ca. 10–15 TE. Wasser mit 7 TE im Jahre 1962 würde 1950 ca. 14 TE ergeben haben, so daß wir auf ein mittleres Alter von 10–12 Jahren kommen. Das Ergebnis von 7 TE könnte jedoch auch zustandekommen durch Mischung von sehr altem Wasser (über 50 Jahre) mit etwa 5 Prozent jungem Wasser von 0–3 Jahren.
4. Die merkwürdig sprunghaften Aenderungen etwa zwischen den Proben anfangs und Ende März sowie anfangs und Ende Juli und Mitte August lassen sich am einfachsten erklären durch kleine Mengenverschiebungen im Betrag von wenigen Prozenten im Anteil des jungen Wassers. Nach allen bisherigen Untersuchungen über die Badener Thermen[5] ist es durchaus möglich, daß etwa 5 Prozent «Wildwasser» aus der Limmat oder dem mit ihr kommunizierenden Grundwasserstrom dem Quellwasser «zusitzt». Dieser Anteil hängt natürlich empfindlich vom Pegelstand ab, der, als Folge von Niederschlägen, Trockenperioden oder Wehröffnung am Wettinger Stausee, kurzfristigen Schwankungen unterworfen ist. Er braucht nicht für alle Quellen gleich groß zu sein.
Mit diesen Ueberlegungen sind die wesentlichen Ergebnisse der Meßreihe

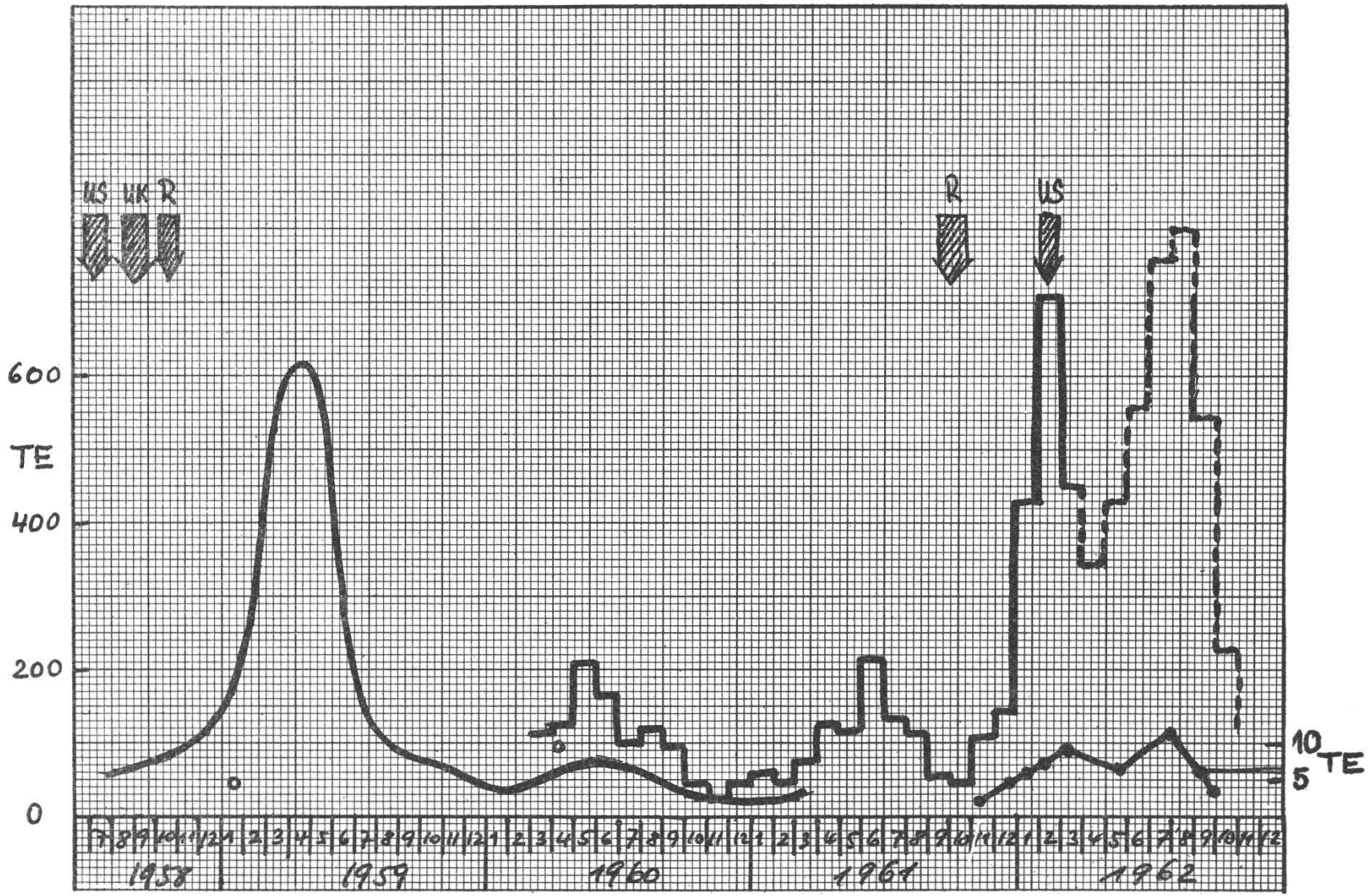
gedeutet. Es wäre verlockend, eine viel umfassendere Untersuchung aller Quellen vorzunehmen, Korrelationen mit dem Limmat- und Grundwasser-Tritiumgehalt zu suchen und dies über längere Zeit fortzusetzen. Der Betrieb eines Tritiumlaboratoriums ist jedoch recht kostspielig, kommt doch eine Messung auf etwa 500 Franken zu stehen[6]. Ein großer Teil fällt auf Lohnkosten für sorgfältig auszuführende Routinearbeit. Diese könnte vielleicht von interessierten Kantonsschülern übernommen werden, wodurch sich das Projekt als bedeutender Beitrag zur lokalen Naturgeschichte aufwandmäßig sicher verantworten ließe.

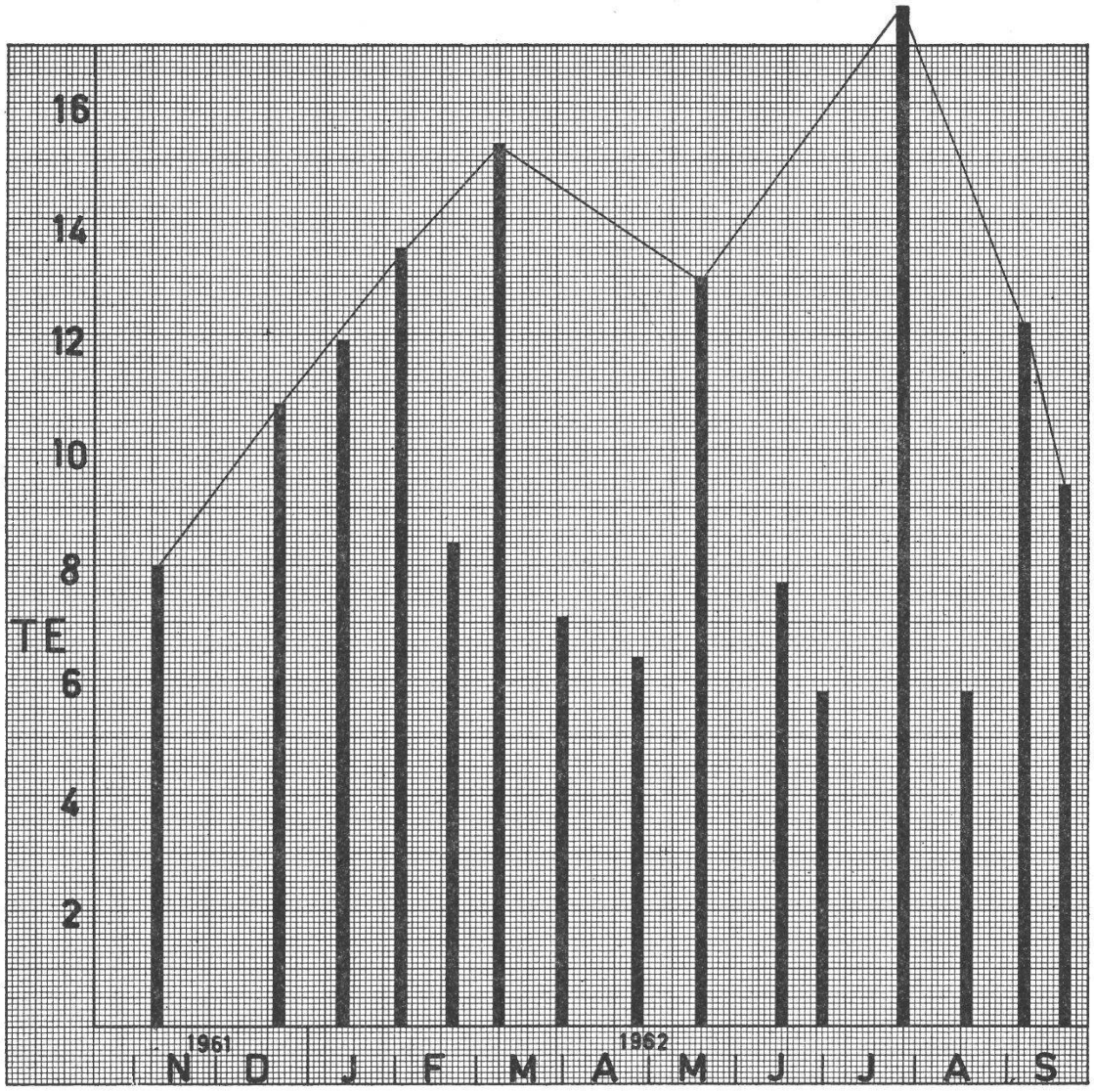
Zum Schluß sei der Haberbosch-Hartmannsche Vorschlag im Lichte dieser neuen Erkenntnisse diskutiert. Wir kamen zum Ergebnis, daß mindestens 90 Prozent des Wassers der Bären-Kesselquelle minimal 10 Jahre alt ist. Wenn wir das auf den Gesamterguß verallgemeinern, so folgt daraus ein Reservoir der Thermen von mindestens vier Millionen Kubikmetern! Der mittlere Gehalt an Chloridionen beträgt 1,15 g/Liter. Damit ein Chloridkonzentrationsstoß analytisch eindeutig nachgewiesen werden kann, müßte er wegen der natürlichen Schwankungen im Chloridgehalt mindestens + 0,1 g Chlorid/Liter betragen. Dazu wäre aber eine einmalige Zufuhr von mindestens 700 Tonnen Kochsalz oder das Versickernlassen von 2000 Tonnen gesättigter Sole (200 Tankwagen) auf dem Müsernplateau nötig! Wenn man den Versuch statt mit Kochsalz mit einer künstlichen Tritiumlösung ausführte, ergäbe sich die folgende Bedingung: Ein Tritiumstoss von + 50 TE würde sicher auffallen. Dieser ließe sich durch Injektion von nur einem Kubikzentimeter Wasser mit dem Gehalt von einem Curie Tritium erreichen! Das ist eine Tritiummenge, mit der heute viele Physiker, Chemiker und Biologen täglich und ohne erhebliche Gefahr umgehen und die nur ein paar Franken kostet. Mit diesem Mittel könnte man demnach viele der vermuteten Herkunftsorte des Thermalwassers ohne Mühe markieren. Dies sollte unbedingt versucht werden.

Es besteht freilich der Verdacht, daß ein derartiges Experiment kein Ergebnis zeitigen würde. Falls nämlich, wie oben unter 3. vermutet, das Wasser des

Figur 1 ▶

Tritiumgehalt im Regen zwischen 1958 und 1962. Glatte Kurve: Messungen von Gat et. al. in Israel. Stufenzug: Messungen von Roether et. al. in Heidelberg. Kreise: Limmatwasser. Streckenzug mit Punkten (zugehöriger Ordinatenmaßstab zehnmal größer am rechten Rand): Tritiumgehalt der Bären-Kesselquelle minus 6 TE. Die Pfeile deuten den Zeitpunkt thermonuklearer oberirdischer Testexplosionen an. US Amerikanische, UK Englische, R Russische. 1 TE = Tritiumeinheit = Anzahl Atome T auf 10^{18} H-Atome.


US
UK
R
R
US
600
TE
400
200
0
10
5
TE
7 8 9 10 11 12 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
1958
1959
1960
1961
1962



Figur 2
Tritiumgehalt der Bären-Kesselquelle zwischen November 1961 und September 1962.

Reservoirs im Mittel noch viel älter als 10 Jahre ist, dann wäre Tritium kein geeigneter Indikator, ja dann gäbe es überhaupt keine geeigneten Indikatoren. Das Rätsel der Badener Thermen müßte mit anderen Mitteln gelöst werden. Als solche bieten sich Beobachtungen über die natürliche Radioaktivität der Quellen und über die Verhältnisse der stabilen Isotope des im Quellgas vorhandenen Heliums, des Sauerstoffs und Wasserstoffs des Wassers und des Schwefels im Sulfat an. Sehr altes Wasser, im Sinne des Tritiumhaushaltes also über 50jähriges Wasser, ist noch nicht gleichbedeutend mit iuvenilem Wasser, dem «Urgesteinswasser» vulkanischen Ursprungs. Man hat bisher weder in Thermen noch in Geysirs im Yellowstone-Park oder auf Island noch in vulkanischen Dampfausbrüchen derartiges jungfräuliches Wasser aus dem

Erdinnern gefunden[7] (im Gegensatz zu den Lehrbüchern der Geologie, in denen das iuvenile Wasser immer bald zur Hand war, um merkwürdige Naturerscheinungen zu deuten!). Es ist deshalb sehr unwahrscheinlich, daß das Badener Thermalwasser «vulkanisches» Wasser enthält, wenn auch seine hohe Temperatur durchaus mit vulkanischer Tätigkeit verbunden sein kann.

Ernst Schumacher

[1] F. Begemann & W. F. Libby, Geochim. cosmochim. Acta *12,* 277 (1957).

[2] Die Daten dieser Figur entstammen: Glatte Kurve: J. R. Gat, U. Karfunkel & A. Nir, Weizmann Institute of Science, Rehovoth, Israel, mitgeteilt in Proc. of the Symp. on Tritium in the Physical & Biological Sciences S. 47, Int. Atomic Energy Agency, Wien 1962.

Stufenzug: G. Israel, W. Roether & G. Schumann, J. Geophys. Research *13,* 3771 (1963) nach Regenmessungen in Heidelberg, die für das Schweizer Mittelland durchaus Gültigkeit haben. Punkte: E. Schumacher, siehe (3).

[3] E. Schumacher: Zur Geochemie VII. Aufarbeitungsanlage für Tritium in natürlichem Wasser, Helvetica chim. Acta *43,* 1019 (1960).

F. G. Houtermans & H. Oeschger, Helvetica physica Acta *28,* 464 (1955); *31,* 117 (1958).

H. Oeschger, A. Renaud & E. Schumacher, Essai de dadation par le Tritium des couches de névé du Jungfraufirn et détermination de l'accumulation annuelle, Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat. *68,* 49 (1962).

H. Oeschger, A. Renaud† & E. Schumacher, Messungen der Tritiumaktivität in Proben des grönländischen Inlandeises, Meddelelser om Gronland, im Druck.

[4] Herrn Dr. U. Münzel möchten der Verfasser und F. Gasser herzlich für diese Zusammenarbeit danken.

[5] Die meisten Daten über die Badener Thermen sind der Monographie von U. Münzel: Die Thermen von Baden, Baden 1947, entnommen. Angaben über die Ergußmengen von 1958 bis 1962 sind vom städtischen Bauamt Baden verdankenswerterweise vermittelt worden.

[6] Dem Schweizerischen Nationalfonds sei für die Unterstützung dieser Arbeiten gedankt (Projekt A 92).

[7] Vgl. H. Craig & G. Boato, Annual Rev. of Physical Chemistry *6,* 407 (1955); neuere Tritiumdaten: W. F. Libby: Tritium in Geophysics, S. 5 in Proc. of the Symp. on Tritium in Geophysical Research, Wien 1962.