

Über den Versickerungsbeiwert in Karstgebieten Höhlenforschung im Dienste der Wasserversorgung

Von Hubert Kessler (Budapest)

In der Geschichte der Höhlenforschung ist eindeutig erkennbar, daß ein durch amtliche Unterstützung bedingter Aufschwung nur dann zu erkennen ist, wenn außer der rein wissenschaftlichen Bedeutung auch der *praktische, wirtschaftlich nutzbare* Wert einzelner Höhlen oder Karstgebiete erwiesen wurde.

Ich möchte hier nur auf die wasserwirtschaftlichen Probleme, z. B. die Frage der Zu- und Abflußverhältnisse des slowenischen Karstes, hinweisen, zu deren Lösung die Höhlenforscher zu Ende des vorigen Jahrhunderts bedeutende staatliche Unterstützung bekamen. Auch der Einbau der Postojnska jama (Adelsberger Grotte) in den Fremdenverkehr machte die finanzielle Hilfe der Höhlenforschung möglich.

Nach dem Ersten Weltkrieg ist es der volkswirtschaftlichen Nutzung des Höhlenphosphates in der Drachenhöhle zu verdanken, daß die Bedeutung der Höhlenforschung, der Schutz und Nutzung der Höhlen in Österreich gesetzlich gesichert, ein Speläologisches Institut und eine Lehrkanzel für Speläologie gegründet wurde. Die Höhlenforschung bekam so ihre damalige amtliche Anerkennung und Unterstützung in Österreich.

Ähnlich waren auch die diesbezüglichen Verhältnisse in Ungarn, aber leider mit einiger Verspätung. Allerdings gaben die Paläolithfunde im Bükk-Gebirge schon anfangs des Jahrhunderts den Anlaß zur Unterstützung der rein wissenschaftlichen (prähistorischen, paläontologischen, biologischen) Forschungen, aber die Erforschung, Erschließung unbekannter Höhlen oder Höhlenteile blieb weiterhin Privataufgabe einzelner Forscher oder unbemittelter Vereine, die die nötigen finanziellen Mittel aus eigenem decken mußten.

Erst nach dem Zweiten Weltkrieg änderte sich die Lage zu Gunsten der Höhlenforschung. Dies können wir dem verdanken, daß die Schwerpunkte der in den Fünfzigerjahren begonnenen Industrialisierung auf unsere Karstgebiete fielen, wo die nötige Wasserversorgung nur durch das in größerer Tiefe vorhandene Karstwasser gesichert werden konnte. Zu den diesbezüglichen karsthydrologischen Forschungen mußten die Erfahrungen und die Mitarbeit der Höhlenforscher einbezogen werden, die dann die nötige Anerkennung und finanzielle Unterstützung für speläologische Forschungen bekamen, was die Entdeckung und Erschließung mehrerer Großhöhlen ermöglichte. Es konnten auch die wissenschaftlichen Methoden zur Erschließung noch unbekannter Höhlen und unterirdischer Wasserläufe entwickelt werden. Hier möchte ich nur kurz über die zur Kenntnis des Versickerungsanteiles, bzw. der unterirdischen Wasserbilanz in Karstgebieten beitragenden Forschungen berichten.

Im Jahre 1949 wurde im Rahmen des damaligen Hydrographischen Instituts (später Forschungsinstitut für Wasserwirtschaft) unter Leitung des Verfassers eine Abteilung für Quellen- und Karstwasserforschung gegründet. Mitarbeiter, Ingenieure und Geologen waren größtenteils passionierte Höhlenforscher.

Eine der ersten Aufgaben war die Erfassung sämtlicher bedeutender Quellen des Landes, die systematische Messung ihrer Schüttung, Temperatur und

Ionenkonzentration (elektrische Leitfähigkeit). Aufgrund der Änderung dieser Faktoren wurde eine Verlässlichkeitsqualifikation eingeführt, die zur praktischen Nutzung dieser Quellen nötig war. Natürlich zeigten sich die Karstquellen wegen den großen Schwankungen sehr unverlässlich für Wasserversorgung. Aber eben auf diese Karstquellen wurde die Wasserversorgung der Siedlungen und Betriebe in den Karstgebieten ursprünglich geplant. Die durch systematische Messungen nachgewiesene Unverlässlichkeit der Quellen bedingte eine Umplanung auf eine sichere Grundlage, wo die wechselnden Niederschlagsverhältnisse sich nicht so unmittelbar auf die Wasserversorgung auswirkten.

Dies gab den Gedanken, die benötigte Wassermenge durch tief unter den Karstwasserspiegel geteufte Schächte aus dem gespeicherten, sogenannten statischen Karstwasser zu gewinnen. Es mußte aber der Grundsatz beachtet werden, daß der natürliche unterirdische Wasserhaushalt, die Wasserbilanz, auf längere Zeit nicht gestört werden darf. Der Karstwasserspiegel darf also durch diesen künstlichen Eingriff nur übergangsweise, bei Trockenperioden, gesenkt werden. Dauernd kann nur eine solche Wassermenge aus den künstlichen Karstschächten gehoben werden, die durch den natürlichen, niederschlagbedingten Zufluß gesichert ist. Der Karstwasserspiegel unterliegt also gewissen Schwankungen, doch muß darauf geachtet werden, daß er, über größere Zeiträume gesehen, keine sinkende Tendenz zeigt. Dies wäre der Fall, wenn die Entnahme den natürlichen, durch Versickerung des Niederschlages gesicherten Ersatz überschreiten würde.

Um eine solche Störung des unterirdischen Karstwasserhaushaltes zu vermeiden, ist die Kenntnis des versickernden Niederschlages von größter Bedeutung.

In der früheren Fachliteratur finden wir verschiedene Werte zwischen 20 und 40 Prozent, die jedoch nicht genauer begründet wurden. Maillot (1) bringt eine Formel für den Zusammenhang zwischen Quellschüttung, Niederschlag und Einzugsgebiet:

$$Q = n \cdot N \cdot F$$

in der Q die Jahresschüttung, n ein von der Oberfläche abhängiger Faktor, N die jährliche Niederschlagshöhe und F die Größe des Einzugsgebietes ist. Dieser Auffassung nach bliebe also der Versickerungsanteil konstant und die Quellschüttung, bzw. die versickernde Niederschlagsmenge sei linear mit der Niederschlagshöhe.

Unsere seit Jahrzehnten vorliegenden Messungen unterstützten jedoch diese Auffassung nicht und bewiesen, besonders bei Karstquellen, einen auffallenden Widerspruch. Bei einer der größten Karstquellen Ungarns (Tettye-Quelle bei Pécs/Fünfkirchen) z. B. betrug die Jahresschüttung 1947 bei 524 mm Jahresniederschlag 1772 000 m³. Im Jahre 1949 sank die Schüttung trotz des höheren Niederschlages (534 mm) auf 175 000 m³, also den zehnten Teil! Im ersten Fall war der Versickerungsanteil 67 %, im zweiten 7 %. Ähnliche Widersprüche wurden auch bei anderen Karstquellen gemessen. Ein konstanter Versickerungsanteil, ein linearer Zusammenhang zwischen dem jährlichen Niederschlag und Versickerung ist also zu bezweifeln.

Die Erklärung dieser scheinbaren Widersprüche finden wir, wenn wir die jahreszeitliche Verteilung des Niederschlages untersuchen. Im oben erwähnten Fall fielen 1947 in den ersten vier Monaten 269 mm, d. h. 52 %, im Jahr 1949 jedoch nur 64 mm, also 11,5 % des ganzen Jahresniederschlages. Diese Werte, also das in Prozenten ausgedrückte Verhältnis des Niederschlages in den ersten vier Monaten zum Jahresniederschlag ist für die jährliche Versickerung ausschlaggebend und wurde deshalb *maßgebender Niederschlagsanteil* genannt. Die geringere Wirkung des in den späteren, wärmeren Monaten gefallenen Niederschlages hängt mit der bedeutenden Evapotranspiration in der Vegetationsperiode zusammen, was von Müller-Delitzsch (2) ausführlich erörtert wurde.

Die weiteren Untersuchungen ergaben noch, daß auch die Niederschlagsverhältnisse der *letzten vier Monate des Vorjahres* berücksichtigt werden müssen. Der maßgebende Niederschlagsanteil muß noch im positiven oder negativen Sinne mit einer Korrektionskonstante korrigiert werden. Diese Konstante hängt von der in Prozenten ausgedrückten Abweichung des Niederschlages dieser Monate vom langjährigen Durchschnittswert ab. Auf empirischem Wege wurden folgende Werte festgestellt:

Tab. 1:

Korrektionsprozent	Korrektionskonstante
0– 5	0
6–15	1
16–25	2
26–35	3
36–45	4
46–55	5
56–60	7
61–65	10
66–70	13
70<	15

Die graphische Darstellung (Abb. 1) zeigt schließlich die Korrelation zwischen dem korrigierten maßgebenden Niederschlagsanteil und dem Versickerungsanteil (in Prozenten ausgedrückt).

Der *langjährige durchschnittliche* monatliche Versickerungsanteil wurde mit folgenden Werten bestimmt:

Januar	50 %
Februar	73 %
März	123 %
April	65 %
Mai	47 %
Juni	27 %
Juli	20 %

August	18 %
September	15 %
Oktober	12 %
November	24 %
Dezember	51 %

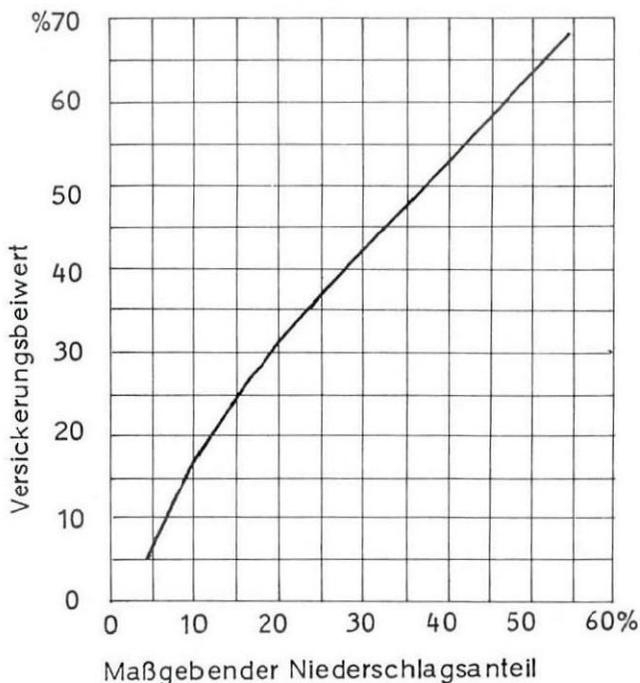


Abb. 1

Es muß noch erwähnt werden, daß die angeführten Werte voraussichtlich nur für das vegetationstragende Mittelgebirge gültig sind. Im Hochgebirge muß mit größeren Versickerungsbeiwerten gerechnet werden. Die im Monat März festgestellte über hundertprozentige Versickerung ist mit der Schmelze des in den vorigen Monaten gefallenen Schnees zu erklären.

Das angeführte Verfahren wurde erstmalig 1957 beim Internationalen hydrologischen Kongreß in Toronto erörtert (3) und dann von D.J. Burdon in Griechenland kontrolliert und angewendet (4). Die Aufgabe war, den Wasserhaushalt des 1774 km² großen Parnassos-Ghiona-Karstgebietes zu untersuchen, doch standen in dem 96 km² großen Einzugsgebiet der Lilaia-Quellengruppe nur 14jährige Meßreihen zur Verfügung. Hier wurde aufgrund des bekannten

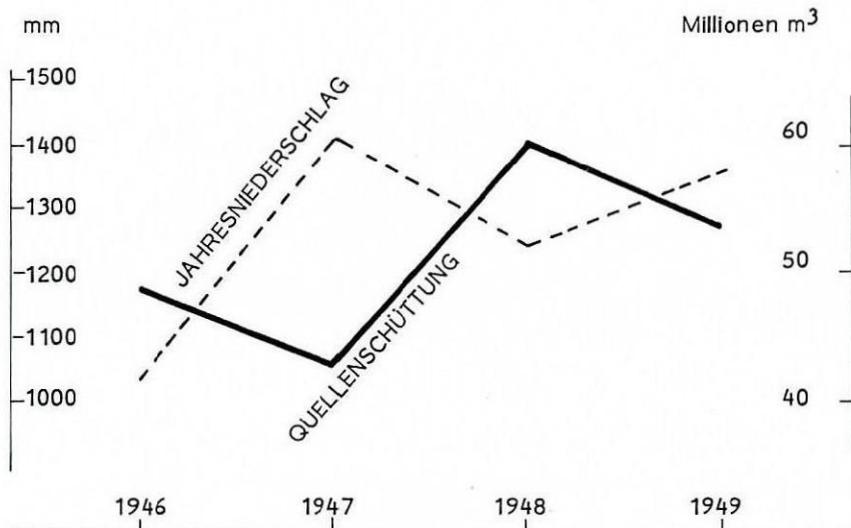


Abb. 2: Jahresschüttung der Rax-Schneeberg-Quellen (NÖ) und Jahresniederschlag.

Niederschlag und der Quellenschüttung der durchschnittliche Versickerungsbeiwert mit 51,6% bestimmt. Der Beiwert wurde dann nach unserem oben beschriebenen Verfahren berechnet und es ergaben sich 50,7%, was Burdon in seinem Bericht als „überraschend gute Übereinstimmung“ („surprisingly good harmony“) bezeichnet.

Zu einer weiteren Kontrolle und Bestätigung halfen die in den Jahren 1946 bis 1949 gemessenen Schüttungen der Rax- und Schneebergquellen, deren Ganglinien ganz gegensätzlich zu den damaligen Jahresniederschlägen verlaufen (Abb. 2). Der nach unserer Methode berechnete versickerte Niederschlag zeigt eine auffällige Parallelität mit der Quellenschüttung (Abb. 3). Die Größe des Einzugsgebietes berechneten wir – ohne Ortskenntnis – mit 116 km². Später erfuhr ich (durch persönlichen Kontakt mit Prof. Dr. Hubert Trimmel), daß das Einzugsgebiet aufgrund morphologischer Kriterien mit 123 km² bestimmt wurde. (Karst und Höhlen in Niederösterreich.)

Eine ähnliche Kontrolle war uns bei der Berechnung des Einzugsgebietes einer der größten deutschen Karstquellen, des Blautopfes, möglich. Aus den uns zur Verfügung gestellten Schüttungs- und Niederschlagsdaten (1947 bis 1951) ermittelten wir das damals noch unbekannte Einzugsgebiet mit 169 km². Einige Jahre später bestimmte H. Binder – ohne Kenntnis unserer Berechnungen – aufgrund hydrographischer und morphologischer Überlegungen und Triftversuche die Größe des Einzugsgebietes mit 175 km², was einem Fehler von nur vier Prozent entspricht! (5).

Die monatlich verschiedenen Versickerungsbedingungen in Karstgebieten wurden auch in Höhlen durch Messung der Tropfintensität untersucht.

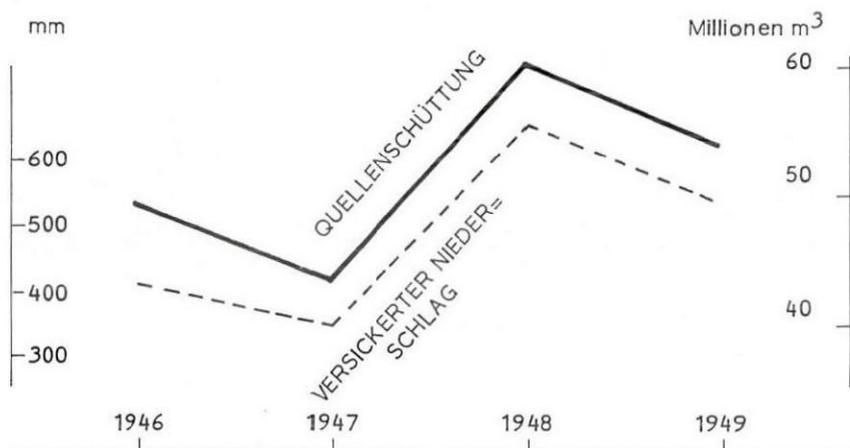
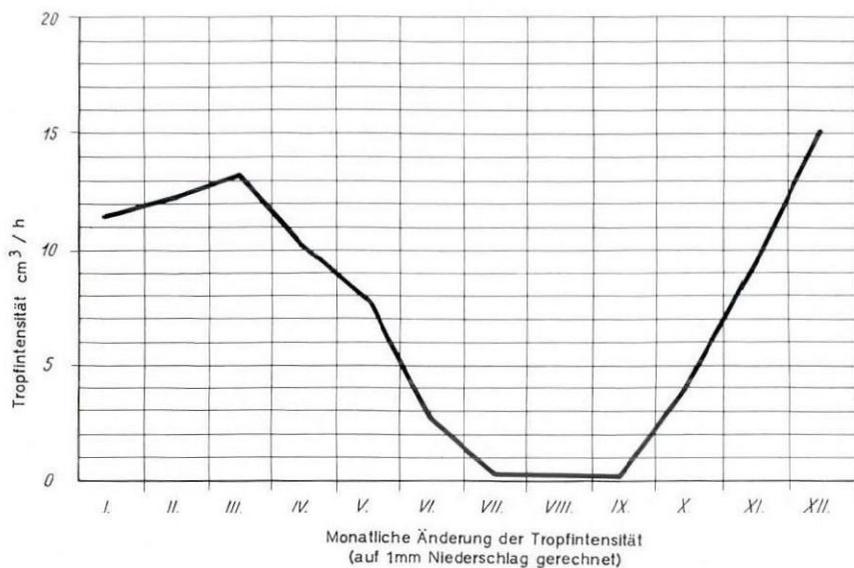


Abb. 3: Jabresschüttung der Rax-Schneeberg-Quellen und nach maßgebendem Niederschlagsanteil berechneter versickertes Niederschlag.



Monatliche Änderung der Tropfintensität
(auf 1mm Niederschlag gerechnet)

Abb. 4



Abb. 5: Der Verfasser in der karsthydrologischen Beobachtungsstation der St.-Ivan-Höhle bei Budapest.

sucht. Die unter Tropfstellen montierten Ombrographen registrierten laufend die Tropfintensität ($\text{cm}^3/\text{Stunde}$). Es wurde dann berechnet, welche Änderung ein Millimeter Niederschlag in den vorherigen fünf Tagen veranlaßte. In der graphischen Darstellung der sechsjährigen Durchschnittswerte (Abb. 4) ist der Einfluß der Vegetationsperiode auf die Versickerung in Karstgebieten klar ersichtlich.

Bei dieser Gelegenheit möchte ich noch erwähnen, daß die für wasserwirtschaftliche Ziele notwendigen systematischen Messungen der Karstquellen und Höhlenflüsse neue Erkenntnisse lieferten, die den Höhlenforschern die Möglichkeit gaben, auf die Größe der noch unbekanntenen wasserführenden Höhlen zu schließen. Wenn z. B. bei großen Schüttungsschwankungen nur eine geringe Änderung der Ionenkonzentration bemerkbar ist, dann ist ein größeres Profil wahrscheinlich. Ein wasserführendes *enges* Spaltensystem wird bei erhöhter Schüttung ganz ausgefüllt, das mit den Wänden in Berührung kommende Wasser löst auf einer größeren benetzten Fläche das Gestein und erhöht die — mit elektrischen Messgeräten leicht meßbare — Ionenkonzentration des Wassers.

Aufgrund solcher Messungen und deren Auswertungen wurde z. B. die Kossuth-Höhle in Nordungarn theoretisch lokalisiert und später mit Hilfe eines künstlichen Stollens erschlossen.

Literatur:

- (1) *Maillot*: Essais d'hydrauliques souterrain. Paris.
- (2) *Müller-Delitzsch* (1955): Zur Frage der wasserwirtschaftlichen Bedeutung des Waldes. Wasserwirtschaft — Wassertechnik 5. Jg., 1955, H. 1.
- (3) *Kessler, H.* (1957): Estimation of subsurface water resources in karstic regions. Gentbrugge 1958. (Ausgabe des Int. Hydrologen-Kongresses Toronto 1957).
- (4) *Burdon, D.J.* (1961): Methods of Investigating the Groundwater Resources of the Parnassos-Ghiona Limestones. Intern. Assoc. Sci. Hydr., Vol. 57, 1961, S. 143—159.
- (5) *Binder H.* (1960): Niederschlag, Abfluß und Verdunstung im Gebiet des Blautopfes in den 35 Abflußjahren von 1925 bis 1959. Jber. und Mitt. oberrh. geol. Ver. 1960, S. 63—75.

Anschrift des Verfassers: Dr. geol. ing. Hubert Kessler, Hermánd utca 10/b, H-1112 Budapest.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Die Höhle](#)

Jahr/Year: 1984

Band/Volume: [035](#)

Autor(en)/Author(s): Kessler Hubert

Artikel/Article: [Über den Versickerungsbeiwert in Karstgebieten
Höhlenforschung im Dienste der Wasserversorgung 191-198](#)