

Entwicklung und Anwendung der Sporentrift

Von J. ZÖTL (Graz)

Die Verwendung von Bärlappsporen (*Lycopodium clavatum*) zur Verfolgung eines unterirdischen Karstwasserweges wurde uns zuerst durch zwei Veröffentlichungen von A. MAYR (1953, 1954) bekannt. A. MAYR wies nach einem Vorversuch am Gimbach (Offenseegebiet, Oberösterreich) durch die Einspeisung von 8 kg Bärlapppulver in eine Schwinde des Gosausees den Wiederaustritt der hier versinkenden Wasser im Waldbachursprung (Dachsteingebiet) nach. Er bezeichnete diese Untersuchungsmethode als „ein völlig neues Verfahren zur Verfolgung unterirdischer Wasserläufe“ (1954) bzw. den „erstmalig“ gelungenen Versuch, einen unterirdischen Wasserlauf mit Hilfe von pflanzlichen Sporen zu verfolgen (1953). Ich habe in späteren Publikationen (1957, 1959) nochmals auf diese vermeintliche Priorität von A. MAYR hingewiesen. J. VORNATSCHER (1962) hat jedoch eindeutig belegt, daß schon 1926 G. TIMAEUS u. a. die Verwendung von *Lycopodium*sporen als Triftstoff durchaus geläufig war.

Die Bedeutung einer Methode hängt aber nicht zuletzt auch davon ab, wieweit sie sich für neue Fragestellungen als vorteilhaft erweist. Bis vor etwa zehn Jahren wurden in den Karstgebieten des alpinen Raumes die Markierungsmittel zur Verfolgung der unterirdischen Karstgerinne vor allem zur Lösung örtlicher Probleme herangezogen, d. h. zum Nachweis des Zusammenhanges einer Schwinde mit einer oder mehreren Quellen bzw. zur Abklärung des Einzugsgebietes einer Quelle (meistens zwecks deren Nutzung).

Eine ganz andere, viel weiter gespannte Problemstellung liegt in der Absicht, den Entwässerungsmechanismus eines Gebirgsstockes in seiner Gesamtheit zu erfassen. Den ersten Versuch dieser Art hat in den Alpen meines Wissens F. DOSCH 1955 im Massiv des Hochschneeberges durchgeführt. Durch die Einspeisung von 9,5 kg Uranin in eine zentral gelegene Doline auf der Hochfläche wurden faktisch alle in den Talbereichen um das Massiv auftretenden Quellen betroffen und die komplexe unterirdische Entwässerung des verkarsteten Gebirgsstockes erwiesen. Damit rückten aber schlagartig zwei neue Gesichtspunkte

in den Vordergrund: Erstens die Schlußfolgerung, daß auch lokale Fragen eine wirklich erschöpfende Lösung nur im Rahmen der Abklärung der Entwässerungsverhältnisse des Gesamtraumes finden können. Wir werden diesen Schluß im folgenden noch durch ein praktisches Beispiel bestätigt sehen. Die zweite Konsequenz liegt auf einer ganz anderen Ebene. Seitdem die „Hydrographie des Karstes“ von O. LEHMANN (1932) erschienen war, hatte sich dessen Lehre von der Vielfalt völlig „selbständiger Gefäße“ innerhalb eines verkarsteten Gebirgskörpers faktisch kritiklos durchgesetzt. Die ganzheitliche Untersuchung eines Gebirgsmassivs gibt die Möglichkeit, diese grundsätzlichen Fragen der Karsthydrologie neu aufzurollen.

Nun stößt die Anwendung von Farbstoffen für solche umfassende Versuche auf nicht unerhebliche Schwierigkeiten. Es läßt sich in einem großen Bereich kaum vermeiden, daß Trinkwasserfassungen betroffen werden. Weiters war bis zur Anwendung der Aktivkohle der Personalaufwand allein für die Beobachtung ein sehr erklecklicher (F. DOSCH benötigte für die Probenahme 15, für den Gesamtversuch 26 Personen für zirka 23 Tage).

Bezüglich dieser hemmenden Faktoren brachte die Sporentrift eine ideale Verbesserung, nämlich vereinfachte Quellenbeobachtung und Unsichtbarkeit des Triftstoffes. Dazu bot sich ein weiterer Vorteil, der bisher von keinem Markierungsmittel in diesem Ausmaß erreicht wurde, die Möglichkeit des Einsatzes desselben Stoffes in verschiedenen Farben. Nachdem das Problem des Färbens der Lycopodiumsporen gelöst war — eine übrigens keineswegs einfache Weiterentwicklung der Methode, die im Rahmen unseres Forschungsprogrammes Herrn Dr. M. DECHANT zufiel (vgl. den Bericht von M. DECHANT in diesem Band und M. DECHANT 1959) —, bot sich die Möglichkeit der gleichzeitigen Beschickung von mehreren Einspeisungsstellen unter denselben hydrologischen und meteorologischen Bedingungen mit verschieden gefärbten Sporen ohne erhöhten Aufwand für die Beobachtung. Für jede Untersuchung eines größeren Gebietes wurde diese Möglichkeit der gleichzeitigen Einspeisung in mehrere Schwinden zu einem wirklichen Fortschritt, der die umfassende Abklärung der karsthydrologischen Probleme eines Raumes entscheidend begünstigte.

Bereits 1956 hat sich der Einsatz gefärbter Lycopodiumsporen zur Abklärung der unterirdischen Entwässerung des östlichen Dachsteinmassivs hervorragend bewährt (J. ZÖTL 1957). Die Einspeisung in eine zentral und vier peripher am Plateaubereich gelegene Schwinden erbrachte den Beweis für die komplexe unterirdische Entwässerung dieses Karstmassivs und den Nachweis für die vorteilhafte Anwendung der Sporentriftmethode zur Klärung großräumiger Probleme. Seit diesem Einsatz nimmt die Sporentrift neben den anderen Markierungsmethoden in Karstgebieten eine bevorzugte Stellung ein. Außer den bereits genannten augenscheinlichen Vorteilen der Methode bezüglich

Beobachtung und visueller Unbedenklichkeit ist noch die Bedeutung für die hygienische Fragestellung zu betonen. Der Durchgang von Lycopodiumsporen bedeutet auch den Nachweis offener Wege für Keime jeder Art.

Damit deuten sich aber auch die Grenzen dieser Methode bereits an. Der Umstand, daß es sich um feste Triftkörper handelt, verlangt offene Fugen im theoretischen Ausmaß von wenigstens über Sporengröße (ϕ ca. 35μ), in Wirklichkeit größer. Alle feinklastischen Sedimente (Sande, Tone, Schotter mit Ausnahme von Grobschottern ohne Sand) seihen die Sporen ab, desgleichen die Verwitterungsschwarte und die Bodenkrume. Damit ist die Anwendung der Methode praktisch auf Karstgebiete beschränkt, wengleich auch in geklüfteten Sandsteinen schon positive Versuchsergebnisse erzielt wurden. Negative Versuchsergebnisse bedürfen aber stets einer vorsichtigen Beurteilung. Dafür ein praktisches Beispiel:

Im Sommer 1957 wurden mehrere Schwinden am Tauplitz-Seenplateau (nördliche Steiermark) mit gefärbten Lycopodiumsporen beschickt. Die in durchschnittlich 1600 m Seehöhe ausgeprägte Plateaustufe der Tauplitzalm ist dem Massiv des Toten Gebirges im Süden vorgelagert und tektonisch durch eine große Störung vom Hauptmassiv getrennt. Hauptsächlich aus Dolomiten und Kalken aufgebaut, finden sich im Bereiche der Seen aber auch eingeklemmte Reste von Werfener Schiefen. Die Abflüsse der Seen verschwinden in offenen Ponoren. Während der Einsatz der Sporen in den Abfluß des Kraller Sees und in eine Doline bei der Bergstation des Liftes aufschlußreiche Ergebnisse brachte, blieben die Beschickung des Groß-See-Abflusses zur Gänze und die Beschickung der Steyrer-See-Schwinde im wesentlichen negativ. Von letzterer konnten wohl geringe Sporenmengen in Quellen am Südfuß des Massivs nachgewiesen werden, doch war offensichtlich, daß der Hauptdurchgang nicht erfaßt worden war (vgl. V. MAURIN & J. ZÖTL 1964).

Die Begründung für diesen Mißerfolg war in zweifacher Richtung zu suchen. Zunächst darin, daß aus finanziellen Gründen die Beobachtung auf die Quellen im Süden und Osten des Toten Gebirges, also auf den weiteren Bereich um die Tauplitzalm beschränkt werden mußte. Es blieb damit offen, ob etwa in den großen Quellbezirken im Norden des Massivs Sporen ausgetreten waren. Die zweite Unsicherheit lag im Charakter der Quellen des Salzafusses unmittelbar nordnordwestlich unter dem Groß-See. Diese zirka 500 Höhenmeter unter dem Ponor des Groß-See-Abflusses liegenden Quellen stoßen aus einer mächtigen Schutt- und Grundmoränendecke des Talbodens auf und zeigten bei späteren Schüttungsbeobachtungen im Vergleich zu anderen Karstquellen des Gebietes stark abgeschwächte Schüttungsschwankungen und vor allem eine wesentliche Verzögerung derselben. Die austretenden Wassermengen (im Sommer durchschnittlich 300 l/s) lassen aber

keinen Zweifel darüber, daß ihr Einzugsgebiet weit über den Bereich des Talbodens hinausgreift. Die Vermutung lag nahe, daß das unbefriedigende Ergebnis der Beschickung der Steyrer-See-Schwinde in erster Linie auf den zu eng gezogenen Beobachtungsbereich, der negative Ausgang der Einspeisung in die Groß-See-Schwinde in erster Linie auf die von den nahegelegenen Salzaquellen durchfahrenen Locker-sedimente zurückzuführen waren.

Es ist begreiflich, daß über fehlgeschlagene Versuche nur wenige Publikationen vorliegen. Dies ist sowohl in der Befürchtung eines Prestigeverlustes begründet, als auch in der Annahme, daß ein negatives Ergebnis nicht erwähnenswert sei. Nicht selten ist es jedoch so, daß gerade aus negativen Versuchen wesentliche Erfahrungen gewonnen werden, die durchaus einer Veröffentlichung würdig wären.

Im Sommer 1960 konnte nun durch V. MAURIN und den Verfasser eine Aufnahme aller großen Quellbezirke um das Massiv des Toten Gebirges durchgeführt werden, der im Juni 1961 ein groß angelegter kombinierter Sporentrift- und Färbeversuch folgte (V. MAURIN & J. ZÖTL 1964). Das Ergebnis bestätigte die vermuteten Ursachen der früher negativen Teste. Schwierig war übrigens die Dosierung des Farbstoffes, da die Wasserversorgung eines großen Fremdenverkehrszentrums einzukalkulieren war.

Das Ergebnis dieser bislang ausgedehntesten Versuche im nordost-alpinen Karst (unterirdische Triftwege über 30 km Luftlinie) bringt zwei grundlegende Schlußfolgerungen:

1. Gerade in Karstgebieten ist auch die befriedigende Lösung einer Detailfrage sehr oft nur durch die Abklärung der Entwässerungsverhältnisse des Gesamtraumes zu erwarten. Gerade für Fragen der Versorgungswasserwirtschaft kann die Beschränkung auf eine zunächst billigere, räumlich beschränkte Untersuchung letzten Endes teuer bezahlt werden müssen.

2. Die größten Erfolgsaussichten für die Untersuchung von Problemen einer großräumigen unterirdischen Entwässerung liegen in der Anwendung kombinierter Einsätze von Markierungsmitteln.

Die Kombination des Einsatzes verschieden gefärbter Lycopodiumsporen mit der Einspeisung von Uranin ist durch den zuerst von J. R. DUNN und W. B. WHITE eingeführten und beschriebenen, dann von H. PALOC, F. HRIBAR, F. BAUER u. a. angewandten vereinfachten Uraninnachweis durch Aktivkohle derzeit die aussichtsreichste Methode für erfolgreiche Großversuche im Karst unter denkbar günstigen wirtschaftlichen Bedingungen.

Eine quantitative Auswertung des eingesetzten und wieder nachgewiesenen Markierungsgutes läßt bislang die Anwendung der Sporentrift nicht zu, wenngleich durch den Übergang von bisher verwendeten Planktonnetzen aus Seidengaze zu kleinmaschigeren Netzen aus Kunst-

stoff eine wesentlich erhöhte Sporenausbeute mit sich brachte. Die von F. BAUER durchgeführten Versuche zeigten weiters, daß die Kunststoffnetze sowohl gegen die mechanische Beanspruchung als auch gegen den Insektenbefall wesentlich resistenter sind als die Seidennetze. Gerade diese neuen Erfahrungen erweisen, daß auch der Weiterentwicklung der Sporentrift keineswegs die Tore verschlossen sind und auch diesbezüglich der Fachtagung nicht nur die Aufgabe der Illustration, sondern auch jene der Anregung zu neuen Gedanken zukam.

Literatur

- BAUER, F., J. ZÖTL & A. MAYR: Neue karsthydrographische Forschungen und ihre Bedeutung für Wasserwirtschaft und Quellschutz. Wasser und Abwasser 1959.
- DOSCH, F.: Färbeversuch Hochschneeberg 1955. Gas/Wasser/Wärme, **10**, 1/2, 1956.
- LEHMANN, O.: Die Hydrographie des Karstes. Enzykl. d. Erdkunde, 6b, Wien 1932.
- MAURIN, V. & J. ZÖTL: Die Untersuchung der Zusammenhänge unterirdischer Wässer mit besonderer Berücksichtigung der Karstverhältnisse. Steirische Beiträge zur Hydrogeologie, 1959, Graz 1959.
- MAURIN, V. & J. ZÖTL: Karsthydrologische Untersuchungen im Toten Gebirge. Österr. Wasserwirtschaft **16**, 5/6, Wien 1964.
- MAYR, A.: Blütenpollen und pflanzl. Sporen als Mittel zur Untersuchung von Quellen und Karstwässern. Anz. math.-natw. Kl., Öst. Ak. Wiss. Wien 1953.
- MAYR, A.: Neue Wege zur Erforschung von Quellen und Karstwässern. Mitt. Höhlenkomm., **1953**, 1, Wien 1954.
- VORNATSCHER, J.: Einige Bemerkungen zur Sporentrift. „Die Höhle“, **13**, 4, Wien 1962.
- ZÖTL, J.: Neue Ergebnisse der Karsthydrologie. Erdkunde, **9**, 2, Bonn 1957.

Summary

Spore-d drifting is an example of how a nearly forgotten method of tracing subterranean waters can gain importance by further development and by a change in putting the problems. In the case of spore-d drifting the decisive steps were the fast dyeing of the lycopodium spores and their employment in the elucidation of large-scale problems. In the light of negative experimental results those conditions which must be especially considered in practical spore-d drifting are pointed out. It appeared that the combined use of different tracers can be particularly useful in the application of this method. Comparative experiments showed, however, that the simultaneous employment of different tracers raises new problems. The large-scale experiments conducted during the Conference are also intended to determine the different times of passage of the several tracers.

Résumé

Les spores utilisées comme traceur peuvent servir d'exemple pour prouver quelle importance peut connaître, grâce à une évolution continue et quand on ne cesse pas de poser des questions nouvelles, une méthode qu'on a presque oubliée pour le marquage des eaux souterraines. En ce qui concerne les spores traceuses, les faits décisifs furent la coloration durable des spores de *Lycopodium* et leur emploi pour résoudre des problèmes de grande envergure. En se rapportant à des résultats négatifs d'expériences, l'accent sera mis sur les conditions qui doivent être considérées tout particulièrement quand on se sert de spores traceuses. Il se révéla que justement dans cette méthode l'emploi combiné de traceurs différents peut avoir une importance particulière. Que l'emploi simultané de traceurs différents pose des problèmes nouveaux, c'est ce qui fut démontré par des expériences comparatives. Les vastes essais en cours durant le congrès auront pour but, de démontrer combien de temps mettent les différentes matières de marquage pour parcourir leur chemin.