

Versickerung — Versinkung — Versenkung, nur eine nomenklatorische Frage?

Von R. HOHL (Halle/Saale, DDR)

Im Jahre 1975 wurde von A. BURGER und L. DUBERTRET für die „Kommission für Hydrogeologie des Karstes“ der International Association of Hydrogeologists der Band „Hydrogeology of Karstic Terrains“ herausgegeben. Als Anhang enthält dieser Band ein mehrsprachiges Wörterbuch der Karsthydrogeologie, in dem J. ZÖTL **Versickerung** wie folgt definiert:

„Jedes natürliche Verschwinden von Oberflächenwasser in den verkarsteten Untergrund.“ Im einzelnen unterscheidet man verschiedene „Grundtypen der Karstwasserversickerung“, die hier nicht angeführt werden sollen. Ähnlich erfolgt die Definition in französischer, englischer, spanischer, italienischer, russischer und jugoslawischer (serbokroatischer) Sprache. Die Begriffe „Perte karstique“, „Karstic loss“, „Perdida karstica“, „Perdita carsica“ u. a. im Sinne von Karstwasserverlust (S. 171) erscheinen dabei neutral, ebenso wie der Begriff „Infiltration“. Das trifft für den deutschen Begriff „Versickerung“ jedoch nicht zu, weil wir die beiden Termini „Versickerung“ und „Versinkung“ verwenden. Der Entwurf für ein Fachwörterbuch „Hydrogeologie“ vom 1. September 1965 (Redakteur: H. GERHARDY), das zum AIH-Kongreß 1965 in Hannover (BRD) vorgelegt wurde, kennt ebenfalls nur den Begriff „Versickerung“ und setzt ihn mit Infiltration gleich. Dagegen unterscheiden DIN 4049 Gewässerkunde, Teil I (Fachausdrücke und Begriffsbestimmungen, BRD), der Fachbereichsstandard TGL 92-007, Gruppe 720 (Wasserwirtschaft und Gewässerkunde — Fachausdrücke und Begriffserläuterungen, DDR) sowie das „Ingenieurgeologische Wörterbuch“ (Berlin 1964) **Versickerung** und **Versinkung**.

Versickerung: Eindringen von Wasser durch Poren und enge Hohlräume in das Erdreich.

Versinkung: Eindringen von Wasser durch weite Hohlräume in das Erdreich.

Sickerwasser: In Poren und engen Hohlräumen des Erdreichs unter dem Einfluß der Schwerkraft sich abwärts bewegendes unterirdisches Wasser, soweit es nicht als Grundwasser zu bezeichnen ist.

Sinkwasser: In weiten Hohlräumen des Erdreichs sich abwärts bewegendes Wasser, soweit es nicht als Grundwasser zu bezeichnen ist.

Bereits W. KOEHNE hatte zur AISH-Tagung im September 1939 in Washington „Versickerung“ (I. Bd. Nr. 168) als „Verschwinden von oberirdischem Wasser durch Eindringen in den Boden“ (auch Verlust aus im Boden liegenden Leitungen) von „Versinkung“ (Nr. 170) als „schnelle Versickerung von Wasser in Gesteinsklüften, wobei es nicht filtriert wird“ getrennt und ebenso „Sickerwasser“ als „in merklicher Abwärtsbewegung befindliches unterirdisches Wasser“ (Nr. 146) und „Sinkwasser“ als „Sickerwasser, das in weiten Hohlräumen unter dem Einfluß der Schwerkraft schnell abwärts sinkt“ (Nr. 147). Ähnlich hat er das auch später in seiner „Grundwasserkunde“ (1949, S. 26) getan. Damit ist also bereits vor rund 40 Jahren von W. KOEHNE und ebenso später in den Normen bzw. Standards die Versickerung von Niederschlagswasser in Poren (Sand,

Kies, poröser Sandstein) von Versinkung in erweiterte Klüfte, Spalten und andere Trennfugen unterschieden worden. Es ist dabei unerheblich, ob die Infiltration in einen verkarsteten Untergrund, in Pseudokarstgebieten bzw. in Klüfte von Magmatiten, nicht verkarstungsfähigen Sedimenten oder Metamorphiten erfolgt. Entscheidend ist die Geschwindigkeit der Infiltration und damit die Art der Wasserbewegung. Dabei kann durchaus aus einer Versickerung von Niederschlagswasser, z. B. in Kiessanden der Talauen, ein Versinken werden, wenn die Alluvionen von spaltenreichen Festgesteinen unterlagert werden, z. B. in der Elsteraue bei Gera (Thüringen), wo Grundwasser aus den jungen Schottern der Elster in den stark klüftigen Plattendolomit des Oberen Zechsteins übertritt, sich darin fortbewegt und im Bereich einer Störung an undurchlässigen paläozoischen Schiefergesteinen staut (Unterkarbon in Kulmfazies), um als Quelle aufzusteigen (W. HOPPE 1952, S. 33; vgl. Fig. 1).

R. KELLER (1962) spricht von Sickerwasser (S. 253), das sich unter dem Einfluß der Schwerkraft nach unten bewegt, aber bei der Darstellung der Bedeutung der Reliefenergie für den Abfluß auch von „Versinkung“ (S. 398). G. KELLER (1969, S. 199) erwähnt bei der Henne-Talsperre im östlichen Sauerland „Schwinden (Versickerungs- und Versinkungsstellen) in mitteldevonischen Kalksteinen“ und nennt beim Grundwasserschutz „Versickerung, Versinkung, Versenkung und Auslaugung“. H. SCHNEIDER (1973, S. 41) kennt „Versickerung“ und „Versinkung“, die er unterscheidet. So sagt er z. B., daß dem Versinken von Wasser in verkarstete Kalke und Dolomite oft ein Versickerungsvorgang in Schottern der Talauen vorangeht, wie das o. a. Beispiel bei Gera zeigt.

In neuerer Zeit hat W. KÄSS (1969, S. 216/217) in seiner verdienstvollen bibliographischen Zusammenstellung zur „Versickerung der oberen Donau zwischen Immendingen und Fridingen (Südwestdeutschland)“ die Frage angeschnitten, ob es in diesem Falle „Versinkung“ oder „Versickerung“ heißen müsse. Er vertritt dabei die Auffassung, daß sich Versickerung auf Flüssigkeiten und damit

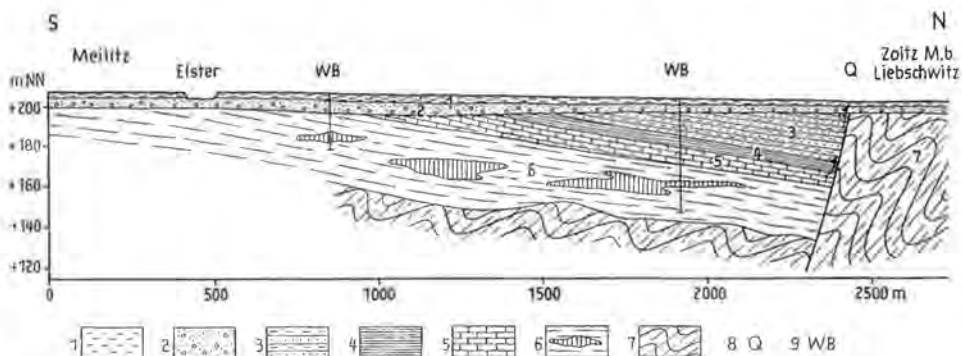


Fig. 1: Süd-Nord-Schnitt in der Aue der Weißen Elster oberhalb von Gera (DDR), nach W. Hoppe, umgezeichnet. Holozän: 1 — Auelehm; 2 — Flußschotter (kiesige Sande und Kiese); Buntsandstein: 3 — Unterer Buntsandstein (feinkörnige Sandsteine mit tonigen und schluffigen Lagen wechselnd); Zechstein: 4 — Obere Zechsteinletten (feinsandig-schluffige Schichten); 5 — Plattendolomit; 6 — Untere Zechsteinletten mit Einschaltungen von Gips; Unterkarbon: 7 — Tonschiefer und Grauwacken, gefaltet und geschiefert; 8 — Q: Quelle (aufsteigende Verwerfungsquelle); 9 — WB: Wasserbohrungen.

auf Wasser beziehe und nur „feste Körper versinken“ könnten¹, schränkt aber seine Darlegung insofern selbst ein, wenn er sagt, daß „die Anwendung dieses oder jenes Begriffes weiterhin Geschmackssache bleiben werde“. W. Käss zieht den Begriff „Versickerung“ vor (z. B. 1973). Dieser Meinung kann m. E. nicht zugestimmt werden. Im übrigen müßte von philologischer Seite geklärt werden, ob tatsächlich nur feste Körper „versinken“ können. Sprachlich wäre „Versickern“ und „Versinken“ sicher besser als „Versickerung“ und „Versinkung“. Sofern sich im wissenschaftlichen Sprachgebrauch bestimmte Begriffe eingebürgert haben, die bestimmte Vorgänge eindeutig beschreiben bzw. definieren, sollte man m. E. nicht dogmatisch sein. Jede Sprache entwickelt sich dynamisch weiter, auch in der Wissenschaft der Gegenwart. Wer hätte beispielsweise vor rund zehn Jahren daran gedacht, daß aus „ocean floor spreading“ im Deutschen der Begriff „Ozeanbodenzergleitung“ entstehen würde?

Versickerung und Versinkung in der Literatur

Ist bei W. KOEHNE (1939) zu beanstanden, daß er Versinkung als „schnelle Versickerung“ definiert und damit selbst nicht zur Klarheit beiträgt, anstatt von einem schnellen Eindringen (Infiltration) von Wasser in den Untergrund zu sprechen, so zeigt eine Nachprüfung der älteren Literatur, daß die Begriffe Versickerung und Versinkung immer wieder durcheinandergehen und daß selbst ein und derselbe Autor für ein und dasselbe Phänomen beide Begriffe nebeneinander anwendet. Besonders lehrt die umfangreiche Literatur über die obere Donau das eindringlich².

Bereits A. KNOP (1875, S. 943; 1878, S. 362) spricht u. a. davon, daß das „Donauwasser versinkt und das Aachwasser entspringt“, und erwähnt „Versinkungsspalten“. M. GUGENHAHN (1899) nennt in seiner Arbeit die Infiltration „Versickerung der Donau“, in einer zweiten im gleichen Jahre spricht er aber vom „Versinken des Donauwassers“. Bei K. ENDRISS heißt es im allgemeinen für den Vorgang konsequent „Versinkung“ (1900, 1906, 1907, 1908, 1920, 1921, 1922, 1929), einmal aber auch „Versickerung“ (1908), bei E. FRAAS (1905) „Versickerung“. In späterer Zeit nennen A. BAADER, R. HENNING, E. LEDERLE, A. LUDIN, J. L. WILSER, W. SPITZ, K. SCHNARRENBERGER, W. DEECKE, K. KÖBLER, K. SCHMIDT, K. MEZ, L. ERB u. a. den Vorgang „Donauversinkung“ (A. BAADER 1920 auch einmal „Donauversickerung“), während „Versickerung“ seltener auftritt, vor allem in Artikeln in Tageszeitungen und in populären Schriften, aber auch bei dem Heidelberger Hydrogeologen F. RÖHRER (1930, S. 130, 132, 144), der andererseits aber in der gleichen Arbeit „Versinkungsstellen“ (S. 134) angibt bzw. von einem „zeitweisen völligen Versinken“ oder von „Vollversinkung der Donau“ (S. 141) spricht. In seiner Zusammenfassung (S. 148/49) nennt F. RÖHRER das Problem einmal „Donauversinkung“, wenige Zeilen später aber „Donauversickerung“.

¹ Im Ingenieurbau versteht man unter „Versinken“ den unter dem Einfluß der Schwerkraft sich vollziehenden Vorgang des teilweisen oder auch völligen Untertauchens von Festkörpern (Dämmen, Häusern und sonstigen Kunstbauten) in einen nicht tragfähigen Baugrund (K. KEL, 1954, S. 275), d. h., eine Erscheinung der Setzung von Bauwerken, die hier nicht zur Diskussion steht.

² Für die im folgenden zitierte Literatur über die obere Donau vgl. W. Käss 1969.

In der historischen Abhandlung über das Karstgrundwasser liest man bei D. PFEIFFER (1963) wiederholt „Versinkung“.

V. MAURIN & J. ZÖTL (1959) wenden in ihrer grundlegenden Arbeit über die „Untersuchung der Zusammenhänge unterirdischer Wässer mit besonderer Berücksichtigung der Karstverhältnisse“ nur den Begriff „Versickerung“ an (S. 21, 79, 86), nachdem J. ZÖTL (1958, S. 107) vorher Versickerung und Versinkung nebeneinander gebraucht hatte. In seiner „Karsthydrogeologie“ (1974) spricht er nur von „Versickerung“ (S. 203, 236) bzw. „Donauversickerung“ (S. 65, 203 ff.). W. RICHTER & R. WAGER erwähnen im „Lehrbuch der angewandten Geologie“ (Band 2. 2, Hydrogeologie 1969, S. 1380) „Versickerung“ — z. T. „Versinkung“ in Karstgebieten bzw. (S. 1449) „sickerndes und fließendes Wasser“ und einen „versickernden bzw. versinkenden Niederschlagsanteil“.

G. W. BOGOMOLOV (1958, S. 32) erklärt bei der Erörterung der Infiltrationstheorien „die Bildung des Grundwassers durch Versickerung (Infiltration) der Niederschläge in den Boden“. Das könnte scheinen, als ob der Autor, zumindest in der deutschen Übersetzung seiner Hydrogeologie, die Infiltration immer mit „Versickerung“ gleichsetzte und den Begriff „Versinkung“ nicht verwendete. Bei der Beschreibung des Karstwassers tritt aber bei ihm auch der Terminus „Versinkung“ auf (S. 132). M. E. sollte man zweckmäßig Versickerung und Bewegung des durch Versickerung entstandenen Grundwassers von Versinkung und Strömen des Grundwassers in Kluftgrundwasseraquifer unterscheiden. Über die Grundwasserströmung sagt G. W. BOGOMOLOV folgendes (S. 130): „Wenn große tektonische Brüche und Abschnitte mit intensiver tektonischer Zerklüftung vorhanden sind, kann das Grundwasser die Form von Strömen annehmen, die gleichsam in Rohren oder offenen Kanälen fließen, in welchen die Bewegung mit erhöhter Geschwindigkeit nach Gesetzen vor sich geht, die sich von den Gesetzen der Wasserbewegung in lockerem, körnigem Gestein scharf unterscheiden.“ Ebenso aber sind Versickerung und Versinkung unterschiedliche Vorgänge, die im allgemeinen zur unterirdischen Strömung in Porenaquifer bzw. in Spalten-(Kluft-)grundwasserleitern führen. Daher kann auch der Definition von H. MURAWSKI (1972, S. 224) nicht zugestimmt werden, der Versickerung als Einsickerung von atmosphärischem Niederschlag in den **Poren- und Spaltenraum** der Gesteine definiert und Versinkung nur als Bezeichnung für verstärkten Wasserverlust von Oberflächengewässern durch Abströmen in Schlucklöcher und Spalten des **Flußbettes** (z. B. Donauversinkung) ansieht.

Gleiten und Strömen

Je trockener und durchlässiger eine Bodenart ist, um so größer ist die Versickerung, d. h., daß schon ein sehr geringer und ohne Kornanalyse megaskopisch nicht erkennbarer kleiner Anteil an schluffigen oder tonigen Korngrößen oder Komponenten in Sanden die Infiltration erheblich einschränkt. Darauf haben besonders W. KOEHNE und nach ihm H. SCHNEIDER mehrfach hingewiesen. Schon DARCY (1859) hatte erkannt, daß sich das Grundwasser in Sanden, Kiesen, ebenso aber auch in den feinen Haarrissen der festen Gesteine laminar bewegt und das in seiner bekannten Gleichung (Darcysches Gesetz) ausgedrückt.

Der **laminare** Fließzustand ist ein Gleiten, bei dem sich alle Flüssigkeitsteilchen in nebeneinanderliegenden Schichten bewegen und sich nicht ver-

mischen. Dieses Gleiten tritt nur bei kleinen Strömungsgeschwindigkeiten auf, außerdem in sehr zähen Flüssigkeiten und in sehr glatten Röhren (K. F. BUSCH 1956, S. 225). Wo in festen Gesteinen, ganz unabhängig davon, ob es sich um verkarstungsfähige oder um nicht verkarstungsfähige Festgesteine handelt, Niederschlagswasser eindringt, erfolgt das über die vorhandenen sedimentären oder tektonischen Trennflächen. Daher ist der Unterschied zwischen dem hydraulischen Verhalten des Grundwassers in Karst- bzw. in anderen Gesteinen mit Klüften, Spalten usw. im Prinzip gering, worauf G. MATTHESS (1970, S. 89) mit Recht hingewiesen hat. Bei vielen Sandsteinen z. B. spielen die Porenräume und die Trennfugen für die Wasserdurchlässigkeit eine unterschiedliche Rolle, wenn auch meist, z. B. im Buntsandstein der germanischen Trias, die Trennfugendurchlässigkeit weit bedeutender ist und die Gesteinsdurchlässigkeit im allgemeinen nur wenige Prozent (drei bis fünf bzw. selten bis um 20%) beträgt (U. HAUTHAL 1967, S. 405; G. MATTHESS 1970, S. 31/32). Bei anderen Festgesteinen wie Graniten, Quarziten, Gneisen, Granuliten u. a. bestimmen, sofern nicht eine tiefreichende Vergrusung die Gesteine aufgelockert hat und sie dann praktisch Porengrundwasseraquifer darstellen, allein die Trennfugen die hydrologischen Eigenschaften, was G. MATTHESS (1970) besonders betont hat. Das deckt sich mit den Erfahrungen aus anderen Gebieten. K. H. HEITFELD (1965, S. 11/12) sowie H. J. DÜRBAUM, G. MATTHESS & D. RAMBOW (1969, S. 259) trennen daher also die Trennfugendurchlässigkeit von der Gesteinsdurchlässigkeit (Durchlässigkeit, die durch die Porenräume bedingt ist) ab. Beide zusammen bestimmen in den festen Gesteinen die Wasserwegsamkeit und Gebirgsdurchlässigkeit, was man lange nur ungenügend beachtet hat.

Im Gegensatz zum laminaren, schichtigen Fließzustand steht das Strömen in offenen Gewässern, in Höhlenflüssen und ebenso in großen, weiten Trennfugen, d. h. also auch in Spalten. Beim Strömen mischen sich die einzelnen Flüssigkeitsteilchen durcheinander, so daß ein **turbulenter** Fließzustand zustande kommt. Die Grundwasserbewegung wird von der Größe der Öffnung der Trennfugen und ihrer vertikalen aber auch horizontalen Verteilung bestimmt. G. MEIER & F. REUTER (1974) haben daher von einem „hydraulisch wirksamen Kluftkörper“ gesprochen und sich bemüht, Methoden zu einer quantifizierenden Beschreibung zu ermitteln.

Die Frage nach der Bedeutung der Korrosion als chemische Auflösung bzw. Zerstörung von Gesteinen, insbesondere der leicht löslichen Kalksteine, Salzgesteine einschließlich Gips, dazu Efforiation oder Druckerosion als Erosion unter hohem Wasserdruck und mechanischer Erosion des strömenden Wassers, hat in der Karsthydrographie wiederholt Beachtung gefunden, so bei O. LEHMANN (1932), dessen Ansichten unter Beachtung der Erkenntnisse von A. BÖGLI (1969) J. ZÖTL (1974) widerlegt hat. Dazu ist folgendes zu sagen: Solange die Wasserbewegung langsam als laminares Gleiten auf Haarrissen und nicht erweiterten Klüften oder Schichtfugen vor sich geht, kommt es im Zusammenhang mit der Verweildauer des Wassers, besonders in verkarstungsfähigen Gesteinen, zu Lösungsvorgängen (Korrosion), die zu einer allmählichen Erweiterung der Trennfugen führt. Damit aber muß sich die Fließgeschwindigkeit erhöhen, der Fließzustand wird turbulent und ist nicht mehr ein laminares Gleiten wie zuvor. Das aber bedeutet zugleich eine Zunahme der mechanischen Erosion. Ja, diese kann bei ausreichender Erweiterung der Spalten zum entscheidenden Faktor werden, während die chemischen Lösungsvorgänge (Korrosion) dann eine geringere Rolle spielen, auch wenn in der phreatischen Zone

durch die Mischung verschieden harter Wässer diese als „Mischungskorrosion“ i. S. von A. BÖGLI weiter von Bedeutung ist. J. ZÖRL (1974, S. 8) möchte im Karst dem turbulenten Fließen eine weit höhere Lösungstätigkeit zuschreiben als dem Zustand des laminaren Gleitens. Dem ist durchaus zuzustimmen; nur sollte man die physikalisch-mechanische Wirkung des strömenden Wassers dabei nicht ganz vernachlässigen. Beweise für erosive Vorgänge sind die zahlreichen näpfchen- oder rippelförmigen Gebilde an den Wänden der Spalten und Hohlräume, die als **Fließfacetten** (scallops) bezeichnet werden und besonders im Gipskarst, aber ebenso auch im Karbonatkarst beobachtet wurden. Nach R. L. CURL (1973)¹ geben sie durch scharfe Kanten und Spitzen im Bereich herauspräparierter dolomitischer Einlagerungen in Kalksteinkomplexen zugleich Auskunft über Fließrichtung und Fließgeschwindigkeit des unterirdischen Wassers. Im ganzen dürften sich die Wirkungen von Mischungskorrosion und mechanischer Erosion mannigfach überlagern.

Bei nicht verkarstungsfähigen Festgesteinen besteht insofern ein Unterschied, als die Erosion hier von vornherein wichtiger sein dürfte als die zwar nicht fehlende, aber meist unbedeutende Korrosion. Verkarstungsfähige Massen zeigen im Laufe fortschreitender Verkarstung zudem eine zunehmende Konzentration des Abfließens auf wenige bevorzugte Fließbahnen und Austrittspunkte, die so charakteristischen Karstquellen (G. MATTHESS 1970, S. 89).

Mit der Frage des Eindringens von Niederschlagswasser in den Boden hat sich u. a. besonders H. SCHOELLER (1962) befaßt. Er spricht von der Infiltration in Gebieten „à porosité d'interstices“ (S. 395), die er ganz im vorgetragenen Sinne von der Infiltration in Gebieten mit Spalten („dans les terrains fissurés“, S. 401) unterscheidet. H. SCHOELLER sagt eindeutig, daß dort, wo spaltenreiche Festgesteine von Bodenschichten bedeckt werden, sich naturgemäß die erste Phase der Infiltration (im Sinne von Versickerung!) nicht von Gebieten unterscheidet, die aus porösen Lockergesteinen bestehen, daß aber in vollem Gegenteil dazu dort, wo die spaltenreichen Gesteine ohne Bedeckung zutage streichen, die Infiltration unmittelbar in einer anderen Weise erfolgt. Und diesen Vorgang nennen wir Versinkung. H. SCHOELLER meint, daß die unter diesen Verhältnissen herrschenden Gesetze bisher noch nicht untersucht worden seien. Gerade diese Ausführungen von H. SCHOELLER zu der behandelten Frage sind besonders lesenswert (S. 394 ff.), da er sich hier u. a. auch mit der turbulenten Strömung beschäftigt.

St. N. DAVIS & R. J. M. DE WIEST erwähnen bei der Diskussion um die Gültigkeit des Darcyschen Gesetzes ebenfalls Probleme des Übergangs der laminaren in die turbulente Strömung und diskutieren dabei auch die Bedeutung der Reynoldsschen Zahl.

Zusammengefaßt ergibt sich aus allem für die Begriffe Versickerung und Versinkung, daß dort, wo die Infiltration der Niederschläge oder des Oberflächenwassers in Lockergesteine bzw. in nicht durch ein unlösliches Bindemittel charakterisierte Sandsteine oder auch in Tuffe erfolgt, das Grundwasser durch **Versickerung** entstanden ist und laminar gleitet. Dort aber, wo nach längerer oder kürzerer Zeit sich vorhandene Trennfugen erweitern und die Infiltration auf Spalten usw. vor sich geht, bis das sich abwärts bewegende Wasser zum Grundwasser wird, handelt es sich um **Versinkung**. Daß zunächst auch hierbei, wie ausgeführt wurde, die Bewegung des eindringenden Wassers laminar er-

¹ Ich verdanke den Hinweis auf diese Arbeit meinem Schüler H. KAMM HOLZ, Halle (Saale).

folgt, sollte für die Begriffsbildung nicht entscheidend sein, zumal wenn wir nicht nur die kleinen Haarrisse, sondern die für die Infiltration entscheidenden erweiterten Hohlräume wie Klüfte, Spalten und andere Trennfugen vor Augen haben. Gewiß kann es örtlich vorkommen, wie schon erwähnt wurde (S. 273), daß Wasser in Lockergesteine versickert, um dann tiefer in einem unterlagernden Kluftgrundwasseraquifer turbulent zu strömen, während der umgekehrte Fall seltener sein dürfte. Im allgemeinen erfolgt Versinkung dort, wo zerklüftete, spaltenreiche verkarstungsfähige oder auch nicht verkarstungsfähige Festgesteine zutage streichen, das Niederschlagswasser infolge fehlender Bedeckung in sie unmittelbar eindringt und dann als Grund- oder Karstwasser darunter sich in turbulenter Strömung befindet.

Versenkung

Der Vollständigkeit halber mag noch der in den letzten Jahren in Zusammenhang mit Umweltfragen wichtiger gewordene Begriff „Versenkung“ definiert werden. Darunter versteht man das Einleiten von Abwässern unterschiedlicher Art in dafür geeignete, aufnahmefähige Speichergesteine des Untergrundes mittels Schluckbohrungen, in die die anfallenden Abwässer meist unter Druck (drei bis zwölf, z. T. auch bis 20 atü) gepreßt werden. Ein bekanntes Beispiel dafür ist die Versenkung der bei der Verarbeitung der Rohsalze im Werra-Kalirevier der BRD und DDR anfallenden sogenannten „Endlaugen“ in die verkarsteten Bereiche des Plattendolomits des Oberen Zechsteins. Dabei verdrängen die schwereren Endlaugen die spezifisch leichteren Grundwässer im Plattendolomit. Im Werragebiet fallen je Tonne gefördertes Rohsalz 1,8 bis 2,5 m³ Endlaugen an, von denen der größte Teil (85 bis 90^{0/0}) auf Kieseritwaschwässer entfällt. Seit 1928, wo mit der Versenkung begonnen wurde, sollen bis zum Jahre 1967 rund 500 Millionen Kubikmeter versenkt worden sein (A. FINKENWIRTH 1968). H. MAYRHOFER (1965) gibt bis 1964 rund 400 Millionen Kubikmeter an und sagt, daß es sich hier wohl um die größte unterirdische Abwasserbeseitigung überhaupt handele. Die Versenkräume stellen Zonen dar, in denen der Plattendolomit stark zerrüttet und daher wasserwegsam und -aufnahmefähig ist. Aber auch mehrgliedrige Subrosionssenken und andere Räume werden verwendet. In jüngerer Zeit sind solche „Versenkstrukturen“ mit Hilfe der Reflexionsseismik erkundet worden. Das Aufnahmevermögen dieser Strukturen ist im einzelnen naturgemäß begrenzt und von vielen Faktoren abhängig. Es bestehen immer gewisse Möglichkeiten und Gefahren einer Beeinträchtigung bestehender Wasserversorgungsanlagen, die durch eine laufende Überwachung von Brunnen und Quellen rechtzeitig erkannt werden müssen. Daher ist man in letzter Zeit vorsichtiger geworden, zumal es sich gezeigt hat, daß die angestellten Berechnungen über das Aufnahmevermögen der Versenkräume viele Unbekannte enthalten und künftig größere Gefahren bestehen, als man zunächst angenommen hatte. G. HECHT (1974, S. 945) weist darauf hin, daß bei einer Verschiebung des Ca-Mg-Verhältnisses von 1 : 0,2 zugunsten Magnesium ein Wiederaustreten von versenkten Abwässern wahrscheinlich wird. Im Ruhrgebiet sind hydrogeologische Untersuchungen über eine Versenkung salzhaltiger Grubenwässer in Schichten der Kreide zur Entlastung der Vorfuter mit positiven Ergebnissen abgeschlossen worden (E. OBERMANN 1967).

Ein anderes Beispiel ist die seit dem Jahre 1944 durchgeführte Versenkung phenolhaltiger Abwässer über Bohrlöcher in den klüftigen Zechsteindolomit im

Untergrund des Weißelster Beckens südlich von Leipzig, wo in großem Umfang Braunkohle bei Flözmächtigkeiten um acht bis zwölf und mehr Meter in riesigen Tagebauen abgebaut wird und sich eine umfangreiche chemische Industrie auf der Grundlage der Braunkohle entwickelt hat. Auch hier hat sich ergeben, daß die Aufnahmefähigkeit der einzelnen „Schlucklöcher“ in Abhängigkeit von der faziellen Ausbildung und Zerrüttung der Schichtenfolge sehr unterschiedlich ist (R. HOHL 1958, S. 358).

Eine Versenkung von industriellen Abwässern wird auch in anderen Ländern erfolgreich durchgeführt. In den USA werden solche Abwässer seit etwa 1950 in zunehmendem Maße versenkt. Gegenwärtig prüft man besonders die Frage einer möglichen Versenkung radioaktiver Abwässer, sofern deren Aktivität freilich gering ist. Aus den USA liegen dazu positive Erfahrungen vor (A. FINKENWIRTH 1968). M. E. dürfte eine solche Maßnahme aber nur für dünn- bzw. nicht besiedelte Gebiete, z. B. in abseits liegenden Gebirgsräumen, in Betracht kommen. Es wird sich immer das Problem ergeben, ob mit dem ständig steigenden Wasserbedarf nicht zukünftig auch aus solchen weit abgelegenen Gebieten Grund- bzw. Oberflächenwässer über Fernleitungen in entfernt liegende dichtbesiedelte Räume wie Städte und industrielle Ballungsgebiete zugeführt werden müssen. Auf keinen Fall ist die Versenkung radioaktiver Abwässer in den tieferen Untergrund eine Lösung, der die Hydrogeologie ohne alle Bedenken zustimmen könnte.

Zusammenfassung

Es wird vorgeschlagen, bei der Infiltration von Niederschlags- und Oberflächenwasser die Begriffe Versickerung und Versinkung zu unterscheiden. Versickerung: Eindringen von Wasser durch Poren und enge Hohlräume; Versinkung: Eindringen von Wasser durch weite Hohlräume (Spalten u. a.); Versenkung: Einleiten unterschiedlicher Abwässer in aufnahmefähige Speichergesteine des Untergrundes mittels Schluckbohrungen. Im allgemeinen strömt Sickerwasser, das zum Grundwasser geworden ist, in Porenaquifer laminar, Sinkwasser dagegen in Kluffgrundwasserleitern turbulent.

Literatur

- BÖGLI, A.: Neue Anschauungen über die Rolle von Schichtfugen und Klüften in der karsthydrographischen Entwicklung. Geol. Rundschau 58, 2, 395—408, Stuttgart 1969.
- BOGOMOLOV, G. W.: Grundlagen der Hydrogeologie. VEB Verlag der Wissenschaften, Berlin 1958.
- BURGER, A. & DUBERTRET, L. (Ed.): Hydrogeology of Karstic Terrains with a multilingual glossary of specific terms. Internat. Assoc. of Hydrogeologists (A. I. H.), Paris 1975.
- BUSCH, K.-F.: Wasserversorgung in Stadt und Landwirtschaft. B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1956.
- CURL, R. L.: Deducing Flow Velocity from Scallops. Proceedings VI. Internat. Congress of Speleology, Section C/a, Karst Hydrology and Hydrogeology, Olomouc 1973.
- DAVIS, St. N. & DE WIESE, R. J. M.: Hydrogeology. John Wiley Sons, Inc., New York—London—Sydney 1966.
- THOMAS, A., REUTER, F. & BACHMANN, G.: Ingenieurgeologisches Wörterbuch. Zentrales Geologisches Institut Berlin (DDR) 1964.

- DÜRBAUM, H. J., MATTHESS, G. & RAMBOW, D.: Untersuchungen der Gesteins- und Gebirgsdurchlässigkeit des Buntsandsteins in Nordhessen. Notizbl. hess. L.-Amt f. Bodenforsch. 97, 258—408, Wiesbaden 1969.
- FINKENWIRTH, A.: Die Versenkung von Abwasser in den Untergrund. Wasser und Abwasser 11/1968, 1—6, München 1968.
- GERHARDY, H. (Red.): Entwurf für ein Fachwörterbuch „Hydrogeologie“, Deutsch—Englisch—Französisch. Hannover 1966.
- HAASE, G.: Zum Problem der Abwässerversenkung im thüringischen Werra-Kaligebiet. Bergakademie 15, 6, 485—490, Leipzig 1963.
- HAUTHAL, U.: Zum Wasserleitvermögen von Gesteinen des Mittleren Buntsandsteins. Z. angew. Geol. 13, 8, 405—407, Berlin 1967.
- HEGHT, G.: Wässer in Hoppe, W. & Seidel, G. (Hsg.): Geologie von Thüringen, 940—964, VEB Hermann Haack, Gotha/Leipzig 1974.
- HEITFELD, K. H.: Hydro- und baugelogeische Untersuchungen über die Durchlässigkeit des Untergrundes an Talsperren des Sauerlandes. Geol. Mitt. 5, 1/2, Aachen 1965.
- HOPPE, W.: Die hydrogeologischen Grundlagen der Wasserversorgung Thüringens. Gustav Fischer, Jena 1952.
- HOPPE, W.: Grundlagen, Auswirkungen und Aussichten der Kaliabwässerversenkung im Werra-Kaligebiet. Geologie 11, 9, 1059—1086, Berlin 1962.
- HOHL, R.: Hydrogeologische Fragen im Rahmen der Braunkohlenerkundung. Z. angew. Geol. 4, 8, 353—359, Berlin 1958.
- KÄSS, W.: Schrifttum zur Versickerung der oberen Donau zwischen Immendingen und Fridingen (Südwestdeutschland). Steir. Beitr. z. Hydrogeologie 21, 215—246, Graz 1973.
- KÄSS, W. & HÖTZL, H.: Weitere Untersuchungen im Raum Donauversickerung—Achquelle (Baden-Württemberg). Steir. Beitr. z. Hydrogeologie 25, 103—116, Graz 1973.
- KEIL, K.: Ingenieurgeologie und Geotechnik. 2. Aufl. VEB Gustav Knapp Verlag, Halle (Saale) 1954.
- KELLER, G.: Angewandte Hydrogeologie. Verlag Wasser und Boden, Axel Lindow & Co., Hamburg 1969.
- KELLER, R.: Gewässer und Wasserhaushalt des Festlandes. B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1962.
- KOEHNE, W.: Kennzeichnung der verschiedenen Arten des unterirdischen Wassers. — Zur Tagung der Internat. Vereinigung für wissenschaftliche Hydrologie in Washington im September 1939. Kommission für unterirdische Wässer, Frage 2, Bericht 3, Nr. 8, Paris 1939.
- KOEHNE, W.: Grundwasserkunde. 2. Aufl. E. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart 1948.
- LEHMANN, O.: Die Hydrographie des Karstes. Enzyklopädie der Erdkunde, 6 b, Leipzig—Wien 1932.
- MATTHESS, G.: Beziehungen zwischen geologischem Bau und Grundwasserbewegung in Festgesteinen. Abh. hess. L.-Amt f. Bodenforsch., Heft 58, Wiesbaden 1970.
- MAURIN, V. & ZÖTL, J.: Die Untersuchung der Zusammenhänge unterirdischer Wässer mit besonderer Berücksichtigung der Karstverhältnisse. Steir. Beitr. z. Hydrogeologie N. F. 1/2, Graz 1959.
- MEIER, G. & REUTER, F.: Über die hydrodynamisch wirksamen Klufkörper-Methoden zur quantifizierenden ingenieurgeologischen Beschreibung des Gebirges. Z. angew. Geol. 20, 11, 516—520, Berlin 1974.
- MAYRHOFER, H.: Die Kali-Abwässer-Versenkung in den Plattendolomit des Werra-Gebietes. Exkursionsführer Kongreß der A. I. H., 1—17, Hannover 1965.
- MURAWSKI, H.: Geologisches Wörterbuch, 6. Aufl., Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart 1972.
- OBERMANN, E.: Die hydrogeologischen Möglichkeiten für die Versenkung von Solen und Oberflächenwasser im Bereich des Ruhrgebietes. Mitt. Westfäl. Berggewerkschaftskasse 27, Bochum 1967.
- PFEIFFER, D.: Die geschichtliche Entwicklung der Anschauungen über das Karstgrundwasser. Beihefte Geol. Jahrbuch 57, Hannover 1963.
- RICHTER, W. & WAGER, R.: Hydrogeologie in Bentz, A. & Martini, H. J. (Hsg.): Lehrbuch der Angewandten Geologie. 2. Band, Teil 2, 1357—1546, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart 1969.
- SCHNEIDER, H.: Die Wassererschließung, 2. Aufl., Vulkan-Verlag, Essen 1973.
- SCHOELLER, H.: Les eaux souterraines. Masson et. Cie. Edit. Paris 1962.

- ZÖTL, J.: Beitrag zu den Problemen der Karsthydrographie mit besonderer Berücksichtigung der Frage des Erosionsniveaus. Mitt. Geogr. Ges. Wien 100, 1, 2, Wien 1958.
- ZÖTL, J.: Karsthydrogeologie, Springer-Verlag Wien—New York 1974.
- DIN 4049: Gewässerkunde-Fachausdrücke und Begriffsbestimmungen, Teil I, quantitativ, Berlin—Köln 1960.
- TGL 92—007, Gruppe 720, Fachbereichsstandard Fachbereich FSW, Fachausdrücke und Begriffserläuterungen, Wasserwirtschaft-Gewässerkunde, quantitativ 1966 (DDR).

Anschrift des Verfassers:

Prof. em. Dr. Rudolf HOHL, Sektion Geographie, Wissenschaftsbereich Geologie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, DDR-402 Halle (Saale), Domstraße 5.