

Das ökologische Gleichgewicht im Grundwasser sandig-  
kiesiger Ablagerungen und seine Störung durch versickernde  
Verunreinigungen; mit besonderer Berücksichtigung verti-  
kaler Infiltrationsvorgänge

Siegfried Husmann

- I. Das Grundwasser sandig-kiesiger Ablagerungen ist von besonderer Bedeutung sowohl für die subterrannlimnologische Grundlagenforschung als auch für die Praxis der Trinkwasserbeschaffung. Denn Grundwasserströme in Lockergesteinen sind nicht nur Hauptlebensstätten blinder und pigmentloser (stygobionter) Grundwassertiere; sie werden zudem von der Wassersirtschaft als naturgegebene Speicher guten Trinkwassers vielerorts geschätzt (1, 2). Gute Genießbarkeit des interstitiellen Grundwassers sowie günstige Lebensvoraussetzungen für Grundwassertiere hängen also offensichtlich von einem naturgemäß ausgeglichenen Zusammenspiel ökologischer Faktoren ab.
- II. Unterirdische Gewässer können von Grundwassertieren besiedelt werden, wenn alle ökologischen Gegebenheiten darin den besonderen Ansprüchen dieser Tiere genügen. So müssen die von Grundwasser erfüllten subterranean Kavernen geräumig genug sein, um genügend Bewegungsfreiheit für Grundwassertiere gewähren zu können. Besonders ausschlaggebend für die Existenz von Grundwasserbiocoenosen ist des weiteren noch die Beschaffenheit des Wassers. Das Leben einer typischen Grundwasserfauna ist in dieser Hinsicht in erster Linie vom

Vortrag, gehalten anlässlich der Tagung der "Gesellschaft für Ökologie", Giessen 1972  
Tagungsbericht "Belastung und Belastbarkeit von Ökosystemen"  
Anschrift des Verfassers: Dr.S.Husmann, 6407 Schlitz,  
Limnologische Flußstation, Postfach 102.

Gehalt des Wassers an wenigstens einer Mindestmenge darin gelösten Sauerstoffs abhängig: eine ökologische Notwendigkeit, die subterran überall dort erfüllt werden kann, wo eine immerwährende Grundwasserströmung ausreichend Nachschub an Sauerstoff infiltriert und dabei auch die übrigen chemischen Wasserbestandteile an Ort und Stelle ständig erneuert.

Ganz besonders hängt das Fortbestehen von Lebensgemeinschaften in unterirdischen Gewässern auch von einer gesicherten Nahrungsgrundlage ab, deren Abbau desgleichen immer wieder durch subterrane Wasserzirkulation ergänzt werden kann: in Gestalt einer Infiltration organischer Zerfallsteile, die von der Erdoberfläche her - im allgemeinen in Gestalt von Pflanzen-Zerreibsel - ins Grundwasser gelangen.

Die ökologischen Voraussetzungen zur Entfaltung von Grundwasser-Biocoenosen sind daher von Wasserverbindungen zur Erdoberfläche hin abhängig; und aus diesem Grunde finden sich auch die Entfaltungszentren der Grundwasserfauna in den obersten Grundwasserstockwerken. Infiltration und Zirkulation halten hier also den unterirdischen Haushalt der Natur maßgebend in Gang; aber nur solange, wie dieses ökologische Grundgeschehen keine erhebliche Störung erfährt.

Derartige Beeinträchtigungen können dort geschehen, wo lebensfeindliche Stoffe ins Grundwasser infiltrieren und die ökologisch notwendige Grundwasserströmung dadurch zu einem Störfaktor im aquatilen Subterranbiotop werden kann.

Gerade die wassererfüllten Zwischenraumsysteme in Sand und Kies bieten leichtpassierbare Infiltrationswege für Verunreinigungsstoffe. Derartige Infiltrate vermögen sich in allen subterran passierbaren Richtungen zu verbreiten, wobei naturgemäß vor allem die annähernd horizontal verlaufenden Grundwasserströme als Transportwege und -mittel dienen können.

Das horizontale Vordringen von lebensfeindlichen Trübungsschleiern im interstitiellen Grundwasser wurde bereits von verschiedenen Autoren untersucht (3 - 8); siehe auch Literaturhinweise in diesen Arbeiten.

Die Erfassung vertikal gerichteter Auswirkungen von Infiltrationen wurde meines Wissens zuerst durch Untersuchungen an künstlichen Biotopen der interstitiellen Grundwasserfauna vorgenommen: an Langsandsfiltern in Wasserwerken (9). Hierbei zeigten sich intergranulare Phänomene, die sich in ihrer Grundtendenz später auch in Sedimenten des Bodensees in Gestalt der vertikalen Bakterienverteilung angedeutet fanden (10) und die auch in Fließgewässerschotterbetten (HUSMANN 1971) und nun sogar auch im lockergesteinigen wassererfüllten Untergrund von bodenbedeckten Talauen und Terrassen nachgewiesen werden konnten.

III. Zur Gewinnung von Wasserproben aus verschiedenen Tiefen von Filtersandschichten wurden im Sande Sauggefäße in den zu erfassenden Tiefenlagen (Abb.1) vergraben. Aus diesen Sammelgefäßen führten Schlauchleitungen zu einer Schlauchpumpe, mit deren Hilfe aus den verschiedenen Tiefen Wasserproben zutage gefördert wurden (9).

Der Wasserprobenentnahme - ebenfalls mit Schlauchpumpe - aus verschiedenen Tiefen von Fließgewässerschotterbetten dient ein in bestimmten Abständen (vgl. Abb. 2) mit Gaze-filterkappen und Schlauchleitungen versehener Entnahmestab, der einige Wochen vor der Untersuchung im Schotterbett vergraben wurde (2).

Die vertikale Verteilung von Organismen und chemischen Substanzen im Grundwasser bodenbedeckter Lockergesteine ließ sich von einer Peilrohrstation aus erfassen. Die Brunnenrohre dieser Station wurden in einer durch Müllablagerung verunreinigten Sandgrube - rings um einen Peilrohrbrunnen herum - in den Untergrund eingebracht, der schon seit langem von besonderer limnologischer Bedeutung ist, weil daraus mit Hilfe einer Handpumpe eine

besonders interessante stygobionte Grundwasserfauna - darunter die seltene reliktdäre Gattung Bathynella - zutage gefördert werden konnte (11)', so daß sich hier geradezu ein Groß-Feldversuch über die Einwirkungen von Grundwasserunreinigungen auf subterrane Lebensgemeinschaften anbot. Ein ausführlicher Bericht über Methodik, Befunde und Probleme wird an anderer Stelle erscheinen (12) .

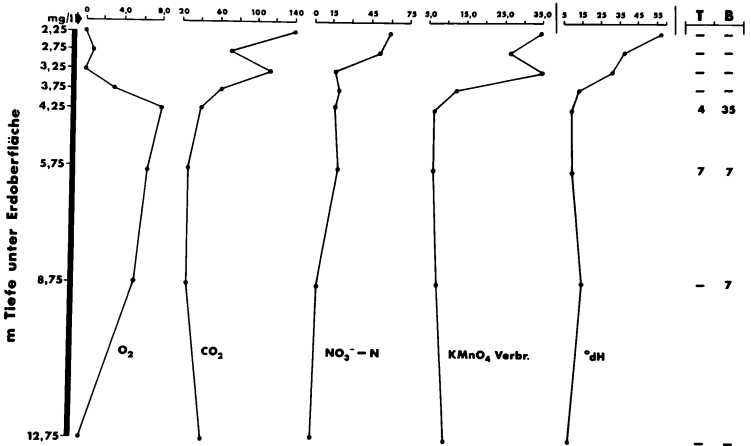
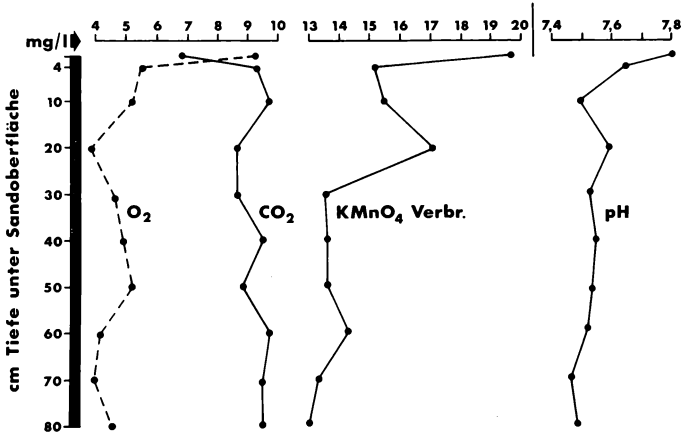
- IV. In den Abbildungen 1 - 3 werden wasserchemische Befunde aus einem Sandfilter, einem Fließgewässerschotterbett und dem lockergesteinigen Untergrund einer Niederterrasse dargestellt.

Ein Vergleich dieser Ergebnisse miteinander läßt erkennen, daß es in den von Verunreinigungs-Infiltrationen erreichten Grenzbereichen dieser 3 wasserführenden Lückenbiotope zu einer spontanen Abnahme von Verunreinigungsfaktoren kommen kann. Der hier aufgrund des Vollzuges biologischer, chemischer und physikalischer Vorgänge im Verlauf einer natürlichen Sandfiltration in Erscheinung tretende Reinigungseffekt erfolgt also in Sandfiltern (Abb. 1) und in Fließgewässerschotterbetten (Abb. 2) außerordentlich intensiv direkt unterhalb der Substratoberfläche innerhalb einer submersen "intergranularen Sprungschicht"(2).

In bodenbedeckten grundwasserführenden Lockergesteinen kann sich eine entsprechende, ebenfalls besonders aktive Reaktionsschicht unterhalb des Grundwasserspiegels bilden (Abb. 3), dort, wo versickernde Verunreinigungen von der Erdoberfläche her den Grundwasserspiegel erreichen.

Aufgrund der sich in intergranularen Sprungschichten vollziehenden chemisch-biologischen Wasserklärungseffekte können diese Zonen intensiver Mineralisation zu ökologischen Barrieren gegenüber Verunreinigungs-Infiltrationen werden, naturgemäß aber nur bis zu einer bestimmten Erträglichkeitsgrenze, wie sie auch in Langsamsandfiltern eingehalten werden muß (Abb. 1). Denn beim Überfordern dieser "bio-

**Abb.1:** Die chemische Wasserbeschaffenheit in verschiedenen Tiefen der Sandschicht eines bremischen Langsamfilters (n.HUSMANN 1968; verändert).



**Abb.2:** Die Lückenwasser-Beschaffenheit in verschiedenen Tiefen des sandigkiesigen Innerstebettes b. Lautenthal/Harz (Ges.-Keimzahl i. 0,1 ml; 3 Sterne bei "0": Nährboden verflüssigt) (n.HUSMANN 1971; verändert).

coenotischen Mineralisationspotenz" lösen in freier Natur wie in Sandfiltern die intergranular nicht mehr verkräftbaren Verunreinigungsstoffe einen Prozeß ökologischer Verödung entsprechenden Grades aus. Unsere Abbildung 3 kann bereits als erstes Alarmsignal für eine derartige subterranaquatile Ökokatastrophe gedeutet werden. Denn hier erfährt die erwähnte Reliktfauna mit ihren stygobionten Begleitorganismen eine deutlich von oben nach unten drängende Biotopeinengung als Auswirkung der vertikal nach unten sich ausdehnenden lebensfeindlichen Grundwasserverunreinigung.

Die beim Eindringen von Wasserverunreinigungen in Lückensysteme von Lockergesteinen sich in "intergranularen Sprungschichten" vollziehenden Mineralisationsprozesse sind im Grunde nichts anderes als mehr oder weniger extrem intensivierte Wirkungsstufen eines Phänomens, das sicher schon seit geologisch frühen Zeiten eine subterranean Ökohaushalt ausgleichende Wirkung vollzieht; und zwar dort, wo organischer Detritus ins Grundwasser eingespült wird, um darin für Biocoenosen das Anfangsglied einer Nahrungskette zu bilden, in deren Gliederfolge die Infiltration durchweg pflanzlicher Zerfallsteile und deren Mineralisation einander die Waage halten. Denn ohne in diesem Sinne ausgeglichene biologisch-chemische Prozesse, an denen sich Bakterien und Mehrzeller beizuliegen können, würden die heute von Lebensgemeinschaften besiedelten und von Trinkgrundwasser durchströmten Lockergesteins-Lückensysteme schon längst - und auch das erdgeschichtlich gesehen! - von organischen Restsubstanzen verstopft sein.

Schon unsere Abbildung 3 läßt erkennen, daß, wie schon angedeutet, ein solcher intergranularer Verödungsprozeß gerade in den von Natur aus durchlässigen sandig-kiesigen Lockergesteinen um sich greifen kann, wenn in Wasser gelöste Verunreinigungen über eine bestimmte biocoenotische Erträglichkeitsgrenze hinaus -siehe oben! - in grundwasserführende Lückensysteme infiltrieren. Daher sollte vor allem das Grundwasser lockergesteiniger Substrate besonders

wirkungsvoll gegen Verunreinigungen abgeschirmt werden: einmal als von der Natur dargebotener Speicher guten Trinkwassers, des weiteren aber auch als Lebensbereich seltener relictärer Grundwassertiere.

Die Tatsache allein, daß die oben erwähnte, im Untergrund eines Schuttplates das Grundwasser vertikal erfassende Peilrohrstation (Abb. 3) samt der umliegenden Ödlandschaft (ca. 3300 qm) aufgrund der dort vorkommenden seltenen stygobionten Reliktarten (11) unter Naturdenkmalschutz gestellt wurde, diese Tatsache also beweist, daß die notwendigen gesetzlichen Maßnahmen zum Schutz der subterranean Gewässer dort ergriffen werden, wo die Grundwasserforschung Untersuchungsbeefunde über die enge Verknüpfung ökologischer und hygienischer Gegebenheiten vorlegen kann!

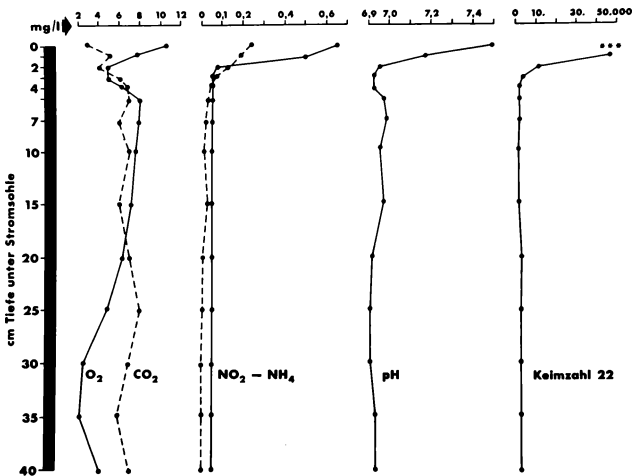


Abb. 3: Die chemisch-biologische Beschaffenheit des Interstitialwassers in verschiedenen Tiefen einer Unterwasser-Niederterrasse. Liebenau/Weser (T.: Anzahl Exemplare Troglochaetus beranecki Delachau; B.: Anzahl Exemplare Bathynella spec.).

- Literaturverzeichnis: (1) HUSMANN, S.: Neuere Ergebnisse der Grundwasserbiologie und ihre Bedeutung für die Praxis der Trinkwasserversorgung. - Gewässer u. Abwässer 24, 33-48 (1959). (2) Ders.: Die gegenseitige Ergänzung theoretischer und angewandter Grundwasser-Limnologie; mit Ergebnissen aus Wasserwerken Wiesbadens. - Die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung Wiesbadens, Stadtwerke Wiesbaden AG, Wiesbaden 1971. (3) FARKASDI, G., GOLWER, A., K.H.KNOLL, G.MATTHESS & W.SCHNEIDER: Mikrobiologische und hygienische Untersuchungen von Grundwasserverunreinigungen im Unterstrom von Abfallplätzen. - Städtehygiene 2, 23-32 (1969). (4) GOLWER, A., G.MATTHESS & W.SCHNEIDER: Selbstreinigungsvorgänge im aeroben und anaeroben Grundwasserbereich. - Vom Wasser 36, 64-92 (1969). (5) GOLWER, A., K.H.KNOLL, G.MATTHESS, W.SCHNEIDER & K.H.WALLHÄUSER: Mikroorganismen im Unterstrom eines Abfallplatzes. - Gesundheits-Ingenieur 5, 142-152 (1972). (6) JAAG, O.: Die Verschmutzung der Oberflächenwässer, eine Gefahr für das Grundwasser. - Schweiz.Ver.Gas- u. Wasserfachmännern, Monatsbull. 6, 199-206 (1952). (7) RÖSSLER, B.: Beeinflussung des Grundwassers durch Müll- und Schuttablagerungen. - Vom Wasser 18, 43-60 (1951). (8) ZWITTING, L.: Die Beeinflussung des Grundwassers durch Mülldeponien. - Steirische Beitr. Hydrogeol. 91-105 (1964). (9) HUSMANN, S.: Langsamfilter als Biotopmodelle der experimentalökologischen Grundwasserforschung. - Gewässer u. Abwässer 46, 20-49 (1968). (10) SOECKNICK, K., W.NÜMANN, R.SARTORY, J.MALGRAS, Ch.ROMOND & B.HORB: Répartition des bactéries dans les sédiments du lac de constance. - Ann. Limnol. 6, 281-292 (1970). (11) HUSMANN, S.: Ökologie, Systematik und Verbreitung zweier in Norddeutschland sympatrisch lebender Bathynellaarten (Crustacea, Syncarida). Intern.J.Speleol. 3, 111-145 (1968a). (12) HUSMANN, S.: Versuche zur Erfassung der vertikalen Verteilung von Organismen und chemischen Substanzen im Grundwasser von Talauen und Terrassen: Methoden und erste Befunde. (Im Druck).