

6.3.5 Ermittlung der heterotrophen Aktivität im Untergrund

Die Bestimmung der heterotrophen bakteriellen Aktivität mit radioaktiv markierten, gelösten organischen Substanzen ist ein vor allem bei der Untersuchung von Oberflächengewässern häufig angewendetes Verfahren, das jedoch leider bei Grundwasser-Untersuchungen nur selten eingesetzt wird (WRIGTH & HOBBIE 1965, 1966, OVERBECK 1974, 1975, REICHARDT 1978, MARXSEN 1980, 1981a, b).

Die Aufnahme von gelösten organischen Stoffen durch Bakterien in Gewässern verläuft in der Regel entsprechend der MICHAELIS-MENTEN-Gleichung der Enzymkinetik. Das heißt, mit zunehmender Substratkonzentration steigt die Aufnahmegeschwindigkeit zunächst an, strebt aber dann einem Sättigungswert zu (vgl. Abb. 6.3.5.1). Diese Kurve kann man experimentell bestimmen und erhält dann die folgenden 3 ökologischen Parameter:

- V_{\max} maximale Aufnahmegeschwindigkeit (Aufnahmepotential, heterotrophes Potential),
- $K_t + S_n$ Summe aus der Aufnahmekonstanten K_t und der natürlichen Substratkonzentration S_n ,
- T_t Umsatzzeit ("turnover time"), die Zeit, in der das gesamte natürliche Substrat einmal umgesetzt wird.

Bestimmt man zusätzlich die natürliche Substratkonzentration S_n , so kann man die natürliche Aufnahmegeschwindigkeit berechnen. Und es läßt sich dann auch die Aufnahmekonstante K_t , die ein Maß für die Affinität der Bakterienpopulation zum Substrat ist, ermitteln, nicht nur die Summe aus K_t und S_n . Ermittelt man parallel zur heterotrophen Aktivität die Bakterienzahl oder die Bakterienbiomasse auf mikroskopischem Wege, so kann man zusätzlich die spezifische Aktivität berechnen, also die Substrataufnahme bezogen auf eine Bakterienzelle bzw. auf die Biomasse an Bakterien.

Wie schon erwähnt, wurde diese Methode nur selten bei der Untersuchung von Grundwasser angewendet. In oberflächennahem Grundwasser (bis 5 m Tiefe) wurde in einem nicht mit organischen Stoffen verunreinigten Bereich des Fulda-Tales bei Fulda ein Glucose-Aufnahmepotential von etwa $0,1 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ Glucose (0,03-0,18) gefunden, während in Gebieten leichter bis mittlerer Verun-

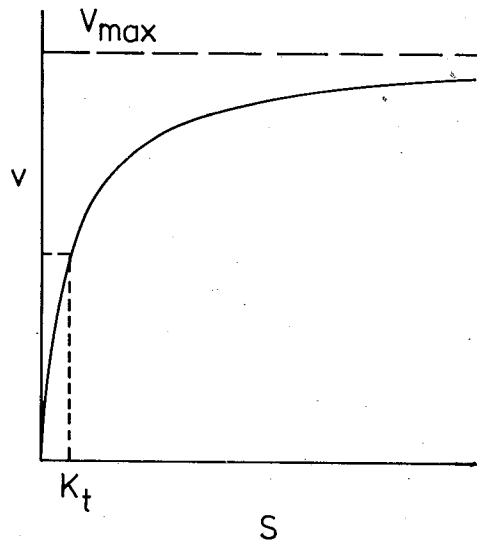


Abb. 6.3.5.1: Abhängigkeit der Aufnahmegeschwindigkeit v von der Substratkonzentration S . V_{\max} = maximale Aufnahmegeschwindigkeit, K_t = Aufnahmekonstante (charakterisiert die Affinität der Bakterienpopulation zum Substrat; ein niedriger Wert zeigt große Affinität an, d.h. schon bei niedrigen Substratkonzentrationen erfolgt eine effektive Stoffaufnahme, ein hoher Wert dagegen charakterisiert eine nur geringe Affinität).

reinigung mit organischen Substanzen (vermutlich aus der Landwirtschaft) deutlich höhere Werte gemessen wurden ($0,13-6,8 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ Glucose). Tab. 6.3.5.1 enthält die Werte weiterer Parameter aus diesem Untersuchungsgebiet.

Abb. 6.3.5.2 zeigt beispielhaft die Verteilung von chemischen und bakteriologischen Parametern senkrecht zur Fließrichtung des Grundwasserstromes im Fulda-Tal. Entnahmestelle 28 repräsentiert naturnahe Bedingungen, während 24 und 9 einen mittleren Verunreinigungsgrad aufweisen. Der Brunnen 28 hat die niedrigsten Werte des bakteriellen Aufnahmepotentials und des spezifischen Aufnahmepotentials. Die größte Bakterienbiomasse sowie die stärkste heterotrophe bakterielle Aktivität (V_{\max}) wurden im Grundwasser von Entnahmestelle 26 gefunden, wo auch deutlich höhere Konzentrationen an gelösten organischen Stoffen, gemessen als Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB), auftreten. An den Untersuchungsstellen 24 und 9 liegen die CSB-Werte höher als bei 26, während

die Sauerstoffwerte niedriger sind. Wie der O_2 -Gehalt sind die bakterielle Biomasse und das Glucose-Aufnahmepotential reduziert. Bakterielle Biomasse und heterotrophes Potential sind in diesem Untersuchungsgebiet am größten in einem Bereich mit erhöhter Konzentration an organischen Stoffen und mittlerer Sauerstoffversorgung. Fällt die O_2 -Konzentration unter etwa $2-3 \text{ mg/l}$, so ist die Glucose-Aufnahme deutlich gehemmt, ebenso kann man eine Abnahme der bakteriellen Biomasse beobachten.

Es ist zu hoffen, daß diese bisher in sehr begrenzter Zahl vorliegenden Daten in nächster Zeit durch Untersuchungen an anderen Grundwassersystemen ergänzt werden, weil die Befunde aus einem Gebiet durchaus nicht allgemein gültig sein müssen.

Tab. 6.3.5.1: Bakterienmenge und heterotrophe bakterielle Aktivität im Grundwasser sandig-kiesiger Ablagerungen (bis 5 m Tiefe unter Flur) im Fulda-Tal bei Fulda, a) in nicht mit organischen Stoffen verunreinigtem Gebiet, b) in Bereichen leichter bis mittlerer Verunreinigungen (MARXSEN 1981a, b, unpubl. Daten).

	a	b
Anzahl Bakterien (10^6 Zellen/ml)	2,0 - 4,8	1,2 - 37
Bakterienbiomasse (TS mg/l)	0,068 - 0,15	0,025 - 1,4
V_{\max} (Glucose $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)	0,03 - 0,18	0,13 - 6,8
$K_t + S_n$ (Glucose $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)	5,3 - 160	18 - 1600
spezif. Aufnahmepotential pro Zelle (Glucose $10^{-9} \mu\text{g} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{Zelle}^{-1}$)	0,01 - 0,06	0,02 - 0,38

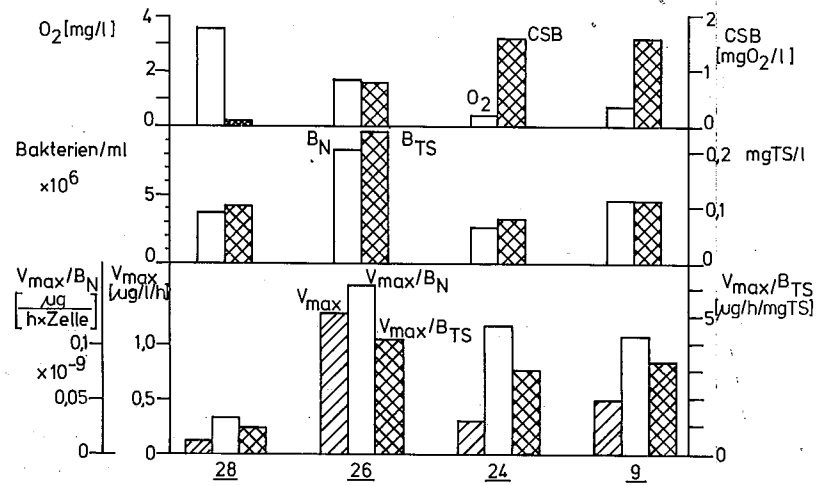


Abb. 6.3.5.2: Bakterielle Biomasse und bakterielle Aufnahme von Glucose im Grundwasser aus Entnahmebrunnen in der Fulda-Aue bei Fulda (Oktober 1979), die gar nicht (28) oder unterschiedlich stark (26-24-9) von einer organischen Verunreinigung betroffen sind. B_N = Anzahl der Bakterien (Zellen/ml Grundwasser), mikroskopisch bestimmt, B_{TS} = bakterielle Trockensubstanz, V_{max} = Aufnahmepotential, V_{max}/B_N = spezifisches Aufnahmepotential, bezogen auf die Bakterienzahl, V_{max}/B_{TS} = spezifisches Aufnahmepotential, bezogen auf die Bakterienbiomasse (μg Glucose/h/mg TS). Weitere Erläuterungen im Text.