

STRÖMUNGSMESSUNGEN IM INTERSTITIAL DER BETTSEDIMENTE DES FISCHBACHES UND HINTEREN RETTENBACHES

Karl Panek

1993

Inhaltsverzeichnis

1.	EINLEITUNG UND METHODIK.....	0
2.	PROBENSTELLEN.....	0
3.	ERGEBNISSE	4
4.	DISKUSSION	0
5.	LITERATUR	0

1. Einleitung und Methodik

Die interstitielle Wasserströmung ist für die Bachbiozönose von existentieller Bedeutung. Durch die vertikale Durchströmung der Bettsedimente wird partikuläre organische Substanz (POM) als Nahrungsgrundlage sowie gelöster Sauerstoff aus dem Oberflächenwasser in den Lückenraum der Bettsedimente transportiert, während die horizontale Durchströmung longitudinale Umlagerungs- und Verteilungsprozesse innerhalb des Sedimentkörpers bewirkt (PANEK 1991). Der Interstitialwasserstrom ermöglicht auf diese Weise die Besiedlung auch tief gelegener Bettsedimentschichten.

Eine Möglichkeit für die Messung von Interstitialwasserströmungen bietet die Darstellung von Trockengewichtsverlusten von Salztabletten oder -kugeln. Dabei wird ein einfaches Prinzip genutzt: An Salzen vorbeistreichendes Wasser löst diese auf. Abhängig vom Löslichkeitsprodukt des verwendeten Salzes, der Ausgangskonzentration, der Wassertemperatur sowie der Expositionszeit kann man bei geeigneter Kalibrierung aus dem Trockengewichtsverlust auf die an der Salzkugel vorbeistreichende Wassermenge schließen. Kugeln aus chemisch reinem Gips mit einem Durchmesser von 14 mm haben sich bei einer Expositionszeit von drei Tagen als vorteilhaft erwiesen. Die untere Meßgrenze dieser Methode liegt bei 0.01 l/min.

Die Charakteristika dieser Meßmethode können wie folgt zusammengefaßt werden:

- integrale Messung
- punktuelle Erfassung des Durchflußgeschehens
- Kugelgröße muß den Bedingungen angepaßt werden, Veränderungen machen neuerliche Eichung notwendig
- keine Registrierung möglich
- hoher Arbeitsaufwand

Die Gipskugeln werden einzeln in kleinen, zerlegbaren Käfigen exponiert (Abb. 1). Diese sind etwa 40 mm lang und haben einen Innendurchmesser von 28 mm (Öffnung 6.16 cm²). Die beiden gegenüberliegenden Öffnungen sind mit einer Gaze (Maschenweite etwa 5 mm) überzogen, um ein Eindringen größerer Sedimentpartikel sowie einen Verlust der Gipskugel zu verhindern. Mit Hilfe einer Schlagstange mit Überrohr werden die Käfige in der gewünschten Sedimenttiefe ausgebracht. Die Öffnungen können hierbei horizontal oder vertikal orientiert werden (Abb. 1).

Die Exposition der insgesamt 80 Meßwertaufnehmer erfolgte in den Bettsedimenten des Hinteren Rettenbaches vom 16. - 19.11.1993. Als Ausbringungsorte wurden die Untersuchungsstellen 2 und 6 (ersatzweise) gewählt. Die ursprünglich an der Stelle 3 vorgesehene Exposition wurde nicht durchgeführt, da auch nach mehreren Probeeinschlägen bis etwa - 40 cm keine wassergesättigten Sedimentschichten gefunden werden konnten.

In jedem Untersuchungsbereich wurden pro Expositionsphase 20 Gipskugeln, an jeweils 5 Meßstellen in vier Tiefen (5, 10, 20, 30 cm Sedimenttiefe) ausgebracht. Die Expositionsstellen wurden im Bereich des überströmten Bachbettes unter Beachtung eines Mindestabstandes von

1 m zufällig ausgewählt. Alle Käfige waren horizontal orientiert.

⇒ siehe Originalbericht!!!

Abb. 1: Oben: geöffneter Käfig mit Gipskugel. Unten: Exposition im Feld. A: Aufsetzen eines Eisenhüllrohres, in dem ein Rohr mit Eisenspitze geführt wird. B: Einschlagen des Rohres ins Sediment. C: Entfernen des Innenrohres, Einführen des Käfigs mit der Gipskugel. D: Entfernen des Hüllrohres, Auffüllen des Sediments.

2. Probenstellen

Abb. 2 und 3 geben einen Überblick über den Probenbereich 2. In diesem Abschnitt beschreibt der Hintere Rettenbach eine Rechtskurve. Linksufrig grenzt die befestigte Forststraße unmittelbar an die z.T. steile Böschung des Uferbereiches. Das Bachbett hat hier eine Breite von 4.5 bis 5.2 m (mittlere Breite 4.9 m, $n = 4$), aufgrund der für diese Jahreszeit typischen Niederwasserführung ist der tatsächlich überströmte Bereich allerdings deutlich geringer (1.7 bis 2.4 m; mittlere Breite 2.0 m, $n = 4$). Das Hauptgerinne verläuft in diesem Abschnitt nahe dem rechten Ufer. Von der Bachbettmitte bis zur linken Uferböschung gibt es kleinere feuchte Zonen sowie z.T. ausgeprägte Fal-laubpakete (Abb. 2).

Abb. 4 ist eine Überblicksaufnahme der Probenstelle 6. Der nach Einmündung von Seitenzubrügern etwa 250 m bachab des Bereiches 2 gelegene Abschnitt beschreibt hier eine schwache Linkskurve. Das Bachbett hat hier eine Breite von 8 bis 10 m, die benetzte Breite schwankt zwischen 6 und 8 m.

Abb. 2: Probenstelle 2 vom linken Ufer gesehen. Datum: 13.11.1993. 1-5 markieren die Expositionsstellen.

Abb.3: Probenstelle 2, Blick bachab. Datum: 16.11.1993. 1-5 markieren die Expositionsstellen.

Abb. 4: Probenstelle 6, Blick bachauf. Datum: 16.11.1993. 1-5 markieren die Expositionstellen.

Abb. 5: Probenstelle 2. Exposition A IV, Verankerung (16.11.1993).

⇒ siehe Originalbericht!!!

Stelle	Wassertiefe [cm]				$v_{\text{mittl.}}$	$v_{h=2\text{cm}}$	Wassertemperatur		
	1. Exposition		2. Exposition		[m/s]	[m/s]		[°C]	
	13.11.93	16.11.93	16.11.93	19.11.93	16.11.93	16.11.93	13.11.93	16.11.93	19.11.93
		5	15	16,5	0,4	0,4			
	4								
A I									
A II	8	9	10	9	0,73	0,16			
A III	7	7	17,5	18	0,18	0,13	5,6(12:30)	3,3(11:15)	1,8(9:45)
A IV	18	18	13	10	0,05	0			
A V	11	15	9,5	11,5	0,19	0,16			
B I	12	12	12	14					
B II	14,5	13	15	14					
B III	22	23	23	24			6,4(15:45)	6,4(13:30)	6,1(10:15)
B IV	18,5	18	18	17,5					
B V	14	15	17	17					

Tab. 1: Wassertiefen und Strömungsgeschwindigkeiten im Oberflächenwasser über den Expositionsstellen. Mittlere ($v_{\text{mittl.}}$) und bodennahe ($v_{h=2\text{cm}}$) Strömung. Wassertemperaturen und Zeitpunkt der Messung (A entspricht Bereich 2, B entspricht Bereich 6).

Position	TGvoll g	TGexp g	TGverl g	Verl %	l/min
A I 5	1,89906	0,12748	1,77158	93,3	1,65
A I 10	1,79929	0,53825	1,26104	70,1	1,09
A I 20	1,69089	1,21318	0,47771	28,3	0,1
A I 30	1,87334	1,67408	0,19926	10,6	nn
A II 5	1,73145	0,82341	0,90804	52,4	0,53
A II 10	1,8311	1,06009	0,77101	42,1	0,26
A II 20	1,89182	1,72685	0,16497	8,7	nn

Position	TGvoll g	TGexp g	TGverl g	Verl %	l/min
A I 5	1,7083	0,73793	0,97037	56,8	1,13
A I 10	1,69059	1,27933	0,41126	24,3	0,17
A I 20	1,80643	1,71199	0,09444	5,2	0,01
A I 30	1,8434	1,76204	0,08136	4,4	nn
A II 5	1,81493	0,26919	1,54574	85,2	2,03
A II 10	1,91743	0,9989	0,91853	47,9	0,83
A II 20	1,8013	1,39207	0,40923	22,7	0,17

A II 30	1,77168	1,6002	0,17148	9,7	nn	A II 30	1,72849	1,5776	0,15089	8,7	0,01
A III 5	2,0231	0,23046	1,79264	88,6	1,51	A III 5	1,75552	1,29835	0,45717	26,0	0,25
A III 10	2,04787	0,94519	1,10268	53,8	0,53	A III 10	1,80234	1,5216	0,28074	15,6	0,1
A III 20	1,84105	1,62717	0,21388	11,6	nn	A III 20	1,77852	1,53838	0,24014	13,5	0,1
A III 30	1,79571	1,52652	0,26919	15,0	0,04	A III 30	1,88034	1,83352	0,04682	2,5	nn
A IV 5	1,87129	0,52653	1,34476	71,9	1,09	A IV 5	1,78087	0,8069	0,97397	54,7	0,98
A IV 10	1,86054	1,16369	0,69685	37,5	0,19	A IV 10	1,7058	1,27846	0,42734	25,1	0,25
A IV 20	1,95954	1,84722	0,11232	5,7	nn	A IV 20	1,89546	1,71997	0,17549	9,3	0,01
A IV 30	1,832	1,5139	0,3181	17,4	0,04	A IV 30	1,69509	1,22476	0,47033	27,7	0,25
A V 5	1,77147	0,4267	1,34477	75,9	1,23	A V 5	1,80142	0,27124	1,53018	84,9	1,88
A V 10	1,8878	1,12068	0,76712	40,6	0,26	A V 10	1,70171	1,22448	0,47723	28,0	0,25
A V 20	1,82952	1,63241	0,19711	10,8	nn	A V 20	1,91827	1,49571	0,42256	22,0	0,17
A V 30	1,88137	1,70665	0,17472	9,3	0,05	A V 30	1,87051	1,6894	0,18111	9,7	nn
B I 5	1,78032	0,35471	1,42561	80,1	1,37	B I 5	1,884	0,31251	1,57149	83,4	0,06
B I 10	1,82717	0,93586	0,89131	48,8	0,39	B I 10	1,8665	1,30518	0,56132	30,1	0,14
B I 20	1,98545	1,25545	0,73	36,8	0,19	B I 20	1,83696	1,74183	0,09513	5,2	nn
B I 30	1,90115	1,72586	0,17529	9,2	nn	B I 30	1,7894	1,66635	0,12305	6,9	nn
B II 5	1,67425	0,72766	0,94659	56,5	0,67	B II 5	1,82152	0,55705	1,26447	69,4	0,95
B II 10	1,69972	1,19389	0,50583	29,8	0,1	B II 10	1,75605	1,22818	0,52787	30,1	0,14
B II 20	1,8093	1,26375	0,54555	30,2	0,14	B II 20	1,9431	1,2832	0,6599	34,0	0,14
B II 30	1,80103	1,60479	0,19624	10,9	nn	B II 30	1,80922	1,80717	0,00205	0,1	nn
B III 5	1,86304	0,75307	1,10997	59,6	0,67	B III 5	1,8421	0,54332	1,29878	70,5	1,09
B III 10	1,82909	1,1638	0,66529	36,4	0,19	B III 10	1,7995	1,38532	0,41418	23,0	0,06
B III 20	1,9213	1,70927	0,21203	11,0	nn	B III 20	1,7418	1,59106	0,15074	8,7	nn
B III 30	1,84428	1,6291	0,21518	11,7	nn	B III 30	1,91886	1,81197	0,10689	5,6	nn
B IV 5	1,84867	0,51754	1,33113	72,0	1,09	B IV 5	1,76965	0,8871	0,88255	49,9	0,26
B IV 10	1,8527	1,28879	0,56391	30,4	0,14	B IV 10	1,76133	1,27127	0,49006	27,8	0,1
B IV 20	1,83088	1,4478	0,38308	20,9	0,06	B IV 20	1,90918	1,70071	0,20847	10,9	nn
B IV 30	1,78067	1,43855	0,34212	19,2	0,04	B IV 30	1,82589	1,66153	0,16436	9,0	nn
B V 5	1,77455	0,40205	1,3725	77,3	1,23	B V 5	1,84248	0,12311	1,71937	93,3	1,65
B V 10	1,82882	1,62869	0,20013	10,9	nn	B V 10	1,8033	1,32884	0,47446	26,3	0,1
B V 20	1,93222	1,58336	0,34886	18,1	0,04	B V 20	1,89498	1,82231	0,07267	3,8	nn
B V 30	1,93193	1,8206	0,11133	5,8	nn	B V 30	1,69301	1,5806	0,11241	6,6	nn

Tab. 2: Meßergebnisse der einzelnen Meßwertaufnehmer. links: 1.Exposition vom 13.-16.11.1993; rechts: 2.Exposition vom 16.-19.11.1993. Verl %: Trockengewichtsverlust in %. l/min: mittlere Durchflußmenge in l/min. nn: Ergebnis liegt unter der Erfassungsgrenze.

3. Ergebnisse

Die Wassertiefen sowie die Ergebnisse der Oberflächenwasserströmungsmessungen über den Expositionsstellen und die mittels Schöpfthermometer eruierten Wassertemperaturen sind Tab. 1 zu entnehmen. Die Strömungsmessungen im Oberflächenwasser wurden mit einem Ott-Flügel durchgeführt, und zwar wurden die theoretische mittlere Strömungsgeschwindigkeit im Vertikalprofil und jene 2 cm über dem Bachgrund ermittelt. Aufgrund eines technischen Gebrechens konnten lediglich am 16.11.1993 in einem Abschnitt derartige Messungen durchgeführt werden. Die Wassertemperaturen im Bereich 6 liegen z.T. deutlich über jenen des Bereiches 2. Die aus den Trockengewichtsverlusten berechneten Durchflußergebnisse sind in Tab. 2 zusammengefaßt.

Eine Frequenzanalyse der Meßergebnisse zeigt deutlich ein Überwiegen der kleinen und kleinsten Durchflußmengen (Abb. 6A und 6B). Dieser extrem linksschiefe Verteilungstyp kann auch durch eine etwaige Transformation der Daten nicht "normalisiert" werden, daher basieren die statistischen Auswertungen auf nonparametrischen Verfahren. Folgende Tests wurden angewendet: Kolmogorov-Smirnov-Test (K-S), Mann-Whitney-U-Test (M-W) und Kruskal-Wallis-Test (K-W). 30% aller Meßwerte liegen unter der Erfassungsgrenze. Dies ist auf das relativ hohe "Methodenrauschen" zurückzuführen. Zwar ist ein Trockengewichtsverlust auch in diesen Fällen nachweisbar, allerdings kann ihnen kein Meßwert zugeordnet werden.

Der arithmetische Mittelwert aller Ergebnisse liegt bei 0.532 l/min (SE ± 0.058) (Median 0.1 l/min). Für die einzelnen Untersuchungsabschnitte gilt $\bar{x} = 0.429 \pm 0.092$ l/min (Median 0.17 l/min) (Bereich 2) und $\bar{x} = 0.275 \pm 0.07$ l/min (Median 0.08 l/min) (Bereich 6). Aufgrund der extremen Verteilung sind arithmetische Mittelwerte allerdings mit Vorbehalt zu betrachten. Der größte Einzelmeßwert liegt bei 2.03 l/min. Ein Vergleich der beiden Probenbereiche zeigt eine Verschiebung der Verteilung im Untersuchungsgebiet 2 zu höheren Durchflüssen. Alle relevanten

Kennwerte der BW-Plots des Bereiches 2 liegen über jenen des Bereiches 6 (Abb. 6B). Statistisch ist diese Verschiebung aber nicht sehr bedeutsam (K-S, $p = 0.164$).

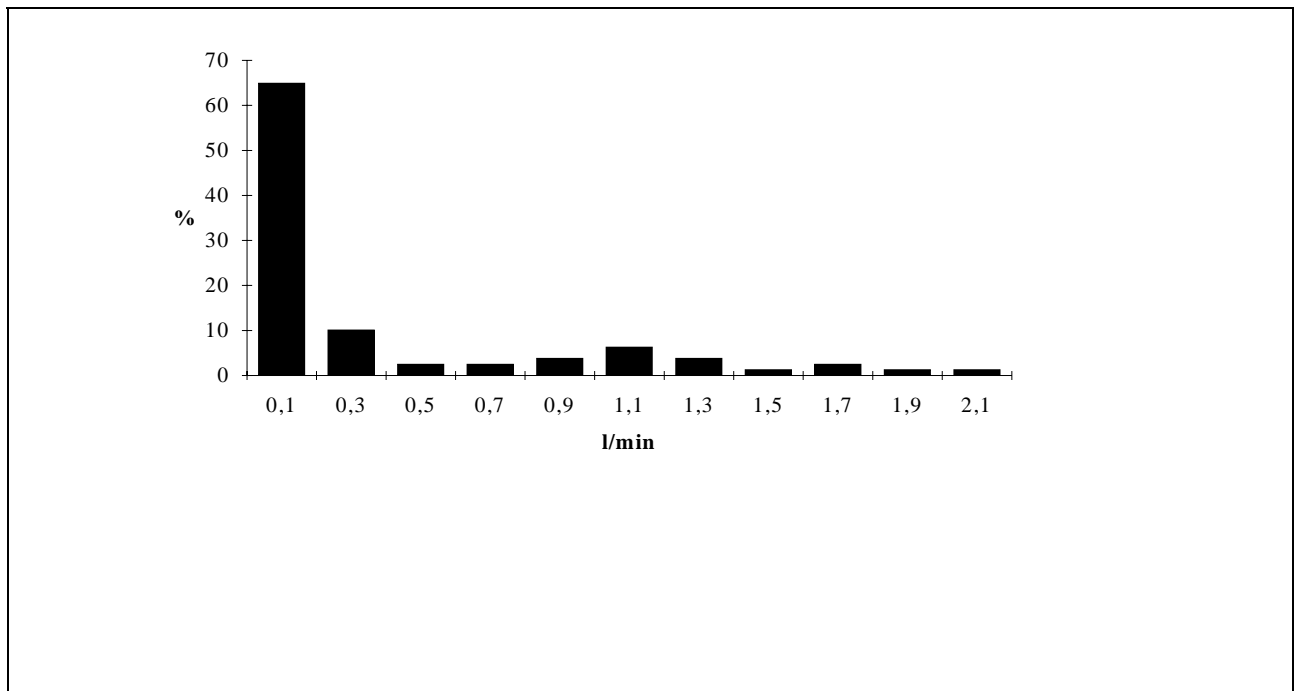


Abb. 6a: Darstellung der Durchflußmeßergebnisse als Frequenzdiagramm (angegeben sind die Klassenmitten) und Box-and-Whisker-Plot unter Einbeziehung aller Meßwerte.

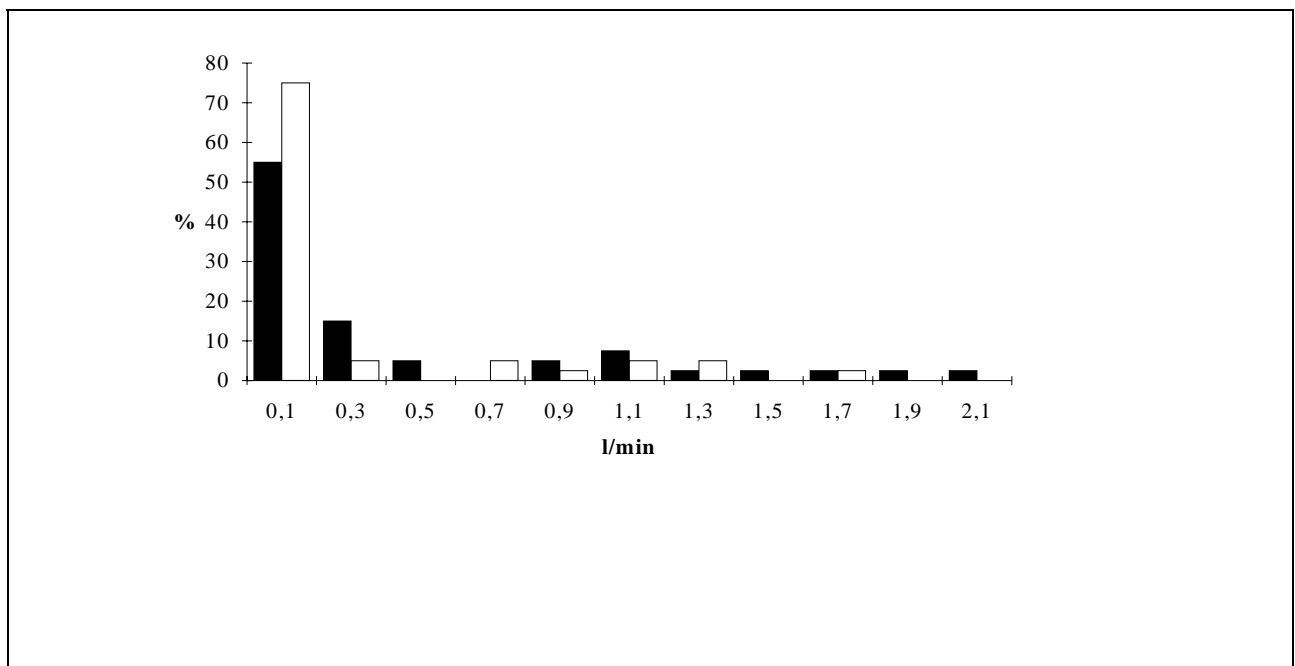


Abb. 6b: Darstellung der Durchflußmeßergebnisse als Frequenzdiagramm (angegeben sind die Klassenmitten) und Box-and-Whisker-Plot, getrennt für die beiden Probenstellen (schwarz: Bereich 2, weiß: Bereich 6).

Ein statistischer Vergleich der beiden Expositionsperioden zeigt, daß keine signifikanten Unterschiede zwischen den zeitlich aufeinanderfolgenden Messungen erkennbar ist. (K-S, $p = 0.819$).

Dies ist auf die unverändert gebliebene hydraulische Gesamtsituation aufgrund gleichmäßiger Wasserführung in beiden Abschnitten während dieser Zeit zurückzuführen.

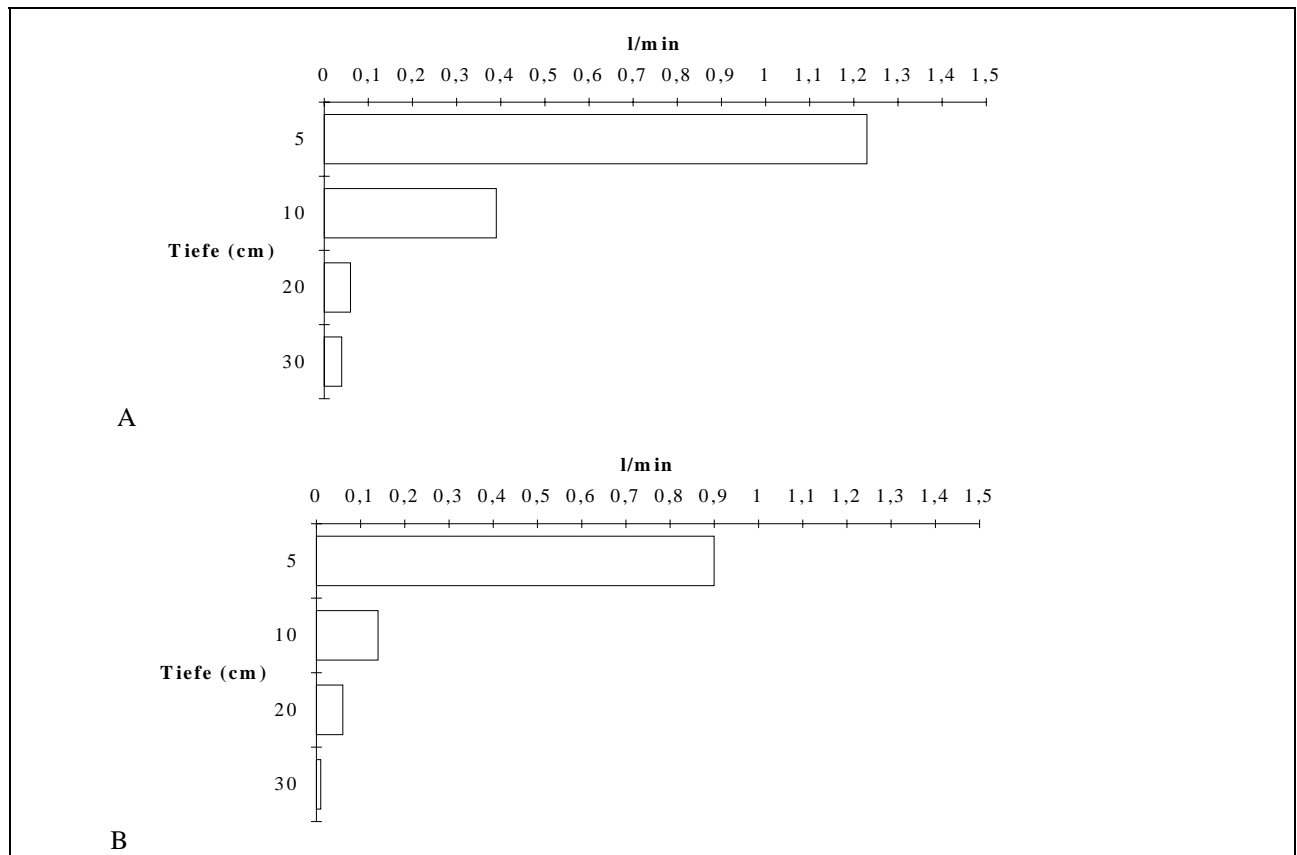


Abb. 7: Vertikalprofil der mittleren Durchflußmengen (\pm SE) an der Probenstelle 2 (A) und 6 (B).

Mit zunehmender Sedimenttiefe sinkt der interstitielle Durchfluß rapide (Abb. 7A und 7B). Liegen die Durchflußmengen in beiden Gebieten nahe der Sedimentoberfläche (-5 cm) noch um 1 l/min, so sinken sie bereits 5 cm tiefer um 70 bis 80%. In 20 bzw. 30 cm Sedimenttiefe schließlich liegen 70% der Meßwerte unter der Erfassungsgrenze von 0.01 l/min (Tab. 2). Die Abnahme der Durchströmung ist hoch signifikant zwischen den einzelnen Tiefenstufen (M-W, siehe Tab. 3). Lediglich im Untersuchungsbereich 2 zwischen 20 und 30 cm Sedimenttiefe ist kein signifikanter Unterschied feststellbar.

	Tiefe (cm)	5	10	20	30	
Gebiet 2 (n = 40)	5		.0021	.0004	.0001	Gebiet 6 (n = 40)
	10	.0024		.069	.0003	
	20	.0001	.0005		.0401	
	30	.0002	.0004	.578		

Tab. 3: Ergebnisse der Mann-Whitney-U-Tests zwischen den einzelnen Tiefenschichten in den beiden Probenbereichen.

Zwischen den beiden Probenstellen zeigen sich in zwei Schichten hinsichtlich der Durchströmung signifikante Unterschiede, und zwar in -10 cm (M-W, $p = 0.0062$), aber auch in der tiefsten erfaß-

ten Zone bei -30 cm (M-W, $p = 0.0555$). Oberflächennahe sind Unterschiede erkennbar, statistisch jedoch nicht bedeutsam (M-W, $p = 0.1976$). In -20 cm sind die eruierten Durchflüsse beider Bereiche sowohl im Mittel als auch im Standardfehler identisch, die Frequenzen nahezu deckungsgleich (M-W, $p = 0.8739$).

Die im Interstitial der Hinteren Rettenbaches festgestellten mittleren Strömungsgeschwindigkeiten liegen zwischen 0 und über 5 cm/s, im Mittel bei 0.95 cm/s (± 0.16 SE). Die Interstitialwasserströmung in den oberflächennahen Schichten der Stelle 2 liegen z.T. deutlich über jenen der Stelle 6. In 20 bzw. 30 cm Sedimenttiefe hingegen sind die Strömungsgeschwindigkeit annähernd gleich groß.

Vergleiche mit der Oberflächenströmung können aufgrund des aufgetretenen technischen Gebrechens am Ott-Flügel nur im Untersuchungsbereich 2 angestellt werden. Zwar ist ein tendentieller Anstieg der oberflächennahen Interstitialwasserströmung (-5cm) mit steigender

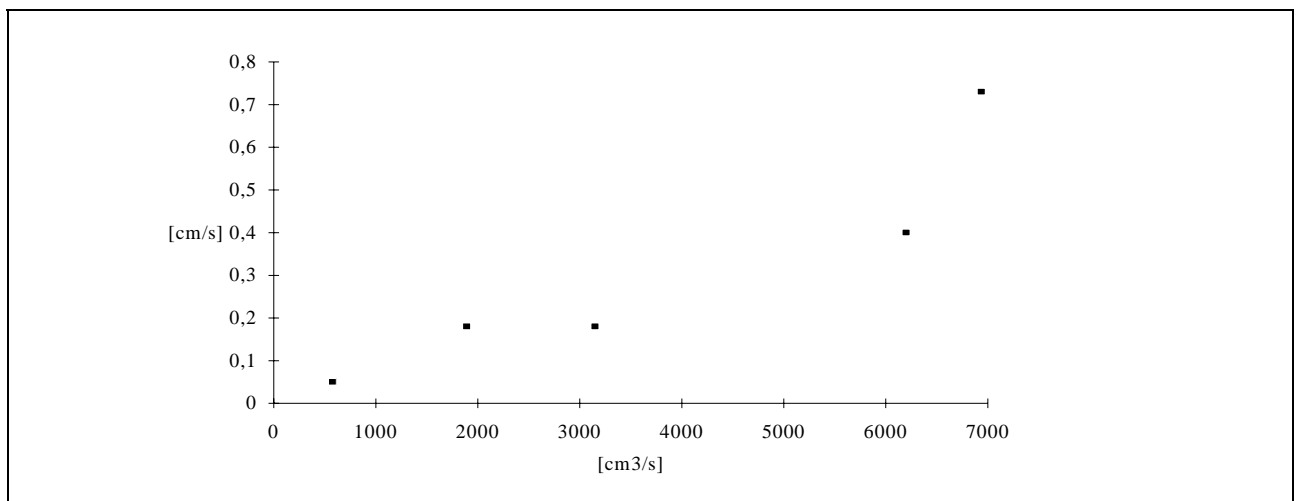


Abb. 8: Regression der Interstitialwasserströmungsgeschwindigkeit in 5 cm Sedimenttiefe in cm/s mit der Schüttung in einem 10 cm breiten Transekt über der Expositionsstelle in cm^3/s .

Oberflächenströmungsgeschwindigkeit zu erkennen, aber für eine gesicherte Aussage sind zu wenige Strömungsmessungen im Oberflächenwasser vorhanden. Die mittleren Strömungsgeschwindigkeiten im Oberflächenwasser über den Expositionsstellen liegen im Bereich von 0.05 bis 0.73 m/s (Mittel: 0.31 m/s), jene 2 cm über dem Bachgrund zwischen 0 und 0.4 m/s (Mittel: 0.17 m/s). Die durchschnittlichen Strömungsgeschwindigkeiten in 5 cm Sedimenttiefe sind daher um einen Faktor 10 geringer als jene im Oberflächenwasser. Zwischen dem Oberflächenwasser und -10 cm liegt ein Faktor 30 bis 50.

Deutlicher stellt sich der Zusammenhang zwischen der Schüttung über der Expositionsstelle und der berechneten Interstitialströmungsgeschwindigkeit in -5 cm dar (Abb. 8). Die dieser Darstellung zugrunde liegende Schüttung ist jene in einem 10 cm breiten Transekt quer zur Oberflächenströmungsrichtung genau über der Expositionsstelle. Je größer die Schüttung über der untersuchten Stelle ist, desto höher sind auch die mittleren Strömungsgeschwindigkeiten durch die Lückenräume.

4. Diskussion

Die vorgefundene Frequenzverteilung ist als typisch für den untersuchten Parameter zu bezeichnen (PANÉK 1991,1992). Gegenüber der vorherrschenden Strömung im Oberflächenwasser betragen

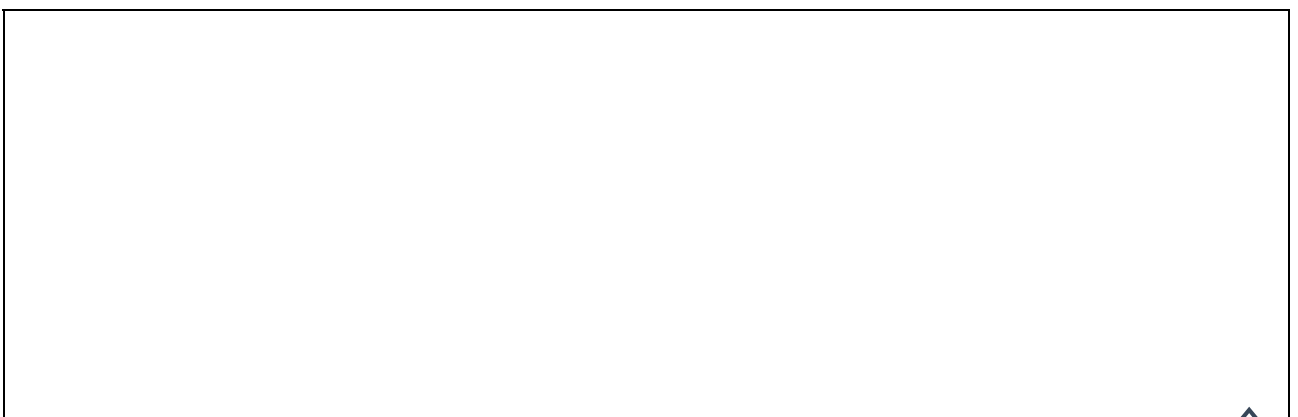
die Werte im Bettsedimentlückenraum auch oberflächennahe höchstens ein Zehntel. Für die bei dieser Untersuchung erfaßte Sedimentzone gilt ein durchschnittliches Verhältnis der Geschwindigkeiten an der Oberfläche und im Interstitial von 30:1. Eine Quantifizierung der über den gesamten Bettsedimentquerschnitt durch die beiden Bereiche fließenden Interstitialwassermenge kann aufgrund fehlender Parameter (insbesondere Porosität) nicht durchgeführt werden. Die auch in tieferen Sedimentschichten auftretenden Durchflußspitzen konnten hier kaum beobachtet werden, wohl aufgrund des geringen Stichprobenumfanges. Die Werte sind darüber hinaus sehr gut mit bisherigen Ergebnissen aus naturnahen, hydraulisch unbelasteten Gebirgsbächen vergleichbar, sind sie doch sowohl bezüglich des Wertebereiches als auch hinsichtlich ihrer spezifischen Häufigkeit sehr ähnlich (PANEK, nicht publ.). Auch die hier ermittelten Strömungsgeschwindigkeiten stimmen mit denen aus der Literatur bekannten vollkommen überein (SCHWOERBEL 1966, TILZER 1967, RICHTER & LILLICH 1975).

Typischerweise sind nur die oberflächennahen Schichten (bis etwa -10 cm) stark durchströmt, während in den tieferen Sedimentschichten die Intensität der Interstitialströmung im Mittel um etwa einen Faktor 30 bis 50 geringer ist. Eine weitere Abnahme in Zonen unter 30 cm Sedimenttiefe ist anzunehmen, gleichwohl derart geringe Strömungen mit diesen Kugelgrößen meßtechnisch nicht erfaßt werden können.

Eine Beeinflussung der Durchströmung der oberflächennahen Sedimentschichten durch die Schüttung konnte trotz der dafür geringen Probenanzahl gezeigt werden. Der deutlichere Zusammenhang zwischen den beiden Faktoren Schüttung und Lückenraumströmung gegenüber dem Vergleich der Oberflächen- mit der Interstitialströmungsgeschwindigkeit ist darauf zurückzuführen, daß bei der Schüttung zusätzlich zu der mittleren Strömungsgeschwindigkeit auch die aktuelle Wassertiefe und mithin der hydraulische Koeffizient Berücksichtigung findet. Dieser ist neben dem Substratkoeffizienten (Darcy'scher Koeffizient K) der bestimmende Parameter für die Strömungsgeschwindigkeit in porösen Medien im Rahmen des Darcy-Gesetzes (ROSE 1945). Da diese Studie unter Niederwasserbedingungen durchgeführt wurde, kann angenommen werden, daß bei signifikanten Abflußerhöhungen - etwa im Zuge der Frühjahrshochwässer - die Durchflußmengen zumindest in den oberflächennahen Bettsedimentschichten deutlich ansteigen werden.

Abb. 9 zeigt recht anschaulich ein Beispiel einer Tiefenserie unmittelbar nach Ablauf der Expositionszeit. Deutlich erkennbar sind hier auch die mit der Sedimenttiefe größer werdenden Feinsedimentmengen (Durchmesser < 5 mm). Dies entspricht dem durch Akkumulation sowie größeren Umlagerungen geprägten Bild der tieferen Bettsedimentlückenräume (PANEK 1992, in press).

Insgesamt sind die untersuchten Sedimentschichten beider Abschnitte des Hinteren Rettenbaches als gut durchströmt einzustufen. Die Durchströmung der oberen Bettsedimentschichten ist darüber hinaus als sehr dynamisch im Zusammenhang mit Veränderungen der Abflußverhältnisse zu bezeichnen. In Gemeinschaft mit weiteren Substratfaktoren (Chemismus, Porosität, Textur, usw.) ist dies die Basis für einen dynamischen Stofftransport und damit für die benthische Besiedlung auch tiefer gelegener Bettsedimentschichten.



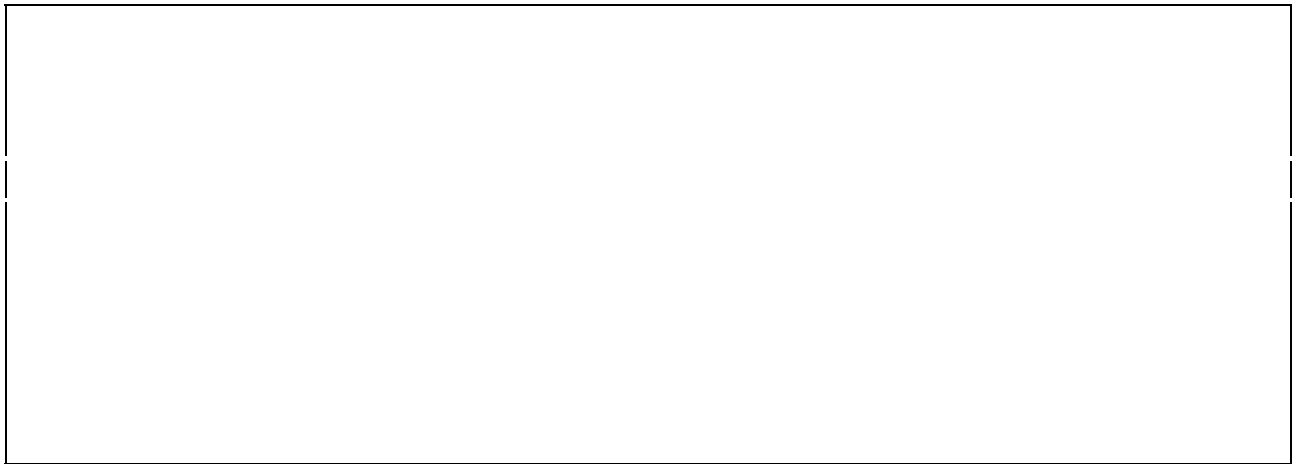


Abb. 9: Gipskugelnkörbchen einer Tiefenserie von einer Expositionsstelle unmittelbar nach Ablauf der dreitägigen Expositionszeit. Von links nach rechts: -5 cm, -10 cm, -20 cm, -30 cm. Tiefer exponierte Gipskugeln zeigen deutlich einen geringeren Volumsverlust. Charakteristischerweise steigt die Menge des mobilen interstitiellen Feinsedimentes (Durchmesser < 5 mm) mit der Sedimenttiefe.

5. LITERATUR

- PANEK, K. (1991): Durchströmung der Bettsedimente des Oberen Seebaches (Lunz/See, Österreich). - DGL, Erweiterte Zusammenfassung der Jahrestagung 1990 Essen: 463-467.
- PANEK, K. (1992): Dispersionsdynamik des Zoobenthos in den Bettsedimenten eines Gebirgsbaches. - Dissertation. Universität Wien. 190p.
- PANEK, K. (in press): Depth boundaries of bedsediments in an alpine stream (Ritrodat-Lunz study area, Austria). - Verh.Internat.Verein.Limnol.
- RICHTER, W., W. LILLICH (1975): Abriß der Hydrogeologie. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart.
- ROSE, H.E. (1945): An investigation into the laws of flow of fluids through porous media. - McGraw Hill, New York.
- SCHWOERBEL, J. (1967): Das hyporheische Interstitial als Grenzbiotop zwischen oberirdischem und subterranean Ökosystem und seine Bedeutung für die Primär-Evolution von Kleinsthöhlenbewohnern. - Arch.Hydrobiol./Suppl. XXXIII: 1-62.
- TILZER, M. (1967): Ökologische und faunistische Untersuchungen über das hyporheische Interstitial zweier Hochgebirgsbäche und eines Gebirgsflusses im Arlberggebiet. - Dissertation. Universität Wien. 202p.