

## MIKROBIOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN IM LUNZER SEEBACH (RITRODAT)

G.D.Kasimir

### 1) EINLEITUNG:

1989 wurde im Rahmen des RITRODAT mit einem vom Forschungsförderungsfonds (FFwF) unter der Projektnummer P-6995-BIO geförderten mikrobiologischen Projekt begonnen, dessen Untersuchungsgegenstand die bakterielle Biozönose des Lunzer Seebachs ist.

Bisherige Untersuchungen im RITRODAT haben gezeigt, daß der Großteil (99%) der organismischen Biomasse in den obersten 60 cm der Bettsedimente zu finden ist (BRETSCHKO, dieser J.-Ber.), und geben Hinweise auf die mögliche Bedeutung der Mikrobiozönose hinsichtlich der Aufbereitung des partikulären organischen Materials (POM), das die Energiebasis des hier untersuchten Ökosystems darstellt (LEICHTFRIED, 1986).

Mikrobiologische Untersuchungen wurden bisher im Rahmen des RITRODAT von ZIBUSCHKA (1981) und STÜWE (1983) durchgeführt. Dabei wurde die Zahl der mittels indirekter Zählmethode (Membranfilterverfahren) züchtbaren Bakterien erfaßt, eine Größe, die um etwa 3 Größenordnungen unter der Zahl der mittels direkter Zählverfahren erfaßbaren Keime liegt. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen untermauern die Bedeutung der Bettsedimente, deren Koloniezahlen um 3 bis 4 Zehnerpotenzen über denjenigen der Wasserproben lagen. Weiters zeigte sich die Abhängigkeit der Koloniezahlen vom mittleren Korndurchmesser der exponierten Substrate.

Wie in anderen Gewässern auch, setzt sich die bakterielle Biozönose des Seebachs aus distinkten Populationen (Kompartimenten) zusammen: einerseits aus den freilebenden und den partikelgebundenen Bakterien der fließenden Welle, andererseits aus den Bakterien der Bettsedimente. Bei letzteren lassen sich wiederum freilebende und partikelgebundene Bakterien unterscheiden. Sie werden ebenfalls durch das System transportiert, allerdings mit wesentlich geringeren Fließgeschwindigkeiten als im Oberflächenwasser. Dazu kommen aber noch die an größeren Oberflächen im sogenannten Biofilm festsitzenden Bakterien, die die einzige "stationäre", also permanent im Ökosystem verbleibende Teilpopulation darstellen. Abb.8 zeigt schematisch das RITRODAT mit den verschiedenen bakteriellen Teilpopulationen.

Ziel des Projektes ist die Ausarbeitung bzw. Adaptierung der Methodik für eine

Quantifizierung des Anteils der verschiedenen Populationen der bakteriellen Biozönose an der Gesamtbiomasse und Produktion des Ökosystems; andererseits sollen Wasser- und Bettsedimentwasser-Proben des RITRODAT-Areals regelmäßig untersucht werden, um eine möglichst genaue Schätzung der bakteriellen Biomasse und ihrer Verteilung sowie der Produktivität der Bakteriozönose zu erhalten und um die Abhängigkeit der gemessenen Parameter von hydrologischen Größen zu erfassen. Parallel dazu soll auch die Abundanz der heterotrophen Nanoflagellaten erfaßt werden, die als die nächstgrösseren Organismen innerhalb des Nahrungsnetzes in vielen Ökosystemen die wichtigsten bakterienfressenden Organismen darstellen, wie sich in den letzten Jahren gezeigt hat (BJÖRNSEN et al. 1988, GÜDE, 1986; KOUSA & MARCUSSEN, 1988; SALONEN & JOKINEN, 1988; TRANVIK & SIEBURTH, 1989; SANDERS et al., 1989).

#### VERWENDETE ABKÜRZUNGEN:

CV = Variationskoeffizient, FDC = frequency of dividing cells, GBZ = Gesamtbakterienzahl, HNF = heterotrophe Nanoflagellaten

## 2) METHODEN

### a) PROBENENTNAHME UND AUFARBEITUNG

Die Entnahme von Bachwasser erfolgte mit sterilen Glasflaschen aus 5 cm Tiefe, die Entnahme des Bettsedimentwassers erfolgte mittels der im RITRODAT-Areal in verschiedenen Tiefen fixierten Sonden, wie sie bei BRETSCHKO (1980) beschrieben werden. Damit werden sowohl das Bettsedimentwasser als auch die feineren und beweglichen Korngrößenfraktionen des Lückenraumsedimentes erfaßt.

Wasserproben wurden wie üblich filtriert, für die Aufarbeitung der Bettsedimentwasserproben (Ablösung aggregierter und partikelgebundener Bakterien) wurde eine Ultraschallsonde BRANSON Sonifier 250 mit Mikrospitze verwendet (Beschallungsdauer 3 Min., Stufe 6) und die Proben anschließend wie Wasserproben weiterbehandelt.

### b) BESTIMMUNG VON BAKTERIENZAHLE UND -BIOMASSE, DES PROZENTSATZES IN TEILUNG BEFINDLICHER ZELLEN (FDC) UND DER ZAHL DER HETEROTROPEN NANOFLAGELLATEN (HNF)

Für die Bakterienzählung wurde die Epifluoreszenzdirektzählung gewählt, weil sie sich seit der Einführung der Polycarbonatfilter in den unterschiedlichsten

Biotopen bewährt hat (DALEY, 1979). Als Fluorochrom wurde Acridinorange verwendet, weil bei den verwendeten Filterkombinationen das fading gering war und auch getrocknete und im Dunkeln aufbewahrte Filter noch gut ausgewertet werden können (KASIMIR & KAVKA, 1988). Die Vorgangsweise entspricht den Angaben von HOBBIIE et al.(1977). Verwendet wurden schwarze 25 mm - Polycarbonatfilter (NUCLEPORE oder PORETICS) der durchschnittlichen Porenweite 0,25  $\mu\text{m}$ , die auf Zellulosenitratfilter grösserer Porenweite (0,45-0,8  $\mu\text{m}$ )gelegt wurden, um gleichmäßige Filtration zu erreichen. Als Fluorochrom wurde Acridinorange Merck 1333 oder Sigma A-6529 in einer Endkonzentration von 0,01% verwendet. Die Filter wurden nach ihrer Trocknung in fluoreszenzfreiem Paraffin (FLUKA, 76235) eingebettet und bei 1000-facher Vergrößerung (Fluorpan, REICHERT, oder Aristoplan, LEITZ, HG-Brenner OSRAM HBO 50) ausgezählt. Als "Partikel" wurden alle Teilchen gezählt, die weder Bakterien, noch Algen oder Flagellaten darstellten. Bakterien auf den Partikeln wurden getrennt ausgezählt und als Prozent der GBZ ausgedrückt. Handelte es sich um undurchsichtige Partikel, wurde die Zahl der darauf sitzenden Bakterien in der Annahme einer gleichmäßigen Besiedlung der Partikel verdoppelt. Als in Teilung befindliche Zellen wurden nach HAGSTRÖM et al. (1979) alle Zellen mit sichtbarer Einschnürung, aber noch nicht vollständiger Durchschnürung betrachtet. Soweit in den Proben vorhanden, wurden auch Pilzhyphen und kleinste Diatomeen bei der Zählung erfaßt.

Jeweils 5 Filter und 400-1000 Zellen pro Filter wurden pro Probe ausgezählt. Der mittlere Variationskoeffizient (CV) pro Filter betrug 23%, der CV zwischen den Parallelfiltern betrug 17,4%. Vor jeder Probenaufarbeitung wurden Farblösungen und Verdünnungswasser auf Partikelfreiheit geprüft.

Die Biomassebestimmung erfolgte über die Messung des durchschnittlichen Bakterienvolumens. Die Bakteriengrößen wurden im Epifluoreszenzmikroskop durch Vergleich mit einem kalibrierten Netzkular festgestellt. Für die Berechnung der Volumina wurden vereinfachend Kugel- und Zylinderformen angenommen. Für die Umrechnung in Biomassewerte wurde ein vorläufiges durchschnittliches Zellvolumen von 0,17  $\mu\text{m}^3$  verwendet, das durch Ausmessen von insgesamt ca. 1000 Zellen aus 2 Proben gewonnen wurde. Für die Umrechnung der Biovolumina in C-Einheiten müssen Umrechnungsfaktoren aus der Literatur übernommen werden. Die in der Literatur für die Umrechnung von bakteriellem Biovolumen in C-Einheiten angegebenen Faktoren variieren erheblich zwischen 0.03 und 0.56  $\text{pgC}/\mu\text{m}^3$  (siehe Tabelle 1). Hier wurde angesichts der relativ kleinen Bakterien ein

Faktor von  $0.121 \text{ pgC}/\mu\text{m}^3$  gewählt, weil er im mittleren bis oberen Bereich derjenigen Faktoren liegt, die aus gemischten Bakterienpopulationen gewonnen wurden, und allometrische Untersuchungen von NORLAND et al. (1987) gezeigt hatten, daß kleinere Bakterien einen relativ höheren Trockengewichtsanteil haben als große.

Tabelle 1: Vergleich einiger der in der Literatur angegebenen Umrechnungsfaktoren für die Umrechnung von bakteriellem Biovolumen in C-Einheiten.

BRATBAK & DUNDAS (1984):	$0.22 \text{ pg C}/\mu\text{m}^3$
BRATBAK (1985):	$0.56 \text{ pg C}/\mu\text{m}^3$
WATSON et al. (1977):	$0.121 \text{ pg C}/\mu\text{m}^3$
BJORNSSEN (1986):	$0.354 \text{ pg C}/\mu\text{m}^3$
NORLAND et al. (1987)	$0.05-0.1 \text{ pg C}/\mu\text{m}^3$

Die Zahl der heterotrophen Nanoflagellaten (HNF) wurde mittels Auflichtfluoreszenzmikroskopie ermittelt. Hierfür werden teilweise auch andere Fluorochrome wie Primulin; SANDERS et al. (1989); FITC ; Proflavin: BJÖRNSEN et al. (1988), KOUSSA & MARCUSSEN (1988); DAPI: GÜDE (1986), TRANVIK & SIEBURTH (1989) empfohlen. Obwohl diese möglicherweise geeigneter sind, werden die HNF in der vorliegenden Untersuchung wie die Bakterien mit Acridinorange angefärbt und im selben Präparat ausgezählt, wobei wegen der wesentlich geringeren HNF-Konzentrationen mehr Zählfelder berücksichtigt werden müssen als für die Bakterienzählung.

### 3) ERGEBNISSE

#### I - BAKTERIENZAHLE UND BIOMASSE, ZAHLE DER FLAGELLATEN

##### a) BACHWASSER

##### Bakterienzahl und Biomasse

Die Bakterienkonzentrationen lagen in der Regel zwischen 150000 und 450000 Zellen/ml, während Hochwasserspitzen konnten bis zu maximal 8 Mio./ml erreicht werden. Die entsprechenden Biomassewerte sind 4 bis maximal (HQ)  $160 \text{ mgC}/\text{m}^3$ .

Da extreme Hochwässer wie im Juli als Ausnahmesituationen anzusehen sind, werden bei der Zusammenstellung der Spannweite der erhaltenen Werte (Tab.3) die Ergebnisse getrennt für Hochwässer und Pegelstände unter 40 cm angeführt.

Tabelle 3: Gegenüberstellung der Daten von Hochwassersituationen und Pegelständen unter 40 cm.

Parameter	Einheit	Pegel unter 40 cm	Hochwasser
Bakterienzahl	B./ml	150000-450000	1 - 8 Mio
bakt.Biomasse	mgC/m <sup>3</sup>	3 - 10	20 - 160
bakt.C-Fracht	kg/Tag	0.04 - 4	7 - 420
FDC	% der GBZ	----- 1.5 - 4 -----	
% partikelgebundene B.	% der GBZ	----- 0.7 - 21 -----	
Partikelkonzentration	P./ml	700 - 3000	bis zu 180000
HNF	Ind./ml	100 - 3000	bis zu 50000

Bestimmend für die Bakterienkonzentration ist in erster Linie das Abflußgeschehen:  $r=0,99$ ;  $n=29$ ,  $p=0,0001$  (Abb.1/2). Begünstigt durch den niederschlagsreichen Sommer konnten einige Hochwasserereignisse direkt erfaßt werden. Dabei zeigte sich, daß der Abfluß die wichtigste Störgröße des Systems darstellt. Die beobachteten Extremwerte der Bakterienkonzentrationen entsprechen den Bakterienkonzentrationen in der österreichischen Donau bei Hochwasser oder den Durchschnittskonzentrationen in ihrem Mündungsgebiet.

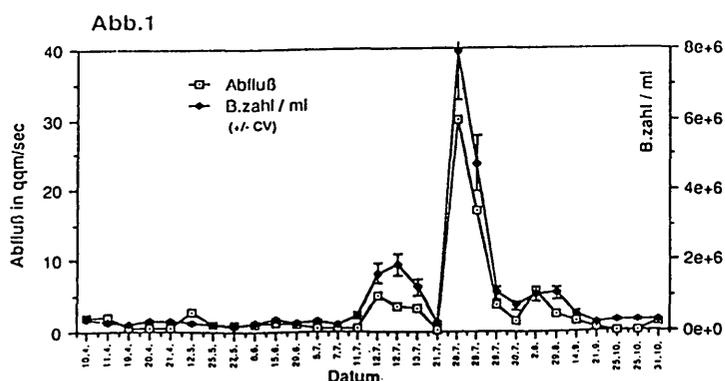


Abb.1: Bakterienzahlen (+CV) und Abfluß im Bachwasser

Abb. 2

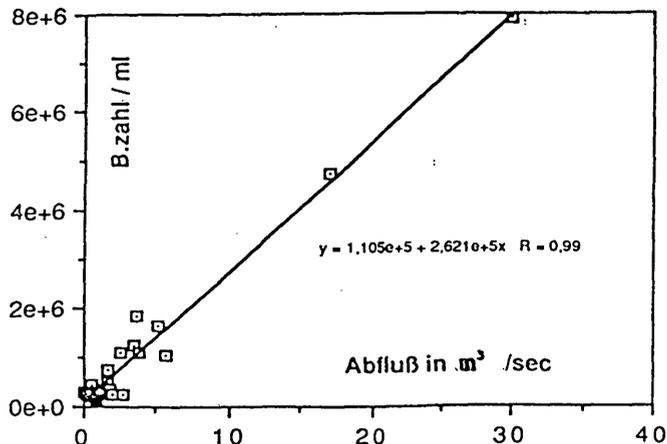
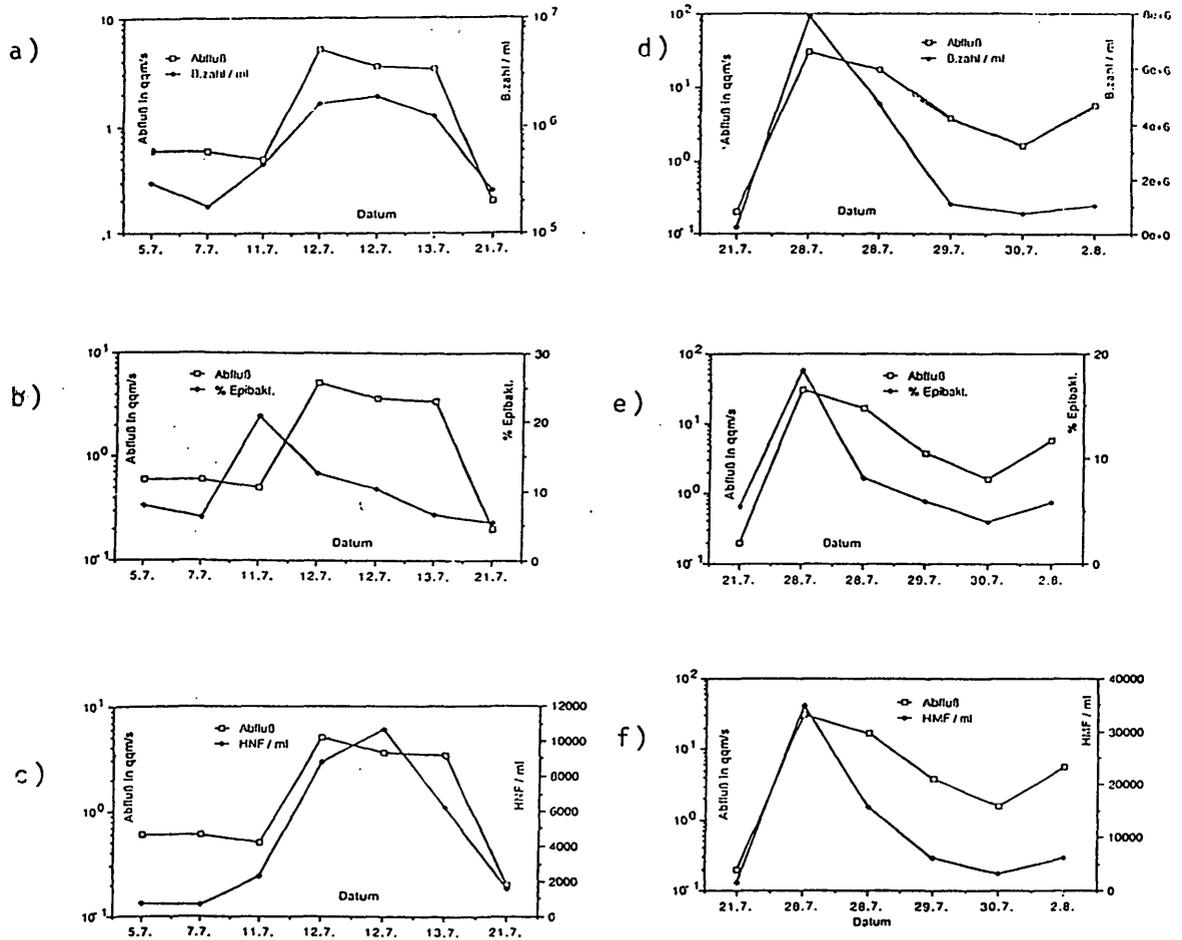


Abb.2: Beziehung zwischen Bakterienkonzentration und Abfluß

Das Ansteigen der Bakterienkonzentrationen erfolgt dabei nicht ganz parallel zum Pegelanstieg. Bei plötzlichen starken Regenfällen erhöht sich die Bakterien- Partikel- und Flagellatenkonzentration durch direkte Einschwemmung aus dem Uferbereich bevor ein Pegelanstieg einsetzt, steigt dann weiter, wenn über den zunehmenden Grundwasserzustrom Bett sedimentwasser in das Oberflächenwasser gedrückt wird und kann wieder abfallen, während der Pegel noch hoch bleibt (z.B. erstes Julihochwasser; Abb.3 a-c). Bei länger anhaltenden Regenfällen können die Bakterienkonzentrationen schneller abnehmen als der Pegel (z.B. zweites Julihochwasser; Abb.3 d-f), was möglicherweise einen "Durchspüleffekt" widerspiegelt, wie er auch von städtischen Kanalisationen bekannt ist. Der im Vergleich zur Donau wesentlich krassere Unterschied (ca. 50 mal) zwischen der HQ- und NQ-Bakterienkonzentration (in der Donau 2 bis 8 mal) entspricht dem River-Continuums-Konzept (VANNOTE et al. 1980), wonach der Einfluß der umgebenden terrestrischen Systeme sich mit zunehmender Flußgröße verringert.

Der Prozentsatz partikelgebundener Bakterien lag zwischen 0,7 und 21%. Auch er hängt trendmäßig vom Abfluß ab (Abb. 4 a/b). Der diesem Trend widersprechende Wert vom 11.7.89 wurde während eines starken Gewitterregens entnommen, noch bevor ein Pegelanstieg zu verzeichnen war. Die Partikelzahl (nur an 15 der 29 Probenentnahmetage erfaßt) schwankte zwischen 700 und 3000/ml (Pegel unter 40), der Maximalwert (Julihochwasser) lag bei 180000/ml.

**Abb. 3**



a/d : Bakterienzahl; b/e: partikelgebundene Bakterien  
 c/f : heterotrophe Nanoflagellaten

Abb.3: Die Entwicklung von Abfluß, Bakterienkonzentration, Prozentsatz partikelgebundener Bakterien und Flagellatenkonzentration bei zwei Hochwasserereignissen (a-c und d-f)

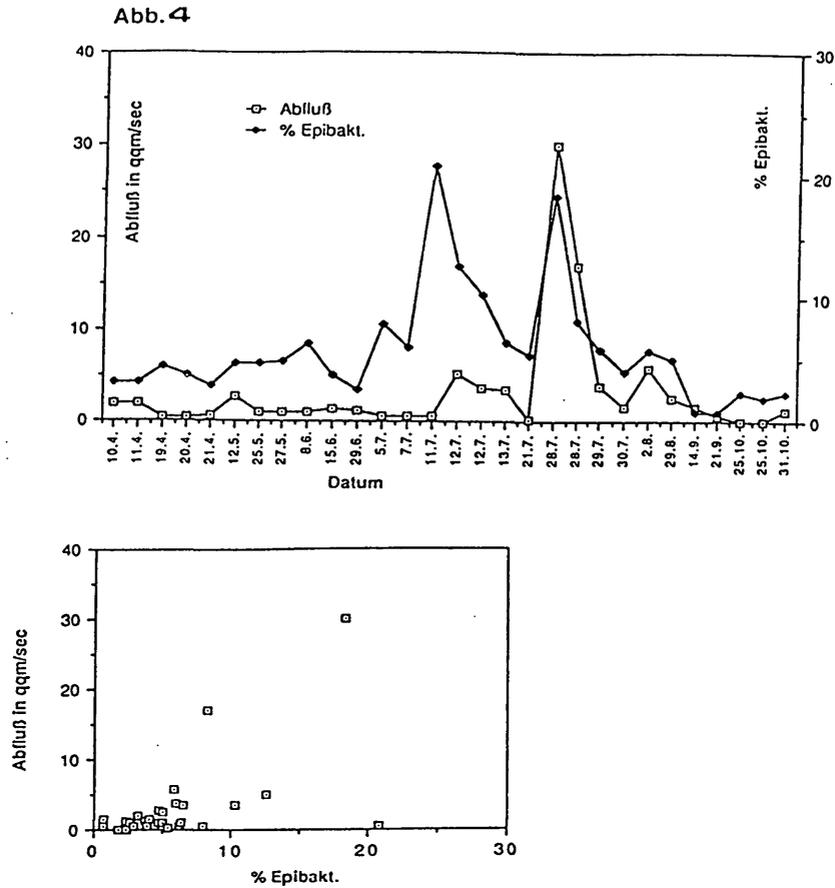


Abb.4: Abfluß und partikelgebundene Epibakterien im Bachwasser.  
 $qqm = m^3$

Der Anteil in Teilung befindlicher Zellen schwankte im Untersuchungszeitraum zwischen 1.5 und 4%. Eine Korrelation zum Abflußgeschehen war nicht festzustellen (Abb.5).

Auch die Zahl der heterotrophen Nanoflagellaten (HNF) ist stark abflußabhängig:  $r=0,96$ ;  $n=28$ ;  $p < 0,0001$  (Abb.6 a/b). Diese Abhängigkeit und die Parallelität zu den Bakterienkonzentrationen sprechen dafür, daß auch die HNF aus terrestrischen Biotopen eingeschwemmt werden. Ihre Konzentration schwankte zwischen 100 und 3000 Zellen pro Milliliter (bei HQ bis zu 50000 Zellen/ml), das sind Konzentrationen, in denen sie nach Angaben in der Literatur (zB. KUOSA & MARCUŠSEN, 1988) einen beträchtlichen "grazing"-Druck auf die Bakterienpopulation ausüben können.

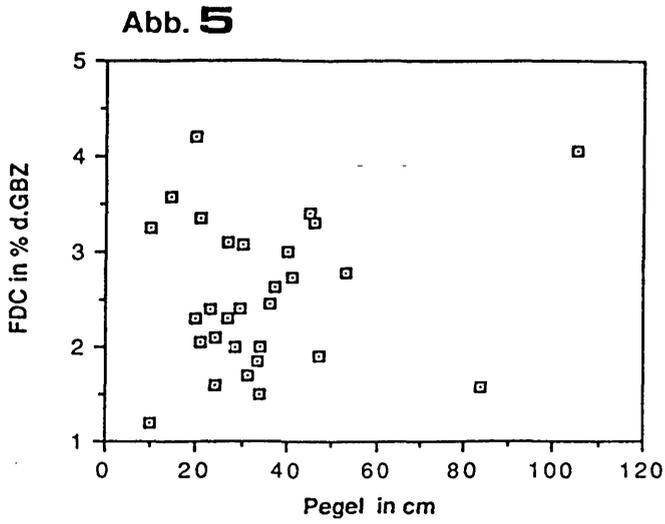


Abb.5: Prozentsatz in Teilung befindlicher Zellen und Pegel im Seebach

**Abb. 6**

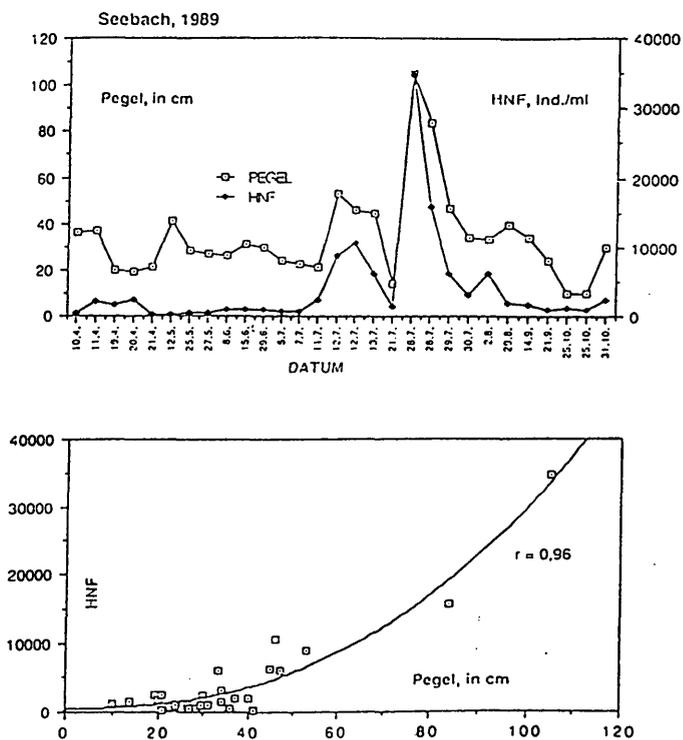


Abb.6: Beziehung zwischen Pegelstand und Konzentration der heterotrophen Nanoflagellaten im Bachwasser

In Tabelle 4 werden die im Seebach erhobenen Daten mit Literaturangaben von anderen Fließgewässern verglichen.

Tabelle 4: Bakterienzahlen aus anderen Fließgewässern im Vergleich mit den im Seebach erhobenen Werten

Autor	Gewässer	Bakterienzahl	% Epibakt.
GOULDER (1986)	Ouse	1,3-8,4 Mio/ml	ca.5-75%
- " -	Derwent	1,6-10,6 Mio/ml	
MARXSEN (1988a)	Grundwasser	2-30 Mio/ml	35-81%
MARXSEN (1988b)	Breitenbach	0,5-3 Mio/ml	
PUNCOCHAR(1983)	div.Bergbäche	0,2-1,8 Mio/ml	
RHEINHEIMER (1981)	Elbe	3,4 - 34,2 Mio/ml	
vorl.Unters.	Seebach	0,15 - 8 Mio/ml	0,6 - 21%

#### b) BETTSEDIMENTWASSER

Eine bis zu drei Zehnerpotenzen höhere Bakterienkonzentration (bis zu  $1,1 \cdot 10^8$  B./ml) konnte im Bettsedimentwasser (Sondenproben) gemessen werden (Abb.7). Die resultierende Biomasse im Bettsedimentwasser liegt zwischen 170 und 3000 mgC/m<sup>3</sup>. Im Gegensatz zum Bachwasser lag in den Sondenproben der Großteil der Bakterienzellen (über 90%) als partikelgebundene Epibakterien oder in Aggregaten (Mikrokolonien) von 4 bis 80 µm Durchmesser vor. Zwischen 280 000 und 600-000 Partikel (Durchmesser 5 bis 40 µm) konnten im ml Bettsedimentwasser gezählt werden. Entsprechend höher als im Bachwasser ist im Bettsedimentwasser auch die Zahl der sich von den Bakterien ernährenden heterotrophen Nanoflagellaten mit Konzentrationen bis zu 80 000 Individuen im Milliliter. Eine Gegenüberstellung der Oberflächenwasserwerte und der Bettsedimentwasserwerte gibt Tab. 5.

Abb.7: Vergleich der Bakterienkonzentration in Bach- und Bettsedimentwasser

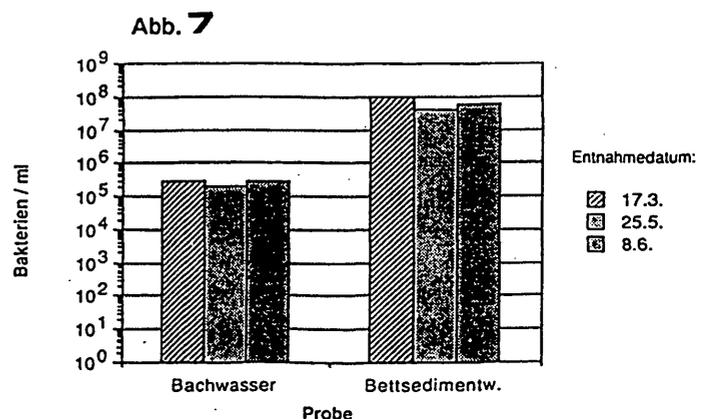


Tabelle 5: Gegenüberstellung der Daten von Oberflächenwasser und Bettsedimentwasser \*).

Parameter	Einheit	Bachwasser	Bettsedimentwasser
Bakterienzahl	B./ml	150000-450000	30 - 110 Mio.
bakt.Biomasse	mgC/m <sup>3</sup>	3 - 10	170 - 3000
bakt.C-Fracht	kg/Tag	0.04 - 4	0.2 - 4.3
FDC	% der GBZ	----- 1.5 - 4 -----	
% partikelgebundene B.	% der GBZ	0.7 - 21	über 90
Partikelkonzentration	P./ml	700 - 3000	280000-600000
HNF	Ind./ml	100 - 3000	bis zu 80000

\*) (3 Entnahmetage, NQ)

## II - FRACHTEN

Die bakterielle C-Fracht des Seebaches (Oberflächenwasser) schwankte im Untersuchungszeitraum zwischen 0,04 und 4 kg C/Tag, das extreme Julihochwasser ergab eine Fracht von 420 kg C/Tag.

Für die mikrobielle Drift innerhalb der Bettsedimente ergibt sich bei Zugrundelegung eines geschätzten Abflusses von 1 m<sup>3</sup>/Min (PANEK, pers.Mitt.) eine erste Frachtschätzung von 0.2 - 4.3 kgC/Tag.

## 4) ZUSAMMENFASSUNG

Die Bakterienzahl im Seebach entspricht derjenigen anderer anthropogen unbeeinflusster Fließgewässer. Die enge Wechselwirkung mit den umgebenden Biotopen zeigt sich in der engen Beziehung der untersuchten Parameter zum Abflußgeschehen und unterstreicht den Ökotoncharakter kleinerer Fließgewässer. Abb.8 zeigt schematisch Austauschvorgänge und Transportwege der Bakterienpopulationen im RITRODAT. Der größte Eintrag erfolgt naturgemäß durch Bach-Oberflächen- und Bettsedimentwasser. In der Zeit starker Regenfälle gewinnt auch der Eintrag von Bodenbakterien via Uferablauf und Grundwasser an Bedeutung. Der Lufteintrag dürfte vernachlässigbar klein sein.

## ABB.8

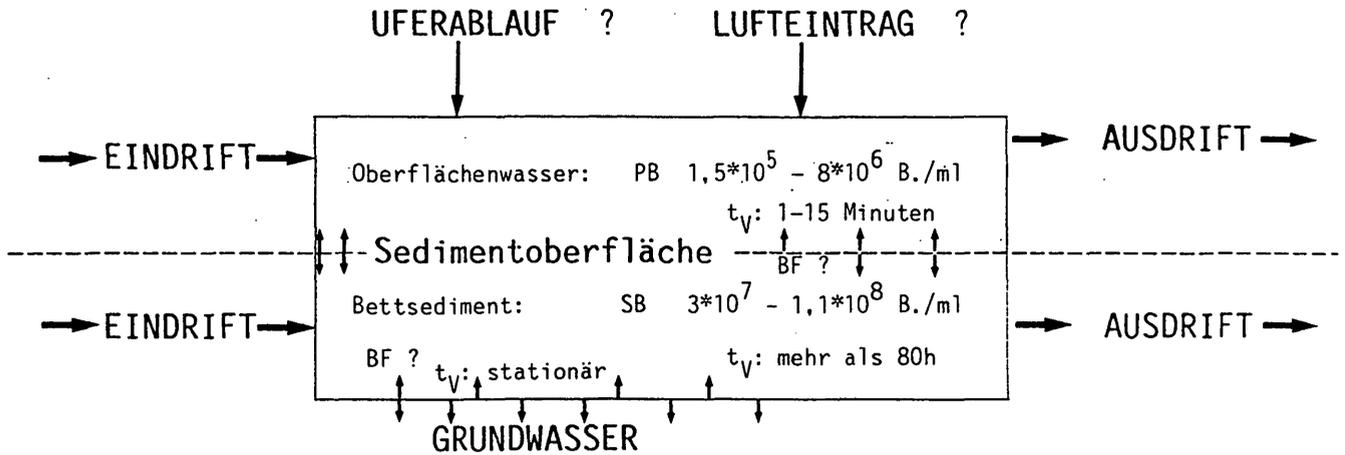


Abb.8: Schematische Darstellung der Austauschvorgänge (Doppelpfeile) und der Transportwege (einfache Pfeile) der Bakterienpopulationen im RITRODAT.

BF = Biofilm; PB = planktische Bakterien; SB = Bakterien des Bettsedimentwassers;  $t_v$  = Verweildauer der Bakterien im RITRODAT

Bisher wurden Bachwasser und Lückenraumsedimentwasserproben untersucht. Dabei zeigte sich, daß die Bakterienkonzentration im Bettsedimentwasser um bis zu 3 Zehnerpotenzen höher ist als im Oberflächenwasser. Vergleicht man die Frachten, die durch das RITRODAT transportiert werden, ergeben sich etwa ähnliche Größenordnungen, bedingt durch die wesentlich langsameren Fließgeschwindigkeiten innerhalb der Bettsedimente (vgl. die schematische Darstellung in Abb.8). Vergleicht man die Aufenthaltsdauer der jeweiligen Bakterienpopulationen im System mit möglichen Generationszeiten der Bakterien, zeigt sich, daß das Oberflächenwasser reine Transportfunktionen erfüllt, jedoch keinerlei ins Gewicht fallende Produktionstätigkeit der Bakterien in der kurzen Aufenthaltsdauer von wenigen Minuten möglich ist. Anders stellt sich die Situation in den Bettsedimenten dar; rechnet man mit einer Fließgeschwindigkeit von weniger als 2 cm/Min in 60 cm Tiefe, ergibt sich eine Verweildauer des Wassers von über 80 Stunden. Diese Aufenthaltsdauer ermöglicht eine Biomasse-Produktion inner-

halb des Systems und darf daher bei weiteren Untersuchungen nicht außer Acht gelassen werden. Vergleicht man die bakterielle Biomasse der Bettsedimentwasserproben mit dem Gesamt-C-Gehalt entsprechender Proben aus den Jahren 1980-1983 (LEICHTFRIED, 1986), so ergibt sich ein prozentueller Anteil des Bakterienkohlenstoffs von bis zu 0,9 %.

Es konnten keine Bettsedimentwasserproben in Hochwassersituationen entnommen werden, so daß nicht bekannt ist, ob auch in den Bettsedimenten die Bakterienkonzentrationen bei Hochwasser ähnlich stark zunehmen wie im Oberflächenwasser. Eventuell können solche Proben in der Zukunft durch Abpumpen vom Ufer aus gewonnen werden.

Nicht erfaßt wurde bisher die letzte bedeutende Komponente der bakteriellen Biozönose, das sind diejenigen Bakterien, die an festen Oberflächen im sogenannten Biofilm, einer organischen Matrix mit dazwischenliegenden Mikroorganismen, gebunden sind (HAMILTON, 1987). Sie bleiben permanent im System und stellen somit die einzige "stationäre" Population dar. Ihre Erfassung wird ein Schwerpunkt der weiteren Untersuchungen sein.

## 5) DANKSAGUNG

Für die freundliche Unterstützung und Ermöglichung der Gerätebenützung danke ich Prof.Dr.K.Buchtela, Dr.A.Gunatilaka und Prof.Dr.M.Hesse.

## 6) LITERATUR:

- BJÖRNSSEN P.K. (1986): Automatic determination of bacterioplankton biomass by image analysis.- *Appl. Environ. Microbiol.* 51: 1199-1204
- BJÖRNSSEN P.K. et al. (1988): Trophic interactions between heterotrophic nanoflagellates and bacterioplankton in manipulated seawater enclosures.- *Limnol. Oceanogr.* 33: 409-420
- BRATBAK G. (1985): Bacterial biovolume and biomass estimations.- *Appl. Environ. Microbiol.* 49: 1488-1493
- BRATBAK G., DUNDAS I. (1984): Bacterial dry matter content and biomass estimations.- *Appl. Environ. Microbiol.* 48: 755-757
- BRETSCHKO G. (1980): Untersuchung der Bettsedimente.- *Jber. Biol. Stn Lunz* 3: 19-42

- DALEY R.J. (1979): Direct epifluorescence enumeration of native aquatic bacteria: uses, limitations, and comparative accuracy.- p.29-45 in: COSTERTON J.W.& COLWELL R.R.: Native aquatic bacteria: enumeration, activity, and ecology.- ASTM, Philadelphia
- GOULDER R. (1986): Seasonal variation in the abundance and heterotrophic activity of suspended bacteria in two lowland rivers.-  
Freshwater biology 16: 21-37
- GÜDE H. (1986): Loss processes influencing growth of planktonic bacterial populations in Lake Constance.- J.of Plankton Res. 8/4: 795-810
- HAGSTRÖM A, U.LARSSON, P.HÖRSTEDT, S.NORMARK (1979): Frequency of dividing cells, a new approach to the determination of bacterial growth rates in aquatic environments.- Appl.viron.Microbiol.37: 805-812
- HAMILTON W.A. (1987): Biofilms: Microbial interactions and metabolic activities.- p.361-385 in FLETCHER et al.(Hg.): Ecology of microbial communities.- Cambridge Univ.Press.
- HOBBIE J.E., R.J.DALEY, S.JASPER (1977): Use of Nuclepore filters for counting bacteria by epifluorescence microscopy.- Appl. Environ.Microbiol. 33: 1225-1228
- KASIMIR G., KAVKA G. (1988): Untersuchung der zählbaren und der züchtbaren Bakterien in einem Laufstauökosystem (Donaustau Altenwörth).-  
Wasser und Abwasser 32:57-88
- KOUSA H., MARCUSSEN B. (1988): Grazing of bacteria and phytoplankton by heterotrophic nanoflagellates in a Baltic sea sample .- Hydrobiologia 161: 211-216
- LEICHTFRIED M. (1986): Räumliche und zeitliche Verteilung der partikulären organischen Substanz (POM - Particulate organic matter) in einem Gebirgsbach als Energiebasis der Biozönose.- Diss.Univ.Wien
- MARXSEN J. (1988): Evaluation of the importance of bacteria in the carbon flow of a small open grassland stream, the Breitenbach.- Arch.Hydrobiol. 111:339-350
- , (1988): Investigations into the number of respiring bacteria in groundwater from sandy and gravelly deposits.- Microb.Ecol. 16:65-72
- NORLAND S., HELDAL M., TUMYR O.(1987): On the relation between dry matter and volume of bacteria.- Microb.Ecol. 13:95-101
- PUCHOCHAR P. (1983): Attached component of bacterial populations in the river community.- p.79-90 in: DAUBNER I. (ed): Referate des III.Intern. Hydromikrobiologischen Symposiums, VEDA, Bratislava
- RHEINHEIMER G. (1981): Beeinflussung der Bakterienpopulation von Flüssen durch Temperatur und Abflußschwankungen.- p.29-38 in: DAUBNER I. (ed): Referate des III.Intern. Hydromikrobiologischen Symposiums, VEDA, Bratislava

- rate des III. Intern. Hydromikrobiologischen Symposiums, VEDA, Bratislava
- SALONEN K., JOKINEN S. (1988): Flagellate grazing on bacteria in a small dystrophic lake.- *Hydrobiologia* 161: 203-209
- SANDERS R.W. et al. (1989): Seasonal patterns of bacterivory by flagellates, ciliates, rotifers, and cladocerans in a freshwater planktonic community.- *Limnol.Oceanogr.* 34: 673-687
- STÜWE B. (1983): Bakteriologische Bestandsaufnahme (Oligocarbophile - Zymogene) im Wasser und Sediment des Lunzer Seebachs.- *Jber.Biol.Stn. Lunz* 6:83-87
- TRANVIK L.J., SIEBURTH J. McN. (1989): Effects of flocculated humic matter on free and attached pelagic microorganisms.- *Limnol.Oceanogr.* 34: 688-699
- VANNOTE R.I. et al. (1980): The river continuum concept.- *Can.J.Fish.aquat.Sci.* 37: 130-137
- WATSON S.W., T.J.NOWITSKY, H.L.QUINBY & F.W.VALOIS (1977): Determination of bacteria numbers and biomass in the marine environment.- *Appl.Environm.Microbiol.* 33: 940-946
- ZIBUSCHKA F. (1981): Benthische Bakterien.- *Jber.Biol.Station Lunz* 4:105-108

## 7) SUMMARY

### Microbiological investigations in the "Oberer Seebach"

Free-living and particle-bound bacteria as well as heterotrophic nanoflagellates were regularly counted in the surface water and from bed-sediment water samples of the "Oberer Seebach", a second-order mountain stream. In the surface water, between 150000 and 450000 b./ml could be found, increasing up to 8 mio b./ml in high water situations partly caused by the bank run-off from soil biotopes and partly coming from the bed-sediments. The corresponding biomass values are 3 - 160 mgC/m<sup>3</sup>. 0,7 to 21 % of the bacteria were particle-bound. FDC values ranged between 1,5 and 4%. The concentration of bacteria as well as the concentration of the nanoflagellates is mainly determined by the discharge ( $r=0,99$ ;  $n=29$ ;  $p\leq 0,0001$ ). In the bed-sediment water bacterial counts were one to three magnitudes higher than in the surface water samples. The resulting biomass is between 170 and 3000 mgC/m<sup>3</sup>. 90% of the bacteria were attached to particles.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahresbericht der Biologischen Station Lunz](#)

Jahr/Year: 1990

Band/Volume: [1990\\_012](#)

Autor(en)/Author(s): Kasimir Georg

Artikel/Article: [Mikrobiologische Untersuchungen im Lunzer Seebach \(RITRODAT\).  
55-69](#)