

AUSWIRKUNGEN eines HOCHWASSERS auf die DRIFT im OBEREN SEEBACH

Klement Tockner

1. Einleitung

Drift, als ein passives und aktives Verbreitungs- und Verschleppungsphänomen von Organismen und suspendiertem Material im Fließgewässer, war und ist Gegenstand vielfältiger freilandökologischer und experimenteller Untersuchungen (Literatur siehe MINSHALL & PETERSON, 1985 und MALMQUIST & SJÖSTRÖM, 1987). Diese Ergebnisse tragen zu einem tieferen Verständnis systemtheoretischer Zusammenhänge innerhalb der Fließgewässerforschung bei, wobei zwei grundlegende Beeinflussungen für die Dynamik der benthischen Biozönosen herausgestrichen werden: a: Reduktion der benthischen Biozönose, b: (Wieder-) Besiedelung "offener" Habitate (VANNOTE et al. 1980, TOWNSEND & HILDREW, 1974 und MINSHALL & PETERSON, 1985). Zwar wird das Driftgeschehen nach seinen "Ursachen" in Katastrophen-drift, Verhaltensdrift und konstante Drift unterteilt (WATERS, 1965), eine Definition bzw. gegenseitige Abgrenzung dieser drei Kategorien ist aber aufgrund der Komplexität der zugrundeliegenden Mechanismen nicht zu geben. Zwei Fragen werden in dieser Arbeit zur Diskussion gestellt. Erstens, wie ein Hochwasser sich auf das Driftgeschehen auswirkt (ausgedrückt durch die Qualität und Quantität der driftenden Organismen und des mittransportierten Materials) und zweitens, ob ein Hochwasser unmittelbar einen entscheidenden Einfluß auf die Struktur der benthischen Biozönose ausüben kann.

Als Hochwasser wird das Überschreiten eines kritischen Pegelwertes (einer kritischen Abflußmenge) definiert, der sogenannten "bankfull"-Linie. "Bankfull" wird erreicht, wenn das Gewässer seine Uferlinie überschreitet und die hydraulischen Größen sich unstetig entwickeln (LEOPOLD et al. 1964). Bei künstlichen Gerinnen ist eine exakte Determination dieses Wertes möglich, im Freiland ist nur eine

Näherung, wesentlich auf empirischer Basis, erreichbar. Aufgrund dieser Schwierigkeit schwankt der Wert der Auftrettsfrequenz eines Hochwassers zwischen 0.7 und 2.2mal pro Jahr (NIXON 1959, LEOPOLD et al. 1964). Für den hier untersuchten "Oberen Seebach" liegt der kritische Wert bei einem Pegel um 70cm (Pegellatte: Ritrodats-Brücke).

Es gibt zwar Untersuchungen der Drift bei hohen Abflußwerten (ELLIOTT, 1967, ANDERSON & LEHMKUHL, 1968), über Drift nach Überschreiten der "bankfull"-Linie jedoch keine. In der vorliegenden Arbeit wird das Driftgeschehen während eines Hochwassers und der folgenden ablaufenden Hochwasserwelle beschrieben und diskutiert.

2. Untersuchungsareal und Methodik

Die Untersuchungen wurden im "Ritrodats - Areal" des oberen Seebachs vom 18.6.-23.6.1989 durchgeführt (Abb.1). Eine genaue Beschreibung des Areals findet sich bei BRETSCHKO, 1983. Die Driftfallen (WARINGER, dieses Heft) haben eine Einström-Öffnung von acht Zentimeter Durchmesser, die Maschenweite des Fangnetzes beträgt 0.2mm. Die Positionierung der Fallen im Areal demonstriert die Abbildung 2. Direkt vor der Einström-Öffnung der Fallen wurde die Strömungs-Geschwindigkeit gemessen, um den Durchfluß während der Expositionszeit berechnen zu können. Bei den Pegelständen 94 und 82cm (Abb.1) konnte aufgrund der hohen Strömungs-Geschwindigkeiten (bis 1.7m/sec) nur die Position 5 (Abb.2) besammelt werden, dafür wurden drei replikate Aufsammlungen der Fallen A und B gemacht. Die Expositionszeiten liegen zwischen fünf Minuten (Pegel 94, 81) und drei Stunden (Pegel 40, 34). Es wurden einerseits die Menge der eingedrifteten Organismen, andererseits das Trockengewicht des mittransportierten Materials (haupts. Holz- und Blattreste) bestimmt. Die Meßserie beginnt mit dem Pegelhöchstwert von 94cm und erfasst dann die ablaufende Hochwasserwelle (Abb.1). Um den diurnalen Einfluß auf das Driftverhalten auszuklammern, wurden die Proben ab dem Pegelstand von 58cm jeweils zur selben Tageszeit entnommen. Davor

richtet sich die Beprobung nur nach dem Verlauf der Pegelkurve (Abb.1).

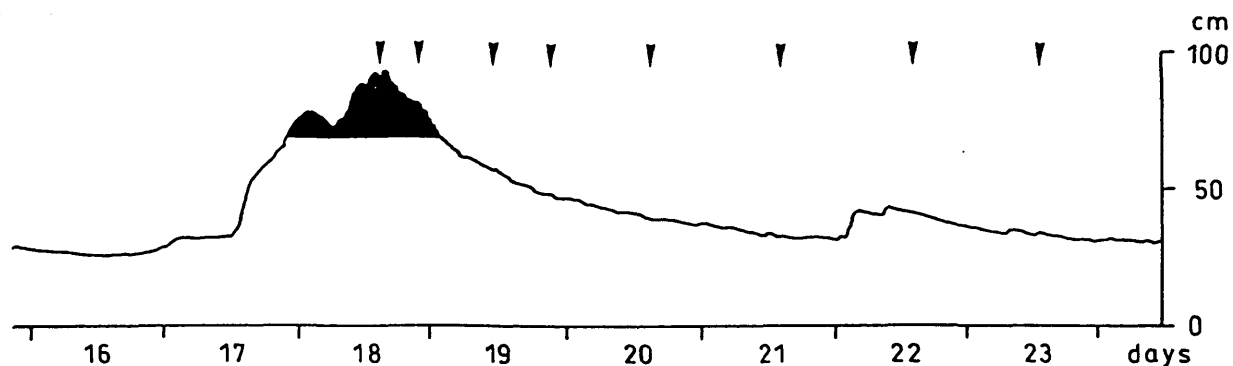


Abb.1: Verlauf der Pegelkurve (cm) während der Untersuchungszeit (18.6-23.6.1989). Die Markierungspfeile kennzeichnen die Sammeltermine, der dunkle Bereich das eigentliche Hochwasser (oberhalb der "bankfull"-Linie, kritischer Pegelwert: 70cm).

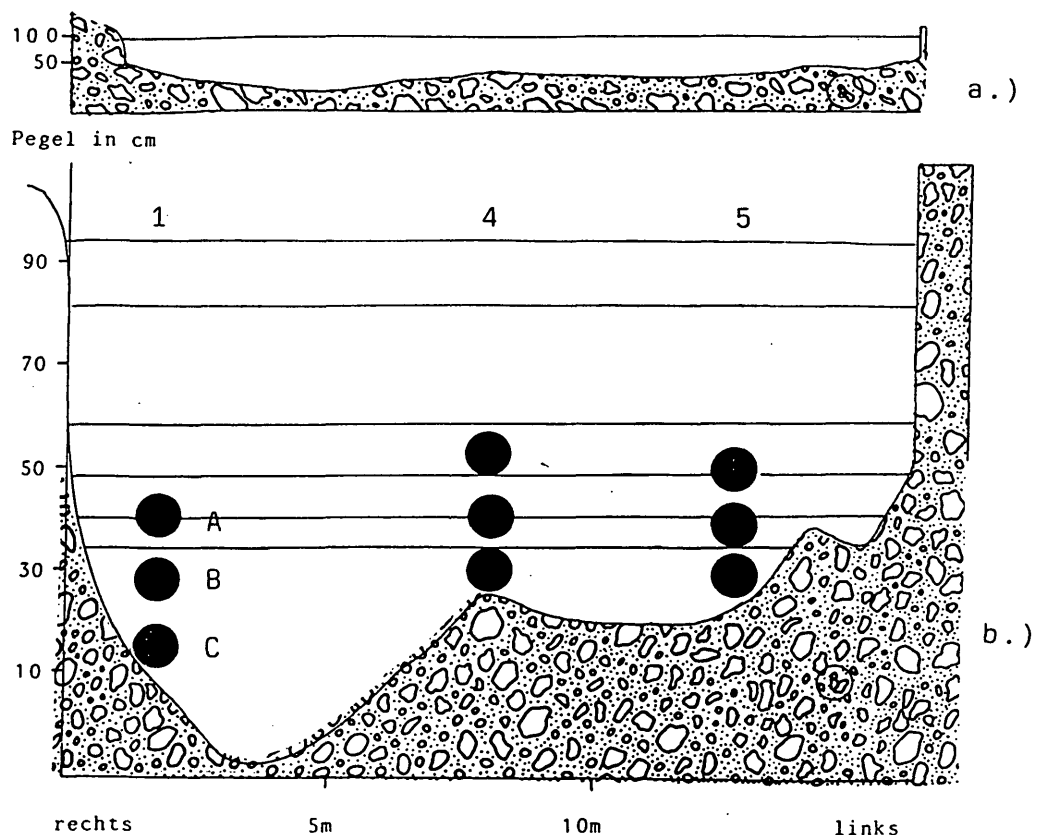


Abb.2: Profilquerschnitt an der Probenstelle (a: 1:1, b: 10-fach überhöht) und die Positionierung der Driftfallen.

3. ERGEBNISSE und DISKUSSION

3.1. Organisches Material

Das in der fließenden Welle erfaßte Material (0.2-80mm) nimmt mit fallendem Pegelstand exponentiell ab. Beim Pegelhöchstwert von 94cm wird mehr als die 250-fache Menge pro Volumseinheit (bzw. die 3500-fache Menge pro Zeiteinheit) abtransportiert wie bei einem Pegel von 34cm (Entnahme 23.6.1989, Abb.1, Abb.3a, Tab.1). Die Nachwirkung des Hochwassers auf die Drift organischen Materials, ausgedrückt in einer im Vergleich zur durchschnittlichen Menge pro Volumseinheit deutlich erhöhten Rate (WARINGER, dieses Heft), liegt bei einer Dauer von mehr als fünf Tagen (Tab.1). Eine kritische Größe ist der Pegelstand um 70cm ("bankfull"), da damit der unmittelbare Anstieg der exponentiellen Kurve bezeichnet wird (Abb.3a). Die Schleppekkräfte nehmen mit steigendem Pegelstand zu und bewirken eine Erhöhung der Erosion (der Sedimentoberfläche und der Uferbereiche) und damit der Menge abtransportierten Materials. Bei Überschreiten der Uferlinie ("bankfull") kommt es zu einer zusätzlichen Einschwemmung organischen Materials aus dem unmittelbaren Umland, was im Kurvenverlauf seinen Ausdruck findet. Aus der Literatur (LEOPOLD et al. 1964) weiß man, daß die hydraulischen Parameter während eines Hochwassers sich ändern, so daß beim selben Pegelwert beim Anstieg die 10-fache Menge an Material abtransportiert werden kann wie bei fallendem Pegel. Ohne den Einfluß eines Hochwassers bleibt die Menge abtransportierten Materials pro Volumseinheit gleich, unabhängig vom Pegelstand (WARINGER, dieses Heft). Durch den Einfluß eines Hochwassers dauert es im konkreten Fall mehr als fünf Tage, bis die Drift ursprüngliche Werte erreicht. Da die Abdriftung organischen Materials eine unmittelbare Folge hydraulischer Vorgänge ist, kommt es erst nach einer bestimmten Zeit wieder zu einer Stabilisierung der hydraulischen Verhältnisse im Bach.

Pegel (cm)	94	82	58	48	40	34	42	34
Zeit (h)	0	6	18	28	45	69	93	127
Durchfluß (m³)	22.60	15.90	6.50	4	2.50	1.60	2.80	1.60
Gesamtindividuen								
LL	22.64	18.08	7.13	4.67	3.85	3.51	2.76	1.69
xg	79.84	24.08	9.91	6.18	6.05	6.98	3.96	2.77
UL	280.96	32.06	13.76	8.18	9.48	13.80	5.67	4.51
Chironomiden								
LL	5.92	4.96	4.02	2.62	1.74	2.05	1.03	.62
xg	40.16	6.95	5.82	3.49	3.52	3.67	1.66	1.08
UL	268.98	9.73	8.41	4.63	7.03	6.48	2.64	1.83
Ephemeroptera								
LL	1.71	1.89	.75	.52	.21	.73	.44	.41
xg	12.22	2.59	1.28	.87	.67	1.66	.70	.98
UL	83.62	3.55	2.13	1.42	1.82	3.64	1.09	2.18
terr. Individuen								
LL	2.16	2.38	.72	.23	.27	.18	.44	.07
xg	5.92	5.54	1	.42	.66	.29	.74	.15
UL	15.91	12.76	1.37	.73	1.44	.45	1.12	.27
POM (gTg)								
LL	1	.40	.05	.02	.01	.008	.005	.002
xg	1.61	.56	.10	.04	.02	.018	.010	.006
UL	2.54	.77	.16	.06	.03	.029	.019	.010

Tabelle 1: Kurzcharakteristik der Probestermine (Pegelstand, Durchfluß und Zeitraum) und die Menge der Drift pro m . LL: lower limit; xg: geometrisches Mittel; UL: upper limit (n: 4-6). Dauer der Untersuchung: 127 Stunden

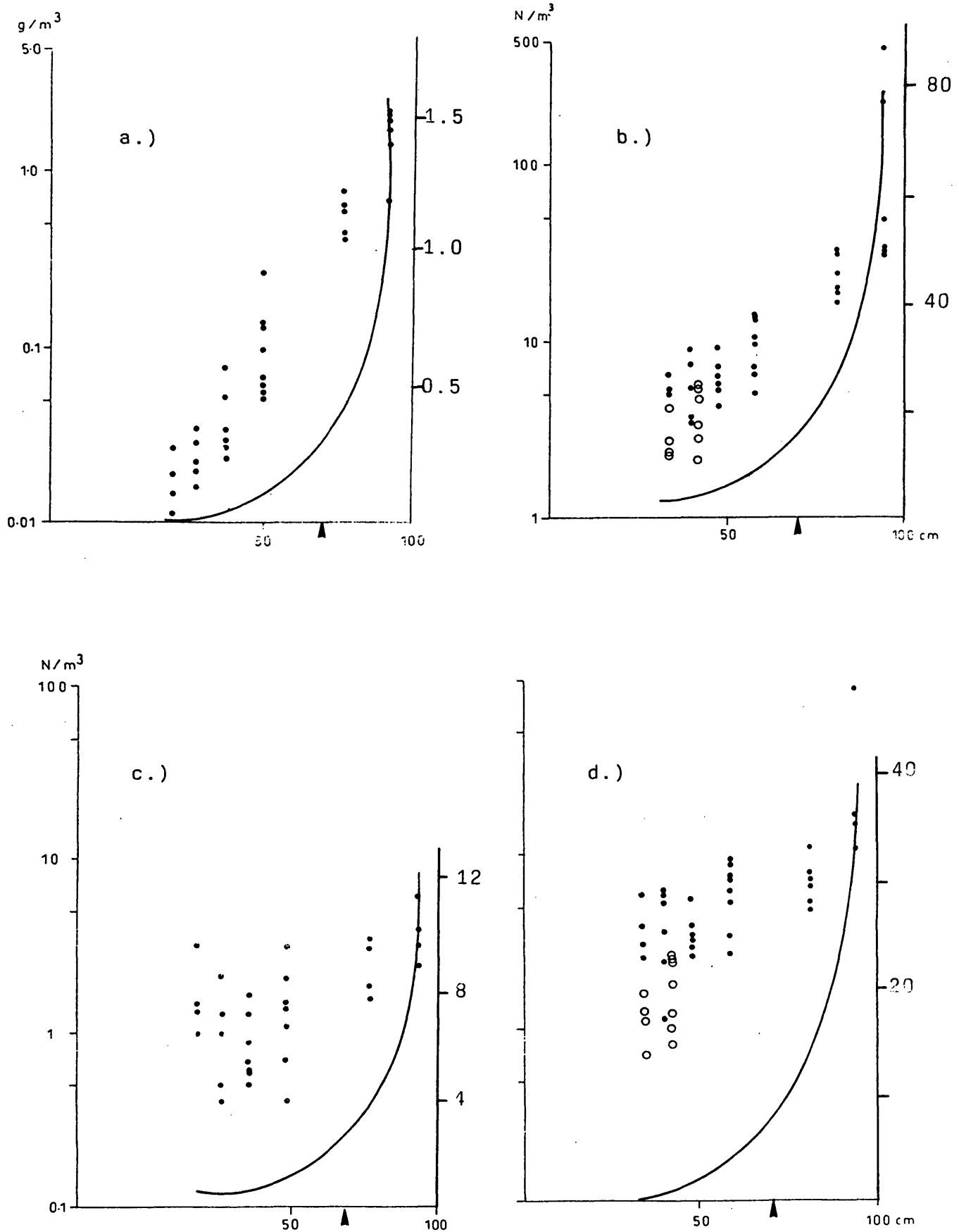


Abb.3: Beziehung zwischen Pegelstand (cm) und a.) Trockengewicht des organischen Materials (g/m^3), b.) Gesamtindividuumdichte (N/m^3), c.) Ephemeroptera (N/m^3), d.) Chironomidae (N/m^3) und e.) terrestrischen Organismen (N/m^3). Offene Kreise: die beiden letzten Probenenternine (34 u. 42cm, Abb.1). Kurve: lineare Skalierung. Markierungs-Pfeil: "bankfull"-Linie.

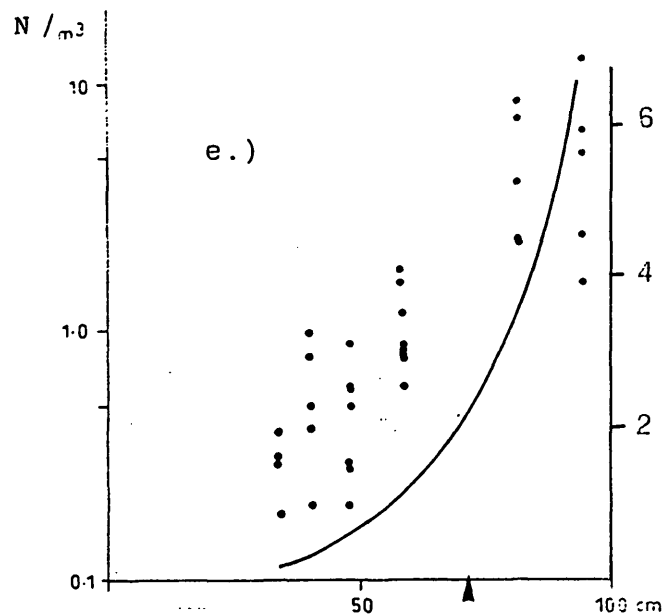
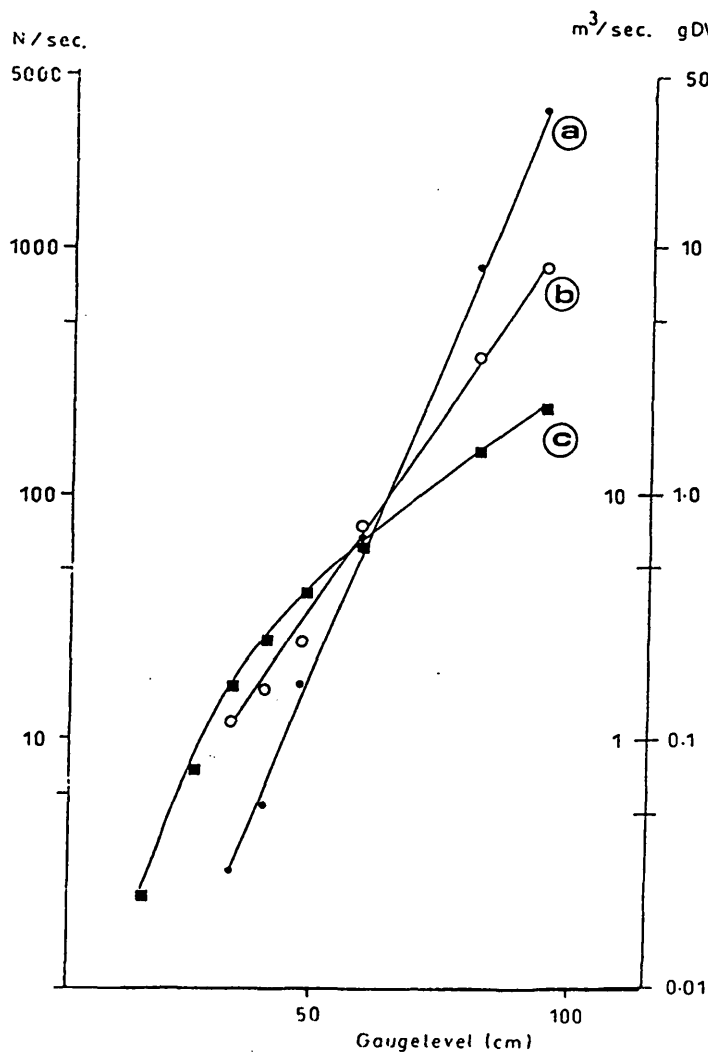


Abb.3: Fortsetzung

Abb.4: Beziehung zwischen dem Pegelstand (gauge level, cm) und der Fracht (pro Sekunde) von a.) Trockengewicht des organischen Materials, b.) Gesamtindividuen und c.) der Schüttung.

3.2. Organismendrift

Auch die Organismendrift nimmt mit fallendem Pegel exponentiell ab, die Abnahme ist jedoch nicht so groß wie die des organischen Materials (Abb.3b, Tab.1). Nach fünf Tagen liegt die Driftrate mit 2.8 Individuen pro m³ noch deutlich höher als die ohne Hochwassereinfluß gemessenen Werte (1.99 Ind./m³, WARINGER, dieses Heft). Die teils extrem hohen Werte beim Pegelstand von 94cm (mehr als 500 Ind./m³, Abb.3b) sind durch lokale Einschwemmungen von Fontinalisbüscheln in die Driftfallen hervorgerufen. In zwei von sechs Proben wurden so hohe Werte gemessen. Die hohe Zunahme der festgestellten Individuendichten mit ansteigendem Pegel

spiegelt im wesentlichen die Zunahme der Chironomiden und der Organismen terrestrischen Ursprungs (Abb. 3c, 3e) wider, während die Ephemeropteren einen geringen Anstieg aufweisen (Abb. 3d). Aufgrund der stark turbulenten Wasserbewegungen sind weder horizontal noch vertikal signifikante Unterschiede in der Driftrate bemerkbar (vgl. WARINGER, dieses Heft).

Die leichte Zunahme der Ephemeropteren erklärt sich aus einer höheren Abdriftrate von Heptageniiden, während die Baetiden in ihrer Dichte sich vom Pegelstand unabhängig verhalten. Bei den Chironomiden werden bei den höchsten Pegelständen auch jene Arten ausgedriftet, die in ihrer Verteilung tiefere Sedimenthorizonte präferieren (SCHMID, mündl. Mitteilung). Ebenso weisen andere Taxa, die sonst im Vergleich zu ihrer benthischen Verteilung kaum Bestandteile der Drift sind, eine Zunahme auf. Beispiele sind verschiedene Vertreter der Setipalpia (Plecoptera). Folglich werden bei hohen Pegelständen auch jene Taxa ausgedriftet, die aufgrund ihres Verhaltens (enge Bindung an das Substrat) kaum aktiv in die Drift gehen, bzw. Taxa, die wegen ihrer spezifischen Habitatbedingungen kaum der direkten Einwirkung der Strömung ausgesetzt sind. Dagegen sind zum Beispiel die Baetiden, wahrscheinlich aufgrund ihres aktiven Schwimmvermögens, nicht wesentlich von den hohen Pegelständen beeinflusst.

Wie schon oben bei der Drift organischen Materials beschrieben, scheint auch bei der organismischen Drift "bankfull" ein kritisches Stadium zu sein, da auch hier oberhalb dieser Grenze die Abdriftraten nochmals beträchtlich ansteigen (Tabl, Abb.3). Ob auch bei den Organismen, aufgrund der sich ändernden hydraulischen Bedingungen, die Abdriftraten beim Anstieg des Pegels beträchtlich anders sind wie bei der ablaufenden Hochwasserwelle, muß in Frage bleiben, da dementsprechende Untersuchungen fehlen.

Beträchtlich ist die Gesamtmenge der ausgedrifteten Organismen während des Untersuchungszeitraumes. Vom Beginn der Messung am Höhepunkt des Hochwassers bis zum Ende der Beprobung nach 127 Stunden (Abb.1) passieren die Untersuchungsstelle ungefähr 22

Millionen Organismen, davon 19 Millionen benthischen Ursprunges. In den ersten 10 Stunden alleine sind es mehr als 10 Millionen Organismen (Abb.5). Falls der Zeitraum des gesamten eigentlichen Hochwassers berücksichtigt wird (27 Stunden), liegt der Wert natürlich noch deutlich darüber (Schätzwert:ca. 30 Millionen Organismen benthischen Ursprunges). Das entspricht einer Ausdriftrate, ohne den Einfluß eines Hochwassers, von einer Gesamtschüttung von 15 Millionen m^3 (2 Ind./ m^3). Die durchschnittliche Jahresschüttung des Seebaches liegt bei 30 Millionen m^3 (22-44 Millionen m^3). Daran läßt sich schon ermessen, wie bedeutend die Drift, im Vergleich zur "Normaldrift", beim Durchgang eines Hochwassers ist, da innerhalb einer Zeitspanne von etwas mehr als einem Tag genauso viele Organismen ausgedriftet werden wie ansonsten in einem halben Jahr. Ob ein Hochwasser jedoch einen Reduktionsparameter für die benthische Biozönose darstellt, bleibt fraglich. Grob geschätzt würde dieses Ereignis jedoch nur zu einer Gesamtreduktion von ca. 2% des "standing crop" führen (gesamter Bachbereich, Individuendichte/ m^2 : 60000). Auch wenn dieser Wert zu niedrig gegriffen sein sollte und die Beeinflussungen artspezifisch unterschiedlich sind, bleibt es trotzdem fragwürdig, ob dadurch eine nachweisbare Reduktion gegeben ist. Und wenn ein so drastisches Ereignis wie ein Hochwasser keinen nennenswerten Einfluß darstellt, dann müßte dem normalen Driftgeschehen, im Sinne einer Reduktion, noch geringere Bedeutung zukommen. Die Bedeutung der Drift als kleinräumiges Dispersionsphänomen wird damit jedoch keineswegs außer Kraft gesetzt.

Aus den vorliegenden Ergebnissen lassen sich mehrere Ansatzpunkte für das Verständnis der Dynamik eines Fließgewässers herausstreichen. Ein Hochwasser stellt ein drastisches Ereignis dar. Die stark erhöhten Driftmengen sind das Ergebnis der hohen Schleppekkräfte, welche zu Sedimentumlagerungen führen. Das Hochwasser hat einen nachhaltigen Einfluß, im konkreten Fall von mehr als fünf Tagen, da erst ab diesem Zeitpunkt die Driftmenge pro Volumseinheit einen von der Schüttung unabhängigen Wert erreicht (ca. 2 Ind/ m^3 , WARINGER,

dieses Heft). Vergleichbares gilt für den Transport organischen Materials. LEOPOLD et al. (1964) zeigen, daß in Gewässern niedriger Ordnungszahl (Oberer Seebach, OZ: 2) bei Einzelereignissen wie einem Hochwasser ein Großteil der Gesamtjahresfracht an suspendiertem Material ausgetragen wird. Im vorliegenden Fall wurde zwar nur eine Fraktion, zwischen 0.2mm und 80mm, gemessen, jedoch zeigt sich ein vergleichbares Bild auch bei der Partikelgröße 0.63mm (KASIMIR, dieses Heft). Vergleichbares läßt sich auch über die Organismendrift aussagen.

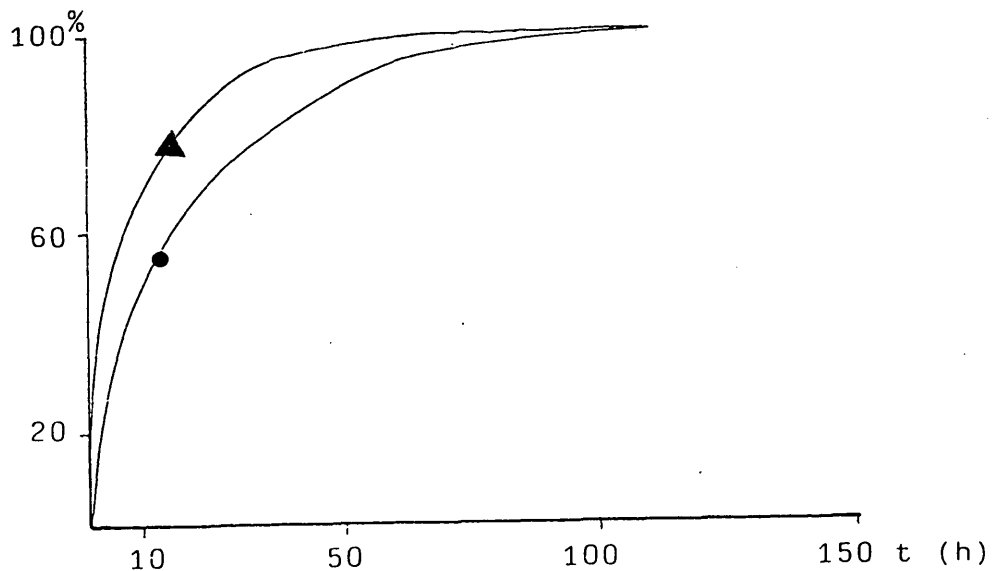


Abb. 5: Relative Driftrate (in %) im Verlauf der Untersuchung (Kreis: Gesamtorganismen, Dreieck: organisches Material)

"Bankfull" scheint die kritische Grenze zu sein, weil damit ein Bereich gekennzeichnet wird, an dem die exponentiell verlaufende Kurve sich abzuflachen beginnt. Andersherum betrachtet: es bleibt die Driftmenge pro Volumseinheit bis nahe diesem kritischen Wert gleich (WARINGER, dieses Heft), nach dessen Überschreitung kommt es jedoch zu sprunghafter Zunahme (beim Pegelhochstand liegt der Wert durchschnittlich 40 mal höher, Tab. 1). Diese sprunghafte Zunahme deckt sich nicht mit einer vergleichbaren Änderung hydraulischer Parameter (LEOPOLD et al. 1964). Aufgrund eines ähnlichen Verlaufes der Organismendrift und der Drift organischen Materials (nur passiv verdriftet) oberhalb dieses kritischen Wertes (Abb. 3) muß die passive Komponente der Organismendrift diese hohen Werte kennzeichnen und somit den aktiven Anteil der Drift beinahe vollständig

überlagern. Die hydraulischen Parameter ändern mit der Überschreitung der "bankfull"- Linie ihr Entwicklungsmuster, wobei oberhalb dieser Linie eine höhere Variabilität der einzelnen Parameter meßbar ist (LEOPOLD et al. 1964). Es ist möglich, daß die Organismen auf diese Änderungen nicht aktiv reagieren können.

Ohne den Einfluß eines Hochwassers ist die Driftmenge pro Volumseinheit vom Pegelstand unabhängig, die Fracht steigt somit mit der Schüttung parallel an (z.B. ELLIOTT 1967, WARINGER, dieses Heft). (Abb.4c). Diese Zunahme der Fracht, die die Abdriftrate von den oberen Sedimentschichten widerspiegelt, ist höher als die Zunahme der benetzten Bachfläche (BRETSCHKO, in press). Die Zunahme der Fracht könnte durch eine Verschiebung des Verhältnisses von Abdriftung und Anlandung bedingt sein. Normalerweise repräsentiert die Drift einen dynamischen, saltatorischen Prozeß von Abdriftung und Anlandung. Bei Zunahme des Pegelstandes (und damit der Schüttung) steigen die Strömungs-Geschwindigkeit und die auf die Sedimentoberfläche wirkenden Schleppkräfte an, so daß die Abdriftrate ansteigt und die Anlandungswahrscheinlichkeit abnimmt. Die passiv bedingte Abdriftung nimmt zu, wobei es aufgrund einer fortschreitenden Vergrößerung der Driftdistanzen im Längsverlauf zu einer allmählichen Akkumulation der Drift kommen müßte. Daher könnte man zur Annahme gelangen, daß ab einer kritischen Grenze ("bankfull") das Gewässer wesentlich nur mehr eine Transportfunktion sowohl an Organismen als auch an organischer Fracht hat und beide Komponenten dem System verlorengelangen.

Hochwässer können während aller Saisonen auftreten (Abb.6) und, falls man die Pegelhochstände zeitlich hintereinander reiht, ist auch eine Vorhersagbarkeit des Auftretens nicht möglich. Wenn die Drift einen Einfluß auf die Dichte und Verteilung der benthischen Biozönose hat, dann besonders bei einem Hochwasser. Von einer Katastrophe zu sprechen, wäre jedoch einerseits zu anthropomorph, andererseits viel zu drastisch ausgedrückt. Für die Beantwortung der Frage nach der Bedeutung der Drift als Reduktionsparameter sind einerseits die Auswirkungen, andererseits das Erscheinungsbild (zeitliches Auftreten, Intensität und Dauer) der Hochwässer viel stärker zu berücksichtigen. Die hier vorliegende Arbeit stellt den ersten Ansatzpunkt für eine weitere Diskussion dar.

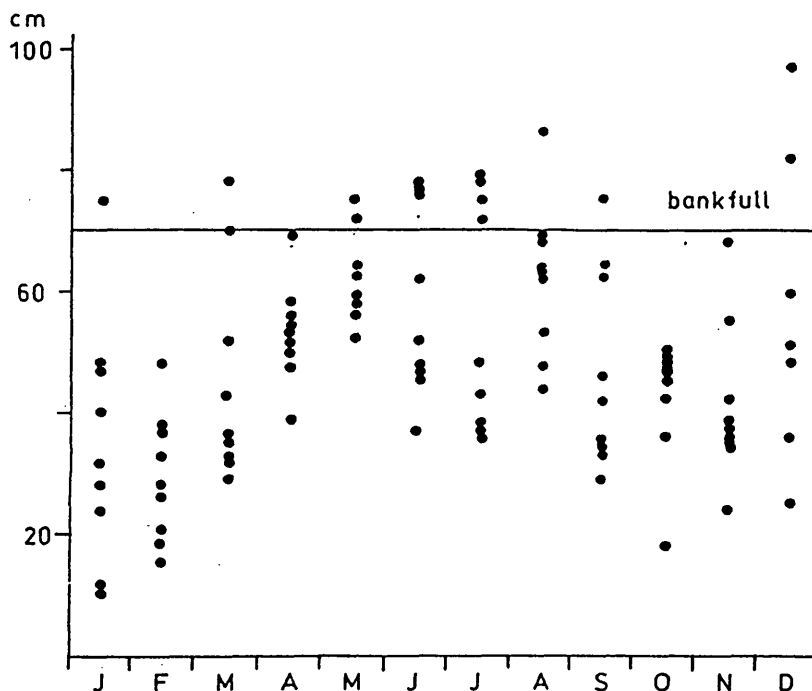


Abbildung 6: Pegelhochstände der einzelnen Monate der Jahre 1979-1986 (Pegel Ritrodats-Brücke)

Dank: Ohne die kraftvolle Unterstützung von Fr. Kornelia Steiner und Hrn. Dr. Peter-Eric Schmid wäre die schwierige Probennahme gar nicht möglich gewesen, daher sei ihnen herzlichst gedankt. Hrn. Dr. J. Waringer möchte ich für die Benützung der Driftfallen danken und Hrn. Univ.Prof. G. Bretschko für die kritische Durchsicht des Manuskriptes.

LITERATUR

- Anderson N.H. & Lehmkuhl D.W. 1968: Catastrophic drift of insects in a woodland stream. *Ecology* 49: 198-206.
- Bretschko G. 1983: Die Biozönosen von Fließgewässern - ein Beitrag der Limnologie zur naturnahen Gewässerregulierung. Bundesmin. f. Land- u. Forstwirtschaft.

- Bretschko G. in press: The dynamic aspect of coarse particulate organic matter (CPOM) on the sediment surface of a second order stream free of debris dams (RITRODAT-LUNZ study area). *Hydrobiologia*:
- Elliott J.M. 1967: Invertebrate drift in Dartmoor stream. *Arch.Hydrobiol.* 63: 202-237.
- Leopold et al. 1964: *Fluvial Processes in Geomorphology*. Freeman, San Francisco.
- Malmqvist B. & Sjöström P. 1987: Stream drift as a consequence of disturbance by invertebrate predators. *Oecologia* 54: 396-403.
- Minshall G.W. & Peterson R.C. jr. 1985: Towards a theory of macroinvertebrate community structure in stream ecosystems. *Arch. Hydrobiol.* 104: 49-76.
- Nixon M. 1959: A study of the bankfull discharges of rivers in England and Wales. *Inst. of Civil Engr. Proc.*, Paper No.6322: 157-174.
- Townsend C.R. & Hildrew A.G. 1976: Field experiments on the drifting, colonization and continuous redistribution of stream benthos. *J.Anim.Ecol.*45: 759-772.
- Vannote et al. 1980: The river continuum concept. *Can.J.Fish.Aquat.Sci.* 37: 130-137.
- Waters T.F. 1965: Interpretation of invertebrate drift in streams. *Ecology*, 46: 327-334.

ABSTRACT

The effect of a flood on drifting of organisms and particulate organic matter was measured in the "Oberer Seebach". The latter-effect of floods takes more than five days, expressed in higher drifting rates compared to drift before spates. "Bankfull" seems to be a critical value because drifting rates exceed by a high factor the basic drifting rates (a factor of 40 per volume). However, the change of hydraulic parameters, the increase of drifting distances would be the cause of this erratic increase of drifting rates. Above "bankfull", the drifting rates of the organisms show similar patterns as the passively downstream transported organic matter. Although, during a single occurrence like a flood, more animals pass through the brook than normally in half a year, it is questionable if such an incident has a drastic effect on the benthic biocoenosis. A rough estimation yields only a reduction of the benthic standing crop of about 2%. If a "catastrophic" event like a spate has no significant reduction effect, what is then about the effect of "basic" drift?

ZOBODAT - 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): Tockner Klement

Artikel/Article: [Auswirkungen eines Hochwassers auf die Drift im Oberen Seebach.
123-135](#)