

Aus dem Institut für Zoologie der Universität, Wien

**BIBLIOGRAPHIE ÜBER DIE QUANTITATIVE BESCHREIBUNG VON
DRIFTPHÄNOMENEN**

M. KONAR

Die Drift von Invertebraten - die Flußabwärtsbewegung von Makroinvertebraten in der Wassersäule wurde bisher in über 400 Arbeiten untersucht. Dabei stellte sich u.a. das Problem, die erhaltenen Ergebnisse in Beziehung zu biotischen und Umweltfaktoren zu setzen, um verschiedene Gewässer miteinander vergleichen zu können und über Ursachen und Auslösung, bzw. über die Kompensation des kontinuierlichen Verlustes von benthischen Populationen durch Drift Erkenntnisse zu erhalten.

Für die Besammlung der Drift wurden bisher vor allem Netze in Stabilisierungsvorrichtungen aus Metall verwendet, die z.T. eingebaute Strömungsmeßgeräte und Wassermeter beinhalten, um den Durchfluß durch das Netz zu erfassen (zusammengefaßt von ELLIOTT, 1970). Praktisch alle bisher verwendeten Methoden können aber nur in kleinen Fließgewässern angewendet werden, da sie der ständigen Wartung bedürfen, um z.B. die Netze von eingeschwemmtem Detritus zu säubern und einen Rückstau zu verhindern; eine Ausnahme bilden hier nur Kolonisationssubstrate, deren Verwendung großen

Fließgewässern möglich ist, da sie auch längere Zeit unbeaufsichtigt bleiben können und ein kontinuierliches Driftsammelgerät (siehe ANDERWALD, KONAR & HUMPECH, 1991).

Es hat sich durchgesetzt, die Zahl der Tiere pro Volumeneinheit als sogenannte "Driftdichte" auszudrücken (angegeben in Individuen/100 m³). Weiters bezeichnet der Ausdruck "Driftrate" die Anzahl der Tiere pro Zeiteinheit, bezogen auf eine bestimmte Querschnittsfläche oder meist auf den gesamten Flußquerschnitt.

Verschiedene Autoren versuchten diese Größen in Zusammenhang zu Umweltvariablen (v.a. Durchfluß) zu setzen und die Bedeutung der Drift als Kolonisationsmechanismus zu erfassen. Dabei wurden unter anderem Versuche zur Bestimmung von Driftdistanzen, des Anteils des Benthos in der Drift etc. unternommen.

Im folgenden wird eine Übersicht über die quantitative Beschreibung von Driftdistanzen und (De)Kolonisation, Geschwindigkeit der Population und der Prozentanteil des Benthos in der Drift sowie Driftresistenzen und Beziehungen zwischen verschiedenen Driftvariablen gegeben.

Driftdistanzen und (De)Kolonisation

Um die Driftdistanzen von benthischen Makroinvertebraten mathematisch zu beschreiben, versuchte McLAY (1970) durch Störung des Substrates an verschiedenen immer größer werdenden Distanzen oberhalb eines Driftnetzes Drift zu induzieren und das Auftreten der Organismen im Netz zu erfassen. Ähnlich verfuhr ELLIOTT (1971), der eine festgesetzte Anzahl von Invertebraten an verschiedenen Entfernungen oberhalb eines Netzes freiließ.

Der Fang (Y_X) im Netz X m flußabwärts vom Punkt, wo die Organismen hinzukamen, wird folgendermaßen bestimmt:

- (1) $Y_X = Y_0 e^{-RX}$
- Y_X Zahl der Organismen, die sich nach X m flußabwärts noch in der Drift befinden
- Y_0 Zahl der Organismen, die durch die Störung des Substrats bzw. durch Hinzufügen in die Drift eintraten
- R relative konstante Rate, mit der die Tiere aus der Drift ausscheiden
- X Entfernung vom Drifteintrittspunkt in m

Die mittlere Driftdistanz (\bar{X}) berechnet sich aus der Summe aller Driftdistanzen der jeweiligen Organismen, gebrochen durch die totale Zahl der hinzugekommenenen Organismen:

(2)

$$\bar{X} = \frac{\int_0^{\infty} Y_0 e^{-RX} dx}{Y_0} = \frac{1}{R}$$

Die Distanz (X_P), die von einem bestimmten Prozentsatz zurückgelegt wurde, berechnet sich aus:

(3)

$$X_P = \frac{\ln 100 - \ln P}{R} = (\ln 100 - \ln P) \bar{X}$$

P gesuchter Prozentsatz

Wenn nun Invertebraten gleichzeitig und an jedem Punkt oberhalb des Driftnetzes hinzugefügt werden [was einer spontanen Emergenz des Zoobenthos gleichgesetzt werden kann

(LARKIN & MCKONE, 1985)], ergibt sich der Driftfang (Y_t) aus:

$$(4) \quad Y_t = Y_0 \int_0^X e^{-RX} dX = \frac{Y_0}{R} (1 - e^{-RX})$$

wenn $X \rightarrow \infty$ wird $e^{-RX} \rightarrow 0$, und somit wird die maximale (= natürliche) Drift (Y_{\max}) vom Areal oberhalb eines Netzes zu

$$(5) \quad X_{\max} = \frac{Y_0}{R} = Y_0 \bar{X}$$

Der Zusammenhang zwischen R bzw. \bar{X} und der modalen Strömungsgeschwindigkeit (v) ist nach ELLIOTT (1972) beschrieben durch:

$$(6) \quad R = av^{-b}$$

bzw.

$$(7) \quad \bar{X} = \frac{v^b}{a} \quad a, b \quad \text{Konstante}$$

Der Zusammenhang zwischen X_p und v ergibt sich aus Gleichung (3) und (7):

$$(8) \quad X_p = (\ln 100 - \ln p) \frac{v^b}{a}$$

Der Zusammenhang zwischen Y_{\max} und v ergibt sich aus Gleichung (5) und (7):

(9)

$$Y_{\max} = Y_0 \frac{v^b}{a}$$

Die mittlere Bewegungsrate der Population (V_{P1}) pro Zeiteinheit berechnet sich nach HEMSWORTH & BROOKER (1979) aus:

(10)

$$V_{P1} = \frac{Y_t \bar{X}}{N_B}$$

N_B Mittlere Benthosdichte (Individuen/m²)

ELLIOTT (1971) verspernte in einem "blocking experiment" den gesamten Gewässerquerschnitt und stellte den Driftfang unterhalb dar:

(11)

$$Y_t = Y_{\max} (1 - e^{-RX})$$

(X ist hier die Entfernung zur Blockade)

Nach LARKIN & MCKONE (1985) kommt es bei einer Störung der Flußsohle zu einer plötzlichen Erhöhung der Zahl der Organismen in der normalen Drift:

(12)

$$Y_t = Y_0 e^{-RX} + Y_{\max}$$

Somit wird Y_t bei einer Blockierung des Flußquerschnittes und bei einer dahinter stattfindenden Störung aus

(13)

$$Y_t = Y_{\max} (1 - e^{-RX}) + Y_0 e^{-RX}$$

berechnet.

Bei Driftbesammlungen an verschiedenen Punkten (i) in gleichen Intervallen flußabwärts einer Störung der Flußsohle wird jedes Netz einen bestimmten Anteil der driftenden Organismen besammeln. Das heißt, der Driftfang eines Netzes in der Entfernung j von der Störung wird, wenn man oberhalb ein Driftnetz in der Entfernung i installierte, zu:

(14)

$$Y_{tj} = (1-c)Y_0 e^{-RX_j}$$

c Anteil der gefangenen Individuen am Sammelpunkt (soll für jedes Netz konstant sein)

Bei einer Blockierung und einem Sammelpunkt oberhalb des Netzes j wird der Driftfang durch

(15)

$$Y_{tj} = Y_{\max} [(1-c)(e^{-RX_{j-1}} e^{-RX_j})]$$

bestimmt. Wenn eine Blockade längere Zeit den Bachquerschnitt absperrt, so sollte es dahinter zu einer Dekolonisation kommen (Organismen driften weiterhin und werden nicht durch nachkommende ersetzt). Hinter der Blockade treten Tiere in die Drift ein und scheiden nach einiger Zeit wieder aus. Das Ausscheiden wird umso weniger sein, je

weniger Tiere von oberhalb in die Drift eintreten können. Für ein analytisches Modell muß dieser Prozeß als kontinuierlich angesehen werden:

$$(16) \quad \frac{\partial N_B}{\partial t} = \lambda N_B + \mu x$$

$$(17) \quad \frac{\partial x}{\partial t} + \frac{v \partial x}{\partial X} = \lambda N_B - \mu x$$

Driftdichte (Ind/m³)

λ augenblickliche Wahrscheinlichkeit für einen Organismus in die Drift einzutreten

μ augenblickliche Wahrscheinlichkeit für einen Organismus aus der Drift auszuschneiden

v Strömungsgeschwindigkeit (m/s)

X Entfernung von der Blockade (m)

t Zeit

(siehe auch SHELDON, 1977, 1984 und CHANG & SELL, 1984).

Die Lösung dieser Gleichungen lautet:

$$(18) \quad \frac{N_B}{N_{B0}} = 1 - e^{-(X+T)} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{T^n}{n!} \left(1 + X + \frac{X^2}{2!} + \frac{X^{(n-1)}}{(n-1)!} \right)$$

$$(19) \quad \frac{x}{x_{\max}} = 1 - e^{-(X+T)} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{T^n}{n!} \left(1 + X + \frac{X^2}{2!} + \frac{X^{(n-1)}}{(n-1)!} + \frac{X^n}{n!} \right)$$

N_B anfängliche (natürliche) Benthosdichte (Ind/m²)

x_{\max} natürliche Driftdichte (Ind/m³)

wobei
$$X = \frac{\mu x}{v}$$

und
$$T = \lambda \left(t - \frac{x}{v} \right)$$

Das Modell wird durch Minimierung der Summe der Abweichungsquadrate von x/x_{\max} über eine geeignete Wahl von λ und μ angepaßt.

Geschwindigkeit der Population und der Prozentanteile des Benthos in der Drift

HEMSWORTH & BROOKER (1979) nahmen an, daß die driftenden Individuen annähernd mit der Geschwindigkeit der Strömung dahintreiben und stellten folgende Komponenten gegenüber:

(20)

$$(V_D N_D) \quad (V_B N_B) \quad (N_D \quad N_B) V_{p2}$$

V_D Driftgeschwindigkeit (m/s)

N_D Anzahl der driftenden Tiere über 1m

V_B Benthosgeschwindigkeit (m/s)

N_B Benthosdichte (Individuen/m²)

V_{p2} mittlere Geschwindigkeit der Population (m/s)

Durch Umformen erhält man:

(21)

$$V_{p2} = \frac{V_D N_D + V_B N_B}{N_D + N_B}$$

da $V_B \rightarrow 0$ und $N_D \ll N_B$, wird Gleichung (21) zu:

(22)

$$V_{p2} = \frac{V_D N_D}{N_B}$$

da N_D $x d$ Driftdichte (Individuen/m³) d mittlere Gewässertiefe (m)

ergibt sich aus Gleichung (22):

(23)

$$V_{p2} = \frac{V_D x d}{N_B}$$

[Gleichung (23) wird von CRISP & GLEDHILL (1970) als "down-stream shift of benthos per time" bezeichnet.]

Das Verhältnis in % der Invertebraten, die pro Zeiteinheit und Fläche in die Drift eintreten, berechnet sich aus (ELLIOTT, 1971):

(24)

$$P(\%) = \frac{Y_t 100}{N_B}$$

PEGEL (1980) gibt für dieses Verhältnis eine ähnliche Formel an,

(25)

$$P(\%) = \frac{Y_{\max} 100}{N_B b \bar{X}}$$

 b Breite des Gewässers (m)

die das Ausscheiden der Tiere nicht berücksichtigt, aber für kurze Distanzen durchaus brauchbar ist.

Der Ausdruck

$$(26) \quad \frac{x_d}{N_B}$$

aus Gleichung (23) beschreibt den Anteil des Benthos in der Drift zu jedem Zeitpunkt (ULFSTRAND, 1968).

ELLIOTT (1965, 1967) schätzte diesen Anteil genauer, indem er die sich in der Drift über 1m² befindlichen Tiere von der Benthosdichte abzog:

$$(27) \quad P(\%) = \frac{x_d}{N_B} \frac{x_d}{x_d} 100$$

(Der Anteil x_d ist allerdings sehr gering.)

RADFORD & HARTLAND-ROWE (1971) vereinfachten Gleichung (27) aufgrund von zwei Annahmen, die für Gleichung (27) gelten sollen:

1. Das Besammlungsareal soll für den gesamten Flußquerschnitt repräsentativ sein.
2. Drifteintritts- und -ausscheidungsrate sollen gleich sein.

Die Gewässertiefe wurde eliminiert und Gleichung (27) zu

$$(28) \quad P(\%) = \frac{x}{N_B} \frac{x}{x} 100$$

Einige weitere Autoren [u.a. LEHMKUHL & ANDERSON (1972)] stellten nur Driftdichten der Benthosdichte gegenüber:

$$(29) \quad P(\%) = \frac{x}{N_B} 100$$

ULFSTRAND (1968) und ELLIOTT (1971) schätzten auch den Verlust (P_t) der Population durch Drift:

$$(30) \quad P_t(\%) = \frac{Z}{N_G} 100$$

Z Driftrate (Individuen/24^h)

N_G totale Population

Driftresistenzen

WARINGER (1989) berechnete den aktiven Widerstand einer Trichopterenart gegen den Eintritt in die Drift über die totale und die passive Driftresistenz.

Zuerst wurde die Strömungsresistenz (F) bestimmt:

$$(31) \quad F = c_w A \frac{\rho v^2}{2}$$

c_w Konstante

A Oberflächenanteil des Köchers, der gegen die Strömung gerichtet ist (m²)

ρ Dichte des Wassers (kg/m³)

v Strömungsgeschwindigkeit (m/s)

weitere die adhäsive Fraktion (R):

$$(32) \quad R = f(gW - \rho Vg)$$

- f Adhäsionsfaktor
 g Erdbeschleunigung
 W Frischgewicht (kg)
 V Volumen von Köcher und Larve (m³)

Im Moment der Abdrift ist F gleich R, und die Strömungsgeschwindigkeit in diesem Moment erhält man leicht durch Umformen der Gleichungen (31) und (32).

$$(33) \quad v = \sqrt{\frac{2f(gW - \rho Vg)}{c_w A \rho}}$$

Die Gleichungen (31) und (32) geben die passive Driftresistenz an, die totale kann experimentell bestimmt werden und die aktive Driftresistenz wird durch Abzug der passiven von der totalen errechnet.

WARINGER (1989) zeigt auch den Zusammenhang zwischen Larvenstadium (X) und totaler, aktiver sowie passiver Driftresistenz bzw. dem Prozentsatz der passiven Driftresistenz (Y) in einem exponentiellen Modell:

$$(34) \quad Y = a e^{bX}$$

a, b Konstante

Beschreibung der Beziehung zwischen verschiedenen Drift-variablen

Mehrere Autoren versuchten, ihre Ergebnisse mit biotischen und Umwelt-Gegebenheiten in Beziehung zu setzen und paßten die im folgenden aufgeführten Modelle an:

Driftrate (Y) Benthosdichte (X)

$$(35) \quad Y = a + bX$$

(HEMSWORTH & BROOKER, 1981)

$$(36) \quad Y = ae^{bX} \quad \left. \vphantom{ae^{bX}} \right\} \text{für peak drift (= Periode mit der höchsten Drift in } 24^h)$$

$$(37) \quad Y = a + bX - cX^5 \quad \left. \vphantom{a + bX - cX^5} \right\}$$

$$(38) \quad Y = ae^{bX} \quad \left. \vphantom{ae^{bX}} \right\} \text{während der Nacht}$$

$$(39) \quad Y = a + bX - cX^4 \quad \left. \vphantom{a + bX - cX^4} \right\}$$

$$(40) \quad Y = aX^b \quad \left. \vphantom{aX^b} \right\} \text{tagsüber}$$

$$(41) \quad Y = a + bX \quad \left. \vphantom{a + bX} \right\}$$

(STATZNER, ELOUARD & DEJOUX, 1987)

$$(42) \quad Y = a + bX \quad \text{über (Mittel)Kies}$$

$$(43) \quad Y = ae^{bX} \quad \text{über Grobkies}$$

$$(44) \quad Y = aX^b \quad \text{über Steinen}$$

(WALTON, REICE & ANDREWS, 1977)

Driftrate/Benthosdichte (Y) Benthosdichte (X)

$$(45) \quad \arcsin \sqrt{Y} = a + bX$$

(WALTON, REICE & ANDREWS, 1977)

Driftrate (Y) Durchfluß (X)

(46) $Y = a + bX$

(ANDERWALD, KONAR & HUMPESCH, 1991)
(BISHOP, 1973)
(HOOPER & OTTEY, 1988)
(ULFSTRAND, 1968)

(47) $Y = aX^b$

(CRISP & ROBSON, 1979)
(ELLIOTT, 1971)
(O'HOP & WALLACE, 1983)
(ZELINKA, 1976)

Driftrate (Y) Total-Detritus (X)

(48) $Y = aX^b$

(O'HOP & WALLACE, 1983)

Driftdichte (Y) Benthosdichte (X)

(49) $Y = aX^b$

(STATZNER, ELOUARD & DEJOUX, 1987)

Driftdichte (Y) Durchfluß (X)

(50) $Y = aX^b$

(CRISP & ROBSON, 1979)

Driftdichte bei Nacht (Y) Driftdichte bei Tag (X)

(51) $Y = a + bX$

(ALLAN & RUSSEK, 1985)

Erste Driftbesammlng bei Nacht (Y) übrige Besammlungen
in der Nacht (X)

(52) $Y = a + bX$

(ALLAN & RUSSEK, 1985)

Anzahl von *Baetis* in der Drift (Y) Sequenz der
Sammelgänge (X)

$$(53) \log Y = \log a + bX$$

(MALMQVIST, 1988)

Individuen/m²t auf künstlichem Substrat (Y) Driftrate (X)

$$(54) Y = a + bX$$

(PEGEL, 1980)

Individuen/m²t auf künstlichem Substrat (Y)-Driftdichte (X)

$$(55) Y = a + bX$$

(PEGEL, 1980)

Individuen auf künstlichen Bodensubstraten bzw. flotieren-
den Substraten (Y) - Strömungsgeschwindigkeit (X)

$$(56) Y = a + bX$$

(TOWNSEND & HILDREW, 1976)

Anzahl von *Baetis* und Simuliiden (Y)

- Wassertemperatur (°C) (X_1)
- gelöster O₂ (ppm) (X_2)
- Trübe (X_3)
- Tiefe (m) (X_4)
- Lichtstärke (X_5)
- Datum (X_6)
- Benthosdichte von allen anderen Makroin-
vertebraten (Ind/m²) (X_7)
- Wasserstandsschwankungen (m) (X_8)

$$(57) \log(Y+1) = \log a + \sum b_i X_i$$

(PEARSON & FRANKLIN, 1967).

Diskussion

Drift kann quantitativ erfaßt und beschrieben werden, wodurch ein Vergleich zwischen verschiedenen Gewässern möglich ist. Die Driftdistanzen von Individuen sind über deskriptiv-prognostische und analytische Modelle gut abgehandelt, während über die Rolle der Drift als (De)Kolonisationsmechanismus [Gleichung (16), (17) und (30)] noch einige Arbeit investiert werden sollte. Über den Prozentanteil des Benthos in der Drift wurden schon mehrere Indices aufgestellt [Gleichung (26), (27), (28) und (29), die sich aber nicht sehr stark unterscheiden und ähnliche Ergebnisse liefern. Über Driftresistenzen wurde erst eine Publikation veröffentlicht, wo anhand einer Trichopterenart über physikalische Überlegungen passive und aktive Elemente des Drifteintrittswiderstandes ermittelt wurden. Das Vorhandensein von vielen verschiedenen Regressionsmodellen zeigt weiters, daß über driftauslösende und -beeinflussende Mechanismen Uneinigkeit herrscht, wobei allerdings berücksichtigt werden muß, daß die Regressionsmodelle aus verschiedenen Typen von Fließgewässern stammen.

Zusammenfassung

In einer Literaturstudie wurde versucht, die mathematische Beschreibung der Makroinvertebratendrift in Fließgewässern darzustellen. Es zeigt sich dabei, daß über einzelne Teilbereiche viel Information vorliegt, während andere noch mehr Investitionen bedürfen.

So existieren über die Driftdistanzen der Makroinvertebraten und den Anteil des Benthos in der Drift exzellente Publikationen, dagegen sollten der (De)Kolonisationsaspekt

und die Driftresistenzen noch durch mehr Arbeit erforscht werden. Für die Beziehung zwischen Driftvariablen und unterschiedlichsten anderen Faktoren steht eine Fülle verschiedener Regressionsmodelle zur Verfügung.

SUMMARY

A bibliography of the quantitative description of drift phenomena

A literature search on the quantitative description of the drift of macroinvertebrates in running waters is presented.

This search shows that there is a lot of information on some aspects, e.g. drift distances and the proportion of the benthos in the drift, but that further investigation should be carried out on other aspects, e.g. drift resistance and (de)colonisation.

The relationship between drift variables and other factors, e.g. discharge, time or density of benthos, is described by many different regression equations.

Literatur

- ALLAN, J.D., RUSSEK, E. (1985): The quantification of stream drift.- Can J Fish Aquat Sci 42, 210-215.
- ANDERWALD, P.H., KONAR, M., HUMPESCH, U.H. (1991): Continuous drift samples in a large river, the Danube in Austria.- Freshw Biol (in press).
- BISHOP, J.E. (1973): Limnology of a small Malayan river, Sungai Gombak.- Monogr Biol 22, 1-485.
- CHANG, W.Y., SELL, D.W. (1984): Determining the density dependence of immigration and emigration of benthic stream invertebrates: theoretical considerations.- Hydrobiol 108, 49-55.
- CRISP, D.T., GLEDHILL, T. (1970): A quantitative description of the recovery of the bottom fauna in a muddy reach of a mill stream in Southern England after draining and dredging.- Arch Hydrobiol 67, 502-541.

- CRISP, D.T., ROBSON, S. (1979): Some effects of discharge upon the transport of animals and peat in a north Pennine headstream.- *J App Ecol* 16, 721-736.
- ELLIOTT, J.M. (1965): Invertebrate drift in a mountain stream in Norway.- *Norsk Entomol T* 13, 95-97.
- (1967): Invertebrate drift in a Dartmoor stream.- *Arch Hydrobiol* 63, 202-237.
- (1970): Methods of sampling invertebrate drift running water.- *A d Limnol* 6, 133-159.
- (1971): The distances travelled by drifting invertebrates in a Lake District stream.- *Oecologia* 6, 350-379.
- HEMSWORTH, R.J., BROOKER, M.P. (1979): The rate of downstream displacement of macroinvertebrates in the upper Wye, Wales.- *Holarct Ecol* 2, 130-136.
- (1981): Macroinvertebrate drift in the upper Wye catchment, Wales.- *Hydrobiol* 85, 145-155.
- HOOPER, F.F., OTTEY, D.R. (1988): Responses of macroinvertebrates of two headwater streams to discharge fluctuations.- *Proc Int Ass Theor Appl Limnol* 23, 1156-1166.
- LARKIN, P.A., MCKONE, D.W. (1985): An evaluation by field experiments of the McLay model of stream drift.- *Can J Fish Aquat Sci* 42, 909-918.
- LEHMKUL, D.M., ANDERSON, N.H. (1972): Microdistribution and density as factors affecting the downstream drift of mayflies.- *Ecol* 53, 661-667.
- MALMQVIST, B. (1988): Downstream drift in Madeiran Levadas: tests of hypotheses relating to the influence of predators on the drift of insects.- *Aquat Ins* 10, 141-152.
- McLAY, C.L. (1970): A theory concerning the distance travelled by animals entering the drift of a stream.- *J Fish Res Board* 27, 359-370.
- O'HOP, J., WALLACE, J.B. (1983): Invertebrate drift, discharge and sediment relations in a southern Appalachian headwater stream.- *Hydrobiol* 98, 71-84.
- PEARSON, W.D., FRANKLIN, D.R. (1968): Some factors affecting drift rates of *Baetis* and Simuliidae in a large river.- *Ecol* 49, 75-81.
- PEGEL, M. (1980): Zur Methodik der Driftmessung in der Fließgewässerökologie unter besonderer Berücksichtigung der Simuliidae (Diptera).- *Z A Ent* 89, 198-214.

- RADFORD, D.S., HARTLAND-ROWE, R. (1971): A preliminary investigation of bottom fauna and invertebrate drift in an unregulated and a regulated stream in Alberta.- *J Appl Ecol* 8, 883-903.
- SHELDON, A.L. (1977): Colonization curves: application to stream insects on semi-natural substrates.- *Oikos* 28, 256-261.
- (1984): Colonization dynamics of aquatic insects.- *The Ecology of Aquatic Insects*. (ed V.H.Resh, D.M.Rosenberg), 401-429. Praeger, New York.
- STATZNER, B. ELOUARD, J.M., DEJOUX, C. (1987): Field experiments on the relationship between drift and benthic densities of aquatic insects in tropical streams (Ivory Coast). III. Trichoptera.- *Freshw Biol* 17, 391-404.
- TOWNSEND, C.R., HILDREW, A.G. (1976): Field experiments on the drifting, colonization and continuous redistribution of stream benthos.- *Journ Anim Ecol* 45, 759-772.
- ULFSTRAND, S. (1968): Benthic animal communities in Lapland streams.- *Oikos Suppl* 10, 120pp.
- WALTON, O.E., REICE, S.R., ANDREWS, R.W. (1977): The effect of density, sediment particle size and velocity on drift of *Acroneuria abnormis* (Plecoptera).- *Oikos* 28, 291-298.
- WARINGER, J.A. (1989): Resistance of a cased caddis larva to accidental entry into the drift: the contribution of active and passive elements.- *Freshw Biol* 21, 411-420.
- ZELINKA, M. (1976): Mayflies (Ephemeroptera) in the drift of trout streams in the Beskydy Mountains.- *Acta Ent Bohem* 73, 94-101.

Anschrift des Verfassers: Mag. Martin KONAR, Gymnasiumstr. 85/C 566, A-1190 Wien.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Wasser und Abwasser](#)

Jahr/Year: 1990

Band/Volume: [1990](#)

Autor(en)/Author(s): Konar Martin

Artikel/Article: [Bibliographie über die quantitative Beschreibung von Driftphänomenen
11-29](#)