©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Laufener Seminarbeitr. 4/99, S. 145-153 • Bayer.Akad.Natursch.Landschaftspfl. - Laufen/Salzach 1999

Ökologische Auswirkungen von Abflussextremen am Beispiel von Niedrigwasser und Austrocknung

Elisabeth I. MEYER

1. Einleitung

Niedrigwasser und Austrocknung sind einerseits natürliche Phänomene, die weltweit an Fließgewässern zu beobachten sind, können andererseits aber auch anthropogen bedingt sein und z.B. überall dort auftreten, wo eine Trink- oder Brauchwasserentnahme erfolgt oder wo Wasser zur Stromerzeugung genutzt wird. Je nach geographischen und klimatischen Gegebenheiten sind dabei unterschiedliche Ausprägungen einer Niedrigwasser- oder Austrocknungsperiode zu erwarten (z.B. SCHELLENBERG et al. 1994, MEYER 1999).

Die ökologischen Konsequenzen auf das Gewässerökosystem, d.h., der Einfluss auf Organismen, Gewässerstrukturen und Prozesse sind noch weitestgehend unerforscht, wenngleich im Zuge von Monitoring-Programmen, Einzeluntersuchungen oder durch Auswertung von Literatur gewisse Grundlagenkenntnisse zusammengetragen wurden (z.B. review in SCHELLENBERG et al. 1994, WILLIAMS 1996, SOMMERHÄUSER et al. 1998).

Um zu einem vertieften Verständnis temporärer Fließgewässer - so werden zeitweilig austrocknende Fließgewässer bezeichnet - zu kommen und um beobachtete Phänomene interpretierbar und vergleichbar zu machen, ist eine bisher nicht geleistete, systematische Vorgehensweise unumgänglich. Im Wissen um die räumliche und zeitliche Strukturierung von Fließgewässerökosystemen ergibt sich dabei die Notwendigkeit, alle relevanten Systemkomponenten und -parameter, die von einem reduzierten Abflussregime betroffen sein können, differenziert zu betrachten. Weiterhin müssen Niedrigwasser- und Austrocknungssituationen mittels geeigneter Parameter, die biologisch relevant sind, beschrieben werden können.

Nicht nur aus wissenschaftlicher Sicht, auch gesellschaftlich und politisch gewinnt die Thematik zunehmend an Bedeutung. Dies zeigt sich z.B. an der weltweit geführten "global change"-Diskussion oder der in Mitteleuropa aktuellen Restwasserproblematik. Deutliche politische Signale sind z.B. laufende EU-Forschungsprojekte im Bereich Klima und Umwelt oder die neuen Schwerpunkte des 5. Forschungsrahmenprogramms der Europäischen Union.

2. Niedrigwasser- und Austrocknungsparameter und Typisierung temporärer Fließgewässer

Austrocknungsphänomene treten an den unterschiedlichsten Fließgewässertypen auf. Um ihre ökologischen Auswirkungen zu verstehen, ist es erforderlich, systematisch die verschiedenen (zeitlichen und räumlichen) Ausprägungen der Austrocknung zu beschreiben, d.h., für temporäre Fließgewässer allgemeingültige Systemcharakteristika zu formulieren. Der Vorteil einer Typisierung liegt in der besseren Zuordnung, Vergleichbarkeit und Interpretation beobachteter Phänomene (abiotische, biotische) und ermöglicht letztlich auch zuverlässigere Vorhersagen. Eine Typisierung sollte weiterhin nach Kriterien erfolgen, die biologisch oder ökologisch relevante Parameter umfassen, wobei berücksichtigt werden muss, dass diese entscheidend von Umgebungscharakteristika wie der Physiographie, dem Klima oder der Geologie des Untergrunds abhängen (Abb. 1).

2.1 Austrocknungsparameter

Ausgehend von einer Literaturauswertung schlugen SCHELLENBERG et al. (1994) sog. "Niedrigwasserparameter" vor, die sowohl *zeitliche* als auch *räumliche* Aspekte umfassen und mit deren Hilfe sich Austrocknungserscheinungen charakterisieren lassen. Diese Parameter wurden vom Arbeitskreis "Temporäre Gewässer" der Deutschen Gesellschaft für Limnologie e.V. anläßlich eines Workshops aufgegriffen und geringfügig modifiziert; mit ihren unterschiedlichen Ausprägungen sind sie wie folgt definiert:

Vorhersagbarkeit

Die Vorhersagbarkeit wird in den Ausprägungen "niedrig", "mittel" oder "hoch" angegeben. SCHELLENBERG et al. (1994) berechneten diesen Parameter nach COLWELL (1974). Ausgangsdaten waren monatliche Abflussmittel über einen Zeitraum von 10 Jahren. Da viele Austrocknungsereignisse an kleinen Fließgewässern auftreten (SCHELLENBERG et al. 1994, SOMMERHÄUSER et al. 1998), die in der Regel keine Pegel aufweisen, wird es vorläufig bei einer Abschätzung dieses Parameters bleiben müssen. Biologisch ist die Vorhersagbarkeit deswegen bedeutsam, weil sie die Zusammensetzung der Biozönose entscheidend mitprägt (WIL-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

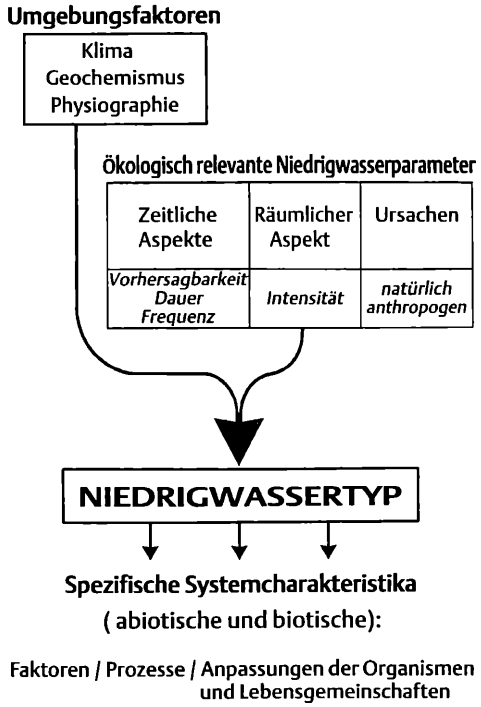


Abbildung 1

Schematische Darstellung der Abhängigkeit spezifischer Systemcharakteristika, die bei Niedrigwasser bzw. Austrocknung vorherrschen, vom Gewässertyp. Dieser wird durch Umgebungsfaktoren und die Ausprägung ökologisch relevanter Niedrigwasser- oder Austrocknungsparameter bestimmt.

LIAMS 1987): Fließgewässer, deren Austrocknung vorhersagbar ist, selektionieren andere Arten als unvorhersagbar austrocknende Gewässer.

Regime
(Frequenz und Dauer des Trockenfallens)

Dieser Parameter beeinflusst die Strategien, die die Organismen gegen den Stress der Austrocknung entwickeln. Die Frequenz der Austrocknungsereignisse beinhaltet die Ausprägungen "seltener als jährlich", "jährlich" und "mehrmals jährlich". Hierbei ist jeweils noch zu unterscheiden, ob das Gewässer oder der betrachtete Abschnitt (i) Stunden bis Tage oder (ii) Wochen bis Monate trockenfällt.

- **Intensität**

Die einzelnen Intensitätsstufen, die bei maximaler Austrocknung des Gewässers ermittelt werden sollten, sind wie folgt definiert:

Oberflächenabfluss ist deutlich reduziert
stagnierender Oberflächenabfluss
Ausbildung von Restpools
nur noch feuchtes Substrat vorhanden
vollständige Austrocknung.

- **Räumliche Ausdehnung**

Entscheidend bei diesem Parameter ist, ob oberhalb eines betrachteten Gewässerabschnittes noch eine Wasserführung - somit Driftpotential - vorhanden ist oder nicht (SOMMERHÄUSER et al. 1998). Im ersten Fall sind z.B. Quellbereiche zu beachten, deren Schüttung bei extremer Trockenheit stagniert, woraus ein abwärts wandernder Quellhorizont resultiert.

- **Ursache**

Hier soll zwischen *natürlicher* Austrocknung (durch Verdunstung, Versickerung, Transpiration der Vegetationsdecke, Einfrieren) und *anthropogen* verursachter Austrocknung unterschieden werden.

2.2 Austrocknungstypen

SCHELLENBERG et al. (1994) unterscheiden in ihrer Gewässertypendefinition 10 verschiedene Niedrigwasser- und Austrocknungstypen, die durch die Kombination spezifischer Parameterausprägungen charakterisiert sind: bei den natürlich austrocknenden Fließgewässern *mediterrane*, *ephemere*, *gemäßigte*, *tropische*, *subalpine*, *alpine* und *polare* Fließgewässer sowie *Karstbäche* und bei den anthropogen verursachten Austrocknungen zwei Typen regulierter Gewässer: *Restwasser* und *fluktuierender Abfluss*.

Geringe Dauer und Vorhersagbarkeit sowie hohe Austrocknungsintensität kennzeichnen z.B. *ephemere* Gewässer, die typisch für Wüstengebiete sind. Das sehr durchlässige Bachbett von *Karstbächen* kann zu plötzlichen Austrocknungsereignissen von unterschiedlicher Dauer und hoher Frequenz führen; die Vorhersagbarkeit der Austrocknungsereignisse ist gering. Umgekehrt ist die Vorhersagbarkeit der Austrocknung bei *alpinen* Fließgewässern hoch, weil aufgrund der niedrigen Temperaturen im Winter die Niederschläge als Schnee liegenbleiben. Dies führt zu einer alljährlichen, mehrmonatigen Niedrigwasserphase. Diese Gewässer können im Winter auch bis zu mehreren Monaten einfrieren.

Die vom Arbeitskreis "Temporäre Gewässer" entwickelte *Typologie mitteleuropäischer temporärer Fließgewässer* (Abb. 2) weicht nur geringfügig von den oben genannten Vorstellungen ab. Diese Typologie soll in Zukunft als Grundlage für eine systematische Erfassung dienen.

3. Auswirkungen von Niedrigwasser und Austrockung auf das Gewässerökosystem

3.1 Habitatparameter

Mit Hilfe bestimmter Habitatparameter lässt sich in Fließgewässern ein Skalenbereich von mehreren Dezimetern bis mehreren hundert Metern charakterisieren. Die benthischen Organismen müssen die Fluktuationen dieser Parameter tolerieren können oder mit ihren Entwicklungszyklen angepasst sein. Treten Niedrigwasser- oder Austrocknungssituationen auf, so führt dies i.d.R. auch zu einer Veränderung dieser Habitatparameter (MEYER et al. 1999a). In erster Linie sind hydrologische und hydraulische Parameter betroffen, wie z.B. die Strömungsge-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

schwindigkeit, der Abfluss, die benetzte Fläche oder andere physikalische Faktoren wie die Korngrößenzusammensetzung, die an die Gewässersohle dringende Strahlung, absolute Temperaturen und Temperaturamplituden. Faktoren, die direkt oder indirekt mit dem Stoffhaushalt zusammenhängen, sind z.B. veränderte CPOM/FPOM-Verhältnisse, das P/R-Verhältnis, die Nährstoffkonzentrationen und auch die Nährstoffverfügbarkeit. Direkt oder indirekt besitzen diese Faktoren auch einen Einfluss auf die Entwicklung der Algen und Makrophyten. Mit zunehmender Austrocknung verringert sich weiterhin die Verbundenheit ("connectivity") mit anderen wasserführenden Habitaten, z.B. den Seitenbächen. ZAH & SCHELLENBERG (1999) konnten zeigen, dass dies bei verbauten Gewässern gravierender ist als bei einer unbeeinflussten Gewässermorphologie. Andererseits kann - zumindest in Fließgewässern mit natürlicher Gewässersohle - die Heterogenität an der Gewässersohle mit abnehmender Wasserführung sogar zunehmen, da sich kleinräumig spezifische Strömungs- und Substratmuster ausbilden können, die bei höherem Wasserstand nivelliert würden.

Im Rahmen ihrer Untersuchung an der im Oberlauf häufig austrocknenden Töss (Nordorstschweiz) belegten ZAH et al. (1996), dass sowohl extremere Absoluttemperaturen als auch höhere Temperaturschwankungen in jenem Bereich des Schotterbettes auftreten, der hin und wieder austrocknet - im Vergleich zu einem permanent fließenden Abschnitt. Sowohl die Tagesschwankungen als auch die Temperaturvarianzen zwischen den Tagen waren höher; während der Trockenphasen machten sie mehr als 10°C aus.

Es ist davon auszugehen, dass je nach Lokalisation eines Niedrigwasser- oder Austrocknungsereignisses im Ober-, Mittel- oder Unterlauf unterschiedliche Habitatparameter unterschiedlich stark betroffen sind (MEYER et al. 1999a, vgl. Abb. 3). So wird sich eine aufgrund des verringerten Wasservolumens erhöhte Einstrahlung im (nährstoffreicheren) Mittel- oder Unterlauf vermutlich viel stärker steigernd auf die Primärproduktion auswirken als im Oberlauf. Auch kann man sich vorstellen, dass die bei reduzierter Strömungsgeschwindigkeit verstärkte Sedimentation feinpartikulären organischen Materials deutlichere (negative) Auswirkungen im Mittel- oder Unterlauf hat als im Oberlauf (verstärkte Sauerstoffzehrung). Generell wird dadurch das CPOM/FPOM-Verhältnis beeinflusst.

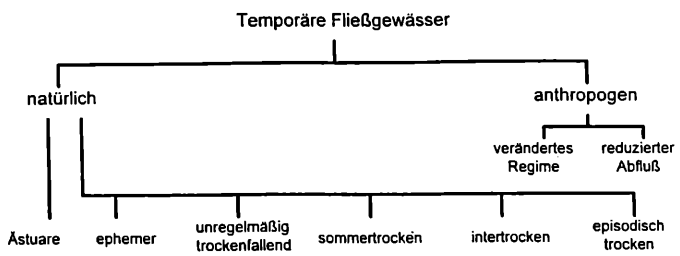


Abbildung 2

System der Austrocknungstypen temporärer Fließgewässer (aus SOMMERHÄUSER et al. 1998).

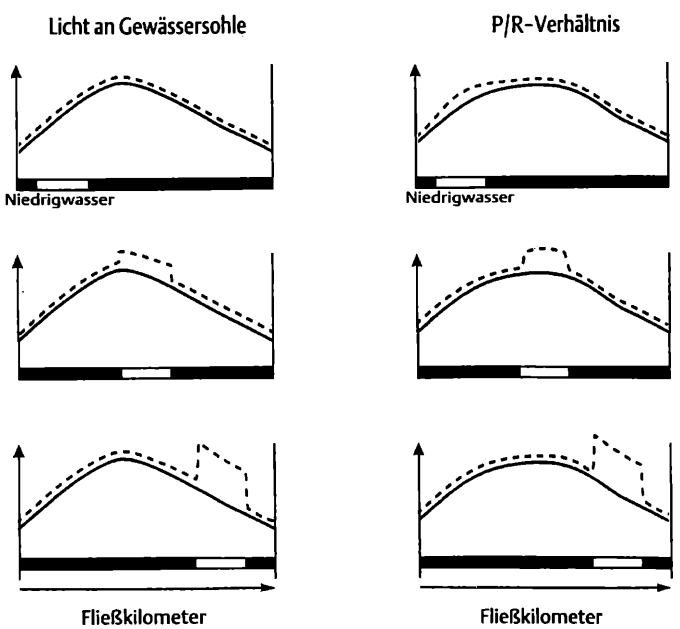


Abbildung 3

Schema des hypothetischen Verlaufs der Einstrahlung auf die Gewässersohle und des Verhältnisses von Produktion: Respiration ohne Unterbrechung des Fließgewässerkontinuums (VANNOTE et al. 1980) (durchgezogene Linie) und in Abhängigkeit von der längszonalen Lokalisation einer Niedrigwasser- bzw. Austrocknungsstrecke (Ober-, Mittel- oder Unterlauf).

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

3.2 Biozönosen

Hochwasser und Austrocknung stellen die Extreme im Abflussgeschehen eines Fließgewässers dar. Je nach Gewässertyp (s.o.) und Abflussregime sind diese Übergänge mehr oder weniger fließend. Die benthische Biozönose muss an diese Bedingungen angepasst sein, und die einzelnen Arten sollten sich zeitlich und auch räumlich "einnischen". Es ist z.B. zumindest hypothetisch - auch vorstellbar, dass hinsichtlich der Artenzusammensetzung jeweils die Taxa aufeinander folgen, die an die jeweiligen hydrologischen Zustände am besten angepasst sind. Im Prinzip wird dies insbesondere für Fließgewässer mit vorhersagbaren Extremereignissen der Fall sein. GAGNEUR & CHAOUI-BAUDGHANE (1991) beschreiben für ein ephemeres Fließgewässer in Westalgerien eine typische Sukzession der Gewässerfauna (Abb. 4): Bei Hochwasser und/oder Normalwasserstand ist an der Gewässersohle eine typische Fließwasserfauna anzutreffen. Das hyporheische Interstitial wird als Strömungs- und Temperaturrefugium genutzt und bietet gleichzeitig Schutz vor Räubern. Mit abnehmendem Abfluss infolge Austrocknung bis zur völligen Stagnation wird die Fließwasserfauna von einer Stillwasserfauna abgelöst. In der eigentlichen Trockenphase folgt eine terrestrische Fauna, und bestimmten Tiergruppen ist es möglich, abzuwandern. Die noch im Bachbett verbleibende Restfeuchte ermöglicht manchen resistenten Taxa, bzw. bestimmten Entwicklungsstadien, das Überleben, andere sind trockenheitsresistent. Das hyporheische Interstitial kann bei wiederbeginnendem Abfluss ein Reservoir für die Wiederbesiedlung darstellen. Eine entsprechende Untersuchung ist an mitteleuropäischen temporären Gewässern bisher nicht durchgeführt worden.

Zu überprüfen ist generell, ob in dem jeweiligen Gewässertyp eine Biozönose vorherrscht, die in vielerlei Hinsicht sehr plastisch ist - also aus Ubiquisten besteht - oder ob die Biozönosen sehr verarmt sind und nur Spezialisten mit möglicherweise kurzen Entwicklungszyklen, langer Larven- oder Imaginaldiapause, ob polyvoltine Arten vorherrschen oder Arten mit desynchronisierter Entwicklung, bei denen immer ein "Vorrat" an weiterentwicklungsfähigen Individuen im Gewässer anzutreffen ist.

Gewisse Hinweise liefern die Untersuchungen von MEYER et al. (1999b) an einem sommertrockenen Karstbach der Paderborner Hochfläche. In einem permanenten, oberen Fließgewässerabschnitt setzte sich die Wirbellosenzönose aus typischen Gebirgs- und Bergbacharten sommerkalter Fließgewässer zusammen. In dem sich anschließenden Gewässerabschnitt, der durch stark verkarstete Schichten mit klüftigem Gestein und zahlreiche Bachschwinden gekennzeichnet ist, waren die Arten- und Individuenzahlen der Evertebraten auffällig reduziert (Abb. 5), und es herrschten Taxa vor, die auch für Tieflandgewässer typisch sind. Insbesondere dominierten z.B. unter den Trichoptera zahlreiche Limnephilidae, die auch in anderen Studien als typische Vertreter temporärer Gewässer angegeben werden, wie

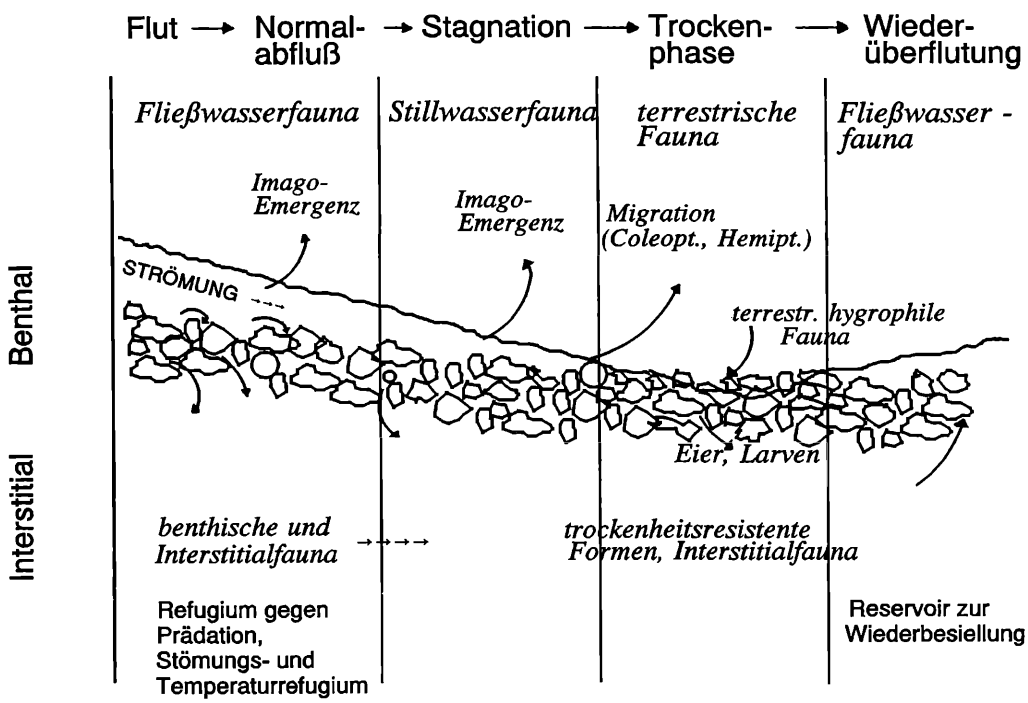


Abbildung 4

Abfolge hydrologischer Phasen und Sukzession der Fauna am Beispiel eines ephemeren Fließgewässers (verändert nach GAGNEUR & CHAOUI-BAUDGHANE 1991).

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

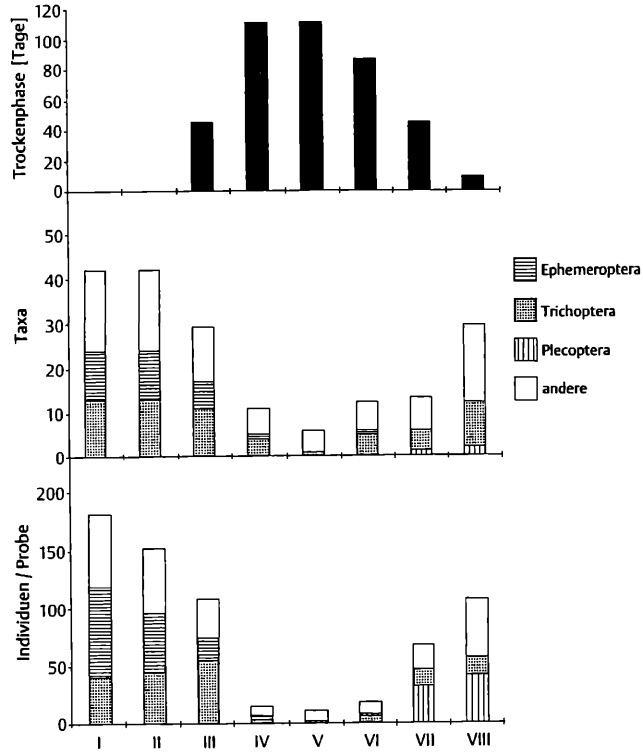
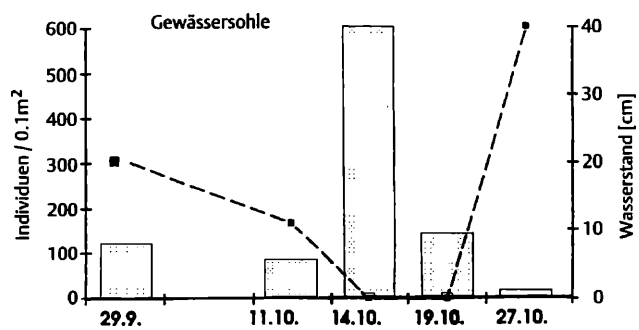


Abbildung 5

Dauer der Austrocknungsphase an einem Karstbach, der Sauer (Paderborner Hochfläche, NRW) während der Untersuchungsperiode von Januar bis Juni 1996 (oben), **Taxazahlen** (Mitte) **und durchschnittliche Individuenzahlen pro Probennahme** (unten). I-VIII: Probestellen auf einer Fließstrecke von ca. 8.2 km (aus MEYER et al. (1999b).



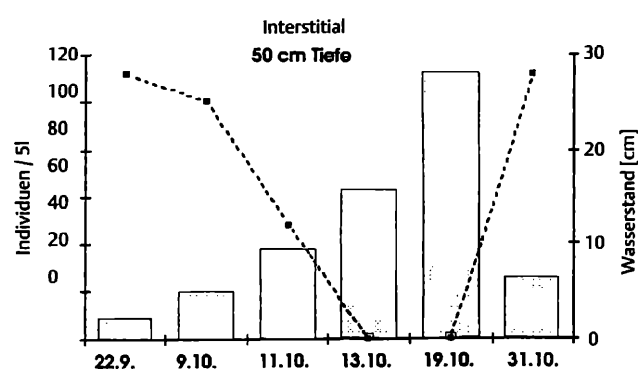


Abbildung 6

Konzentration wirbelloser Organismen in einem Restpool (oben) **bzw. im hyporheischen Interstitial bei sinkendem Wasserstand an der Gewässersohle.** Untersuchungsgewässer ist die Töss (Nordostschweiz) (nach ZAH et al. 1996, verändert).

z.B. *Limnephilus bipunctatus, L. sparsus, Stenophylax permistus* und *Micropterna sequax.* Diese Arten sind nach WALLACE et al. (1990) typische Besiedler kleiner Fließgewässer und stehender Gewässer, die im Sommer austrocknen können.

Auch kurzzeitig und kleinräumiger können quantitative Veränderungen der Biozönose mit zunehmender Austrocknung registriert werden. So zeigen SCHELLENBERG et al. (1999) in einem voralpinen, durch Querschwellen veränderten Schotterbach, der Töss, dass mit sinkendem Wasserstand einerseits eine Konzentration von Individuen in verbleibenden Tümpeln (sog. "pools") zu beobachten ist, andererseits ganz offensichtlich das hyporheische Interstitial als Refugium aufgesucht wird nicht nur, aber auch von epibenthischen Organismen (Abb. 6). Ob diese Ortsveränderung von Organismen aktiv oder passiv geschieht und wie weit das

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

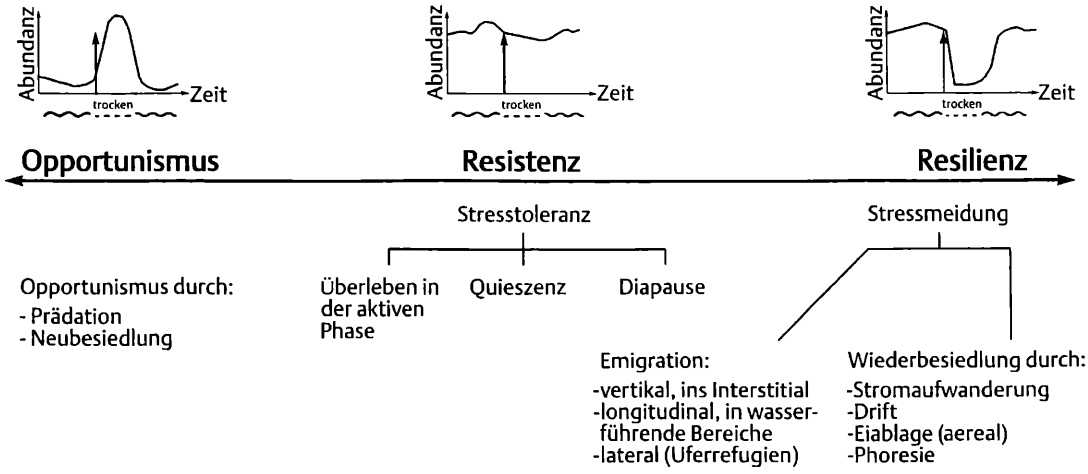


Abbildung 7

Potentielle Anpassungsstrategien von Fließwasserorganismen an die Austrocknung ihrer Habitate.

einzelne Individuum der Wasserfront folgt, kann aus Freilandprobennahmen nicht gefolgert werden. Die von SCHMEDTJE & COLLING (1996) vorgestellte Methodik zur Analyse der Arten nach "Bewegungstypen" wäre hier bei zukünftigen Untersuchungen u.U. nützlich.

3.3 Artniveau

Die von Austrocknungsereignissen betroffenen Arten können diese extremen Situationen entweder an Ort und Stelle überdauern (Strategien der *Resistenz*) oder der Trockenheit ausweichen und bei Überflutung das Gewässer wieder besiedeln (Strategien der *Resilienz*, vgl. Abb. 7). Refugialbiotope wie Seitenbäche, Interstitial oder feuchte, organische Substrate spielen hierbei eine große Rolle, wobei entscheidend ist, dass die Organismen diese Refugien auch erreichen können. *Opportunisten* sind "meist terrestrische Prädatoren, die verendete, oder sich in allmählich kleiner werdenden Wasserkörpern konzentrierende Tiere fressen bzw. Nutznießer der neu besiedelbaren Flächen oder Substrattypen sind (z.B. durch Eiablage; vgl. ZAH et al. 1996, SCHELLENBERG et al. 1999).

Es ist zu vermuten, dass die Anpassungen an die Austrocknung artspezifisch sind und insbesondere davon abhängen, ob die Austrocknungssituationen in längeren Zeiträumen vorhersehbar sind oder nicht, d.h., im Laufe der Evolution eine entsprechende Selektion stattfinden konnte.

Welche Anpassungsstrategien auf Artniveau im Einzelnen verwirklicht sind, lässt sich nur durch umfangreiche und sorgfältige populationsdynamische Untersuchungen an einzelnen Arten oder mit Hilfe von Laborexperimenten verfolgen. Auch die weitere Auswertung der autökologischen Literatur wird hier zusätzliche Erkenntnisse bringen; SCHELLENBERG et al. (1994) haben dies für einige Arten aus unterschiedlichsten taxonomischen Gruppen begonnen, WILLIAMS (1996) fasst die bei Insekten verwirklichten Strategien zusammen und SOMMERHÄUSER et al. (1998) stellen tabellarisch die Auswertung von Anpassungsstrategien von Tri-

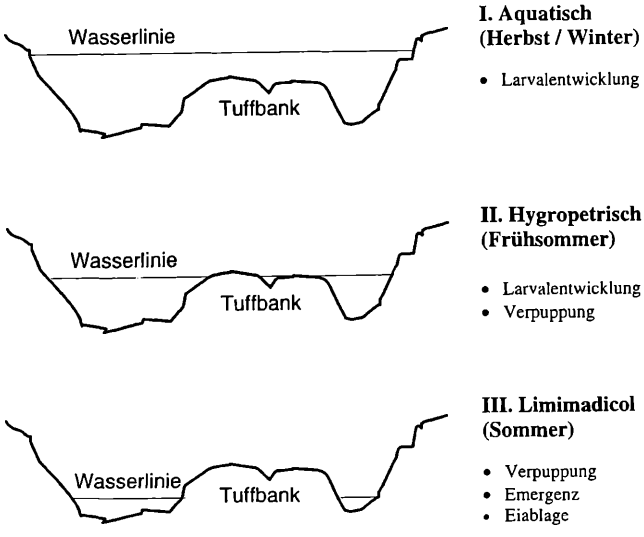


Abbildung 8

Korrelation der Entwicklungsstadien von *Tinodes unicolor* (Psychomyiidae, Trichoptera) mit den hydrologischen Bedingungen in einem Kalktuffbach (nach ALECKE 1998).

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

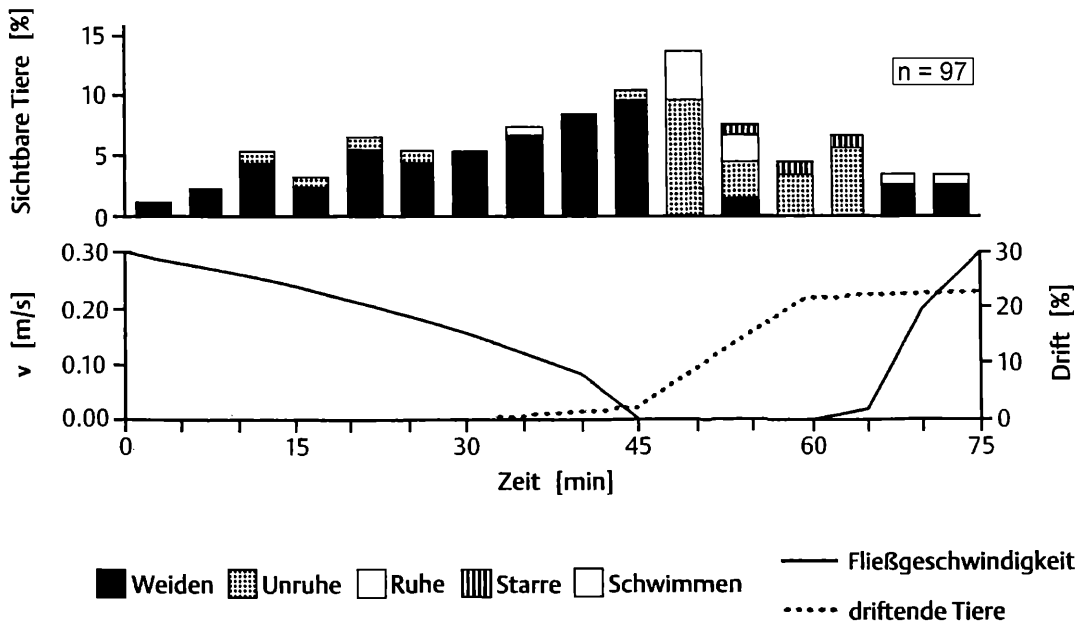


Abbildung 9

Kurzzeitexperiment mit *Baetis*-Larven in einer Fließwasserrinne. Mit Hilfe einer Videokamera wurde innerhalb von 75 Minuten Verhaltensmuster identifiziert und quantifiziert. n = 97: Anzahl eingesetzter Versuchstiere.

chopteren an Austrocknung vor. Der Arbeitskreis "Temporäre Gewässer" der Deutschen Gesellschaft für Limnologie e.V. hat sich ebenfalls die Aufgabe gestellt, eine Zusammenstellung typischer Anpassungsstrategien von Arten aus temporären Fließgewässern zu erarbeiten.

Ein Beispiel für eine (*resiliente*) Art, die an die periodische Austrocknung ihres Wohngewässers angepasst - ja sogar darauf angewiesen ist, ist die Köcherfliege *Tinodes unicolor* aus der Familie der Psychomyiidae. ALECKE (1999) beschreibt sie als Charakterart des von ihm erstmals definierten "Kalktuffbaches" (vgl. Abb. 8): In der "aquatischen" Phase des Entwicklungszyklus (Herbst/Winter) sind die Tuffbänke deutlich überströmt. Die Larven entwickeln sich in ihren typischen Sandgalerien in diesem Zeitraum bis zum ca. 3. oder 4. Stadium. Im Frühsommer folgt die "hygropetrische" Phase; die Tuffbänke ragen jetzt z.T. aus dem Wasser, sind aber immer noch durchfeuchtet aufgrund der Kapillarwirkung des stark porösen Substrates. In dieser Phase erfolgt die Verpuppung innerhalb der Galerien. Es schließt sich im Sommer bei vollständiger Austrocknung die sog. "limimadicole" Phase an. Die Individuen emergieren, und später legen die Weibchen mit Hilfe ihres langen und spitzen Legebohreres ihre Eier in die zerklüftete Oberfläche des Kalktuffs.

Die Frage nach individuellen Reaktionen und eine Überprüfung der Wirkung einzelner Faktoren ist nur im Experiment möglich. Für verschiedene Fließwasserarten liegen dazu erste Hinweise von BOLLENS (1995) vor; exemplarisch sei das Beispiel einer Strömungsreduktion erwähnt (Abb. 9): *Baetis*

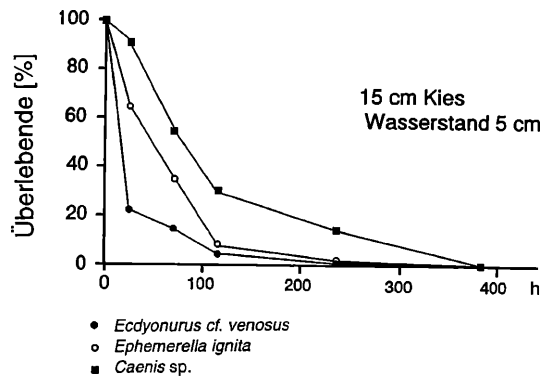


Abbildung 10

Überlebensdauer von Ephemeroptera-Arten bei Simulation einer Stagnationsphase des Wohngewässers. Dargestellt sind Durchschnittswerte von 3 replicates. Versuchsbedingungen: Rundgefäße, gesäuberter Kies aus dem Untersuchungsgewässer (Töss, Nordostschweiz).

rhodani zeigt zunächst eine Zunahme des Weidens bei abnehmender Fließgeschwindigkeit und bei völliger Stagnation Unruhe sowie eine Zunahme der Drift bei wiedereinsetzender Strömung.

Resistente Arten müssen mit den u. U. rasch ändernden hydraulischen Bedingungen und damit verbundenen "ungünstigen" Temperatur- und Sauerstoffbedingungen zurechtkommen. Arten, die - evtl. aufgrund unzureichender Mobilität? - nicht der fortschreitenden Wasserfront folgen können (in Resttümpel, in das hyporheische Interstitital, in Seitenbäche etc.), sollten innerhalb ihrer physiologischen

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Toleranzgrenzen die ungünstigen Bedingungen solange überdauern können, bis es wieder zu einer Überflutung kommt.

BOLLENS (1995, zit. in ZAH et al. 1996) zeigte in Simulationsexperimenten, dass von den 3 untersuchten Eintagsfliegenarten *Caenis* sp., *Ephemerella ignita* und *Ecdyonurus cf. venosus* letztere die höchste Sterberate aufwies - 50% der Individuen waren bereits nach einem Tag tot - und *C. sp.* und *E. ignita* eine signifikant höhere Überlebensrate aufwiesen; erst nach 400 Stunden (16.7 Tagen) traten im Experiment keine überlebenden Individuen mehr auf (Abb. 10).

Eine auf 25 Abflussjahren basierende Analyse der Austrocknungsdauer in den einzelnen Monaten am Herkunftsgewässer der Versuchstiere (Töss, Nordostschweiz) belegt, dass die mittlere Dauer eines Austrocknungsereignisses zwischen Juli und Dezember 4 bis 15 Tage beträgt (ZAH et al. 1996). Innerhalb dieses Zeitraumes liegt die Überlebensfähigkeit der getesteten Tiere. Durch variierende Versuchsbedingungen zeigte BOLLENS (1995), dass der Sauerstoffgehalt offensichtlich der übergeordnete Faktor ist.

4. Ausblick

Angesichts der hier exemplarisch aufgezeigten Aspekte zur Bedeutung und zu den möglichen Auswirkungen von Niedrigwasser und Austrocknung bedeutet Forschung an temporären Fließgewässern eine Herausforderung sowohl für die Grundlagenforschung als auch für in der Praxis gefragte Problemlösungen. Es muss sich die Erkenntnis durchsetzen, dass entsprechende Untersuchungen systematisch erfolgen müssen und dass beobachtete Phänomene nur bezogen auf die Niedrigwasser- bzw. Austrocknungstypen, in denen sie auftreten, verstanden werden können. Sie hängen entscheidend von Umgebungsfaktoren des Gewässers ab (s.o.).

Im Einzelnen gilt es daher, die Systemcharakteristika des untersuchten Fließgewässers zu erarbeiten, d.h., Niedrigwasser- bzw. Austrocknungsparameter zu bestimmen und die für das jeweilige Gewässer relevanten Schlüsselfaktoren zu identifizieren.

Ebenso wichtig ist es, für die jeweiligen Fragestellungen die adäquaten Raum- und Zeitskalen und die dafür geeigneten Messgrößen zu wählen. Eine möglichst in engem Zeitraster durchgeführte, groß- und kleinmaßstäbliche Kartierung der benetzten Flächen (und der Erfassung von Strömung, Temperatur und Wasserstand) und eine Analyse des Abflussgeschehens erleichtert die Typisierung des Fließgewässers.

Auf der Ebene der Organismen sollte eine Kombination von phänomenologischen sowie Freiland- und Laborexperimenten auf folgende Fragen Antwort geben:

- Welches sind die auslösenden Faktoren für Reaktionen der Organismen und welche Schwellenwerte sind zu verzeichnen?
- Welche intra- und interspezifischen Unterschiede sind bei den einzelnen Arten verwirklicht?
- Lässt sich ein Zusammenhang mit der Mobilität der Arten herstellen?
- Welche Anpassungsstrategien treten auf? Hier ist sowohl an Beobachtungen, Experimente und an Literaturauswertung zu denken.

Zu wünschen ist, dass das Studium temporärer Fließgewässer letztendlich zu verbesserten Fließgewässermodellen führt, die zu einem Verständnis der Folgen von Veränderungen des Wasserhaushaltes beitragen.

5. Zusammenfassung

Niedrigwasser und Austrocknung sind einerseits natürliche Phänomene, können andererseits aber auch anthropogen bedingt sein und sind weltweit an Fließgewässern zu beobachten. Mit Hilfe geeigneter Parameter lassen sich Niedrigwasser- und Austrocknungssituationen beschreiben und Fließgewässer unter Berücksichtigung geographischer und klimatischer Gegebenheiten - bestimmten Niedrigwasser-bzw. Austrocknungstypen zuordnen. Für die Beurteilung der ökologischen Konsequenzen müssen alle relevanten Systemkomponenten und -parameter, die von einem reduzierten Abflussregime betroffen sein können (z.B. Habitatparameter, Prozesse und Organismen), differenziert betrachtet werden. An Beispielen wird gezeigt, dass Organismen (Biozönosen, Arten, Individuen) nicht nur durch Strategien der Resistenz, Resilienz und des Opportunismus an Niedrigwasser- und Austrocknungssituationen angepasst, sondern manche Arten in ihrer Entwicklung sogar auf das Trockenfallen ihrer Habitate angewiesen sind. Neuere Untersuchungen belegen die nachteiligen Auswirkungen anthropogener Eingriffe an Fließgewässern bei Niedrigwasser und Austrocknung auf die Besiedlungs- und Entwicklungsbedingungen des Makrozoobenthos.

Summary

Low flow and drought are natural, yet also anthropogenically induced phenomena, which can be observed in running waters all over the world. It is proposed to describe low flow and drought events with suitable parameters, and to classify streams into distinct low flow and drought types, taking into account geographic and climatic characteristics. To evaluate the ecological consequences, all relevant system components and parameters, which may be af-fected by reduced flow (e.g. habitat parameters, processes and organisms), have to be considered distinctively. Exemplaryly it is shown that organisms (biocoenoses, species, individuals) are adapted to low flow and drought events not only by strategies of resistance, resilicence and opportunism, but that some species also are dependent on the drying of their habitats for further development.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

New investigations show that anthropogenic alterations of streams exposed to low flow and drought might have negative consequences for the colonization and development of the macrozoobenthos.

6. Literatur

ALECKE, C. (1998):
Ökologie und Habitatbindung von *Tinodes unicolor* und *T. pallidulus* (Insecta; Trichoptera) - ein Beitrag zur Typisierung und Bewertung von Tieflandbächen.- Diss. WWU Münster, Schüling Verlag.

BOLLENS, U. (1995):
Effekt von Niedrigwasser und Austrocknung auf das Verhalten und die Überlebenschancen ausgewählter Fließwasser-Makroinvertebraten.- Diplomarbeit ETH Zürich.

COLWELL, R. K. (1974):
Predictability, constancy, and contingengy of periodic phenomena. Ecology 55: 1148-1153.

GAGNEUR, J. & C. CHAOUI-BAUDGHANE (1991):
Sur le rôle du milieu hyporhéique pendant l'assechement des oueds de l'Ouest Algerien.- Stygologia 6: 77-89.

MEYER, E. I. (1999):
Mindestwasserführung von Gewässern und hydraulischer Stress.- In: R. Guderian und G. Gunkel (eds): Handbuch der Umweltbelastungen und Ökotoxikologie, Bd. III. Aquatische Systeme. Springer Verlag Berlin.

MEYER, E. I.; E. T. SCHELLENBERG & R. ZAH (1999a):
Discontinuities in stream systems induced by low flow and drought.- Verh. Internat. Verein. Limnol., in press.

MEYER, E. I.; A. MEYER & M. BILLEN (1999b):
Fallbeispiel Sauer, ein Karstbach der Paderborner Hochfläche.- Tagung "Gewässer ohne Wasser", NUA-Seminarbericht.

SCHELLENBERG, E. T.; R. ZAH & E. I. MEYER (1994):
Der Einfluss von Austrocknung und Niedrigwasser auf benthische Organismen, Habitatsbedingungen und Prozesse in Fließgewässern. Review. EAWAG Forschungsschwerpunkt 1993-1997: "Nachhaltige Ressourcenbewirtschaftung - am Beispiel Gewässer und anthropogene Sedimente", 115 pp.

SCHELLENBERG, E. T.; U. HARTMANN, R. ZAH & E. I. MEYER (1999):
Response of the epibenthic and interstitial invertebrates to stream drying in a prealpine river.- Verh. Internat. Verein. Limnol., in press.

SCHMEDTJE, U. & M. COLLING (1996):
Ökologische Typisierung der aquatischen Makrofauna.- Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft, Heft 4/96.

SOMMERHÄUSER, M.; I. ANTUNES, H. W. BOHLE, M. BRUNKE, U. DIEHL, M. DIETERICH, A. ERPELDING, A. FIEDLER, S. FOLTYN, M. HECHT, U. KAMPWERTH, A. LORENZ, E. I. MEYER, E. PLOß, B. ROBERT, T. SCHELLENBERG, S. SEUTER & R. ZAH (1998):
Terminologische, Typologische und biozönotische Konzepte für temporäre Fließgewässer.- Dt. Gesellschaft für Limnologie (DGL) - Tagungsbericht 1997 (Frankfurt/M.), Krefeld 1998: 936-940.

VANNOTE, R. L.; G. W. MINSHALL, K. W. CUMMINS, J. R. SEDELL & C. E. CUSHING (1980):
The river continuum concept.- Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37: 30-37.

WALLACE, I. D.; B. WALLACE & G. N. PHILIPSON (1990):
A key to the case-bearing caddis larvae of Britain and Ireland.- Freshwater Biological Association, Scientific Publication No. 51.

WILLIAMS, D. D. (1987):
The ecology of temporary waters. Croom Helm, London. 215 S.

—— (1996):
Environmental constraints in temporary fresh waters and their consequences for the insect fauna.- Journal Of The North American Benthological Society 15 (4): 634-650.

ZAH, R. & E. T. SCHELLENBERG (1999):
Anthropogene Einflüsse auf die Ökologie eines trockenfallenden Flusses.- Tagung "Gewässer ohne Wasser", NUA-Seminarbericht.

ZAH, R.; E. T. SCHELLENBERG & E. I. MEYER (1996):
Einfluss von Austrocknung auf das Ökosystem der Töss. EAWAG Forschungsschwerpunkt 1993-1997: "Nachhaltige Ressourcenbewirtschaftung - am Beispiel Gewässer und anthropogene Sedimente", 81 pp.

Anschrift der Verfasserin:

Prof. Dr. Elisabeth I. Meyer
Institut für Spezielle Zoologie
Abteilung für Limnologie der
Westfälischen Wilhelms-Universität Münster
D-48149 Münster

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Laufener Spezialbeiträge und Laufener Seminarbeiträge (LSB)

Jahr/Year: 1999

Band/Volume: 4_1999

Autor(en)/Author(s): Meyer Elisabeth Irmgard

Artikel/Article: Ökologische Auswirkungen von Abflussextremen am Beispiel von Niedrigwasser und Austrocknung 145-153