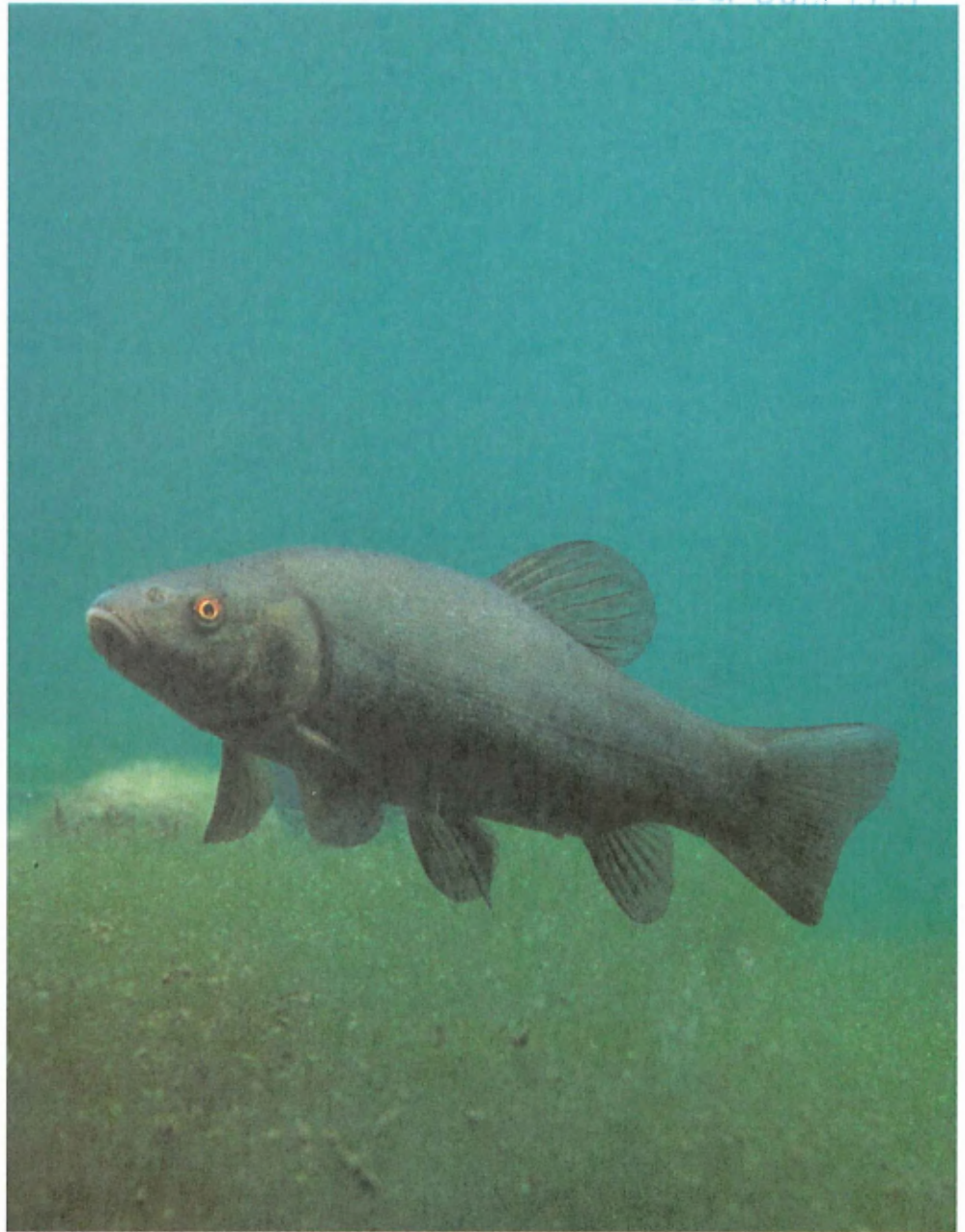


28. Juni 1995



EAWAG

Eine Forschungsanstalt
des ETH-Bereichs



Jahresbericht 1994

EAWAG - Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung,
Abwasserreinigung und Gewässerschutz



Per E

Der Necker ist ein voralpiner Fluss, dessen Kieselsohle durch Hochwasser häufig bewegt wird. Auf der wenig stabilen Gewässersohle bilden sich raschwüchsige Aufwuchsalgen, die Primärproduzenten. Hochwasser reduzieren sowohl die Primärproduktion als auch die Respiration. Ein grosser Teil der Abbauprozesse findet im Sediment statt. Bei einem mittleren Geschiebeführenden Hochwasser werden aber meist nur die oberen Sedimentschichten bewegt. Dies dürfte der Grund sein, weshalb die Respiration weniger stark auf die Störungen reagiert als die Primärproduktion, welche sich auf belichtete Oberflächen der Gewässersohle beschränkt (Tabelle). Im vorliegenden Fall (längere Schönwetterperiode) erholten sich die Primärproduktion und die Respiration rasch und übertrafen die vor der Störung beobachteten Werte schliesslich deutlich.

Der Chriesbach ist ein stark verbautes Gewässer in der dicht besiedelten Agglomeration von Zürich. Seine befestigte Gewässersohle bleibt auch bei extrem hohen Abflüssen stabil. Primärproduzenten sind hier vor allem Gefässpflanzen, wobei der flutende Hahnenfuss (*Ranunculus fluitans*) dominiert. Wegen der günstigen Nährstoff- und Lichtverhältnisse entwickeln sich dichte Pflanzenbestände, welche die Abflusskapazität reduzieren. Die Pflanzen werden daher ein- bis zweimal jährlich geschnitten (anthropogene Störung). Vier Wochen nach dem Schnitt ist die Primärproduktion bereits auf dem gleichen Niveau wie vor der Störung (Tabelle). Bis sich die langsam wachsenden Gefässpflanzen erholen haben, wird die Primärproduktion von Aufwuchsalgen geleistet. Die Entfernung der Wasserpflanzen erhöht die Abschwemmung feiner organischer Partikel, welche zwischen den Pflanzen auf der Bachsohle lagern. Die Respiration nimmt daher deutlich ab. Sie erholt sich erst, wenn die Pflanzenbestände die hydraulischen Verhältnisse soweit ändern, dass feines Material wieder vermehrt zurückgehalten wird.

Beide Beispiele zeigen, dass die Auswirkungen von Störungen, welche die Energieversorgung dieser Ökosysteme beeinträchtigen, relativ rasch kompensiert werden. Dabei spielen rasch wachsende Primärprodu-

	Necker Juni 1994			Chriesbach Juni/Juli 1993	
	1 Tag vor dem Hochwasser	4 Tage nach dem Hochwasser	18 Tage nach dem Hochwasser	vor dem Schnitt	nach dem Schnitt
Primärproduktion	2.8	1.1	6.8	24	25
Respiration	3.7	3.0	8.0	30	17

Tabelle: Primärproduktion und Respiration [$\text{g O}_2\text{m}^{-2}\text{d}^{-1}$] im Necker und im Chriesbach.

zenten eine wichtige Rolle. Im naturnahen, voralpinen Fluss reduziert ausserdem der Energievorrat, der in Form toter organischer Substanz im Sediment lagert, die Empfindlichkeit des Systems gegenüber dem Verlust der Primärproduzenten. Das ist wichtig, weil die häufigen Hochwasser den Algenaufwuchs über längere Zeiträume hin auf niedrigem Niveau halten.

(Barbara Känel, Markus W. Naegeli, Urs Uehlinger)

Auswirkungen einer Ökosystemmanipulation

Nördlich der EAWAG liegt bei Wallisellen eines der letzten Flachmoore im Glattal. Das 2.8 ha grosse Gebiet zeigt an einer Stelle Ansätze zur Hochmoorbildung. Es liegt zwischen der Autobahn Zürich–St. Gallen, der Kantonsstrasse Zürich–Winterthur, einem Industriegelände und einem Wohngebiet. Beim Bau der Autobahn wurde am Rande des Moores die wasserundurchlässige Schicht verletzt und es drohte auszutrocknen. Deshalb wird seit den 70er Jahren der Wasserspiegel mittels Dauerinfusion hochgehalten. Sinkt der Pegel unter ein



Der Bewässerungskanal, der das Moor mit Grundwasser versorgt, im Winter. Hier wurde 1993 ein grosses Amphibiensterben beobachtet. Im Hintergrund sind einige der durch die Eutrophierung entstandenen Schilfbestände zu erkennen. (Foto: Fred Stössel)

bestimmtes Mass, wird Grundwasser künstlich über ein Regel- und Pumpsystem in einen knapp 1 m breiten Kanal gepumpt. Dieser durchquert das ganze Flachmoor (Abbildung) und ergänzt so den Wasserverlust.

Das geförderte Grundwasser enthält grosse Mengen an Nitrat (NO_3^-) und Metallionen wie Natrium (Na^+), Kalium (K^+), Magnesium (Mg^{2+}) und Kalzium (Ca^{2+}). So konnten auf den ersten 5 m des Bewässerungskanals starke Kalkausfällungen beobachtet werden. Dieser Abschnitt ist mit Algen besiedelt, die für Quellen typisch sind (*Mougeotia* spp., *Tribonema* spp. [Grünalgen, Chlorophyta]). Die Nährstoffbelastung des geförderten Wassers hat in den 20 Jahren seit der Pumpeninstallation wie an den meisten Orten im Mittelland zugenommen. Dies führte zu einer Eutrophierung der Umgebung des Kanals, was sich besonders in einer Ausbreitung von Schilf und anderen nährstoffliebenden Pflanzen manifestiert.

Ein alter Torfstich ist über einen Kanal mit dem Bewässerungsgraben verbunden. Hier wurden Abweichungen in der Zusammensetzung der Algenbiozönose gegenüber den anderen, nur durch Regenwasser gespiesenen Torfstichen beobachtet. Während im Kanal und dem damit verbundenen Torfstich Kieselalgen dominierten, wuchsen in den anderen Torfstichen mehrheitlich Grün- (Chlorophyceae) und Gelbgrünalgen (Xanthophyceae).

Wasseranalysen an verschiedenen Stellen im Schwingrasen des Moores zeigten, dass bis heute nur geringe Mengen an Nährstoffen weiter als 1–2 m weit vom Bewässerungsgraben ins Moor eindringen. So beträgt die NO_3^- -Konzentration im Wasser des Schwingrasen-Lückensystems in 1 m Entfernung vom Bewässerungskanal zeitweise nur noch $\frac{1}{500}$ der ursprünglichen Kanal-Konzentration. Nicht ganz so grosse Konzentrationsabnahmen wurden für diverse Metallionen gemessen. Na^+ konnte sogar noch in 20 m Entfernung vom Bewässerungskanal in erhöhter Konzentration nachgewiesen werden. Während diese kleinen, gut löslichen Ionen mit dem Wasser weit in den Schwingrasen gelangen, werden die meisten anderen Stoffe vom Torf adsorbiert. Da die Na^+ -Konzentration örtlich schon heute 25 mg/l beträgt, besteht eine gewisse Versalzungsgefahr mit daraus resultierender Vegetationsveränderung. Insbesondere diejenigen Bereiche im Zentrum des Gebietes, welche Ansätze zur Ausbildung eines Hochmoores zeigen, wären hiervon als erste betroffen, und verschiedene bedrohte Pflanzenarten wie der rundblättrige Sonnentau (*Drosera rotundifolia*) würden verschwinden. Weil die Adsorptionskapazität des Torfes nicht beliebig gross ist, muss im Laufe der nächsten Jahrzehnte mit einer Ausdehnung der Eutrophierung und daraus resultierender Verschilfung grösserer Flächen gerechnet werden.

Daneben birgt das Bewässerungssystem aber auch noch weitere Gefahren: Im Winter wurde der Regelmechanismus wegen Vereisungsgefahr jeweils kurzgeschlossen, so dass die Pumpe unablässig relativ warmes Grundwasser förderte. Im Bewässerungskanal überwinterten alljährlich viele Frösche. Wegen des warmen Wassers reduzierte sich deren Stoffwechsel nicht so stark wie bei kälter Überwinternden. Als im Januar 1993 die Pumpe von unbekannter Hand abgestellt wurde, froh der Kanal zu. Dadurch wurde der Gasaustausch zwischen Kanalwasser und Atmosphäre unterbunden. Wegen des erhöhten Stoffwechsels verbrauchten die überwinterten Amphibien übermässig viel Sauerstoff und mehr als 100 Gras- (*Rana temporaria*) und Wasserfrösche (*Rana* kl. *esculenta*) sowie einige Bergmolche (*Triturus alpestris*) erstickten unter dem Eis.

(Beat Akeret, Fred Stössel, Petra S. Ammann)

Wiederbesiedlung des Necker-Bachbettes nach einem aussergewöhnlich intensiven Hochwasser

In alpinen und voralpinen Bächen wird die tierische und pflanzliche Besiedlung der Gewässersohle (das sog. Benthon) mehrmals pro Jahr durch Hochwasser mit Geschiebetrieb gestört. Obwohl dabei stets ein gewisser Anteil der Organismen vernichtet wird, findet man meistens schon kurz nach dem Hochwasser wieder eine ähnliche Besiedlungsdichte wie vor dem Ereignis (vgl. dazu Seite 36 des EAWAG-Jahresberichtes 1993). Über die Mechanismen, welche diese hohe biologische Elastizität ermöglichen, weiss man erst recht wenig. Allgemein wird vermutet, dass sich die Tiere bei Beginn des Geschiebetriebes an geschützte Orte (z.B. tiefere Schichten der Sohle, kleine Nebenbäche oder Totwasserzonen hinter grossen Steinen) zurückziehen und von diesen «Refugien» aus nach dem Hochwasser die Sohle wieder besiedeln. Was aber geschieht nach einem aussergewöhnlich starken Hochwasser, bei dem praktisch keine derartigen Refugien mehr zur Verfügung gestanden haben? Ein Abflussereignis im Necker, wie es durchschnittlich nur alle 5 Jahre auftritt, gab uns im Frühsommer 1994 die Gelegenheit, diese Frage zu untersuchen.

Es zeigte sich, dass durch das Hochwasser über 90% der benthischen Tiere weggeschwemmt oder zermalmte worden waren und dass sich das Benthon danach nur langsam erholte. Offensichtlich hatte das Hochwasser praktisch alle Refugien zerstört und damit eine rasche Wiederbesiedlung verhindert. Bei einzelnen Taxa nahm die Dichte in den nachfolgenden Wochen sogar noch weiter ab, was mit dem Entwicklungszyklus dieser Taxa erklärt werden kann. Aus der engen Koppelung zwischen der Anzahl Refugien, welche ein bestimmtes Hoch-



Eine Forschungsanstalt
des ETH-Bereichs

Ueberlandstrasse 133
CH-8600 Dübendorf
Telefon 01/823 55 11
Telefax 01/823 50 28
Telex 828 687 EAWA CH