

## Die Passierbarkeit unterschiedlicher Querwerke für die aquatische Bodenfauna

*The Effect of Transversal Instream Structures on Benthic  
Invertebrate Migration*

Ursula Grasser, Ingo E. Merwald, Otto Moog



## Impressum

### Edited by:

Grasser, Ursula - University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna (Austria)  
Merwald, Ingo E. - Forest Engineering Service on Torrent and Avalanche Control (Austria)  
Moog, Otto - University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna (Austria)

### Sponsored by:

Federal Ministry of Agriculture, Forestry, Environment and Water Management, Vienna (Austria)  
Forest Engineering Service on Torrent and Avalanche Control, Vienna (Austria)  
INTERPRAEVENT, International Research Society INTERPRAEVENT, Klagenfurt (Austria)

### Layout:

Barbara Bernhardt, Norbert Sereinig, Schiefeling (Austria)

### Translation:

Silvia Obernosterer, Rosegg (Austria)

### Print:

Kreiner Druck, Villach (Austria)

### Quote:

Grasser, U., Merwald I. E., Moog, O.:

Die Passierbarkeit unterschiedlicher Querwerke für die aquatische Bodenfauna  
The Effect of Transversal Instream Structures on Benthic Invertebrate Migration

### To be ordered at:

International Research Society INTERPRAEVENT  
Völkermarkter Ring 29  
A- 9021 Klagenfurt (Austria)  
<http://www.interpraevent.at>

ISBN 3 -901164-06-5

© International Research Society INTERPRAEVENT, Klagenfurt (Austria)

# Die Passierbarkeit unterschiedlicher Querwerke für die aquatische Bodenfauna

---

1

*The Effect of Transversal Instream Structures on  
Benthic Invertebrate Migration*

---

**Inhalt / Content**

Zusammenfassung <i>Abstract</i>	3
Einleitung und Ziel <i>Introduction and Aims</i>	4
Aktuelle rechtliche Rahmenbedingungen <i>Current Legal General Conditions</i>	5
Beschreibung der Querwerke <i>Description of the Transversal Instream Structures</i>	8
Methodik der biologischen Untersuchungen <i>Methods of the Biological Investigation</i>	13
Ergebnisse der biologischen Untersuchungen <i>The Results of the Biological Investigation</i>	15
Zusammenfassung und Schlussfolgerung <i>Summary and conclusion</i>	21
Literatur <i>References</i>	22

## Zusammenfassung

Im Zuge ökologisch orientierter Sanierungsarbeiten im Soisgrabenbach, einem Fließgewässer der dritten Flußordnungszahl der nördlichen Kalkvoralpen, werden sieben unterschiedliche Typen von Querwerken hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf das Wanderverhalten der Bodenfauna untersucht. Alte Bauwerke, wie Holzschwellen und Kaskadenschwelle werden durch ökologische Steinkastenschwelle, Pfahlschwelle/Pilotenschwelle, Drahtschotterchwelle mit Holzverkleidung, aufgelöste Kaskadenschwelle/S-Rampe oder ökologische Grobsteinschwellen ersetzt.

Um die Auswirkungen und mögliche Beeinträchtigungen der Organismenwanderungen durch die Querbauwerke zu erfassen werden Kolonisationssamplers verwendet. Die Kolonisationssamplers werden mit der Öffnung in und gegen die Strömung gerichtet für mehrere Wochen hinter den Schwellen sowie an einer morphologisch unbeeinträchtigten Referenzstelle exponiert. Zu Beginn und am Ende der Expositionszeit findet eine Entnahme von Vergleichsproben flussauf und flussab der Besiedlungsversuche statt. Obwohl methodische Einschränkungen bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen sind, gibt vorliegende Untersuchung einen ersten Überblick über die ökologische Funktionsfähigkeit verschiedener Bauweisen von Querwerken. Grundsätzlich wurde festgestellt, dass mit Holz verkleidete Drahtschotterkörbe und ökologische Steinkastenschwellen eine weitgehend ungehinderte Interstitialwanderung der bodenlebenden Bachfauna ermöglichen.

## Abstract

*In the course of ecologically orientated restoration measures, a research has been carried out concerning seven transversal instream structures and their impact on the migratory behaviour of benthic invertebrates in the third order stream Soisgraben-bach, located in the Lower Austrian Limestone Foothills. There are old torrent defence constructions, like the wooden sill, the vegetated check dam and there are new torrent defence constructions, like the ecological wooden crib dam, the wooden pile sill, the gabion sill with timber form, the vegetated check dam ramp/ground ramp and the ecological rip-rap ramp.*

*In order to investigate the effect of a variety of torrent control measures on the benthic invertebrate community, colonization samplers have been exposed downstream the sills as well as at a morphologically unimpaired reference site upstream of the construction with their opening towards and against the current for a period of several weeks. At the beginning as well as at the end of that period of exposition, samples were taken underneath and above the areas, where a colonization should take place. This was carried out with the Hess sampler. Although methodical reservations concerning the interpretation of the results have to be taken into consideration, the present research does give a first review of the ecological impact of the different kinds of sills. Gabion sills with timber form and ecological wooden crib dams fulfil the requirements of the benthic fauna the most which means they enable benthic macro-invertebrates to migrate.*

## Einleitung und Ziel

Gemäß den Umweltzielen der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) ist eine weitere Verschlechterung des Zustandes der Gewässer zu verhindern und somit der Status der aquatischen Ökosysteme zu erhalten bzw. zu verbessern, um schließlich für alle Oberflächengewässer den 'guten ökologischen Zustand' zu erreichen. Für den Bereich der Wildbachverbauung muss demnach die Gewässerbetreuung den Ausgleich zwischen den ökologischen Zielen einerseits und den Vorgaben der Schutz-wasserwirtschaft andererseits sicherstellen.

Bei der Überprüfung unterschiedlicher Bautypen der Gebietsbauleitung Wien u. Nördliches Niederösterreich wurde festgestellt, dass neben rein technisch funktionalen Bautypen viele alte und bereits teilweise vergessene Bauweisen heutigen ökologischen Anforderungen gut entsprechen.

Die Umsetzung ökologischer Anforderungen, die zur Gewährleistung einer reproduzierenden Fischpopulation an die Gebietsbauleitung herangetragen wurden, wurde bei gewissen Bautypen erreicht und in der Praxis durch Beobachtungen bestätigt (Wiederherstellung von Laichplätzen und des Längskontinuums). Die Bedeutung der unterschiedlichen Bauwerke für die Bodenfauna ist bislang erst sehr dürftig bekannt (Hütte 2000).

Im Sinn der Anforderungen der europäischen Wasserrahmenrichtlinie nach einer integrierten Gewässerbewertung initiierte der forsttechnische Dienst (HR Univ.DoZ. DI Dr. Merwald) eine Studie über die Passierbarkeit verschiedener Querwerke für die Bodenfauna. Die Arbeiten wurden in Kooperation mit der Universität für Bodenkultur (Abt. Hydrobiologie, Fischerei und Aquakultur; Leiter: Univ. Prof. Dr. Jungwirth) durchgeführt und unter der Ägide von Frau MR. Dipl.Ing. Patek vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft finanziell betreut.

Im Zuge der Umsetzung des Forschungsvorhabens wurde bei der

## Introduction and Aims

*The environmental objectives of the European Water Framework Directive (WFD), are to prevent further deterioration and to protect and enhance the status of aquatic ecosystems, explicitly to maintain or achieve an at least 'good ecological status' for all surface waters by 2015. In the field of torrent control, the water management has to bridge the gap between this ecologically oriented aim and the political responsibility of flood protection.*

*On the way to implement the WFD, the regional offices Vienna and Northern Lower Austria checked the different types of flood defence construction. It was noticed that beside the pure technologically functional types also a number of older models very well meet the ecological requirements of today.*

*The ecological requirements, the realization of which had been taken to the regional offices in order to guarantee a reproducing fish fauna, were met by certain types of construction and have been proved further on in practice. (Re-establishment of spawning areas and of the longitudinal continuum.) The importance of these different types of torrent defence constructions for the benthic fauna has not become meaningful so far. (Hütte 2000).*

*According to the standards of the EU Water Framework Directive concerning an integrated river status assessment, the Forest Engineering Service in Torrent and Avalanche Control (Councillor Univ.DoZ. DI Dr. Merwald) initiated a study on the effect of transversal instream structures (sills) on benthic invertebrate migration. The works have been carried out in cooperation with the BOKU - University of Natural Resources & Applied Life Sciences, Institute of Hydrobiology and Aquatic Ecosystem Management, Department Water - Atmosphere - Environment; Head: Univ. Prof. Dr. Jungwirth, and have been financially supported by the Austrian Federal Ministry of Agriculture, Forestry, Environment and Water under the aegis of Head of Division Ms D. I. Patek.*

Sanierung des Soisgrabens in der niederösterreichischen Gemeinde Kirchberg an der Pielach (Bioregion Kalkvoralpen) bereits frühzeitig daran gedacht, unterschiedliche neue Bautypen in das Projekt ergänzend zu den vorhandenen Holzquerwerken durch die Projektantin Frau Ing. Schwamberger aufnehmen zu lassen. Auf diese Weise war gewährleistet, dass eine ausreichende Zahl typologisch verschiedener Bauwerke innerhalb eines vergleichsweise homogenen und überschaubaren Gewässerabschnittes vorliegen. Darüber hinaus bietet der Soisgraben den unverzichtbaren Vorteil, dass auch naturbelassene Referenzstrecken zur Verfügung stehen.

Im Rahmen der Sanierung von Hochwasserschäden wurden die alten Querwerke am Soisgrabenbach (Kaskadenschwelle, Holzschwellen) durch zeitgemäße Bauweisen erneuert (ökologische Steinkastenschwelle, Pfahlschwelle/Pilotenschwelle, Drahtschotterschwelle mit Holzverkleidung, aufgelöste Kaskadenschwelle/S-Rampe und ökologische Grobsteinschwelle). Um für künftige Verbauungen ohne Beeinträchtigung der Schutzfunktion die für die ökologische Funktionsfähigkeit günstigsten Querwerke auswählen zu können, erfolgten biologische Untersuchungen zur Überprüfung der Passierbarkeit verschiedener Querwerke vor und nach Verbauung für migrierende Bodenorganismen (Makrozoobenthos).

### **Aktuelle rechtliche Rahmenbedingungen**

Während im Wildbachverbau bisher zufolge des übergeordneten öffentlichen Interesses am Hochwasserschutz erst in zweiter Linie die Belange der ökologischen Funktionsfähigkeit wahrgenommen wurden, steht mit der im Jahr 2000 in Kraft getretenen "EU-Wasserrahmenrichtlinie" (WRRL) ein umfassendes Gesamtkonzept zum europäischen Gewässermanagement zur Verfügung (Rat der europäischen Kommission 2000).

Die WRRL verpflichtet die Mitgliedsstaaten zu einer Vermeidung einer weiteren Verschlechterung und zum Schutz und zur

*In the course of realization of that research project it had already been taken into consideration quite early that during the period of restoration of the third order stream Soisgraben in the Lower Austrian community of Kirchberg an der Pielach (Bioregion Limestone Foothills), different new types of torrent defence constructions were taken and used within that project in addition to the existing wooden sills and dams by engineer Ms Schwamberger. This way it was proofed that a sufficient number of different types of structures were available within a stretch of water of manageable size. Another advantage, offered by the Soisgraben, is that there are still natural reference sites.*

*During the restoration of flood damages at the stream Soisgraben, the old transversal instream structures like vegetated check dams or wooden sills were replaced by current ones, like ecological wooden crib dams, wooden pile sills, gabion sills with timber form, vegetated check dams/ground ramps and ecological rip-rap ramps. In order to choose the best and safest transversal instream structures for the ecological functionality as far as future building is concerned, biological surveys concerning the effect of transversal instream structures for migrating benthic macroinvertebrates (macrozoobenthos) have been carried out before and after building.*

### **Current Legal General Conditions**

*Whereas in torrent control the importance of ecological functionality only came in second place because of a primary public concern in flood defence, the European Union Water Framework Directive (WFD), which came into force in December 2000, represents a comprehensive overall concept for the European water management (Council of the European Commission 2000). The European Water Framework Directive has been incorporated into the new Austrian Water Act in 2003.*

*The WFD obliges all member states to avoid further deterioration and to protect and enhance the status of aquatic ecosystems*

Verbesserung aquatischer Ökosysteme, sowie zur Förderung einer nachhaltigen Wassernutzung auf der Grundlage eines langfristigen Schutzes der vorhandenen Ressourcen. Als Eckpunkt dieses Ordnungsrahmens ist die Ausdehnung des Gewässerschutzes auf alle Gewässer, mit dem Ziel der Erreichung eines im Wesentlichen über die Ökologie der Gewässer definierten "guten Zustandes" innerhalb vorgegebener Fristen, anzusehen (Stalzer 2000).

Die Wildbachverbauung hat somit durch die WRRL die Verpflichtung zu einem ökologisch ausgerichteten Gewässermanagement mit der Zielvorgabe, den guten ökologischen Zustand zu erhalten bzw. wieder herzustellen.

Der methodische Ansatz zur europäischen Gewässerbewertung baut auf einem Vergleich der aktuellen Gewässerbeschaffenheit mit einem auf Basis eines typologisch fundierten Gewässerleitbildes beschriebenen Referenzzustand auf. Die Bewertung des ökologischen Gewässerzustandes gründet somit auf der Abweichung der Gewässerbiozönose von der gewässertypspezifischen Ausprägung (Koller-Kreimel 2000). Der Ansatz baut darauf auf, dass der ökologische Zustand über die

as well as to support the sustainable use of waters on the basis of a long-term protection of the present resources. The vertex of this framework is the expansion of the prevention of water pollution onto all surface waters, with the aim to maintain or achieve a "good ecological status", which is basically defined by the ecology of waters, within a given certain period of time (Stalzer 2000).

As to the WFD, the service for torrent control therefore is committed to an ecologic water management with the aim to keep as well as to re-establish the good ecological conditions.

The methodical approach towards the European evaluation of waters is based on a comparison of the present water quality with a reference condition which is based on a typologically substantiated water model. The assessment of the ecological river quality is therefore based on the deviation of the aquatic biota from the stream type specific characteristics (Koller-Kreimel 2000). The approach is based on the fact that the ecological status is defined through the closeness of the biocoenoses to nature and that physical-chemical and hydromorphological parameters are only taken into consideration

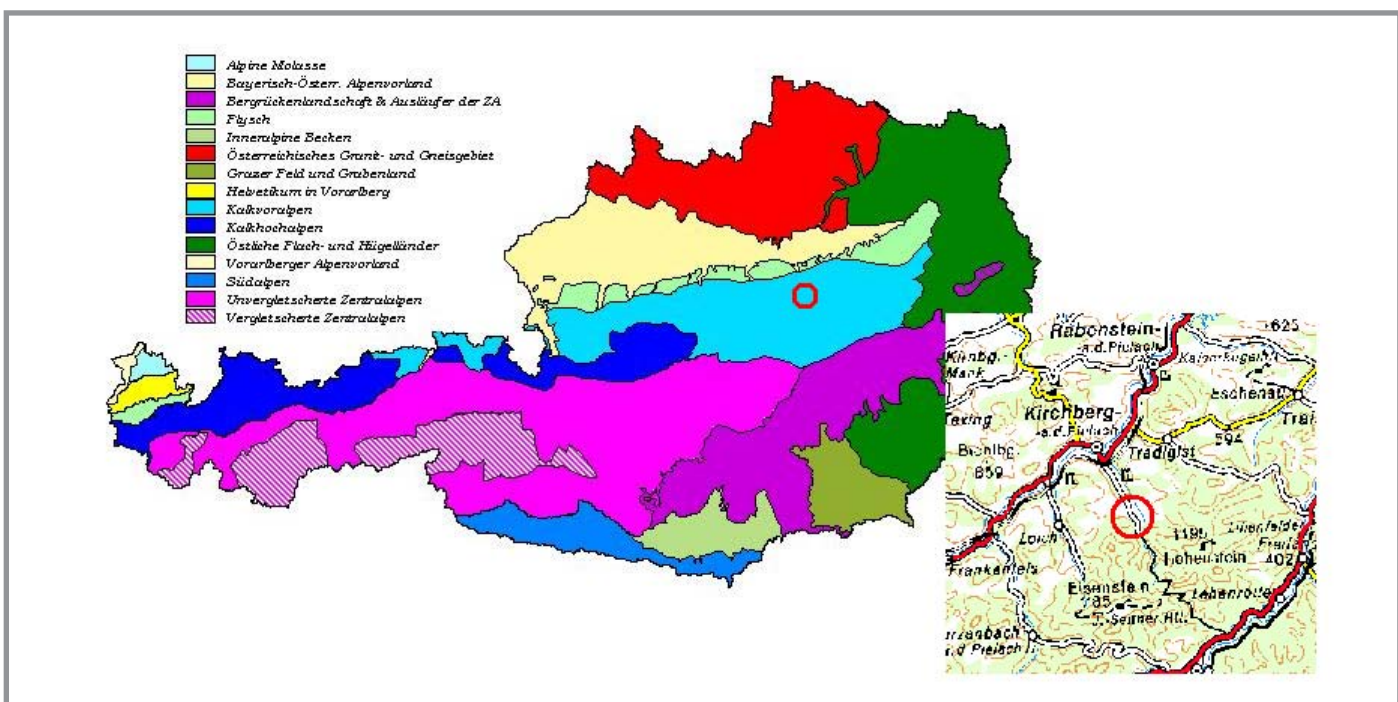


Abb. 2: Lage des Untersuchungsgebietes innerhalb der aquatischen Bioregionen Österreichs (Moog et al. 2001)

Fig. 2: Investigation area within the Austrian aquatic bioregions (Moog et al. 2001)



Naturnähe der Biozönosen definiert wird und physikalisch-chemische und hydromorphologische Parameter nur ergänzend berücksichtigt werden, wenn die Biozönosen einen Umweltstress anzeigen. Jeder Mitgliedsstaat verwendet für sein Überwachungssystem für jede Kategorie von Oberflächengewässern eine fünfstufige Skala, die von einem sehr guten bis zu einem schlechten ökologischen Zustand reicht. Der Referenzzustand ist gleichzusetzen mit dem sehr guten ökologischen Zustand.

Qualitätselemente für Fließgewässer beinhalten biologische, hydromorphologische sowie chemische und physikalisch-chemische Komponenten. Als biologische Komponenten werden Algen, Makrophyten, Makrozoobenthos und Fische herangezogen, wobei Zusammensetzung, Abundanz und teilweise die Altersstruktur als Entscheidungskriterien dienen. Hydromorphologische sowie chemische und physikalisch-chemische Komponenten dienen zur Unterstützung der biologischen Komponenten, wenn diese einen Umweltstress anzeigen.

Dieser Artikel basiert auf dem Qualitätselement Makrozoobenthos und nimmt Bezug auf die Ermittlung der ökologischen Auswirkungen von Querwerken, da hydromorphologische Beeinträchtigungen, insbesondere die Unterbrechung des Längskontinuums zu den signifikanten anthropogenen Belastungen zählen (WRRL, Anhang II, Abschnitt 1.4). Eine Einschätzung und Ermittlung hinsichtlich der Auswirkungen des Schutzwasserbaues ist für die Mitgliedsstaaten verbindlich vorgesehen. Darauf aufbauend haben die Mitgliedstaaten zu beurteilen, wie empfindlich der Zustand von Oberflächenwasserkörpern auf die hydromorphologischen Belastungen reagiert (1.5 in Annex II), und wie wahrscheinlich es ist, dass die Oberflächenwasserkörper innerhalb der Flussgebietseinheit (Annex I; 1.iii) die für diese Wasserkörper gemäß Artikel 4 aufgestellten Umweltqualitätsziele nicht erreichen.

*additionally whenever biocoenoses indicate environmental stress. Every member state uses its own monitoring system for the classification of the ecological quality of surface water, using a scale, ranging from a high (5), good, moderate, poor to a bad (1) ecological status of the selected stream types. The reference condition is equal to the high ecological status.*

*Quality elements for running waters comprise biological, hydromorphological and chemical as well as physical-chemical components. Biotic elements in stream assessment are algae, macrophytes, benthic macroinvertebrates and fish, whereas the composition, abundance and partially the age-structure have to be considered. Hydromorphological as well as chemical and physical-chemical components support the biological components when they indicate environmental stress.*

*This article is based on the quality element of benthic invertebrates and refers to the assessment of the ecological effect of transversal instream structures, as hydromorphological degradation, especially the interruption of the longitudinal continuum, belong to the significant anthropogenic stress-factors (WFD, appendix II, paragraph 1.4). All member states are obliged to control the effect of the protection of the status of aquatic ecosystems and all structural measures. The member states also need to judge the condition of the surface water bodies regarding their reaction to hydromorphological stress. (1.5 in annex II). It also needs to be assessed whether these surface water bodies within the stream stretch (annex I; 1.iii) can or cannot reach the ecological quality aims and fulfil the requirements, according to article 4.*

## Beschreibung der Querwerke

Bei den Querwerken unterscheidet man zwischen solchen mit und ohne Überfall. Querwerke haben den Zweck durch Abtreppen des Gerinnes das zu hohe und daher schadenverursachende Gefälle zu vermindern sowie durch eine neu vorgegebene Gewässerbreite eine Reduzierung der Wassertiefe und der Geschwindigkeit, die den Erosionsvorgang verursachen, zu erreichen. Höhere Querwerke, besonders aber geschlossene Sperren, beeinflussen die Geschiebeführung durch Stau und Dosierung sehr stark und tragen zu einer gedrosselten Hochwasserabfuhr mit geringerem Geschiebeanteil bei, die keine oder nur geringe Schäden verursachen. Sie stellen jedoch signifikante Eingriffe in das Gewässeröko-system hinsichtlich des Geschiebes dar, wobei die Vorfluter häufig noch stärker betroffen sind. Die ökologischen Auswirkungen hinsichtlich der Fischpopulation hängt wesentlich von der orographischen Situierung des fischauftstiegs-hemmenden Querwerkes bezogen auf die



Foto 1: Ökologische Steinkastenschwelle, vorgefertigt in Trockenbauweise  
 Picture 1: The prefabricated ecological wooden crib dam

Gewässerbiozönose, von der Passierbarkeit des Sperrenkörpers (Überfallshöhe, passierbare Dolen, FAH), der Form des Sperrenkolkes usw. ab. Untersuchungen hinsichtlich der Passierbarkeit von niederen Querwerken durch die Bodenfauna waren bisher kaum durchgeführt worden. Es ist auch geplant

## Description of the Transversal Instream Structures

*The transversal instream structures (flood control measures) can be divided into two groups, the ones with and the ones without overfall. Transversal instream structures serve the purpose to lower the extremely high and therefore danger-causing gradient by a step-wise grading of the flume. By a new prescribed channel width, the reduction of the water depth as well as of the current velocity shall be achieved as these cause erosion. Higher transversal instream structures, especially closed barriers, have a strong impact on bed load transport because of the tailback they cause. These structures lead to a reduced transport of flood water and therefore a reduced bed load transport causing no or only little damage. They, however, cause interferences in the ecosystem of the water concerning the bed load transport, whereas discharge systems very often are affected even more. The potential ecological impairment of the fish population, especially of the migration behaviour, depends on a number of factors, as there are location, height and permeability of the bottom sill (size of the overfall, permeable culverts, fish passage) as well as the functionality of the stilling basin. The stilling basin downstream the sill has to fulfil any requirements that are needed to guarantee a successful upstream migration. Assessments concerning the passage through low transversal instream structures regarding the benthic fauna have rarely been carried out so far. Further assessments of barriers are planned.*

### The Ecological Wooden Crib Dam

*The ecological wooden crib dam has been developed from the wooden crib dam and offers a place for fish during periods of drought as well as of flood. This dam does not show problems for the migration of salmonids (of the family of the trouts) at low overfall as also at low water the water thread can be concentrated by indenting or by bending the top crossbeam. The log which lies across the heavy ground is moved*

diese Untersuchungen auf Sperrungen hinsichtlich ihrer Passierbarkeit für die Bodenfauna auszudehnen.

### Ökologische Steinkastenschwelle

Sie wurde aus der Steinkastenschwelle entwickelt und weist den Vorteil eines ausgebauten Fischeinstandes auf, der bei Trockenperioden und Hochwasser den Fischen ein Refugium bietet. Bei niederem Überfall stellt sie kein Problem für den Aufstieg von Salmoniden dar, da auch bei Niederwasserführung durch Querneigen des Kronenbaumes oder Einkerbungen der Wasserfäden konzentriert werden kann.

Bautechnisch wird der über dem Schwerboden liegende Querstamm an der Luftseite etwa um eine Stammstärke bachaufwärts versetzt, sodass zwischen dem Schwerboden und den oberhalb liegenden Zangen eingeräumiger Hohlraum entsteht. Aus statischen Gründen wird der große Hohlraum mit Füllhölzern, die mit Schlachtnägeln befestigt werden, etwas verkleinert. Damit der Zwischenraum nicht mit Bachsubstrat verfüllt werden kann, ist er mit einem Pfosten, Halbrundling oder mit Wasserbausteinen abzudecken. Dabei können größere Fugen für den Aufstieg der Bodenfauna vorgesehen werden (Merwald 1994). Diese Bautype wurde in Niederösterreich erstmals im Loichbach (Loich) und Rotgrabenbach (Klosterneuburg) in größerem Umfang ausgeführt.

Schwerboden, Querhölzer und Zangen sind wie bei den üblichen Steinkastenschwellen herzustellen (Behauen an der Unterseite). Bautechnisch ist diese Bautype sehr leicht auszuführen. Sie kann auch in Trockenbauweise gut vorgefertigt werden indem der Schwerboden dann aus stabilen Rundlingen oder Halbrundlingen gefertigt wird (Foto 1). Die Schwelle wird mit einem Bagger eingebracht, wobei nur das Abtreiben der Schwelle rechtzeitig verhindert werden muss (Foto 2).

*upstream for about the size of one log, this way a hollow space is created between the heavy ground and the above lying tongs. Because of static reasons, the big hollow space is made smaller with fillers which are fixed with nails. The hole has to be covered with piles, logs and logs cut in half lengthwise or water bricks in order not to lead stream substrata into the hole. For the migration of the benthic fauna, bigger gaps can be left open (Merwald 1994). This construction was first built on a larger scale in the streams Loichbach and Rotgrabenbach (Klosterneuburg) in Lower Austria.*

*Heavy ground, crossbars and tongs have to be constructed as with usual wooden crib dams (trimming on the bottom). To build this type of construction is comparatively simple. It can also very well be prefabricated. Then the heavy ground is made of solid wooden logs cut in half lengthwise (picture 1). The sill is put in by an excavator, only the floating of the sill needs to be prevented in time in this case (picture 2).*



Foto 2: Einbau der ökologischen Steinkastenschwelle

Picture 2: Installation of the ecological wooden crib dam

## Pfahlschwelle/Pilotenschwelle

Pilotenschwelle wäre die passendere Bezeichnung. Sie ist eine Bautype, die in den letzten Jahren wieder stärker belebt wurde, wobei aber auf ihre begrenzte Verwendungsmöglichkeit und kurze Lebensdauer häufig wenig Rücksicht genommen wurde. Die Einsatzmöglichkeit beschränkt sich auf zum Rammen geeignete Böden, also lehmige und lockere Substrate, die meist im Alpenvorland oder höchstens noch auf Schwemmkegeln mit feinem Geschiebe zu finden sind. In der heutigen Zeit werden die Pfähle (besser Piloten) meist nicht mehr gerammt, sondern mit dem Bagger eingedrückt. Dabei soll der Boden eine gleichmäßige Konsistenz aufweisen, da sich sonst die Piloten verlaufen und keine gerades Querwerk entsteht. Bei härteren Böden sollte man Pilotenschuhe auch zum Eindrücken verwenden. Die Abflusssektion kann sehr einfach mit einer Niederwasserrinne versehen werden (Foto 8). Die Vorteile der Pfahlschwelle liegen im günstigen Preis-Leistungsverhältnis, in der einfachen Schaffung der Fischpassierbarkeit, der leicht durchführbaren Adaptierungen und der naturnahen Einpassung in das Gewässerumfeld.



Foto 3: Fischaufstiegsmöglichkeit durch seitliche Minirampe (oö. Krems, Gaflenz)

Picture 3: Mini-ramps allowing upstream migration of fish (Upper Austria, Krems, Gaflenz)

## The Wooden Pile Sill

*The wooden pile sill has become more common in recent years although it has a limited range of use and a short service life. Its range of use is limited to soil which is suitable to be rammed, like loamy and loose substrata which can usually be found at the foothills of the alps or on alluvial cones with fine bed load. Nowadays, poles (pilots) are not being rammed any more, they are being incised with excavators instead. A pre-requisite for the use of this method is, that there has to be a soil of regular consistency, otherwise the pilots would not remain stable but lop-sided instead and the transversal instream structures would not remain straight. Metal-caps on the pilots' ends are to be used to incise if the soil is harder. The discharge section can easily be equipped with a low flow channel (picture 8). The wooden pile sill definitely has advantages. It has a good cost-performance ratio, it easily creates a fish passage, it adapts quickly and fits into its surroundings quite naturally.*

## The Gabion Sill With Timber Form

*Gabion sills with timber form are constructions which are very suitable for loose soil, for sites which cannot easily be reached (low-cost transportation of the trellis), also for streams and waters which do not have sharp-edged bed-load or if flood damages need to be redeveloped and they are suitable as groins and berms as well. Very often gabion sills with timber form are used in arid areas, as acquisition and transport of rip-rap material, concrete or wood is almost impossible or too expensive there. There are two ways of creating gabion sills with timber form. The first method to build these gabions is to create them by interweaving single trellis. When working according to the second method, single trellis with eyes on each end have to be used and steel pins need to be put through these eyes in order to connect the trellis and create gabions. Different sizes are available. The discharge sections can have different shapes. If there is heavy bed load transport, the gabion sills should be covered*

## Drahtschotterschwelle mit Holzverkleidung

Drahtschotterschwelle sind Bauwerke, die sich sehr gut für Rutschterrain, Baustellen mit schwieriger Zufahrtsmöglichkeit (kostengünstiger Einflug der Gitter), Gewässer mit nicht scharfkantigem Geschiebe, für das schnelle Sanieren von Hochwasserschäden sowie als Buhnen und Bermen eignen. Sie werden auch häufig in ariden Gebieten verwendet, da dort die Beschaffung und der Transport von Wurfsteinmaterial, Beton sowie von Holz fast unmöglich oder kostenmäßig nicht mehr vertretbar ist. Es gibt zwei Arten für die Herstellung von Drahtschotterkörben. Bei der einen Art werden die Körbe durch Verflechten der Einzelgitter hergestellt, bei der zweiten sind die Einzelgitter an den Enden mit Ösen ausgestattet und durch das Einführen der Steckeisen in diese Ösen werden die Einzelgitter zu Körben verbunden. Verschiedene Größen sind lieferbar, die Abflusssektionen können in verschiedenen Formen ausgebildet werden. Gegen starken Geschiebetrieb sollten diese jedoch mit widerstandsfähigem Material abgedeckt werden. Durch abgerissene oder abgerostete Drahtspitzen besteht nach vielen Jahren Verletzungsgefahr für Mensch und Tier, daher sollten sie an häufig begangenen Gewässerabschnitten (Fischer), in der Nähe von Kinderspielflächen und bei Wildwechseln nicht verwendet werden. Daher sowie aus ästhetischen Gründen wurde die untersuchte Bautype mit einer Holzverkleidung adaptiert.

## Aufgelöste Kaskadenschwelle/S-Rampe

Diese Bautype hat sich bei der Projektierung angeboten, da im Baubereich die Querhölzer einer aufgelassenen Wasserausleitung vorhanden gewesen sind. Die alten Querhölzer wurden mit den Neueinbauten abgestimmt, um die stark eingeschränkte bzw. unmögliche Fischpassierbarkeit für juvenile Forellen und Koppen zu beseitigen. Die Querhölzer wurden um ein Drittel gekürzt und mit Piloten am gekürzten Ende massiv abgestützt. Dadurch konnte ein S-förmiger und rampenähnlicher

*with a robust material. After many years in use, tips of wires can become rusty and are therefore dangerous for persons and animals staying close because they could cause injury. These gabion sills are not to be used in areas close to children's playgrounds, game runways or where fishermen frequently pass. For safety- and esthetical reasons, these gabion sills do have a timber form.*

## The Vegetated Check Dam Ramp/ Ground Ramp

*This type of torrent defence construction was taken into the project because there were crossbars from a shut down water diversion in the construction area. The old crossbars were cut by one third and supported by pilots on this cut end in order to make a fish passage for juvenile trouts and bullheads possible again. An S-shaped ramp-like outfall was built, without changing the gradient and therefore enabled the willing juvenile trouts to migrate upstream. Bullheads will probably migrate upstream as well, if the water is diverted right.*

*The S-shaped positioning of several sequentially put transversal instream structures is a low-cost and natural solution as on short stretches it loosens the monotonousness of the water to a great extent by increasing the variance of the current and of the width.*

*When building this construction, it is important to protect the shortened crossbars with pilots on the ends very well and put them in several layers, otherwise they could easily become eroded or hollowed out. Big rip-raps can be used as protection. At new constructions of vegetated check dams or ground ramps these crossbeams, which do not run through, should be inclined towards the middle of the stream.*

## The Ecological Rip-Rap Ramp

*On the one hand it is necessary to have experience in building the ecological rip-rap ramp, but on the other hand it is a low-cost*

Abfluss ohne Gefällsbruch erzielt werden, der für aufstiegswillige juvenile Forellen kein Migrationshindernis mehr darstellt, Koppen können bei günstiger Wasserführung vermutlich ebenfalls aufwärts wandern.

Diese S-förmige Auflösung von mehreren aneinandergereihten Querwerken bietet sich als kostengünstige und naturnahe Lösung an, da sie durch Erhöhen der Strömungs- und Breitenvarianz auf kurze Abschnitte die Gewässermonotonie stark auflockert.

Zu beachten ist bei dieser Ausführung, dass die gekürzten Querhölzer an ihrem Ende durch Piloten sehr gut abzusichern und mehrlagig auszuführen sind, da sie andernfalls leicht unterkolkt bzw. unterronnen werden. Zur Absicherung können noch große Wurfsteine verwendet werden. Die nicht durchlaufenden Querbäume sollten bei Neubauten leicht deklinant und zur Gewässermittle leicht fallend eingebaut werden.

### Ökologische Grobsteinschwelle

Diese Bautype benötigt Erfahrung, ist aber mit großem und kantigem Steinmaterial sehr kostengünstig herzustellen. Die Steinlänge sollte nicht unter der 1,5-fachen Breite liegen; 2-fache Breite erhöht die Stabilität des Querwerkes, da bei gewölbeartiger Verlegung bachaufwärts das Herausschieben einzelner Blöcke erschwert und die Stützwirkung deutlich vergrößert wird. Für Grobsteinschwellen sollte diese gewölbeartige Herstellung eine Selbstverständlichkeit sein, da neben der dadurch wesentlich höheren Lebensdauer bei fast gleichen Kosten eine stabile Niederwasserrinne durch Ausmulden hergestellt werden kann, die eine ausreichende Tiefe für die Fischmigration aufweist (Abb. 1). Um die Lebensdauer noch weiter zu erhöhen, sollte die Schwelle zweifach verlegt werden, wobei aus Gründen der Stabilität und der Passierbarkeit die Fugen zwischen den einzelnen Blöcken abgesetzt sein sollten. Durch die vorgeschlagene Ausführung kann das Einfügen dieses Bauwerks in das Gewässer sehr naturnahe gestaltet werden. In Gewässern mit Äschen- oder Koppenpopulationen besteht zusätzlich die Möglichkeit durch seitliche

*possibility to build this torrent defence construction because sharp edged large stones can be used. The lengths of the stones should not be less than 1,5 times the diameter of the stones. The double diameter increases the stability of the torrent defence construction because at arched vault constructions upstream it is impeded that single blocks get out of place as they support each other. Therefore it is self-evident that rip-rap ramps should be built according to the construction of a vault. At nearly remaining costs the service life is essentially longer and a stable low flow channel can be built by creating a basin which is deep enough for the migration of fish (Fig. 1). In order to even prolong the service life, the sill should be put in twice, but for reasons of stability and the possibility to traverse, the gaps between the single blocks should be offset. The installation of this ramp can take place naturally when considering the above given advice. As far as streams that show an occurrence of graylings or bull-heads are concerned, additional mini-ramps on the side can be built in, in order to improve the upstream migration (picture 3).*

*The ecological rip-rap ramp is frequently used as final construction of a longer embankment.*

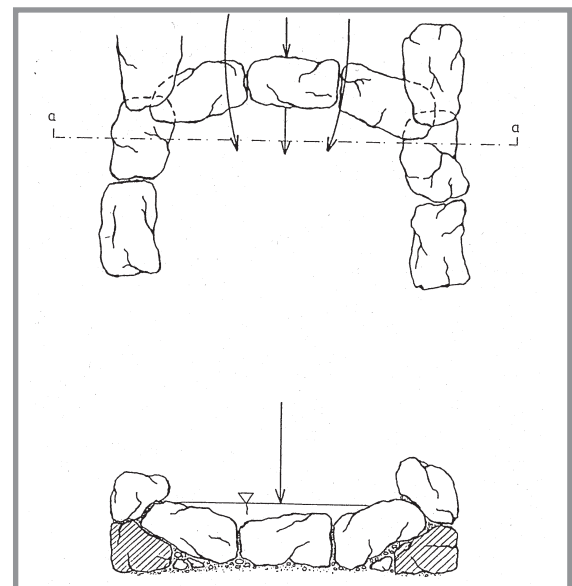


Abb. 1: Ökologische Grobsteinschwelle; Grundriss (oben) und Querprofil (unten)

*Fig. 1: Ecological rip-rap ramp; ground plan (above) and cross-section (below)*

Minirampen für diese Fischarten den Aufstieg zu verbessern (Foto 3).

Die ökologische Grobsteinschwelle dient meist als stabiles Abschlussbauwerk einer längeren Uferverbauung.

## Methodik der biologischen Untersuchungen

Die Lage des Untersuchungsgebietes ist Abbildung 2 zu entnehmen.

Die Untersuchung gliedert sich in die Erfassung der Besiedlung der Gewässersohle und der Migration von Benthosorganismen

1. des naturbelassenen Soisgrabenbaches flussauf der Schwellen (Foto 4)
2. an der Kaskadenschwelle (Foto 5)
3. an einer Holzschwelle (Foto 6) vor Durchführung der Bauarbeiten im März 2001 (Teil A) und
4. des naturbelassenen Soisgrabenbaches flussauf der Schwellen
5. an der Rampe (aufgelöste Kaskadenschwelle, Foto 7)
6. an der Pfahlschwelle (Foto 8)
7. an der ökologischen Steinkastenschwelle
8. an der Holzschwelle mit Drahtschotterkörper (Foto 9) sowie
9. an der Grobsteinschwelle nach Beendigung der Bauarbeiten im Jänner/Februar 2002 (Teil B)

An den Untersuchungsstellen werden je 2 Netz-Kolonisationssampler (OFENBÖCK & MOOG, 2001) mit einem Auflagequerschnitt von je 0,04 m<sup>2</sup> ausgebracht. Die Füllung des Netzzylinders (100 µm Maschenweite) erfolgt mit geschlämmtem Originalsubstrat aus dem Bachbett (Foto 10). Die Sampler werden zur Erfassung der Interstitialwanderung bis zur Sedimentoberkante ins Bachbett eingegraben

## Methods of the Biological Investigation

See Figure 2 for the investigation area.

The investigation is divided into the registration of the colonization of the river bottom and the migration of benthic organisms at the following sites

1. the natural stream Soisgrabenbach upstream the sills (picture 4)
2. the vegetated check dam (picture 5)
3. a wooden sill (picture 6) before the construction work was carried out in March 2001 (part A)
4. the natural stream Soisgrabenbach upstream the sills
5. the ramp (vegetated check dam ramp, picture 7)
6. the wooden pile sill (picture 8)
7. the ecological wooden crib dam
8. the gabion sill with timber form (picture 9)
9. the rip-rap ramp after having finished the construction work in January/February 2002 (part B)

At every investigation area 2 net - sampling

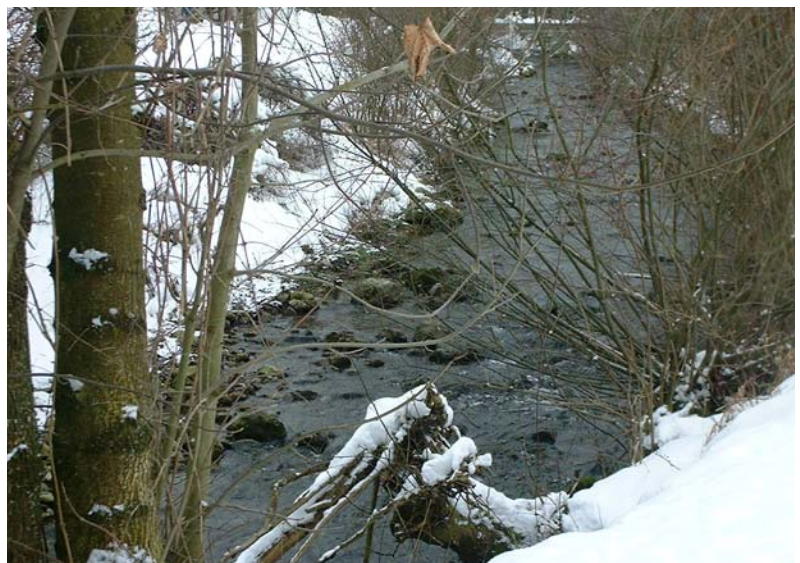


Foto 4: Naturnahe Strecke (Untersuchungsstelle 1 bzw. 4)  
Picture 4: natural stretch (investigation areas 1 and 4)

(Foto 12). Ein grobmaschiges Schutznetz verhindert den Verlust von Sediment während der Manipulation beim Ausbringen

Foto 5:  
Kaskadenschwelle  
vor Umbau (Unter-  
suchungsstelle 2)  
Picture 5:  
vegetated check dam  
before reconstruction  
started (investigation  
area 2)



und Entnehmen der Proben (Foto 11). Die Öffnung wird einmal in Fließrichtung und einmal gegen die Fließrichtung gerichtet. Die Expositionszeit beträgt 4 bis 5 Wochen.



Foto 6: Holzschwelle vor Umbau (Untersuchungsstelle 3)  
Picture 6: wooden sill before reconstruction started (investigation area 3)

Die Entnahme der Referenzproben erfolgt jeweils zu Beginn und nach Abschluss der Kolonisationsversuche oberhalb und unter-

units (OFENBÖCK & MOOG, 2001) were exposed on a sampling area of  $0,04\text{m}^2$  each. The net was filled with sorted, clean substratum from the local stream bed (picture 10). The sampling units were dug into the ground of the stream bottom up to the surface of the sediment (picture 12) in order to register the migration in the interstices. The material to be colonised was kept in a coarse net, the lower part of the sampler was covered with a  $100\ \mu\text{m}$  net to prevent the loss of sediment during taking out the samples (picture 11). The opening has alternately been adjusted towards and against the current for a period of 4 to 5 weeks to have an idea about the direction of benthic invertebrate migration.

At the beginning as well as at the end of that period of exposition, samples were taken underneath and above the areas where a colonization should have taken place. This has been carried out with the Hess sampler ( $0,04\text{m}^2$ ,  $100\ \mu\text{m}$  mesh size). In March 2001 (part A of the investigation), 8 sediment samples and 6 colonization samples were taken. In winter 2002 (part B of the investigation) 14 samples were taken using the Hess sampler. 12 colonization samplers were exposed, whereas 2 were exposed at each sampling site and 2 behind each transversal instream structure.

### The Results of the Biological Investigation

Above all, the seasons in which the samples were taken, were important for the evaluation of the macroinvertebrate community composition in the stream Soisgrabenbach (Fig. 3). Among others, the discharge system, the temperature as well as the development of the algae seem to be the main predictors of the development of the benthic invertebrates throughout the year. As expected, the benthic communities of the sediment samples differs noticeable from those of the colonization samplers, where the benthic fauna on the surface is not or only partly registered. The structural changes in and along the stream only subsequently classify the variability of the



halb der Kolonisations-sampler (semi?) quantitativ mittels Heiß-Sampler (0,04 m<sup>2</sup>, 100 µm Maschenweite).

Im März 2001 (Untersuchung Teil A) werden 8 Substratproben und 6 Kolonisationsproben entnommen. Im Winter 2002 (Untersuchung Teil B) erfolgt die Entnahme von 14 Proben mit dem Heiß-Sampler. 12 Kolonisations-sampler werden ausgebracht: Je zwei davon an der Referenzstelle und hinter den Querwerken.

### Ergebnisse der biologischen Untersuchungen

Die Zusammensetzung der Makrozoobenthosgemeinschaften des Soisgrabenbaches wird in erster Linie von der Jahreszeit der Aufsammlung bestimmt (Abb. 3). Abflussregime, Temperatur und Algenentwicklung bestimmen u. a. die Artenzusammensetzung und Biomasseentwicklung des Makrozoobenthos im Jahresverlauf. Die Besiedlung der Substratproben unterscheidet sich erwartungsgemäß deutlich von jener der Kolonisations-Sampler, bei denen die Oberflächenfauna nicht - oder nur sehr eingeschränkt - miterfasst wird. Die flussbaulichen Veränderungen bestimmen erst in weiterer Folge die Variabilität der vorgefundenen Besiedlung. Diesen Faktoren gegenüber sind Unterschiede der Auf- und Abwärtswanderung von nachrangiger Bedeutung.

Rheobionte, am Substrat fixierte Bewohner der Steinoberflächen (Simuliidae, Blephariceridae) zeigen keinerlei oder nur eingeschränkte Wanderungsaktivitäten im Interstitial. Auch Strudelwürmer (Turbellaria), netzbauende Köcherfliegen (Hydropsyche spp.) und strömungsangepasste Eintagsfliegen (Heptageniidae) treten nur vereinzelt in den Besiedlungsproben auf (Abb. 4 und 5). Weitere Formen werden insgesamt nur in Einzelexemplaren nachgewiesen, sodass aufgrund mangelnder Konstanz in den Proben keine Aussage über deren Migrationsverhalten getroffen werden kann. Dazu gehören: Flohkrebse (Gammaridae), Muscheln (Bivalvia),

found colonization. Differences concerning the upstream and downstream migration are of secondary importance compared to the above mentioned factors.



Foto 7: Rampe nach Umbau in eine aufgelöste Kaskadenschwelle (Untersuchungsstelle 5)

Picture 7: ramp after reconstruction into a vegetated check dam ramp had taken place (investigation area 5)

*Rheobiontics, organisms (insects) living on the surface of stones, fixed to the substratum (black flies, Blephariceridae) show no or only restricted migration in the interstices. Acoel flatworms (Turbellaria), net-building caddis flies (Hydropsyche spp.) and mayflies (Heptageniidae), which are adapted to the current, occurred only sporadic in the colonization samples (Fig. 4 and 5). Other kinds can*

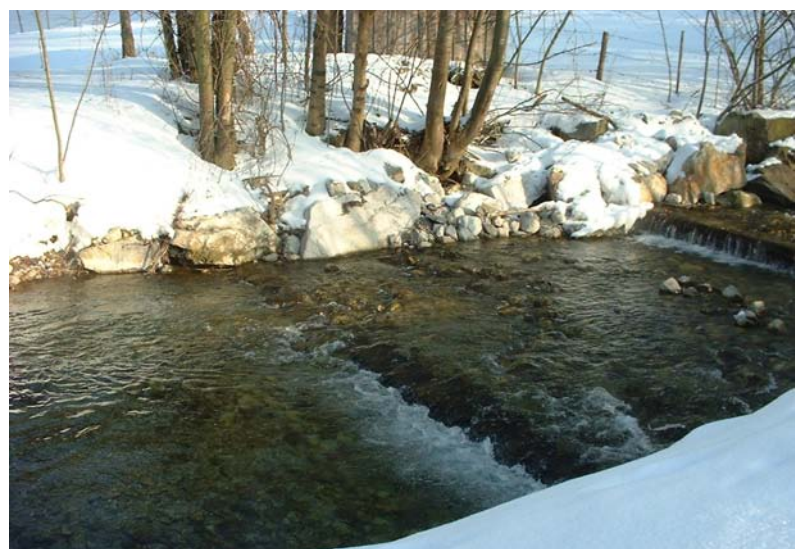


Foto 8: Pfahlschwelle (Untersuchungsstelle 6)

Picture 8: wooden pile sill (investigation area 6)

und Köcherfliegen der Familien Goeridae, Philopotamidae und Psychomyidae.



Foto 9: Ökologische Steinkastenschwelle (Untersuchungsstelle 7), Probeentnahme mit dem Heß-Sampler

Picture 9: ecological wooden crib dam (investigation area 7), takings of samples using the Hess sampler

Unter den verbleibenden Großgruppen zeichnen sich vor allem die Eintagsfliegen der Familie Leptophlebiidae durch überproportional hohe Wanderungsaktivitäten aus. Würmer (Oligochaeta), Steinfliegen (Plecoptera) und Zuckmücken (Chironomidae) treten in Substrat- und Besiedlungsproben gleichermaßen häufig auf.

Bei anderen Gruppen, wie den Eintagsfliegen der Familie Baetidae und den Kriebelmücken (Simuliidae) überwiegt die Abwärtswanderung deutlich. Aufgrund



Foto 10: geschlammtes Substrat wird in Netzzylinder gefüllt

Picture 10: sorting and sieving of the samples

only be shown as unique specimen, therefore, as to lacking constancy of the samples, no statement on the behaviour concerning their migration can be given. Scuds (Gammaridae), mussels and clams (Bivalvia) and caddis flies of the families of Goeridae, Philopotamidae and Psychomyidae belong to the above mentioned kinds.

Among the remaining benthic invertebrates, above all, the mayflies of the family of Leptophlebiidae show a superproportionally high migration. Worms (Oligochaeta), stone flies (Plecoptera) and non-biting midges (Chironomidae) occur equally in substratum and colonization samples.

As far as other groups are concerned, like the mayflies of the family of Baetidae and the black fly larvae (Simuliidae), the downstream migration predominates clearly. The animals show a habit where it is likely that they seep into the ground instead of migrating actively in the interstice.

The results of the investigations carried out in March 2001 show that the benthic macroinvertebrates have had a reduced migration activity in the interstice around the transversal instream structures, like the ramp or the wooden sill, before reconstruction. Compared to the morphologically natural reference condition, a small number of taxonomic units has been registered in the individual samples and changes have been noticed as far as the species abundance and composition is concerned. (Fig. 6). The composition of the fauna in the colonization samples, especially at the ramp, shows a noticeable species composition. Some taxonomic units, like water snails and limpets or adult riffle beetles, are missing or show only low abundances, like Leptophlebiidae, case carrying caddis flies, Diptera, excl. Chironomidae (non biting midges). At the wooden sill, which is pervious underneath, the upstream migration of the case carrying caddis flies and the Diptera is very limited. The fact that the specimen of the gravel dwelling family Leptophlebiidae occur in similar abundances upstream (reference site) and downstream the transversal instream structure gives evidence that the interstices are

der Lebensweise der Tiere liegt ein (passives) Eindriften nahe, weniger die aktive Wanderung im Interstitial.

Die Ergebnisse der Makrozoobenthosuntersuchungen vom März 2001 weisen auf Beeinträchtigungen der Interstitialwanderungen im Bereich der Querwerke (Rampe, Holzschwelle) vor Umbau hin: Im Vergleich zur morphologisch naturnahen Referenzsituation werden geringere Großgruppenzahlen in den Einzelproben sowie Veränderungen in der Dominanzstruktur festgestellt (Abb. 6). Die Faunenzusammensetzung der Kolonisationsproben zeigt vor allem an der Rampe eine auffällige Dominanzstruktur, einige Großgruppen fehlen (Schnecken, adulte Hakenkäfer) oder weisen nur geringe Abundanzen auf (Leptophlebiidae, köchertragende Trichoptera, Diptera exkl. Chironomidae). An der - nach unten durchlässigen - Holzschwelle ist die Aufwärtswanderung der köchertragenden Trichoptera und Diptera zumindest stark behindert. Der Referenzstelle vergleichbar hohe Abundanzen der Leptophlebiidae indizieren jedoch eine intakte Interstitialverbindung.

Nach Umbau der Rampe in eine Kaskadenschwelle wird im Jänner/Februar 2002 keine quantitative Beeinträchtigung der Aufwärtswanderung der zuvor beeinträchtigten Leptophlebiidae und Köcherfliegen festgestellt. Allerdings weist eine auffallende Zunahme der Gesamtindividuen-dichte sowie das vermehrte Auftreten rheophiler Organismen in der flussauf gerichteten Besiedlungsprobe auf die gegenüber der Referenzstelle veränderten Strömungsbedingungen und infolgedessen stärkere Abdrift makrozoobenthischer Formen hin.

An der Pfahlschwelle ist die Aufwärtswanderung deutlich eingeschränkt.

Aus hydrobiologischer Sicht günstige Bauweisen stellen die ökologische Steinkastenschwelle und der Drahtschotterkorb dar. An beiden Querwerken besiedeln ähnliche Makrozoobenthosgemeinschaften die Kolonisationsproben wie an der Referenzstelle (Abb. 7).

*intact and enable migration activities.*

*After having reconstructed the ramp into a vegetated check dam in January/February 2002 there has not been registered a quantitative reduction concerning the upstream migration of the Leptophlebiidae and the case carrying caddis flies which had had difficulties in migrating before.*



Foto 11: gefüllte Kolonisations-Sampler mit Schutznetz

Picture 11: filled colonization samplers with protecting net

*A noticeable increase in the density of all individuals as well as an increased occurrence of rheophilic organisms in the colonization sampler set upstream show the difference*



Foto 12: Ausbringen der Kolonisations-Sampler

Picture 12: exposure of the colonization samplers

Neben der Faunenzusammensetzung und der absoluten Häufigkeit der Individuen zeichnet sich die mengenmäßige Differenz zwischen Auf- und Abwärtswanderung als brauchbarer Indikator für die ökologische Funktionsfähigkeit der Schwellen ab. An der Referenzstelle sind Auf- und Abwärtswanderung in etwa ausgeglichen. An den Schwellen überwiegt die Abwärtswanderung zum Teil bei weitem die aufwärts gerichtete Migration. Diese im Vergleich zur Referenz untypische Zunahme der Abwärtswanderung ist an der ökologischen Steinkastenschwelle am geringsten.

Die Grobsteinschwelle unterscheidet sich in mehrfacher Hinsicht von den anderen Untersuchungsstellen. Bei höheren Fließgeschwindigkeiten und größerem Substrat erreichen strömungsliebende Formen vergleichsweise hohe Anteile an der Individuen-dichte. Die relativen Anteile der Eintags- und Köcherfliegen nehmen sowohl in den Substratproben als auch in den Kolonisationsproben im Vergleich zu den Bachabschnitten oberhalb deutlich zu. Die

concerning the current conditions compared to the reference site and therefore a stronger drift of benthic macroinvertebrates.

At the wooden pile sill, the upstream migration is noticeably reduced. From the hydrobiological point of view, the best constructions would be the wooden crib dam and the gabion sill. At both transversal instream structures, similar benthic macroinvertebrate communities as at the reference site populate the colonization samples (Fig. 7).

In addition to the structure of the benthic fauna and the incidence of the individuals, also the quantitative difference between upstream and downstream migration becomes apparent as a useful indicator for the ecological functionality of the sills. At the reference site, the upstream and downstream migration is almost balanced. At the sills, the downstream migration is predominant. At the ecological wooden crib dam, this increase in downstream migration, which is unusual compared to the reference site, is the lowest.

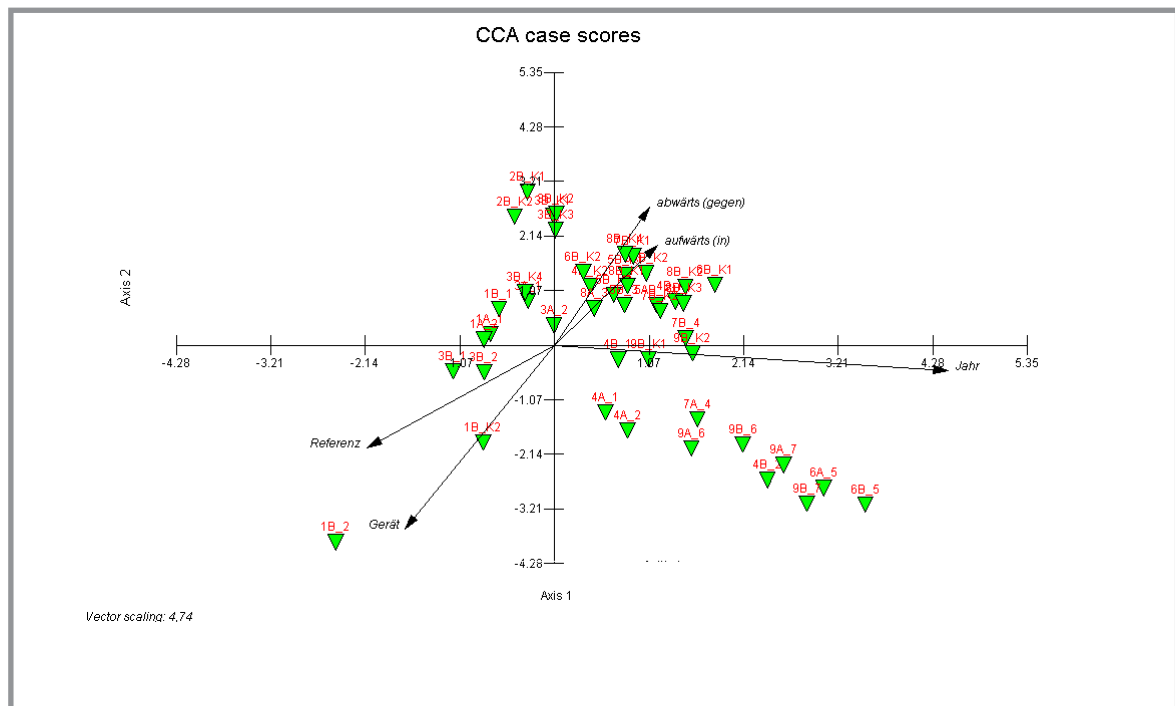


Abb. 3: Ähnlichkeit der Makrozoobenthosgemeinschaften der Einzelproben des Untersuchungsprogrammes in Abhängigkeit von Zeitraum der Probenentnahme, Entnahmergerät und flussbaulicher Veränderung der Untersuchungsstellen (die Länge der Pfeile ist proportional zur Stärke des Zusammenhanges Biozönose - Einflussgröße); Kanonische Korrespondenzanalyse, Soisgrabenbach März 2001 - Februar 2002.

Fig. 3: Similarities of benthic macroinvertebrate communities of individual samples of that investigation depending on takings of samples within certain periods of time and depending on the instruments used when taking samples as well as on structural changes in and along the stream on investigation sites (the length of the arrows is proportional to the intensity of the coherence between biocoenosis and influence); canonical correspondence analysis, Soisgrabenbach March 2001 - February 2002.

Besiedlungsproben zeigen an dieser Stelle die höchsten Taxazahlen im Längenschnitt. Aufgrund der Unterschiede natürlicher (Hydrologie) und anthropogener (Siedlungsgebiet, eingegengtes Bachbett) Einflussgrößen auf die Zönose bezüglich der Referenz kann die an der aufgelösten Grobsteinschwelle nachgewiesene Migration nicht anhand der Besiedlung der Referenzstelle bewertet werden. Die entnommenen Einzelproben geben jedoch keinen Hinweis auf eine Störung der Interstitialwanderung aufgrund der Bauweise der Schwelle.

*The rip-rap ramp differs from the other investigation sites in many aspects. At a higher current velocity and with rough substratum, these kinds which prefer the current, reach a comparatively high number of individuals. In comparison with the stretches upstream, the relative number of mayflies and caddis flies increases noticeably in the sediment samples as well as in the colonization samples. The colonization samples show the highest number of taxa in this area along the longitudinal profile of the investigated river section. Due to the differences of a natural (concerning the hydrology) and an anthropogenic (concerning the colonization area or a narrowed stream bed) impact on the coenosis concerning the reference, the migration, shown at the rip-rap ramp, can not be assessed from the colonization at the reference site. The taken individual samples, however, do not indicate any disturbances concerning the migration in the interstice due to the construction of the sill.*

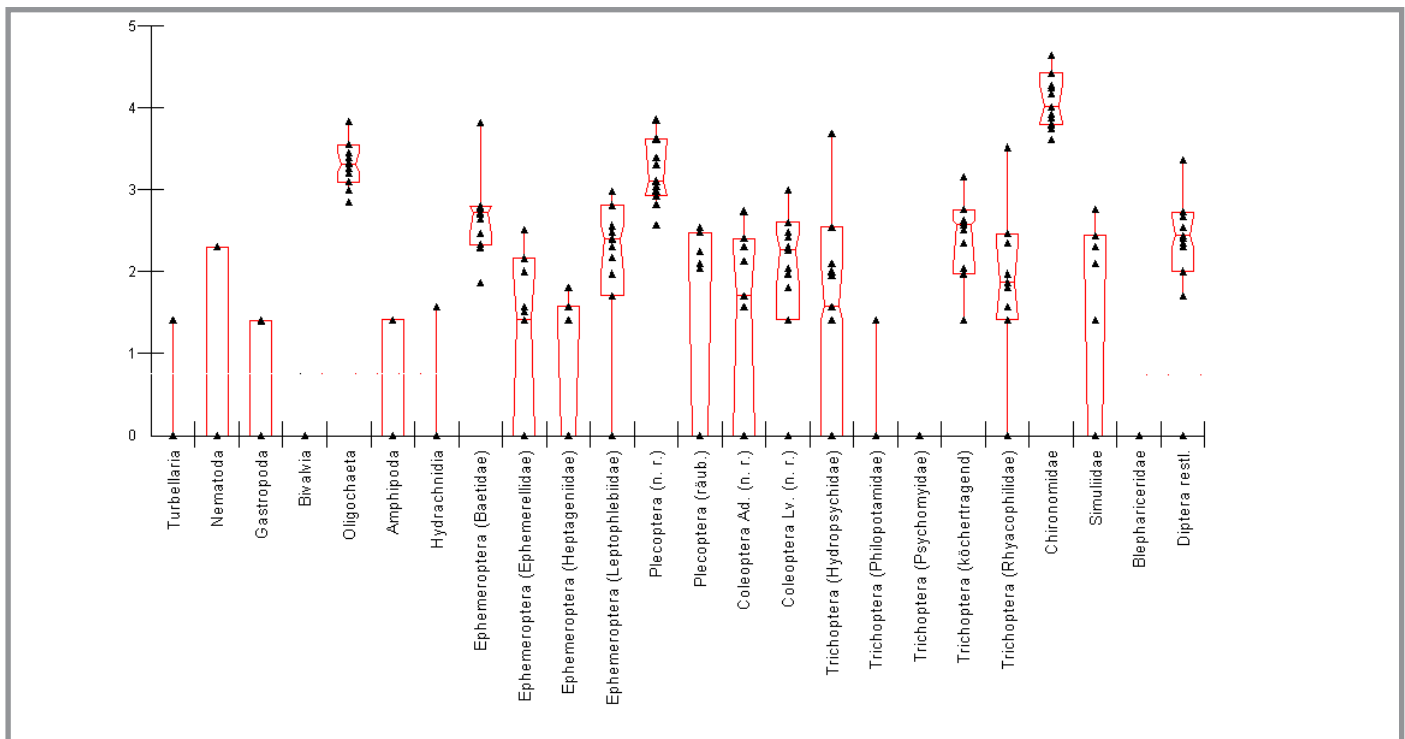


Abb. 4: Abwärtswanderung - Box-Plot Darstellung (Median, Quartile, Minimum, Maximum) der Abundanz der Großgruppen (logarithmierte Häufigkeiten) in den gegen die Fließrichtung ausgebrachten Kolonisationsproben, Soisgrabenbach 2001-2002.

*Fig. 4: Downstream migration - box and whisker plots (median, quartile, minimum, maximum) of the abundance of benthic invertebrates (natural occurrence) in those colonization samples, which were installed against the current, Soisgrabenbach 2001-2002.*

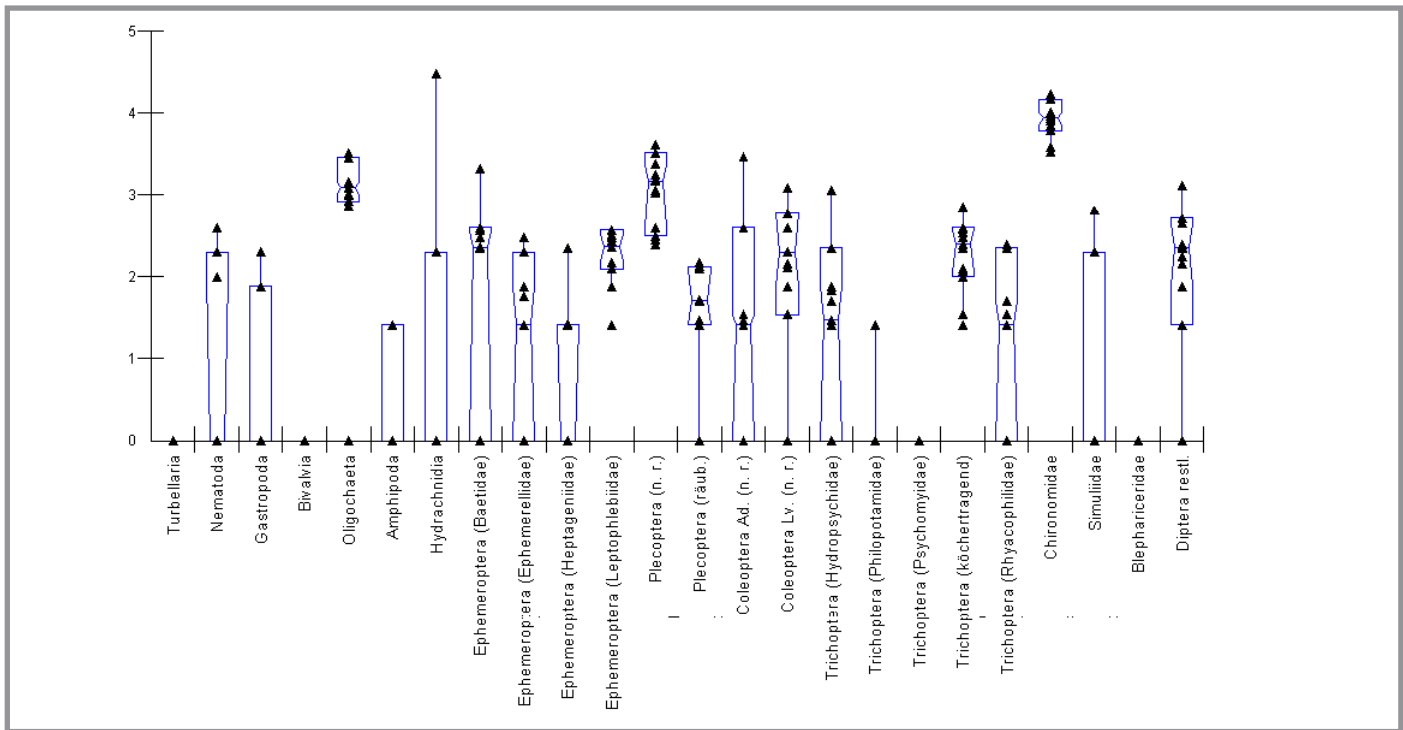


Abb. 5: Aufwärtswanderung - Box-Plot Darstellung (Median, Quartile, Minimum, Maximum) der Abundanz der Großgruppen (logarithmierte Häufigkeiten) in den in Fließrichtung ausgebrachten Kolonisationsproben, Soisgrabenbach 2001-2002

Fig. 5: Upstream migration - box and whisker plots (median, quartile, minimum, maximum) of the abundance of benthic invertebrates (natural occurrence) in those colonization samples, which were installed towards the current, Soisgrabenbach 2001-2002

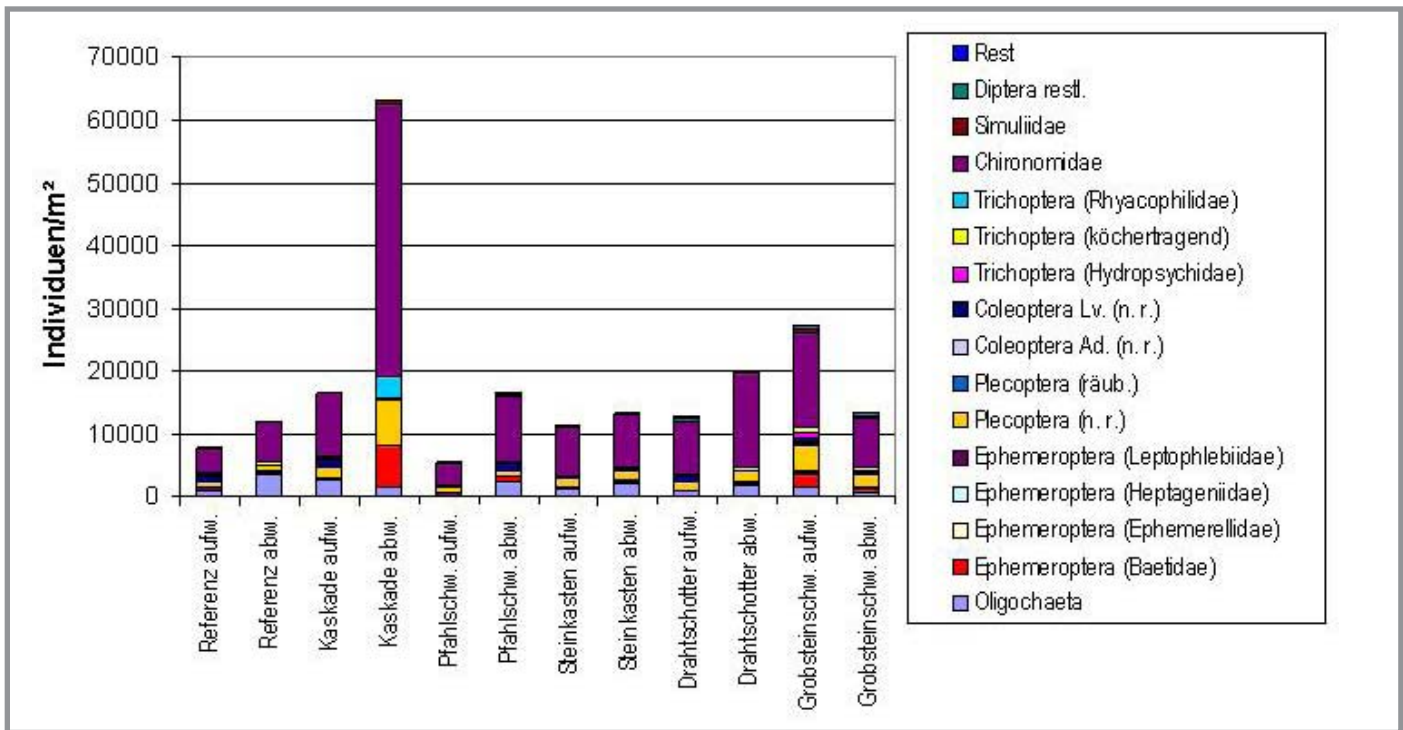


Abb. 6: Abundanzen der makrozoobenthischen Großgruppen in den Besiedlungsproben der Referenzstelle und an den Querbauwerken, Soisgrabenbach, Februar 2002

Fig. 6: Abundances of benthic macroinvertebrates in the colonization samples of the reference site and at the transversal instream structures, Soisgrabenbach, February 2002

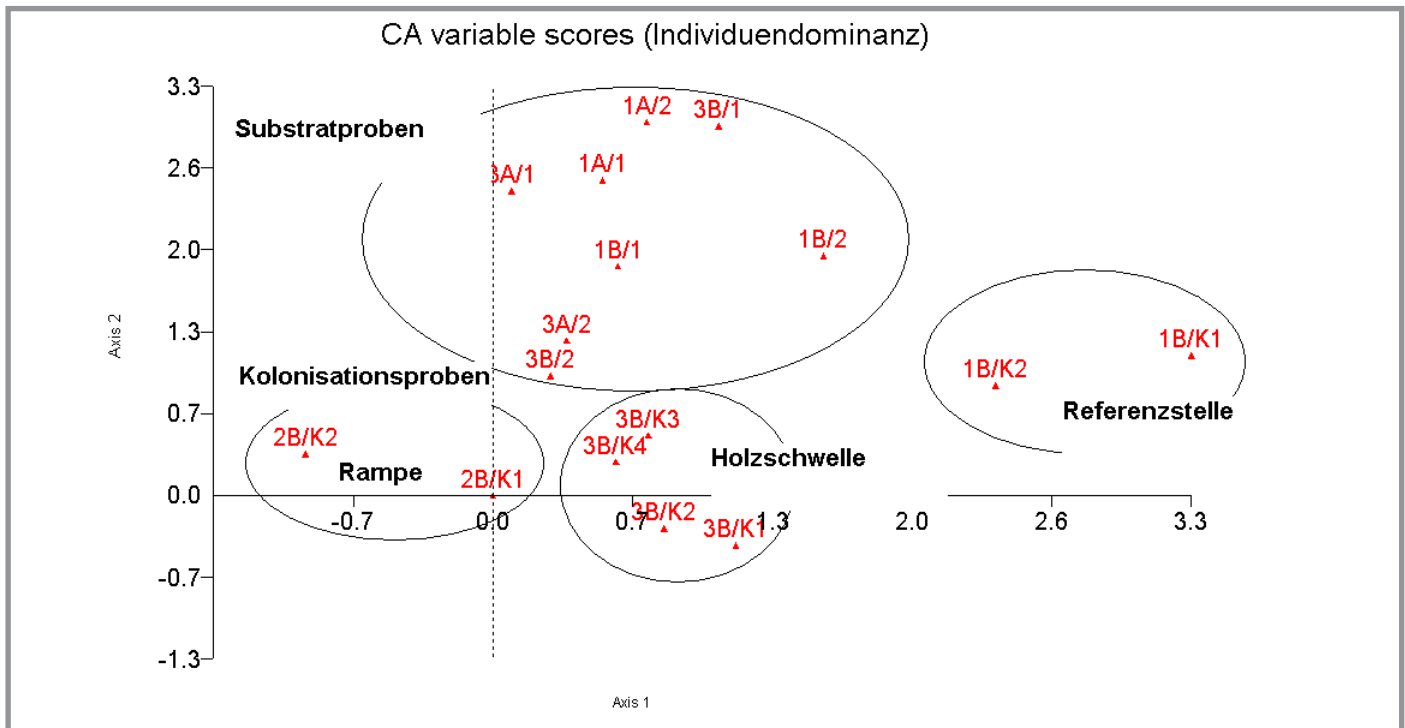


Abb. 7: Ähnlichkeit der Probenentnahmestellen auf Basis der Individuendominanz der Großgruppen, Korrespondenzanalyse, Soisgrabenbach, März 2001

Fig. 7: Similarities of the sites where the samples have been taken, based on the dominance of the individuals of taxonomic units, analysis at the stream Soisgrabenbach, March 2001

## Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Nach den Vorgaben der europäischen Wasserrahmenrichtlinie steht die moderne Wasserbauverwaltung vor der schwierigen Aufgabe sowohl den ökologisch orientierten Interessen an einer nachhaltigen Wasserbenutzung Rechnung zu tragen als auch der politischen Verantwortung für den Hochwasserschutz nachzukommen. In Zusammenhang mit der Umsetzung der Richtlinie wurden verschiedene Typen von Querbauwerken hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf das Wanderverhalten der Bodenfauna eines Fließgewässers der dritten Flußordnungszahl in den nördlichen Kalkvoralpen untersucht. Mit dem Ziel jene Bauweisen zu identifizieren, die nur eine geringe Beeinträchtigung der Gewässerfauna, insbesondere der Wanderaktivitäten, zur Folge haben, wurden insgesamt sieben Querwerke verglichen: Holzschwelle, Kaskadenschwelle, ökologische Steinkastenschwelle, Pfahlschwelle/Pilotenschwelle,

## Summary and conclusion

Under the auspices of the European Water Framework Directive, the modern water management has to bridge the gap between the ecologically oriented needs of a sustainable water use and the political responsibility of flood protection and torrent defence. Within the context of implementing the directive, the effect of different types of transversal instream torrent defence constructions on the benthic invertebrate community of a third order stream in the Austrian Limestone Foothills was investigated. The aim of the study was to identify those torrent control constructions which have the least impact on the aquatic biota with special emphasis on the migratory activities. In total, seven transversal instream constructions were investigated: the vegetated check dam; a wooden sill; a vegetated check dam ramp; a wooden pile sill; an ecological wooden crib dam; a gabion sill with timber form; and a rip-rap ramp.

Drahtschotterschwelle mit Holzverkleidung, aufgelöste Kaskadenschwelle/S-Rampe und ökologische Grobsteinschwelle.

In Bezug auf Zusammensetzung und Wanderaktivität der Bodenfauna stellen mit Holz verkleidete Drahtschotterkörbe und ökologische Steinkastenschwellen, mit Einschränkungen auch die ökologischen Grobsteinschwellen, keine erheblichen Eingriffe dar. Hinsichtlich der Fischfauna ist jedoch auch die erhöhte Verletzungsgefahr durch verrostende Drahtkörbe in der ökologischen Bewertung zu berücksichtigen.

*Based on the composition and migration activity of the benthic invertebrate fauna, the ecological wooden crib dam, the gabion sill, and to a lesser extent the ecological rip-rap ramp can be regarded as torrent defence constructions which are not harmful to the environment. From the ecological point of view, the gabion sill is dangerous for the fish population as the rusty tips of wires can cause injury.*

## Literatur - References

**Hütte, M. (2000):** Ökologie und Wasserbau: ökologische Grundlagen von Gewässerverbauung und Wasserkraftnutzung. Parey-Buchverlag im Blackwell-Wissenschafts-Verlag Berlin: 280 pp.

**Koller-Kreimel, V. (2000):** Guter Zustand - Oberflächengewässer: Fließgewässertypisierung.- Die EU-Wasserrahmenrichtlinie.- Schriftenreihe des Österreichischen Wasser- und Abfallwirtschaftsverbandes, Heft 139: 39-52.

**Merwald, I. E. (1994):** Leitfaden für einen ökologischen Schutzwasserbau und die Kriterien für die ökologische Bewertung von Schutzwasserbauten. FRV 1, Krems/Donau, Band 1, 138 S.

**Moog, O., Schmidt-Kloiber, A., Ofenböck, T. & Gerritsen, J. (2001):** Aquatische Ökoregionen und Bioregionen Österreichs - eine Gliederung nach geökologischen Milieufaktoren und

Makrozoobenthos-Zönosen. Wasserwirtschaftskataster, BM für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft

**Ofenböck, G. & O. Moog (2001):** Danube-Net-Basket-Sampler - a cheap but effective method for sampling benthic invertebrates in large rivers.- Verh. internat. Verein. Limnol. Nr. 27: 3959-3965

**Rat der Europäischen Union (2000):** Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. Brüssel, ABL 327 vom 22. Dezember 2000.

**Stalzer W. (2000):** Die EU-Wasserrahmenrichtlinie. Schriftenreihe des Österreichischen Wasser- und Abfallwirtschaftsverbandes, Heft 139: 7-15.





