

# Renaturierung und Revitalisierung alpiner Fließgewässer

Von *Johann Karl*

Nahezu alle Flüsse des Alpeninneren und der Alpenvorländer sind innerhalb des letzten Jahrhunderts vom Menschen stark verändert worden. Schutzbauten gegen Hochwasser, Begradigungen zur Gewinnung von Siedlungs- und Kulturland, Seitenkanäle und Flußkraftwerke mit Stauseen zur Gewinnung elektrischer Energie zerstörten die ursprünglichen natürlichen und naturnahen Flüsse und Auenlandschaften.

Die Erkenntnisse über die Bedeutung dieser Fließgewässer für die alpinen und voralpinen Großökosysteme fordern ihre Rückführung und Entwicklung in umweltverträglichere Zustände. Dies scheitert jedoch vielfach aus flußmorphologischen, aus technischen und sozioökonomischen Gründen. Die Flüsse haben sich als Folge der Eingriffe vielfach in nicht umkehrbare Formen gewandelt, die Tallandschaften sind zu Siedlungs- und Wirtschaftsräumen umgestaltet, die in den dicht besiedelten Kultur- und Zivilisationslandschaften unserer Zeit unverzichtbar sind.

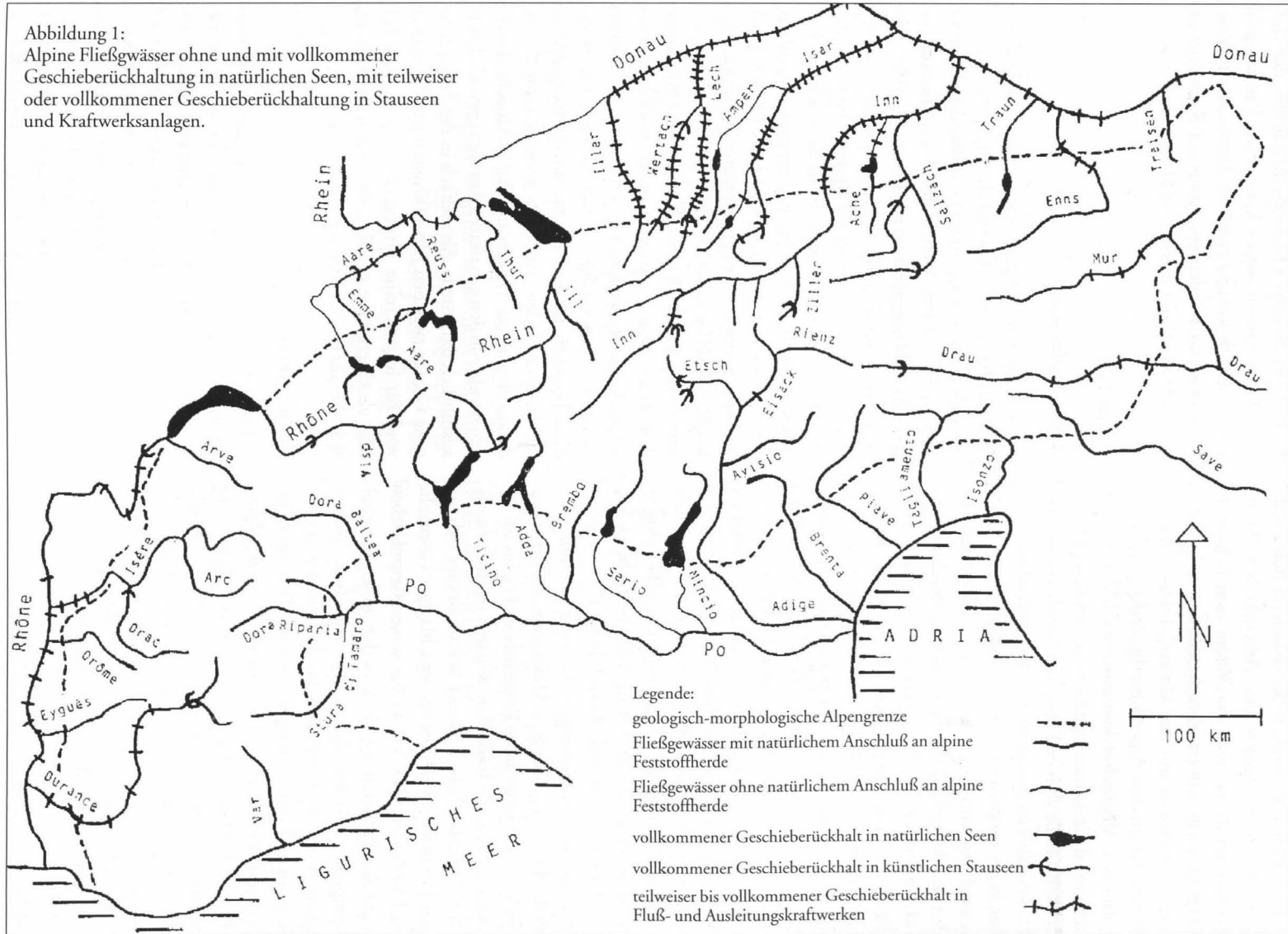
In Stauhaltungen bietet der Umbau zu naturnahen Flußstrecken, hier Revitalisierung genannt, zwar für

ehemals alpin geformte Flüsse untypische, ökologisch jedoch befriedigende Ersatzlebensräume.

Die Wildbäche sind sehr viel differenzierter als die Flüsse zu betrachten. Bei ihnen sind fallweise Revitalisierungen wie Renaturierungen denkbar. Derartige Maßnahmen sind jedoch wegen der vielfachen Vernetzungen der Bäche in den alpinen Ökosystemen und wegen der zu Katastrophen neigenden Gefährlichkeit für menschliche Lebensräume nur in Sonderfällen durchführbar.

Um einen Überblick über die wünschenswerten und realisierbaren Maßnahmen für Erhalt und ökologische Aufwertung alpiner Fließgewässer zu gewinnen, ist eine alpenweit vergleichbare Bestandsaufnahme notwendig. Die Alpenkonvention könnte dazu einen geeigneten Rahmen bieten. Die im Folgenden angesprochenen Lösungsmöglichkeiten sind als Anregungen zu verstehen, tiefer in die ebenso vielgestaltige wie komplexe Materie „Alpine Fließgewässer“ einzudringen und so an der Erhaltung der Alpen mitzuwirken.

Abbildung 1:  
Alpine Fließgewässer ohne und mit vollkommener  
Geschieberückhaltung in natürlichen Seen, mit teilweiser  
oder vollkommener Geschieberückhaltung in Stauseen  
oder Kraftwerksanlagen.



Die naturschützerischen Aktivitäten zur Rettung der Isar, die Bemühungen des Arbeitskreises Tiroler Lechtal, an denen auch der Verein zum Schutz der Bergwelt nicht unwesentlich beteiligt ist (31) (32) \*, haben zusammen mit den Untersuchungen über die letzten naturnahen Alpenflüsse im Auftrag der Internationalen Alpenschutzkommission CIPRA (12) wieder einmal die Aufmerksamkeit einer größeren Öffentlichkeit auf die alpinen Flüsse und Wildbäche gelenkt. Daß es dabei nicht nur um eine Bestandsaufnahme gehen kann, sondern vielmehr um die Schaffung und Bereitstellung von Grundlagen für Forderungen, wie dem aus der Sicht des Natur- und Umweltschutzes unbefriedigenden bis beklagenswerten Zustand vieler dieser Gewässer abgeholfen werden kann, ist eine Selbstverständlichkeit. Die nur teilweise Bereitschaft der „Gegenseite“, sprich der Wasserbau- und Forstingenieure, der Kraftwerksbetreiber, der Siedlungsplaner und der in den Alpen ansässigen Bevölkerung hängt nicht zuletzt mit „Sprachschwierigkeiten“ zusammen, die in idealistisch-utopischen Vorstellungen ebenso begründet sind, wie im Beharren in konservativen, an Gewinnmaximierung orientierten Gedankengängen. Selbst wenn wir diesen vorwiegend einseitig befrachteten Standpunkten eine beträchtliche Portion guten Willens zum gegenseitigen Verständnis zubilligen, bleibt doch ein großer Rest Mißtrauens auf der einen, der Vorwurf mangelnden Realitätsbewußtseins auf der anderen Seite, die beide ihre Wurzeln meist in fachlichen Defiziten haben. Dieser Schluß drängt sich aus den Erfahrungen zahlreicher einschlägiger Gespräche und Verhandlungen auf. Er hat seinen Grund neben mentalen Barrieren vor allem in den außerordentlich komplexen ökologischen, hydrologischen, technischen, sozio-ökonomischen Strukturen des alpinen Raumes und seiner Fließgewässer (20). Wie bereits bei der wertfreien Betrachtung unserer „Umwelt Alpen“ (18) im Jahrbuch 1993 des Vereins zum Schutz der Bergwelt deutlich wurde, ist es ein nahezu unmögliches Unterfangen, die hier gehäuften komplexen Systeme und Vernetzungen in einiger Kürze, das heißt, für den ohnehin mit einer unüberschaubaren Flut bedruckten Papiers überschwemmten Zeitgenossen, in vertretbarer fachlicher Breite darzustellen. Für den

\* Nummern im Schrifttum.

Einstieg der jeweiligen Kontrahenten in eine den alpinen Fließgewässern zugute kommende Partnerschaft mögen jedoch knappe fachliche Hinweise auf Möglichkeiten und Hinderungsgründe für Renaturierungen und Revitalisierungen dienlich sein.

## BEGRIFFE

### Alpine Fließgewässer

Unter alpinen Fließgewässern werden hier die Flüsse und Wildbäche des herkömmlich geographisch-geologisch abgegrenzten Alpenraumes verstanden. Daneben werden die in ihrem Abfluß- und Feststoffregime von den Alpen abhängigen bis stark beeinflussten Flüsse der Alpenvorländer als dealpine Flüsse bezeichnet (Abbildung 1). Die Abgrenzung der alpinen Flüsse von den Wildbächen ist schwierig, da beide zumindest in Teilbereichen ähnliche Formen und Eigenschaften aufweisen. Eine weitgehend auch in die DIN 19 663, Wildbachverbauung (10), aufgenommene Definition nach KARL, MANGELSDORF, SCHEURMANN (25) lautet: „Ein Wildbach ist ein Fließgewässer mit zumindest streckenweise starkem Gefälle, rasch und stark wechselnder Wasserführung und zeitweise starkem Feststoff-, insbesondere Geschiebetransport, wobei diese Feststoffe unmittelbar räumlich scharf begrenzten Feststoffherden (Anbrüchen) entstammen.“ Die daraus abgeleitete Typisierung der Wildbäche der Alpen wurde von den genannten Autoren entwickelt und ausführlich dargestellt. Als vielfach in der Praxis gezogene Grenze zwischen Alpenflüssen und Wildbächen wird für letztere eine Einzugsgebietsgröße von 100 km<sup>2</sup> als Obergrenze gewählt, die zwar willkürlich ist, sich aber für die Verwaltung bewährt hat.

### Renaturierung

Unter Renaturierung wird hier die Rückführung anthropogen veränderter Fließgewässer in ihren ursprünglichen, vom Menschen unbeeinflussten Zustand verstanden. Grundvoraussetzung dafür ist ein seit dem Ende der Würmvereisung vom Menschen nicht oder nur ganz marginal ge- oder benutztes Einzugsgebiet, eine Forderung, die in den seit der Jungsteinzeit besiedelten und spätestens seit dem Mittelalter großflächig in Kulturlandschaften umgewandelten

Tabelle 1:

Oberflächenabflüsse bei künstlichen Starkniederschlägen in montanen Wäldern, montanen, subalpinen und alpinen Rasengesellschaften. Die sehr geringen Bodenabträge sind vernachlässigt. Verändert nach (21).

Naturnahe montane Wälder

20 Versuche	Mittlerer Niederschlag	82.3 mm/h
	Mittlerer Oberflächenabfluß	0 mm

Naturferne Forste

16 Versuche	Mittlerer Niederschlag	93.8 mm/h
	Mittlerer Oberflächenabfluß	19.7 mm

Beweidete Wälder

3 Versuche	Mittlerer Niederschlag	89.0 mm/h
	Mittlerer Oberflächenabfluß	43.6 mm

Montane, subalpine, alpine Rasengesellschaften

36 Versuche	Mittlerer Niederschlag	80.4 mm/h
	Mittlerer Oberflächenabfluß	37.9 mm

Alpen nur in Teilbereichen erfüllt ist (2) (26). In den hier in erster Linie in Frage kommenden hochalpinen Fels- und Gletscherlandschaften ist dies heute dort in Frage gestellt, wo die Qualität der Grund- und Oberflächenwässer durch Gletscherskillauf, Massenbergsteigen, Gipfelstationen und -hotels in Frage gestellt ist. Auswirkungen der weltweiten Verunreinigung der Erdatmosphäre sind zu befürchten und trotz des Fehlens plausibler Witterungsprognosen ein weiterer Grund, den Begriff „Urnatur“ heute nicht mehr ohne den wirkenden Menschen zu sehen. Ein weiteres, nicht fachlich sondern allenfalls nach persönlichem Geschmack und Gusto zu lösendes Problem wirft die Tatsache auf, daß ganz massive Klimaänderungen der jüngsten Vergangenheit das Gesicht der Alpen und die Voraussetzungen für die Fließgewässer nicht unwesentlich verändert haben (23). Es sei an die Warmzeiten in der Jungsteinzeit, in der Bronze- und Römerzeit, im Mittelalter ebenso erinnert wie an die „Kleine Eiszeit“, deren Schlußphase im vorigen Jahrhundert in ihren Auswirkungen auf die Alpengletscher photographisch dokumentiert ist. Jüngste Untersuchungen zeigen, daß sich solche Veränderungen in Klima und Witterung nicht nur langsam in langen Zeiträumen vollzogen, sondern auch in wenigen Jahrzehnten abliefen. Aus all dem geht hervor, daß wohl nur der augenblick-

liche Zustand der Alpen als Maßstab seiner „Natürlichkeit“ gelten kann, und das ist für eine notwendigerweise langfristige Strategie bei der Renaturierung alpiner Fließgewässer zeitlich zu kurz gegriffen. Es bleibt damit nur der Ausweg, den Begriff „natur pur“ durch „naturnah“ zu ersetzen, der allerdings streng an derzeit intakten Ökosystemen zu messen ist. Die Maßstäbe dafür sind vor allem in der Vegetation zu suchen, die, wie noch zu zeigen ist, ein wesentlicher Faktor der Dynamik alpiner Fließgewässer ist (7) (19) (21) (Tabelle 1).

### Revitalisierung

Unter Revitalisierung wird hier der Umbau anthropogen veränderter alpiner und dealpiner Fließgewässer in einen naturnäheren Zustand verstanden, wenn aus gewässermorphologischen, wasserbaulichen, vegetationsmäßigen, sozio-ökonomischen Gründen eine Renaturierung nicht möglich ist. Dabei wird eine Gewässerform mit entsprechender Flora und Fauna angestrebt, die im ursprünglichen, bekannten oder gedanklich rekonstruierbaren Zustand des Gewässers nicht vorhanden war, jedoch im Vergleich zum jetzigen naturfernen Zustand wesentlich naturnäher ist. Erreicht wird dieses Ziel am ehesten dadurch, daß im Zuge von Baumaßnahmen naturnahe Standorte ge-



schaffen werden, die sich in freier Sukzession zu Biotopen entwickeln, die zwar dem Gewässer ursprünglich fehlten, an andersartigen Gewässern jedoch vorhanden sind und deshalb bis zu einem gewissen Grad vorausgesehen werden können. Dabei ist man allerdings vor Überraschungen nicht sicher, die nicht zuletzt aus unseren mangelhaften Kenntnissen über die Ursachen der Verbreitung von Organismen und ihrer Vernetzung in Lebensräumen resultierten (5).

## ALPINE UND DEALPINE FLÜSSE

Die Alpen werden von einer Vielzahl von Flüssen entwässert, von denen der Inn mit rund 300 km der längste ist. An die Drau mit etwa 220 km Länge schließt sich eine Reihe weiterer Flüsse an, die in den Alpen zwischen 100 und 150 km lang sind. Genannt seien Adda, Arc, Enns, Etsch, Isère, Rhein, Rhone, Salzach. In den Ostalpen weisen die alpinen Flüsse Längstäler auf, die häufig geologischen und tektonischen Grenzen folgen. Hier entwickelten sich nacheiszeitlich in breiten Talsohlen sogenannte Verzweigungsstrecken, in denen der Fluß zahlreiche, durch Kiesinseln getrennte Wasserläufe ausbildete, die sich bei Hochwasser immer wieder veränderten. Die mit der raschen nacheiszeitlichen Wiederbewaldung abnehmende Geschiebefracht der Flüsse und Wildbäche führte zur Eintiefung vieler Verzweigungsstrecken und dabei zur Entstehung zahlreicher Uferterrassen (29). Reicht die Talbreite für Verzweigungsstrecken nicht aus und fehlen die gesteinsmäßigen Voraussetzungen für Schlucht- oder Klammstrecken, dann entwickelten sich gestreckte Flußläufe. Talmäander, wie sie bei Mittelgebirgsflüssen, in Hügelländern auch bei dealpinen Flüssen häufig auftreten, fehlen im Alpeninneren vollkommen. In quer zu Gebirgszügen verlaufenden Strecken, sogenannten Durchbruchstälern entstanden vielfach enge Schluchten bis Klammern mit größerem Gefälle als in den Längstälern (25). Der geologisch komplizierte, von den Ostalpen abweichende Bau der Westalpen bedingt andere Fluß- und Talformen. Die Täler sind meist eng und V-förmig, sodaß sich Verzweigungsstrecken nicht entwickeln konnten. Stattdessen sind tief eingeschnittene Schluchten mit teilweise klammerartigem Charakter häufig. Eine Reihe von Alpenflüssen, mündet in den Alpen selbst oder am

Alpenrand in Seen, in denen sie ihre Feststoffe, Geschiebe und Schweb in Form von Deltas ablagern. Je nach Größe dieser Seen wird auch die Wasserführung des Flusses bei Hochwasser wie bei Niedrigwasser mehr oder weniger stark vergleichmäßig. Die alpinen Flüsse verlieren damit ihre alpinen Eigenschaften und werden zu reinen Flach- oder Hügellandflüssen. Zu nennen sind hier neben zahlreichen Flüssen im nordöstlichen Alpenvorland der Rhein nach dem Bodensee, sowie nahezu alle dem Po aus den Alpen zuströmenden Flüsse unterhalb von Turin; in den Inneralpen sind Aare und Reuß Beispiele für den Verlust alpiner Gewässereigenschaften in Seen.

## Der heutige Zustand der alpinen und dealpinen Flüsse

Die einst weit verbreiteten Verzweigungsstrecken sind in den letzten einhundert Jahren bis auf minimale Reste am oberen Lech, an der Isar und am Tagliamento verschwunden. An ihre Stelle sind Regulierungsstrecken mit Einheitsprofilen getreten, in denen die mittleren und niedrigen Abflüsse in einem geschlossenen Bett abgeführt werden. Die Hochwasser werden, soweit sie von diesem Bett nicht aufgenommen werden können, durch Deiche am Austreten in die vordem von der Verzweigungsstrecke eingenommenen Talaue gehindert. Dieser Zustand ist das Ergebnis flußbautechnischer Eingriffe zur Sicherung von Siedlungen und Verkehrswegen, aber auch zur Gewinnung land- und forstwirtschaftlich nutzbarer Flächen. Diese Entwicklung wurde als technisch-zivilisatorische, ja kulturelle Großtat gesehen und dies gilt mancherorts auch heute noch. Der Grund dafür ist im Bevölkerungswachstum im Europa des 19. Jahrhunderts und der damit einhergehenden Industrialisierung zu sehen. Die aus zivilisatorischer Sicht positiven Ergebnisse massiver technischer Eingriffe in Form, Abflußverhalten und Geschieberegime alpiner und dealpiner Flüsse zeigten jedoch recht bald auch nachteilige Wirkungen. Die zunächst erwünschte Eintiefung der Flußsohle nahm Dimensionen an, die eine ständige Nachbesserung der Uferbefestigungen erforderte, Brücken und andere Bauwerke gefährdete und zum Einsturz brachte und darüber hinaus die Grundwasserstände im Talraum absinken ließ. Der Grund dafür ist das Anwachs-

sen des Transportvermögens des Flusses für Geschiebe bei Hochwasser mit zunehmender Fließgeschwindigkeit und Wassertiefe als Folge des verkürzten Einheitsgerinnes und damit des stärkeren Gefälles. Dies führt zum Abtrag der Kiessohle des Flusses. Die Eintiefung erreicht dann dramatische Formen, wenn die im nördlichen Alpenvorland den Kies unterlagernden Flinzmergel des Tertiär freigelegt werden und sogenannte Sohldurchschläge eintreten. In der Isar entstand bei einem solchen Ereignis ein Kolk von 19 Metern Tiefe, in der Wertach ein solcher von 14 Metern, wobei zwei Brücken einstürzten. Diese unerwünschten Eintiefungen wurden zunächst mit starren Absturzbauwerken gemildert, die jedoch stark reparaturanfällig sind und nicht selten einstürzten. Eine dauerhaftere Lösung sind Stützwällen mit beweglichen Wehren, die in allen Fällen mit hydroelektrischen Kraftwerken kombiniert sind (3) (4).

Während die Erzeugung elektrischer Energie bei den zur Stabilisierung der Flußsohle errichteten Stützkraftwerken ein Nebeneffekt ist, entstanden seit dem Anfang unseres Jahrhunderts zahlreiche Kraftwerke in alpinen und dealpinen Flüssen ausschließlich für die Stromerzeugung. Zunächst wurden Seitenkanal- oder sogenannte Ausleitungskraftwerke gebaut, bei denen der Fluß bei mittlerer Wasserführung zur Gänze in Kanäle ausgeleitet wird, deren künstliche Gefällstufen energetisch genutzt werden. Die Flußstrecken unterhalb des Ausleitungsbauwerkes liegen dabei weitgehend trocken, soweit nicht Grundwasser und Zuflüsse einen Restabfluß erzeugen. Bei Hochwasser muß diese Strecke jedoch den weitaus größten Teil des Abflusses aufnehmen. Dabei treten nicht selten dramatische Eintiefungen der Flußsohle auf. Solche Kraftwerksanlagen finden sich an der Isar oberhalb Münchens und zwischen München und Landshut, am Lech unterhalb Augsburgs, am Inn oberhalb von Töging, am Unterlauf der Iller, um nur die größeren derartigen Bauwerke an dealpinen Flüssen zu nennen. Bei einigen alpinen Flüssen wurden auch Ausleitungen in Stollen gebaut. So am Inn oberhalb von Landeck und am Eisack oberhalb von Klausen. Die Auswirkungen auf das Unterwasser sind die gleichen wie bei Seitenkanälen.

In den vierziger Jahren unseres Jahrhunderts ist man dazu übergegangen, die Kraftwerke in den Flüssen

selbst zu errichten und dazu den Fluß mit Dämmen über dem Niveau der umgebenden Aue anzustauen, soweit nicht in den engen Tälern der Talmäander die Einstauung der Talsohle bis zu den Taleinhängen möglich war. Solche Kraftwerke finden sich in großer Zahl in den Alpen selbst und in den Alpenvorländern. So etwa an der Drau, an der Isère und vor allem an Iller, Lech, Isar und Inn, die inzwischen nahezu lückenlos in Ketten von Flußkraftwerken umgewandelt sind. In diesen Kraftwerksketten gibt es zwar keine trockenfallene Flußstrecken mit fallweise durchrauschenden Hochwassern, dafür aber Stauseen, in denen die Fließgeschwindigkeit stark zwischen sehr langsam und sehr schnell wechselt. Der Geschiebetransport aus den Alpen und aus der Flußsohle kommt hier fast völlig zum Erliegen. Unterhalb der am weitesten flußabwärts gelegenen Staustufe und in nicht derart genutzten Strecken gräbt sich der geschiebefreie Fluß bei Hochwasser dramatisch in die Sohle ein.

Die einzig wirksame Gegenmaßnahme ist der Ausbau dieser Strecken mit weiteren Kraftwerken oder Stützkraftstufen, wie dies derzeit an der unteren Isar und an der Donau bei Vohburg geschieht (1).

Alpine Flüsse mit gestrecktem Lauf sind ebenfalls mit wenigen Ausnahmen technischen Eingriffen zum Opfer gefallen. Sie sind begradigt, die Ufer versteint oder gemauert, die Flußsohlen eingengt. Der Grund für diese Eingriffe ist meist der Platzmangel in engen Tälern, in denen sich neben den Fluß Eisenbahn, Straße, Autobahn, Siedlungen zwängen. In den Alpen als dem am dichtesten besiedelten und am stärksten erschlossenen Gebirge der Erde nimmt es nicht wunder, daß von diesen Eingriffen kaum ein Fluß verschont blieb, sofern es sich nicht um sehr enge Schlucht- oder Klammstrecken handelt, die sich nur in Tunnels oder weiträumig umgehen lassen.

### **Möglichkeiten der Renaturierung und Revitalisierung alpiner und dealpiner Flüsse**

Eine Renaturierung verzweigter Strecken alpiner und dealpiner Flüsse ist aus einer Vielzahl von Gründen nicht möglich. Die derzeit einzige Ausnahme sind Verzweigungsstrecken am oberen Lech, deren Zerstörung seit jüngster Zeit durch den Einbau von Buh-

nen betrieben wird. Die rasche Entfernung dieser flußbaulich unverständlichen, die weltweit letzten unwiederbringlichen Ökosysteme dieser Art zerstörenden Bauwerke würde deren Rettung bedeuten und ließe bereits beim nächsten Hochwasser den ursprünglichen Zustand wieder entstehen (32).

Bei allen anderen regulierten ehemaligen Verzweigungsstrecken ist eine Renaturierung aus folgenden Gründen nicht möglich:

– Die einzeitlichen Flußbette sind so stark eingetieft, daß die Hochwasser kaum mehr in die Vorländer austreten.

– Wo ein Austreten der Hochwasser noch möglich wäre, durch Deiche aber verhindert wird, könnten die Deiche zwar beseitigt und damit die Entstehung einer naturnahen Verzweigungsstrecke eingeleitet werden, die Überschwemmung der seit dem Flußausbau entstandenen Siedlungen, Verkehrswege, Wirtschaftsflächen wäre jedoch nicht hinnehmbar.

– Das für die Wiederentstehung und Erhaltung von Verzweigungsstrecken unerläßlich notwendige Flußgeschiebe wird zum Teil bereits in den Alpen durch Maßnahmen der Wildbachverbauung zum Teil, in Stauseen und Flußkraftwerken zur Gänze zurückgehalten. Als Beispiele seien genannt der Sylvensteinspeicher an der Isar, der Forggensee am Lech und die Vielzahl von Flußkraftwerken.

– Der insbesondere für die Isar vielfach ins Gespräch gebrachte Transport von Geschiebe mit Kraftfahrzeugen in das Unterwasser des Kraftwerkes Bad Tölz als Ersatz für den verhinderten Geschiebetrieb stößt praktisch auf unlösbare Probleme. Die für die Erreichung des Urzustandes rund 100.000 m<sup>3</sup> jährlich zu transportierenden Kieses würden 10 schwere Laster 250 Tage im Jahr beschäftigen; der Einbau dieser Kiesmassen müßte auf eine längere Strecke der Isar verteilt werden, was den Bau von Straßen für diesen Schwerverkehr in unmittelbarer Ufernähe bedeutet. Die Ablagerungsorte dieses künstlich eingebrachten Geschiebes wären nicht vorhersehbar. Die Aktion müßte solange durchgeführt werden, wie der Sylvensteinspeicher und das Kraftwerk Bad Tölz bestehen.

– Die ehemals in den Verzweigungsstrecken vorhandenen Wasserläufe und Kiesbänke sowie die dafür ty-

pische Pflanzen- und Tierwelt sind längst verschwunden und werden heute von land- und forstwirtschaftlichen Nutzflächen, von Siedlungen und Verkehrswegen eingenommen. Die Beseitigung dieser Nachfolgenutzungen und die Änderung der Eigentumsverhältnisse dürfte auf erhebliche Schwierigkeiten stoßen.

– An die Stelle von Verzweigungsstrecken sind zahlreiche Flußkraftwerke getreten, deren Entfernung nicht nur beträchtliche eigentumsrechtliche Probleme aufwürfe, sondern auch energiepolitisch und umweltbezogen zumindest ambivalent wäre, wenn man bedenkt, daß die hydroelektrischen Anlagen Sonnenenergie ohne schädliche Nebenwirkungen auf unbegrenzte Zeit in nutzbare Energie umsetzen.

Ein Versuch einer Renaturierung sollte nicht unerwähnt bleiben: Die durch die Ausleitung in Krün nur bei Hochwasser beschickte Verzweigungsstrecke der Isar zwischen Krün und Vorderriß erhält seit wenigen Jahren einen Restabfluß von 6 m<sup>3</sup>/s. Damit wird zwar dieser früher meist trockengefallenen Strecke fließendes Wasser zurückgegeben, gleichzeitig jedoch die Zerstörung der Aue durch massenhaftes Eindringen von Erholungsuchenden eingeleitet. Die vor der versuchten „Renaturierung“ unattraktive Kiesfläche zieht heute zahlreiche Sonnenanbeter, Grillfreunde, kindliche „Wasserbauer“ an, die diese mit dem Auto leicht erreichbare Wildnis in Scharen bevölkern. Hier erhebt sich die Frage, was das kleinere Übel ist: fehlender Lebensraum für Fische und Makrobenthos, der sich in der Isar in anderen Strecken noch findet, oder Zerstörung nicht ersetzbarer Lebensräume, die im gesamten Alpenraum an den Fingern einer Hand abzuzählen sind, aus Mutwillen oder Unkenntnis.

Wesentlich erfolgversprechender sind Bemühungen um eine Revitalisierung von Stauhalten. Dabei geht es vorrangig darum, möglichst vielgestaltige Wasserkörper, Feuchtstandorte und Auwälder in den Stauräumen zu schaffen. Mit dem Bau von Inseln, Schlickbänken, Flachwasserzonen können auch bei Hochwasser strömungsschwache Bereiche als Rückzugsgebiete bestehen bleiben und so den fischfeindlichen, hybriden Charakter der Stauseen abmildern. In den von Schwankungen des Wasserspiegels betroffenen Stauwurzelbereichen können auf flachen Inseln grundwas-

sernahe Auwälder bei Hochwasser überflutet werden, Steilufer können so angelegt werden, daß sie bei Hochwasser nachbrechen und so höhlenbrütenden Vögeln wie Uferschwalbe und Eisvogel Nistplätze bieten. Inseln mit Grundwasseranschluß sind Standorte von Baumweiden- und Grauerlenbeständen, die dem Biber Nahrung liefern. Neben diesen naturnahen Standorten in den Stauräumen können auch die anschließenden Auen eine wesentliche Aufwertung erfahren. Wegen der gedichteten Dämme sind sie zwar von hochwasserbedingten Grundwasserschwankungen ausgeschlossen, der den Aufstau des Flusses bedingte Grundwasseranstieg oberhalb der gedichteten Dämme setzt sich jedoch flußabwärts fort und führt zur Wiederbelebung trockengefallener Altwasser und Auebäche mit einer Vielzahl aquatischer und amphibischer Lebensräume.

Aus einer größeren Zahl derart revitalisierter Stautufen von Flußkraftwerken und Stützkraftstufen seien zwei herausgegriffen: Die großräumig angelegten Stautufen am unteren Inn sind wegen der hohen Schwebstoff-Fracht des Flusses rasch verlandet. Auf den so entstandenen flachen Inseln haben sich sehr naturnahe Weichholzaunen entwickelt, auf den überfluteten Schlickflächen entstanden Röhrichte. Innerhalb weniger Jahre siedelten sich zahlreiche, zum Teil sehr seltene Vogelarten an und die Wiedereinbürgerung des Bibers ist ein voller Erfolg geworden. Daß die Ornithologen inzwischen in einen Dauerclinch mit den Angelsportlern geraten sind schadet nicht nur dem Ansehen der Kontrahenten, sondern leider auch dem Ökosystem dieser Stauseen (22). Die Ausbreitung des Bibers von hier aus in verlorengegangene Lebensräume an Isar und Donau mag angesichts zahlreicher gefällter Weiden und Pappeln im Auwald manchen Waldbesitzer ärgern. Die gelungene Wiedereinbürgerung dieses großen Nagers sollte den Naturschutzbehörden ein kleines Scherflein aus dem immer noch gut gefüllten staatlichen Subventionssack wert sein, um damit einige wenige Entschädigungen zu bezahlen.

Die Vogelwelt dieses Gebietes ist seit vielen Jahren gut dokumentiert (27) (28).

An der unteren Isar sind Kraftwerksbetreiber und Wasserwirtschaftsbehörden in puncto Dokumentati-

on noch einen Schritt weitergegangen. Zunächst wurde im Zuge der Planung für die Stützkraftstufe Landau und der folgenden Strecke bis zur Mündung in die Donau eine umfangreiche ökotechnische Modelluntersuchung durchgeführt. In ihr wurden neben der Flußgeschichte und dem heutigen Zustand der Isar die Grundwasserverhältnisse sowie die technischen Möglichkeiten der Verhinderung weiterer katastrophaler Eintiefungen des Flußbettes ebenso untersucht wie Umfang und Zusammensetzung der Auwälder. Dabei zeichnete sich die Errichtung von Stützkraftstufen als die brauchbare Lösung ab. Für den dabei entstehenden Stausee wurde ein landespflegerischer Begleitplan entworfen, der im Einverständnis mit den Naturschutzbehörden verwirklicht wurde (4). Die Entwicklung der so entstandenen, künstlich initiierten Lebensräume wird in einer bisher einmaligen Weise von zwölf Zoologen und Limnologen sowie einem Botaniker in einer auf zehn Jahre ausgelegten Bestandsaufnahme verfolgt. Die Ergebnisse der ersten fünf Jahre sind in einem Bericht veröffentlicht (6), der in allen Bereichen nicht nur neue Einblicke in die pflanzlichen und tierischen Sukzessionen auf flußtypischen Rohstandorten bietet, sondern auch Kenntnisse über die Verbreitung seltener Arten bringt. Dabei stehen Insekten und Mollusken im Vordergrund; es stellten sich aber auch seltene Ruderalpflanzen ein, von den zahlreichen Wasservögeln ganz zu schweigen. Genannt sei hier nur eine Kolonie von etwa 200 Paaren Uferschwalben, die sich bereits im ersten Jahr des Einstaues angesiedelt hatten.

Ein wesentlicher, leider nicht vermeidbarer Nachteil ist der Verlust des Fließcharakters der Isar und dessen Auswirkung auf die Fischfauna. Die rheophilen Arten der Barbenregion sind nahezu ganz verschwunden und auch die Arten der strömungsschwachen Brachsenregion lassen auf sich warten. Auf die Dauer nicht halten lassen sich die Kiesbrüter unter den Vögeln, da die vom Baubetrieb her offenen Kiesflächen rasch zuwachsen. Die anfänglich eingewanderten Flußregenpfeifer sind wieder verschwunden. Die Sportangler mit inzwischen etwa 50 Booten dürften sich für die Wasservögel als ähnlicher Störfaktor auswirken wie auf den Inntauseen (6) (13).

Inzwischen sind die an weiteren Stützkraftstufen an der Isar, am Lech und an der Donau entstandenen Re-

vitalisierungen ein wichtiger Schritt hin zu größerer Naturnähe bei dealpinen, von der Geschiebezufuhr aus den Alpen abgeschnittenen Flüssen. Wegen der Unmöglichkeit der Renaturierung dieser ehemals verzweigten Flüsse ist der so erreichte Zustand immerhin eine deutliche Bereicherung des Ökosystems „regulierungsgeschädigte Flußäue“.

Neben den einst weitverbreiteten Verzweigungsstrecken sind bei einigen dealpinen Flüssen des nördlichen Alpenvorlandes ausgeprägte Talmäander vorhanden; so an der Iller zwischen Kempten und Buxheim, am Lech zwischen Lechbruck und Fuchstal und am Inn zwischen Attel und Mühldorf. Gestreckte cannonartige Täler finden sich an der Isar zwischen Wolfratshausen und München sowie an der Salzach streckenweise zwischen Salzburg und der Mündung in den Inn. Die in derartigen Strecken errichteten Laufkraftwerke finden die Begrenzung ihrer Stauseen an den steilen Talhängen, soweit es sich nicht um Ausleitungskraftwerke älterer Bauart handelt. Hier erfolgte nur in Talweitungen eine spontane Revitalisierung, etwa in Wasserburg am Inn, wo die Schlickflächen mit ihren Röhrichten die Nahrungsbasis einer Graureiherkolonie sind. Oder wie beim Ersatzbau für das baufällige Kraftwerk Kinsau am Lech, bei dem die Ausleitungsstrecke nach heutigen ökologischen Kenntnissen gestaltet wurde. Insgesamt ist jedoch festzustellen, daß bei diesen Flußformen eine Renaturierung theoretisch möglich wäre, wenn alle geschieberückhaltenden Bauwerke bis hinein in die Alpen beseitigt würden und die Energiequelle Wasserkraft außer Betracht bliebe. Da beides zumindest derzeit illusorisch und eine Revitalisierung allein schon aus Platzgründen nicht möglich ist, bleibt bei derartigen Eingriffen nur ein resigniertes Abfinden mit dem derzeitigen, ökologisch unbefriedigenden Zustand.

Die Donau ist ab der Einmündung der Iller bis unterhalb von Wien stark dealpin geprägt. Sie entwickelt allerdings nur in ihrem oberen Bereich Verzweigungsstrecken, die deutliche Übergänge zu Flußmäandern zeigen. Die Donau ist in diesem Bereich streng linear ausgebaut und in eine Kraftwerkskette mit Stauseen verwandelt. Ein Teil der Mäander ist insbesondere zwischen Regensburg und Passau noch erhalten, aber auch diese Strecke ist reguliert, eingedeicht

und mit Kraftwerken versehen. Ausgenommen sind lediglich die Talmäander der Weltenburger Enge, die Durchbruchsstrecken im Urgestein des Böhmisches Grenzgebirges zwischen Passau und Linz und in der Wachau (30).

## WILDBÄCHE

Anders als bei den alpinen und dealpinen Flüssen finden sich bei den Wildbächen alpenweit noch zahlreiche natürliche oder naturnah verbliebene Strecken, die als Vorbilder für Renaturierungen und Revitalisierungen dienen können. Ihr Anteil am Gesamtbestand der Wildbäche läßt sich allerdings derzeit alpenweit auch nicht näherungsweise abschätzen. Auch ist ihr zahlen- und streckenmäßiges Verhältnis zu ausgebauten und sonstwie veränderten Wildbächen gebietsweise sehr unterschiedlich. Am ehesten läßt sich noch ein grober Überblick darüber anhand der 54 Blätter der Hydrographisch-Morphologischen Karte der Bayerischen Alpen 1:25.000 gewinnen, in denen neben dem Gewässernetz das Relief, die Lockergesteine, die Feststoffherde und Abtragsformen, die Wälder sowie die Siedlungen dargestellt sind (8). Die hier nach Luftbildern und Geländebegängen kartierten rund 5.000 km<sup>2</sup> lassen sich allerdings nicht auf die rund 250.000 km<sup>2</sup> der restlichen Gesamtalpen übertragen und hier fehlen solche Unterlagen. Geologischer Bau, Klima, Vegetation bestimmen Form und Verhalten der Wildbäche, menschliche Siedlungen und hydrotechnische Anlagen beeinflussen sowohl Art wie Umfang der Bauwerke in und an Wildbächen. Beide Komplexe sind derart vielfältig, daß auch Interpolationen von kleineren, näher untersuchten Wildbachgebieten auf größere Gebiete zu keinen brauchbaren Ergebnissen führen.

Um trotzdem zumindest fallweise vor Ort eine Klassifizierung von Wildbächen und ihrer baulichen Veränderungen zu ermöglichen, sei mit einer knappen Darstellung der Wildbachformen und ihrer Feststoffherde eine Übersicht gegeben, die gleichzeitig als Grundlage für die Entscheidung Renaturierung – Revitalisierung dienen mag.

Die außerordentlich komplexen Zusammenhänge in der Hochgebirgsnatur und den ihr untrennbar angehörenden Wildbächen fordern eine ganzheitliche



Betrachtung dieser Gewässer. Darauf kann hier nicht näher eingegangen werden. Es seien jedoch in aller Kürze die wichtigsten Formelemente, die Abfluß- und Feststoffregime zusammen mit den jeweils üblichen menschlichen Eingriffen dargestellt.

### **Stabile Wildbachstrecken**

Die stabilsten Wildbachstrecken sind Klammen und Tobel mit ihren felsigen Wänden und Taleinhängen. Vergleichbar mit ihnen sind auch Wildbachstrecken, deren Sohle als Folge von Bergstürzen mit großen Blöcken verfüllt ist, die ähnlich wie gewachsener Fels die Tiefen- und Seitenerosion des Bachbettes bis zum Unmerklichen verlangsamen. Sowohl extreme Wasserspiegelschwankungen wie auch starke Geschiebeführung bei Hochwasser ändern kaum etwas am Gesamtzustand der Tobel und Klammen.

Wenn überhaupt, finden sich hier Querbauwerke, die entweder in Form von Tiroler Wehren Wasser in Rohrleitungen oder Stollen zu Kraftwerksanlagen oder Großspeichern ableiten und das Geschiebe über einen Rost in das Unterwasser abwerfen, oder um Staumauern, hinter denen Wasser ebenfalls für hydroelektrische Nutzung gespeichert wird. In solchen Stauseen bleibt das ankommende Geschiebe liegen und verfüllt mehr oder weniger schnell den Stauraum, wenn es nicht ausgebagert und abgefahren oder bei Hochwasser in das Unterwasser gespült wird. Gelegentlich werden auch im Oberwasser der Sperre Geschieberückhaltesperren errichtet, die regelmäßig geleert werden können. In Tobeln dienen auch hohe, mit großen Öffnungen versehene Sperren für die Rückhaltung von Wildholz, um gefährliche Verklausungen an Brücken und anderen Bauwerken zu verhindern (10) (14).

Bei all diesen Bauwerken wäre eine Renaturierung theoretisch möglich. Nach Entfernung der Bauwerke oder Öffnung der Talsperren würde sich in Klammen der ursprüngliche Zustand sehr rasch, an ursprünglich mit lockerer Vegetation bewachsenen Tobeinhängen spätestens in einigen Jahrzehnten von selbst einstellen.

### **Wildbachstrecken in Eintiefung**

Wegen des starken Gefälles, energiereicher Hochwasserspitzen, kräftig schürfenden Geschiebes tiefen sich Wildbachbetten in weichen, veränderlichsten

Gesteinen und insbesondere in Lockergesteinen bei Hochwasser mehr oder weniger rasch ein. Dabei entstehen durch Übersteilung der Taleinhänge und durch seitliche Angriffe auf die Ufer vor allem in Lockergesteinen Uferanbrüche, die vielfach das Feststoffregime des Baches beherrschen. Große Beiträge dazu können auch Rutschungen liefern, die zwar meist unabhängig vom Wildbach entstehen, ihre Rutschmassen jedoch vielfach den Bächen zuführen. Derartige Bäche sind die häufigsten Objekte der Wildbachverbauung, da sie Siedlungen und Wirtschaftsflächen ebenso zerstören können, wie die in den Tälern angelegten Verkehrswege aller Dimensionen vom Eisenbahngleise über befestigte Straßen bis zu einfachen aber doch dringlich benötigten Wirtschaftswegen. Als Schutzbauten werden entweder schwere Uferversteinungen oder Mauern errichtet, die den seitlichen Angriff verhindern. In breiteren Wildbachbetten wird diese Wirkung oft durch kurze Sporne verstärkt, die, senkrecht zur Fließrichtung eingebaut, die Strömung von der Uferbefestigung ablenken. Ähnliche Bauwerke werden auch am Fuß von Uferanbrüchen errichtet, um zusammen mit einer ingenieurbioologischen Begrünung der Anbruchfläche den übermäßigen Eintrag von Geschiebe zu verhindern.

Die starke Eintiefung vieler Wildbachstrecken führt zu großen beidseitigen Uferanbrüchen, die dann als Feilenanbrüche bezeichnet werden. Außerdem holt sich der Wildbach auch unmittelbar aus seiner Sohle große Mengen Geschiebe. Bei Hochwasser übermuren diese Feststoffe die Tallandschaften und Siedlungen und richten so große Schäden an. Als Schutzmaßnahme gegen solche Ereignisse werden Sperren als Querbauwerke errichtet, die meist als Sperrentreppen ausgeführt, die Eintiefungsstrecken stabilisieren und die Entstehung und Fortentwicklung von Ufer- und Feilenanbrüchen verhindern. Aus optischen Gründen werden heute Sperren mit Natursteinverkleidung solchen aus Sichtbeton vorgezogen. Holzsperrren werden wegen ihrer Kurzlebigkeit nur in Ausnahmefällen gebaut. Ökologisch sind sie alle gleichwertig (10).

Bevor an die Frage herangegangen wird, ob hier Renaturierungen oder Revitalisierungen möglich wären, sind einige grundsätzliche Bemerkungen notwendig:

Der größte Teil der Alpen wird seit Jahrtausenden vom Menschen genutzt. In den so entstandenen Kulturlandschaften entwickelten sich vielfältige teils naturnahe, teils stark von menschlichen Eingriffen geprägte Ökosysteme, die sich am deutlichsten in der Vegetation abzeichnen. Urnatur blieben nur die Fels- und Gletscherregionen, wobei das klimabedingte Vorrücken und Zurückweichen der Gletscher auch hier menschliche Aktivitäten nach sich zog. Es sei nur an den Erzbergbau erinnert, dessen Abbaugebiete in den jeweiligen Kalt- und Warmzeiten überdeckt und wieder freigegeben wurden, an die mit den veränderten Klimaten um einige hundert Meter auf- und abwandernden Waldgrenzen, an Reliktwälder auf Steilhängen, die in Warmzeiten entstanden und Kaltzeiten überdauerten, um heute der Waldweide, überhöhten Wildbeständen und dem Waldsterben zum Opfer zu fallen (15) (16) (17).

Angesichts der vielfältigen, heute nur schwer zu rekonstruierenden „Naturzustände“ der alpinen Landschaften und der schon aus klimatischen Gründen gegebenen Unwiederholbarkeit historischer Abläufe bleibt nur, den derzeitigen Zustand der jetztzeitlich nicht oder kaum genutzten Ökosysteme als „natürlich“ und damit als „Muster“ für die Renaturierung von Wildbächen anzunehmen.

Diese haarspalterische, wenn nicht gar rabulistische Definition alpiner „Urnatur“ hat einen gewichtigen hydrologischen Hintergrund: Die Vegetation hat neben dem Gesteinsuntergrund und den Böden den entscheidenden Einfluß auf Menge und Art des Abflusses hochwassererzeugender Starkniederschläge. Bereits frühe Messungen in der Schweiz zeigten, daß aus bewaldeten Wildbacheinzugsgebieten weit kleinere und zeitlich verzögerte Hochwasser abfließen, als aus wenig bewaldeten bei ansonsten vergleichbaren Eigenschaften der Einzugsgebiete und ähnlichen Starkniederschlägen (9) (11). Neuere Experimente mit künstlichen Starkniederschlägen auf sehr unterschiedlichen montanen bis alpinen Vegetationsformen, Gesteinen, Hangneigungen und Nutzungsformen zeigten, daß Starkniederschläge, wie sie bei Gewitterregen in Wildbachgebieten Hochwasser auslösen, in Rasengesellschaften sehr viel höhere Oberflächenabflüsse verursa-

chen als in Wald- und Zwergstrauchgesellschaften. Auf die alpinen Kulturlandschaften übertragen bedeutet dies, daß die mittelalterliche Rodung vieler Bergwälder und die seitherige Nutzung als Wiese oder Weideland den Abfluß der Wildbäche ganz entscheidend verändert hat. Die Wildbachhochwasser weisen unter solchen Umständen wesentlich größere Abflußspitzen auf, die ihrerseits durch Erosion neue Feststoffherde schaffen oder vorhandene vergrößern. Die Vegetation beeinflusst auch die Hangwasserverhältnisse und damit die Entstehung von Rutschungen, die wiederum das Geschieberegime der Wildbäche bis hin zu Murabgängen belasten können (7) (21).

Dieser kurze Exkurs zeigt uns, daß vor der Entscheidung für die Renaturierung eines Wildbaches zunächst die Vegetationsgeschichte seines Einzugsgebietes betrachtet werden muß, um seinen „Natürlichkeitsgrad“ zu erkennen und abzuklären, ob eine Renaturierung theoretisch überhaupt möglich wäre. Es sei hier als grundsätzliche Schwierigkeit nur daran erinnert, daß auf zahlreichen ehemals bewaldeten Hängen heute regelmäßig Lawinen abbrechen, die ohne schwere technische Verbauungen nicht aufforstbar sind. Einschlägige Erfahrungen in der Schweiz zeigen, daß für das Wirksamwerden solcher „Renaturierungen“ ein Jahrhundert zu kurz angesetzt ist. Die Beispiele ließen sich mehren, es sei jedoch daran erinnert, daß die heutigen alpinen Kulturlandschaften das zu schützende Ökosystem „Alpen“ sind, und deshalb auch kaum eine Einigung unter Ökologen und Naturschützern zu erzielen wäre, welche „Naturlandschaft“ denn letztendlich anzustreben wäre: die Landschaft des vorigen Jahrhunderts, die photographisch und in Gemälden gut überliefert ist, klimatisch jedoch das Ende der „Kleinen Eiszeit“ mit extremen Gletschervorstößen dokumentiert, oder das derzeitige Landschaftsbild angesichts eines Klimawandels mit unbekanntem Ausgang, wobei der Faktor Zeit mit einem Ansatz von mindestens 150 Jahren für neu zu begründende Bergwälder hinzukommt.

Die seit einigen Jahrzehnten in der Wildbachverbauung praktizierten Integralmeliorationen schließen neben den üblichen technischen Verbauungen die ingenieurbioologische Stabilisierung verbaubarer Feststoffherde ebenso ein wie die Intensivierung beweideten



Grünlandes mit dem Ziel, dadurch weidefrei gewordene Flächen aufforsten zu können. Damit eng verknüpft ist auch die Möglichkeit der Ablösung von Waldweiderechten, die eine erhebliche Belastung der Wälder und deutliche Abflußverschärfungen mit sich bringen. Voraussetzung für solche ganzheitliche Maßnahmen sind entsprechende Eigentumsverhältnisse und zeitgemäße Verkehrserschließungen in Form von Wirtschaftswegen. Insgesamt beeinflussen sie das Hochwasser- und Feststoffregime in Richtung natürlicher Zustände und können zumindest als Revitalisierung bezeichnet werden (33) (34).

Eindeutige Revitalisierungen sind Maßnahmen der jüngsten Zeit, bei denen Eintiefungsstrecken nicht mit Sperrenbauten, sondern durch Verblockung der Bachsohle konsolidiert werden. Sie entsprechen dann stabilen Wildbachstrecken mit natürlicherweise verblockten Sohlen. Möglich sind solche Verbauungsformen nur dort, wo großblockiges Gestein angefahren und mit schweren Baggern verlegt werden kann.

### **Wildbachstrecken in Auflandung**

Wildbäche lagern ihr Geschiebe dort ab, wo bei Hochwasser das Transportvermögen nicht mehr zum Weitertransport der Feststoffe ausreicht. Dies ist meist beim Austritt des Baches in ein größeres Tal der Fall, wobei das ankommende Geschiebe als mehr oder weniger exakt geometrischer Schuttkegel abgelagert wird. Auf solchen Schuttkegeln sind Erosionsrinnen ausgebildet, in denen kleinere oder schwach geschiebeführende Hochwasser abfließen. Bei größeren oder stark geschiebeführenden, womöglich mit Wildholz belasteten Hochwassern tritt der Bach aus den Rinnen aus und verteilt sein Geschiebe auf dem Kegelmantel. Da sehr viele Schuttkegel besiedelt sind und landwirtschaftlich genutzt werden, können die dabei auftretenden Vermurungen nicht hingenommen werden. Für die Verbauung bieten sich zwei Maßnahmen an: Entweder wird das Geschiebe oberhalb des Schuttkegels in Kiesfängen zurückgehalten, aus denen es regelmäßig entfernt werden kann, oder eine vorhandene oder neu zu schaffende Rinne auf dem Schuttkegel wird als sogenannte Schlußrinne in ein gemauertes oder betoniertes, möglichst gerades Bachbett ausgebaut, in dem das geringere Gefälle durch ein ausreichend großes

Querprofil und eine möglichst geringe Rauigkeit soweit ersetzt wird, daß das Geschiebe über den Schuttkegel hinweggeführt wird, ohne daß der Bach sein Bett verläßt. Es versteht sich von selbst, daß in besiedelten und genutzten Kulturlandschaften unter diesen Voraussetzungen weder an eine Renaturierung noch an eine Revitalisierung zu denken ist. In unbesiedelten und nicht oder extensiv genutzten Tälern werden Schuttkegel nicht verbaut, sodaß sie als wichtiger Teil alpiner Ökosysteme vermutlich in ausreichender Zahl vorhanden sind (25).

### **Umlagerungsstrecken in Wildbächen**

In Talverebnungen und bei ausreichender Talbreite finden sich in Wildbächen häufig Verzweigungsstrecken, die im Hinblick auf das Verhalten des Geschiebes auch Umlagerungsstrecken genannt werden. Sie gleichen im Prinzip den Verzweigungsstrecken alpiner und dealpiner Flüsse, ohne deren reifere Stadien der Vegetationsentwicklung zu erreichen. Die blanken Kiesflächen werden zwar häufig von Grauerlen besiedelt, in die bei längerem Bestand auch Fichten einwandern, letztendlich werden solche Auwälder bei großen Hochwassern vernichtet, sodaß es nicht zur Entwicklung von Kiefernheiden oder längerlebigen Laubholzauen kommt. In solchen Umlagerungsstrecken wird bei Hochwasser das ankommende Geschiebe zeitweilig abgelagert und mit Verzögerung abtransportiert. Dies gilt auch für Murgänge. Darüber hinaus wirken solche Strecken auch als Rückhaltebecken für Hochwasserspitzen. Diese Moderierung von Abfluß und Geschiebefracht ist für die unterliegenden Bachstrecken sehr erwünscht, sodaß die Erhaltung von Verzweigungsstrecken ein Ziel der Wildbachverbauung sein sollte (25). Dies ist aus mancherlei Gründen nicht immer der Fall. Einmal sind es angebliche Raumbedürfnisse etwa für Freizeitgelände im Siedlungsbereich oder als billiges Bauland für Campingplätze, zum andern sind auch überholte Anschauungen über den hydrologischen Wert solcher Bachstrecken Anlaß zu Baumaßnahmen. Dabei engt man wie bei großen Flüssen den verzweigten Bachlauf mit Hilfe von Buhnen auf ein schmales Einheitsgerinne ein, das allerdings in aller Regel ebenso stark störungs- wie reparaturanfällig ist. Eine Renaturierung wäre durch die Entfernung der Bauwerke relativ rasch zu erreichen, wenn dem nicht

die Folgenutzungen als oft recht kostspielige Hypothek im Weg stünden (16) (24).

Gilt das oben Dargestellte für Wildbäche mit großen, geschiebereichen Hochwassern, kurz für gewalttätige, gefährliche Bäche, dann sei im folgenden Beispiel eine gelungene Revitalisierung einer Verzweigungsstrecke dargestellt.

Das in den nördlichen Ostalpen abgebaute Kochsalz wurde bis in die Mitte des vorigen Jahrhunderts in mit Holz, mancherorts auch mit Torf betriebenen Salinen versotten. Die Salinen wanderten dabei den schwindenden Holzvorräten in den Bergwäldern nach, bis die Eisenbahn den Transport von Kohle als Heizmaterial ermöglichte. Das Erbe dieser „hölzernen“ Salinenzeit sind heute noch zu Triftkanälen ausgebaute Wildbäche, wobei auch Verzweigungsstrecken relativ harmloser Bäche begründet und eingedeicht wurden. Die Sohle dieser Einheitsgerinne wurde mit zahlreichen niedrigen Querschwelen fixiert. Die ehemaligen Verzweigungsflächen sind längst bebaut oder landwirtschaftlich genutzt; an eine Renaturierung ist demnach nicht zu denken. Beim Unterhalt der überkommenen Bäche entfernt man deshalb die niedrigen Schwellen und baut an ihrer Stelle unregelmäßig Rampen aus großen Blöcken, die nicht nur optisch entsprechenden Strecken in unverbauten Wildbächen gleichen. Die unnatürliche Linienführung kann allerdings nicht verändert werden, der Wasserkörper erhält durch die Maßnahme jedoch sehr naturnahe Eigenschaften. Die beabsichtigte Wirkung, die Sohle vor Eintiefung zu schützen, wird dabei voll erreicht und darüber hinaus auch die stromaufwärts gerichtete Wanderung von Wassertieren ermöglicht.

Es sei an dieser Stelle nachgetragen, daß solche Rampen in erheblich größerem Ausmaß auch an einigen alpinen und dealpinen Flüssen an Stelle von Absturzbauwerken mit guten Ergebnissen errichtet wurden. Auch hier wurde die insbesondere für wandernde Fische fatale Wirkung hoher Bauwerke beseitigt, die oft beklagte „Einbahnstraße“ aufgehoben.

## ABWASSER, TRINKWASSER

Es mag aufgefallen sein, daß die anthropogene Belastung des Wassers alpiner Fließgewässer bisher kaum

angesprochen wurde. Sieht man von der Einleitung toxischer Stoffe ab, die ohnehin als Straftat zu sehen ist, dann bewirkt die hohe Selbstreinigungskraft dieser Gewässer einen raschen Abbau von fachgerecht geklärten Abwässern. Daß hier gebietsweise noch einiges im argen liegt, sei dahingestellt, da sich ohne Eingriff in die Gewässer wirksame Abhilfe schaffen ließe. Dies gilt auch für Phosphatfrachten, die in Stauhaltungen und Seen zu zeitweiser oder dauerhafter Nährstoffüberfrachtung führen können, mit entsprechenden Kläranlagen jedoch vermeidbar sind. Kaum zu beeinflussen sind die teilweise erheblichen Nährstoffeinträge aus stark beweidetem alpinen Grünland, wenn nicht auf diese Wirtschaftsform verzichtet wird.

Ein weiterer, die alpinen Oberflächengewässer direkt, die Grundwässer indirekt ansprechender Gesichtspunkt ist die vielfach geäußerte hohe Bedeutung, die den Alpen als europäisches Trinkwasserreservoir zugesprochen wird. Sieht man von den abenteuerlichen Vorstellungen über alpines Gletschereis als Trinkwasserlieferant ab, so kommt wohl nur der eine oder andere Alpensee, jedoch kaum ein Stausee dafür in Frage. Das bedeutendste Beispiel ist der Bodensee für überregionale Trinkwasserversorgung. Seine vorwiegend aus den Alpen kommenden Zuflüsse werden aufgrund internationaler Vereinbarungen seit Jahrzehnten mit Hilfe von Kläranlagen höchster Qualität von Abwässern freigehalten.

## AUSBLICK

Zieht man aus den vorstehenden Kapiteln über die Situation alpiner Fließgewässer und die Möglichkeiten von Renaturierungen und Revitalisierungen ein Fazit, so ergeben sich folgende Ausblicke: Die meisten alpinen Flüsse und so gut wie alle dealpinen Flüsse befinden sich von den Formen, vom Abfluß, und Geschieberegime, von den physikalischen und biologischen Eigenschaften der Wasserkörper und Auen her betrachtet in wenig naturnahen bis naturfernen Zuständen. Eine Renaturierung scheidet in allen Fällen aus.

Begründung: Die Einzugsgebiete bestehen größtenteils aus Kultur- und Zivilisationslandschaften, deren „Renaturierung“ die Entsiedelung der Alpen und damit

ein Zurückdrehen der alpinen Menschheitsgeschichte um etwa 8000 Jahre zur Voraussetzung hätte. Revitalisierungen sind nach derzeitigem Kenntnisstand nur im Zusammenhang mit großen Baumaßnahmen, insbesondere in Form von Flußkraftwerken und Stützkraftstufen möglich. Sie bieten ökologisch befriedigende bis gute Lösungen, wenn man in Kauf nimmt, daß eine Rückentwicklung zu den ursprünglichen Formen weitgehend ausgeschlossen ist.

Unbedingt notwendig ist bei diesen Flüssen die Erhaltung der letzten Reste von Verzweigungsstrecken und von Schlucht- und Klammstrecken. Neben dem hohen Stellenwert dieser Gewässerformen im Ökosystem „Alpen“ spricht die Erhaltung solcher landschaftlicher Attraktionen auch aus ökonomischen Gründen für sich selbst, da sie sowohl dem Naturempfinden wie der Sensationslust der Erholungssuchenden hohe Reize bieten. Gefährdet sind sie durch flußbauliche Maßnahmen ebenso wie durch Nutzung in hydroelektrischen Anlagen.

Um einen alpenweit vergleichbaren Überblick über den Zustand der alpinen und dealpinen Flüsse zu erhalten, wäre eine mit allen Alpenländern abzustimmende Aufnahmemethodik zu erarbeiten. Das von der CIPRA vorgeschlagene Alpeninstitut könnte ein einfaches, auch von Nichtspezialisten benutzbares Programm erstellen, wie das beispielsweise bei der Biotopkartierung in Bayern mit Erfolg geschah. Ein tieferes Eindringen in die Materie wäre der nächste Schritt für planerische Konzepte, der allerdings mit der Gefahr verbunden wäre, daß die dabei entstehenden „Wälzer“ die Politiker von der Durchführung auch schlichter Maßnahmen abschrecken könnten.

Die ungeheure Zahl von Wildbächen verbietet eine komplette und detaillierte Aufnahme ihrer Zustände als Grundlage einer statistischen oder gar systematischen Bestandserhebung. Die Erarbeitung eines alpenweit gemeinsamen Katalogs ist ebenso wie bei den Flüssen eine Frage der Konsensfähigkeit der Alpenländer. Da bei den Wildbächen noch weit mehr als bei den Flüssen Geologie, Relief, Flußdynamik, Vegetation, Land- und Forstwirtschaft eine entscheidende Rolle spielen, sind die fachlichen Anforderungen an die Bearbeiter entsprechend höher.

Wie sehr hier manches daneben liegt, sei an einigen Beispielen dargestellt. Je kleiner ein Einzugsgebiet ist, umso stärker wirken sich auch geringfügige Eingriffe auf das Wildbachgeschehen aus. Es sei nur an den gesamten Komplex Erosion und Übermürungen erinnert.

Auffallende Eingriffe sind ohne Zweifel Rodungen. Planierungen, Bahn-, Straßen-, Hotelbauten für den Massentourismus, insbesondere für den Skilauf, für spektakuläre Rennen bis hin zu Olympischen Spielen. Diese Eingriffe wirken sich in jedem Fall abflußverschärfend aus, es treten Bodenabträge auf und häusliche Abwässer, Salze zur Pistenpräparierung, Kunstschnee belasten die Bäche.

Der oftmals erschreckende Anblick von Retortensiedlungen etwa in den Trois Vallées Savoyens, von spinnennetzartig mit Seilbahnen überzogenen Gebirgsstöcken in den Dolomiten, von Erosion zerstörten Hängen über der Waldgrenze im Oberengadin verleitet manchen auch zu allgemeineren Aussagen. Man erweist aber der Glaubwürdigkeit des Natur- und Umweltschutzes einen Bärendienst, wenn selbsternannte Experten beispielsweise 1987 den Bergsturz von Bormio den mehrere Kilometer entfernt auf der anderen Talseite in einem anderen Gebirgsstock befindlichen Skipisten anlasteten. Oder, wenn in Hinterglemm die am Talausgang gelegenen Skianlagen die verheerenden Hochwasserschäden auf dem Schuttkegel verursacht haben sollen, während die Schutt- und Wassermassen aus dem vom Skisport unberührten Talinneren kamen. Mangelnde Recherchen können selbst Experten zu fachlichen Kapriolen verleiten, wenn etwa ein mächtiger, aber flachgründiger Felssturz deshalb als Folge des menschlichen Treibhausklimas dargestellt wird, weil der in den Gesteinsklüften seit der letzten Eiszeit angeblich gespeicherte Dauerfrost plötzlich auftaut und damit seine Zementwirkung verliert. Permafrost gibt es in den Alpen in der Tiefe von Moränen, keineswegs aber in seit Jahrtausenden „gut geheizten“ Felswänden.

Diese Beispiele werden hier nicht aus Bosheit oder aus Besserwisseri vorgezeigt, sondern aus der tiefen Sorge, daß derartige Behauptungen, in den Medien sensationell aufgemacht, den Naturschutz insgesamt fachlich diskreditieren.

Die kärglichen bis kläglichen Fortschritte der Alpenkonvention sind möglicherweise auch auf solche fachliche Pannen zurückzuführen. Der dringend notwendige Schutz des Öko-Großsystems Alpen verfällt dabei dem Odium der Panikmache. Es steht außer Zweifel, daß die Gründe für die künftig zu befürchtende zunehmende Ausbeutung der Alpen vor allem kommerzieller Natur sind, die sich dann leicht hinter zwar gut gemeinten, jedoch unzureichend begründeten oder unrealistischen Forderungen besorgter Umweltschützer verbergen lassen.

Summa summarum:

Die Alpen sind als Großökosystem seit langem dichtbesiedelter menschlicher Lebensraum und besonders in unserer Zeit vom Menschen mehr oder weniger stark, gebietsweise bis zur Zerstörung beeinträchtigt. Die alpinen und dealpinen Flüsse sowie die Wildbäche sind ganz wesentliche Komponenten des Gesamtkomplexes Alpen und bedürfen besonderer Aufmerksamkeit und Pflege. Dazu reicht nicht nur guter Wille, es bedarf vielmehr eines gerüttelten Maßes an Wissen, um mit vorbeugenden Schutzmaßnahmen, Renaturierungen und Revitalisierungen das Ziel ihrer Rettung zu erreichen.

#### **Anschrift des Verfassers:**

Dr. Johann Karl  
Jugendstraße 7  
D-81667 München

#### **Schrifttum:**

- (1) Arbeitsgemeinschaft „Wasserkraft in Bayern“ (Hrsg.), (1992): Wasserkraft in Bayern. 108 Seiten. München
- (2) Bätzing, W., (1991): Die Alpen. Entstehung und Gefährdung einer europäischen Kulturlandschaft. 286 Seiten. Verlag C. H. Beck München
- (3) Bayerische Wasserkraftwerke AG -BAWAG-, (1990): Natur und Energie in Harmonie. 50 Jahre BAWAG 1940-1990. 70 Seiten. München
- (4) Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (Hrsg.), (1983): Ökotechnische Modelluntersuchung Untere Isar. 316 Seiten. München
- (5) Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (Hrsg.), (1987): Grundzüge der Gewässerpflege. Fließgewässer. Schriftenr. Bayer. Landesamt f. Wasserwirtsch., H. 21. 110 Seiten. München
- (6) Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (Hrsg.), (1991): Stützkraftstufe Landau a.d. Isar. Entwicklung der Pflanzen- und Tierwelt in den ersten 5 Jahren. Schriftenr. Bayer. Landesamt f. Wasserwirtsch., H. 24, 154 Seiten. München
- (7) Bunza, G., (1982): Systematik und Analyse alpiner Massenbewegungen. In: Geologisch-Morphologische Grundlagen der Wildbachkunde. Schriftenr. Bayer. Landesamt f. Wasserwirtschaft, H. 17, S. 1-84. München
- (8) Bunza G., Karl, J., (1975): Erläuterungen zur Hydrographisch-Morphologischen Karte der Bayerischen Alpen 1:25.000. Sonderheft Bayer. Landesamt f. Wasserwirtschaft. (Hrsg.), 68 Seiten. 1975-1993 54 Kartenblätter 1: 25.000. München
- (9) Burger, H. (1934 ff.): Der Einfluß des Waldes auf den Stand der Gewässer. Mitt. d. Eidgen. Anstalt f. d. forstliche Versuchswesen, Bd. 18 ff, 1934, 1943, 1944, 1954, 1955. Birmensdorf
- (10) Deutsches Institut für Normung DIN (Hrsg.) (1985): Deutsche Norm DIN 19 663 Wildbachverbauung – Begriffe, Planung und Bau. 27 Seiten. Berlin
- (11) Engler, A. (1919): Der Einfluß des Waldes auf den Stand der Gewässer. Zürich
- (12) Internationale Alpenschutzkommission CIPRA (Hrsg.) (1992): Die letzten naturnahen Alpenflüsse. CIPRA Kleine Schriften 11/92, 67 Seiten. Vaduz
- (13) Jürging, P. (1992): Langzeitbeobachtungen zur ökologischen Entwicklung von Stauräumen, dargestellt am Beispiel der Stützkraftstufe Landau a.d. Isar. In: Ökologische Bilanz von Stauräumen; Bayer. Akademie f. Naturschutz u. Landschaftspflege, Laufener Seminarbeiträge 1/92, S. 52-59. Laufen
- (14) Karl, J. (1979): Ökologische Probleme bei der Nutzung alpiner Gewässer zur Energiegewinnung. Jahrb. Ver. z. Schutz d. Bergwelt, 44. Jahrg., S. 119-125. München

- (15) Karl, J. (1985): Steilhangwälder in den Alpen – Wälder ohne Zukunft. Jahrb. Ver. z. Schutz d. Bergwelt, Jahrg. 50, S. 65-78. München
- (16) Karl, J. (1991): Naturkatastrophen in den Alpen – naturegeben oder provoziert? Alpenvereinsjahrbuch Berg '91, S. 216-226. München, Innsbruck, Bozen
- (17) Karl, J. (1992): Die Auswirkungen des Modernen Klimaoptimums in den Alpen. INTERPRAEVENT BERN, Bd. 1, S. 15-26. Forschungsgesellschaft f. vorbeugende Hochwasserbekämpfung Klagenfurt.
- (18) Karl, J. (1993): Unsere Umwelt Alpen. Jahrb. Ver. z. Schutz d. Bergwelt, Jahrg. 58, S. 13-37. München
- (19) Karl, J., Danz, W., (1969): Der Einfluß des Menschen auf die Erosion im Bergland. Schriftenr. d. Bayer. Landesstelle f. Gewässerkunde, H. 1, 98 Seiten. München
- (20) Karl, J., Mangelsdorf, J., Scheurmann, K. (1977): Die Isar – ein Gebirgsbluß im Spannungsfeld zwischen Natur und Zivilisation. Jahrb. Ver. z. Schutz d. Bergwelt, Jahrg. 42, S. 175-224. München
- (21) Karl, J., Porzelt, M., Bunza G. (1985): Oberflächenabfluß und Bodenerosion bei künstlichen Starkniederschlägen. Deutscher Verband f. Wasserwirtschaft u. Kulturbau DVWK, Schriften 71, S. 39-102. Verlag Paul Parey Hamburg und Berlin.
- (22) Kunz, E. (o.J.): Fischerei und Wasservogel. Eine kritische Würdigung der Veröffentlichungen Reichholfs. Fischereiverband Oberbayern e.V., 126 Seiten. München
- (23) Lamb, H.H. (1989): Klima und Kulturgeschichte. Der Einfluß des Wetters auf den Gang der Geschichte. 448 Seiten. Rowohlt's Enzyklopädie Kulturen und Ideen. Reinbek b. Hamburg
- (24) Lang, O. (1990): Renaturierung der Wildflußlandschaft Ova da Bernina. Inst. f. Landschaftspflege und Umweltschutz, 22 Seiten. Uster
- (25) Mangelsdorf, J., Scheurmann, K. (1980): Flußmorphologie. Ein Leitfaden für Naturwissenschaftler und Ingenieure. 262 Seiten. R. Oldenbourg Verlag München Wien.
- (26) Pauli, L. (1980): Die Alpen in Frühzeit und Mittelalter – die archäologische Entdeckung einer Kulturlandschaft. 344 Seiten. Verlag C. H. Beck, München
- (27) Reichhoff, J. (1975): Die quantitative Bedeutung der Wasservögel für das Ökosystem eines Innstausees. Verh. Ges. f. Ökologie, S. 247-254. Wien
- (28) Reichhoff, J., Reichhoff-Riehm, H. (1982): Die Stauseen am unteren Inn – Ergebnisse einer Ökosystemstudie. Ber. Akademie f. Naturschutz und Landschaftspflege, H. 6, S. 47-89. Laufen
- (29) Scheurmann, K. (1973): Die Pupplinger und Ascholdinger Au in flußmorphologischer Sicht. Wasser und Abwasser (Bau intern), H. 7, S. 207-213. München
- (30) Scheurmann, K. (1992): Wandel voralpiner Flußlandschaften durch Wasserbau und Wasserkraftausbau. In: Ökologische Bilanz von Stauräumen. Bayer. Akademie für Naturschutz u. Landschaftspflege, Laufener Seminarbeiträge 1/92, S. 19-26. Laufen
- (31) Stadt Augsburg (Hrsg.) (1991): Der Lech – Wandel einer Wildflußlandschaft. Augsburger Ökologische Schriften 1, 174 Seiten. Augsburg
- (32) Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. (Hrsg.) (1990): Rettet den Tiroler Lech. Sonderdruck aus Jahrb. d. Ver. z. Schutz d. Bergwelt, Jahrg. 55, 81 Seiten. München
- (33) Wendl, K. (1968): Die Sanierung von Wildbacheinzugsgebieten im Allgäu, erläutert am Beispiel Schlapdälpe. Bayer. Landw. Jahrb., SH 1, S. 78 ff. München
- (34) Wendl, K. (1969): Die Sanierung des Halblechgebietes. Wasser und Boden, Jahrg. 21/1, S. 14-17. Hamburg

#### Nachweis der Fotos:

Abbildungen 10, 11, 12 Dr. Peter Jürging, alle anderen vom Verfasser.





Abb. 2: Die Verdon-Schlucht in den Provinzalischen Alpen ist eine der eindrucksvollsten Flußlandschaften Europas.



Abb. 3: In der Via Mala am Hinterrhein in Graubünden werden die starken Spiegelschwankungen alpiner Fließgewässer besonders deutlich. Große Hochwasser füllen die Klamm bis über die Hälfte ihrer Höhe auf.



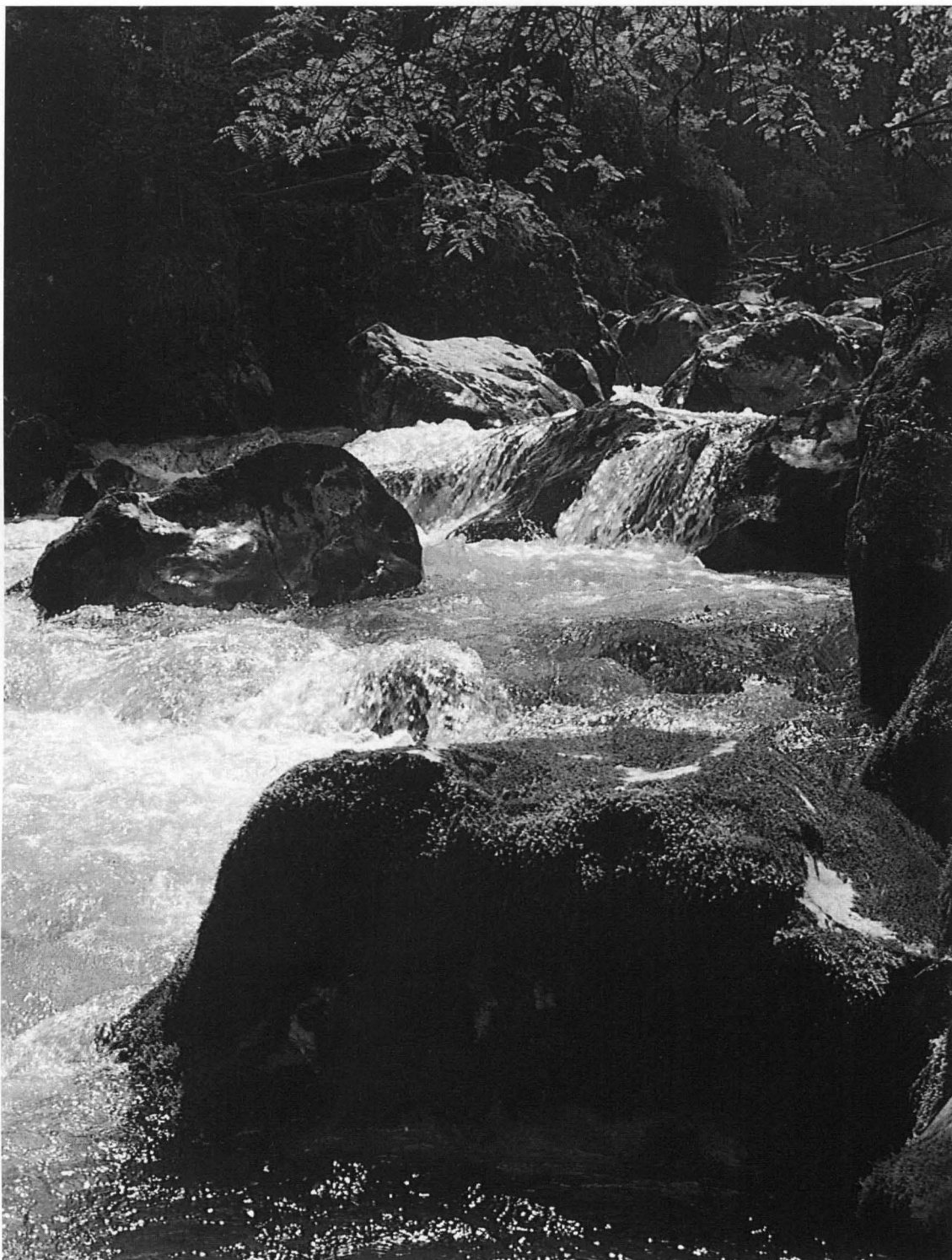


Abb. 4: Unverbaute Beharrungsstrecken mit stabiler Sohle sind natürliche bis sehr naturnahe Bereiche von Wildbächen und in hohem Grade schutzbedürftig.

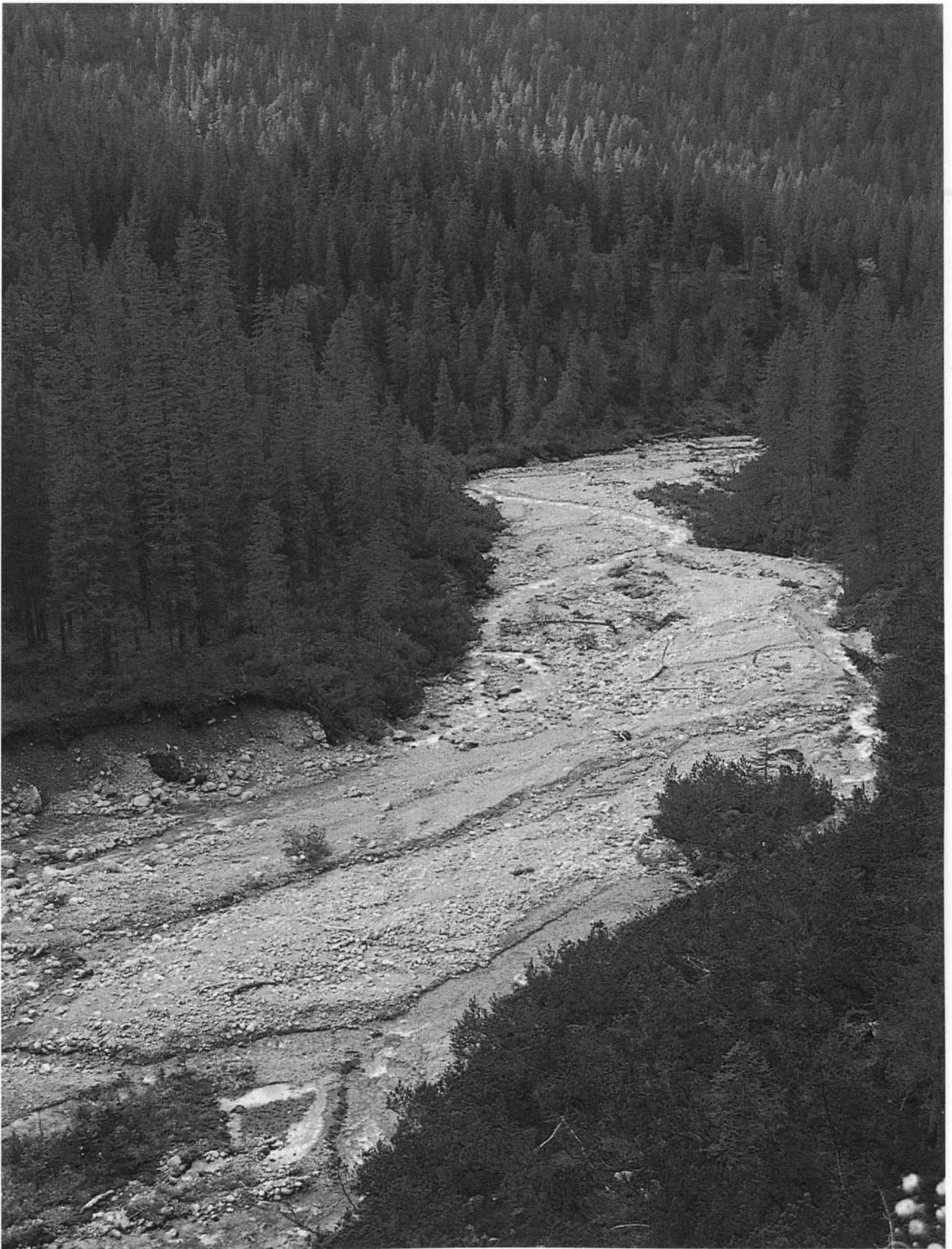


Abb. 5: In naturnahen Wildbächen sind solche Verzweigungsstrecken noch häufig, sie ersetzen jedoch nicht die in den Alpen- und Voralpenflüssen so gut wie völlig zerstörten verzweigten Flußlandschaften.



Abb. 6: Die Verzweigungsstrecken des Lech im tirolischen Ausserfern sind mit die letzten Reste dieser einst weitverbreiteten Gewässerform.



Abb. 7: Aus heutiger Sicht wasserbaulich wie umweltschützerisch unverständliche Baumaßnahmen wie diese Bühnen zerstören die letzten Verzweigungsstrecken des Tiroler Lech.





Abb 8: Das Ergebnis der flußbaulichen Eingriffe ist ein kanalartiges Gerinne, in dem sich der Lech rasch eintieft und damit fortlaufend neue Baumaßnahmen verursacht.



Abb 9: Auch ohne unmittelbare flußbauliche Eingriffe tieft sich die Isar im Naturschutzgebiet Pupplinger-Ascholdinger Au rasch ein, seit das alpine Geschiebe im Sylvensteinspeicher und im Stauraum des Kraftwerkes Bad Tölz zurückgehalten wird.



Abb. 10: Die als Folge von Regulierungen stark eingetieftete Isar wurde bei Landau durch ein Stützkräftwerk stabilisiert. Im Stausee und im umgebenden Auwald mit seinen Altwassern und Bächen wurde mit gezielten Maßnahmen eine Revitalisierung eingeleitet.

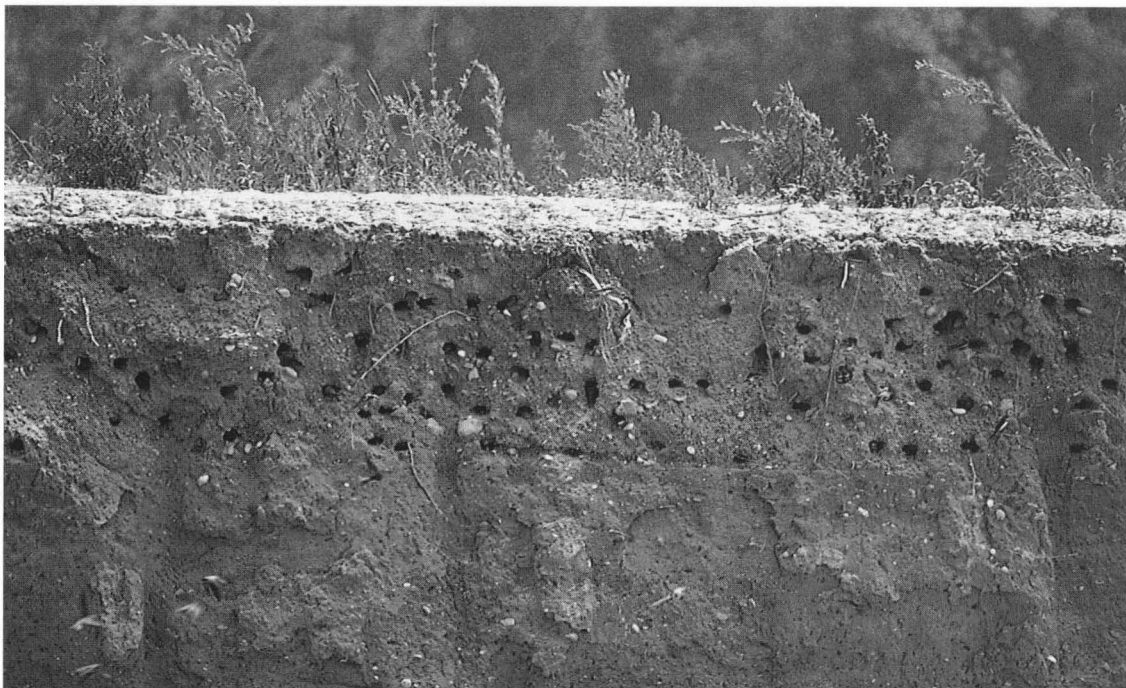


Abb. 11: Bereits im ersten Jahr nach der Inbetriebnahme entstand in der Stufe Landau an einem künstlichen Steilufer eine etwa 200-köpfige Brutkolonie der in Bayern stark bedrohten Uferschwalbe.



Abb. 12: Zahlreiche Anglersportler mit ihren Booten sind für Wasser- und Watvögel ein starker Störfaktor.



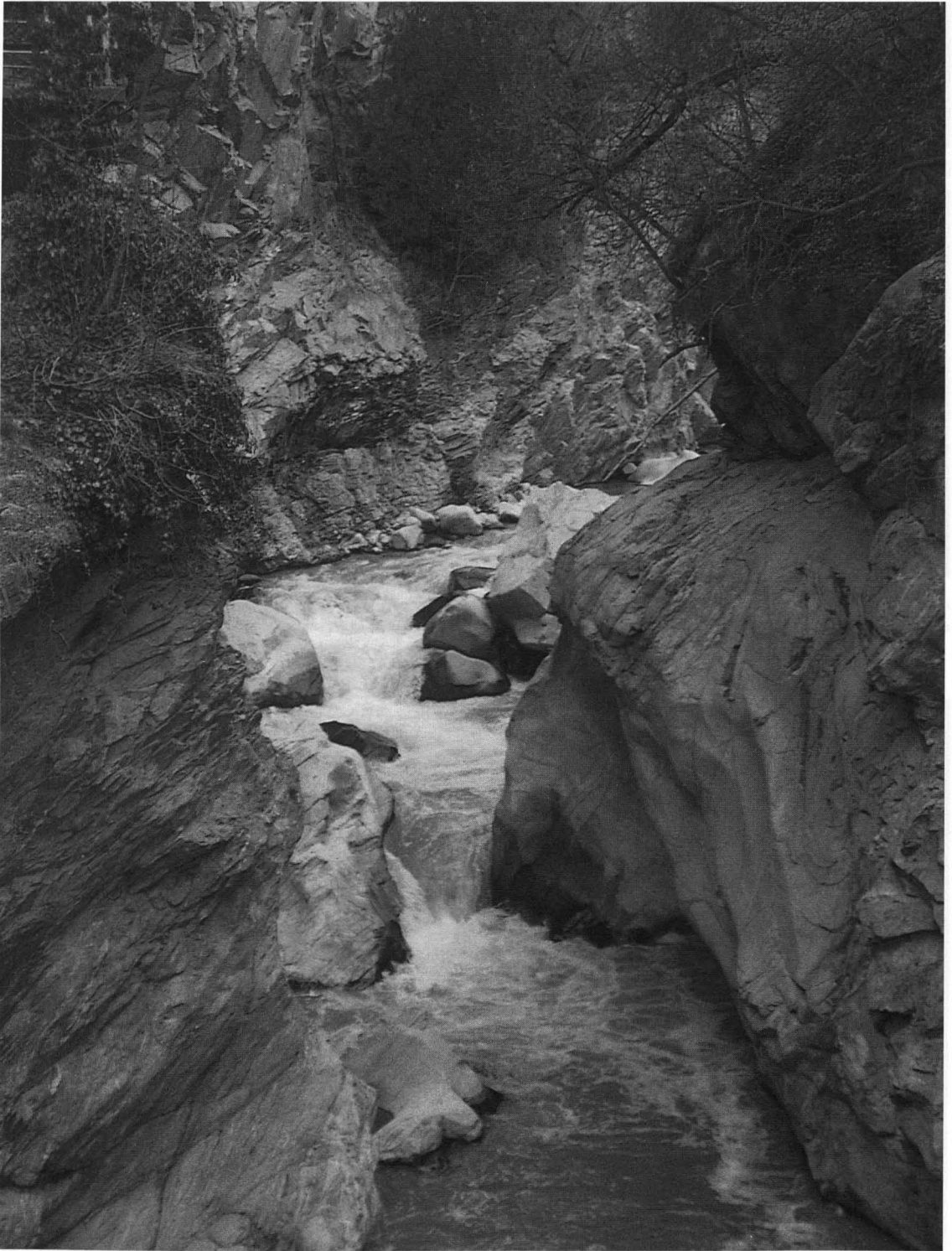


Abb. 13: Durch Talsperren eingestaute Klammen könnten nach Entfernung oder Öffnung des Bauwerkes rasch renaturiert werden.



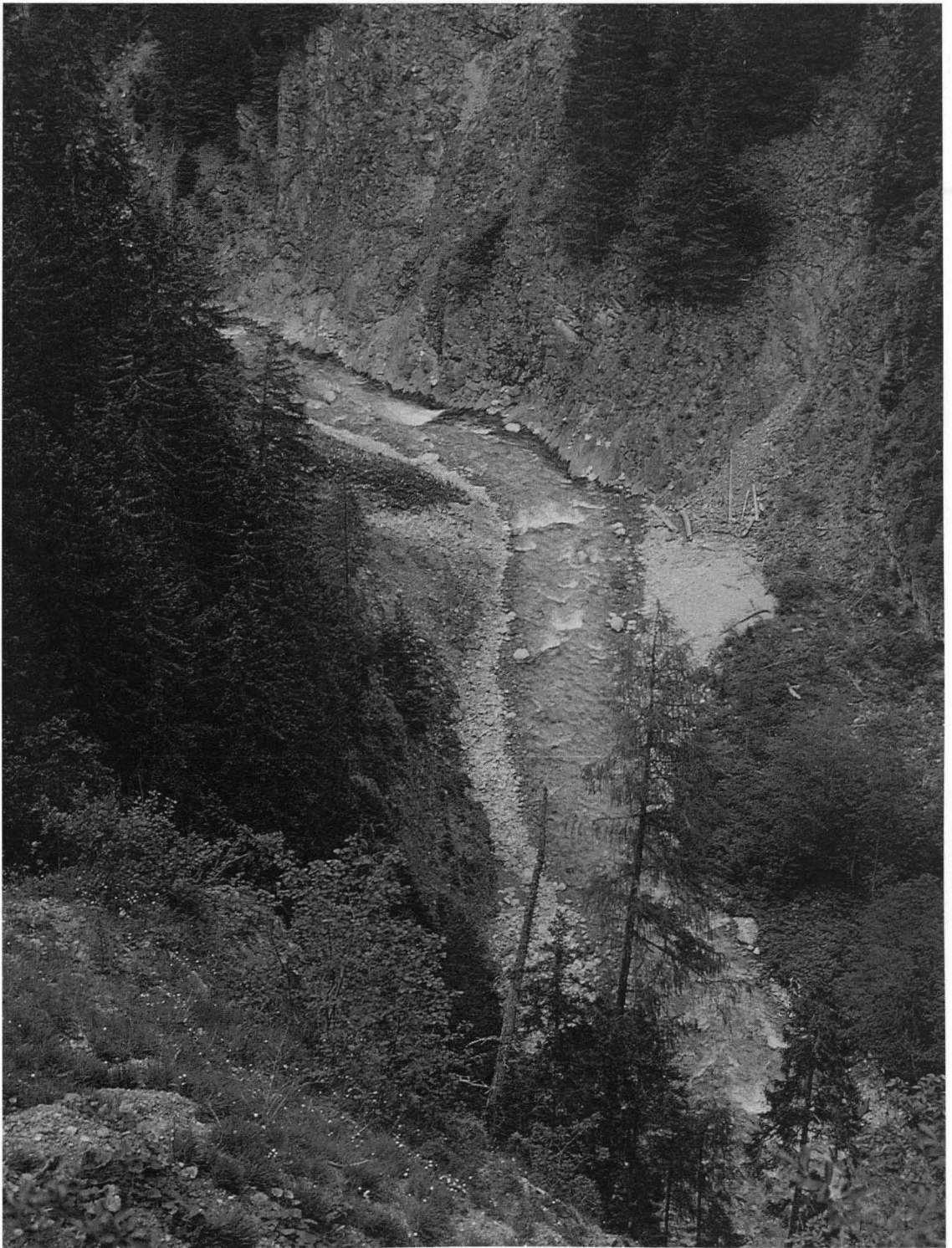


Abb. 14: Auch spärlich bewachsene Tobel könnten nach Auflassung von Stauseen renaturiert werden. Der ursprüngliche Zustand würde jedoch erst nach Jahrzehnten wieder erreicht.



Abb. 15: Große Feststoffherde wie dieser Uferabbruch sind als Geschiebelieferanten für Wildbäche wie für Alpen- und Vor-alpenflüsse unentbehrlich.



Abb. 16: Extreme Hochwasser mit starken Geschiebeeinstößen können zu schweren Schäden führen wie hier an der Straße nach Bormio.

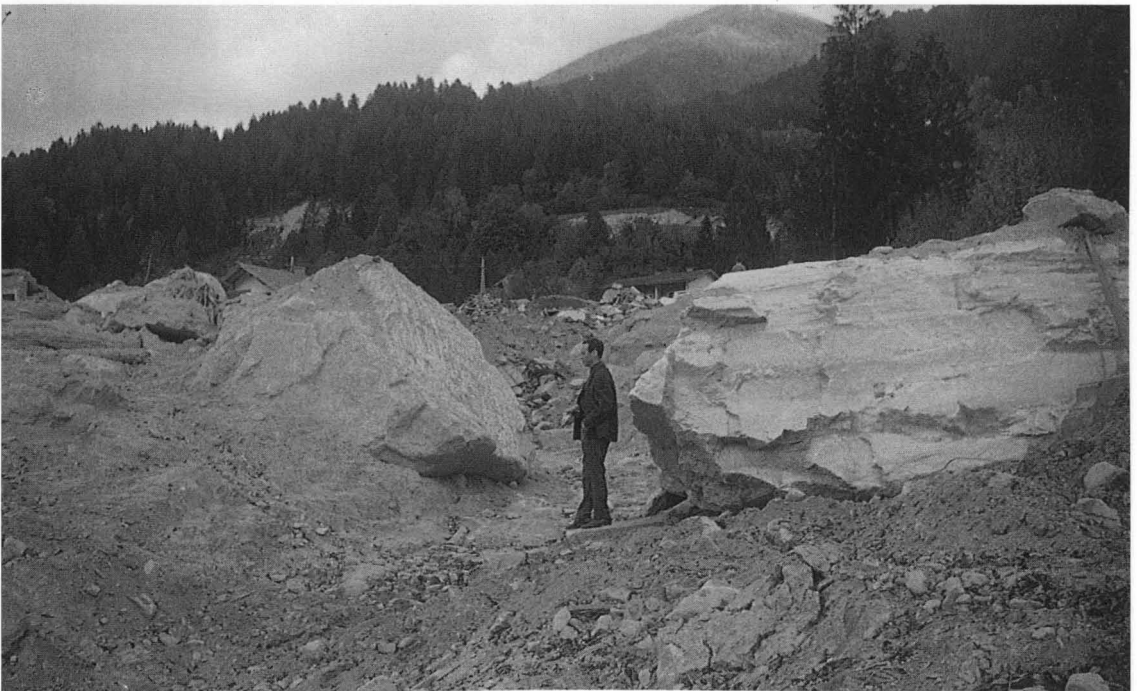


Abb. 17: Diese Felsblöcke wurden 1966 vom Wollnitzenbach in Kärnten auf dem neu besiedelten Schuttkegel abgelagert. Dabei wurden sechs Häuser zerstört.





Abb. 18: Auch alte Bauernhäuser sind bei Extremereignissen wie hier 1987 im Stubai vor Hochwasserschäden nicht sicher.



Abb. 19: Diese Sperrentreppe sichert die Bachsohle in einer Erosionsstrecke vor weiterer Eintiefung. Sie stützt zugleich die Hänge und mindert so übermäßigen Geschiebeanfall.



Abb. 20: Neben dem Geschiebe ist Wildholz eine besonders große Gefahr für menschliche Siedlungen und Verkehrswege. Speziell gebaute Sperren halten das Holz zurück.



Abb. 21: Um das Ausbrechen von Wildbächen auf Schuttkegel zu verhindern, sorgen Stoßgerinne für den kontrollierten Abfluß von Hochwasser und Geschiebe.



Abb. 22: In stark besiedelten Talräumen können oft nur Mauern den menschlichen Lebensraum vor Hochwasser schützen.



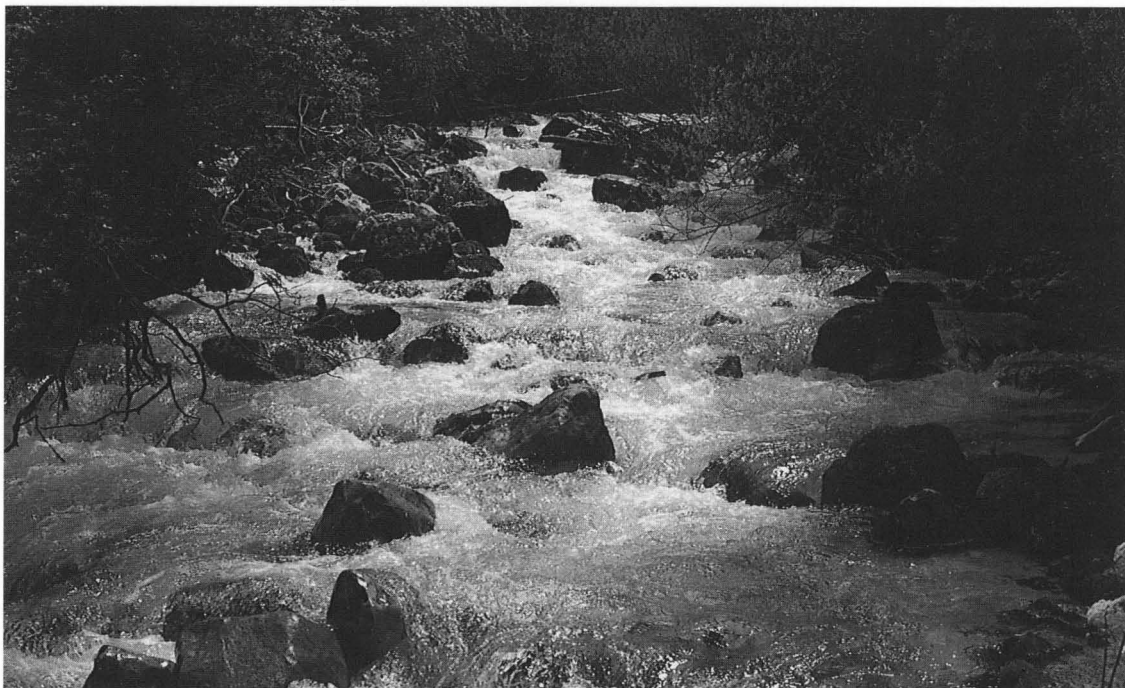


Abb. 23: Naturnahe, unverbaute Beharrungsstrecken dienen als Vorlage für die Revitalisierung ausgebauter oder auszubauender Steilstrecken in Wildbächen.

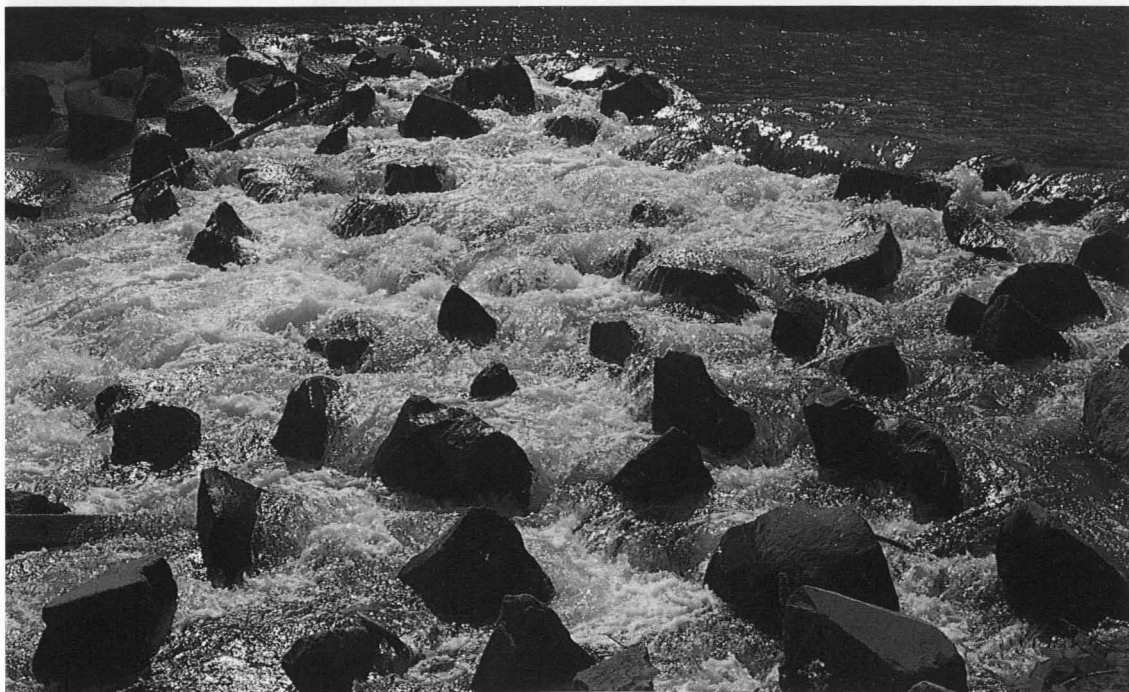


Abb. 24: Diese Nachahmung einer Beharrungsstrecke mit Hilfe von Bruchsteinen wird nach wenigen Hochwassern weit weniger künstlich aussehen. Die revitalisierende Wirkung ist jedoch bereits jetzt vorhanden.



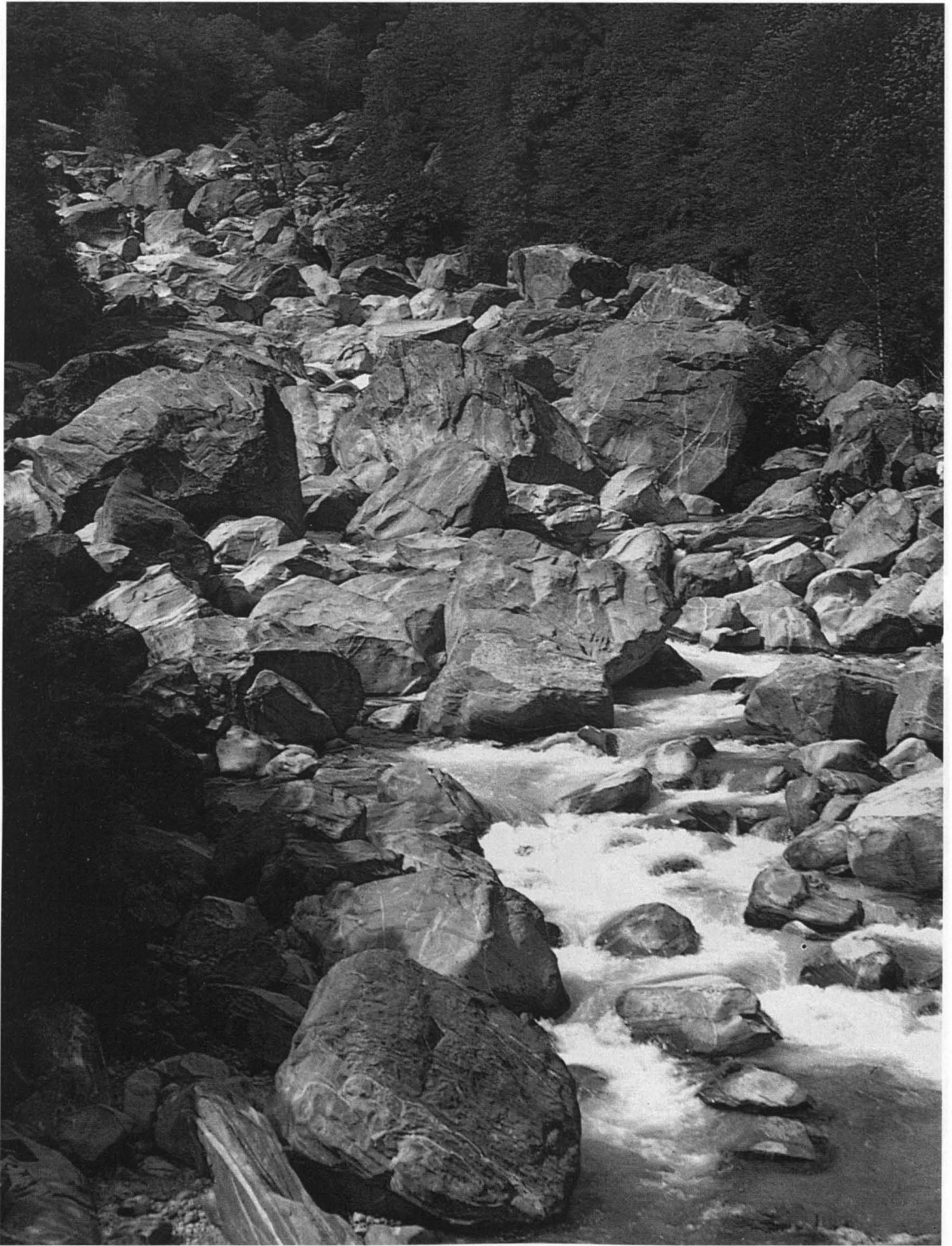


Abb. 25: Die natürlich mit den Blöcken eines alten Felssturzes bedeckte Sohle des Verzasca-Baches im Tessin ist nahezu so stabil wie eine Klammschleife im gewachsenen Fels.



Abb. 26: Heute ermöglichen schwere Baumaschinen die Nachahmung blockierfüller, stabiler Bachstrecken. Solche Bauwerke können unter bestimmten Voraussetzungen Sperrentreppen ersetzen.



Abb. 27: In den im vorigen Jahrhundert zu Triftstrecken für Salinenholz ausgebauten Wildbächen wurde die Bachsohle mit niedrigen Schwellen aus Holz oder Stein stabilisiert.



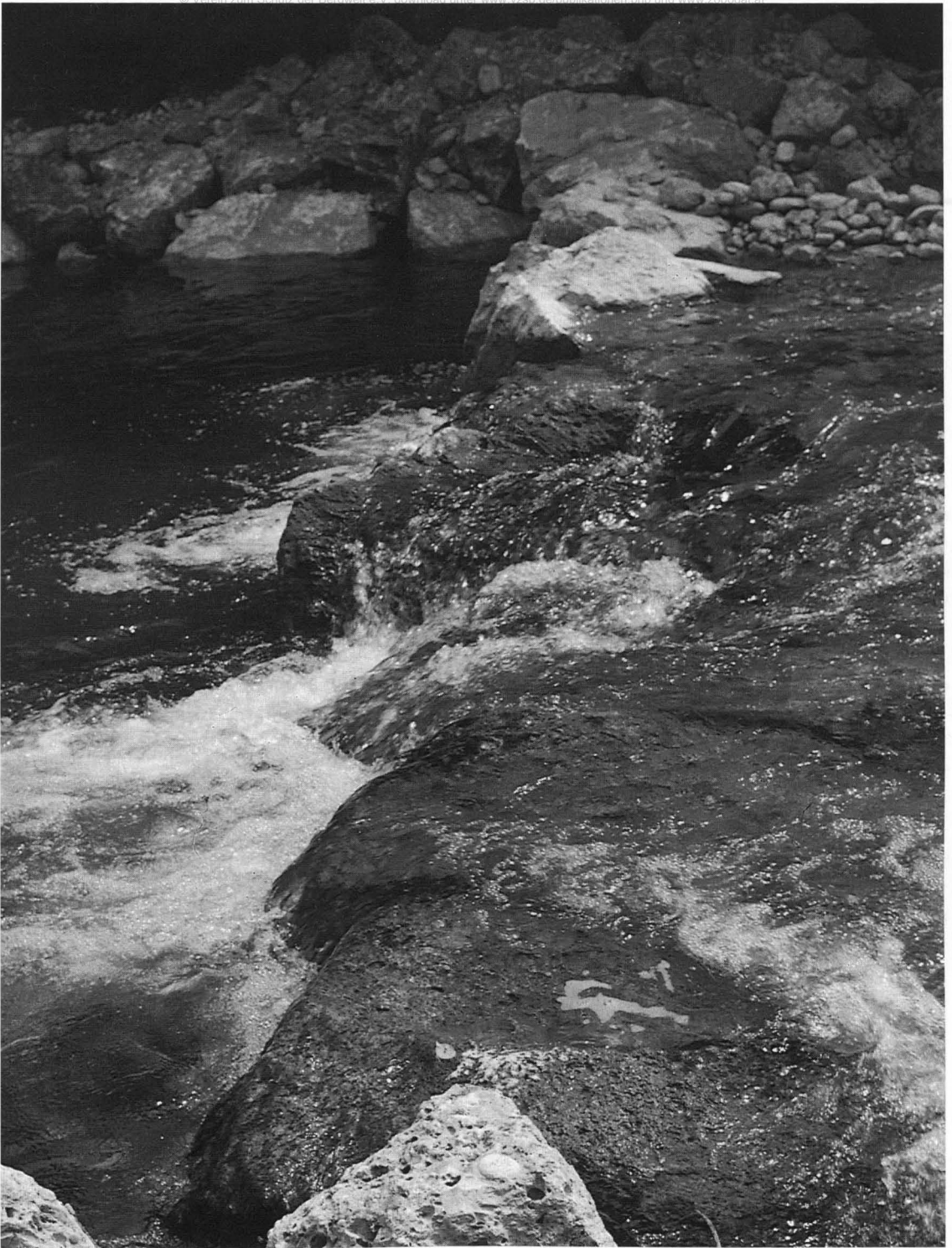


Abb. 28: Durch den Umbau der alten starren Sohlschwelle in eine Rampe aus Großblöcken ist ein sehr naturnaher revitalisierter Wildbach entstanden.



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt](#)

Jahr/Year: 1994

Band/Volume: [59\\_1994](#)

Autor(en)/Author(s): Karl Johann

Artikel/Article: [Renaturierung und Revitalisierung alpiner Fließgewässer 29-65](#)