Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 99 (2007)
Heft: 2

Artikel: Uferschutzmassnahmen an Seen : Beispiele und ihre Wirkungen
Autor: Iseli, Christoph
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-940119

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 23.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Uferschutzmassnahmen an Seen: Beispiele und ihre Wirkungen

Christoph Iseli

Zusammenfassung

Im Rahmen des Forschungsprojekts Erosee wurden fünf Versuchsstandorte am Bielersee näher untersucht. Einer dieser Standorte umfasst das in den Jahren 2001–2002 ausgeführte Revitalisierungsprojekt im Naturschutzgebiet Gals. Anhand dieses Beispiels wird der Ablauf einer Projektierung von der Analyse des Projektgebiets über die Definition des Schutzkonzepts bis zur Bemessung der Bautypen dargestellt. Dabei wird jeweils Bezug genommen auf die Wissenslücken, welche bei der Erarbeitung des Uferschutzprojektes vorhanden waren und welche das Projekt Erosee zu schliessen versuchte. Die am Bielersee am häufigsten angewendeten naturnahen Uferschutzmassnahmen werden zudem näher erläutert.

Résumé

Dans le cadre du projet de recherche Erosee, cinq sites expérimentaux ont été examinés de manière détaillée. L'un d'entre eux inclut le projet de revitalisation réalisé entre 2001 et 2002 dans la zone naturelle protégée de Gals. Sur la base de cet exemple le processus d'élaboration du projet est présenté, depuis l'analyse du site jusqu'au dimensionnement des ouvrages en passant par la définition du concept de protection de rive. Les lacunes scientifiques de l'époque seront mises en évidence, celles-là mêmes qui ont constitué la motivation du projet Erosee. Les mesures de protection les plus couramment utilisées pour la protection des rives du lac de Bienne sont finalement passées en revue.

1. Revitalisierung des Seeufers in Gals (Bielersee): Das Beispiel eines Projektierungsablaufs

Das nachfolgende Beispiel zeigt einen möglichen Ablauf einer Projektentwicklung. Die darin beschriebene Uferrevitalisierung wurde zu einer Zeit projektiert, als die Forschungsresultate von Erosee noch nicht zur Verfügung standen. Während der Projekterarbeitung musste deshalb mit vielen Annahmen und Schätzungen gearbeitet werden. Der Hinweis auf diese Wissenslücken soll mithelfen, den Nutzen der geleisteten und auch zukünftigen Forschungsarbeit für die praktische Anwendung zu unterstreichen.

1.1 Ausgangslage

Das Projektgebiet liegt am Südwestende des Bielersees im Perimeter eines kantonalen Naturschutzgebiets und umfasst rund einen Kilometer Seeufer im Seebecken zwischen der Einmündung des Zihlkanals und der Grenze zu Erlach. Es befindet sich zum grossen Teil im Eigentum des Kantons Bern und besteht landseits hauptsächlich aus Auenwald.

1.2 Projektierungsgrundlagen

1.2.1 Analyse des Projektgebiets: bisherige und geplante Nutzung, ökomorphologische Bewertung, Defizitanalyse

Die vorhandenen planerischen Grundlagen waren einerseits die Uferschutzplanung der Standortgemeinde Gals von 1993, welche eine ökologische Aufwertung und Revitalisierung des Ufergebiets postulierte, und andererseits ein älterer forstlicher Nutzungsplan aus der Zeit der intensiven Waldnutzung. Eine systematische, ökomorphologische Uferbewertung, welche eine fundierte Defizitanalyse und eine entsprechende Ableitung des Handlungsbedarfs erlaubt hätte, wurde keine durchgeführt. Es muss allerdings erwähnt werden, dass dieses Defizit nicht nur bei dem hier beschriebenen Projekt besteht. Vielmehr handelt es sich um ein grundsätzliches. Bis heute existiert nämlich kein anwendbares Verfahren für die Zustandsbeschreibung und die Bewertung von Seeufern. (vgl. Walz et al. 2003). Aus diesem Grund erarbeitete Hugonin (2004) im Rahmen des Forschungsprojekts Erosee einen Entwurf für ein solches Bewertungsverfahren. Ziel sollte nun sein, dieses zu einem praxistauglichen Verfahren, welches an allen Seen anwendbar ist, weiterzuentwickeln. Dabei ist eine enge Koordination mit dem kurz vor dem Abschluss stehenden Projekt «Entwicklung eines naturschutz- und gewässerschutzfachlichen Übersichtsverfahrens zur hydromorphologischen Zustandserfassung von Seeufern» der Deutschen Bundesstiftung Umwelt anzustreben.

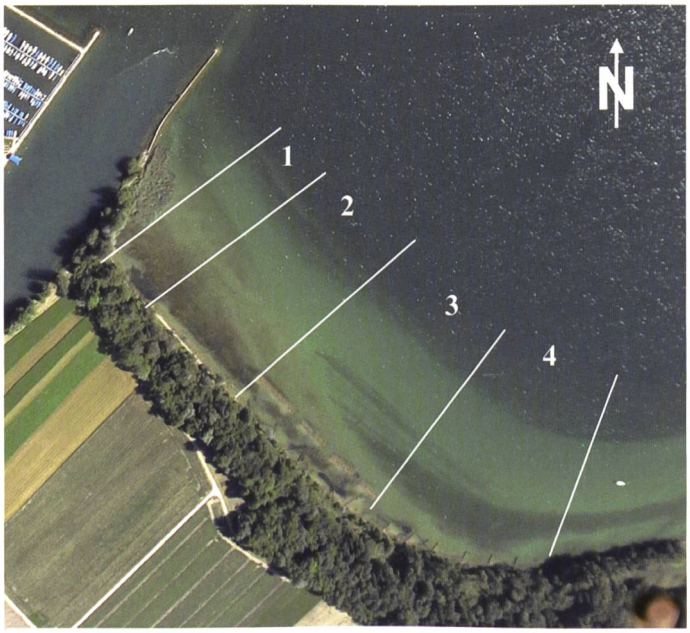

Bild 1. Projektgebiet Naturschutzgebiet Gals, südöstlich der Zihlmündung. Aufnahme von 2005. Ausgeführte Massnahmen: Abschnitt 1: unbefestigtes Ufer, Abschnitt 2: Kiesschüttung, Abschnitt 3: Wellenbrecher, Abschnitt 4: Buhnen.

Die Uferlinie des betroffenen Gebiets wurde in den 1930er-Jahren mit Steinblöcken gesichert und begradigt, das Ufer zeichnete sich somit durch eine Strukturarmut und durch eine fehlende morphologische Dynamik aus. Der Wald ist durch mehrere Gräben entwässert und wurde bis vor kurzer Zeit intensiv forstlich genutzt. Eine wichtige Funktion übt er als Windschutz für die südwestlich angrenzenden landwirtschaftlichen Nutzflächen aus. Nicht zuletzt ist auch der steigende Nutzungsdruck durch Erholungssuchende beidseits der Wasserlinie zu erwähnen.

1.1.2 Handlungsstrategie und Schutzziele

In einer Vorstudie wurde aufgrund der festgestellten Defizite und der vorhandenen Rahmenbedingungen die Handlungsstrategie festgelegt: Mittels gezielter Massnahmen sollte eine Dynamisierung der Ufermorphologie erreicht werden. Es sollten einerseits punktuell Verlandungsprozesse provoziert und andererseits beschränkte Erosionsprozesse geduldet werden können. Zudem sollte die Strukturvielfalt erhöht werden durch die Schaffung von zusätzlichen Lebensraumtypen, wie z.B. Röhrichtzonen, Totholz oder Amphibienteiche.

Die Schutzziele wurden so definiert, dass die Windschutzfunktion des Uferwaldes erhalten bleiben muss und dass zumindest die landseitige Erholungsnutzung zugunsten des prioritären Auenschutzes reduziert werden soll. Ein Schutzziel im Sinne der Festlegung einer Periodizität des Bemessungsereignisses wurde nicht bestimmt und hätte mangels Grundlagen auch nicht definiert werden können.

1.3 Hydraulische und wasserbautechnische Rahmenbedingungen

1.3.1 Wind und Wellen

Der massgebende Wind ist hier der Nordost-Wind; das Ufer wird also primär durch die Wellen der «Bise» belastet. Diese streichen zunächst südwestlich von Erlach dem Ufer entlang, bis sie das Ende des Seebeckens erreichen und in der entsprechenden Bucht, welche nordwestlich durch den Damm des Zihlkanals begrenzt ist, frontal auf die Uferlinie (Abschnitte 1 bis 4) branden. Eine statistische Auswertung der Wind- und Wellenverhältnisse wurde für das Projekt nicht durchgeführt, entsprechend wurde auch keine Bemessungswelle definiert.

1.3.2 Bathymetrie, Sedimente und Strömungen

Aufgrund von einfachen, stichprobeweise vorgenommenen Seegrundvermessungen war bekannt, dass die Flachwasserzone generell für die Verhältnisse des Bielersees hier vergleichsweise seicht ist. Bei den bathymetrischen Aufnahmen wurde ein leichtes Gefälle festgestellt. Bei der Zihlmündung (Abschnitte 1 und 2) ist der Vorgrund sehr seicht und gegen Süden (Abschnitt 3 und 4) und schliesslich gegen Osten in Richtung Erlach wird die Flachwasserzone allmählich etwas tiefer. Die kanalisierte Zihl bildet den Abfluss des nahe gelegenen Neuenburgersees in den Bielersee und führt kein Geschiebe. Somit ist die seichte Flachwasserzone im Mündungsbereich nicht auf eine Deltabildung zurückzuführen. Vielmehr wurde das Phänomen als Hinweis darauf interpretiert, dass bei Starkwind die Sedimente durch eine uferparallele Strömung von Erlach her dem östlichen Uferabschnitt entlang transportiert und schliesslich in der Bucht vor der Zihlmündung deponiert werden. Aufgrund dieser Überlegungen wurde in der betroffenen Bucht also ein dominierender, uferparalleler Sedimenttransport im Uhrzeigersinn vermutet. Eine numerische Simulation der Wind- und Strömungsverhältnisse hätte die Zuverlässigkeit dieser Analyse wesentlich erhöhen können, womit auch die Herleitung des Schutzkonzepts abgesichert gewesen wäre.

1.4 Schutzkonzept

Im Schutzkonzept werden die Auswahl der Schutzmassnahmen und das wasserbauliche Design, also die räumliche Anordnung der Bautypen festgelegt. Im vorliegenden Projekt wurden drei Uferabschnitte mit jeweils verschiedenen Massnahmen definiert.

1.4.1 Befestigte Uferlinie, Beeinflussung der uferparallelen Strömung, ökologische Ersatzmassnahmen landseits

Im südlichsten Uferabschnitt (Abschnitt 4) wurden der Abbau des Blocksatzes bis auf die Höhe der mittleren Wasserlinie, der Bau von Buhnen und die Aufwertung des landseitigen Uferbereichs durch den Aushub von Grundwasserteichen geplant. Die Ziele dabei waren, den vorhandenen, uferparallelen Erosionsschutz durch den Blocksatz unterhalb der Wasserlinie beizubehalten, durch den Rückbau der Uferbefestigung oberhalb der Wasserlinie jedoch eine beschränkte Uferdynamik durch Erosion zuzulassen und durch den Bau von Buhnen die Uferstruktur so aufzurauen, dass ein Teil des uferparallel transportierten Sediments zurückgehalten wird. Durch die landseitigen Massnahmen wurde zudem eine ökologische Aufwertung des Uferbereichs erzielt.

1.4.2 Reduktion der Wellenbelastung und Beeinflussung des Sedimenttransports

Im mittleren Uferabschnitt (Abschnitt 3) schien es dank der seichteren Flachwasserzone möglich, die Uferbefestigung ganz zurückzubauen und die Wellenbelastung des nunmehr unbefestigten Ufers durch den Bau eines uferparallelen Wellenbrechers zu reduzieren. Durch die Ausgestaltung eines unterbrochenen Wellenbrechers mit vier Elementen sollten durch die Bildung von Tombolos (vgl. *Bild 2*) Verlandungszonen entstehen. Damit soll längerfristig die Aufwertung des seeseitigen Uferbereichs und die Ansiedlung von Schilf erzielt werden.

1.4.3 Rückbau der Uferbefestigung, natürliche Dynamik

Die bathymetrischen Verhältnisse im nördlichen Uferabschnitt (Abschnitte 2 und 1) erlaubten den Konzeptansatz, durch Rückbau der Uferbefestigung eine natürliche Uferdynamik zu schaffen, in welcher die Ufermorphologie längerfristig durch den Aufwuchs von Schilf einerseits und den Bewuchs von Auengehölzen andererseits in einem gewissen Toleranzbereich ein dynamisches Gleichgewicht finden kann.

1.5 Bemessung der Bautypen

Mangels quantitativer Bemessungsgrundlagen mussten die einzelnen Bautypen ohne Berechnungen definiert werden. Insbesondere für die Anordnung der Wellenbrecher-Elemente waren keine konkreten Angaben bekannt. So mussten die optimalen Verhältnisse zwischen der Elementlänge und dem Uferabstand sowie zwischen den Elementlängen und den Elementzwischenräumen aufgrund von rudimentären Literaturangaben abgeschätzt werden (ASCE 1994).

Dasselbe gilt für die Bemessung des ungeschützten Uferabschnitts. Die Einschätzung, dass der Uferabschnitt längerfristig auch ohne Befestigung stabil sei, konnte nicht rechnerisch nachgewiesen werden. Dies hatte im konkreten Fall zur Folge, dass die Bauherrschaft das Risiko einer Ufererosion als zu hoch einschätzte und deshalb verlangte, den betroffenen Uferabschnitt (Abschnitt 2) durch eine Kiesschüttung zu sichern. Damit wurden

Bild 2. Durch Diffraktion der Wellen am Wellenbrecher (links) bildet sich ein Tombolo (rechts).

Bild 3. Wellendämpfende Wirkung von Lahnungen.

an diesem Abschnitt jedoch sämtliche Projektziele verfehlt: Eine natürliche Uferdynamik wurde unterbunden und eine Aufwertung des seeseitigen Uferbereichs und die Ansiedlung von Schilf wurde so verhindert. Gleichzeitig muss anhand der nun häufig zu beobachtenden «wilden» Feuerstellen darauf geschlossen werden, dass der Kiesstrand ein beliebter Aufenthaltsort für Erholungssuchende geworden ist. Nicht zuletzt hatte die Kiesschüttung auch einen erheblichen Mehraufwand zur Folge.

Wie eingangs erwähnt, hätte eine seriöse ökomorphologische Uferbewertung eine klarere Definition der Schutzziele erlaubt. Eine numerische Simulation der Strömungsverhältnisse und Sedimenttransporte einerseits sowie der Wellenbelastung und der Uferstabilität andererseits hätten eine fundierte Begründung des Schutzkonzepts geliefert. Mittels einer weiteren numerischen Simulation hätte das wasserbauliche Design zudem optimiert werden können. Ein solches Vorgehen hätte im Vergleich zum ausgeführten zu einer (besseren) ökologischen Aufwertung und zu einem effizienteren Mitteleinsatz geführt.

2. Beispiele von Baumassnahmen und deren Wirkung

Im folgenden Kapitel werden die am Bielersee am häufigsten angewendeten Bautypen vorgestellt und diskutiert.

2.1 Wellenbrecher

Mit dem Bau von uferparallelen Wellenbrechern wird die Belastung auf das Ufer reduziert. Damit wird es möglich, die Uferlinie in ihrer natürlichen Beschaffenheit zu belassen resp. zurückzubauen. Durch die Reduktion der Wellenbelastung wird der Uferbereich zwischen Wasserlinie und Wellenbrecher aufgewertet, indem sich die verschiedenen Vegetationszonen (z.B. Schilfröhricht) besser entwickeln können. Bei den Wellenbrechern kann grundsätzlich zwischen durchlässigen (porösen) und undurchlässigen (dichten) sowie zwischen durchgehenden und unterbrochenen Bauweisen unterschieden werden.

2.1.1 Unterbrochene, nicht durchlässige Wellenbrecher (Beispiel Gals)

Mit dem Bau von unterbrochenen Wellenbrechern wird einerseits die Gesamtenergie der Wellenbelastung auf das Ufer reduziert, andererseits wird durch die spezielle Anordnung der Elemente die Bildung von sog. Tombolos bewirkt: Durch die Diffraktion der Wellen an den beiden Enden eines Elementes werden die Wellenkämme im Lee des Wellenbrechers so abgedreht, dass sie gegeneinander stossen und das mitgeführte Sediment ablagern. Wenn die auf diese Weise abgelagerte Sandbank das Ufer mit dem Wellenbrecher verbindet, spricht man von einem Tombolo (vgl. *Bild 2*).

Eine auflandende Wirkung der 2002 gebauten Wellenbrecher in Gals ist nach vier Jahren noch kaum festzustellen. Unter Umständen ist aber auch die Anordnung der Elemente nicht optimal oder die Durchlässigkeit der nur aus Blöcken aufgebauten Elemente zu hoch. Sollte die Wirkungskontrolle zeigen, dass keine Tombolobildung eintritt, müssten die Wellenbrecher optimiert werden, z.B. durch die Verbindung der vier kurzen zu zwei längeren Elementen.

Was jedoch bereits jetzt festgestellt werden kann, ist die infolge der Wellenbrechung reduzierte Erosion am Ufer. Lediglich randlich an einem Ende der Serie ist eine verstärkte Erosion festzustellen. Hier handelt es sich um die in der Ausführungspraxis oft schwierig zu meisternden Randeffekte und Übergangsprobleme zwischen den verschiedenen Bautypen. Hier handelt es sich konkret um die fehlende Überlappung der zwei verschiedenen Bauweisen der Abschnitte 3 und 4.

2.1.2 Lahnungen als durchlässige Wellenbrecher

Als erste Umsetzung des Schilfschutzkonzepts Bielersee (Iseli und Imhof 1987) wurde 1989 mit dem Bau von Lahnungen zum Schutz der bedrohten Schilfbestände begonnen. Bis 1994 wurden an fünf Standorten Lahnungen mit einer Gesamtlänge von ca. 1200 m erstellt. Die Standorte waren bewusst an verschieden exponierten Uferabschnitten ausgewählt worden. Die Ziele der Massnahmen waren, einerseits durch die wellenbrechende Wirkung der Lahnungen die Erosion des Seegrundes aufzuhalten resp. eine Akkumulation von Sediment im Wellenschatten der Lahnungen zu bewirken und andererseits durch die Reduktion der mechanischen Belastung der Schilfbestände durch Schwemmgut einen weiteren Schilfrückgang zu verhindern resp. die Wiederausdehnung der Schilfbestände zu fördern.

Zwischen 1991 und 2000 wurde in 21 Versuchsfeldern und 6 Kontrollfeldern jährlich die Wirkung der Lahnungen auf die Bathymetrie und auf die Ausdehnung der Schilfbestände ausgemessen (Iseli 1995 und Heimann 2000). An drei Standorten konnte eine deutliche Akkumulation von Sediment festgestellt werden. Zwei dieser Standorte zeichnen sich durch eine starke Wellenexposition aus (Mörigen und Sutz) und der dritte durch die unmittelbare Nähe einer Mündung eines geschiebeführenden Baches (Erlach). Es kann also vermutet werden, dass die Lahnung nur an denjenigen Standorten, welche eine hohe Sedimentdynamik aufweisen, als Sedimentfalle wirkt. In der Praxis ist es allerdings schwierig, das Ausmass dieser Dynamik

im Voraus abzuschätzen. Ausserdem ist seit den Untersuchungen von Sayah et al. (2004) klar, dass diese Wirkung nur dann eintreten kann, wenn die Lahnungen regelmässig so unterhalten werden, dass deren Durchlässigkeit einen gewissen maximalen Wert nicht übersteigt.

Die Wirkung der Lahnungen auf die Entwicklung der Schilfbestände ist dagegen schwieriger festzustellen. Im Durchschnitt aller Messungen haben sich die Schilfbestände leicht ausgedehnt, wobei die durch Lahnungen geschützten etwas mehr als die ungeschützten. Allerdings sind die jährlichen Schwankungen der einzelnen Stichproben so gross, dass eine positive Wirkung der Lahnung nicht nachzuweisen ist. Die Entwicklung der Schilfbestände unterliegt offenbar einer starken und unregelmässigen, jährlichen Schwankung, was den Schluss nahe legt, dass Entwicklungstendenzen nur über einen längeren Zeitraum hinweg festgestellt werden können.

Aufgrund der bisherigen Erfahrungen werden nachfolgend einige weitere Einschränkungen und Randbedingungen für die Anwendung von Lahnungen angeführt.

Wassertiefe: Die Weidenpackung der Lahnungen sollte eine Höhe von 1,20 m ab Seegrund nicht übersteigen. Höher gebaute Lahnungen haben z.T. wiederholt versagt, während niedrigere Elemente bisher noch keine Schäden infolge Wellenbelastung aufgewiesen und auch die Stürme «Vivian» (Februar 1990) und «Lothar» (Dezember 1999) unbeschadet überstanden haben. Die Krone der Lahnung sollte nicht überflutet sein, damit eine maximale Wellendämpfung erreicht wird. Weil die Weidenzweige, welche nicht dauernd unter Wasser liegen, rasch verrotten, wird die Kronenhöhe normalerweise auf den mittleren Sommerwasserspiegel ausgerichtet.

Baumaterial: Unbehandelte Nadelholzpfähle weisen eine Lebensdauer von rund 15 Jahren auf. Die Weidenzweige, welche zwischen die Pfahlreihen verpackt werden, sind dagegen bereits nach zwei Jahren so stark verrottet, dass die wellendämpfende Wirkung der Lahnung markant abnimmt. Nach spätestens drei Jahren ist die Wirkung bedeutungslos, und die Lahnung muss neu gepackt werden. Die Ernte von Weidenzweigen kann idealerweise mit einer ökologischen Pflege von Kopfweiden verbunden werden, wie dies in der Region Bielersee-Seeland seit 1989 geschieht. Trotzdem ist der Unterhaltsaufwand für diese Bauweise sehr hoch, weshalb die Entwicklung einer alternativen Bauweise oder der Ersatz der Weiden durch ein dauerhafteres Material erwünscht wären. Wie Sayah et al. (2005) gezeigt haben, sind mit Palisaden vergleichbare Wirkungen nur schwierig zu erreichen, da ihre Durchlässigkeit für die Wellen im Allgemeinen zu hoch ist. Effizienter ist dafür ihre Wirkung im Rückhalten von Schwemmgut.

2.2 Kiesschüttungen

Im Vergleich zum Wellenbrecher, welcher die Belastung des Ufers reduziert, wird mit der Kiesschüttung die Strategie verfolgt, den Widerstand des Ufers zu erhöhen. Mit einer richtig konzipierten Kiesschüttung kann eine Uferlinie dauerhaft stabilisiert werden. Unter «Kiesschüttung» wird hier jegliche Schüttung von rundkörnigem Material zwischen grobem Kies und Sand mit einer Böschungsneigung von weniger als 1:10 (bis max. 1:8) verstanden. Grundsätzlich soll eine Kiesschüttung aus möglichst feinem Material zusammengesetzt und möglichst flach geschüttet werden. Nur unter diesen Voraussetzungen kann sie als naturnahe Befestigung der Uferlinie bezeichnet werden.

Die wichtigsten Parameter bei der Bemessung von Kiesschüttungen sind die Korngrösse, die Korngrössenverteilung und die Schüttneigung. Daneben sind einige Randbedingungen beim Projektdesign massgebend. Im Querschnitt sind es die Topografie der Flachwasserzone und die Höhe der Uferböschung in Bezug auf den Seespiegel, und in der Situation ist es die Ausrichtung der Wasserlinie in Bezug auf die Wellenrichtung sowie die seitlichen Abgrenzungen der Kiesschüttung.

Korngrösse, Korngrössenverteilung und Schüttneigung: Noch fehlen genaue Bemessungsgrundlagen. Grundsätzlich gelten folgende Regeln: Die Korngrössenverteilung muss in jedem Fall möglichst breit sein, und je stärker die Wellenexposition und je steiler die Schüttneigung, desto gröberes Material muss verwendet werden.

Am Bielersee bestehen Erfahrungen mit verschiedenen Kiesqualitäten. Gewaschenes und fraktioniertes Material

Bild 4. Je seichter die Flachwasserzone und je geringer die Schüttneigung, desto feineres Material kann geschüttet werden.

Bild 5. Die Verjüngung der Böschungsbreite gegen den Vordergrund hin hat eine übersteile Böschungsneigung. zur Folge. Die Kiesschüttung wird durch die Brandung jedoch abgeflacht, was zu einem Verlust von Material durch seitliche Verfrachtung in Richtung des Betrachters oder zu einer Unterspülung der Blockreihe an der Böschungsoberkante führt.

Bild 6. Eine Mole bildet den seitlichen Abschluss der Kiesschüttung. Die Wellen werden der Mole entlang jedoch beschleunigt und treffen mit erhöhter Energie auf den Kieskörper auf. Bereits kurz nach dem Einbau ist hier eine Materialverlagerung entlang des Dammfusses festzustellen. Dies führte in der Folge zu einer übersteilen Böschungsneigung, weshalb die Stelle nachträglich mit einer Pflästerung aus Blöcken gesichert werden musste.

ist wenig stabil. Mangels innerer Kohäsion wird der Kieskörper durch die Brandung zu stark verformt (Beispiel: westlich des Hafens Ipsach, Baujahr 1996). Kies aus Flüssen oder Deltas eignet sich im Allgemeinen sehr gut. Beispiele finden sich in den beiden Erosee-Versuchsstandorten Lüscherz mit Kies aus dem Schüssdelta bei Biel (1996) und Ipsach Erlenwäldli mit Kies aus der Aare in Bern (2001). Kies ab Wand kann gegenüber dem Flusskies den Nachteil eines zu hohen Feinanteils haben, was einen Materialverlust durch Auswaschung von bis zu 30% des eingebrachten Volumens zur Folge haben kann (Beispiel Strandbad Erlach 1998, vgl. *Bild 5*). Andererseits ist damit der Vorteil verbunden, dass so viel Feinmaterial zurückbleibt, wie es der Standort erlaubt. Ein Beispiel ist der Strandplatz in Sutz (2005, vgl. *Bild 4*), an welchem die Wellenbelastung infolge der seichten Flachwasserzone geringer ist als angenommen, was zu einem sehr feinkörnigen und dadurch idealen Badestrand führte. Ein nach einer bekannten Siebkurve künstlich zusammengemischtes Material wurde bei einer Privatparzelle auf der St. Petersinsel eingesetzt (2004). Als Vorlage diente die Siebkurve des Versuchstandortes Lüscherz. Der leicht höhere Materialpreis pro Volumeneinheit konnte kompensiert werden, indem auf die Schüttung von zusätzlichem Reservematerial verzichtet und dadurch auch höhere Transportkosten vermieden werden konnten.

Bei feinkörnigen Kiesschüttungen ist immer, zumindest temporär, mit uferparallelen Verfrachtungen zu rechnen. Um einen Materialverlust aus der Schüttung zu vermeiden, müssen deshalb seitliche Stützwerke erstellt werden. Die richtige Anordnung dieser meist in Form von Buhnen erstellten Stützwerke ist eine wichtige Voraussetzung für die Stabilität der Kiesschüttung.

Die korrekte Bemessung des eingebrachten Materials und das richtige Projektdesign, also die Geometrie von Kiesschüttung, Ausrichtung und seitlicher Abschlüsse ist massgeblich für die Stabilität und damit auch Voraussetzung für einen minimalen Unterhaltsaufwand. Ein Fehler im Design kann nur durch regelmässiges Nachschütten von Material oder durch eine bauliche Veränderung der Geometrie korrigiert werden.

Bibliographie

ASCE, American Society of Civil Engineers (Hsg.) (1994). Coastal groins and nearshore breakwaters. Technical engineering and design guides as adapted from the US Army Corps of Engineers, No. 6.

Heimann, Ph. (2000). Schilfschutzmassnahmen am Bielersee, 10 Jahre Erfolgskontrolle. Verein Bielerseeschutz (unveröffentlicht).

Hugonin, P. (2004). Diagnostic écomorphologique des rives lacustres. Travail de diplôme, Cycle postgrade interuniversitaire en gestion des ressources en eau, hydrologie et hydrogéologie, EPF, Lausanne.

Iseli, Ch. (1995). Zehn Jahre Schilf- und Uferschutzmassnahmen am Bielersee. Schriftenreihe Verein Bielerseeschutz 4:39–48.

Iseli, Ch., Imhof, T. (1987): Bielersee 1987, Schilfschutz, Erhaltung und Förderung der Naturufer. Schriftenreihe Verein Bielerseeschutz 2.

Sayah, S. M., Boillat, J.-L., Schleiss, A. J. (2004). Effect of Porosity of Brushwood Fences on Wave Transmission. 4th International Symposium on Environmental Hydraulics & 14th Congress of Asia and Pacific Division 2004, Hong Kong, China, 1057–1062.

Sayah, S. M., Metral, M., Boillat, J.-L., Schleiss, A. J. (2005). Effet de la répartition géométrique des pieux de palissades sur la transmission des vagues. Génie biologique, 3–4, 8–11.

Walz, N., Ostendorp, W. & Brüggemann, R. (2003). Die ökologische Bewertung von Seeufern in Deutschland. – UWSF – Z Umweltchem Ökotox 15: 31–38.

Anschrift des Verfassers
Christoph Iseli
Iseli & Bösiger – Wald, Landschaft, Wasserbau
Aarbergstrasse 91
CH-2502 Biel/Bienne
Tel. +41 32 328 11 44
christoph.iseli@iseli-boesiger.ch