Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 99 (2007)

Heft: 2

Artikel: Ermittlung der Grundlagen zur Planung und Bemessung von naturnahen Uferschutzmassnahmen

Autor: Müller, Bärbel

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-940118

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: 25.12.2025

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

Ermittlung der Grundlagen zur Planung und Bemessung von naturnahen Uferschutzmassnahmen

■ Bärbel Müller

Zusammenfassung

Zur Planung und Dimensionierung von Uferschutzmassnahmen müssen die örtlichen Verhältnisse bekannt sein. In der Regel sind die erforderlichen Grundlagendaten jedoch nicht vorhanden. Windinduzierte Wellen als primäre Belastungsgrösse sowohl für Seeufer als auch für Uferschutzmassnahmen können mit guter Genauigkeit aus den örtlichen Windverhältnissen abgeleitet werden, deren Messung im Vergleich zu Wellenmessungen relativ einfach möglich ist. Des Weiteren können die Wellenverhältnisse numerisch unter Verwendung örtlicher Windstatistiken in Form von Intensity-Duration-Frequency-(IDF)-Diagrammen abgeschätzt werden. Für numerische Simulationen müssen ausserdem die topographischen Grundlagen des Projektgebietes sowie die Sedimenteigenschaften in der Flachwasserzone bekannt sein. Diese Daten werden in Felduntersuchungen ermittelt.

Abstract

Planning and dimensioning of soft shore protection measures requires good knowledge of the local conditions. However, the necessary basic data are normally missing. Knowledge of the design wave conditions is fundamental for the dimensioning of shore protection measures. Wind induced waves can be derived with good accuracy from the local wind climate, which can be measured easier than wave data. Furthermore, wave characteristics can be determined numerically using long term wind data described by intensity-duration-frequency (IDF) diagrams. Bathymetry of the project area and sedi¬ment characteristics of the littoral are required additionally to perform numerical simulation. These data are determined in field tests.

1. Einleitung

Bis heute gibt es praktisch keine Bemessungsgrundlagen für naturnah gestaltete Uferschutzmassnahmen. Aus dieser Unsicherheit heraus werden Schutzmassnahmen häufig überdimensioniert oder als Hartverbau ausgeführt. Um diese Wissenslücke zu schliessen, wurden im Rahmen des Projektes Erosee Bemessungsgrundlagen für naturnahe, nachhaltige Massnahmen zum Schutz von Seeufern vor Erosion erarbeitet.

Vor der Planung von Uferschutzprojekten müssen alle die Seeufer beeinflussenden Randbedingungen möglichst genau erfasst und beurteilt werden. Seeufer als Übergangsbereiche zwischen terrestrischem und aquatischem Milieu sind dynamische Regionen. Sie werden durch physikalische, biologische, geologische und vom Menschen beeinflusste Prozesse gestaltet und befinden sich in einem ständigen Wandel. Die Ermittlung der erforderlichen Grundlagendaten ist mit Schwierigkeiten verbunden; einerseits wegen der grossen Fülle an benötigten Daten und dem damit gekoppelten finanziellen und zeitlichen Aufwand, zum anderen wegen der örtlichen Variabilität der Kennwerte und daraus resultierenden Unsicherheiten hinsichtlich ihrer Übertragbarkeit auf die lokalen Verhältnisse.

An Meeresküsten werden schon seit längerer Zeit regelmässige Feldmessungen durchgeführt. Zur Abschätzung des Wellenklimas aus der Seebodentopographie (Bathymetrie) und den Windverhältnissen gibt es deshalb erprobte und statistisch abgesicherte Übertragungsfunktionen. An Seen wurden die Wind- und

Grundlagendaten	Datenzusammensetzung	Datenherkunft	Intervall
Seebodentopographie (Bathymetrie)	Tiefenlinien Lage und Verlauf der Haldekante Senken, Untiefen, Abbruchkanten	Bathymetrische Vermessung	Referenzmessung Wiederholungen alle 2-3 Jahre (Erfolgskontrolle)
Uferlinie	Verlauf und Veränderungen der Uferlinie	Vermessung Luftbildaufnahmen	Referenzmessung Wiederholungen alle 2-3 Jahre
Wasserspiegel	Langjährige Wasserspiegelschwankungen Hoch-, Mittel- und Niedrigwasserpegel	Hydrologische Daten des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)	Kontinuierliche Messungen vorhanden
Sedimentbudget	Sedimentverfrachtungen Sedimentzufuhr (Flüsse) Sedimenttransportraten Sedimenttransportrichtung	Regelmässige bathymetrische Messungen Strömungsmessungen	Referenzmessung Wiederholungen alle 2-3 Jahre (Erfolgskontrolle)
Sedimentcharakterisierung	Korngrössenverteilung Porosität	Sedimentprobenentnahme und Analyse	Einmalige Kennwertermittlung
Wellenklima	Wellenhöhen Wellenperioden Wellenrichtung Wiederkehrintervalle	Wellenmessungen Windmessungen Wind/Wellenkorrelationen Fetch-Diagramme	Örtliche Windmessungen (ca. 0.5 - 1 Jahr)

Tabelle 1. Zusammenstellung und Herkunft der wichtigsten Grundlagendaten.

Wellenverhältnisse indessen bis jetzt nur selten und dann nur kurzzeitig untersucht. Zudem sind die Resultate dieser Messungen standortbezogen und damit nicht ohne weiteres auf andere Uferbereiche oder Seen übertragbar. Mit Ausnahme von wenigen verfügbaren Daten, wie zum Beispiel Pegeldaten, müssen die meisten Kennwerte in Feldmessungen ermittelt werden. Insbesondere kann man die Topographie des Seebodens (Bathymetrie), Strömungsverhältnisse, Windverhältnisse und Sedimenteigenschaften nur vor Ort bestimmen.

Feldmessungen dienen zunächst der Ermittlung von Grundlagendaten für die Planung von Uferschutzmassnahmen. In Form von Langzeitstatistiken der örtlichen Windverhältnisse, Wellenklima, Bathymetrie und Sedimenteigenschaften liefern sie aber auch die erforderlichen Grundlagen für die Dimensionierung der Schutzmassnahmen und für numerische Simulationen. Darüber hinaus gewährleisten regelmässig durchgeführte Feldmessungen die Erfolgskontrolle nach der Realisierung der Uferschutzmassnahmen.

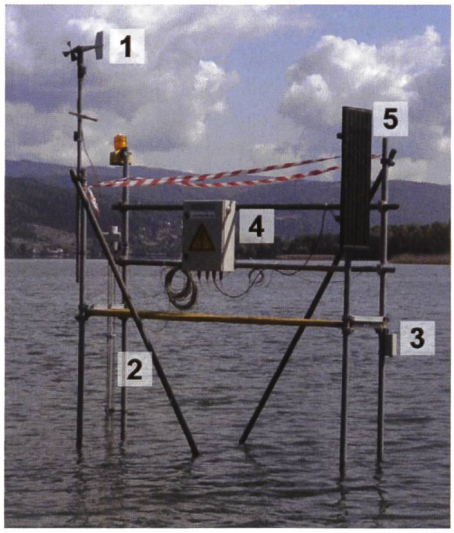


Bild 1. Aufbau der Anlage zur Messung von Wind- und Wellendaten. (1) Anemometer und Windfahne; (2) Stabpegelsonde; (3) Ultraschallsonde; (4) Datenlogger; (5) Solarpanel.

Die wichtigsten für die Planung und Bemessung von Uferschutzmassnahmen erforderlichen Kennwerte sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

2. Ermittlung von Wind- und Wellendaten

Wellen stellen die primäre physikalische Belastung sowohl für Seeufer und Ufervegetation wie auch für Uferschutzmassnahmen dar. Durch das Brechen und die Reflexion der Wellen im Uferbereich entstehen Belastungen in Form von Wellenenergie, Strömungen und Turbulenzen. Zur Planung und Dimensionierung von Uferschutzmassnahmen werden deshalb möglichst genaue Angaben zu den erwarteten Wellenhöhen und zur Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens benötigt.

Wellendaten sind im allgemeinen nicht verfügbar und müssen in Felduntersuchungen ermittelt werden. Die Durchführung von Wellenmessungen ist zeitaufwendig und ausserdem mit hohen Kosten verbunden. Vor allem erfordern Wellenmessungen eine spezielle Ausrüstung, die in den meisten Fällen nicht zur Verfügung steht.

Aus diesem Grund erfolgt die Abschätzung der Wellenhöhen häufig numerisch oder unter Verwendung von lokalen Winddaten, welche einfacher ermittelt werden können. Windstärke und Wellenhöhe sind eng miteinander verbunden; die Windstärkenskala nach Beaufort spiegelt diese Beziehung wieder. Windwellen können deshalb mit guter Genauigkeit unter Beachtung der Windrichtung und der Überstreichlänge des Windes über der Wasserfläche (Fetch) aus der gemessenen Windstärke abgeleitet werden. Allerdings sollten zur Abschätzung der maximalen Wellenhöhen und ihrer Auftretenswahrscheinlichkeit Langzeit-Winddaten verfügbar sein. Da Windmessungen über lange Zeiträume hinweg im Rahmen eines Projektes im allgemeinen nicht möglich sind, werden langfristige Winddaten durch Korrelation von Kurzzeit-Messdaten mit Langzeitdaten der Wetterdienste (z.B. Meteo Schweiz) hergeleitet. Wegen der unterschiedlichen Geschwindigkeitsprofile über Land und Wasser und aufgrund topographischer Einflüsse kann man die über Land gemessenen Winddaten jedoch nicht ohne weiteres auf die Verhältnisse an Seen übertragen. werden Örtliche Windstatistiken werden neben Bathymetrie und Sedimenteigenschaften des Seebodens ausserdem auch für die numerische Simulation des Wellenklimas benötigt.

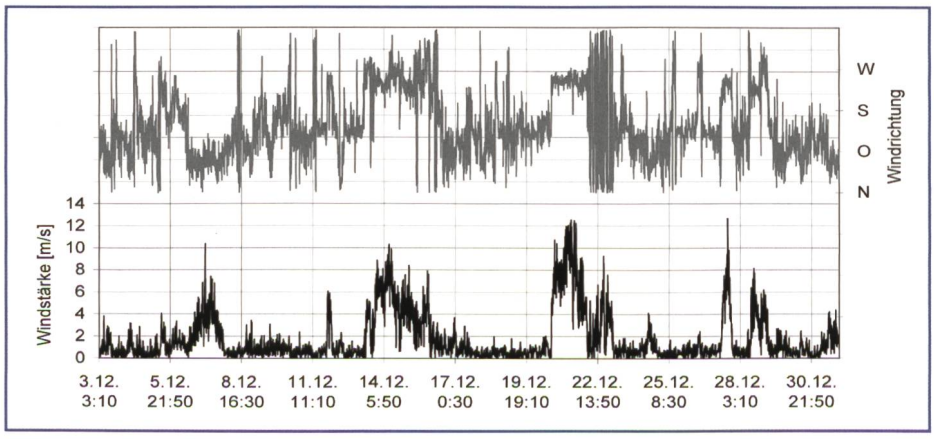


Bild 2. Resultate der Windmessungen im Dezember 2003, Lüscherz.

2.1 Messung der Wind- und Wellendaten

Winddaten (Windstärke und Windrichtung) werden international standardisiert in einer Höhe von 10 m über dem Boden gemessen und als 10-Minuten-Mittelwerte aufgezeichnet. Die Windstärke kann mit Anemometern gemessen werden, die Windrichtung wird mit einem Windrichtungsgeber (Windfahne) erfasst.

Wellendaten, das heisst Wellenhöhe und gegebenenfalls Wellenrichtung, können mit verschiedenen Messgeräten (Ultraschallsonden, kapazitive Sonden, Dopplersystemen (ADCP), Messbojen usw.) ermittelt werden. Zur korrekten Erfassung der Wellenhöhen sollte die Mess- und Aufzeichnungsfrequenz möglichst klein gewählt werden. Eine Reduzierung der Datenmenge kann mit der Festlegung eines Schwellenwertes und der zeitlich begrenzten Speicherung der Wellendaten erreicht werden.

Windstärke und -richtung wurden am Bielersee mit einem Anemometer und Windrichtungsgeber von Campbell Scientific gemessen und als 10-Minuten-Mittelwerte gespeichert. Die Wellenmessungen waren auf die Messung der Wellenhöhen beschränkt; verwendet wurden eine modifizierte kapazitive Stabpegelsonde von Endress & Hauser sowie Ultraschallsensoren von Pepperl & Fuchs. Die Aufzeichnung der Wellenhöhen erfolgte nach Überschreiten eines Schwellenwertes mit einer Frequenz von 2 Hz (2 Messungen pro Sekunde). Die Energieversorgung der Messanlage wurde durch ein Solarpanel mit Stützbatterie gewährleistet, die Wind- und Wellendaten wurden täglich per Modem übertragen. Der Aufbau der Messstation am Bielersee ist in *Bild 1* dargestellt.

2.2 Datenauswertung

Die Winddaten werden als Zeitreihen

(Windstärke, Windrichtung, Datum und Uhrzeit) in 10-Minuten-Intervallen gespeichert. *Bild 2* zeigt ein Beispiel für eine im Dezember 2003 in Lüscherz gemessene Zeitreihe. Man erkennt, dass Windstärke und Windrichtung miteinander gekoppelt sind: Windgeschwindigkeiten von mehr als 6 bis 8 m/s treten mit Ausnahme kurzer Böen nur dann auf, wenn die Windrichtungen über längere Zeit konstant sind.

Am Bielersee wurden Winddaten in einer Höhe von ca. 3,50 m über dem Wasserspiegel gemessen. Zum Vergleich mit Winddaten der offiziellen Messstationen müssen die örtlich gemessenen Winddaten auf die standardisierte Höhe von 10 m umgerechnet werden. Weiterhin ist bei der Umrechnung der Winddaten der unterschiedliche Einfluss der Reibung über Land und Wasser zu berücksichtigen (Kamphuis, 2000).

Durch Korrelation der örtlich gemessenen Winddaten mit Langzeit-Messdaten können für den Projektstandort so genannte Intensity-Duration-Frequency (IDF) Diagramme erstellt werden. Eine effiziente Methode dazu – unter Anwendung eines Simple-Scaling-Modells auf Basis der Gumbel-Verteilung – wurde von Wyler (2006) vorgestellt.

Wellendaten werden ereignisgesteuert erfasst, das heisst, die Messung der Wellenhöhe erfolgt erst nach Überschreiten eines vorgegebenen Schwellenwertes. *Bild 3* zeigt einen Ausschnitt aus einem fünfstündigen Wellenereignis; die Auslenkungen des Wasserspiegels (Amplituden) sind hier in ihrer zeitlichen Abfolge dargestellt. Da die Amplituden stark schwanken, wird in der Regel der Mittelwert des obersten Drittels der in einem bestimmten Zeitintervall gemessenen Wellenhöhen, die so genannte «signifikante Wellenhöhe HS», als Kennwert verwendet. Ausgehend von der Annahme, dass die Wellenhöhen rayleigh-verteilt sind, kann das Energiespektrum EG der Wellen unter Anwendung einer Fourier-Transformation berechnet werden. Die signifikante Wellenhöhe wird über den Zusammenhang

$$H_s = 4\sqrt{E_G} \qquad (1)$$

direkt aus dem Energiespektrum abgeleitet. Für diese Methode spricht auch, dass die Beanspruchung der Seeufer und der Uferschutzmassnahmen in erster Linie von der Wellenenergie abhängt.

3. Bathymetrische Messungen

Wellenparameter (Wellenanlaufrichtung, Wellenhöhe, -länge und Wellensteilheit) und Seebodentopographie (Bathymetrie) sind eng miteinander gekoppelt. Das Wellenklima bestimmt die Gestalt des Seebodens in Bereichen, in welchen dieser mit den Wellen in Berührung kommt. Umgekehrt wird die Wellenbewegung von der Seebodentopographie beeinflusst, wenn die Wassertiefe d auf etwa die halbe Wellenlänge L abnimmt. Der Einfluss der Seebodentopographie nimmt bis zur Wellenauflaufzone im Uferbereich ständig zu. Uferprofil und Wellenklima passen sich bis zum Erreichen eines Gleichgewichtszustandes aneinander an. Bathymetrische Daten stellen deshalb eine wichtige Grundlage zur Planung von Uferschutzprojekten sowie zur Abschätzung der Wellenenergie im Uferbereich und zur Dimensionierung von Uferschutzmassnahmen dar.

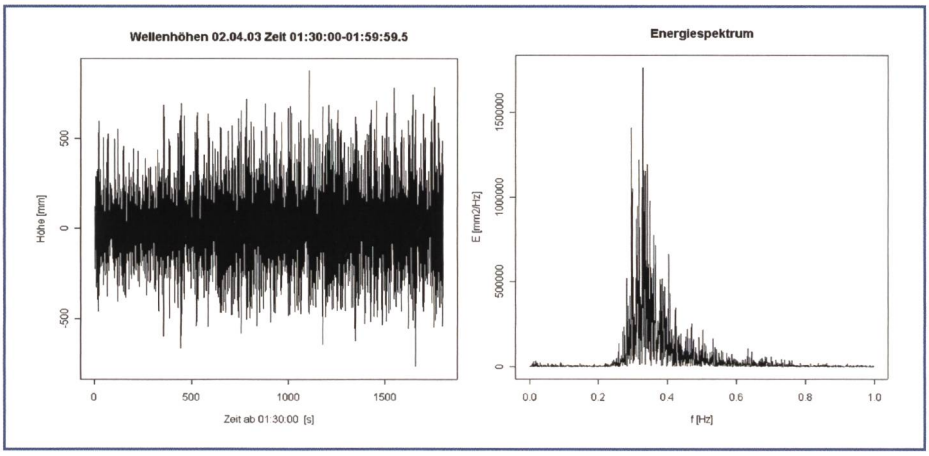


Bild 3. Zeitreihe der Messdaten und Energiespektrum eines Wellenereignisses am 2. April 2003, 01:30:00 – 01:59:59 Uhr, Sutz-Lattrigen.

3.1 Messverfahren und Resultate

Je nach Wassertiefe und Zugänglichkeit des Gebietes kommen verschiedene Verfahren zur topographischen Vermessung des Seebodens zur Anwendung. Wenn mindestens drei lage- und höhenmässig bekannte Referenzpunkte in der näheren Umgebung vorhanden sind, kann ein Tachymeter in Kombination mit einem auf einen Verlängerungsstab montierten Reflektor verwendet werden. Mit einem Tachymeter können Lage und Höhe eines Punktes gleichzeitig und mit hoher Genauigkeit erfasst werden. Die Verwendung eines Reflektors ist allerdings auf Wassertiefen bis zu etwa 1,50 m beschränkt, da ein Messgehilfe das Messraster im Wasser abschreiten muss. Ausserdem ist darauf zu achten, dass der Reflektorstab im weichen Untergrund nicht einsinken und die Resultate verfälschen kann. Deshalb werden in der hydrographischen Vermessung bei grösseren Wassertiefen Echolote eingesetzt. Die bathymetrische Vermessung mit Echolot ist allerdings erst in Wassertiefen von mehr als 0,5 bis 1 m möglich; die Mindesttiefe hängt vom Messbereich des verwendeten Schwingers ab.

In schwer zugänglichen Gebieten empfiehlt sich die Verwendung eines GPS-Empfängers anstelle eines Tachymeters (GPS: Global Positioning System). GPS ermöglicht die dreidimensionale Positionsbestimmung mit einer Genauigkeit von 5 bis 10 Metern. Durch nachträgliche oder direkte Korrektur unter Verwendung einer Referenzstation können die Positionsdaten mit cm-Genauigkeit bestimmt werden (differentielles GPS). In Kombination mit einem Rover kann GPS zur Vermessung der Uferlinie und sehr flacher Bereiche verwendet werden, in welchen die Verwendung eines Echolotes nicht mehr möglich ist. Die hydrographische Vermessung mit Echolot ist nur in Kombination mit GPS zu empfehlen.

Echolote bieten ausserden die Möglichkeit, mittels Echogrammen auf die Beschaffenheit des Seebodens (Pflanzenbewuchs, festes oder lockeres Sediment) zu schliessen. Diffuse Signale lassen Rückschlüsse auf Bewuchs oder Schwebstoffe zu, während klare Signale auf festen Untergrund und auf die Lage der Haldekante schliessen lassen *(Bild 4)*.

Damit bei der Auswertung des Geländemodells eine ausreichende Genauigkeit erreicht werden kann, sollte bei der Vermessung des Seebodens ein möglichst gleichmässiges, nicht zu feines Messraster eingehalten werden. Für die spätere Erfolgskontrolle ist es ausserdem von Vorteil, vorhandene Uferschutzmassnahmen und Begrenzungslinien (zum Beispiel Schilfgürtel) einzumessen.

Die lage- und höhenmässig erfassten, georeferenzierten Messpunkte werden interpoliert und als Höhenlinien in digitalen Geländemodellen (DGMs) dargestellt. Georeferenzierte Messungen

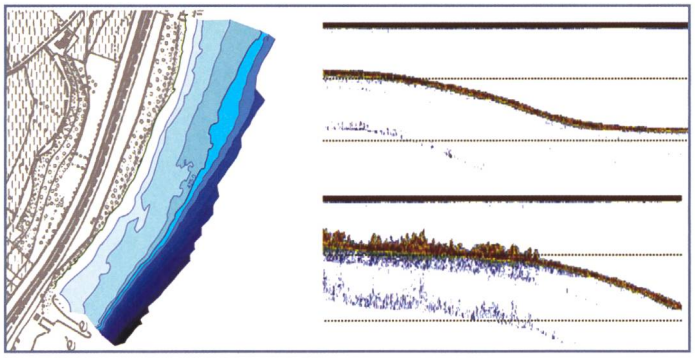


Bild 4. Links, Höhenlinien und Verlauf der Haldekante (Levée des Larrus, La Neuveville); rechts: Echogramme des Seebodens (oben: Übergangsbereich zwischen Ufer- und Haldenzone; unten: Haldenzone).

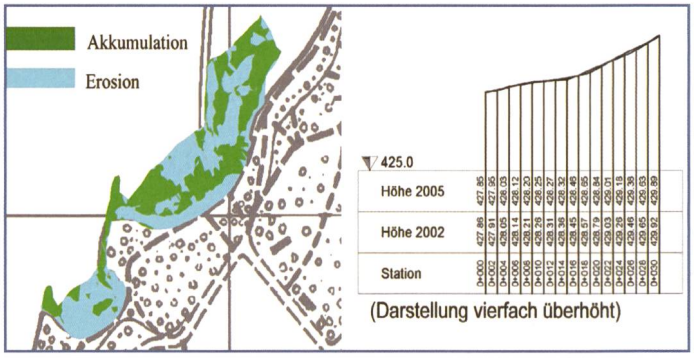


Bild 5. Vergleich der Messungen von 2002 und 2005: Darstellung der Erosions- und Akkumulationsbereiche und Querprofil durch die untere Bucht, Erlenwäldli Ipsach.

ermöglichen den Vergleich von Geländemodellen verschiedener Messperioden. Zur Darstellung von Akkumulations- und Erosionsprozessen können die DGMs verschiedener Messperioden als Differenzmodelle *(Bild 5)* ausgewertet werden. Diese Darstellungsform erlaubt einen schnellen Überblick über Erosions- und Akkumulationsgebiete, ist jedoch rein qualitativ. Sedimentverfrachtungen können aus Querprofilen abgeleitet werden.

4. Entnahme und Analyse von Sedimentproben

Die Erosionsanfälligkeit von Seeufern wird durch ihre Morphologie und durch die Sedimenteigenschaften im Uferbereich bestimmt. Erosionsprozesse treten vor allem an sandigen, unkonsolidierten, meist flachen Seeufern auf.

Zur Bestimmung der Sedimenttransportraten müssen neben den hydraulischen Belastungsgrössen (Wellen und Strömungen) und der Seebodentopographie deshalb auch die Sedimenteigenschaften bekannt sein. Seesedimente sind hauptsächlich durch ihre Dichte, Korngrössenverteilung und Porosität charakterisiert. Für viele Berechnungen ist der mittlere Korndurchmesser dm ein wichtiger Kennwert. Der mittlere Korndurchmesser ist eng mit der Fallgeschwindigkeit von Sedimentpartikeln im ruhenden Wasser verknüpft und ermöglicht in Verbindung mit der Wellenenergie die Bestimmung der Sedimenttransportrichtung. Korngrössenverteilung und Wellenklima bestimmen, ob Sedimentpartikel in der Flachwasserzone (Litoral) oder hinter der Haldekante deponiert werden. Im Tiefwasserbereich abgelagertes Sediment wird der Uferzone dauerhaft entzogen und resultiert langfristig in Ufererosion. Korngrössenverteilung und Wellenklima bestimmen folglich die Sedimentations- und Erosionsprozesse und damit auch Form und Neigung des Uferprofils.

Die Methoden zur Entnahme der Sedimentproben hängen von den zu bestimmenden Kennwerten und von der Zusammensetzung des Sedimentes ab. Sedimentproben zur Bestimmung der Korngrössenverteilung können auf einfache Weise mit einem Kastengreifer entnommen werden. Die vertikale Schichtung (Stratigraphie) und das Porenvolumen des Seesedimentes müssen hingegen an ungestörten Bohrprofilen ermittelt werden. Die Entnahme ungestörter Profile setzt die Verwendung spezieller Geräte, z. B. eines Kurzkerngerätes *(Bild 6)*, voraus. Mit einem Kurzkerngerät können unter Ausnutzung der Schwerkraft Bohrkerne entnommen werden, in denen Gefüge und Porenvolumen der Sedimentprobe durch Erzeugen eines Vakuums erhalten bleiben.

Die Position der entnommenen Sedimentproben sollte unbedingt mit einem einfachen GPS-Handgerät bestimmt werden.

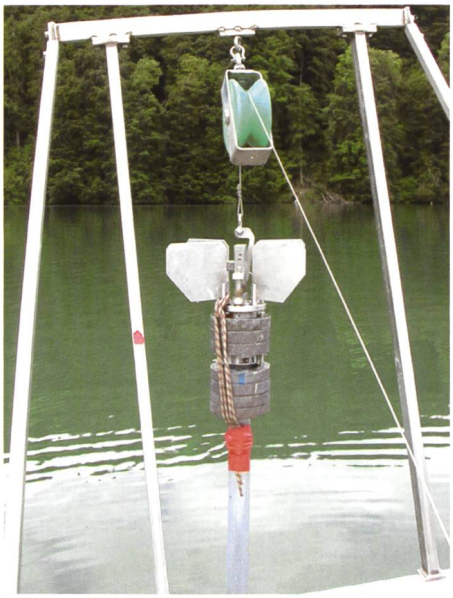


Bild 6. Kurzkerngerät zur Entnahme ungestörter Sedimentproben (Gerät und Foto: Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern).

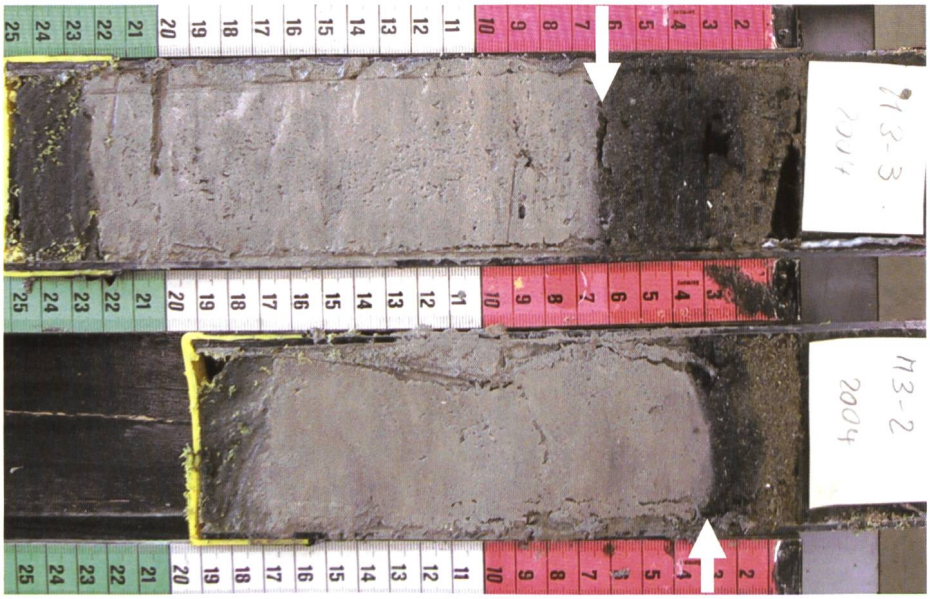


Bild 7. Ungestörte, der Länge nach aufgeschnittene Sedimentproben; die vertikale Schichtung des Seesedimentes ist deutlich erkennbar.

Die Korngrössenverteilung von Seesedimenten wird mit kombinierten Sieb- und Sedimentationsverfahren (Siebanalyse nach EN 933-1 und Aräometeranalyse nach SN 670816a) bestimmt. Zur Analyse des Porenvolumens werden die ungestörten Bohrprofile der Länge nach aufgeschnitten; hierbei ist darauf zu achten, dass das Korngefüge und der natürliche Wassergehalt der Proben so wenig wie möglich gestört werden. Die wassergesättigten Proben werden entsprechend ihrer optisch erkennbaren Kornzusammensetzung in Schichten aufgeteilt, ausgemessen, gewogen, getrocknet und erneut gewogen. Das Porenvolumen ergibt sich aus dem Verhältnis von Trocken- und Korndichte.

Die Profile in *Bild 7* zeigen zwei aufbereitete, ungestörte Sedimentproben. Der Übergang zwischen der oberen Feinsandschicht und der darunterliegenden Schicht aus Seekreide ist deutlich erkennbar. Diese beiden Proben wurden vor und hinter einer Lahnung genommen. Die Mächtigkeit der oberen Feinsandschicht unterscheidet sich trotz der kurzen räumlichen Distanz von nur wenigen Metern bei beiden Proben deutlich.

5. Schlussfolgerungen

Viele der für die Dimensionierung von Uferschutzmassnahmen erforderlichen Grundlagendaten können nur in Feldmessungen ermittelt werden, da Erfahrungswerte und vergleichbare Datensammlungen für Seeufer grösstenteils fehlen. Erschwerend kommt hinzu, dass vor Ort gemessene Daten nicht ohne weiteres auf andere Uferbereiche oder Gewässer übertragbar sind.

Feldmessungen sind sowohl in zeitlicher als auch in finanzieller Hinsicht mit grossem Aufwand verbunden und werden deshalb nach Möglichkeit mit Simulationen ersetzt. Vor allem die besonders zeitintensiven Wellen- und Windmessungen könnten grösstenteils mit Simulations- und Korrelationsrechnungen ersetzt werden. Zur statistischen Abstützung der Berechnungsmodelle sollten jedoch noch weitere Felduntersuchungen an unterschiedlichen Standorten und über längere Zeiträume hinweg durchgeführt werden.

Allerdings sind auch die Resultate von Feldmessungen mit mehr oder weniger grossen Messunsicherheiten behaftet. Strukturelle Veränderungen von Uferschutzmassnahmen können nur schwer erfasst werden und erschweren die Beurteilung der Wirksamkeit einer Schutzmassnahme und ihres Langzeitverhaltens. Die Resultate von bathymetrischen Messungen müssen ebenfalls vorsichtig interpretiert werden. Jahreszeitlich bedingte Veränderungen der Seebodentopographie, z. B. als Folge von Wasserspiegelschwankungen, können langfristige Trends übertreffen. Diese jahreszeitlich bedingten Schwankungen heben sich im Jahresmittel jedoch meist wieder auf. Damit ihr Einfluss erfasst werden kann, müssten bathymetrische Messungen in kurzen, regelmässigen Zeitabständen durchgeführt werden. Normalerweise liegt die jährliche Sedimenttransportrate allerdings so tief, dass sie in den Bereich der Messunsicherheit fällt. Wiederholungsmessungen sollten in diesem Fall erst nach drei bis vier Jahren erfolgen, in dynamischen Uferbereichen mit hohen Sedimenttransportraten hingegen entsprechend häufiger durchgeführt werden.

Zur Bestimmung der Seebodentopographie für Planungsaufgaben und zur Erfolgskontrolle nach der Realisierung von Uferschutzmassnahmen sind hydrographische Aufnahmen des Seebodens unerlässlich. Wissenschaftlich abgestützte Erfolgskontrollen können die Verbesserung und Verfeinerung von Vorhersagemodellen und Dimensionierungsgrundlagen wirksam unterstützen.

Bibliographie

Kamphuis, J.W. (2000). Introduction to Coastal Engineering and Management, Advanced Series in Ocean Engineering – Volume 16, World Scientific, Singapore

Wyler, E. (2006). Frequenzanalyse bei Winduntersuchungen mit Simple-Scaling-Modellen. Bases de dimensionnement des mesures de protection des rives lacustres, Communication 27, LCH, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne

Dank

Diese Arbeit wurde finanziert durch die Kommission für Technologie und Innovation (KTI), das Tiefbauamt des Kantons Bern, das Bundesamt für Umwelt BAFU (ehemals BWG), den Verein Bielerseeschutz, den Verein für Ingenieurbiologie sowie die Stiftung für Landschaftsschutz.

Anschrift der Verfasserin
Bärbel Müller, SBB AG, Bern
Infrastruktur Energie, Engineering
Industriestrasse 1, CH-3052 Zollikofen
Tel. +41 512 20 37 84
baerbel.mueller@sbb.ch

ITECO

Lust auf Neuland ?

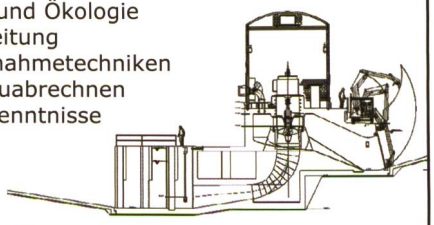
Wir sind innovativ für Wasserkraft und dezentrale Elektrifizierung - in der Schweiz und in der Dritten Welt.

Als Wasserkraft-Ingenieur

entwickeln Sie Ihr Spezialgebiet weiter, mit Ihrem Talent für Konzipierung und Führung können Sie als Generalist wirken und eine aussichtsreiche Position einnehmen. Die Tätigkeit ist abwechslungsreich, verlangt Selbständigkeit, Flexibilität, Kunden - freundlichkeit und Teamgeist.

Nützliche Spezialkenntnisse:

- Hydraulische Maschinen & Elektrotechnik
- Tiefbau & Grundbau, Konstruktion
- Wasserbau, Hydraulik / Hydrologie
- Energiewirtschaft und Ökologie
- Projekt- und Bauleitung
- Analyse- und Aufnahmetechniken
- Devisieren und Bauabrechnen
- Perfekte Deutschkenntnisse



Interessiert ?

Melden Sie sich schriftlich bei:

ITECO Ingenieurunternehmung AG
Postfach CH-8910 Affoltern a. A.
E-Mail: iteco@iteco.ch
Internet: www.iteco.ch

Hanspeter Leutwiler
Leiter Abteilung Energie & Wasser
Tel.: +41 (0)44 762 18 33/18
E-Mail: hpleutwiler@iteco.ch