

Beeinflussen submerse Makrophyten die Morphologie der Flachwasserzone des Bielersees?

Christoph Iseli

Zusammenfassung

Die Schilfbestände am Bielersee verzeichneten zwischen 1960 und 1990 einen massiven Flächenverlust. Aufgrund der Ende des 19. Jahrhunderts erfolgten Seespiegelabsenkung wurde ein Zusammenhang zwischen Erosionsprozessen in der Flachwasserzone und dem Schilfrückgang vermutet. Die Schilfbestände haben sich am Bielersee seit 2000 insgesamt jedoch wieder erholt. Ein Vergleich der in den 1990er Jahren durchgeführten Geländeaufnahmen in der Flachwasserzone mit der aktuellen bathymetrischen Vermessung zeigt, dass Auflandungsprozesse die Regeneration der Schilfbestände fördern. Es wird deshalb – im Umkehrschluss – vermutet, dass die Erosion tatsächlich eine Hauptursache für den Schilfrückgang war und dass sich die Flachwasserzone seit 2000 stabilisiert hat. Der Grund für diese Stabilisierung wird in der Rückkehr von festigenden Wasserpflanzen – insbesondere der Characeen – infolge der Reoligotrophierung des Seewassers vermutet. Allerdings fehlen dazu verlässliche Untersuchungen und gesicherte Resultate.

Keywords:

Submerse Makrophyten, Reoligotrophierung, Morphologie der Flachwasserzone

Les macrophytes submergés influencent-ils la morphologie de la beine lacustre du lac de Bienne ?

Résumé

Les roselières du lac de Bienne ont subi un recul massif de surfaces entre 1960 et 1990. En raison de l'abaissement du niveau du lac à la fin du XIX^{ème} siècle, on a supposé qu'il existait un lien entre les processus d'érosion dans la beine lacustre et le recul des roseaux. Cependant, les roselières du lac de Bienne ont globalement récupéré depuis 2000. Une comparaison des relevés de terrain dans la beine lacustre effectués dans les années 1990 avec le relevé bathymétrique actuel montre que les processus de sédimentation favorisent la régénération des roselières. On suppose donc – à l'inverse – que l'érosion a effectivement été une cause principale du recul des roseaux et que la beine lacustre s'est stabilisée depuis 2000. La raison de cette stabilisation est supposée être le retour de plantes aquatiques renforçantes – en particulier les characeae – suite à la réoligotrophisation des eaux du lac. Cependant, il y a un manque d'études fiables et de résultats prouvés.

Mots-clés

Macrophytes immergés, réoligotrophisation, morphologie de la beine lacustre

Le macrofite subacquee influenzano la morfologia della zona litorale del lago di Biemme?

Riassunto

La superficie dei canneti del lago di Biemme si è drasticamente ridotta nel periodo 1960–1990. A causa dell'abbassamento del livello del lago alla fine del XIX secolo, si è ipotizzato un nesso tra i processi erosivi nella zona litorale poco profonda e il declino dei canneti. Dal 2000, tuttavia, i canneti del lago di Biemme si sono complessivamente ripresi. Un confronto tra i rilievi del terreno nella zona litorale effettuati negli anni '90 e l'attuale indagine batimetrica mostra che i processi di sedimentazione favoriscono la rigenerazione dei canneti. Si presume quindi – visti i risultati – che l'erosione sia stata effettivamente una delle cause principali del declino dei canneti e che la zona di acque poco profonde si sia stabilizzata dal 2000. La ragione di questa stabilizzazione si presume sia il ritorno delle piante acquatiche di rinforzo – soprattutto le caracee – a seguito della reoligotrofizzazione dell'acqua del lago. Tuttavia, mancano studi affidabili e risultati certi.

Parole chiave

Macrofite subacquee, Reoligotrofizzazione, Morfologia della zona litorale

1. Rückgang der aquatischen Röhrichtbestände in den 1970er und 1980er Jahren

In den 1980er Jahren wurde eine breite Diskussion um das Phänomen des «Schilfsterbens» geführt. Der Rückgang der aquatischen Röhrichte wurde an mehr als 35 Seen in Europa dokumentiert. So auch am Bielersee [Iseli & Imhof 1987]. Trotz umfangreicher Untersuchungen blieben die Ursachen des Schilfrückgangs meistens ungeklärt [Ostendorp 1989]. Als Hauptursachen im Vordergrund standen vier Wirkungskomplexe: 1. Die Eutrophierung der Seen und ihre Folgen wie z.B. die Schwächung der Halmstrukturen durch schnelles Wachstum oder toxische Wirkungen von übermässigen Nährstoffakkumulation in den Schilfbeständen. 2. Die mechanischen Belastungen der Schilfbestände durch angeschwemmte Fadenalgen, welche infolge der Eutrophierung markant zugenommen hatten. 3. Die direkte Zerstörung durch Uferverbauung und Landgewinnung sowie 4. hydromorphologische Prozesse wie Ufererosion und Veränderungen der Seestandsregime. Diese vielfältigen Hypothesen führten zu breiten Diskussionen um Zusammenhänge, Wirkungen und Schutzmassnahmen. Die Erklärungs- und Lösungsansätze reichten von den vorwiegend chemischen über die physikalischen, biotischen,

historischen bis zu den hydrologischen, hydraulischen oder ingenieurtechnischen Aspekten.

Trotz der unklaren Ursachen wurden europaweit Massnahmen zum Schutz der Schilfbestände realisiert. Die interdisziplinäre Ursachendiskussion führte zwar zu einer breiten Palette verschiedenster Massnahmen, jedoch nur in Ansätzen zu einer systematischen Strategie zum Schutz der Röhrichte. Gleichzeitig wurde immer deutlicher, dass nur weitere Forschungen und Monitoringprogramme in diesem komplexen Bereich der Seeufer weiterhelfen können [Ostendorp et al. 1995].

2. Unbekannte hydromorphologische Prozesse in der Flachwasserzone

Die Reoligotrophierung der Seen infolge der Gewässerschutzmassnahmen und die Intensivierung der raumplanerischen Schutzbestrebungen durch das See- und Flussufergesetz im Kanton Bern führten dazu, dass sich am Bielersee der Fokus bei der Suche nach den Ursachen des Schilfrückgangs zunehmend auf die hydromorphologischen Prozesse in der Flachwasserzone richtete [Iseli 1993]. Insbesondere auch, nachdem Untersuchungen an verschiedenen Seen die negativen Auswirkungen von Uferverbauungen und Seespiegelsenkungen auf die Erosionsprozesse dargelegt hatten [Dittrich & Westrich 1988, Huber & Chervet 1993].

Damit stellten sich am Bielersee umfangreiche Fragen bezüglich Schutz und Wiederherstellung der naturnahen Ufer aus der Sicht des Wasserbaus. In einer Zusammenfassung der damals aktuellen Fragestellungen wurde festgestellt, dass für die Beurteilung der Uferdynamik und der Möglichkeiten zu deren Beeinflussung technische und wissenschaftliche Grundlagen weitgehend fehlen [Iseli 1996]. Der aus dieser Ausgangslage entwickelte Fragenkatalog bildete

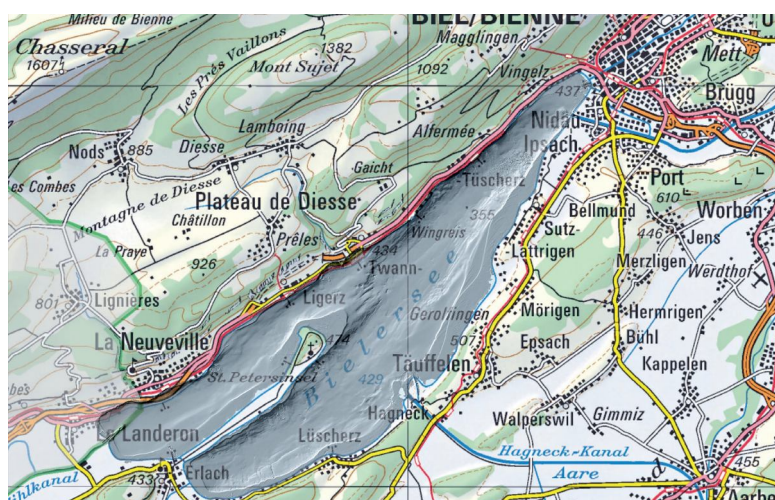


Abb. 1: Lage und Relief des Bielersees [Quelle: Geoportal des Kantons Bern]. | Fig. 1 : Situation et relief du lac de Biemme [source : Géoportail du canton de Berne].

die Grundlage für das Forschungsprojekt EROSEE (www.erosee.org), welches später erste Bemessungsgrundlagen für Massnahmen zum Schutz von Flachufern an Seen erbrachte (Schleiss 2006).

Mit dieser Ausweitung der Untersuchungen auf die hydraulischen Fragestellungen konnten die Probleme rund um die Entwicklung der Seeufer allerdings noch nicht vollständig geklärt werden. Dazu fehlt bis heute insbesondere das Verständnis über die Zusammenhänge zwischen biologischen und hydrologisch-hydraulischen Prozessen (Iseli 2009). Die hydraulischen und wasserbautechnischen Fragestellungen rückten am Bielersee auch aufgrund seiner speziellen Geschichte in den Vordergrund. Die Absenkung des Wasserspiegels des Bielersees um rund 2,5 m infolge der 1. Juragewässer-Korrektur (1868–1891) hatte neue morphologische Prozesse in der Flachwasserzone in Gang gesetzt. Während vor der Korrektur die Brandung am Südufer regelmässig Hangrutsche aus den anstehenden Molassehängen verursachte, versiegte diese Quelle des Sedimenteintrages in die Flachwasserzone, nachdem die Uferlinie vom Hangfuss weggerückt war. Gleichzeitig wurde durch die Einleitung der Aare in den Bielersee eine weit stärkere Sedimentquelle erschlossen. Wie weit deren Einfluss aber auf die Feststoffbilanz der Flachwasserzone über das Aaredelta hinaus wirkt, ist nicht gesichert. Es stellen sich die bis heute unbeantworteten Fragen, wie lange der morphologische Anpassungsprozess der Flachwasserzone an die Seespiegelsenkung dauert und wie er durch den Zufluss der Aaresedimente beeinflusst wird. Ist dieser Prozess bereits abgeschlossen, ist zukünftig mit zunehmenden Erosionserscheinungen zu rechnen oder wird sich ein neues Gleichgewicht einstellen?

Es wird vermutet, dass drei verschiedene Prozesse stattfinden, welche sich überlagern und sich gegenseitig – in nicht bekanntem Ausmass – beeinflussen: Die Erosion der Flachwasserzone infolge der Seespiegelabsenkung durch die 1. Juragewässer-Korrektur, der Zustrom von Aaresedimenten in die Flachwasserzone sowie die morphologischen Veränderungen im Zusammenspiel von Windereignissen, saisonalen und durch die Seeregulierung bedingten Wasserstandsschwankungen und der Seebodenvegetation. Eine wichtige Grundlage für ein besseres Verständnis dieser Prozesse ist das neue, detaillierte Geländemodell des Bielersees, welches 2015 über die Tiefenwasserzone mittels Fächerecholot und 2016 über die Flachwasserzone mittels fluggestütztem Laserscanning erstellt wurde. Die Tiefenkarte erlaubt einen interessanten Blick auf die morphologischen Phänomene und Prozesse am Boden des Sees. (vgl. Iseli & De Cesare 2019)

Die Flachwasserzone am Südufer des Bielersees (Abb. 2) wurde durch die Erosionskraft der Wellen geformt. Gegen die Seemitte wird sie durch die Haldenkante begrenzt. Die-

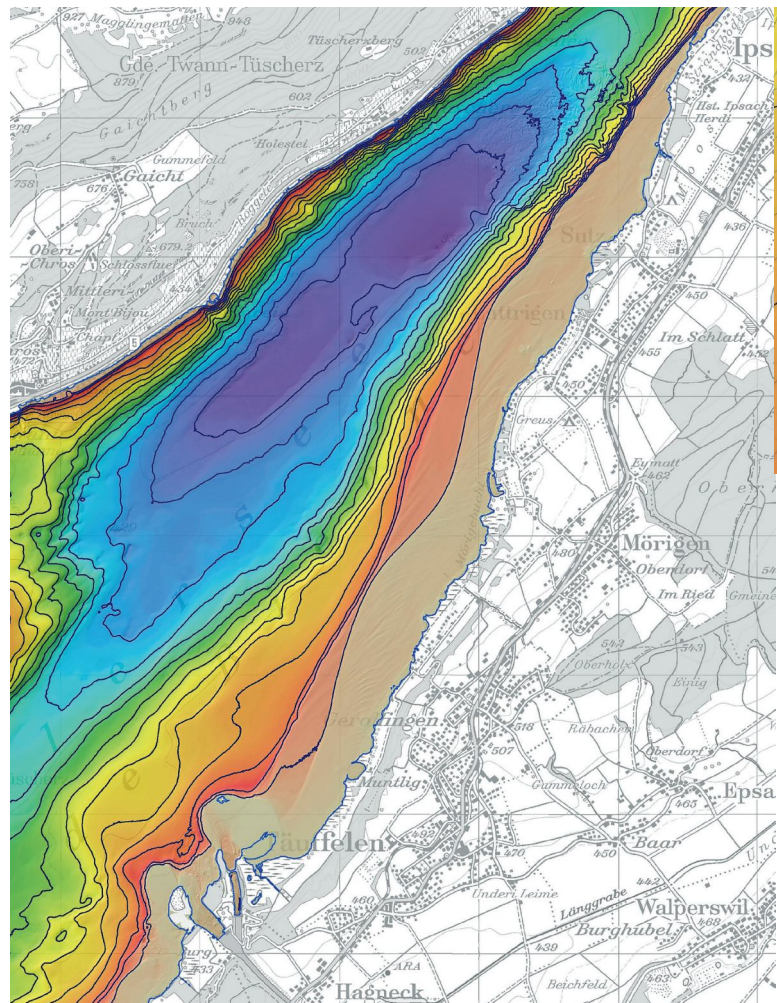


Abb. 2: In der Flachwasserzone [grau und hellrosa] zwischen dem Aaredelta Hagneck und Ipsach interessiert die Dynamik des uferparallelen Transports der Feinsedimente aus dem Zufluss der Aare. [Bathymetrie Bielersee © Amt für Wasser und Abfall des Kantons Bern. Quelle: Tiefenkarte Bielersee. Geoportail des Kantons Bern]. | Fig. 2 : Dans la zone d'eau peu profonde [gris et rose clair] entre le delta de l'Aar Hagneck et Ipsach, la dynamique du transport parallèle au rivage des sédiments fins provenant de l'affluent de l'Aar est intéressante. [Bathymétrie lac de Bièvre © Office des eaux et des déchets du canton de Berne. Source : carte des profondeurs du lac de Bièvre, Géoportail du canton de Berne].

se markiert den Übergang vom flachen zum steil abfallenden Seegrund, der unterhalb der Reichweite der Wellenerosion liegt. Die Haldenkante verläuft entlang der Kote der tiefsten Einwirkung der Wellenbewegung, ihre Tiefenlage ist somit abhängig von der Beschaffenheit des Untergrundes und der Wellenexposition.

Da der Untergrund am ganzen Südufer des Bielersees ähnlich beschaffen ist, müsste die Tiefenlage der Haldenkante deshalb in Relation zum Wellenklima am jeweiligen Standort stehen. Effektiv beträgt sie bezüglich einem Seespiegel auf 429.50 m ü.M. Höhe an den südwestlichen Enden des Sees in Le Landeron rund 3,5 m und in Erlach 4,5 m (Abb. 1). Gegen Nordosten nimmt sie mit zunehmender Wellenexposition der Hauptwindrichtung Süd-West zu und



Abb. 3: In der Flachwasserzone bei Gerolfingen ist die Haldenkante auf der Höhe von ca. 424 m ü.M. gut sichtbar. Sie liegt somit rund 5,5 m unter dem mittleren Wasserstand, was ungefähr der halben signifikanten Wellenlänge bei einem 2-jährlichen Westwindereignis und damit der natürlichen Tiefenlage der Haldenkante entspricht. Weiter landwärts befindet sich ein Kliff von rund 2 m Höhe. Gut sichtbar sind auch die Dünen, welche auf eine aktive wellen- und strömungsbedingte Sedimentdynamik hinweisen. [Bathymetrie Bielersee © Amt für Wasser und Abfall des Kantons Bern. Quelle: Tiefenkarte Bielersee, Geoportal des Kantons Bern]. | Fig. 3 : Dans la beine lacustre près de Gerolfingen, le mont est clairement visible à une altitude d'environ 424 m.s.m. Il se trouve donc à environ 5,5 m sous le niveau moyen de l'eau, ce qui correspond à la moitié de la longueur d'onde significative d'un épisode de vent d'ouest bisannuel et donc à la profondeur naturelle du mont. Plus loin vers la terre ferme se trouve une falaise d'environ 2 m de hauteur. Les dunes sont également bien visibles, ce qui indique une dynamique sédimentaire active induite par les vagues et les courants. [Bathymétrie du lac de Biene © Office des eaux et des déchets du canton de Berne. Source : carte des profondeurs du lac de Biene, Géoportail du canton de Berne].

beträgt in Gerolfingen 5,5 m (Abb. 3) und in Sutz 6 m. Damit verhält sich die Wassertiefe bei der Haldenkante tatsächlich proportional zur Länge der signifikanten Welle eines 2-jährlichen Windereignisses am jeweiligen Standort, wie eine Überprüfung mit Daten aus dem Wellenatlas des Bielersees (www.swisslakes.net) ergibt.

Interessant in diesem Zusammenhang ist die auf der neuen Tiefenkarte erkennbare Kliffkante, die sich in einem weit geschwungenen doppelten S auf der Flachwasserzone zwischen Hagneck und Ipsach abzeichnet (vgl. Abb. 2 und 3). Die Böschungsoberkante des Kliffs liegt auf rund 427 m ü.M., was einer Wassertiefe von etwa 2,5 m entspricht. Sie liegt damit um 3 m höher als die Haldenkante, welche auf rund 424 m ü.M. verläuft. Es kann deshalb vermutet werden, dass hier die morphologische Anpassung, d.h. die Absenkung der Flachwasserzone infolge der Seespiegelsenkung von rund 2,5 m durch die 1. Juragewässerkorrektur noch nicht abgeschlossen ist. Gleichzeitig liegt der Schluss nahe, dass es sich beim Sedimentkörper zwischen Kliffkante und Seeufer zumindest oberflächlich um «junges» Material aus dem Zufluss der Aare handelt, welches als Sedimentstrom vom Aaredelta uferparallel in Richtung Ipsach wandert und die Feststoffbilanz der gesamten Flachwasserzone positiv beeinflusst sowie den Anpassungsprozess

verlangsamt. Diese Vermutung wird gestützt durch die auf der Tiefenkarte sichtbaren, rezenten Hangrutsche an der Halde auf der Höhe von Ipsach [Abb. 2]. Dort verengt sich die Flachwasserzone, was zu einer verstärkten Ablagerung der uferparallel transportierten Sedimente an der Halde und damit zu einer instabilen Schichtung führt [Iseli & Cesare 2019].

3. Auswirkungen der Schilf- und Uferschutzmassnahmen

Am Bielersee wurden seit 1989 an mehreren Uferabschnitten verschiedene Uferschutzmassnahmen realisiert [Iseli 2020]. Die umfangreichste Massnahme war der Bau von Lahnungen zum Schutz der Schilfbestände (Abb. 4). Lahnungen sind Wellenbrecher aus dicht gepackten Weidenzweigen, welche in eine uferparallele, doppelte Pfahlreihe gepackt werden. Sie bewirken eine Wellenberuhigung, was zu einer Ablagerung der suspendierten Sedimente und somit zu einer Auflandung führen kann. Insgesamt wurden rund 1'250 m² Lahnungen in vier Uferbereichen in Erlach, Lüscherz, Täuffelen und Mörigen erstellt.

Über die ausgeführten Massnahmen wurden verschiedene Vollzugs- und Wirkungskontrollen geführt [Iseli 1995 und Heimann 2000]. Dabei wurden einerseits die Entwicklung der Schilfbestände und andererseits die Veränderungen des Seegrundes (Erosion/Akkumulation) gemessen. In einem neuen Kontrollbericht [Iseli et al. 2020 und Iseli 2020] wird nun aufgezeigt, dass sich die Schilfbestände in der Beobachtungsperiode von 1995 bis 2015 an den meisten Uferabschnitten am Bielersee erholt haben. Gleichzeitig wird die Entwicklung der Topographie in den Projektgebieten dokumentiert, indem die im Rahmen der frühe-



Abb. 4: Lahnungen in Erlach wirken als Wellenbrecher und als Sedimentfallen. | Fig. 4 : Les barrages à claire-voie à Erlach agissent comme des brise-lames et des pièges à sédiments.

ren Wirkungskontrollen erhobenen Höhenprofile mit der bathymetrischen Vermessung von 2016 verglichen werden. Überlagert man nun die Entwicklung der Schilfbestände mit der bathymetrischen Entwicklung wird ein deutlicher Zusammenhang erkennbar. Während in Uferabschnitten, in welchen der Seegrund in den 20 Jahren von 1995 bis 2015 stabil blieb oder durch Erosion abgesenkt wurde, keine Veränderung der Schilffläche festgestellt werden kann, nahm diese in Uferabschnitten, welche eine Sedimentakkumulation aufweisen, im Durchschnitt um 0.33 m^2 pro Laufmeter Uferlänge und Jahr zu. Die Entwicklung der Schilfbestände wird demnach durch die Akkumulation von Sedimenten positiv beeinflusst. Der Einfluss der ufermorphologischen Prozesse auf die Schilfbestände scheint damit stärker zu sein, als bisher angenommen.

Im Umkehrschluss kann das bedeuten, dass der in den 1960er bis 1990er Jahre beobachtete Schilfrückgang primär von den Erosionsprozessen und weniger von anderen Faktoren beeinflusst war. Dass sich die Schilfbestände insgesamt, also auch an Uferabschnitten, an welchen keine Schutzmassnahmen vorgenommen wurden, stabilisiert haben, könnte darauf hinweisen, dass sich die Erosionsraten im Vergleich zu den 1960er bis 1990er Jahren reduziert haben. Dies wiederum wirft die Frage auf, welche Faktoren eine Reduktion der Erosionsraten bewirkt haben könnten.

4. Zukünftige Fragestellungen

Als Ursache für die Stabilisierung des Seegrundes wird eine Veränderung der Artenzusammensetzung in der submersen Vegetation vermutet. Während der Phase der Eutrophierung ab den 1960er Jahren wurden die Characeen durch höhere Laichkräuter verdrängt. Infolge der Reoligotrophierung des Seewassers breiten sich die Armleuchteralgen [Characeen] seit anfangs des Jahrhunderts wieder aus.

Die unterschiedlichen Wuchsformen der einzelnen Arten und insbesondere deren Zustand während des Winterhalbjahres könnten die Stabilität des Seegrundes sehr unterschiedlich beeinflussen. Insbesondere Characeen, aber auch das Schweizer Laichkraut [*Potamogeton helveticus*] können grün überwintern und während den massgebenden Winterstürmen bei tiefem Seespiegel den Seegrund stabilisieren [Mainberger & Schmieder, in Vorb.]. Dass sie auch am Bielersee zunehmend grün überwintern zeigen die seit einigen Jahren neuen Beobachtungen grosser Mengen von angeschwemmtem, grünem organischem Material nach starken Windereignissen Ende des Winters.

Untersuchungen zum Einfluss von Makrophytenbeständen auf die Reduktion der welleninduzierten Fliessgeschwindigkeiten am Seeboden sind bei Vermaat et al. [2000] beschrieben. Am Bielersee wurden diese Zusammenhänge

zwischen biologischen und den morphologischen Entwicklungen in der Flachwasserzone bisher nicht untersucht. Auch fehlen Untersuchungen zum Einfluss der verschiedenen Makrophytenarten auf die Stabilisierung von Feinsedimenten am Seegrund sowie Untersuchungen zur Beeinflussung der Feststoffbilanz durch die Aaresedimente. Die Entwicklung der Wasserpflanzen im Bielersee ist gut dokumentiert. Die Gesamtbeurteilung dieser Entwicklung zwischen 1967 und 2015 zeigt verschiedene deutliche Veränderungen, wie z.B. die folgenden [Guthruf et al. 2016]:

- Der Rückgang der hohen, dichten Laichkrautbestände indiziert tiefere Nährstoffgehalte: Die Ausdehnung der hohen und dichten Laichkrautbestände hat ab 1984 deutlich abgenommen.
- Die Ausbreitung der Characeen indiziert tiefere Nährstoffgehalte: Generell finden sich Characeen in Gewässern mit Gesamtphosphorgehalten $< 0.02 \text{ mg/l}$. Die starke Ausbreitung der Characeen im Bielersee begann in den Jahren ab 2000, als der Gesamtphosphorgehalt während der Zirkulationsphase meist unter diesem Wert lag.
- Die Ausbreitung in grössere Tiefe indiziert verbesserte Lichtverhältnisse: In vielen Gebieten dehnten sich die submersen Flächen seewärts in tiefere Bereiche aus. Dafür verantwortlich waren primär die Characeen, die oft ausserhalb der früheren Bestände aus vaskulären Pflanzen noch ein dichtes Band bildeten. Die Besiedlung unter 10 m Wassertiefe zeugt von verbesserten Lichtverhältnissen im Bielersee.
- Lockere Besiedlung der früher leeren Sandflächen: Grössere Flächen auch im flachen Uferbereich waren 2015 nur noch durch niedrig wachsende, unterschiedlich dichte Bestände von vaskulären Pflanzen und Characeen bedeckt. Die früher weitgehend leeren Sandflächen in Lüscherz und am Heidenweg Süd waren 2015 von sehr lockeren Beständen aus kleinwüchsigen Pflanzen bewachsen.

Da die Wuchsdichte und Artenzusammensetzung der Wasserpflanzen stark durch den Trophiegrad des Seewassers beeinflusst wird, könnte das Fazit wie folgt lauten: Während der eutrophen Phase, welche an den meisten Seen ungefähr von 1950/1960 bis 1990/2000 dauerte, war die Vegetation im Vergleich zu vorher und zu heute stark verändert. Diese Phase korreliert mit der Phase des Rückganges der aquatischen Schilfbestände. Wenn, wie oben dargelegt, die Erosion der Flachwasserzone eine Hauptursache des Schilfrückganges war und die Schilfbestände sich wieder erholt haben, liegt der Schluss nahe, dass die submerse Makrophytenvegetation einen starken Einfluss auf die Stabilität der Sedimente hat.

Daraus lassen sich zum Beispiel die folgenden Forschungsfragen formulieren:

- Wie beeinflussen die einzelnen Arten die Strömungsverhältnisse am Seegrund?
- Wie beeinflussen die einzelnen Arten durch die Verwurzelung die Stabilität der Sedimente?
- Welche saisonalen Unterschiede (bezüglich Vegetation, Wasserstand und Windereignisse) bestehen dabei?
- Wie wirken sich extreme Sturmereignisse auf die langfristige Entwicklung aus?
- Welche Entwicklungen sind infolge der Veränderung des Trophiegrades zu erwarten?
- Welche Entwicklungen im Zusammenhang mit der Klimaerwärmung sind zu erwarten?
- Welchen Einfluss haben die Aaresedimente auf die langfristige Entwicklung der Flachwasserzone?

Antworten auf diese Fragen könnten zum besseren Verständnis der Zusammenhänge zwischen Biologie und Hydromorphologie und damit zur Klärung der ufermorphologischen Geschichte der Flachwasserzonen beitragen. Und sie könnten auch mithelfen, die Zielsetzungen bei Revitalisierungsprojekten weiter zu konkretisieren.

Literatur

Dittrich, A., Westrich, B. [1988]: Bodenseeufererosion: Bestandesaufnahme und Bewertung. Mitteilungen Institut für Wasserbau Universität Stuttgart, 68.

Guthruf, K., Maurer, V., Zeh, M., Mulattieri, P [2016]: Wasserpflanzen im Bielersee. Kartierung 2015; Arbeitsbericht. Amt für Wasser und Abfall des Kantons Bern.

Heimann, Ph. [2000]: Schilfschutzmassnahmen am Bielersee, 10 Jahre Erfolgskontrolle. Projektbericht Bielersee 2002 [Verein Bielerseeschutz], unveröff.

Huber, A., Chervet A. [1993]: Ufererosion am Südufer des Neuenburgersees. Schlussbericht. Studie der Versuchsanstalt für Wasserbau der ETH Zürich, VAW 956/2.

Iseli, Ch. [1993]: Ufererosion und Schilfrückgang am Bieler See, Möglichkeiten und Strategien der Uferrenaturierung. In: Ostendorp, W., Krumscheid-Plankert, P. (Hsg): Seeuferzerstörung und Seeuferrenaturierung in Mitteleuropa. Limnologie Aktuell [Stuttgart] 5:103–112.

Iseli, Ch. [1995]: Zehn Jahre Schilf- und Uferschutzmassnahmen am Bielersee. Schriftenreihe Verein Bielerseeschutz 4.

Iseli, Ch. [1996]: Maintien et rétablissement des rives naturelles du lac de Biègne: que faire? Problèmes actuels vus sur le plan de la construction hydraulique. In: Ramseyer, D., Roulière-Lambert, M.J. [Ed.] [1996]: Archéologie et érosion. Mesures de protection pour la sauvegarde des sites lacustres et palustres. Acte de la rencontre internationale de Marigny [29.–30.9.1994]. Centre Jurassien du Patrimoine. Lonsle-Saunier.

Iseli, Ch. [2009]: Ingenieurbiologie an Seen. Ingenieurbiologie 4/2009 [70–73].

Iseli, Ch. [2020]: 30 Jahre Schilfschutz Bielersee. Ingenieurbiologie 2/2020.

Iseli, Ch., De Cesare, G. [2019]: Vermessung des Bielersees – spannende Blicke unter Wasser. Wasser Energie Luft 1/2019 [23–28].

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

Iseli, Ch., Schiefer, A., Barhoumi, Z. [2020]: 30 Jahre Schilfschutz am Bielersee – eine Erfolgskontrolle. Landschaftswerk Biel-Seeland. Im Auftrag der Abteilung Naturförderung des Kantons Bern. Download unter www.landschaftswerk.ch.

Mainberger, M., Schmieder, K. [in Vorb.]: Zur Erosion der Flachwasserzone des Bodensees. Verschafft die Rückkehr von Unterwasserpflanzen den prähistorischen «Pfahlbauten» eine Atempause? Schriften des Vereins für Geschichte des Bodensees und seiner Umgebung 139 2021.

Ostendorp, W. [1989]: «Dieback» of reeds in Europe: A critical review of literature. Aquatic Botany 35 [5–26].

Ostendorp, W., Iseli, Ch., Krauss, M., Krumscheid-Plankert, P., Moret, J.-L., Rollier, M. & Schanz, F. [1995]: Lake shore deterioration, reed management and bank restoration in some Central European Lakes. Ecological Engineering 5: 51–75.

Schleiss, A. [Hrsg.] [2006]: Bases de dimensionnement des mesures de protection des rives lacustres / Bemessungsgrundlagen für Massnahmen zum Schutz von Flachufern an Seen. Communication Laboratoire de Constructions Hydrauliques, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne 27.

Vermaat, J.E., Santamaria, L., Roos, P.J. [2000]: Water flow across and sediment trapping in submerged macrophyte beds of contrasting growth form. Arch. Hydrobiol. 148, 549–562.

Kontaktadresse

Christoph Iseli, dipl. Forsting. ETH
Landschaftswerk Biel-Seeland
Mattenstrasse 133
2501 Biel/Bienne
032 328 11 33
ch.iseli@landschaftswerk.ch



Christoph Iseli