

30 Jahre Schilfschutz Bielersee

Christoph Iseli



Auf die Wurzeln
kommt es an...

Samen und Pflanzen für die Hangsicherung
zusammengestellt nach Wurzelprofilen und
Erosionsschutzwirkung.
Objektbesichtigung kostenlos
Lieferung ganze Schweiz und EU

schutzfilisur 
100 Jahre Samen Pflanzen AG

Schutz Filisur, Samen u. Pflanzen AG, CH-7477 Filisur
Tel. 081 410 40 00, Fax. 081 410 40 77
samenpflanzen@schutzfilisur.ch

Zusammenfassung

Wie an manchen Seen in Mitteleuropa wurde auch am Bielersee in den 1980er Jahren ein starker Rückgang der aquatischen Röhrichtbestände festgestellt. Als wichtigste Ursachen für diesen flächigen Verlust wurden einerseits mechanische Belastungen der Schilfbestände im Zusammenhang mit der Eutrophierung (Überdüngung) des Seewassers und andererseits die Erosion der Ufer und der Flachwasserzone vermutet. Ab 1989 wurden am Südufer des Bielersees umfangreiche Massnahmen zur Förderung der Schilfbestände umgesetzt. Dabei handelte es sich hauptsächlich um Lahnungen, Wellenbrecher, Sediment-spülungen und Schilfpflanzungen. Im Bericht «30 Jahre Schilfschutz am Bielersee – eine Erfolgskontrolle» [Iseli et al. 2020] wurden einerseits die ausgeführten Massnahmen dokumentiert und andererseits versucht, deren Wirkung auf die Entwicklung der Schilfbestände zu beurteilen. Die Resultate, welche hier zusammengefasst sind, zeigen, dass sich die Schilfbestände am Bielersee insgesamt erholt haben, und zwar unabhängig der Schutzmassnahmen. Gleichzeitig wird deutlich, dass Massnahmen, welche einen positiven Einfluss auf die Ufermorphologie hatten, indem sie eine Akkumulation von Sedimenten bewirkten, diese Entwicklung beschleunigten. Daraus kann geschlossen werden, dass die Entwicklung der Schilfbestände stärker als bisher angenommen mit der ufermorphologischen Entwicklung in Zusammenhang stehen. Die formulierten Erkenntnisse sollen mithelfen, zukünftige Revitalisierungsprojekte wirkungsvoller zu gestalten und die natürliche Entwicklung, also die natürliche Dynamik an den Seeufern zu fördern.

Keywords:

Schilfschutz, Seeuferschutz, Revitalisierung Seeufer, Erfolgskontrolle, Wirkungskontrolle

30 ans de protection des roselières du lac de Bienne

Résumé

Comme pour certains lacs d'Europe centrale, le lac de Bienne a également connu un fort déclin des roselières aquatiques jusqu'aux années 1980. On suppose que les causes principales de cette perte de surfaces ont été d'une part les charges mécaniques sur les roselières en relation avec l'eutrophisation (surfertilisation) des eaux du lac et d'autre part l'érosion des rives et des beines lacustres. À partir de 1989, de vastes mesures ont été prises sur la rive sud du lac de Bienne afin de promouvoir les roselières. Il s'agissait principalement de barrages à claire-voie des

brise-lames, de remblayages de sédiments et de plantation de roseaux. Dans le rapport « 30 ans de protection des roselières au lac de Biene – un contrôle d’efficacité » [Iseli et al. 2020], d’une part les mesures mises en œuvre ont été documentées et d’autre part, on a tenté d’évaluer leur effet sur le développement des roselières. Les résultats, résumés ici, montrent que les roselières du lac de Biene ont globalement récupéré, indépendamment des mesures de protection. En même temps, il est clair que les mesures qui ont eu une influence positive sur la morphologie du rivage en provoquant une accumulation de sédiments ont accéléré ce développement. On peut en conclure que le développement des roselières est plus fortement lié à l’évolution de la morphologie du rivage qu’on ne le supposait auparavant. Les conclusions formulées devraient contribuer à rendre les futurs projets de revitalisation plus efficaces et à promouvoir le développement naturel, c’est-à-dire la dynamique naturelle des rives du lac.

Mots-clés

Protection des roselières, protection des rives lacustres, revitalisation des rives du lac, contrôle d’efficacité, contrôle des impacts

30 anni di protezione dei canneti sul lago di Biene

Riassunto

Come altri laghi dell’Europa centrale, anche il lago di Biene ha registrato un forte calo dei canneti fino agli anni ’80. Quali cause più importanti di quest’ampia perdita sono state ipotizzate da un lato lo stress meccanico sui canneti in relazione all’eutrofizzazione [eccessiva fertilizzazione] dell’acqua del lago e dall’altro l’erosione delle rive e della zona litorale di acque poco profonde. A partire dal 1989, sulla riva meridionale del lago di Biene sono state messe in atto ampie misure per la valorizzazione dei canneti. Si trattava principalmente di palizzate, frangiflutti, ricarica di sedimenti e piantagione di nuclei di canne. Nel rapporto «30 Jahre Schilfschutz am Bielersee – eine Erfolgskontrolle» [“30 anni di protezione dei canneti sul lago di Biene – un controllo del successo», Iseli et al. 2020] sono state documentate da un lato le misure attuate e dall’altro si è cercato di valutarne gli effetti sullo sviluppo dei canneti.

I risultati, qui riassunti, mostrano che i canneti del lago di Biene si sono complessivamente ripresi, in modo indipendente dalle misure applicate. Allo stesso tempo, è risultato

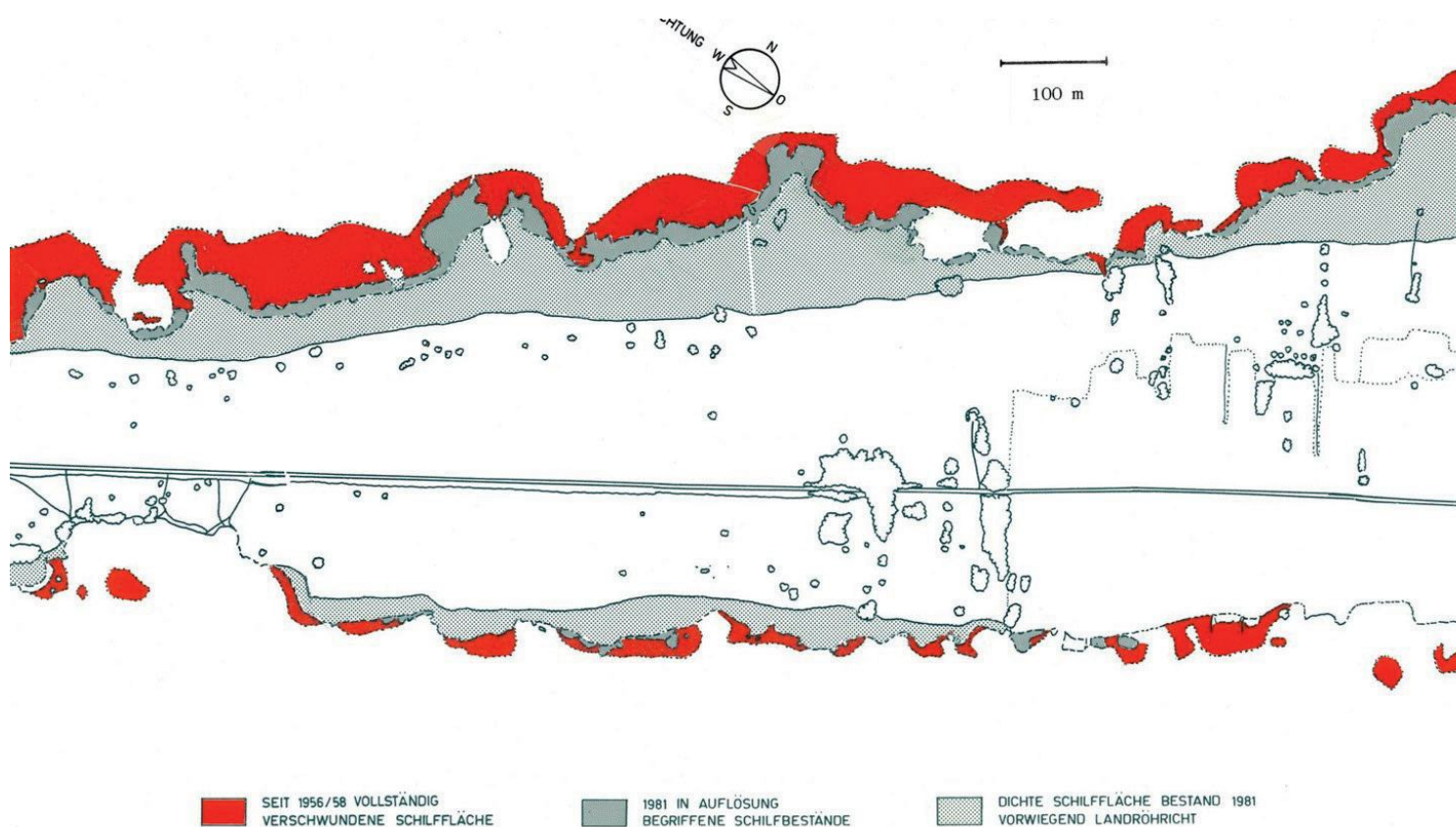


Abb. 1: Rückgang der aquatischen Röhrichtbestände [rot] zwischen 1956 und 1980. Ausschnitt Heidenweg [Iseli & Imhof 1987]. | Fig. 1 : Déclin des roselières aquatiques [rouge] entre 1956 et 1980, section Heidenweg [Iseli & Imhof 1987].

che le misure che hanno avuto un'influenza positiva sulla morfologia della riva favorendo un accumulo di sedimenti hanno accelerato questo sviluppo. Da ciò si può concludere che lo sviluppo dei canneti è più fortemente legato allo sviluppo della morfologia delle sponde del lago di quanto non si pensasse in precedenza. I risultati formulati dovrebbero contribuire a rendere più efficaci i futuri progetti di rivitalizzazione e a promuovere lo sviluppo naturale, ovvero le dinamiche naturali sulle rive lacustri.

Parole chiave

Protezione dei canneti, Protezione delle rive lacustri, Rivitalizzazione delle rive lacustri, Controllo del successo, Controllo dei risultati

1. Einleitung

«Wenn die Entwicklung so weiter geht, werden wir in absehbarer Zeit an den Bielerseeufnern kein Schilf mehr sehen» stellte Prof. P. Tschumi von der Uni Bern 1985 fest [Felber 1985]. Auch Seeanwohnern fiel der Rückgang der Schilfbestände auf. Sie richteten sich an den Verein Bielerseeschutz VBS (heute Verein Netzwerk Bielersee) mit Anfragen, was dieser gegen den Schilfrückgang unternehmen und zum Schutz der noch vorhandenen Schilfbestände beitragen könne.

Der VBS nahm sich der Fragestellung an und liess eine Studie erarbeiten, welche mögliche Massnahmen zum Schutz des Schilfes und zur Erhaltung und Förderung der Naturufer formulieren sollte. Das Schilfschutzkonzept Bielersee [Iseli & Imhof 1987] dokumentierte den Schilfrückgang am Bielersee (Abb. 1) und analysierte die möglichen Ursachen. Bald wurde deutlich, dass das Phänomen nicht nur am Bielersee, sondern an vielen Seen in der Schweiz und Europa festgestellt wurde. An der ETH Zürich, der Universität Konstanz, der TU München, der TU Berlin und an vielen weiteren Instituten befassten sich Wissenschaftler*innen mit dem Schilfrückgang, dessen Ursachen und möglichen Schilfschutzmassnahmen. [Ostendorp 1989, Ostendorp et al. 1993 und 1995]

Dabei wurde festgestellt, dass es nicht nur um die Zerstörung der Seeufer durch Verbauung sondern auch um eine Folge der Zunahme des Nährstoffgehalts im Wasser, also der Eutrophierung der Seen ging. Die Ansätze der Forschenden waren je nach Institut unterschiedlich. Entsprechend wurden verschiedene Faktoren identifiziert, welche in einem komplexen Wirkungszusammenhang je für den Schilfrückgang mitverantwortlich waren. Am Bielersee standen neben der Eutrophierung des Seewassers die hydromechanischen Faktoren, also die mechanische Belastung des Schilfes durch Schwemmgut und die Erosion des

Seegrundes sowie das Zusammenwirken dieser Faktoren im Vordergrund [Iseli 1995 und 1996].

1989 lancierte der VBS das Schilfschutzprojekt Bielersee. Im Winter 1989/90 waren rund 800 Zivilschutzpflichtige der Region während sechs Wochen im Einsatz und realisierten die ersten umfassenden Massnahmen zum Schutz der Schilfbestände und der Naturufer in Mörigen, Täuffelen, Lüscherz und Erlach. In der Projektdokumentation [Verein Bielerseeschutz 1990] wurde auf die komplexen Ursachen des Schilfrückgangs verwiesen und die Notwendigkeit von langfristig angelegten Massnahmen betont, insbesondere auf die Verbesserung der Wasserqualität. Das Ziel der realisierten Massnahmen wurde wie folgt formuliert: «Die hier ausgeführten technischen Schutzmassnahmen sollen dem Schilf während einer Übergangsphase helfen, sich zu regenerieren. Sie sollen also nicht einen bestimmten Uferzustand fixieren, sondern eine natürliche Entwicklung fördern.»

Nach dreissig Jahren Schilfförderung am Bielersee war es an der Zeit, die ausgeführten Massnahmen auf ihre Wirkung und Effizienz zu prüfen und daraus Vorschläge für die zukünftigen Revitalisierungs- und Aufwertungsmassnahmen abzuleiten. Im Bericht «30 Jahre Schilfschutz Bielersee» [Iseli et al., 2020] werden einerseits die ausgeführten Massnahmen dokumentiert. Andererseits wurden die Entwicklung der Wasserschilfbestände mittels Vergleichen von Luftbildern sowie die Veränderungen der Unterwassertopographie an ausgewählten Uferabschnitten untersucht. Der vorliegende Bericht fasst die Resultate dieser Erfolgskontrolle zusammen.

2. Schilfschutzmassnahmen am Bielersee

2.1 Übersicht Standorte und Massnahmen

Insgesamt wurden zwischen 1989 und 1993 rund 1'250 m² Lahnungen in vier Uferbereichen in Erlach, Lüscherz, Täuffelen und Mörigen erstellt. In Täuffelen und in Lüscherz wurde zudem je eine Palisadenlahnung gebaut. In Nidau [1994], Ipsach [2001] und Gals [2002] wurden im Rahmen von Uferrevitalisierungsprojekten Ufermauern abgebaut, das Ufer abgeflacht und teilweise mit vorgelagerten Wellenbrechern aus Steinblöcken geschützt. Abb. 2 und Tab. 1 geben eine Übersicht über die einzelnen Standorte und ausgeführten Massnahmen. Detailliertere Beschreibungen finden sich bei Iseli et al. 2020.

2.2 Lahnungen

Im Rahmen der beiden Schilfschutzprojekte 1 und 2 des Vereins Bielerseeschutz wurden zwischen 1989 und 1993 an mehreren Uferabschnitten am Bielersee verschiedene Uferschutzmassnahmen realisiert [Iseli 1995]. Die umfangreichste Massnahme war der Bau von Lahnungen zum Schutz der Schilfbestände [Abb. 3 und 4].

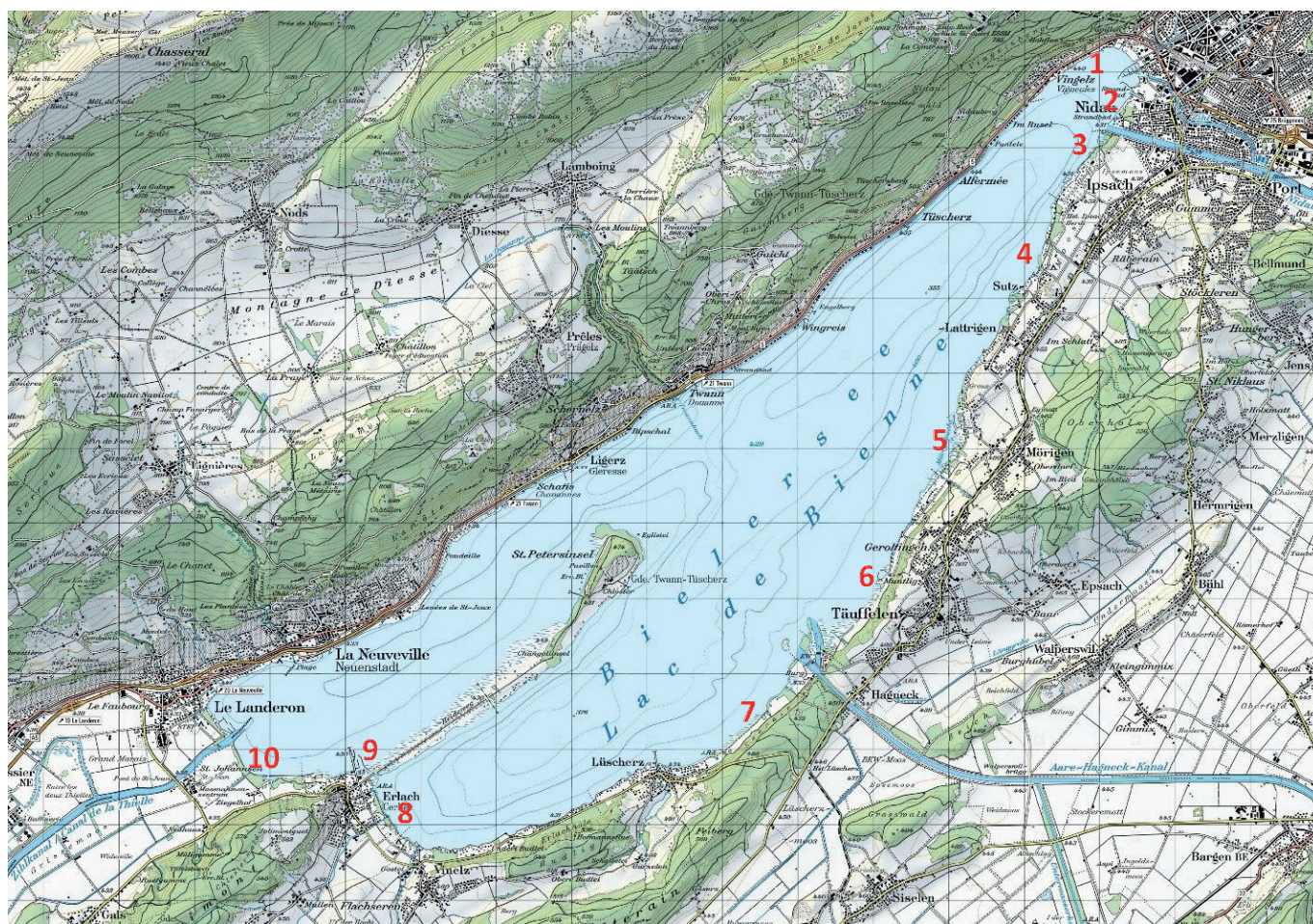


Abb. 2: Übersicht über die einzelnen Standorte am Bielersee (Quelle: swisstopo). | Fig. 2: Vue d'ensemble des différents sites du lac de Bière (source : swisstopo).

Nr.	Ort	Name	Lahnung	Palisadenlahnung	Rückbau Ufermauer	Wellenbrecher	Sedimentspülung	Schilfpflanzung
1	Biel	Beaurivage				X		X
2	Nidau	Spychigerhäfeli-Mühleruns			X			X
3	Ipsach	Erlenwäldli			X	X		X
4	Sutz	Chürzigrabe					X	
5	Mörigen	Naturschutzgebiet Mörigenbucht	X				X	X
6	Täuffelen	Strandboden	X	X			X	
7	Lüscherz	Naturschutzgebiet Seestrand Lüscherz	X	X				X
8	Erlach	Seestrand	X				X	X
9	Erlach	Bisendamm Hafen					X	X
10	Gals	Naturschutzgebiet Gals			X	X		X

Tab. 1: Übersicht über die ausgeführten Massnahmen. Die Nummern beziehen sich auf Abb. 2. | Tab. 1 : Aperçu des mesures mises en œuvre. Les chiffres se réfèrent à la figure 2.



Abb. 3: Frisch aufgefüllte Lahnung in Erlach (Element E5). Aufnahme 16.04.2019, Wasserstand 429,38 m ü.M. | Fig. 3 : Barrage à claire-voie à Erlach, fraîchement remplie (élément E5). Photo du 16.04.2019, niveau de l'eau à 429,38 m.s.m.

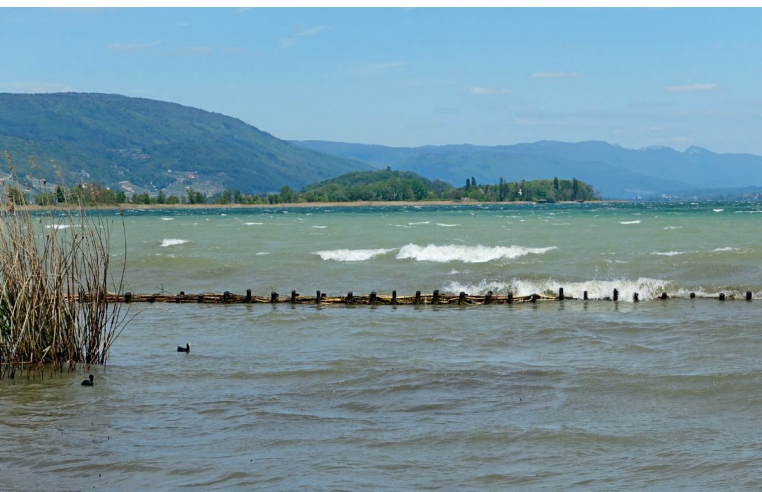


Abb. 4: Die wellendämpfende Wirkung der Lahnung ist gut sichtbar. | Fig. 4 : L'effet d'amortissement des vagues du barrage à claire-voie est clairement visible.

Lahnungen sind Wellenbrecher aus dicht gepackten Weidenzweigen, welche in eine uferparallele, doppelte Pfahlreihe gepackt werden. Sie bewirken eine Wellenberuhigung, was einerseits zu einer Reduktion der mechanischen Belastung der Schilfbestände und andererseits zu einer Ablagerung der suspendierten Sedimente und somit zu einer Auflandung führt.

Spezialfall Palisadenlahnungen

In Täuffelen und Lüscherz wurden anstelle von Lahnungen mit Weidenfaschinen Lahnungen als mehrreihige Palisaden erstellt. Dabei wurden parallel zur Uferlinie Holzpfähle bis zur erforderlichen Einbindetiefe in den Seeboden gerammt. Die Holzpfähle wurden in drei Reihen versetzt so angeordnet, dass der Abstand der einzelnen Pfähle untereinander möglichst klein war. Palisadenlahnungen sind sehr dauer-

haft und benötigen keinen Unterhalt. Es zeigte sich jedoch, dass die wellendämpfende Wirkung rund 60% geringer ist als diejenige von Weidenlahnungen (Sayah et al. 2005).

2.3 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 besser entwickeln können. Bei den Wellenbrechern kann grundsätzlich zwischen durchlässigen (porösen) und undurchlässigen (dichten) sowie zwischen durchgehenden und unterbrochenen Bauweisen unterschieden werden.

In Ipsach wurde 2001 die Uferrollierung auf einer Länge von 175 m abgetragen und das Ufer abgeflacht. Die Steinblöcke wurden verwendet, um ein vorgelagertes, bestehendes Riff zu einem Wellenbrecher zu erhöhen und zu verstärken. 2002 wurden im Naturschutzgebiet Gals auf einer Gesamtlänge von 175 m vier Wellenbrecherelemente erstellt (Abb. 5). Die einzelnen Elemente weisen Längen zwischen 24 m und 50 m auf. Zwischen den Elementen wurde jeweils eine Zwischenlänge von 10 bis 15 m unverbaut belassen.



Abb. 5: Drei der vier Wellenbrecherelemente in Gals (Luftbild 24.04.2019, CFF SA, Infrastructure, Engineering Environnement). | Fig. 5 : Trois des quatre éléments des briseurs de vagues à Gals (photo aérienne 24.04.2019, CFF SA, Infrastructure, Engineering Environnement).

2.4 Sedimentspülungen

Nicht direkt im Zusammenhang mit Schilfförderprogrammen stehen Sedimentspülungen aus verschiedenen Hafenausbaggerungen. Abgeschlossene Häfen haben die natürliche Tendenz zu verlanden, weshalb sie periodisch ausgebaggert werden müssen. Am Bielersee werden seit den 90er Jahren die Sedimente jeweils – sofern sie unverschmutzt sind – in Ufernähe abgelagert mit dem Ziel, die

ufernahe Flachwasserzone ökologisch aufzuwerten (Abb. 6). In einigen Fällen wurden Sedimente auch in Uferabschnitten mit Lahnungen gespült und vereinzelt wurden solche Sedimentspülungen mit Schilfpflanzungen kombiniert. Damit konnten in einigen Uferabschnitten die erwünschte Sedimentablagerung künstlich gefördert werden.

2.5 Schilfpflanzungen

Eine weitere Massnahme zur Förderung der aquatischen Röhrichtbestände, welche am Bielersee mehrfach zur Anwendung kam, ist die Pflanzung von Wasserschilf (Abb. 7 und 8). Das Schilf – als eigentliche Landpflanze – kann dauernd überflutete Bereiche nur vom Land her über Rhizomausläufer besiedeln. Weil die Ufer jedoch oft entweder von Gehölzen 'besetzt' sind oder an der Wasserlinie ein unüberwindbares Erosionskliff aufweisen, kann eine natür-



Abb. 6: Bei der ersten Sandspülung am Bielersee (1991) wurden in Erlach rund 1'800 m³ Sediment hinter eine temporäre Lahnung gespült. | Fig. 6 : Lors du premier sable de reconstitution au lac de Biemme (1991), environ 1'800 m³ de sédiments ont été remblayés derrière une palissade provisoire à Erlach.



Abb. 7: 1993 wurden Schilfballen in vier Gruppen zu 16 Stück in den frischen Seeboden gepflanzt. | Fig. 7 : En 1993, des plants de roseau ont été plantées en quatre groupes de 16 au fond du lac.

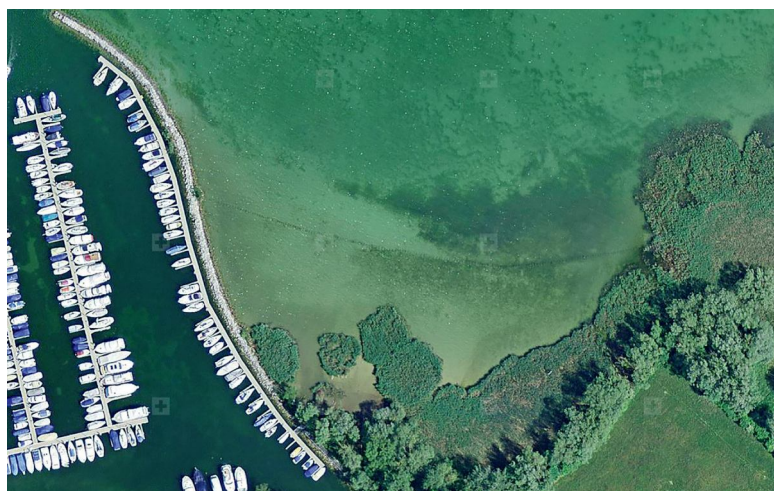


Abb. 8: Auf dem swisstopo-Luftbild von 2014 ist die temporäre Lahnung als feiner Stich erkennbar. Die vier Initialpflanzungen haben sich zu kreisförmigen Schilfbeständen mit einer Gesamtfläche von rund 1'300 m² entwickelt. | Fig. 8 : Sur la photo aérienne de swisstopo de 2014, la palissade temporaire est visible sous la forme d'une ligne fine. Les quatre plantations initiales se sont développées en roselières circulaires d'une superficie totale d'environ 1'300 m².

liche Besiedlung nicht stattfinden. Deshalb wurde versucht, mit Pflanzungen von Wasserschilf die Bestandesbildung zu beschleunigen resp. zu ermöglichen. Die Schilfpflanzungen erwiesen sich als eine effiziente und kostengünstige Massnahme zur Schilfförderung, vorausgesetzt, die Pflanzmethode war gut gewählt und die Standortbedingungen waren für Schilf geeignet.

3. Wirkungskontrollen 1992–2016

3.1 Einleitung

Nach dem Bau der ersten Lahnungen im Winter 1989/1990 wurde im Rahmen des Schilfschutzprojekts des Vereins Bielerseeschutz eine Wirkungskontrolle durchgeführt. Zwischen 1992 und 2000 wurden in 21 fest installierten Stichproben jedes Jahr im August die Bestandesdichten und –ausdehnungen gemessen (Abb. 9) sowie die Bathymetrie über gleichenorts installierte Querprofile aufgenommen (vgl. Iseli 1995 und Heimann 2000). Die Aufnahmen der Schilfbestände zeigten erstaunlich grosse jährliche Schwankungen, so dass eine aussagekräftige Auswertung nicht möglich war. Auch die Querprofile wiesen jährliche Schwankungen auf, welche jedoch oft im Bereich der Messgenauigkeit von einigen Zentimetern lagen. Neben diesen Schwankungen wiesen etliche Profile zudem aber deutliche Verlandungstendenzen auf. Damit konnte gezeigt werden, dass die Lahnungen wie erwartet als Sedimentfallen wirkten – allerdings nur in Uferbereichen, welche eine genügend starke Wellen- und damit Sedimentdynamik aufweisen. Dies ist in Mörigen und Erlach der Fall, in geringerem Mass in Lüscherz, nicht jedoch in Täuffelen westlich des Hafens.



Abb. 9: Aufnahme einer Stichprobenfläche in Erlach 1999. | Fig. 9 : Relevé d'une zone échantillon à Erlach en 1999.

Im Rahmen des Forschungsprojekts EROSEE (www.erosee.org) wurden in den Jahren 2000/2001, 2003/2004 und 2005 in den Uferabschnitten Ipsach Erlenwäldli, Mörigen, Lüscherz, Gals und La Neuveville «Levéé des Larrus» Aufnahmen der Flachwasserzone durchgeführt und Geländemodelle erstellt. Die Vermessungen wurden mittels Tachymeter und GPS sowie 2005 teilweise mittels Echolot durchgeführt. Dokumentiert sind die Aufnahmen in den Berichten der Berner Fachhochschule [BFH 2004 und 2006]. 2016 erfolgte eine hochauflösende bathymetrische Vermessung der Flachwasserzone des Bielersees mittels fluggestütztem Laserscanning, dokumentiert in «Bathymetrie des Bielersees» [Universität Bern Institut für Geologie, Airborne HydroMapping GmbH, 2017]. Die 'Tiefenkarte Bielersee' im Geoportal des Kantons Bern enthält eine Darstellung des Geländemodells. Die Rohdaten können beim Amt für Wasser und Abfall des Kantons Bern bezogen werden (vgl. Iseli & De Cesare 2019).

3.2 Entwicklung der Bathymetrie 1990–2016

Im Rahmen einer Projektarbeit an der Berner Fachhochschule [Barhoumi 2020] wurden die Vermessungsdaten der Flachwasserzone in den Untersuchungsgebieten Mörigen, Täuffelen, Lüscherz, Erlach und Gals, welche im Zeitraum von 1990 bis 2016 aufgenommen wurden, miteinander verglichen und analysiert. Die Lahnungen wurden zwischen 1990 und 1993 erstellt. Die ersten Querprofilaufnahmen wurden jeweils kurz nach der Erstellung durchgeführt. Die Aufnahmen aus den Jahren 1992 bis 2000 waren über linienhafte Querprofile aufgenommen worden. Spätere Aufnahmen liegen in flächig verteilten Rasterpunkten vor, welche zu Geländemodellen interpoliert wurden, aus welchen vergleichbare Querprofile extrahiert werden konnten.

Dargestellt sind die Querprofile verschiedener Jahre in Diagrammen des Kalkulationsprogramms Excel. In den folgenden Diagrammen [Abb. 10–14] ist der Verlauf des Seegrundes im Bereich einzelner Lahnungs- resp. Wellenbrecherelemente dargestellt. Der 0-Punkt auf der horizontalen Achse bezeichnet die Lage der Lahnung / des Wellenbrechers. Positive Werte zeigen die Distanz ab Lahnung Richtung Land, die negativen Richtung See. Dargestellt sind die Querprofile aus verschiedenen Jahren [1991–1994 rot, 2000 gelb, 2004 grün, 2016 blau]. Die Entwicklung der Querprofile zeigt zwischen den einzelnen Standorten deutlichere Unterschiede als zwischen den einzelnen Profilen innerhalb der Standorte, weshalb hier nur einzelne, typische abgebildet sind. In Mörigen ist die Entwicklung landseits der Lahnungen sehr heterogen. Dies wird auf die aufgrund der starken Exposition gegenüber den Westwindwellen hohe Dynamik am Standort und den unregelmässigen Unterhalt zurück-

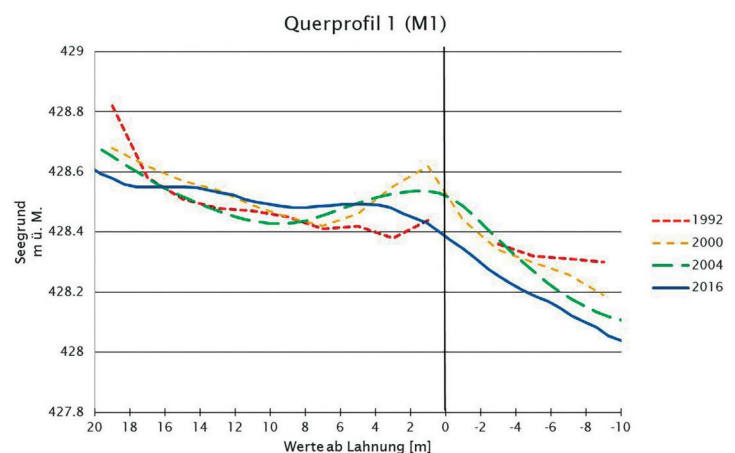


Abb. 10: Mörigen Querprofil M1. | Fig. 10 : Section transversale M1 à Mörigen.

geführt. Bemerkenswert ist, dass landseits der Lahnungen eine Auflandungstendenz festzustellen ist. Im Gegensatz dazu ist seeseits der Lahnungen eine Erosion festzustellen [Abb. 10]. Diese kann nicht mit den Verbauungen in Zusammenhang gebracht werden. Sie ist wahrscheinlich Ausdruck einer allgemeinen Erosion, welche in der Flachwasserzone in diesem Uferbereich stattfindet.

Täuffelen zeichnet sich durch eine hohe Kontinuität aus [Abb. 11]. Mit Ausnahme eines Profils mit Akkumulation, welche auf eine Sedimentspülung zurückgeführt werden kann, sind die Profile über die Zeit praktisch unverändert. Dies lässt sich dadurch erklären, dass der Uferabschnitt westlich des Hafens im Schutz des Aaredeltas Hagneck liegt und deshalb vor Westwindwellen sehr gut geschützt ist. In Lüscherz ist insbesondere landseits der Lahnungen fast durchwegs eine leichte Erosion festzustellen [Abb. 12]. Hier konnte die Wirkung der Lahnungen als Sedimentfallen nie eindeutig beobachtet werden. Die Erosion steht u.U. im Zu-

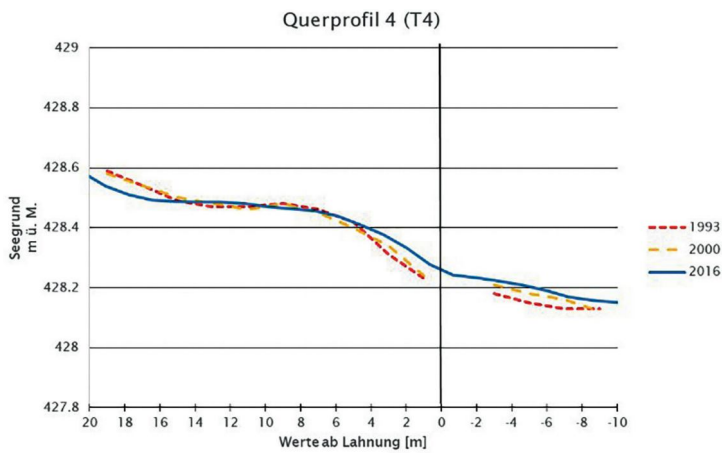


Abb. 11: Täuffelen Querprofil T4. | Fig. 11 : Section transversale T4 à Täuffelen.

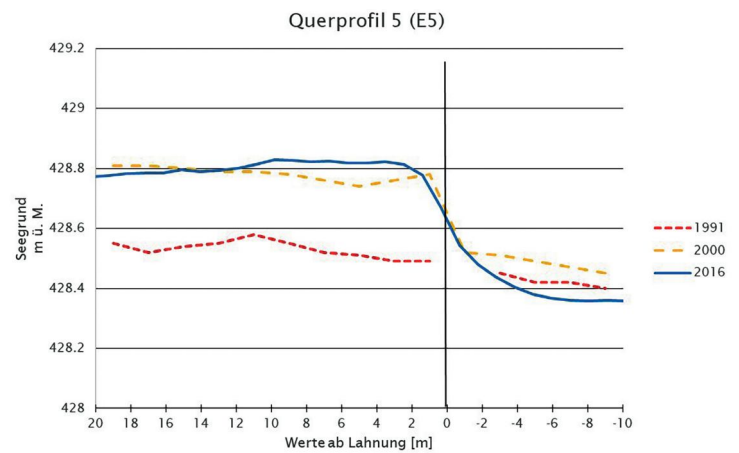


Abb. 13 b: Erlach Querprofil E5. | Fig. 13 b : Sections transversale E5 à Erlach.

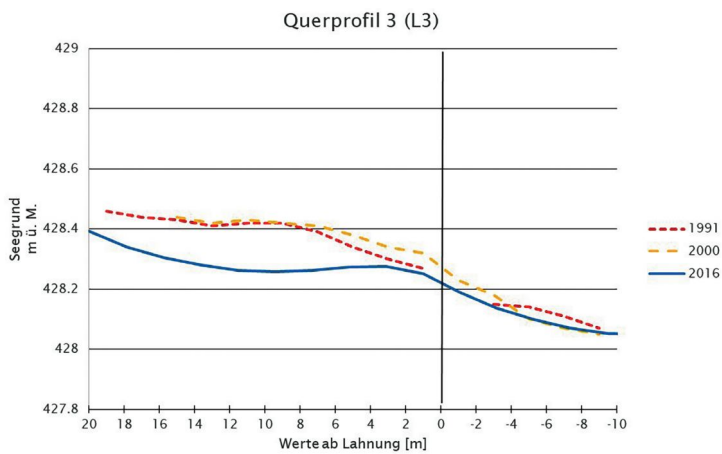


Abb. 12: Lüscherz Querprofil L3. | Fig. 12 : Section transversale L3 à Lüscherz.

sammenhang mit dem Unterhalt, welcher teils einige Jahre vor 2016 aufgegeben wurde oder mit der beobachteten, teilweise deutlichen Abnahme der Bestandesdichten. Erlach zeigt von allen Lahnungsstandorten die positivste Entwicklung (Abb. 13). Eine starke landseitige Akkumulation und gleichzeitig ein stabiler seeseitiger Grund entsprechen der Idealvorstellung der Wirkung einer Schilfschutz-

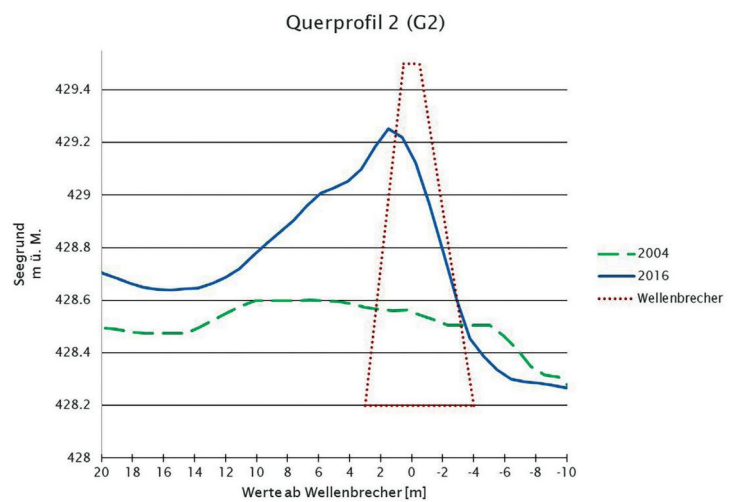


Abb. 14 a: Gals Querprofil G2 [mit Rot eingezeichnetem Wellenbrecher] | Fig. 14 a : Section transversale G2 à Gals [avec un briseur de vagues marqué en rouge]

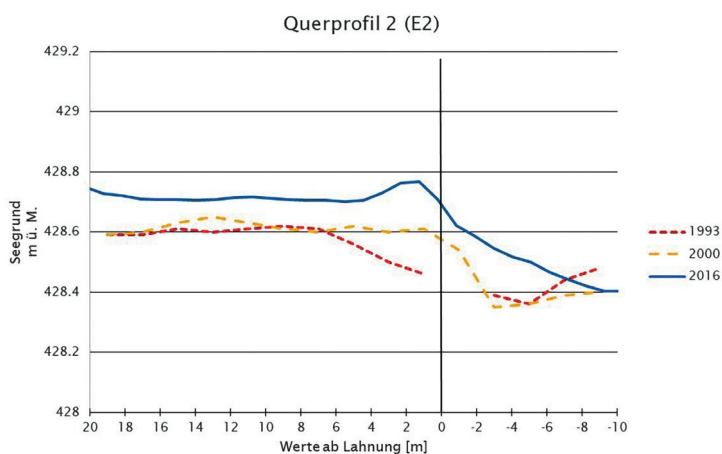


Abb. 13 a: Erlach Querprofil E2. | Fig. 13 a : Sections transversale E2 à Erlach.

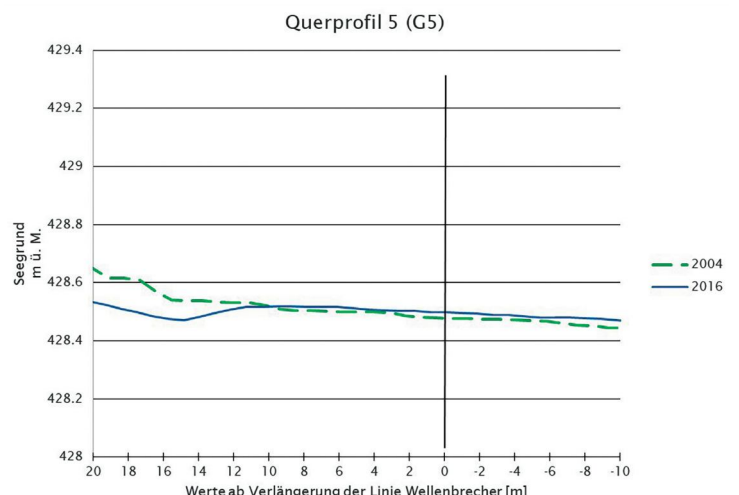


Abb. 14 b: Gals Querprofil G5. | Fig. 14 b : Section transversale G5.

anlage mit Lahnungen. Zu bemerken ist, dass die meisten Profile durch Sandspülungen resp. durch den Sedimenteintrag des Mülibachs beeinflusst sind.

Gals unterscheidet sich durch die Art der Verbauung von den übrigen Uferbereichen, da hier anstelle von Lahnungen unterbrochene Wellenbrecher erstellt wurden. Deren Wirkung ist jedoch sehr deutlich zu erkennen (Abb. 14 und 15). Die Akkumulationsraten sind hier von allen Profilen die höchsten. Am seeseitigen Fuss der Wellenbrecher ist teils eine leichte Auskolkung festzustellen, welche jedoch lokal begrenzt bleiben dürfte.

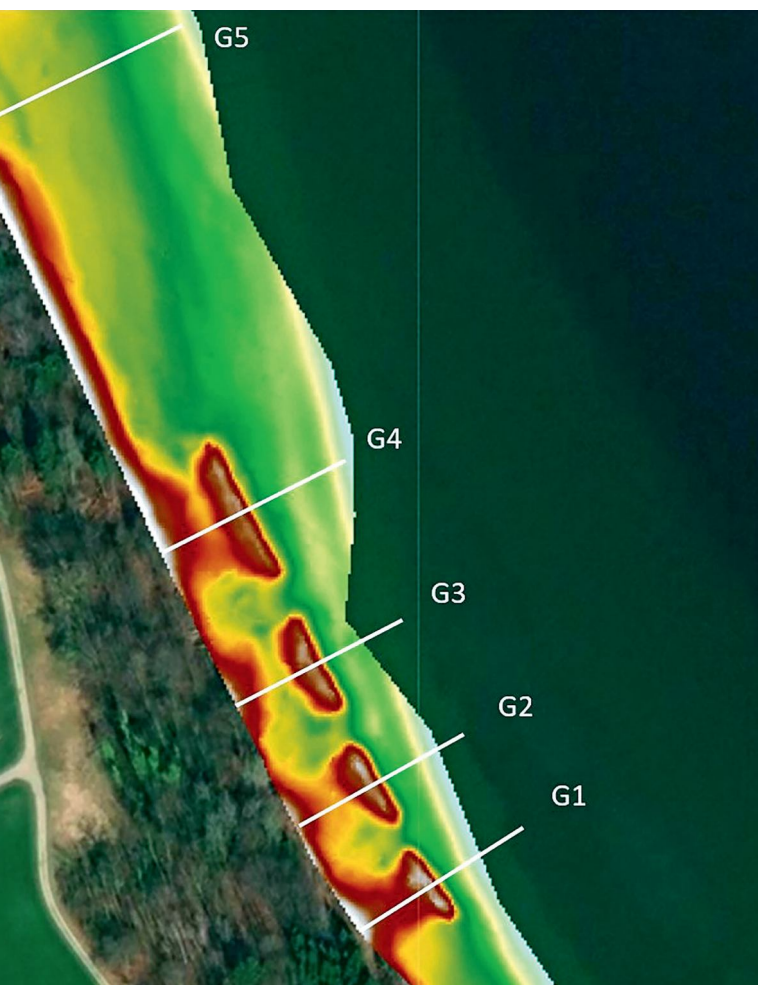


Abb. 15: Naturschutzgebiet Gals: Lage der Wellenbrecher und der Querprofile G1 bis G5 auf Geländemodell 2016. Die erhöhten Bereiche (rot) hinter den Wellenbrecherelementen sind gut erkennbar. | Fig. 15 : Réserve naturelle à Gals : l'emplacement des brises-lames et les sections transversales G1 à G5 sur le modèle du terrain en 2016. Les zones surélevées (en rouge) derrière les éléments des brises-lames sont clairement visibles.

3.3 Entwicklung der Schilffront von 1995–2015

Zwischen 1956 und 1980 betrug der Verlust an Schilfflächen am Bielersee gut 25 ha [Iseli & Imhof 1987]. Mittels einem erneuten Vergleich von Luftbildern aus den Jahren 1995, 2000 und 2015 wurde die Entwicklung der Schilffront in den vier Uferbereichen, an welchen Lahnungen erstellt



Abb. 16: Ausschnitt aus der Dokumentation der Entwicklung der seeseitigen Grenzen der Schilfbestände in Erlach. Orange: Zustand 1995, blau: 2000, grün: 2015 [Grundlage: swisstopo]. | Fig. 16 : Coupe de la documentation sur l'évolution des limites lacustres des roselières d'Erlach. Orange : état 1995, bleu : 2000, vert : 2015 [base : swisstopo].

wurden [Mörigen, Täuffelen, Lüscherz und Erlach], erneut dokumentiert (in Abb. 16 ein Ausschnitt aus Erlach). Da die Ansprache der Bestandesgrenzen auf den einzelnen Luftbildern nicht immer eindeutig war, sind die Ergebnisse mit einer gewissen Ungenauigkeit behaftet. Dennoch sind die Aussagen über die Entwicklung der Schilffront aussagekräftig genug.

In Tab. 2 sind die Gesamtflächen über die Jahre 1995 bis 2015 pro Uferbereich aufgeführt. Im Uferbereich Gals wurde nur der Uferabschnitt mit Wellenbrechern erfasst. Die ermittelten Werte sind nur als Richtwerte zu deuten, da die Uferlinie (Grenze zwischen Wasser- und Landschilf) auf den Luftbildern nicht exakt zu erkennen ist. Weiter ist anzumerken, dass die Flächenangaben keine Aussage über die Bestandesdichte machen. Weil auf den Luftbildern lichte Bestände teilweise nur schlecht erkennbar sind, wurden u.U. Flächen hinzu gerechnet, deren Dichte zugenommen hat oder es wurden Flächen mit geringer Dichte nicht als Bestände erkannt. Mit Hilfe der Werte soll deutlich gemacht werden, welche Entwicklungstendenzen die einzelnen Uferbereiche über die Jahre erfahren haben.

Mörigen und Erlach weisen mit 225 % resp. 198 % den grössten relativen Flächenzuwachs auf. Täuffelen zeigt erstaunlicherweise ebenfalls einen Flächenzuwachs (123 %), obschon das Wasserschilf westlich des Hafens praktisch verschwunden ist. Die positive Bilanz ist hier in erster Linie darauf zurückzuführen, dass die ausgedehnten, aber aufgelösten, bultigen Bestände westlich des Hafens, welche heute vollständig verschwunden sind, in der Ausgangssituation 1995 nicht erfasst wurden. In zweiter Linie ist sie durch die Flächenzunahme östlich des Hafens begründet. Der in Lü-

scherz verzeichnete Flächenrückgang auf 80 % ist schwierig zu interpretieren. Ein grosser Anteil des Verlusts geht auf die allmähliche Auslichtung und schliesslich fast vollständige Auflösung des Bestandes zurück, welcher auf einer archäologischen Fundstelle wuchs. Wie auch in Täuffelen die allmähliche Auflösung des Schilfbestandes in Bulten ist dieser Entwicklungsprozess in Lüscherz nicht verstanden. Es fällt auf, dass die Entwicklung der Bestandesflächen sowohl im zeitlichen Ablauf wie auch in der geografischen Verteilung sehr heterogen verlief. Auch ist nicht einfach

Uferbereich	Fläche 1995		Fläche 2000		Fläche 2015	
	m ²	%	m ²	%	m ²	%
Mörigen	4.800	100	7.500	156	10.800	225
Täuffelen	20.700	100	19.800	96	25.400	123
Lüscherz	23.800	100	22.400	94	19.000	80
Erlach	5.700	100	6.200	109	11.300	198
Gals	0		0		ca. 1'400	
Total	55.000	100	55.900	102	67.900	123

Tab. 2: Flächenangaben im m² der Schilfbestände [%-Angaben ohne Gals]. | Tab. 2 : Données sur la superficie en m² des roselières [données en % sans Gals].

und eindeutig feststellbar, dass sich Bestände, welche durch Lahnungen geschützt waren, besser entwickelten als ungeschützte. Weiter muss berücksichtigt werden, dass neben den Lahnungen auch weitere Massnahmen wie Sedimentspülungen und Schilfpflanzungen ausgeführt und teilweise miteinander kombiniert wurden.

4. Interpretation

Im Folgenden soll versucht werden, Aussagen über die Zusammenhänge zwischen der Entwicklung der Schilfbestände, der bathymetrischen Veränderungen und den Schutzmassnahmen zu formulieren. Insgesamt wurden in der Wirkungskontrolle [Iseli et al. 2020] 36 Uferabschnitte mit einer Gesamtlänge von 3,16 km untersucht. Ausgewertet wurden die Veränderung der Flächen der Wasserschilfbestände zwischen 1995 und 2000 sowie zwischen 2000 und 2015. Das Mass der Veränderung wird als jährlicher Progressionswert dargestellt, welcher einem mittleren Vorwachsen der seeseitigen Schilffront pro Laufmeter Uferlänge und Jahr entspricht (Beispiel: Eine Flächenzunahme von 150 m² während 5 Jahren an einem Uferabschnitt von 100 m' Länge ergibt einen Progressionswert von 0,3 m). Weiter wurden die Uferabschnitte nach den zwischen Anfangs der 1990er Jahren und 2016 festgestellten bathymetrischen Veränderungen unterteilt in solche mit Erosion resp. ohne Veränderung sowie in solche mit Akkumulation. Da nicht an allen Uferabschnitten bathymetrische Aufnahmen durchgeführt wurden, ist die ausgewertete Uferlänge hier etwas kleiner. Schliesslich wurden die Abschnitte klassiert in solche mit und solche ohne Schutzmassnahmen.

Es fällt auf, dass die Schilffläche im Laufe der Zeit im Durchschnitt praktisch überall zugenommen hat [Tab. 2,

Kategorie	Länge der Uferabschnitte m	Progressionswert 1995-2000 m/a	Progressionswert 2000-2015 m/a	Progressionswert 1995-2015 m/a
A: alle				
alle Uferabschnitte	3'160	+ 0.15	+ 0.22	+ 0.20
B: Schutzmassnahmen				
ohne Schutzmassnahme	1'100	+ 0.09	+ 0.27	+ 0.22
mit Schutzmassnahme	2'060	+ 0.19	+ 0.20	+ 0.19
C: Akkumulation				
mit Erosion oder stabil	1'150	- 0.01	+ 0.01	+/- 0.0
mit Akkumulation	1'100	+ 0.34	+ 0.32	+ 0.33

Tab. 3: Veränderung der Schilfflächen im Vergleich verschiedener Kategorien von Uferabschnitten. | Tab. 3 : Changements dans les roselières par rapport aux différentes catégories de sections riveraines.

Auswertung A). Der Progressionswert für alle untersuchten Uferabschnitte in der Periode 1995–2000 liegt mit 0.15 deutlich unter demjenigen der Periode 2000–2015 von 0.22. Das heisst, dass nach dem allgemeinen Rückgang der Schilfflächen bis in die 1990er Jahre offenbar eine Erholung einsetzte, die sich in der jüngeren Zeit beschleunigt hat. Es stellt sich die Frage, welchen Anteil die Schutzmassnahmen an dieser Erholung hatten. Eines der zwei Ziele des Lahnungsbaus war, die Schilfbestände vor der mechanischen Belastung zu schützen und damit deren Ausbreitung zu fördern. Wie Tab. 3 Auswertung B zeigt, sind die Progressionswerte in den geschützten Uferabschnitten in der ersten Periode mit 0.19 zwar beinahe doppelt so hoch wie in den ungeschützten (0.09). Über die ganze Zeit betrachtet ist der Unterschied jedoch nicht mehr gross, der Wert in den geschützten Abschnitten ist mit 0.19 sogar leicht geringer als derjenige in den ungeschützten (0.22). Eine Erklärung dafür könnte sein, dass ungefähr ab den 2000er Jahren die massenhaften Anschwemmungen von Fadenalgen, welche zuvor die Schilfbestände mechanisch belastet hatten, nicht mehr auftraten. Ein Zusammenhang zwischen der Reduktion der mechanischen Belastung infolge der Schutzmassnahmen und der Entwicklung der Schilfbestände kann aber nicht (mehr) festgestellt werden. Deutlicher wird der Zusammenhang zwischen der bathymetrischen Entwicklung und derjenigen der Schilfbestände. Das zweite Ziel des Lahnungsbaus war, eine Sedimentakkumulation zu bewirken und damit die Ausbreitung der Schilfbestände zu fördern. Dieses Ziel wurde zwar nicht überall erreicht, wie die Auswertung der Querprofile gezeigt hat, und wo es erreicht wurde, waren zum Teil auch Sedimentspülungen für die Akkumulation mindestens mitverantwortlich. Vergleicht man die Uferabschnitte nach ihrer morphologischen Entwicklung [Tab. 3 Auswertung C], ergibt sich folgendes Bild: Während in Uferabschnitten mit Erosion oder mit stabilem Seegrund in den 20 Jahren von 1995 bis 2015 keine Veränderung der Schilffläche festgestellt werden kann, nahm diese in Uferabschnitten, welche eine Sedimentakkumulation aufweisen, im Durchschnitt um 0.33 m² pro Laufmeter Uferlänge und Jahr zu. Dies kann

als deutlicher Hinweis darauf interpretiert werden, dass die Entwicklung der Schilfbestände viel stärker von den ufermorphologischen Veränderungen abhängen, als bisher angenommen und durch die Akkumulation von Sedimenten positiv beeinflusst wird.

5. Fazit

Seeufer sind dynamische Systeme

Die Auswertungen der Veränderungen über die Zeit sowohl der Flächenausdehnung der aquatischen Schilfbestände wie auch der Höhenprofile des Seegrundes zeigen generell eine überraschend hohe Dynamik. Seeufer unterliegen demnach verschiedenen morphodynamischen Prozessen, welche jedoch noch immer recht wenig bekannt sind.

Wie bereits während den jährlichen Aufnahmen der Schilfflächen zwischen 1992 und 2000 festgestellt wurde, ist die Flächenentwicklung der Schilfbestände sehr dynamisch. Über einen längeren Zeitraum betrachtet scheint die Flächenentwicklung der Schilfbestände mit der bathymetrischen Entwicklung zu korrelieren.

Nachdem in den 1960er bis 80er Jahre am Bielersee ein massiver Rückgang der Schilfbestände festgestellt wurde, setzte ab den 90er Jahren eine Erholung ein. Die Schilfbestände haben sich im Durchschnitt über alle untersuchten Uferabschnitte flächenmässig wieder ausgebreitet und dies zwar unabhängig davon, ob Schilfschutzmassnahmen ergriffen wurden oder nicht. Daraus zu folgern, dass die Massnahmen keine positive Wirkung hatten, wäre jedoch falsch. Vielmehr kann festgestellt werden, dass die einzelnen Massnahmen nicht überall den standörtlichen Verhältnissen angepasst waren.

Einen positiven Zusammenhang konnte jedoch zwischen der Ausdehnung der Schilfbestände und der Akkumulation von Sedimenten festgestellt werden. Damit kann den Schilfschutzmassnahmen dort eine positive Wirkung zugeschrieben werden, wo sie eine Sedimentakkumulation bewirkten. Dies ist nur dort der Fall, wo eine natürliche Sedimentdynamik in einem gewissen Mass vorhanden ist, wo also die Massnahme einen natürlichen Prozess positiv beeinflussen kann. Ob Schilfschutzmassnahmen wie Lahnungen oder Wellenbrecher die gewünschte Wirkung entfalten, hängt also von den standorttypischen hydraulischen und ufermorphologischen Verhältnissen ab.

Die hydraulische Wirkung der Lahnung entsteht in erster Linie durch ihre durchlässige Bauweise. Während die suspendierten Sedimente die Lahnung passieren, werden die Wellen durch das Bauwerk absorbiert. Aus diesem Grund bildet sich seeseits der Lahnung auch kein Kolk aus, wie die Querprofile zeigen. Die hydraulische Wirkung kann aber nur mit einem häufigen und regelmässigen und damit sehr kostenintensiven Unterhalt aufrechterhalten werden.

Abstriche im Unterhaltsaufwand schlagen sich sehr rasch in Wirkungsverlust nieder.

Als unterhaltsarme oder –freie Alternative bieten sich unterbrochene Wellenbrecherelemente an, welche bei günstigen Standortverhältnissen eine sehr hohe hydraulische Wirkung haben können. Wie die Beispiele in Gals zeigen, können auch Wellenbrecher mit einer gewissen Durchlässigkeit erstellt werden, womit die Ablagerung der Sedimente direkt landseits der Wellenbrecher bewirkt wird. Im Gegensatz zu den Lahnungen muss hier je nach Bauart allerdings mit einer grösseren oder kleineren Auskolkung am seeseitigen Fuss des Wellenbrechers gerechnet werden.

Eine künstliche Sedimentakkumulation durch Sedimentspülung kann die Wirkung der Schutzmassnahmen verstärken. Ohne Schutzmassnahmen scheinen Sedimentspülungen aber nicht nachhaltig wirksam zu sein. Weiter können aquatische Schilfpflanzungen in Kombination mit Schutzmassnahmen und Sedimentspülungen in Uferabschnitten, wo kein Schilf vorhanden ist, die Ansiedlung und Ausdehnung von Wasserschilfbeständen ermöglichen oder zumindest stark beschleunigen. Schilfpflanzungen erfolgen vorzugsweise in gut geschützten Uferabschnitten mit wenig sedimentmorphologischer Dynamik. Wo Schutzmassnahmen zu einer Sedimentakkumulation führen, sollte die natürliche Ansiedlung von Schilf abgewartet werden, da in solchen Bereichen andere Zielarten und –strukturen im Vordergrund stehen.

6. Empfehlung und Ausblick

Die Vollzugs- und Wirkungskontrolle der Schilfschutzmassnahmen der vergangenen dreissig Jahren hat die Komplexität der Wirkungszusammenhänge im dynamischen System Seeufer sehr deutlich aufgezeigt. Daraus lässt sich die Empfehlung ableiten, in Zukunft verstärkt auf umfassendere und auch grossräumigere Revitalisierungskonzepte zu setzen. Ein wichtiges Ziel der Revitalisierungen sollte die Wiederherstellung der ufermorphologischen Prozesse an den Seeufern sein. Das bedeutet, dass sowohl Verlandungen und Sedimentakkumulation gefördert wie auch Erosionsprozesse an der Uferlinie zugelassen werden sollen. Dabei dürften durchaus auch neue und innovative Massnahmentypen entwickelt und getestet werden.

7. Literatur

Barhouni, Z. [2020]: Flachwasserzone Bielersee; Auswertung und Analyse von Vermessungsdaten 1990–2016. Projektarbeit an der Berner Fachhochschule, Studiengang Master of Science in Engineering MSE, MRU Civil Engineering & Building Technology, Geotechnik und Naturgefahren

BFH (2004): Progress Report BFH: Development of Constructional Techniques and Dimensioning Principles by the Example of Lake Bielle Zwischenbericht Berner Fachhochschule Forschungsprojekt EROSEE (www.erosee.org).

BFH (2006): Basic Principles and Methods of Field Measurements, Analysis of Wind, Wave, Bathymetry and Sediment Data. Schlussbericht Berner Fachhochschule Forschungsprojekt EROSEE (www.erosee.org).

Felber, B. (1985): Wenn nicht bald etwas geschieht; am Bielersee gibt es immer weniger Schilf. Wochenzeitung Biel-Bienne, 19./20. Juni 1985, S. 21.

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

Iseli, Ch. (1993): Ufererosion und Schilfrückgang am Bieler See – Möglichkeiten und Strategien der Uferrenaturierung. In: Ostendorp, W., Krumscheid-Plankert, P. (Hrsg.): Seeuferzerstörung und Seeuferrenaturierung in Mitteleuropa. Limnologie Aktuell [G. Fischer, 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 Bielle: 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., Imhof, T. (1987): Bielersee 1987, Schilfschutz, Erhaltung und Förderung der Naturufer. Schriftenreihe Verein Bielerseeschutz 2.

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

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.): Archäologische Denkmale und submerse Makrophyten in der Flachwasserzone des Bodensees. Arbeitsgruppe Bodenseeufer (AGBU), Konstanz.

Ostendorp, W. (1989): 'Die-Back' of reeds in Europe: a critical review of literature. Aquatic Botany. 35/1 (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. 5–1995 (51–75). Elsevier.

Ostendorp, W.; Krumscheid-Plankert, P. (Hrsg.) (1993): Seeuferzerstörung und Seeuferrenaturierung in Mitteleuropa. Limnologie aktuell. Bd. 5. G. Fischer, Stuttgart.

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

Universität Bern Institut für Geologie, Airborne HydroMapping GmbH. (2017): Geodatensatz Bathymetrie Bielersee, Technischer Bericht. Schlussbericht, Bern. Abgerufen am 9.4.2020 von https://files.be.ch/bve/agi/geoportal/geo/lpi/BATHYBIE_2017_01_LANG_DE.PDF.

Verein Bielerseeschutz VBS / Société pour la protection des rives du lac de Bielle (Hrsg.) (1990): Schilf- und Uferschutzmassnahmen am Bielersee / Mesures de protection des roseaux et des rives du lac de Bielle. Schriftenreihe VBS Nr. 3.

Kontaktadresse

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



Christoph Iseli