

## Ansiedlungsmethoden für Seebinsen (*Schoenoplectus lacustris*), Schmalblättriger Rohrkolben (*Typha angustifolia*) und Schilf (*Phragmites australis*) entlang Seen

### Bericht zu den Versuchen von 2018–2023



**Inhalt**

<b>1. Zusammenfassung</b>	<b>3</b>
<b>2. Sachverhalt</b>	<b>3</b>
2.1. Bedeutung der Röhrichte	3
2.2. Rückgang der Röhrichte an Seen in der Schweiz	4
2.3. Rückgang Röhricht am Zugersee	4
2.4. Bisherige Fördermassnahmen am Zugersee	5
2.5. Testthesen zur Weiterentwicklung Fördermassnahmen	5
<b>3. Standorte Versuchsflächen</b>	<b>7</b>
3.1. Versuchsflächen Brüggli und Choller	7
3.2. Versuchsfläche Sijental und Buonas	8
3.3. Tests an Land	9
<b>4. Aufbau der Versuche</b>	<b>9</b>
4.1. Wellenbrecher	9
4.2. Vogelschutzzäune	9
4.3. Anpflanzmethoden	10
4.3.1. Kunstinseln	10
4.3.2. Unterwassersäcke	13
4.3.3. Vermessung und Markierung	14
4.3.4. Schilfrhizom-Schüttung	16
4.4. Ergänzende Tests	18
4.4.1. Zersetzungsdauer Textilien	18
4.4.2. Keimungsversuche	19
4.5. Dokumentation	21
<b>5. Erkenntnisse</b>	<b>21</b>
5.1. Wellenbrecher	21
5.2. Vogelschutzzäune	23
5.3. Anpflanzmethoden	25
5.3.1. Allgemeine Erkenntnisse	25
5.3.2. Seebinse	26
5.3.3. Schmalblättriger Rohrkolben	28
5.3.4. Schilf	30
5.4. Zusammenfassung Erkenntnisse	33
<b>6. Empfehlungen</b>	<b>33</b>
<b>7. Zusammenarbeit und Danksagung</b>	<b>34</b>
<b>8. Verwendete und weiterführende Literatur</b>	<b>34</b>

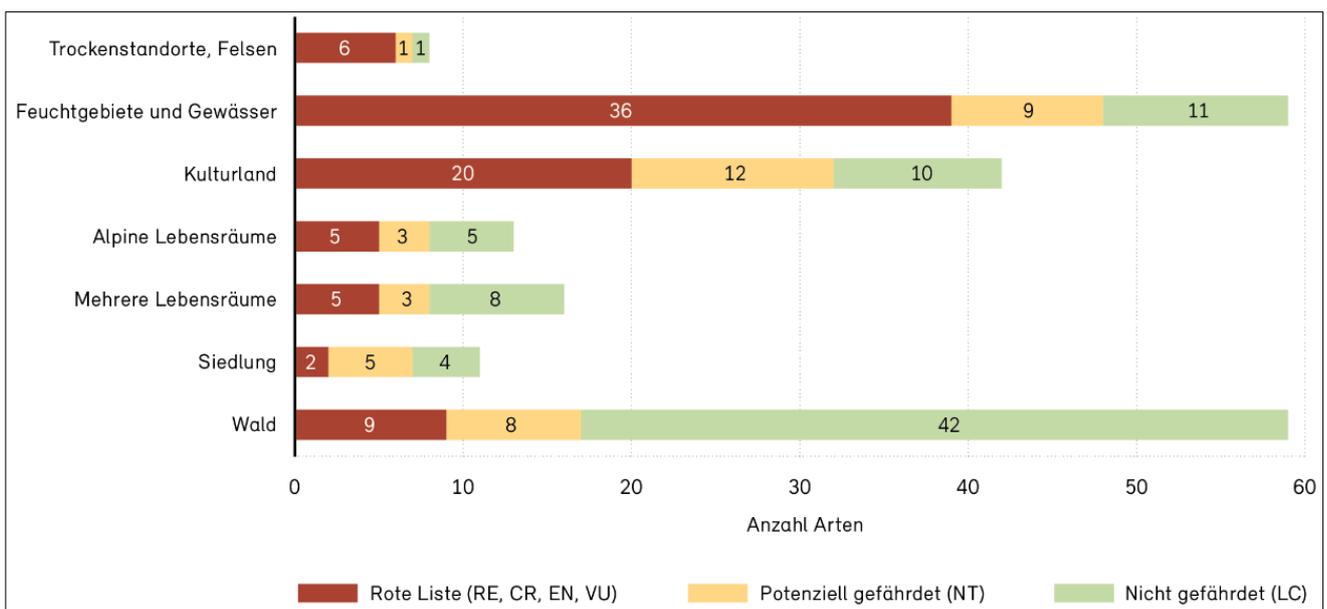
## 1. Zusammenfassung

Zwischen 2018 und 2023 wurden am Zugersee verschiedene Anpflanzungsmethoden mit Röhrichtarten getestet. Es konnte eine einfache und kostengünstige Ansiedlungsmethode für die Seebirse (*Schoenoplectus lacustris*) und Schmalblättrigen Rohrkolben (*Typha angustifolia*) gefunden werden. Für das Schilf (*Phragmites australis*) müssen weitere Tests durchgeführt werden, um eine optimierte Ansiedlungsmethode zu entwickeln. Die gewonnenen Erkenntnisse können im Rahmen von Seeuferrenaturierungen und Aufwertungen von Flachwasserzonen an Alpenrandseen angewendet werden.

## 2. Sachverhalt

### 2.1. Bedeutung der Röhrichte

Röhrichte befinden sich im seichten Wasser entlang der Seeufer. Röhrichtpflanzen wie z.B. Schilf, Binsen und Rohrkolben wurzeln im Seegrund, ihre Triebe reichen aber weit über die Wasseroberfläche hinaus. Diese Pflanzengemeinschaft bietet im als auch ausserhalb des Wassers Lebensraum. Unterhalb des Wasserspiegels tummeln sich zwischen den Trieben besonders Jungfische, Wasserinsekten und Krebse. Oberhalb der Wasseroberfläche können Vögel - geschützt vor Landraubtieren - Nester anlegen und ihre Jungen aufziehen. Mehrere stark gefährdete Vogelarten wie z.B. die Zwergdommel oder die Knäckente brüten ausschliesslich in Röhrichten (siehe auch Grafik 1).



Grafik1: Anzahl der gefährdeten Vogelarten, der potenziell gefährdeten Arten und der nicht gefährdeten Arten pro Hauptlebensraum, gemäss Rote Liste der Brutvögel (BAFU 2021). Vogelarten, welche in Feuchtgebieten oder an Gewässern brüten, sind in der Schweiz aufgrund des Lebensraumverlust überdurchschnittlich gefährdet.



Foto 1: Portrait mit Schilf (links), Seebinse (Mitte) und Schmalblättriger Rohrkolben (rechts), bemerke Grössenvergleich mit Kamera.

Foto 2: Nahaufnahme der Samenstände: Schilf (links) Seebinse (Mitte) und Schmalblättriger Rohrkolben (rechts).

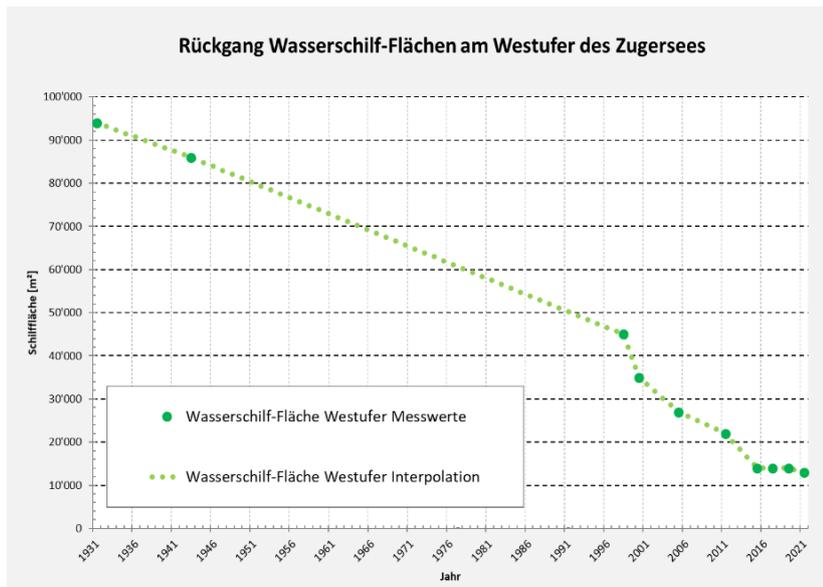
Foto 3: Aufbau der Stängel: Schmalblättriger Rohrkolben (oben), Seebinse (Mitte) und Schilf (unten).

## 2.2. Rückgang der Röhrichte an Seen in der Schweiz

An mehreren Seen in der Schweiz gingen die Röhrichtbestände ab den 1960-er Jahren mehrheitlich aufgrund der starken Gewässerüberdüngung zurück. Damals beschleunigte sich das Wachstum der Schweizer Bevölkerung, der Ausbau des Kläranlagennetzes begann aber erst. Deshalb gelangten grosse Mengen an Abwasser ungeklärt in die Schweizer Seen und liessen die Nährstoffgehalte (Phosphor, Stickstoff etc.) ansteigen. Die Landwirtschaft verwendete zu diesem Zeitpunkt zudem zunehmend mehr Düngemittel, welche durch Regen ausgewaschen und so in die Bäche und Seen gelangte. Der ansteigende Nährstoffgehalt in den Seen kurbelte das Algenwachstum im Wasser stark an. Es entstanden Algenteppiche, welche mit dem Wind gegen das Ufer getrieben wurden. Am Ufer bildeten sich aus den angeschwemmten Algen ganze Algenwalzen, welche durch den Wellengang hin und her getrieben wurden und so die Röhrichtgürtel mechanisch zerstörten. Über die Jahre wurden die Röhrichtpflanzen derart geschwächt, dass sie abstarben. Die einst weitläufigen Röhrichtgürtel verschwanden dadurch an vielen Schweizer Seen. Heute sind die Nährstoffbelastungen in den meisten Schweizer Seen seit Jahren rückläufig und das Algenwachstum ist seither stark zurückgegangen.

## 2.3. Rückgang Röhricht am Zugersee

Im Zugersee stieg die Gewässerüberdüngung im letzten Jahrhundert ebenfalls stark an. Als Folge davon verschwanden die ökologisch wertvollen und landschaftstypischen Röhrichtgürtel unaufhaltsam. Befanden sich z.B. am westlichen Zugerseeufer in den 1930-er Jahren noch über 9 Hektaren Röhricht, so sind es heute weniger als 2 Hektaren (Grafik 2). Nicht nur die Ausdehnung der Röhrichtgürtel nahm ab, sondern auch einzelne Röhrichtarten verschwanden aus der Landschaft. Der Schmalblättrige Rohrkolben (*Typha angustifolia*) konnte 2020 nur noch an einem einzigen Standort auf einer Fläche von zwei Quadratmeter nachgewiesen werden. Die Seebinse (*Schoenoplectus lacustris*) verabschiedete sich 2019 vom Zugersee; in jenem Jahr konnte nur noch ein einziger abgestorbener Halm aufgefunden werden. Somit besteht der Röhrichtgürtel am Zugersee seither ausschliesslich aus Schilf (*Phragmites australis*).



Grafik 2: Entwicklung des Röhrichts am westlichen Zugerseeufer. Die Datenpunkte von 1931 und 1943 wurden anhand von Luftfotos berechnet. Die Datenpunkte ab 1998 wurden mittels Vermessung gewonnen.

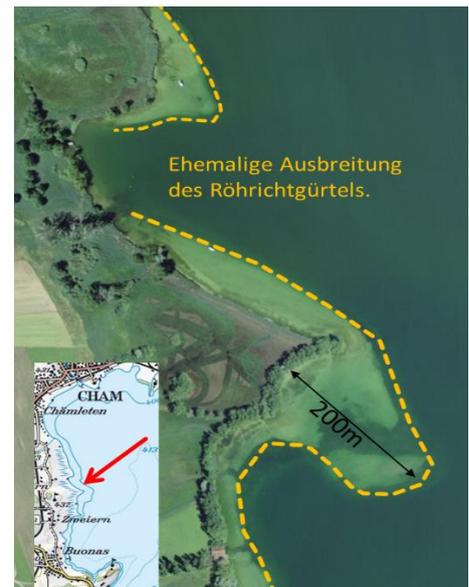


Foto 4: Beispiel eines Standorts mit grossem Röhrichtrückgang. Ursprüngliche Ausdehnung (orange), aktuelle Ausdehnung (rot). Helle Flächen im See sind Flachwasserzonen.

#### 2.4. Bisherige Fördermassnahmen am Zugersee

Der Kanton Zug erkannte schon bald den gravierenden Rückgang der Röhrichte. Mittels einer Arbeitsgruppe, bestehend aus Vertretern von verschiedenen kantonalen Ämtern sowie durch den Röhrichtexperten Christoph Iseli, wurden ab 1999 folgende Massnahmen festgelegt und umgesetzt:

- Schilfumzäunungen gegen Vogelfrass
- Kliffkantenschutz (Unterwasserpalisaden) gegen Erosion der Flachwasserzone
- Lahnungen (Faschinen/Astbündel) als Wellenbrecher
- Flachwasserschüttung und Uferabflachungen
- Schilfpflanzungen
- Bestandesregulation der Graugänse durch Gelegeentnahmen

Um sicher zu stellen, ob die Fördermassnahmen auch Wirkung zeigen, wird die Ausdehnung des Röhrichtgürtels seit 1998 regelmässig vermessen. Dabei wurde festgestellt, dass die getroffenen Massnahmen den generellen Rückgang des Röhrichts nicht aufhalten konnten. Erst seit 2015 hat sich das Niveau auf einem sehr tiefen Stand stabilisiert (Grafik 2). Gewisse Fördermassnahmen erzielten durchaus Wirkung. So konnte der Kliffkantenschutz die fortschreitende Erosion der Flachwasserzone stoppen. Bei den Schutzzäunen hingegen fiel das Resultat gemischt aus: einerseits gab es Orte, wo der Röhrichtrückgang gestoppt wurde, andererseits gab es Bereiche, wo das Röhricht trotz Einzäunung ungehindert verschwand. Offensichtlich können mehrere Faktoren verantwortlich sein, dass Röhrichte verschwinden. Die Lahnungen aus Astbündel, welche als Wellenbrecher verwendet wurden, erwiesen sich als zu kurzlebig. Die Flachwasserschüttungen und Bepflanzungen wurden nur in einem sehr kleinen Rahmen angewendet, dadurch kann wenig Aufschluss gewonnen werden.

#### 2.5. Testthesen zur Weiterentwicklung Fördermassnahmen

Wie Erfahrungen aus anderen Kantonen zeigen, können mehrere Faktoren gleichzeitig wie z.B. Wellenschlag und Vogelfrass verantwortlich sein, weshalb Röhrichte zurückgehen. Um zu verstehen, wie die Fördermassnahmen am Zugersee verbessert werden können, beschloss das kantonale Tiefbauamt mittels Versuchsflächen mehrere Einwirkungsfaktoren zu untersuchen. Folgende Einflussfaktoren resp. Thesen wurden getestet:

- Wirkung von Wellenbrechern
- Wirkung von Einzäunungen gegen Vogelfrass
- Verschiedene Anpflanzmethoden von Röhrichtarten

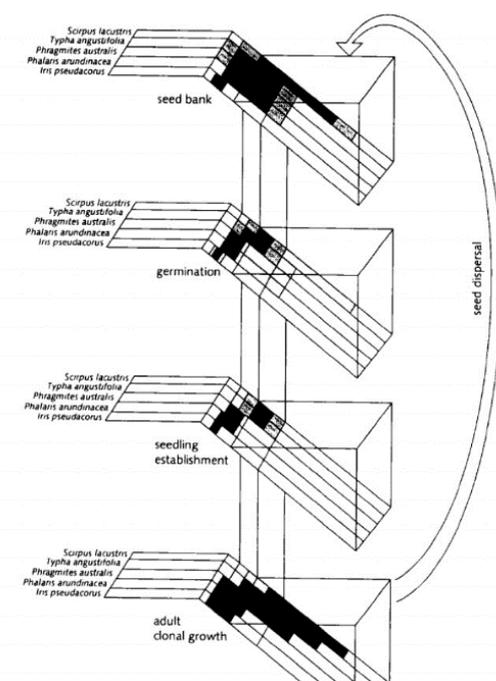
Bei allen Punkten wurde ein besonderes Augenmerk auf den Kosten-Nutzen sowie auf die Logistik der Umsetzung gelegt.

*These 1: Durch das Anbringen eines Wellenbrechers sollten die Anwuchsbedingungen der Röhrichtpflanzen verbessert werden.*

Wellen, verursacht durch Wind und auch durch den Bootsverkehr, können den Seegrund aufwirbeln und so die Pflanzenwurzeln freispülen. Dadurch verlieren die Pflanzen ihre Verankerung und können fortgerissen werden. Wellen können aber auch die Halme abknicken lassen, sei es durch Sturmwellen oder durch treibendes Schwemmgut, welches von den Wellen vor den Ufern hin- und her getrieben wird. Wellen fördern die Durchmischung der Wasserschichten, wodurch eine schnelle Erwärmung der seichten Ufer abgeschwächt wird. Je kälter das Wasser, umso langsamer ist die Wachstumsrate der Pflanzen, gemäss Erfahrungen von Gärtnereien.

*These 2: Durch das Anbringen von Zäunen sollen die Wasservögel ferngehalten und somit den Anwuchserfolg des Röhrichts verbessert werden.*

Röhrichte bieten für Wasservögel wie Enten, Blässralen und Gänse Nistmöglichkeiten und Nahrung. Während Enten und Blässralen neben pflanzlicher auch tierischer Nahrung aufnehmen, sind Gänse ausschliesslich Pflanzenfresser. Gänse können Schilfbestände am Zugersee in kurzer Zeit grossflächig abfressen, besonders wenn das Schilf im Frühling am Austreiben ist. Wie die regelmässigen Bestandesüberwachungen der Röhrichte am Zugersee aufzeigen, können Einzäunungen den Röhrichtrückgang vermindern oder stoppen.



*These 3: Jungpflanzen, welche auf Kunstinseln angepflanzt werden, sollten fähig sein in den Seegrund hinabzuwachsen und sich dort zu etablieren. Altpflanzen, welche direkt auf den Seegrund gepflanzt werden, sollten dort erfolgreich anwachsen.*

Die holländischen Forscher Hugo Coops und Gerhard van der Velde (1996) zeigten in ihrer Studie auf, dass die Keimung von verschiedenen Röhrichtpflanzen mehrheitlich im seichten Wasser statt findet. Je älter und kräftiger die Pflanzen werden, umso tiefer können sie mit ihren Ausläufern den Seegrund hinunterwachsen (Grafik 3). Das Forschungsteam um Lindsay Amsberry von der Rhode Island Universität USA konnten aufzeigen, dass sich Schilf nur gut im tiefen Wasser etablieren kann, wenn es vom Land aus mit seinen Ausläufern ins Wasser hineinwächst.

Grafik 3: Vorkommen von Samen, Keimlinge und ausgewachsene Pflanzen von verschiedenen Röhrichtarten in Abhängigkeit der Wassertiefe.

### 3. Standorte Versuchsflächen

An vier verschiedenen Orten am Zugersee wurden Versuchsflächen eingerichtet (Foto 5). An den Standorten 1, 2 und 3 wurden Versuche mit Binsen, Rohrkolben und Schilf durchgeführt. Beim Standort 4 wurde nur eine Massnahme mit Schilf getestet. Zusätzlich zu den Standorten am Zugersee, wurden in Wasserbecken auf dem Werkgelände des Kantons Versuche mit Saatgut und verschiedenen Textilien durchgeführt.

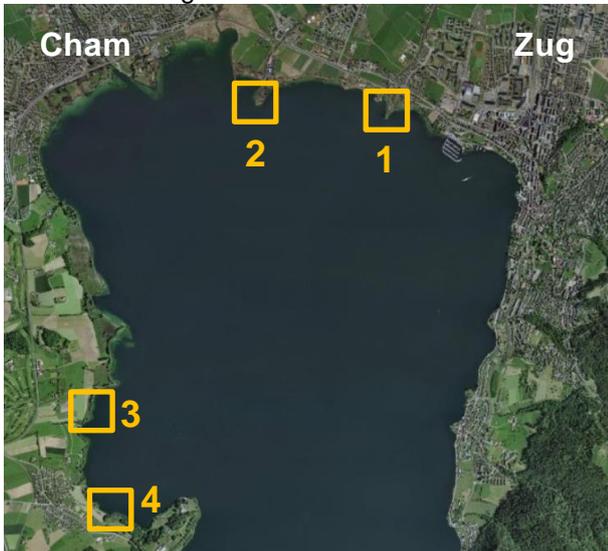


Foto 5: Standorte der Versuchsflächen Brüggl (1), Choller (2), Sijental (3) und Buonas (4).

#### 3.1. Versuchsflächen Brüggl und Choller



Foto 6: Versuchsflächen Brüggl (1) und Choller (2).



Foto 7 und 8: Versuchsflächen Choller (links) und Brüggl (rechts) 2019.

Am Standort Brüggli wurde das ganze Spektrum an Versuchen (Kunstinseln, Unterwassersäcke, Rhizom-Schüttungen, Wellenbrecher und Einzäunung) durchgeführt. Beim Standort Choller wurde auf die Rhizom-Schüttungen sowie auf die Holzelement-Inseln verzichtet. Beide Versuchsfelder wurden im Sommer 2019 eingerichtet. Die Wassertiefe bei beiden Standorten befand sich zwischen 0.8 bis 1.2 m.

### 3.2. Versuchsfelder Sijental und Buonas



Foto 9: Standorte Sijental (3) und Buonas (4)

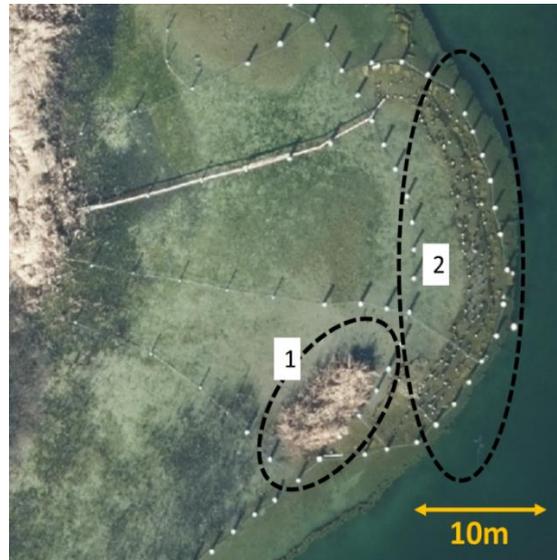


Foto 10 und 11 Versuchsfelder: Sijental (oben) und Buonas (unten). Beim Standort Sijental wurden 2018 (Fläche 1) und 2019 (Fläche 2) Rhizome geschüttet.

An diesen zwei Standorten wurden versuchsweise Schilfrhizome geschüttet und gegen Vogelfrass eingezäunt. Beim Standort Sijental wurden zwei Schüttungen (2018, 2019) und bei Buonas eine Schüttung (2018) erstellt. Bei Sijental wurde zusätzlich 2023 ein Versuch mit bepflanzten Unterwassersäcken getätigt.

### 3.3. Tests an Land



Foto 12 und 13: Testgelände an Land mit flacher Wanne, Rundbecken sowie Folienteich.

Auf dem Werkhof-Areal des Tiefbauamts in der Gemeinde Steinhausen wurden verschiedene Versuche in einer künstlichen Wanne, Becken und in einem Folienteich durchgeführt.

## 4. Aufbau der Versuche

### 4.1. Wellenbrecher

Bei den zwei Versuchsflächen Choller und Brüggli wurden Wellenbrecher in Form von Holzbrettern (Gerüstbretter 4.5 cm dick) aufgebaut. Die Bretterwände wurden bis an den Seegrund hinabgezogen. Der Wellenschutz wurde nur auf der See-zugewandten Seite installiert. Dieser Wellenschutz erwies sich während der Versuchsdauer von rund 4 Jahren als robust. Bei den Versuchsflächen Sijental und Buonas Bucht wurden 2018 als Wellenbrecher Kokosrollen/Faschinen verwendet. Diese erwiesen sich aber nicht als robust, denn sie wurden von Stürmen weggerissen und danach nicht mehr ersetzt.



Foto 14 und 15: Im Hintergrund ist die Bretterwand ersichtlich, welche mit alternierenden Holzstämmen beidseits verankert wurden. Foto rechts: Befestigungsmaterial.

### 4.2. Vogelschutzzäune

Bei den zwei Versuchsflächen am nördlichen Zugerseeufer (Choller und Brüggli) wurde feinmaschiges Drahtgeflecht (5x5 cm), bei den Versuchsflächen am Westufer (Sijental, Buonas) ein grobmaschiger (10x10 cm) Zaun verwendet. Die feinmaschigen Geflechte wurden bis zum Seegrund hinabgezogen, die grossmaschigen ca. 30 cm unter den mittleren jährlichen Wasserpegel. Das grobmaschige Geflecht hatte die Aufgabe zu verhindern, dass Graugänse hineinschwimmen konnten, beim feinmaschigen sollten auch

Blässrallen daran gehindert werden. Zur Erschwerung, dass die Wasservögel in die eingezäunten Flächen einfliegen konnten, wurden einzelne Nylonseile über die Flächen beim Choller und Brüggli gespannt.



Foto 16 und 17: mit engmaschigem Zaungeflecht eingezäunte Fläche (links). Bild rechts: gespannte Seile gegen den Einflug der Wasservögel.

### 4.3. Anpflanzmethoden

#### 4.3.1. Kunstinseln

Es wurden vier unterschiedliche Typen von Kunstinseln getestet: Bigbags aus Jute, Flechtkörbe aus Weiden, Gittergabionen und Dreieck-Holzelemente.

Die drei Inseltypen Bigbags, Körbe und Gabionen wurden mit allen drei Röhricharten Seebinsen, Schmalblättriger Rohrkolben und Schilf bepflanzt (Fotos 18-32). Die Topfpflanzen kamen alle aus Gärtnereien und waren mindestens zweijährig. Dabei wurde jeweils nur eine Pflanzenart pro Insel verwendet. In jedem Behälter wurden vier Pflanzen eingesetzt. Die Behälter wurden mit einem Erdensubstrat (Erde mit Kompost angereichert) gefüllt, bepflanzt und danach mit einer Deckschicht aus Kies gegen Erosion geschützt. Die bepflanzen Kunstinseln wurden im Juni 2019 in den See platziert.

Die Dreieck-Holzelemente wurden am Bestimmungsort mit Schlick, welches vom Seegrund heraufgepumpt wurde, gefüllt (Fotos 33-38). Die Bepflanzung erfolgte im Frühling 2021 mit Schilfsoden, welche aus der Umgebung gewonnen wurden.



Foto 18, 19 und 20: Bigbags aus Jute. Die Bigbags wurden samt Holzpaletten in den See platziert.

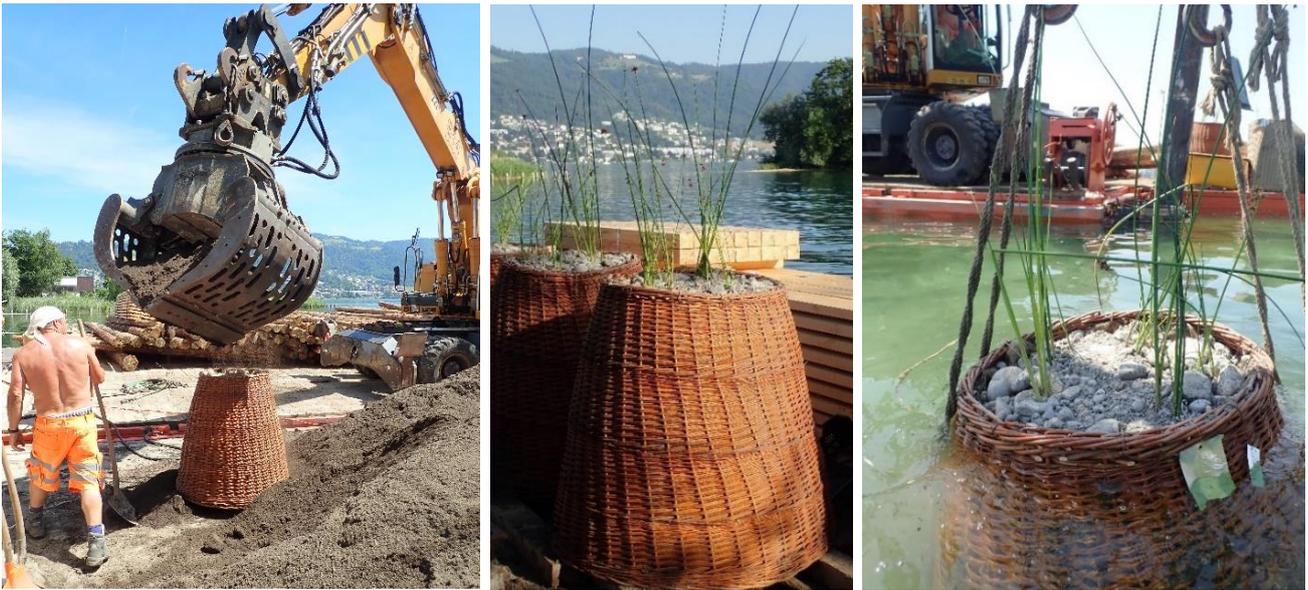


Foto 21, 22 und 23: Flechtkörbe aus Weiden. Um ein Auswaschen des Erdsubstrats zu verhindern, wurden die Körbe mit einem Innensack aus Jute versehen.

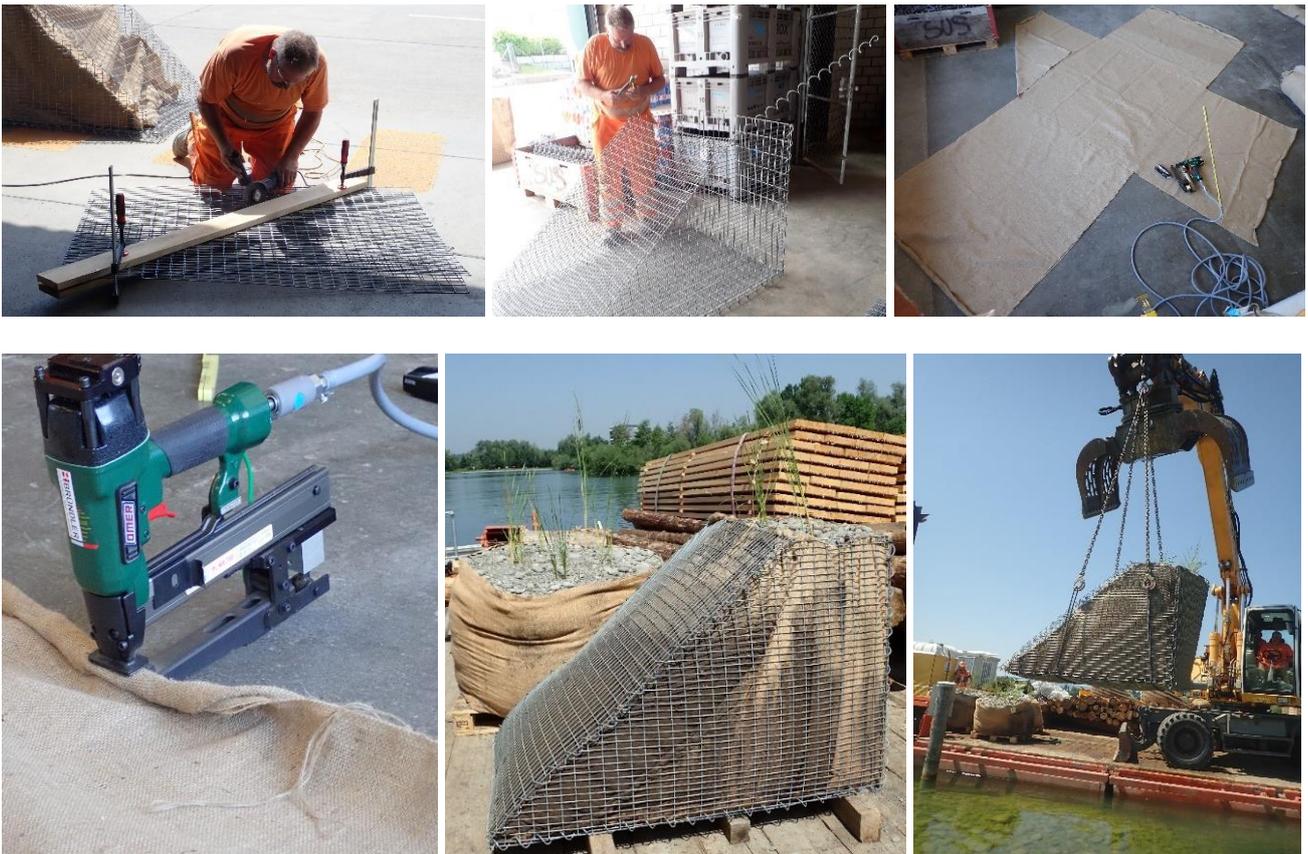


Foto 24-29: Gittergabionen. Um ein Auswaschen des Erdsubstrats zu verhindern, wurden die Gabionen mit einem Innensack aus Jute versehen.



Foto 30: Aus Stabilitätsgründen wurden die Gittergabionen zu zweit gesetzt.



Foto 31 und 32: Jede Kunstinsel des Typs Bigbag, Flechtkorb und Gittergabione wurde mit der gleichen Menge an Pflanzen der gleichen Art bestückt. Die Zusammensetzung von grösseren und kleineren Topfpflanzen war auf jeder Kunstinsel die gleiche.

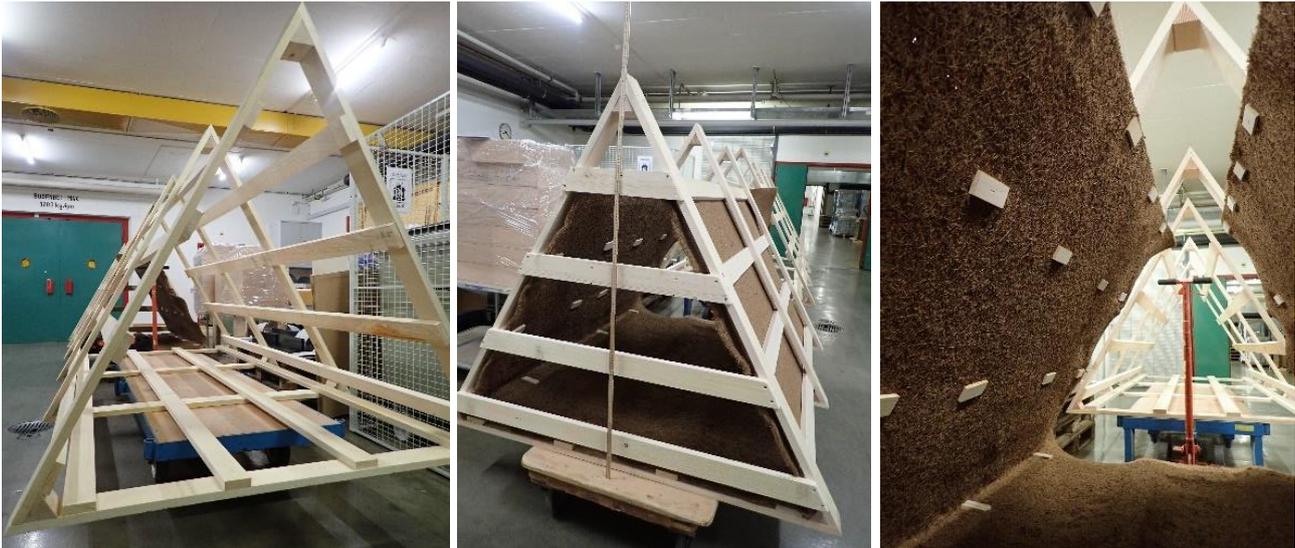


Foto 33-35: Dreieck-Holzelemente. Herstellung der Elemente mit Holz und Kokosfließ.



Foto 36-38: Dreieck-Holzelemente. Die leeren Teilelemente wurden am Ufer zusammengefügt und leer in den See platziert (links). Füllen der Elemente mit Seegrund mittels Pumpen (Mitte). Gefüllte Elemente (rechts)

Typ Kunstinsel	Bepflanzte Fläche	Auflagefläche Boden	Einpflanzhöhe über Seegrund	Kosten pro Behälter
Bigbag Jute (doppelwandig)	Ø 1.1 m	Ø 1.1 m	0.9 m	110.-
Flechtkorb Weide	Ø 0.6 m	Ø 1.0 m	0.9 m	420.-
Gittergabione	0.4x 0.8 m	1.0 m x1.5 m	0.9 m	450.-
Holzelement (ein Teilelement)	0.3 m x 1.8 m	1.6 m x 1.8 m	1.1 m	3'625.-

Tabelle 1: Herstellungskosten pro Kunstinsel inklusive Befüllung mit Erde aber exklusiv Pflanzen.

#### 4.3.2. Unterwassersäcke

Es wurden zwei Grössen (30x60 cm und 40x70 cm) von Jutesäcken verwendet, die unter Wasser auf den Seegrund platziert wurden. Die kleineren Säcke wurden mit je ein bis zwei, die grösseren Säcke mit je drei ausgewachsenen Binsen oder Rohrkolben bestückt. Dabei wurden die Säcke mit Schlitz versehen in die die Topfpflanzen hineingesetzt wurden (Fotos 39, 40). Die Säcke wurden danach mit Erde prall gefüllt und eng zugeschnürt; dies hatte den Effekt, dass sich die Öffnungen wieder verengten. Die Säcke wurden im Juli 2019 in den Versuchsflächen Choller und Brüggli sowie im März 2023 bei Sijental in einer Wassertiefe

von 70–100 cm auf den Seegrund platziert. Ein Jutesack inklusive Erds substrat, aber ohne Pflanzen, kostete unter 20 Franken.

Ebenfalls wurden Versuche mit Schilf durchgeführt, dabei wurden Schilfrhizome aus bestehenden Schilfbeständen ausgegraben und in Jutesäcke (40x70 cm) zusammen mit einem Erde-Kiesgemisch gefüllt und zugeschnürt (Fotos 41, 42). Diesen Säcken wurden keine Öffnungen zugefügt; die Rhizome sollten durch das Gewebe hindurchwachsen können. Der Versuch wurde einmal in der Vegetationszeit (Mai) und zweimal in der Vegetationsruhe (März, November) durchgeführt. Die Säcke wurden jeweils in einer Wassertiefe von 50–80 cm auf den Seegrund platziert.



Foto 39 und 40: Herstellung von Unterwassersäcke.



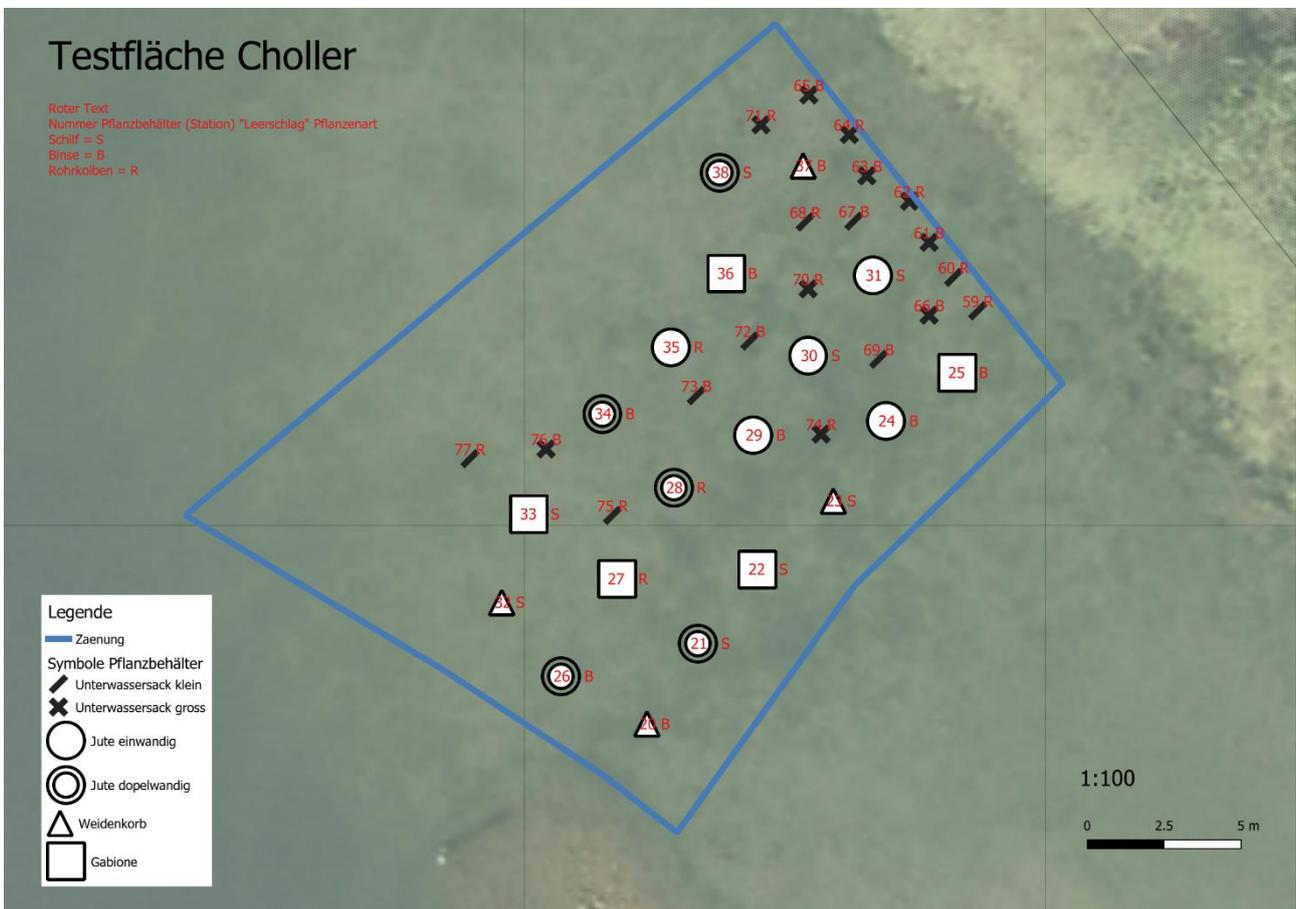
Foto 41 und 42: Jutensäcke mit Schilf-Rhizomen und Erds substrat gefüllt (links). Rechts: Schilfrhizome (Mai 2020).

#### 4.3.3. Vermessung und Markierung

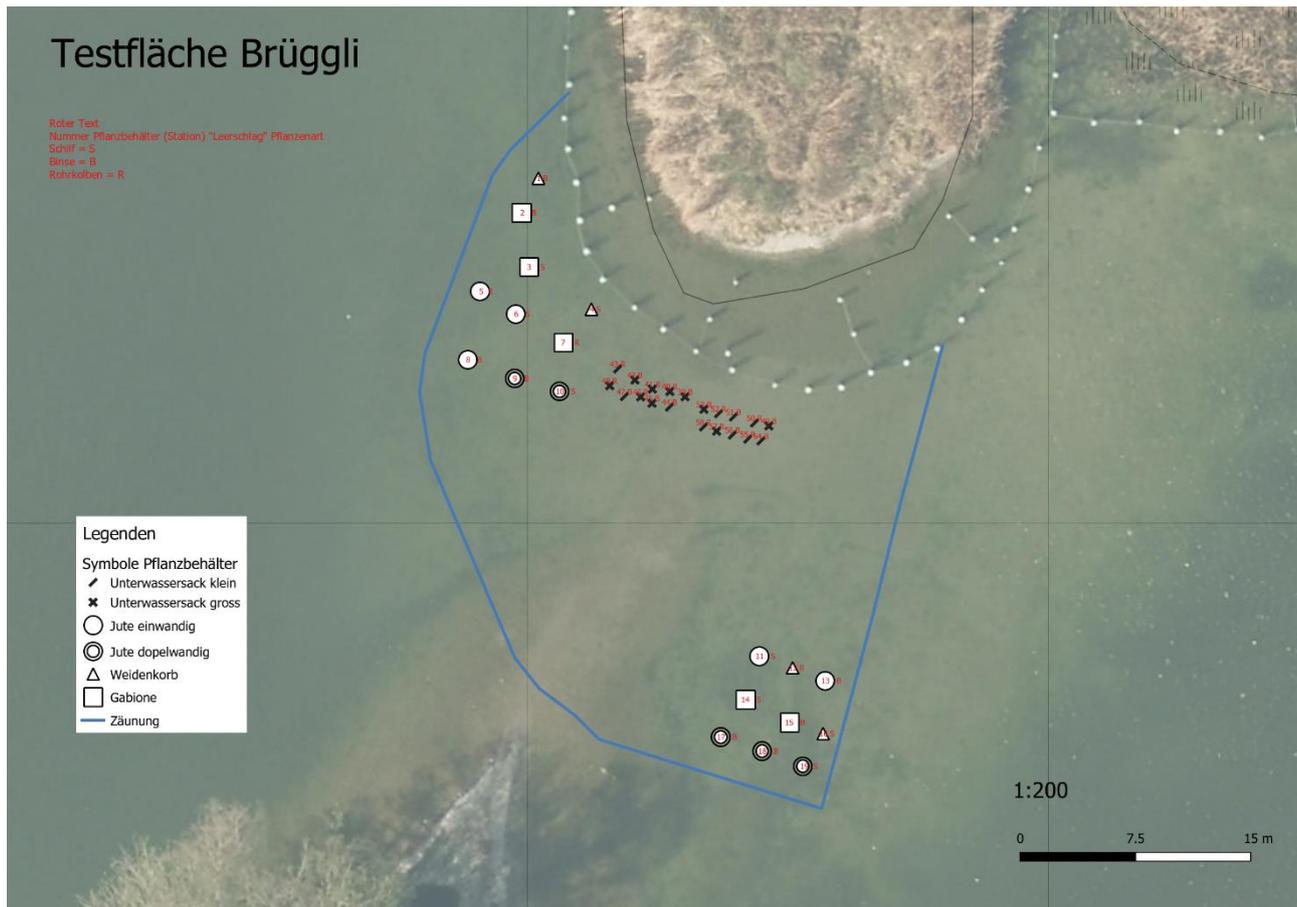
Bei jeder Kunstinself und jedem Unterwassersack wurden die Koordinaten sowie die Seegrundtiefe erhoben. Alle Pflanzeinheiten wurden mit Alu- oder Plastiketiketten beschriftet (Fotos 43–45).



Foto 43-45: Vermessung mittels GPS und Doppelmeter. Alu- und Plastiketiketten.



Plan 1: Übersicht der platzierten Kunstinseln und Unterwassersäcke am Standort Choller



Plan 2: Übersicht der platzierten Kunstinseln- und Unterwassersäcke am Standort Brüggli (2019). Die Versuche mit den Holzelementen als auch die Schilfrhizomschüttungen wurden in den anschliessenden Jahren ausgeführt.

#### 4.3.4. Schilfrhizom-Schüttung

Im Sommer 2018 wurden am westlichen Zugerseeufer bei Buonas und Sijental zwei kleinere Schilfrhizom-Schüttungen mit je einer Fläche von 30–50 m<sup>2</sup> angelegt. Dabei wurde mit Schilf durchwachsenes Verlandungsmaterial aus einem Bach vom Einzugsgebiet des Zugersees verwendet. Die Riffs wurden seeseitig mittels Kokosnetzen abgedeckt, mit grobmaschigen Vogelschutzgitter seitlich eingezäunt und mit Holzfaschinen vor Wellenschlag geschützt (Fotos 89–92, Kapitel 5.3.4).

Im Herbst 2019 wurde beim Standort Sijental eine zweite Schilfrhizom-Schüttung mit einer Dimension von rund 80 m<sup>2</sup> angelegt (Fotos 46–51). Mittels Kokosfaschinen wurde das rhizomhaltige Substrat seitlich eingefasst. Ebenfalls wurde mit Kokosnetz und mit einer Bretterwand vor Erosion geschützt und mit einem grobmaschigen Zaun eingezäunt.

Im Winter 2021/2022 (Foto 52) sowie im Herbst 2022 erfolgten am Standort Brüggli, am Nordufer des Zugersees zwei weitere Schüttungen mit Dimensionen von rund 200 resp. 90 m<sup>2</sup>. Die Schüttung von 2022 wurde neben der seitlichen Einzäunung zusätzlich mit einem Nylonnetz überspannt, um ein Einfliegen von Gänsen auszuschliessen (Fotos 53–55).

Die Kosten für das Erstellen eines Schilfriffs mittels einer Rhizom-Schüttung beliefen sich beim Standort Sijental um die 900 Franken pro Laufmeter. Inbegriffen in diesem Preis ist ein niedriger Wellenschutz und eine Einzäunung. Die Kosten für die Rhizom-Schüttung bei der Versuchsfläche Brüggli beliefen sich auf rund 600 Franken pro Laufmeter. Bei dieser Schüttung waren die seitliche Einzäunung und Wellenschutz bereits vorhanden.



Foto 46, 47: Bau des Riffs bei Sijental 2019. Die Arbeiten erfolgten mittels eines Pontons und Bagger. Die Kokosnetze- und Faschinen wurden mit Holzpfählen befestigt.



Foto 48, 49: Schilfrhizomhaltiges Verlandungsmaterial. Kokosfaschinen zu Dreiecksformen zusammengebunden, zur seitlichen Einfassung des Riffs.



Foto 50, 51: Nach der Einfassung des Riffs mit Kokosnetzen wurde alles mit einer Schicht Kies überschüttet. Das Kies wurde aber innert kurzer Zeit von den Wellen wegerodiert. Bemerke auf dem rechten Bild an der linken Bildseite das im Jahr zuvor geschüttete und bewachsene Riff.



Foto 52, 53: Schilfrhizom-Schüttungen am Nordufer des Zugersees bei der Lorzenmündung, Winter 2021/2022 (links). Schüttung östlich der Aloisius Insel, Herbst 2022 (rechts). Dieses Riff wurde mit einem Nylonnetz gegen einfliegende Gänse geschützt.



Foto 54, 55: Nahaufnahme des Nylonnetzes. Dieses konnte mit Klammern an den seitlichen Zaun montiert werden.

#### 4.4. Ergänzende Tests

##### 4.4.1. Zersetzungsdauer Textilien

Es wurden folgende vier Textilien auf ihre Durchwurzelbarkeit und Zersetzungsdauer getestet: Leinen (Flachs), Baumwolle, Jute und Bioplastik (Foto 56). Die wasserdurchlässigen Bioplastiksäcke bestehen aus kreuzweise geflochtenen 2 mm breiten Streifen. Der Roh-Kunststoff (Polyactide) besteht zu 100 % aus Pflanzenfasern von Mais, Zuckerrohr, Bananen und Cassava. Die Herstellung des Bioplastiks beruht auf dem aeroben Fermentationsprozess, bei welchem Bakterien zur Herstellung organischer Säuren und Alkohole und Enzyme verwendet werden. Es werden somit keine petrochemischen oder anderweitige Hilfsstoffe mit Ausnahme von Farbstoffen verwendet. Die verwendeten Farbpigmente (zum Schutz vor UV-Strahlen) sind pflanzlichen Ursprungs. Aus dem gleichen Textil werden vollständig abbaubare Mulchfolien für die Landwirtschaft hergestellt. Gemäss Hersteller soll die Grundlebensdauer 3–6 Jahren betragen und zu 100 % abbaubar sein. Die ökotoxikologische Unbedenklichkeit für Tiere und Pflanzen sowie die vollständige Zersetzbarkeit wurde von OWS/TÜV Austria im Rahmen des «OK-Compost»-Prüfprogramms geprüft und zertifiziert.

Pro Textilart wurden je acht Säcke mit jeweils 2 Ausläufern des Schmalblättrigen Rohrkolbens bestückt und in Wasser gefüllte Wannen platziert (Fotos 57–59). Der Test wurde im August 2021 gestartet. Jeweils im Frühling und Herbst wurden die Säcke auf ihre Zersetzbarkeit und Durchwurzelung dokumentiert.



Foto 56: Pflanzsäcke von links nach rechts: Jute (hellbraun), Baumwolle (weiss), Bioplastik (dunkelbraun) und Leinen (grau).



Foto 57: bepflanzte Säcke mit jeweils zwei Ausläufern des Schmalblättrigen Rohrkolbens.



Foto 58, 59: Ausläufer des Schmalblättrigen Rohrkolbens (links). Hälterungswanne.

#### 4.4.2. Keimungsversuche

Um Wildbestände von Seebinsen und Schmalblättrige Rohrkolben zu schonen, wurden diese zwei Arten nur mittels Aussaat vermehrt. Die Gewinnung des Saatguts aus der Natur wurde mit InfoFlora (Stiftung zur Dokumentation und Förderung der Wildpflanzen in der Schweiz) abgesprochen. Die gesammelten Binsensamen mussten aus ihren Umhüllungen mittels Gummihandschuhe gerieben werden (Fotos 60–62). Die Samen des Schmalblättrigen Rohrkolbens konnten direkt von den Kolben entnommen und ausgesät werden. Zwei Wildstaudengärtnereien wurden beauftragt Pflanzen aus den Samen zu ziehen. Aufgrund des sehr geringen Keimungserfolgs der Binse in den Gärtnereien, wurde beschlossen mittels Versuchen herauszufinden, wie die Keimungsrate vergrössert werden konnte.



Foto 60-62: Reinigen des Saatgutes sowie Mengenzubereitung für die Aussaatschalen.

In einem ersten Versuch wurden die Saatschalen in drei unterschiedlichen Wassertiefen platziert. Bei der tiefsten Position lag die Oberfläche der Saatschale rund 5 cm unter Wasser. Bei der mittleren Position lag die Oberfläche 0,5–1 cm unter Wasser, bei der höchsten Lage war nur der Saatschalenfuss eingestaut, die Oberfläche des Substrats war somit in der Luft (Fotos 63, 64). Dieser Aussaattest wurde einmal im Herbst und einmal in Frühling durchgeführt. Die Saatgutmenge wurde zu gleichen Teilen auf die Aussaatschalen verteilt und leicht mit Erdsubstrat überdeckt. Das Erdsubstrat wurde vom Seegrund bei der Lorzenmündung entnommen.



Foto 63, 64: Hälterungswannen vor und während des Aussaatversuchs. Beachte die unterschiedlichen Höhenniveaus der Saatschalen.

Bei einem weiteren Versuch wurde der Aspekt auf die Keimruhe der Binsensamen gelegt. Samen vieler Pflanzenarten haben eine sogenannte Keimruhe. Dieser Mechanismus verhindert ein Keimen des Samens bei ungünstigen klimatischen Bedingungen. Dadurch wird z.B. ein Keimen im Herbst unterbunden, wenn die Wachstumsbedingungen für die Keimlinge suboptimal sind. Erst im Frühling, nachdem eine Kälteperiode die Keimruhe gebrochen hat, können die Samen gewisser Arten keimen.

Im Aussaatversuch wurden die Binsensamen drei unterschiedlichen Winterbedingungen unterzogen. Die Saatschalen der Einheit A wurde ab November permanent im Wasser gehältert. Einheit B wurde von November bis Mitte Dezember im Wasser gehalten, danach bis Februar ins Freiland an die Luft gestellt und erst im März wieder ins Wasser gesetzt. Einheit C wurde von November bis Februar im Freiland platziert und erst im März ins Wasser gestellt. Einheit B sollte die natürliche Seespiegelschwankung der

Seeuferbereiche eines Alpenrandsees am besten repräsentieren (überflutet von Frühling bis Herbst, Trockenfallen über Winter).

In einem dritten Versuch wurde getestet, ob die Seebirse und Schmalblättriger Rohrkolben in Stoffsäcken keimen können. Die Anwendungsidee hinter diesem Versuch war, dass Pflanzsäcke mittels Saatgut anstelle von erwachsenen Pflanzen hergestellt werden könnten. Im Test wurden kleine Juten- und Baumwollsäcke (15 x 18 cm) mit Erds substrat und Saatgut gefüllt und in Wasser gefüllte Wannen gestellt (Fotos 65–67). Aufgrund des dichten Gewebes des Baumwollsacks, wurde dieser Sacktyp mit kleinen Schlitzsen versehen, um den Keimlingen ein Durchwachsen des Textils zu ermöglichen.



Foto 65-67: Befüllte Jutesäcke mit Binsen und Rohrkolbensamen (links). Foto Mitte: Jutensack. Foto rechts: erste Keimlinge durchdringen die Öffnungen im Baumwollsack.

#### 4.5. Dokumentation

Die Versuchsflächen Choller und Brüggli wurden durch die Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften während drei Jahren untersucht. Um die Entwicklung der Röhrichtpflanzen zu dokumentieren, wurden Felderhebungen 2019 (Ausgangszustand), 2020 nach der ersten Vegetationsperiode und 2021 nach der zweiten Vegetationsperiode durchgeführt, indem verschiedene Fitnessparameter wie Anzahl und Höhe der Halme, Wassertiefe der neuen Sprosse etc. erhoben wurden. Die Schilfrhizom-Schüttungen bei Sijental und Bonas am Westufer als auch beim Brüggli am Nordufer des Zugersees wurden jeweils im Frühling und Herbst durch das Tiefbauamt kontrolliert.

### 5. Erkenntnisse

#### 5.1. Wellenbrecher

Obwohl der Versuch nicht so aufgebaut war, dass wir Flächen mit und ohne Wellenbrecher vergleichen konnten, ergaben unsere Tests dennoch wertvolle Hinweise. Prinzipiell ermöglichen Wellenbrecher das Aufkommen von Röhrichtarten in unseren Tests. Andere Faktoren wie Wasservögel und Wasserstände des Sees spielen aber ebenso eine massgebende Rolle für das Aufkommen von Röhricht.

Bei der Testfläche Choller fegte vor Fertigstellung des Wellenbrechers ein Sturm über die Versuchsfläche und riss frisch gesetzte Pflanzen aus den Kunstinseln. Diese Pflanzen mussten ersetzt werden, um den Test fortzusetzen. Es bildete sich danach innerhalb von 3–4 Jahren ein dichter Röhrichtgürtel (Fotos 68–70). Dabei wurde aber ersichtlich, dass sich nicht überall das Röhricht etablieren konnte. Entlang des Wellenbrechers, welcher nicht komplett dicht war, konnte das Röhricht innerhalb von 1–3 Meter nicht aufkommen, da dort vermutlich die Wellenturbulenz zu hoch war (70-72).



Foto 68-70: Entwicklung des Röhrichts in der Testfläche Choller von Oktober 2019 (links), Oktober 2021 (Mitte) bis Oktober 2023 (rechts). Bemerke den südwestlichen Bereich, welcher nicht bewachsen ist.



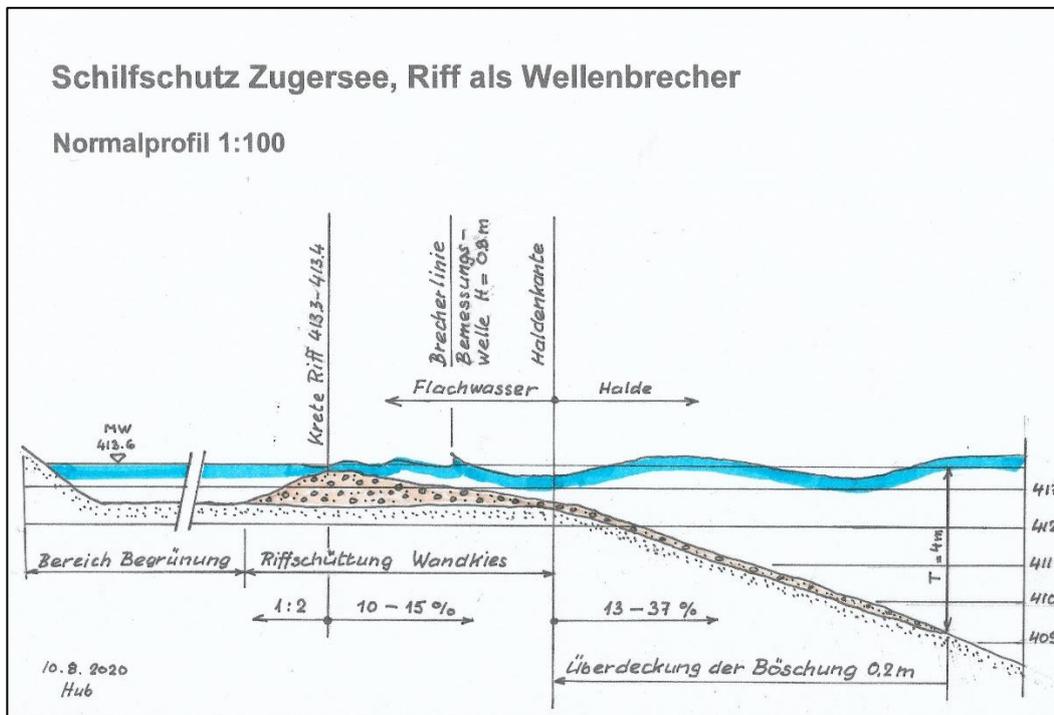
Foto 71, 72: Bei der nord-westlichen, wellenexponierten Seite wuchs das Röhricht nicht ganz bis an den Zaun (links). Bei der nord-östlichen, dem Wind und den Wellen abgewandter Seite, breitete sich das Röhricht bis dicht an den Zaun heran (rechts).

Ob Wellenbrecher für das Aufkommen und das Etablieren essenziell sind, muss in weiteren Versuchen aufgezeigt werden, indem man Bepflanzungen mit und ohne Wellenbrecher vornimmt. In der Testfläche Choller, wo sich ein dichter Röhrichtgürtel etabliert hat, werden wir 2024 den Wellenbrecher entfernen und dokumentieren, ob der Röhrichtbestand wieder zurückgeht. Eine weitere unbeantwortete Frage ist, ob Pflanzen in Kunstinseln, welche bis über dem Wasser zu liegen kommen, mehr der Wellenturbulenz ausgesetzt sind als Pflanzen in Unterwassersäcken, welche am Seegrund liegen.

In unseren zwei mit Wellenbrechern versehenen Testflächen Choller und Brüggli konnten wir während den Vegetationsperioden zeitweise ein sehr hoher Algenbewuchs an der Wasseroberfläche, als auch an den Pflanzentrieben unter Wasser feststellen. Ausserhalb der Testflächen war währenddessen der Algenbewuchs markant tiefer. Wir führen dies auf zwei mögliche Faktoren zurück. Erstens wird die Wasserzirkulation durch die Wellenbrecher stark eingeschränkt, das Wasser kann sich dadurch mehr erwärmen und das Algenwachstum wird dadurch schneller. Zweitens wurde mit dem Erds substrat der Kunstinseln und Unterwassersäcke Nährstoffe eingebracht.

Der von uns angewendete Wellenbrecher in Form einer Bretterwand ist zwar relativ kostengünstig zu erstellen. Landschaftlich ist er hingegen ein Fremdkörper, zudem ist die Lebensdauer beschränkt. Aus diesem

Grund klärten wir Alternativen ab. Aufgrund von umfassenden Baugrunduntersuchungen in bautechnisch schwierigen Seeufnern (mehrere Meter dicke instabile Seekreideschichten) am Zugersee, konnte ein Wellenbrecher in Form eines Riffs aus Kies und Sand berechnet werden (Plan 3). Das Substrat des Riffs wurde so berechnet, dass es einerseits nur zu geringen Setzungen im Seegrund kommen soll und andererseits das Kies nicht massgebend von den Wellen weggerodiert werden kann. Die Zusammensetzung der Kiesmischung (Anteil Fein- und Grobkomponente) sowie der Winkel des Riffs zur offenen Seefläche ist ausschlaggebend.



Plan 3: Schematischer Querschnitt durch das berechnete Kiesriff.

## 5.2. Vogelschutzzäune

Bei den zwei Testflächen Choller und Brüggli konnten wir die Fähigkeit der Wasservögel wie sie die Einzäunungen überwinden konnten sowie den Effekt von Frassschäden auf die Röhrichtarten während der Anwuchsphase gut aufzeigen.

Beim Untersuchungsgebiet Choller flog nur ein Stockenten-Paar (*Anas platyrhynchos*) in die Versuchsfläche, um zu brüten. Das Nest wurde mit wenigen Halmen auf einer Kunstinsel erstellt. Frassspuren der Stockenten am Röhricht konnten wir keine feststellen. Die gesetzten Pflanzen auf den meisten Kunstinseln und in den Unterwassersäcken konnten sich gut etablieren und über die Jahre ausbreiten (Fotos 68–70, Kap. 5.1).

Die Versuchsfläche Brüggli wurde nach Fertigstellung durch ein Blässhuhn-Paar (*Fulica atra*) in Beschlag genommen. Die Blässhühner konnten den engmaschigen Zaun überwinden, indem sie die Füßchen in die Zaunmaschen setzten und währenddessen emsig mit den Flügeln flatterten. Dadurch konnten sie sich am Zaun hocharbeiten. Oben angekommen, setzten sie sich auf die Zaunkante und sprangen hinab auf die andere Seite (Foto 73).



Foto 73, 74: Foto links: Blässhuhn (weisse Umrandung) auf einem Zaunpfosten, welcher flatternd-kletternd erklommen wurde. Foto rechts: Blässhuhnnest auf einem Weidenflechtkorb.

Innerhalb der Versuchsfläche Brüggli rissen die Blässhühner bei den Kunstinseln die Halme von Rohrkolben, Binsen und Schilf ab, um entweder ihr Nest zu bauen oder die Pflanzen zu fressen. Bei den Unterwassersäcken wurden besonders die Binsen abgezerrt, währenddessen die Rohrkolben weniger angeknabbert wurden. Auch Grau- und Nilgänse konnten die Einzäunung beim Brüggli überwinden und sich danach über die gesetzten Versuchspflanzen hermachen. Die Graugänse (*Anser anser*) konnten vom Wasser aus von einem steilen Winkel von etwa 45° auffliegen und so den Zaun einfach überwinden. Der Flug in die Versuchsfläche endete aber oft in eine Bruchlandung. Die Flugkünste der Nilgänse (*Alopochen aegyptiaca*) waren agiler, denn sie konnten vom Flug aus auf den Zaunpfosten landen und danach in die Versuchsfläche hineingleiten. Beinahe alle Pflanzen auf den Kunstinseln sowie die Binsen in den Unterwassersäcken gingen wegen dem Vogelfrass innerhalb von 2 Jahren ein, was zu einem Totalverlust führte. Nur die Schmalblättrigen Rohrkolben in den Unterwassersäcken konnten sich etablieren und über die Jahre hinweg einen dichten Bestand bilden (Fotos 81–83 Kapitel 5.3.3). Die Zäune erwiesen sich somit als überwindbar für Blässhühner, Enten und Gänse.

Das Blässhuhn-Paar benutzte die Versuchsfläche Brüggli als Revier, welches vehement gegen Artgenossen verteidigt wurde. Zudem suchten Gänse diese Fläche zur Nahrungsaufnahme auf. Für die Stockente wiederum diente die Versuchsfläche Choller nur als Brutplatz. Es scheint, dass durch die Kunstinseln Wasservögel angelockt werden, um darauf zu brüten. Inseln bieten perfekten Schutz gegen Landraubtiere wie z.B. der Fuchs oder Marder.

Um die Attraktivität von Kunstinsel während der Ansiedlungszeit des Röhrichts als Vogelbrutstandort zu senken, haben wir bei weiteren Tests mit Kunstinseln jeweils eine Landverbindung mittels eines Holzstegs angefügt (Foto 75). Der Rotfuchs liess sich diese einfache Gelegenheit, den Kunstinseln einen Besuch abzustatten, nicht nehmen. Anhand von Kot und Trittsiegel auf den Stegen, konnten wir die Präsenz von Füchsen nachweisen (Foto 76). Auf den so mit dem Land verbundenen Kunstinseln konnte keinerlei Brutversuche von Wasservögeln festgestellt werden.



Foto 75, 76: Holzelement-Inseln mit Holzstegen vom Land aus verbunden. Foto rechts: Trittsiegel eines Fuchses auf dem Holzsteg (schwarz umrandet).

### 5.3. Anpflanzmethoden

#### 5.3.1. Allgemeine Erkenntnisse

##### *Kosten-Nutzen und Praxistauglichkeit*

Der Test in der Versuchsfläche Choller zeigt auf, dass mit Kunstinseln als auch mit Unterwassersäcken Röhrcharten erfolgreich angesiedelt werden können. Bezüglich Kosten, Transport und Einbringen von Fremdstoffen in den See zeigen sich aber grosse Unterschiede zwischen den verschiedenen Anpflanzmethoden. Die Kunstinseln weisen relative hohe Herstellungskosten und Transportaufwand auf, zudem werden nicht oder nur langsam abbaubare Fremdstoffe in den See eingebracht. Die Unterwassersäcke aus Jute sind hingegen kostengünstig herzustellen, mit einfachen Transportmitteln zu platzieren (Boot anstatt Bauponton) und bauen sich schnell ab. Es stellte sich heraus, dass die Jutensäcke mit der Dimension 30x60 cm am handlichsten waren. Hingegen konnten nur für die Seebirse und Schmalblättrigen Rohrkolben diese Methode erfolgreich angewendet werden. Das Ansiedeln von Schilf mittels Rhizom-Schüttungen ist stark abhängig von passenden Wasserständen. Eine einfache und kostengünstige Ansiedlungsmethode für Schilf muss noch entwickelt werden.

##### *Wuchsverhalten*

Das Wuchsverhalten der Röhrcharten in den verschiedenen Behältern war unterschiedlich. Bei den Gittergabbionen und besonders bei den Weidenflechkörben blieben die Neutriebe meist im oberen Bereich der Inseln und wuchsen nur langsam Richtung Seegrund. Aufgrund des relativen schnellen Abbaus des Juten-Bigbags, zerfiel dieser Inseltyp innerhalb von ein bis zwei Jahren auf den Seegrund, wo die Pflanzen sich etablieren und ausbreiten konnten. Die Binsen und Rohrkolben, welche mittels den Unterwassersäcken direkt auf den Seegrund platziert wurden, konnten ihre Wurzeln durch das Jutengewebe direkt in den Seegrund hineinwachsen lassen und sich mit den Ausläufern am Seegrund ausbreiten.

##### *Lebensdauer Kunstinseln und Textilien*

Die Versuche mit den Dreieck-Holzelementen zeigten auf, dass die Kokoswände innert wenigen Wochen zerfielen. Dieser Inseltyp ist deshalb nicht zu empfehlen. Das Jute-Gewebe in den Gittergabbionen sowie der doppelwandigen Bigbags wurde innerhalb von ein bis spätestens zwei Jahren instabil und zerriss. Die Weidenruten der Weidenflechkörbe blieben am längsten intakt, und zwar zwischen 2 bis 3 Jahren.

Der Versuch mit den verschiedenen Textilsäcken, welche mit Rohrkolben bepflanzt und in den Wasserbecken gehältert wurden, zeigte auf, dass die Leinensäcke innerhalb von 6 Monaten, die Baumwollsäcke innerhalb von 9 Monaten und die Jutesäcke innerhalb eines Jahres zerfielen. Der Bioplastik blieb auch nach 2 Jahren noch komplett intakt. Sobald die Leinen- und Baumwollsäcke anfangen zu zerreißen, konnten sich die Wurzeln ausbreiten. Die Rohrkolben konnten hingegen bereits durch den intakten Jutesack durchwurzeln und schon früh Rhizome durchtreiben (Foto 77), da dieses Textil nicht zu dicht gewoben ist (305g/m<sup>2</sup>). Beim Bioplastik war das Tempo der Durchwurzlung im Vergleich zum Jutegewebe stark eingeschränkt. Die Durchwurzlung und das Durchtreiben von Rhizomen beim Bioplastik dauerten rund ein halbes Jahr länger als bei den Jutesäcken (Fotos 78-80).



Foto 77, 78: Foto links: komplett durchwurzelter Jutesack nach rund 9 Monaten (seitliche Sicht). Foto rechts: Bioplastiksack weist nur schwache Durchwurzlung nach 9 Monaten auf (Sicht auf die Unterseite).



Foto 79, 80: Detailansicht der Durchwurzlung (links) sowie Triebdurchbruch (rechts) durch den Bioplastiksack.

### 5.3.2. Seebinse

Von den drei verwendeten Röhricharten kann die Seebinse (*Schoenoplectus lacustris*) gemäss Literaturangaben am tiefsten entlang des Seegrunds hinabwachsen und sich dort etablieren, gefolgt vom Schmalblättrigen Rohrkolben und dann im seichteren Wasser vom Schilf (Coops et al. 1996). Je weniger wellenexponiert der Standort ist, umso tiefer können alle drei Arten in die Tiefe wachsen (Coops, hiss-reet.de). Am Ägerisee, wo die Binse weit verbreitet ist, kann sie sich bis zu einer Wassertiefe von rund 2.2 m unter dem mittleren jährlichen Wasserstand behaupten. Dort wo die Binse zusammen mit dem Schilf vorkommt, ist die Binse immer Richtung See vorgelagert.

Die Binsen etablierten sich in der Versuchsfläche Choller gut, sie hatten aber ein langsames Ausbreitungstempo als der Schmalblättrige Rohrkolben, welcher die Versuchsfläche nach rund 4 Vegetationsperioden zu rund 60 % dominiert. Mit je rund 20 % sind Binsen und Schilf weniger stark vertreten. Anhand von Untersuchungen aus Holland kann der Schmalblättrige Rohrkolben mittels Ausläufern sich vegetativ sehr schnell ausbreiten, besonders dort, wo der Seegrund einen hohen organischen Gehalt aufweist (Coops et al. 1996). Das Schilf hat ebenfalls die Fähigkeit, sich schnell mit kriechenden Rhizomen auszubreiten, währenddessen die Binse eine gemächlichere Ausdehnungstendenz aufweist (Coops et al. 1995, Cleverin 1995).

In unserem Versuch pflanzten wir die Binsen sowohl in die Kunstinseln als auch in die Unterwassersäcke ein. Dabei stellten wir fest, dass bei den Unterwassersäcken die Triebe der Binsen innert ein paar Tagen abstarben und kurz darauf neu gebildet wurden. Vermutlich waren die ursprünglichen Triebe, welche vor dem Einpflanzen nur an die Luftatmosphäre gewohnt waren, nicht fähig unter Wasser zu existieren. Die Pflanzen mussten anscheinend neue Triebe bilden, welche an die Verhältnisse unter Wasser besser angepasst waren. Die Binsen, welche mittels Unterwassersäcken im Juli 2019 in die Versuchsfläche Choller gepflanzt wurden, hatten eine Anwuchsrate von rund 90 %. Im März 2023 wurde der Versuch nochmals wiederholt, diesmal mit 70 Unterwassersäcken am Westufer des Zugersees in der Testfläche bei Sijental. Beim Kontrollgang im August 2023 konnte nur noch eine einzige Binsenspflanze festgestellt werden, was einer Erfolgsrate von 1.5 % entspricht. Vogelfress war wahrscheinlich nicht der Grund, denn es konnten keine Reste von abgefressenen Halmen bei den Sacköffnungen gefunden werden. Die Anzeichen deuteten darauf hin, dass die Binsen gar nicht ausgetrieben hatten. Die Wassertiefen waren im ersten Versuch 2019 während der Vegetationsperiode ungefähr gleich wie im Versuch 2023. Hingegen war der Pflanzzeitpunkt entschieden anders. Während 2019 die Pflanzungen im Sommer getätigt wurden und die Binsen sofort gute Wachstumsbedingungen vorfanden (warmes Wasser, intensives Licht), Triebe bilden konnten und anfangen Photosynthese zu betreiben, mussten die gesetzten Binsen 2023 rund drei Monate am Seegrund ausharren, bevor die Vegetationsperiode im See begann. Wir vermuten, dass die gesetzten Binsen 2023 am Seegrund verfault sind, bevor sie die Möglichkeit hatten, auszutreiben. Ein ähnlicher Misserfolg zeigte sich auch beim Rohrkolben. Dieser wies 2019 ebenfalls eine Anwuchsrate von rund 90 % auf, während es 2023 nur noch 15 % waren. Wir empfehlen deshalb, Pflanzungen mit Unterwassersäcken nur im Sommer, wenn das Seewasser warm ist, vorzunehmen. Weitere Tests sind notwendig, um dies zu bestätigen.

Die Aussaatversuche mit Saatgut der Binse zeigten folgende Ergebnisse. Während des ersten Versuchs, bei welchem im Herbst und Frühling in unterschiedlichen Wassertiefen ausgesät wurden, konnten keine eindeutige Trends festgestellt werden. Beim zweiten Versuch, bei welchem die Binsensamen drei unterschiedlichen Nass- und Trockenperioden-Regime während des Winterhalbjahrs unterzogen wurden, konnten klare Hinweise gewonnen werden. Die Keimrate war am höchsten, als die natürliche Wasserpegelschwankung eines Alpenrandsees nachsimuliert wurde, und zwar höhere Pegelstände im Herbst und Frühling (Aussaatkiste im Wasserbecken) und tiefer Pegelstand während des Winters (Aussaatkiste an Land). Die Aussaatkisten, welche bis zum Frühling nur im Wasser oder nur im Freiland an der Luft waren, wiesen fast nur eine halb so grosse Keimrate auf (Tabelle 2).

Einheit A (immer im Wasser)	Einheit B (Herbst und Frühling im Wasser, Winter an Luft)	Einheit C (Herbst und Winter an Luft, Frühling im Wasser)
225	515	132
79	238	134
242	248	151
162	265	110
Durchschnitt <b>177 (708:4)</b>	Durchschnitt <b>316 (1266:4)</b>	Durchschnitt <b>139 (417:3)</b>

Tabelle 2: Anzahl Binsen-Keimlinge pro Saatschale. Die Saatschale der Einheit C mit 110 Individuen wurde in der Auswertung nicht berücksichtigt, da diese Schale viele verdorrte Individuen aufwies.

**Fazit Seebirse:** Für die Seebirse konnte eine kostengünstige und einfache Methode mit Unterwassersäcken gefunden werden, um Flachwasserzonen und Seeufer zu begrünen. Diese Methode muss aber in weiteren Anwendungen bestätigt werden. Besonders die Notwendigkeit von Wellenbrechern sollte aufgezeigt werden. Der Erfolg der Binsenaufzucht konnte verbessert werden, indem das Saatgut einem bestimmten nass-trocken Regime während des Winters unterzogen wurde.

### 5.3.3. Schmalblättriger Rohrkolben

Der Schmalblättrige Rohrkolben verhielt sich in der Anwuchsphase ähnlich wie die Seebirse. Nach dem Platzieren auf dem Seegrund mittels Unterwassersäcken starben die Triebe ab und wurden bald wieder mit neuen Trieben ersetzt. Nach der zweiten Vegetationsphase wurde in der Versuchsfläche Choller ersichtlich, dass sich die Rohrkolben schneller vom Ursprungsort ausbreiteten als die Binsen. Beim Standort Brüggl waren die Rohrkolben der Unterwassersäcke für die Wasservögel eine wenig attraktive Futterquelle, während die gesetzten Binsen und Schilf aufgrund des Frassdrucks verschwanden. Die Rohrkolben konnten sich hingegen schnell ausbreiten (Fotos 81-83).



Foto 81, 82: Entwicklung des Röhrichts in der Testfläche Brüggl Oktober 2019 (links), Oktober 2021 (rechts), Standorte der Kunstinseln (schwarz umrandet) und Unterwassersäcke (gelb umrandet). Die Pflanzen auf den Kunstinseln verschwanden bis 2021 fast komplett, während die Rohrkolben in den Unterwassersäcken sich etablieren und ausbreiten konnten (gelb umrandet).

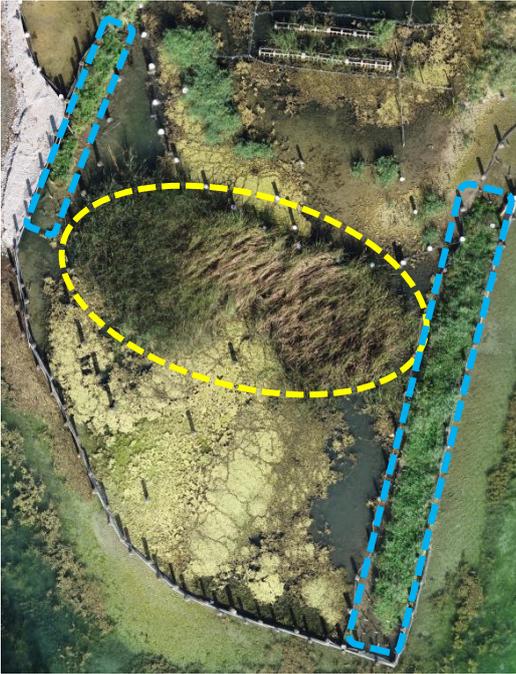


Foto 83: Testfläche Brüggli im Oktober 2023: Bestand Schmalblättriger Rohrkolben (gelb umrandet). Bei den hellgrünen Flächen südlich und nördlich der Rohrkolben handelt es sich um Algen. Entlang der östlichen und nord-westlichen Seite sind die Schilfrhizom-Schüttungen, welche im Winter 21/22 angelegt wurden, ersichtlich (blau umrandet). Die Vegetation dieser Schüttungen besteht vorallem aus Gräsern und nur aus wenigen Schilfhalmern.

Gemäss Literaturangaben bildet der Schmalblättrige Rohrkolben ein locker angeordnetes Rhizomgeflecht, das eher an der Oberfläche liegt, während Schilf und Binsen ein kompaktes, enges Geflecht ausbilden (Coopers 1996, Fiala 1976, Ondok 1972, Hiss-reet.de). Der Rohrkolben scheint mehr auf ein See-grundsubstrat mit einem hohen organischen Anteil angewiesen zu sein als die zwei anderen Röhrichtarten (Coops et al.1991, 1996)

Bei den Keimversuchen mit Saatgut des Schmalblättrigen Rohrkolbens zeigte sich, dass die Herbstaussaat eine höhere Keimrate im drauffolgenden Sommer aufwies als die Frühlingsausaat. Zudem war die Keimrate höher, wenn die Aussaatschale rund 5 cm unter Wasser lag (Tabelle 3). Nachdem die Samen gekeimt waren, entwickelten sich die einzelnen Pflanzen aber schneller, wenn sie sich nur rund 1 cm unter dem Wasser befanden (Fotos 84, 85). Diese Jungpflanzen waren bis zu 20 cm hoch, während die Individuen bei der Wassertiefe von 5 cm nur wenige Zentimeter gross waren und meist horizontal unter Wasser lagen. Pro Aussaatkombination wurde nur eine Saatschale verwendet, deshalb sind die Resultate mit Vorsicht zu geniessen.

Wassertiefe	Anzahl Keimlinge mit Frühlingsausaat vom 23.3.2021	Anzahl Keimlinge mit Herbstausaat vom 30.11.2020
5 cm unter Wasser	120	240
0.5-1 cm unter Wasser	60	85
Nur Boden der Saatschale im Wasser	10	60

Tabelle 3: Anzahl Rohrkolbenkeimlinge pro Aussaatkombination.



Foto 84, 85: Vergleich der Jungpflanzen, welche am 30. November 2020 ausgesät und am 23. Juni 2021 kontrolliert wurden. Saatschale 5 cm unter Wasser (links), Saatschale 0.5-1 cm unter Wasser (rechts) platziert.

Beim Aussaatversuch, bei dem das Saatgut von Rohrkolben und Binsen in kleine Textilsäcke platziert und in Wasserbecken gehältert wurden, ergaben sich folgende Erkenntnisse. Während die Binse auch nach

einem Jahr eine sehr kleine Keimrate aufwies, keimten die Rohrkolben innerhalb von ein paar Wochen (Fotos 86–88). Die Anwendung dieser Methode, um Unterwasserpflanzsäcke mittels Saatguts anstelle von erwachsenen Pflanzen zu produzieren, wurde aber ausfolgendem Grund nicht weiterverfolgt: die verwendeten Textilien Jute und Baumwolle bauen sich zu schnell ab und zerfallen bevor die Röhrichtpflanzen genug gross wären, um in den See platziert zu werden.



Foto 86-88: Befüllung der Aussaatsäcke 8. Juli 2021 (links) mit Substrat und Saatgut des Schmalblättrigen Rohrkolbens. Gekeimte Rohrkolben am 10. August 2021 (Mitte) und 19. August 2021 (rechts).

**Fazit Schmalblättriger Rohrkolben:** Für den Schmalblättrigen Rohrkolben konnte eine kostengünstige und einfache Methode mit Unterwassersäcken gefunden werden, um Flachwasserzonen und Seeufer zu begrünen. Diese Methode muss aber in weiteren Anwendungen bestätigt werden. Besonders die Notwendigkeit von Wellenbrechern sollte aufgezeigt werden.

#### 5.3.4. Schilf

Beim Versuch mit den Kunstinseln konnte aufgezeigt werden, dass sich Schilf zwar so ansiedeln lässt, aber dass diese Ansiedlungsmethode mehrere Nachteile aufweist. Erstens sind die Herstellungskosten und der Transportaufwand hoch und zudem ist das Einbringen von Fremdmaterial wie Metallgitter und Holzpaletten in den See nicht optimal. Zweitens werden durch die Inseln Wasservögel angelockt, um zu brüten, was wiederum den Frassdruck auf das Schilf erhöhen kann.

Bei den Versuchen bei denen Schilfrhizome in Unterwassersäcke platziert wurden, konnte aufgezeigt werden, dass die Rhizome, solange sie komplett unter Wasser sind, nicht mehr austreiben. Dieses Ergebnis war für alle Versuche in den drei Jahreszeiten Spätwinter, Frühling und Spätherbst das gleiche. Ein paar der Unterwassersäcke wurden nach rund einem halben Jahr geöffnet; die Rhizome zeigten keinerlei Anzeichen von Austrieben.

Die Schilfrhizom-Schüttungen zeigen interessante Resultate auf. Entweder kam das Schilf dicht auf und konnte sich erfolgreich etablieren oder es gab nur ein spärliches Aufkommen.

Die Schüttungen 2018 bei Buonas und Sijental sowie 2021 beim Brüggli waren erfolgreich; das Schilf trieb in der ersten Vegetationsperiode aus und etablierte sich (Fotos 89–94). Die Schüttungen 2019 bei Sijental (Foto 95, 96) sowie 2022 beim Brüggli trieben nur ganz spärlich aus.



Foto 89, 90: Schilfrhizom-Schüttung Sijental August 2018 (links) und während der ersten Vegetationsperiode im Juli 2019 (rechts).



Foto 91, 92: Schilfrhizom-Schüttung Buonas im August 2018 (links) und während erster Vegetationsperiode im Juli 2019 (rechts).

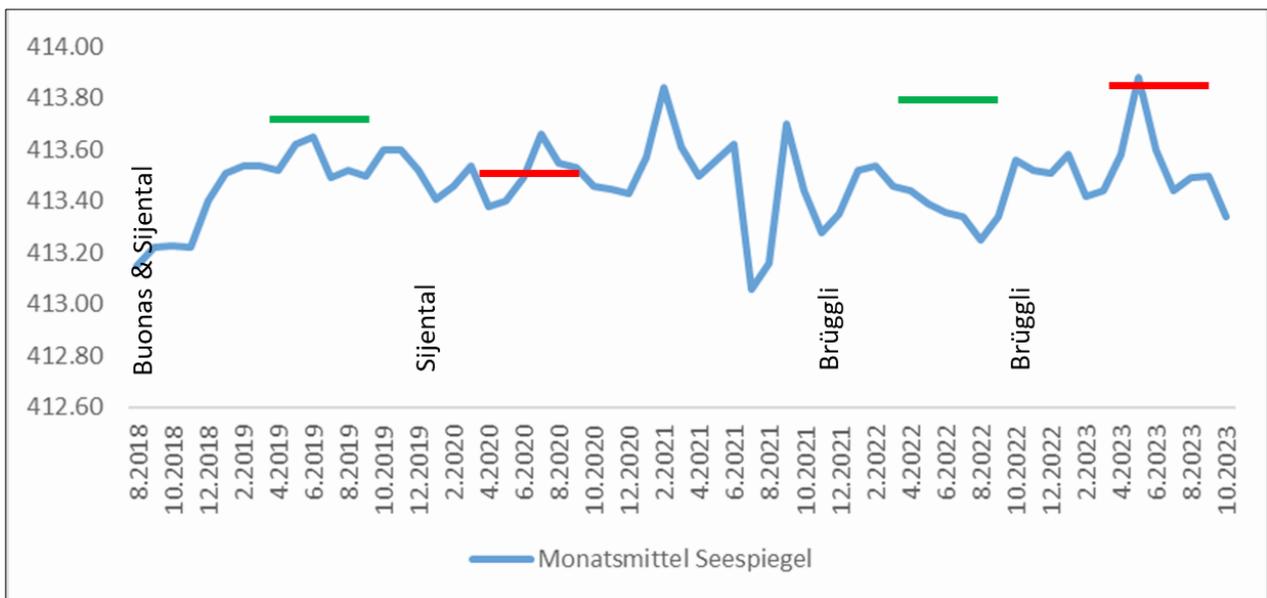


Foto 93, 94: Schilfrhizom-Schüttung beim Brüggli Januar 2022 (links) und August 2022 (rechts)



Foto 95, 96: Schilfrhizom-Schüttung Sijental im November 2019 (links) und nach einer Vegetationsperiode im August 2020.

Wie auf der Grafik 4 ersichtlich ist, deuten die Resultate darauf hin, dass während der Vegetationszeit auch nur ein kurzzeitiges Überfluten der Schilfrhizome ein Austreiben stark einschränkt. Da die Wasserspiegelhöhe eines Sees nicht voraussehbar ist, ist das Erstellen von Schilfriffen mittels Rhizom-Schüttung mit grösseren Risiken verbunden. Insbesondere in Anbetracht der Kosten von 600–900 Franken pro Laufmeter Riff sollte diese Methode nur angewendet werden, wenn sichergestellt werden kann, dass die Rhizome immer über Wasser zu liegen kommen.



Grafik 4: Wasserspiegelhöhe des Zugersees (blaue Linie), sowie die Riffhöhe (horizontale blaue und rote Linien) während der ersten Vegetationsperiode nach Erstellung. Bei den grünen Linien handelt es sich um den Zeitraum, bei welchem das Schilf erfolgreich austrieb; bei der roten Linie trieb das Schilf nur spärlich aus. Die Schüttstandort-Texte stellen den Zeitpunkt der Erstellung der Riffe dar.

**Fazit Ansiedlung Schilf:** Gemäss unseren Versuchen mit Kunstinseln, Unterwassersäcken und Schilf-Rhizomschüttungen, konnten zwar wertvolle Erfahrungen gesammelt werden, hingegen konnte noch keine kostengünstige und einfache Ansiedlungsmethode gefunden werden. Gemäss langjährigen Erfahrungen vom Bielersee (Iseli et. al. 2020) konnte aber aufgezeigt werden, dass Schilfpflanzungen als Ballen (Soden) erfolgreich sein können, solange genügend Halme dauerhaft aus dem Wasser ragen. Dadurch kann das Schilf die notwendige Luftzufuhr für das Austreiben und Assimilieren sicherstellen. Diese Ballen wurden jeweils an Land, während eins bis zwei Jahren, in Pflanzsäcken vorkultiviert. Die Ballen wurden dann in Gruppen von ca. 20 Stück eng zueinander in zuvor ausgehobenen Pflanzlöcher gesetzt, mit Holzpfählen im Grund gesichert und mit Sedimenten zugedeckt. Die Pflanzbeutel wurden zuvor jeweils entfernt oder aufgeschnitten, damit die Wurzeln besser in den Seegrund wachsen konnten. Je nach Standort wurden die Pflanzflächen mit einem Gitter vor Vogelfrass geschützt.

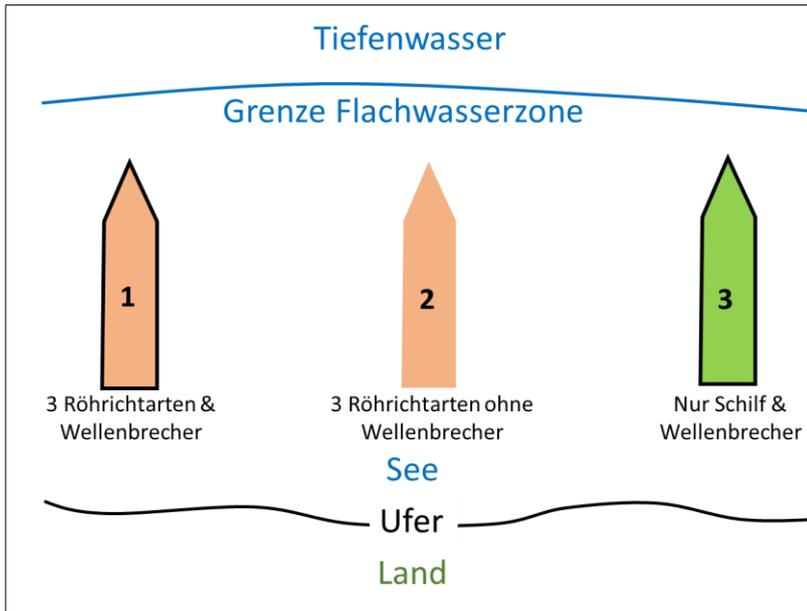
Diese Methode vom Bielersee sollte anhand unserer Erfahrungen vom Zugersee optimiert werden können. Eine Anpflanzungsmethode mittels Pflanzsäcken, welche weder ein Ausheben von Pflanzlöchern, ein Aufschneiden der Pflanzsäcke, ein Überdecken mit Sediment noch ein Verankern mit Holzpfählen erfordert, würde das Ansiedeln von Schilf vereinfachen und die Arbeitskosten senken. Aus diesem Grund schlagen wir zu Testzwecken vor, Schilf in Bioplastiksäcken während ein bis zwei Jahren in Wasserbecken zu kultivieren bis genügend grosse Halme sich entwickelt haben. Danach sollen die Säcke ungeöffnet auf dem Seegrund im Zugersee platziert werden.

#### 5.4. Zusammenfassung Erkenntnisse

- Ob Wellenbrecher notwendig für das Anwachsen und Etablieren von Röhrichtarten sind, konnte aufgrund unseres Testdesigns nicht aufgezeigt werden.
- Kunstinseln bieten attraktive Neststandorte, dadurch werden Wasservögel angelockt. Vogelfrass kann in der Anwuchsphase zu Totalausfällen führen. Kunstinseln sollten entweder vermieden werden, indem Unterwassersäcke als Alternativen verwendet werden oder die Inseln sollten mit Stegen mit dem Land verbunden werden, um Landraubtieren den Zugang zu den Inseln zu ermöglichen. Vögel können nur ferngehalten werden, wenn mittels gespannter Netze ein Einfliegen von oben unterbunden wird.
- Seebinsen und Schmalblättriger Rohrkolben können mit Unterwassersäcken einfach und kostengünstig angesiedelt werden. Der Pflanztermin muss aber im Sommer liegen.
- Für das Schilf konnte noch keine einfache und kostengünstige Ansiedlungsmethode gefunden werden.

## 6. Empfehlungen

- Die wertvollen Erkenntnisse über das kostengünstige Ansiedeln von Seebinsen und Schmalblättrigen Rohrkolben sollen mittels weiteren Tests verifiziert werden.
- Die Versuche sollen ergänzt werden, indem eine Methode für das Anpflanzen von Schilf mittels vorkultivierten Pflanzsäcken als auch die Bedeutung von Wellenbrecher getestet werden.
- Wir schlagen deshalb folgenden Test vor: In einem noch zu bestimmenden Ort in einer Flachwasserzone des Zugersees soll eine Versuchsfläche mit drei unabhängigen Teilflächen angelegt werden (Grafik 5). Die erste Teilfläche soll gemischt mit allen drei Röhrichtarten Seebinsse, Schmalblättriger Rohrkolben und Schilf mittels der Unterwassersackmethode angepflanzt und mit einem Wellenbrecher gesichert und vor Vogelfrass geschützt werden. In der zweiten Fläche wird der Wellenschutz weggelassen. In der dritten Testfläche wird nur Schilf mittels vorkultivierten Unterwassersäcken angepflanzt und mit einem Wellenbrecher und einer Vogelschutzeinzäunung gesichert.



Grafik 5: Versuchsdesign für einen erweiterten Test am Zugersee.

- Falls es sich herausstellt, dass Wellenbrecher, insbesondere in wellenexponierten Lagen, notwendig für das Ansiedeln und auch für das langfristige Halten von Röhrichtbeständen sind, dann sollte die Anwendbarkeit von Kiesriffen getestet werden.

## 7. Zusammenarbeit und Danksagung

Folgende Personen haben sich beratend am Projekt Zugersee beteiligt:

- Elisabeth Danner, InfoFlora Schweiz
- Jürgen Dengler & Manuel Babbi Zürcher Fachhochschule für angewandte Wissenschaften
- Christina Fialova, Faculty of Textile Engineering, Universität Liberec Tschechien
- Christoph Iseli, Landschaftswerk Biel-Seeland
- Paul Krüger, Jute Suisse
- Andreas Keller, Zug
- Urs Kempf, Abteilungsleiter Wasserbau, Tiefbauamt Kanton Zug
- Mario Mastel, Mastel Staudengärtnerei
- Urs Müller, Hunn Begrünungen
- Patricia Willi, Die Wildstaudengärtnerei

## 8. Verwendete und weiterführende Literatur

Amsberry L., Baker M., Ewanchuk P. und Bertness M. 2000 *Clonal integration and the expansion of Phragmites australis*. Ecological Application 10:1110-1118

Berner Zeitung. 8.8.2017. *Binsen erobern den See zurück*.

Clevering O. 1995. *Germination and seedling emergence of Scirpus lacustris and Scirpus maritimus with special reference to the restoration of wetlands*. Aquatic Botany 50: 63-78

Coops H. und van der Velde G. 1996. *Impact of hydrodynamic changes on the zonation of helophytes*. Netherlands Journal of Aquatic Ecology 30:165-173.

Coops H., Geilen N. und van der Velde G. 1994. *Distribution and growth of the helophyte species Phragmites australis and Scirpus lacustris in water depth gradients in relation to wave exposure*. Aquatic Botany 48: 273-284.

Coops H., van den Brink F. und van der Velde G. 1996. *Growth and morphological responses of four helophyte species in an experimental water-depth gradient*. Aquatic Botany 54: 11-24.

- Coops H. und van der Velde G. 1996. *Effects of waves on helophyte stands: mechanical characteristics of stems of Phragmites australis and Scirpus lacustris*. Aquatic Botany 53: 175-185.
- Iseli C. 2007. Schilfschutz Zugersee. Iseli & Bösiger AG, Biel.
- Iseli C., Schiefer A. und Barhoumi Z. 2020. *30 Jahre Schilfschutz am Bielersee—eine Erfolgskontrolle*. Kanton Bern Abteilung Naturförderung.
- Giersch K. 2002. *Kommentierte Literaturrecherche zum Thema Röhricht*. Universität Bremen
- Heinz S. 2011. *Population biology of Typha latifolia and Typha angustifolia: establishment, growth and reproduction in a constructed wetland*. Dissertation. Technische Universität Münden.
- Nepf H. 1999. *Drag, turbulence, and diffusion in flow through emergent vegetation*. Water Resources Research 35: 479-489
- Ostendorp W. und Krumscheid P. 1990. *Röhrichtschutz und Uferrenaturierung am Bodensee*. Wasser-Abwasser 2: 78-84.
- Babbi M., Hepenstrick D., Widmer S. und Dengler J. 2022: *Wiederansiedlung von Röhrichtpflanzen im Zugersee*. Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften.
- Schiele R. und Sterna M. 2008. *Wie entwickelt sich der Vegetationsbestand eines Schilfröhrichts des Schweriner Innensees unter Einfluss des künstlichen Wellenschutzes?* Diplomarbeit. Hochschule Neubrandenburg
- Vermaatt J., Santamaria L. und Roos P. 2000. *Water flow across and sediment trapping in submerged macrophyte beds of contrasting growth form*. Archiv für Hydrobiologie.
- [www.hiss-reet.de](http://www.hiss-reet.de)
- [www.pfaf.org](http://www.pfaf.org). Plant Database
- 

Zug, 8. August 2024

Andres Bucher, Tiefbauamt, Abteilung Wasserbau Kanton Zug