



innovation dipl. Natw. ETH
Adrian Nufer
Postfach
CH-8032 Zürich

kommunikation tel: +41 (0)44 380 63 44
fax: +41 (0)44 380 63 43
mobil: +41 (0)76 334 26 13
e-mail: an@nuferscience.ch

organisation
Projekt BWS-09

- Abschlussbericht zum Pilotprojekt Bellacher Weiher 2024

Nachhaltige Sanierung des Bellacher Weiher und seines Einzugsgebietes

Zusammenfassung

Der Bellacher Weiher wurde schon im Jahre 1456 aus wirtschaftlichen Gründen aufgestaut und umfasst heute eine Fläche von 3.3 Hektaren, bei einer maximalen Wassertiefe von 2.2 m. Er befand sich bis zum Abschluss des Pilotprojekts im Privatbesitz der Familie Stöckli und steht unter kantonalem Naturschutz, da er zahlreiche seltene Tier- und Pflanzenarten beherbergt. Ohne Sanierungsmassnahmen würde das Gewässer durch die Ansammlung von Faulschlamm am Weihergrund innerhalb weniger Jahrzehnte vollständig zuwachsen. Um den Naturschutz- und Erholungswert des Weiher zu erhalten, wurde dieser sanft und nachhaltig saniert.

Die weihinterne Sanierungsmassnahmen begannen 2004. Im Jahr 2010 kam das Landwirtschaftsprogramm dazu, bei welchem sämtliche 18 Landwirte im 160 ha grossen Einzugsgebiet des Weiher mitmachen. Sowohl beim Weiher als auch in der Landwirtschaft werden die biokatalytisch wirkenden Plocher-Produkte eingesetzt. Der Zustand des Weiher wird durch ein Messprogramm des Kantons Solothurn überwacht und das Landwirtschaftsprogramm durch die Düngeberatung des Wallierhofs begleitet. Wissenschaftlich abgesichert wurde das Pilotprojekt durch eine Sedimentuntersuchung des L.A.K.E.S Institute und einem Begleitforschungsprogramm an den beiden Fachhochschulen ZHAW, Wädenswil und HAFL, Zollikofen.

Seit 2014 präsentiert sich der vormals während der zweiten Jahreshälfte jeweils komplett zugewachsene und veralgte Weiher ganzjährig mit einer offenen Wasseroberfläche und gilt nicht mehr als überdüngt. Die diffuse Faulschlammschicht am Weihergrund wurde an Ort und Stelle kompostiert und die Rücklösung von Nährstoffen aus der Sedimentschicht dauerhaft unterbunden, wie anhand einer Redoxmessung im Sediment aufgezeigt werden konnte. Das erfolgreiche Pilotprojekt wurde 2024 abgeschlossen und wird seither auf einer langfristigen Projektbasis zur Erfolgserhaltung in einer reduzierten Form weitergeführt.

Nachhaltige Sanierung des Bellacher Weihers und seines Einzugsgebietes

Inhalt

1 Vorwort	3
2 Einführung	4
2.1 Der Bellacher Weiher	4
2.2 Pilotprojekt zur sanften Sanierung	6
3 Durchführung Pilotprojekt	11
3.1 Sanfte Sanierung Bellacher Weiher	11
3.2 Landwirtschaftsprogramm im Einzugsgebiet	12
3.3 Wissenschaftliches Begleitprogramm	16
3.4 Trägerschaft und Finanzierung	19
3.5 Öffentlichkeitsarbeit und Vernetzung	21
4 Ergebnisse Weihersanierung	26
4.1 Luftbildanalyse	26
4.2 Messungen	31
4.3 Entwicklung der Schlammschicht	44
4.4 Limnologische Sedimentuntersuchung	47
4.5 Biologische Beschreibung und Bewertung	55
4.6 Umfrage bei den Landwirten	62
5 Diskussion des Projekts	74
5.1 Erwägungen zum Sanierungsziel	74
5.2 Anmerkungen zum „Natürlichen Zustand“	75
5.3 Diskussion des Sanierungserfolgs	78
5.4 Weitere Beiträge zum Umweltschutz	80
6 Erfolgserhaltung	82
6.1 Weiherbehandlung	82
6.2 Landwirtschaftsprogramm	83
6.3 Umfassendes Biodiversitätsprojekt	84
6.4 Regelmässige Messungen und Dokumentation	85
6.5 Bekanntmachung der Sanierungsmethode	85
7 Quellen	86

1 Vorwort

Kann man einen überdüngten Weiher sanft und nachhaltig sanieren? Kann die drohende Verlandung durch Ansammlung von Faulschlamm am Weihergrund aufgehoben werden, ohne sie abzusaugen oder den Weiher auszubaggern? Diese Fragen stellten sich Laura und Thomas Stöckli als Besitzer des Bellacher Weihers vor über 20 Jahren. Heute können beide Fragen klar mit JA beantwortet werden. In einem einzigartigen Pilotprojekt wurde der Weiher durch das beispielhafte Engagement seiner Besitzerfamilie und der Gemeinde Bellach sanft und nachhaltig saniert.

Sanft bedeutet auch langsam. Ein deutlich sichtbares Resultat stellte sich erst nach rund 10 Jahren ein. Wichtig ist zudem, dass alle mitmachen: die 18 Landwirte, welche im Einzugsgebiet des Weihers wirtschaften, unterstützen allesamt das Projekt und behandeln ihre Hofdünger sowie ihren Boden mit den Plocher-Produkten, welche auch im Weiher eingesetzt werden. Die Gemeinden Selzach und Lommiswil beteiligen sich ebenfalls. Auch die beiden Fachhochschulen HAFL Zollikofen und ZHAW Wädenswil sowie das L.A.K.E.S Institute sind mit dabei und begleiten das Projekt wissenschaftlich.

Finanziert wurde das Projekt hauptsächlich von der Gemeinde Bellach und einem grosszügigen Engagement des Alpiq Ökofonds. Zudem beteiligten sich Selzach und Lommiswil, sowie die beiden Fachhochschulen mit Eigenbeiträgen. Durch diese breite Abstützung bleibt unser Pilotprojekt nicht ein einmaliger Versuch, sondern liefert eine verlässliche Basis für die Entwicklung einer neuen Sanierungsmethodik, welche Antworten auf brennende Fragen unserer Zeit liefern kann: Wie kann man die produktive Landwirtschaft mit einem effektiven Gewässer- und Umweltschutz vereinbaren? Wie begegnet man der Überdüngungsproblematik, ohne die Landwirtschaft wesentlich einzuschränken und wie kann man die Selbstregenerationskräfte eines Gewässers zum Leben erwecken?

Die Antworten werden hier durch den Einsatz der Plocher-Produkte geliefert, welche nicht Symptome bekämpfen, sondern konsequent die Selbstheilungskräfte anregen und somit eine sanfte und nachhaltige Regeneration von Umweltsystemen katalysieren. Durch das Schaffen eines aeroben Milieus im Weiher, entstehen die Bedingungen für die Entwicklung einer Lebensgemeinschaft von Mikroorganismen, welche mit der Zeit die diffuse Schlammschicht am Weihergrund kompostieren können, ein Prozess der sogar unter Wasser funktioniert.

Angesichts der heutigen Umweltprobleme ist es beruhigend zu wissen, dass eine solch effektive Methode existiert, wenn auch ihre Anwendung Zeit und Geduld braucht. Umso wichtiger ist deshalb, einen finanziell abgesicherten Projektrahmen zu schaffen, welcher allen Beteiligten genügend Raum gibt, Ergebnisse selbst festzustellen und unvoreingenommen zur Kenntnis zu nehmen. Ich möchte mich an dieser Stelle bei allen Beteiligten herzlich für die tolle Zusammenarbeit bedanken.

Im Oktober 2024
Adrian Nufer

2 Einführung

2.1 Der Bellacher Weiher

Der Bellacher Weiher befindet sich westlich von Solothurn und gehörte bis zum Abschluss der Sanierung zum Privatbesitz der Anrainerfamilie Laura und Thomas Stöckli. Er hat eine Fläche von 3.35 ha (IMHOF 1987) und eine aktuelle Wassertiefe von maximal 2.20 m (HORISBERGER 2004). Er soll, abgesehen vom privaten Fischen gemäss Wunsch der Familie Stöckli vorwiegend naturschützerischen und landschaftserhaltenden Zielen dienen. Der Bellacher Weiher wurde von den bisherigen Weiherbesitzern im November 2024 an den gemeinnützigen Verein Umwelt und Bildung übertragen. An der Betreuung und Pflege des Weihers ändert sich dadurch de facto nichts, da die bisherigen Besitzer im Vorstand des Vereins vertreten sind, mit Dr. Thomas Stöckli als Präsident.

Das Gebiet des Weihers steht schon seit 1945 unter kantonalem Naturschutz und ist heute das einzige kleine Stehgewässer in der Region, das verschiedenen selten gewordenen Tier- und Pflanzenarten eine Heimat und dem Menschen Ruhe und Erholung bietet. Ohne Sanierungsmassnahmen würde das flache Gewässer durch die Zufuhr von Nährstoffen aus der umliegenden Landwirtschaft in wenigen Jahrzehnten verlanden und mit ihm ein wertvolles Biotop für seltene, einheimische Arten verschwinden (HORISBERGER 2004).



*Abb. 1: Der Bellacher Weiher bei Sanierungsbeginn, am 28.06.2005,
© Fotostudio Jeker, Solothurn*

Vor Beginn des Pilotprojektes im Jahr 2004 war der Weiher in einem klar eutrophen Zustand. Grosse Teile der Wasserfläche waren überwachsen (*Abb. 1*) und das Tausendblatt und weitere Wasserpflanzen füllten zeitweise fast den gesamten Unterwasserbereich aus. Das durch den übermässigen Nährstoffeintrag verursachte Algen- und Wasserpflanzenwachstum musste manuell bekämpft werden. Die Familie Stöckli hat dafür eigens eine Rampenkonstruktion mit Rechen erstellt (*Abb. 2*) und zusammen mit Helfern den Weiher jährlich entkrautet.



Abb. 2: Rampenkonstruktion zur manuellen Reduktion des Wasserpflanzenbestandes

Das Hauptproblem, welches durch die Eutrophierung verursacht wird ist – neben der beschränkten Schiffbarkeit des Weihers – die Ansammlung von Faulschlamm am Weihergrund, welche sich bei anaeroben Verhältnissen infolge der hohen Sauerstoffzehrung der Abbauprozesse bildet (*Abb. 3*).

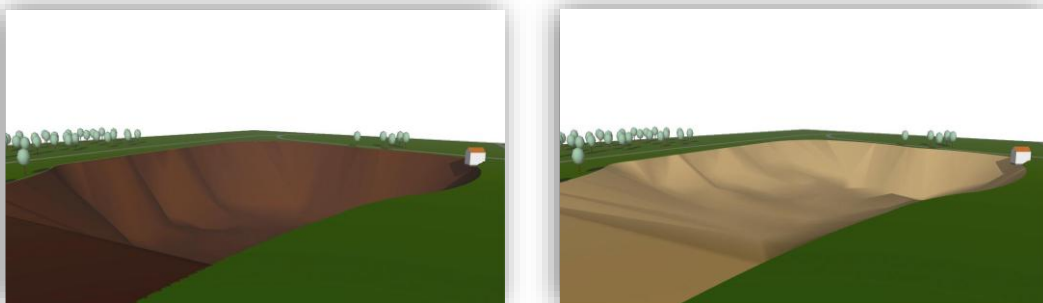


Abb. 3: Darstellung des Weiherbeckens ohne Schlamm (links) und mit Schlamm (rechts). Die Darstellungen sind 10-fach überhöht (aus Stöckli 2007).

Von 1987 bis 2004 hat die maximale Wassertiefe dadurch von knapp 3 m auf 2.2 m abgenommen (HORISBERGER 2004). Dies entspricht einem jährlichen Wachstum der Faulschlammschicht von 4.7 cm. Der Weiher wäre somit in knapp 50 Jahren komplett aufgefüllt und würde in ein Flachmoor übergehen, welches nicht mehr die gleiche Artenvielfalt wie ein Weiher mit offener Wasserfläche und allen Sukzessionszonen aufwiese (vgl. Kap. 5.1: *Erwägungen zum Sanierungsziel*).

2.2 Pilotprojekt zur sanften Sanierung

Angesichts der Überdüngungsproblematik des Bellacher Weihers entschied sich die Familie Stöckli zur Durchführung eines Pilotprojekts. Anstelle der sonst üblichen Absaugung von Seesediment¹ wurde eine sanfte Sanierung durch den Einsatz der auf biokatalytische Weise wirkenden Plocher-Produkte² angestrebt. Das Pilotprojekt startete 2004 mit einer versuchsweisen Behandlung des Weihers, welche durch ehrenamtliche Tätigkeit der Familie Stöckli gewährleistet wurde.

Im Rahmen dieses Programms wurden Plocher-Biokatalysatoren im Weiher verankert (Abb. 4) und während der Vegetationsperiode ca. alle 3 Wochen 3 g/m² Plocher-Quarzmehl auf der Seeoberfläche verteilt (Abb. 5). Zudem wurden die wichtigsten Wasserparameter durch gelegentliche Probenahmen überwacht, welche an der ARA Bellach ausgewertet wurden (RUTISHAUSER 2008). Die Sanierung wurde durch ein Unterrichtsprojekt von Dr. Thomas Stöckli begleitet (STÖCKLI 2007).



Abb. 4: Plocher-Biokatalysator



Abb. 5: Ausbringung des Quarzmehls

Als Ergebnis dieser ersten vierjährigen Phase des Pilotprojekts, konnte das Wachstum der Schlammschicht gestoppt werden (RUTISHAUSER 2008). Das Wachstum der Wasserpflanzen ging leicht zurück, was durch periodische, manuell durchgeführte Schilfschnitte unterstützt wurde. Die Algenproblematik blieb jedoch weiterhin bestehen. An diesem Punkt entschied sich die Familie Stöckli, das Projekt deutlich auszuweiten. Daraufhin erarbeitete NUFERscience ein umfassendes Konzept zur Fortführung des Pilotprojekts, welches die Eutrophierung des Weihers nachhaltig beheben sollte.

¹ Diese Methode kam beispielsweise bei der Sanierung des ca. 15 km östlich gelegenen Inkwilersees zum Einsatz (SCHRAG 2011), welcher eine mit dem Bellacher Weiher vergleichbare Problematik aufweist.

² Zur sanften Sanierung des Bellacher Weihers kommen die Produkte des deutschen Erfinders Roland Plocher zur Anwendung, welche biokatalytische Prozesse mit Hilfe von auf Trägermaterialien (z.B. Quarzmehl) aufgeprägten Informationen (z.B. Sauerstoff) katalysieren können (vgl. NUFER 2020b).

Die Gemeinde Bellach übernahm 2010 unter dem damaligen Gemeindepräsidenten Anton Probst die Leitung des Pilotprojekts, da das kommunale Interesse an diesem Naherholungsgebiet den Aufwand rechtfertigte und das Konzept bezüglich Finanzierbarkeit und Nachhaltigkeit überzeugte. In erster Linie wurde eine Ausweitung der Sanierungsmassnahmen auf das gesamte landwirtschaftlich genutzte Einzugsgebiet des Weihers beschlossen, welches sich über drei Gemeinden erstreckt: Bellach, Selzach und Lommiswil.

Der von der Ausweitung des Pilotprojekts erhoffte Erfolg stellte sich nach wenigen Jahren ein und konnte bis heute aufrechterhalten werden. Wie in *Abb. 6 bis 11* ersichtlich (weitere Bilder auf www.bellacherweiher.ch), präsentiert sich der Weiher seither während des ganzen Jahres klar und vollständig ohne Bewuchs.



Abb. 6: Aufnahme des Bellacher Weihers vom Ruderboot am 02.05.2017

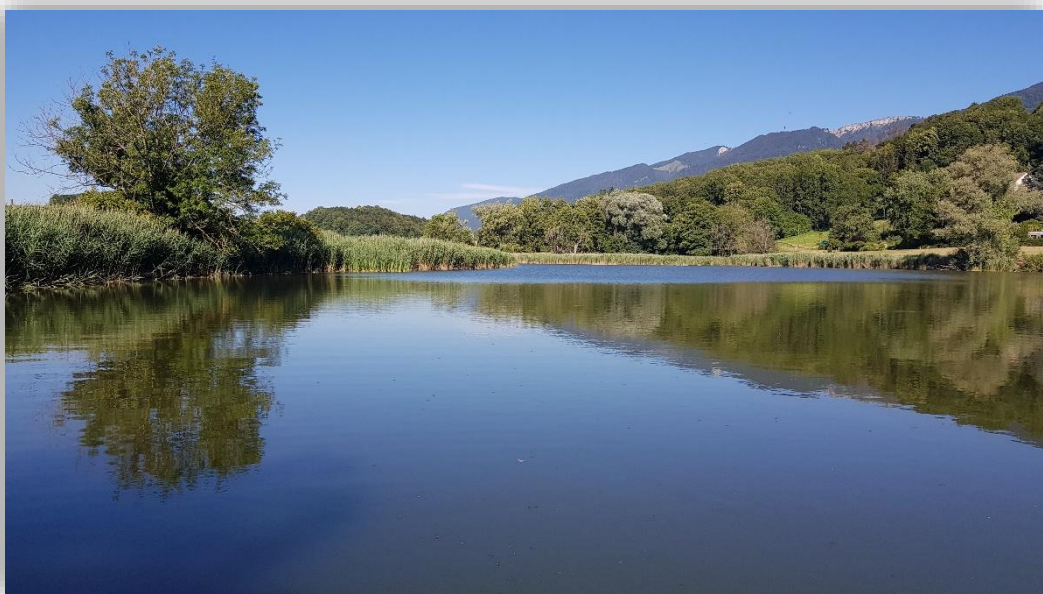


Abb. 7: Aufnahme des Bellacher Weihers vom Ruderboot am 26.06.2018



Abb. 8: Aufnahme des Bellacher Weihers vom Ruderboot am 01.10.2019



Abb. 9: Aufnahme des Bellacher Weihers vom Ruderboot am 03.03.2020



Abb. 10: Aufnahme des Bellacher Weihers vom Ruderboot am 04.10.2022



Abb. 11: Aufnahme des Bellacher Weihers vom Ruderboot am 02.07.2024

2015 wurde das Pilotprojekt um ein wissenschaftliches Begleitprogramm ergänzt, damit der Erfolg wissenschaftlich dokumentiert wird und ein zuverlässiges Monitoring der Sanierungsmassnahmen erfolgen kann. Zudem wurde das Projekt in die lokalen ökologischen Vernetzungsbestrebungen eingebunden und Schritte zur breiteren Bekanntmachung des Pilotprojekts eingeleitet. Eine vollständige Übersicht des Ablaufs mit den verschiedenen Projektphasen bis zum Abschluss der Sanierung findet sich in *Tab. 1*:

Tab 1: Ablauf des Pilotprojekts

Jahr	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Projektphase	Phase I				Phase II		Phase III				Phase IV				Phase V						
Weiberbehandlung	Weiberbehandlung durch Fam. Stöckli																				
Messungen im Weiher	Messungen durch ARA Bellach				Messungen durch AFU/ARP des Kantons Solothurn																
Landwirtschaftsprogramm							Landwirtschaftsprogramm Teil 1				Landwirtschaftsprogramm Teil 2				Landwirtschaftsprogramm Teil 3						
Fragebogen für die Landwirte							I		II		III		IV		V						
Wissenschaftliches Begleitprogramm													<ul style="list-style-type: none"> • HAFL Zollikofen • ZHAW Wädenswil 				<ul style="list-style-type: none"> • HAFL Zollikofen • L.A.K.E.S Institute 				
Finanzierung	<ul style="list-style-type: none"> • Weierfonds: Legat der Familie Schwarz 						<ul style="list-style-type: none"> • Gemeinde Bellach • ARP+AFU Kanton Solothurn 				<ul style="list-style-type: none"> • Bellach, Selzach, Lommiswil • ARP+AFU Kanton Solothurn • Alpiq Ökofonds • Eigenmittel Fachhochschulen 				<ul style="list-style-type: none"> • Bellach, Selzach, Lommiswil • ARP+AFU Kanton Solothurn 						
Bemerkungen	Weier eutroph				Wachstum der Schlamm- schicht gestoppt			Biber siedelt sich an			Weier vegetationsfrei		Kleines Fischsterben		Schlamm- schicht durchgehend locker und teilweise hellbraun		Biber verlässt Revier		Schwäne siedeln sich an		Abschluss der Sanierung

3 Durchführung Pilotprojekt

3.1 Sanfte Sanierung Bellacher Weiher

Startpunkt des Pilotprojekts war der Versuch, den Bellacher Weiher durch die Anwendung von Plocher-Produkten sanft zu sanieren. Im Gegensatz zum normalerweise üblichen Ausbaggern, wird der diffuse Schlamm am Weihergrund, welcher sich durch die anaeroben Verhältnisse über die Jahrzehnte angesammelt hat, unter Wasser kompostiert. Dies funktioniert analog der Güllekompostierung mit Hilfe von Plocher-Produkten, welche auf diesen Einsatzbereich abgestimmt sind.

Erste Erfahrungen mit dieser Methode wurden in der Schweiz beim Heidsee³ in der Lenzerheide gesammelt. Aufgrund der unterschiedlichen Voraussetzungen liess sich daraus jedoch keine Prognose für den Bellacher Weiher ableiten. Es war auch nicht klar, ob mit der Plocher-Methode nur die oberste, diffuse Schicht des Sediments kompostiert werden kann oder ob sich der Prozess in die Tiefe vorarbeitet, bzw. wie lange dies dauern würde. Das Ziel für den Bellacher Weiher war in erster Linie das Verhindern einer Sauerstoffarmut und damit der Ansammlung von weiterem Faulschlamm.

Die Plocher-Produkte werden einerseits als zylinderförmige Biokatalysatoren, welche permanent wirken, im Weiher verankert und andererseits in Form eines während der Vegetationszeit alle drei Wochen über der Weiheroberfläche verteilten Pulvers angewendet (Abb. 4 & 5). Beim Pulver handelt es sich um informiertes⁴ Quarzmehl⁵, welches von einem Ruderboot aus mit einer kleinen Schaufel ausgebracht wird. Zu Beginn des Projekts betrug die ausgebrachte Menge 3 g/m^2 , was einer gesamten Aufwandsmenge von 90 kg pro Anwendung entspricht.

Als nach Abschluss der vierjährigen ersten Phase klar wurde, dass die Schlamm-schicht am Weihergrund nicht weiterwuchs, war dieses Sanierungsziel eigentlich erreicht. Da aber oft immer noch unansehnliche Algenteppeiche im Weiher trieben und der Wasserkörper weiterhin praktisch vollständig von Wasserpflanzen durchwuchert wurde, war dies als Sanierungsziel unbefriedigend. Deshalb wurde das Landwirtschaftsprogramm ins Leben gerufen, welches ebenfalls durch die Anwendung von Plocher-Produkten auf allen Landwirtschaftsbetrieben im Einzugsgebiet die Nährstofffracht im Zufluss des Weihers verringern soll.

³ Der Heidsee hatte vor allem ein Geruchsproblem. Der durch Schwefelwasserstoff verursachte Gestank konnte durch Anwendung des Plocher-Systems reduziert werden und das Wachstum der Unterwasserpflanzen wurde nachweislich verringert (NUFER 2009). Noch heute ist der Heidsee weitgehend geruchsfrei, was auf Nachfrage vom Bauamt der Gemeinde Vaz/Untervaz bestätigt wurde.

⁴ Die Plocher-Produkte enthalten biokatalytisch wirksame Informationen, beispielsweise Sauerstoff, welche in diesem Fall das Entstehen eines aeroben Milieus katalysieren.

⁵ Quarzmehl wird als Trägermaterial für das Einbringen der wirksamen Informationen verwendet, da es in der Handhabung unproblematisch, pH-neutral und für die Seebiologie nicht belastend ist.

Der gewünschte Erfolg des Landwirtschaftsprogramms stellte sich nach wenigen Jahren ein und der Weiher ist heute durchgehend frei von Algentepichen und Unterwasserpflanzenbewuchs. Somit konnte die Dosierung des Quarzmehls im Weiher schrittweise reduziert werden und betrug zuletzt nur noch 1 g/m^2 . Als sich im Herbst 2016 nach einem schlagartigen Kälteeinbruch ein kleines Fischsterben ereignete, wurde die Dosis im Sommer und Herbst wieder auf 2 g/m^2 angehoben. Seit 2021 beträgt die Dosierung wieder 1 g/m^2 und die Anwendungsintervalle wurden schrittweise verlängert. Im Jahr 2024 wurden während der Vegetationsperiode ca. alle 6 Wochen 30 kg des Produkts ausgebracht.

3.2 Landwirtschaftsprogramm im Einzugsgebiet

Nachdem die Überdüngungsproblematik nicht alleine durch weihernerne Massnahmen gelöst werden konnte, regte die Familie Stöckli zusammen mit der Gemeinde Bellach die Durchführung eines landwirtschaftlichen Begleitprogramms im gesamten hydrologischen Einzugsgebiet des Weihers an. Dieses umfasst eine Fläche von etwa 160 ha, welche auf dem Gemeindegebiet der drei Gemeinden Bellach, Selzach und Lommiswil liegt.

Landwirtschaftliche Charakterisierung

Das Einzugsgebiet ist in *Abb. 12* mit einer roten Umgrenzung dargestellt. Insgesamt werden gut 100 ha landwirtschaftlich bewirtschaftet. 18 Bauern sind mit mehr oder weniger grossen Flächen daran beteiligt. Die Standorte der Höfe sind mit gelben Punkten markiert (2 ausserhalb des dargestellten Bereichs). Die verbleibenden Flächen entfallen auf Wald, Siedlungsgebiet und Verkehrswege, welche allesamt kaum zur Eutrophierung des Weihers beitragen.



Abb. 12: Einzugsgebiet des Bellacher Weihers (rote Linie) mit am Projekt beteiligten Landwirtschaftsbetrieben (gelbe Punkte). Grafik: David Horisberger

Die Betriebe sind bunt gemischt. 10 von den 18 Höfen waren 2018 viehhaltende Betriebe, und brachten dementsprechend Hofdünger im Einzugsgebiet aus. Der Grösste wies einen Milchviehbestand von 80 Grossvieheinheiten (GVE) auf. Später wechselte dieser auf Mutterkuhhaltung und reduzierte seinen Viehbestand. Andere Betriebe gaben die Viehhaltung ganz auf. Auch im Jahr 2024 gibt es im Projektgebiet noch traditionelle Milchviehbetriebe mit Anbindeställen und je ca. 20 GVE. Die Anzahl der viehlosen Betriebe stieg auf 10 und machen nun mehr als die Hälfte der beteiligten Betriebe aus. Einige dieser Betriebsleiter gehen tagsüber einer anderen Beschäftigung nach oder sind bereits pensioniert. Ihre Flächen werden teilweise von benachbarten Betrieben bewirtschaftet.

Die Fruchtfolge auf den Ackerflächen beinhaltet eher traditionelle Kulturen, wie Getreide, Zuckerrüben, Raps, Mais, Kartoffeln und in einem Fall Sonnenblumen. Wie in *Abb. 13* ersichtlich, werden die meisten Flächen im Einzugsgebiet ackerbaulich bewirtschaftet. Die Flächen westlich vom Weiher liegen im drainierten ehemaligen Moorgebiet „Seuset“ und sind flach. Die Flächen im Nordosten des Weihers sind typische Hanglagen am Jurasüdfuss und eignen sich unter anderem für Hackfruchtanbau.



Abb. 13: Aktuelle Darstellung der landwirtschaftlichen Nutzungsflächen im Einzugsgebiet: Ackerflächen sind Ockerfarben, Dauergrünland oder Weiden sind in Grün (Copyright © Bundesamt für Landwirtschaft BLW).

Ablauf des Landwirtschaftsprogramms

Den Landwirten wurde 2009 ein Angebot unterbreitet, Plocher-Produkte für die Aufbereitung der Hofdünger sowie zur Aktivierung des Bodenlebens einzusetzen. Zu diesem Zweck wurde ein Faltprospekt verteilt, welcher die relevanten Informationen zum Projekt übersichtlich darstellt. Zudem fand bei allen Landwirten ein Hofbesuch statt. Alle Erwartungen übertreffend, haben sich sämtliche Landwirte von Anfang an bereit erklärt, am Programm mitzuwirken und die durch die Gemeinde Bellach kostenlos abgegebenen Produkte nach Vorschrift anzuwenden (Abb. 14).



Abb. 14: Anwendungsvorschriften für die Plocher-Produkte in der Landwirtschaft

Im Zeitraum von 2009 bis 2016 wurden die drei Plocher-Produkte plocher gülle & jauche, plocher kompost & mist sowie plocher bodenaktivator 1-2-3 angewendet. Die viehlosen Betriebe wenden ausschliesslich den Bodenaktivator an, welcher somit ausser auf den Ökoflächen⁶ im gesamten landwirtschaftlichen Einzugsgebiet beinahe flächendeckend ausgebracht wurde. Alle Landwirte haben das Landwirtschaftsprogramm während den letzten 15 Jahren mitgemacht, womit die Produkte im gesamten Einzugsgebiet über eine lange Zeitspanne ziemlich konsequent eingesetzt wurden. Ein solcher langjähriger und flächendeckender Einsatz von Plocher-Produkten ist weltweit beispiellos.

⁶ Auf bestimmten landwirtschaftlichen Flächen, welche dem ökologischen Ausgleich dienen (heute Biodiversitätsförderflächen BFF), dürfen die Plocher-Produkte nicht angewandt werden, da jeglicher Einsatz von Düngern auf diesen Flächen generell untersagt ist. Die Plocher-Produkte hätten zwar aufgrund der geringen Dosierung kaum Düngeeffekte, da die biokatalytische Wirkungsweise nur eine geringe Einsatzmenge von wenigen 100g pro ha erfordert. Das Gesetz gilt es aber auf jeden Fall einzuhalten.

Ziel des Programms ist der Aufbau eines natürlichen Bodenlebens, welches Düngestoffe zurückhält und diese ohne viel Verlust an die Kulturpflanzen abgeben kann. Dadurch soll die Auswaschung von Nährstoffen ins Oberflächen- und Drainagewasser verringert, und somit der Weiher bezüglich Nährstoffzufuhr entlastet werden. Mit der Zeit kann aufgrund der besseren Düngeneffizienz auf dem Feld zudem eine Reduktion der Mineraldüngergaben erfolgen. Dies soll aber ausschliesslich auf freiwilliger Basis geschehen und in Absprache mit der offiziellen Düngeberatung.

Ab dem Jahr 2017 wurden dann auf einigen Betrieben die neueren Plocher-Produkte plocher flüssighumus für die Güllebehandlung und plocher humusboden für die Bodenbehandlung eingesetzt. Die beiden älteren Produkte wurden schrittweise aus dem Verkehr genommen. Die Handhabung der neuen Produkte ist gegenüber den älteren etwas vereinfacht. Bei der Gülle muss nicht mehr nach Tierart (Rinder- oder Schweinegülle) unterschieden werden. Bei der Bodenbehandlung muss nur noch ein Produkt statt deren dreien eingesetzt werden. In *Abb. 14* sind die entsprechenden Anwendungsvorschriften ersichtlich.

Gegenüber dem Vorprodukt plocher bodenaktivator 1-2-3, welches aus den drei Komponenten Dolomitsteinmehl, Zuckerrübenmelasse und Magnesiumsulfat bestand, welche vor der Anwendung gemischt werden mussten, besteht plocher humusboden nur noch aus Melasse. Das Nachfolgeprodukt muss am Anfang etwas höher dosiert werden als der herkömmliche Bodenaktivator. Nach drei Jahren Anwendung kann die Dosierung dann reduziert werden, ohne allfällige Wirkungseinbussen⁷ in Kauf zu nehmen.

Betreuung der Landwirte

Zur Feststellung des Erfolgs des landwirtschaftlichen Begleitprogramms dient in erster Linie der Zustand des Weihers selbst. Verbessert er sich, ist aufgrund der Dominanz der landwirtschaftlichen Nutzung im Einzugsgebiet von einer positiven Wirkung der Produkte auszugehen. Als weitere Monitoringmassnahme wurde den Landwirten während 10 Jahren jedes zweite Jahr ein Fragebogen zur Beurteilung der Wirkung auf ihrem Hof abgegeben und ausgewertet (NUFER 2011, 2013, 2015, 2017, 2019). Zudem wird das Programm durch die Düngeberatung des Wallierhofs professionell begleitet. Dies waren erst Bernhard Strässle, dann Anja Latscha, Daniel Barton und nun Corinna Pünter.

Wichtig für das Gelingen des Landwirtschaftsprogramms ist der enge Kontakt zu den 18 Landwirten im Einzugsgebiet. Diese werden jährlich durch Adrian Nufer und einen Plocher-Vertreter besucht. Dabei werden die Produkte für ein Jahr abgegeben und Gespräche über die Anwendung und den Erfolg des Einsatzes geführt. Im Laufe der Jahre entstand so ein Vertrauensverhältnis zu den Landwirten. Massgebend für diesen Erfolg war zuerst der Plocher-Vertreter und Biobauer Bernhard Hunziker. Über viele Jahre kümmerte sich dann René Zimmermann, der ebenfalls Landwirt ist um die Betreuung. Danach übernahm der Geschäftsführer von Plocher Schweiz, Philipp Hofbauer diese Aufgabe selbst.

⁷ Plocher-Produkte können im Laufe der Zeit bei erfolgreicher Anwendung in der Dosierung zurückgefahren werden, da das gewünschte Milieu bereits entstanden ist und zur Aufrechterhaltung weniger Produkt benötigt wird als zur Schaffung. Die Anwendung von Plocher Produkten ist somit als ausgesprochen nachhaltig zu betrachten, da die Dosierung der Produkte laufend verringert und am Ende sogar überflüssig werden kann.

Ebenfalls von grosser Wichtigkeit ist die Informationsveranstaltung der Gemeinde Bellach, welche jährlich durchgeführt wurde. Alle beteiligten Landwirte erhielten dafür jeweils auf Ende Jahr eine persönliche Einladung per Brief. Die Informationsveranstaltung wurde bis 2020 jeweils auf Anfang Jahr im Gemeinderatssaal der Gemeinde Bellach durchgeführt. Während der Corona-Zeit konnte der Anlass nicht stattfinden, weshalb die Veranstaltung im Sommer 2022 stattdessen im Schützenhaus stattfand, verbunden mit einem Rundgang um den Weiher und anschliessendem Apéro. Am 31.01.2024 fand die letzte Versammlung im Gemeindehaus statt. Am 29.01.2025 wird die Abschlussveranstaltung durchgeführt und das Sanierungsprogramm durch das Erhaltungsprojekt zur langfristigen Erfolgserhaltung abgelöst.

An der Informationsveranstaltung werden jeweils die neusten Erkenntnisse zum Bellacher Weiher und zur Anwendung der Plocher-Produkte in der Landwirtschaft präsentiert. 2016 wurde zudem eine Bachelorarbeit der ZHAW Wädenswil aus dem wissenschaftlichen Begleitprogramm des Projekts an dieser Veranstaltung vorgestellt, was für die Studentin gleichzeitig die offizielle Präsentation ihrer Arbeit war. Die Informationsveranstaltung bietet eine immer wiederkehrende Gelegenheit für die Landwirte, Fragen zu stellen und das Programm intensiv und offen untereinander und mit den Verantwortlichen zu diskutieren.

Als Ersatz für die im Jahr 2021 nicht stattfindende Informationsveranstaltung wurde im Herbst des Jahres ein Ausflug nach Deutschland organisiert. Viele Landwirte und das Gemeindepräsidium von Bellach und Lommiswil nahmen daran teil. Nach dem Besuch der Firma Plocher in Meersburg stand eine Betriebsbesichtigung bei einem Landwirt im Schwarzwald an, welcher als Pilotbetrieb für den Einsatz der Plocher-Produkte dient, und einen Schweinestall vorzeigen konnte, der eine praktisch geruchsfreie Schweinehaltung beherbergt. Zuletzt wurde das Naturbad Hohenfels besucht, in welchem weitere Möglichkeiten der Wasseraufbereitung erlebt werden konnten. Gemeindepräsidentin Daniela Tillessen hat im Lommiswiler Newsletter über diesen Ausflug berichtet (TILLESSEN 2021).

3.3 Wissenschaftliches Begleitprogramm

NUFERscience führt im Auftrag des Kantons Solothurn seit 2009 jährlich vier Messreihen zur Überwachung und Dokumentation des chemisch/physikalischen Zustandes des Bellacher Weihers durch. Die wichtigsten Messresultate wurden zuletzt in den Zwischenberichten von 2015, 2018, 2020 und 2022 (NUFER 2016, 2018, 2020a, 2022) veröffentlicht, veranschaulicht und interpretiert, was in diesem Bericht weiter fortgesetzt wird. Um den Sanierungserfolg beim Bellacher Weiher besser beurteilen zu können, wurde 2015 ein wissenschaftliches Begleitprogramm unter Beteiligung zweier Fachhochschulen ins Leben gerufen. Dank dieses Begleitprogramms kann das Pilotprojekt künftig auch als Muster für weitere Sanierungsprojekte dienen, welche vorab einer wissenschaftlichen Bestätigung der Wirksamkeit dieser Sanierungsmethode bedürfen. Das wissenschaftliche Begleitprogramm umfasst drei Teilprogramme:

Untersuchung Bellacher Weiher durch die ZHAW Wädenswil

Um vertiefte Informationen über den Zustand des Bellacher Weihers während des Pilotprojekts zu erhalten, wurde die ZHAW Wädenswil mit der Untersuchung und Dokumentation des damals aktuellen Zustands beauftragt. Die Untersuchung erstreckte sich über die beiden Jahre 2016 und 2017. Sie beinhaltete eine Bachelorarbeit mit Gewässerbeurteilung. Zudem wurden in den beiden Jahren je acht ergänzende Messreihen durchgeführt. Damit steigt die zeitliche Auflösung der jährlich vier Messungen des Kantons und erlaubt so eine bessere Einschätzung der vorhandenen Messreihen, beispielsweise in Bezug auf Extremereignisse.

Sedimentanalyse im Weiher durch das L.A.K.E.S Institute

Auf Empfehlung von NUFERscience wurde Isabelle Larocque-Tobler vom L.A.K.E.S Institute in Lyss von der Gemeinde Bellach 2019 beauftragt, dem Sediment des Bellacher Weihers zwei Sedimentkerne zu entnehmen und diese limnologisch zu analysieren. Das Sediment entspricht einem Archiv des Weihers und mit einer solchen Analyse kann der Sanierungserfolg wissenschaftlich nachvollzogen und dokumentiert werden. Die Sedimentkerne wurden von Flett Research in Kanada mittels der Bestimmung von radioaktiven Isotopen exakt datiert, womit die verschiedenen Ablagerungen im Sediment mit Jahreszahlen versehen werden können.

In den beiden Sedimentkernen wurde der Wassergehalt, die organische Masse und das Redox Potenzial gemessen. Danach wurden sie in Proben aufgeteilt und von Dr. Isabelle Larocque-Tobler und weiteren Spezialisten mikroskopisch untersucht. Es wurde das Zooplankton, die Chironomiden (Zuckmückenlarven) und die Diatomeen (Kieselalgen) bis hinunter zur Gattung oder sogar die genaue Art bestimmt. Diese Organismen erlauben Rückschlüsse bezüglich der Biologie des Weihers zum jeweiligen Zeitpunkt und ermöglichen so eine zuverlässige Dokumentation der Veränderungen über die Zeit. Der Verlauf der sanften Sanierung kann anhand dieser Daten zweifelsfrei nachvollzogen werden (LAROCCUE-TOBLER 2020).

Landwirtschaftlicher Begleitversuch an der HAFL Zollikofen

Aus wissenschaftlicher Sicht interessiert insbesondere auch die Frage, ob und inwiefern das Landwirtschaftsprogramm im Einzugsgebiet des Bellacher Weihers zu dessen Sanierung beitragen konnte. Für eine diesbezügliche Einschätzung können die Messungen im Zufluss des Weihers herangezogen werden, was jedoch die Frage nach der Wirksamkeit der im Einzugsgebiet eingesetzten Plocher-Produkte nicht wirklich beantwortet, da für einen Rückgang der Nährstoffe im Zufluss theoretisch auch ein vorsichtigerer Umgang der Landwirte mit Düngern aufgrund eines gestiegenen Umweltbewusstseins verantwortlich sein könnte.

Weil über die Wirkung der Plocher-Produkte allgemein kaum wissenschaftliche Untersuchungen existieren, hat die HAFL Zollikofen unter der Leitung von Prof. Andreas Keiser einen entsprechenden Versuch konzipiert und ihn im Rahmen des Pilotprojekts auf in der Nähe des Weihers liegenden Flächen durchgeführt. Untersucht wurde ausschliesslich die Wirkung von plocher bodenaktivator 1-2-3 und seines Nachfolgeprodukts plocher humusboden, da diese sich gut für Feldversuche eignen. Die Auswirkungen der Gülle- und Mistbehandlung auf den Boden ist schwieriger innerhalb eines praxisnahen Exaktversuches festzustellen.

Gegenstand der Untersuchung war, mögliche Auswirkungen der Plocher Bodenaktivierungsprodukte auf den Zustand des Bodens festzustellen. Dazu sind auf drei verschiedenen Feldern je 8 Quadrate eingemessen worden, auf welchen die Produkte während fünf Jahren angewendet werden. Auf je 4 Quadraten wurden die Plocher Bodenaktivatoren und auf den anderen 4 Quadraten ein Placebo ausgebracht. Dieses ist bezüglich der chemischen Zusammensetzung zu 100% identisch mit den Plocher-Produkten. Die Landwirte, welche die Versuchsflächen bewirtschaften, wussten nicht wo die per GPS eingemessenen Quadrate liegen. Es wurden Felder ausgewählt, welche noch nie in Kontakt mit den Versuchsprodukten gekommen sind, weshalb sie ausserhalb des Projektperimeters liegen, aber dennoch auf dem Gebiet der Projektgemeinden.

Von diesem Versuch versprach man sich einerseits einen klaren Wirkungsnachweis eines Plocher-Produkts gegenüber einem Placebo und andererseits genauere Angaben, was der Einsatz der Bodenbelebung innerhalb eines Zeitraumes von fünf Jahren an landwirtschaftlichen bzw. bodenbiologischen Vorteilen bringt. Nach Veröffentlichung der Resultate des Versuchs (KEISER ET AL 2021), können die beiden Punkte folgendermassen beantwortet werden:

- Ein klarer Wirkungsnachweis eines Plocher-Produkts gegenüber Placebo konnte im Fall der Bodenmikrobiologie erbracht werden. Die mikrobielle Biomasse sowie die Basalatmung waren bei der Plocher-Variante signifikant höher (KEISER ET AL 2021, S. 13-14).
- Bezüglich aller anderen gemessenen Daten konnte kein signifikanter Unterschied gefunden werden. Dies bedeutet, dass die Anwendung des Plocher Bodenaktivators in diesem Versuch keine Vorteile bezüglich Ertrag, Bodenaufbau, Anzahl Regenwürmer und weiteren gemessenen Parametern gezeigt hat. Allerdings kann eine Einflussnahme der Plocher-Behandlung auf die Placebo Quadrate, z.B. über das Grundwasser aufgrund der langen Versuchszeit von 5 Jahren nicht ausgeschlossen werden (KEISER ET AL 2021, S. 31).

Der Versuch zeigt die Schwierigkeiten auf, welche solchen Versuchen mit Plocher-Produkten innewohnen. Da Bodenprozesse langsam ablaufen, muss die Versuchsdauer möglichst lange gewählt werden. Gleichzeitig erhöht dies die Wahrscheinlichkeit, dass die Produkte auch auf die Vergleichsflächen einwirken, weil ihre Wirkung sich wie ein elektromagnetisches Feld⁸ in Raum und Zeit ausbreitet. Damit eine statistische Signifikanz erreicht werden kann, müssen mindestens vier Wiederholungen vorgesehen werden, was zu acht Vergleichsflächen führt. Diese müssen mit grösstmöglichem Abstand innerhalb eines homogenen, landwirtschaftlich bewirtschafteten Feldes angelegt werden.

⁸ Die Wirkung der Plocher-Produkte basiert auf einer feldähnlichen Ausbreitung, welche sich jedoch von einem klassischen elektromagnetischen Feld unterscheidet, da es mit entsprechenden Messgeräten nicht nachweisbar ist. Ein Nachweis ist bisher allein aufgrund der Wirkung möglich.

Im vorliegenden Fall ergab sich anhand der Rahmenbedingungen ein minimaler Abstand von 15 m zwischen den Versuchsquadraten. Ein Vergleich mit den vor dem Versuch gemessenen Anfangswerten (DEGEN 2016) zeigt dann auch deutliche Veränderungen⁹ der untersuchten Parameter auf den Kontrollflächen über die Versuchsdauer. Diese wurden jedoch im vorliegenden Versuch nicht ausgewertet, da rein die Momentaufnahme am Versuchsende für den statistischen Beweis zählt. Dieser konnte für die Mikrobiologie erbracht werden, für alle anderen Messwerte nicht. Da die Mikrobiologie viel ortsbezogener ist als beispielsweise die Regenwürmer, kann dies logisch einigermassen nachvollzogen werden.

Es kann als grosse wissenschaftliche Sensation gesehen werden, dass erstmals in einem offiziellen landwirtschaftlichen Versuch eine statistisch signifikante Wirkung eines Plocher-Produkts gegenüber einem Placebo nachgewiesen wurde. Allerdings wird dieses erfreuliche Resultat durch die anderen, landwirtschaftlich relevanteren Messungen deutlich relativiert. Der Versuch bietet viel Spielraum bei der Interpretation und ermöglicht sowohl Befürwortern wie Gegnern einer Wirksamkeit von Plocher-Produkten eine angemessene Argumentation. Ganz deutlich wird jedoch der Forschungsbedarf aufgezeigt, welcher durch den Versuch an der HAFL noch offensichtlicher wurde.

Aufgrund dieses Versuchs kann die anfängliche Frage, ob der Einsatz der Plocher-Produkte im Einzugsgebiet zum Nährstoffrückgang im Bellacher Weiher geführt hat, nicht beantwortet werden. Hierfür sind weitere Studien notwendig. Prof. Andreas Keiser schlägt vor, den Effekt auf die Mikrobiologie erst anhand eines Topfversuchs im Gewächshaus mit grossem Datensatz zu überprüfen (KEISER ET AL 2021, S. 32). Danach könnten beispielsweise Lysimeterversuche¹⁰ durchgeführt werden. Zudem könnte auch das Plocher Güllebehandlungsmittel anhand von Vergleichsversuchen mit Gülle überprüft werden.

3.4 Trägerschaft und Finanzierung

Die Trägerschaft des Pilotprojekts besteht aus verschiedenen Personen, welche sich im Laufe der Entwicklung des Projekts zusammengefunden haben. Den Anfang machte Thomas Stöckli mit seiner Familie, welcher sich an den damaligen Präsidenten der Gemeinde Bellach Ernst Walter wandte, um die Überdüngungsproblematik des seit kurzer Zeit in seinem Besitz befindlichen Weihers anzugehen. Die Gemeinde Bellach hatte immer ein grosses Interesse am Zustand des Weihers, da er sich auf ihrem Gemeindegebiet befindet und seine Umgebung der Bevölkerung als ein wichtiges Naherholungsgebiet dient.

Die beiden riefen dann das Pilotprojekt „Sanfte Sanierung des Bellacher Weihers“ ins Leben, welches in der ersten Phase hauptsächlich die Anwendung der Plocher-Produkte innerhalb des Weihers beinhaltete. Finanziert wurde dieser erste Schritt aus dem „Weiherfonds“, einem unter Obhut der Gemeinde Bellach stehenden Legat der Familie Schwarz, welche vorher Besitzerin des Bellacher Weihers war. Nach Abschluss der ersten Phase war dieses Legat aufgebraucht.

⁹ Der durchschnittliche pH-Wert beispielsweise veränderte sich auf allen drei Versuchsflächen nach oben: Feld 1: von 5.3 nach 5.9, Feld 2: von 6.6 nach 6.8 und Feld 3: von 7.2 nach 7.9. Dies sind hochsignifikante Veränderungen, welche auch auf den nur mit Placebo behandelten Flächen nachgewiesen werden konnten.

¹⁰ In einer Lysimeteranlage, wie z.B. von Agroscope betrieben, lassen sich die Einflüsse von Produkten auf den Boden genau untersuchen, da das Sickerwasser aufgefangen und analysiert werden kann.

Beizug von NUFERscience

Noch während der ersten Phase wurde NUFERscience für das Monitoring und die weitere Entwicklung des Pilotprojekts beigezogen. Nachdem klar wurde, dass die Behandlung des Weihers zwar das Wachstum der Schlammschicht am Grund zumindest stark verlangsamen konnte, aber das Algenproblem nach wie vor ungelöst war, arbeitete Adrian Nufer eine Strategie für den Einbezug der Landwirtschaft im umliegenden Einzugsgebiet des Weihers aus. Die Finanzierung wurde anfangs vollumfänglich durch die Gemeinde Bellach übernommen, da das Projekt gemäss Aussage des damals amtierenden Gemeindepräsidenten Anton Probst sonst kaum zustande gekommen wäre.

Das Projekt wurde zu dieser Zeit von Thomas Stöckli, Anton Probst und Adrian Nufer geleitet. Um die Tätigkeit auf das gesamte Einzugsgebiet des Weihers auszuweiten, wurde 2009 eine Vernehmlassung bei sämtlichen, potenziell vom Projekt betroffenen Ämtern durchgeführt. Das Ergebnis war, dass das Landwirtschaftsprogramm grundsätzlich in die Praxis umgesetzt werden kann und vom Düngeberater des Wallierhofs, damals Bernhard Strässle, begleitet wird. Mit Hilfe der Ackerbaustellenleiter der Gemeinden wurden dann die betroffenen Landwirte bestimmt, welche schliesslich einen Informationsflyer zum geplanten Projekt erhielten.

Die Landwirte wurden einzeln vom damaligen Plocher-Vertreter Bernhard Hunziker besucht und erklärten sich daraufhin überraschenderweise allesamt bereit, auf freiwilliger Basis am Projekt mitzuwirken. Am 19.01.2010 fand dann die erste Versammlung der Landwirte im Gemeindehaus der Gemeinde Bellach statt, wo Fragen gestellt werden konnten und das vorerst auf fünf Jahre angelegte Projekt ausführlich diskutiert wurde. Die Haltung der meisten Beteiligten war kritisch aber offen. Da sich die Gemeinde Bellach bereit erklärte, die gesamten Kosten der Produkte für alle Landwirte zu übernehmen, stand einem versuchsweisen Ausprobieren nichts im Wege.

Das Landwirtschaftsprogramm wurde innerhalb weniger Jahre zu einem grossen Erfolg, da sowohl die Landwirte selbst grösstenteils positive Erfahrungen mit den Produkten machten, als auch im Weiher deutlich sichtbare Veränderungen festgestellt werden konnten. Nach Ablauf von vier Jahren stellte sich die Frage, wie das Projekt fortgesetzt werden konnte. Alle Beteiligten waren der Überzeugung, dass durch einen Stopp des Projekts nach den geplanten fünf Jahren der Weiher rasch wieder in den veralgten Ausgangszustand zurückversetzt würde.

Breitere Abstützung der Trägerschaft

Für eine Fortsetzung des Pilotprojekts war entscheidend, das Vorhaben breiter abzustützen, da eine Finanzierung durch die Gemeinde Bellach allein nicht beliebig lange fortgesetzt werden konnte. Das Projekt wurde an den jeweiligen Gemeinderatsversammlungen der beiden ebenfalls im Einzugsgebiet des Weihers liegenden Gemeinden Selzach und Lommiswil vorgestellt, welche sich schliesslich gerne bereit erklärten, einen finanziellen Beitrag an die Fortsetzung des Projekts für weitere fünf Jahre zu leisten.

Ein weiteres Anliegen war der Einbezug von Forschungsanstalten, welche das Projekt aus wissenschaftlicher Sicht abstützen und das Monitoring verbessern können. Die beiden Fachhochschulen HAFL in Zollikofen und die ZHAW in Wädenswil konnten für dieses Vorhaben gewonnen werden. Dafür war eine entsprechende Finanzierung vonnöten, welche schlussendlich durch einen substanziellen Beitrag des Alpiq Ökofonds sowie Eigenbeteiligungen der beiden Fachhochschulen gewährleistet wurde. Beide Fachhochschulen prägten das Projekt entscheidend mit.

In den Jahren 2016 und 2017 hat Christa Gufler von der ZHAW Wädenswil mitgewirkt. Diese Zusammenarbeit gipfelte in der Vorstellung der Bachelorarbeit von Florence Woodtli (WOODTLI 2016). 2019 hat Isabelle Larocque-Tobler vom L.A.K.E.S Institute im Weiher Sedimentkerne entnommen. Diese wurden datiert, analysiert und die Ergebnisse dokumentiert (LAROCQUE-TOBLER 2020). Während der gesamten Zeit von 2015 -2021 begleitete Prof. Andreas Keiser mit seinen wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen Claudia Degen und Sophie van Geijtenbeek das Projekt. Sein Bericht (KEISER ET AL 2021) zeigt deutlich den Forschungsbedarf im Bereich Landwirtschaft und Plocher-Produkte.

In dieser Zeit beruht das Pilotprojekt also auf einer wesentlich breiteren Trägererschaft, bestehend aus den drei Gemeinden, den beiden Fachhochschulen und dem Lenkungsausschuss des Alpiq Ökofonds. Geleitet wird das Projekt nach wie vor vom Weiherbesitzer Thomas Stöckli, der derzeitigen Bellacher Gemeindepräsidentin Lea Schlupe und Adrian Nufer. Weitere Hauptbeteiligte sind die vorherigen Gemeindepräsidenten Anton Probst und Fritz Lehmann, Reto Fedeli vom Lenkungsausschuss des Alpiq Ökofonds sowie die Repräsentanten der betroffenen Amtsstellen des Kantons Solothurn, dem Amt für Raumplanung (ARP), Amt für Umwelt (AFU) und dem Wallierhof.

Wichtig für das Projekt ist auch der Einbezug in die regionalen ökologischen Vernetzungsaktivitäten, welche durch Martin Huber vom Büro BSB + Partner koordiniert wird. Zudem liefern auch die beteiligten Landwirte immer wieder gute Ideen und tragen das Projekt mit. Schliesslich sind die Mitarbeitenden der Solothurner Zeitung zu erwähnen, welche regelmässig über das Projekt berichteten.

3.5 Öffentlichkeitsarbeit und Vernetzung

Der Öffentlichkeitsarbeit kommt bei der Durchführung eines Pilotprojekts mit dem Umfang der nachhaltigen Sanierung des Bellacher Weihers eine grosse Bedeutung zu. Einerseits hat die lokale Bevölkerung Anrecht auf Informationen zum Projektfortschritt und andererseits besteht ein grosses öffentliches und wissenschaftliches Interesse an der Entwicklung neuer Sanierungsmethoden für belastete Gewässer, welches durch Informationen aus erster Hand gestillt werden sollte. Zudem muss ein entsprechendes Pilotprojekt auch sorgfältig dokumentiert werden sowie den Kontakt zu weiteren umweltschützerischen Bestrebungen in der Region herstellen und pflegen. Beim Bellacher Weiher sind dies in erster Linie die lokalen Vernetzungsaktivitäten, welche das Naturschutzgebiet ökologisch mit der Nachbarschaft vernetzen.

Internetauftritt

Die Familie Stöckli und der Verein Umwelt + Bildung betreiben die Internetplattform www.bellacherweiher.ch. Auf dieser Seite sind alle Informationen zum Sanierungsprojekt zugänglich. Die Berichte der verschiedenen Autoren können heruntergeladen werden und eine Fotogalerie steht zur Verfügung. Der Internetauftritt wird laufend gepflegt und erweitert. Weitere Informationen zum Projekt finden sich auf der Homepage von NUFERscience, www.nuferscience.ch und der gemeinnützigen gGmbH von Roland Plocher, www.rp-ggmbh.de.

Pressearbeit

Die regionale Öffentlichkeit wird durch regelmässige Berichterstattungen im Lokalteil der Solothurner Zeitung informiert, welche jeweils durch die Gemeinde Bellach angeregt werden. Die Solothurner Zeitung erschien früher als „Mittellandzeitung“ und gehört heute zur az Nordwestschweiz. Am 05.06.2010 erschien ein erster Artikel mit dem Titel „Pilotprojekt soll den Weiher retten“ in der damaligen Mittellandzeitung. Der nächste Artikel titelte am 08.05.2013: „Im Weiher ist die Wirkung sichtbar“.

Vier Jahre blanke Wasserfläche

Bellach Weiher-Sanierungskonzept verzeichnet deutlichen Erfolg

VON GUNDI KLEMM

Teiche und Weiher in freier Natur vermitteln Naturfreunden beglückende Erlebnisse. Der 33 000 Quadratmeter grosse, seit 1945 unter Naturschutz stehende Bellacher Weiher bietet ein gern besuchtes Erholungsgebiet. Mit einem sanften Sanierungskonzept, das als Pilotprojekt die umgebende Landwirtschaft beinhaltet und von der Gemeinde Bellach seit 2008 ideell und finanziell mit rund 200 000 Franken unterstützt wird, wurde die durch Unterwasserurwald und Algenwachstum zunehmende Verlandungsgefahr gebannt. Begleitet und dokumentiert werden alle Massnahmen von Umweltwissenschaftler Adrian Nufer (NUFERscience, Zürich). Letzte Woche lud die Gemeinde zu einer Informationsveranstaltung ein, die sich dem augenblicklichen Zustand des Bellacher Weihers widmete.

Der Weiher gehört Thomas und Laura Stöckli, die seit Jahren mit Fachkenntnis und ehrenamtlichen Einsätzen den Weiher als vielfältigen Lebensraum erhalten wollen. Seit dem Frühherbst 2014 zeigt der Weiher inzwischen ganzjährig eine blanke Wasserfläche. Früher allerdings entfernte das Ehepaar Stöckli mit Helfern in grossem Arbeitsaufwand den Bewuchs im See, der überall in Gewässern mit wenig Durchfluss durch hohen Nährstoffgehalt verursacht wird. «Unsere Weiher soll es noch in hundert Jahren geben», betonte Thomas Stöckli im Rahmen der Versammlung, die zahlreiche Erfolge in der Wasserbehandlung anerkannte. Als Referent stellte Nufer vielgestaltige Analysen von Sichttiefe, erfreulicher Sauerstoffanreicherung sowie gut beurteilten Wasserproben aus dem Bellacher Weiher und deren wissenschaftliche Bewertung in den Mittelpunkt.

Der Bellacher Weiher wurde im 15. Jahrhundert als künstlicher Fischteich angelegt und steht seit 1945 unter Schutz.

MICHEL LOTH



Erfolg ist sicht- und messbar

Der als Fischteich im 15. Jahrhundert künstlich angelegte Bellacher Weiher litt immer schon - und nicht erst seit der Intensivierung der Landwirtschaft - unter Überwucherung der Wasserfläche und unter üppiger Vegetation in der Tiefe. Ein Luftbild aus dem Jahr 1929 bestätigt dies und führte wohl, wie sich Versammlungsbeteiligte erinnern, früher zum gelegentlichen Ablassen des Weihers und entsprechenden Reinigungsaktionen.

Zur sanften Sanierung des Weihers haben sich die Verantwortlichen auf den Einsatz von Plocher-Produkten verständigt, die biologische Behandlungen von Tiergülle, Mistestreue und Humus

anbieten. Für das Pilotprojekt konnten alle Landwirte im 3.8 Quadratkilometer umfassenden Einzugsgebiet rund um den Bellacher Weiher gewonnen werden. «Und dies ohne Bewirtschaftungsbeschränkung», unterstrich Nufer. Ausgebracht auf die Weiheroberfläche wurden zudem alle drei Wochen 3 Gramm pro Quadratmeter eines Plocher-Erzeugnisses auf Quarzmehl-Basis. Seither haben sich der Nährstoffgehalt im Weiher und insbesondere die Phosphatwerte stabilisiert. Auch wenn ein «Ausreisser» im September 2017 - als Folge von auswaschenden Regentagen, wie Stimmen im Plenum vermuteten - plötzlich wieder einen starken, aber vorübergehenden Anstieg zeigte,

der zu einem kleinen Fischsterben führte.

«Wir können insgesamt aber, anders als bei vergleichbaren Mittellandseen, von einem wirklichen Erfolg sprechen», bekräftigte der Referent die Fortsetzung des Pilotprojektes bis 2020.

Allen Beteiligten gemeinsam ist die Hoffnung, dass mit der Zeit eine gesunde Struktur entsteht mit weiterer Ansiedlung von Lebewesen und Pflanzen im Wasser und an seinen Rändern. «Eine herausragende Rolle für den Endzustand mit nachhaltig biologischem Gleichgewicht in unserem Weiher spielt die Natur, auch wenn sie sich jetzt gelegentlich mit wasserfärbendem Plankton bemerkbar macht», so das Fazit des Referenten.

Abb. 15: Artikel in der Solothurner Zeitung vom 05.02.2018

Anlässlich der jährlichen Informationsveranstaltung erschien am 11.03.2017 ein weiterer Artikel über die Erfolge des Sanierungsprojekts. Der Artikel, welcher am 05.02.2018 erschien, trägt den Titel „Vier Jahre blanke Wasserfläche“ und ist in *Abb. 15* wiedergegeben. Am 01.05.2019 wurde der Artikel mit dem Titel „In fünf Jahren sollte der Zustand des Bellacher Weiher stabil sein“ veröffentlicht. Am 31.08.2022 erschien der Artikel mit der Überschrift: „Die sanfte Sanierung zeigt Wirkung“ (*Abb. 16*). Der letzte Artikel folgte am 10.07.2024 und titelte: „Der Bellacher Weiher soll sauber bleiben“.

Die sanfte Sanierung zeigt Wirkung

Seit dem 17. Jahrhundert war die Wasserqualität im Bellacher Weiher nicht mehr so gut wie heute.

Lucilia Mendes von Däniken

Spiegelglatt ist die Oberfläche des Bellacher Weiher. Umrundet wird dieser von einem Schilfgürtel. Seerosen hat es fast keine mehr, Enten sieht man im Sommer nur wenige. Einzig Graureiher sitzen auf dem verlassenen Biberbau. «Wo sind die Schwäne? Warum hat es keine Seerosen mehr und weshalb ist der Biber verschwunden?»

Diese Fragen hören die privaten Weiherbesitzer Thomas und Laura Stöckli bei ihren Spaziergängen rund um ihren Weiher immer wieder. Doch sie können beruhigen: «Dem Weiher geht es gut, so gut wie seit Jahrzehnten nicht mehr.»

Seit 2004 wird der Weiher beobachtet

Dasselbe weiss Umweltnaturwissenschaftler Adrian Nufer zu berichten. Seit 2004 beobachtet er den Weiher. Dieser Stand damals kurz vor der Verlandung. Auf dem Grund des Weiher lag eine kloakenähnliche Schlammmasse. Manchmal müffelte es. Immer wieder war der See von Algen überzogen. «Der Bellacher Weiher präsentierte sich zeitweise als Unterwasserwald.» Auch kam es 2016 zu einem Fischsterben.

Thomas Stöckli schlug Alarm. Ihm war klar, dass eine Rettungsaktion nötig war, um den Weiher gesund werden zu lassen. Er wünschte eine sanfte Sanierung und keine Ausbaggerungen, wie man es im Inkwil-



Der Bellacher Weiher ist ein beliebtes Motiv unserer Leserinnen und Leser.

Bild: Laszlo Németh

see machte. Lösung fand man in den Produkten der Firma Plocher. Diese werden im Weiher und in der Landwirtschaft eingesetzt. Sie sorgen für einen Kompostierungsprozess bei Gülle, Mist sowie der Schlammmasse am Weihergrund.

Stöcklis gehen einmal monatlich mit dem Boot auf den Weiher, um das Produkt auf

Quarzmehlbasis ins Wasser zu schütten. Diese Massnahmen sollen helfen, ein natürliches Gleichgewicht herzustellen.

Aufwendige Arbeit auch für die beteiligten Landwirte

Doch auch wenn die Familie Stöckli viel Zeit investierte: Alleine konnte sie dieses Unterfangen nicht stemmen. Gesprä-

che folgten, mit Amtsstellen, mit der Gemeinde Bellach – später auch mit Selzach und Lommiswil. Der wichtigste Schritt war aber, die Landwirte mit an Bord zu holen. Es wurde ein Perimeter festgelegt, in welchem von den darin liegenden Feldern und Weiden für das Gleichgewicht schädliche Nährstoffe in den Weiher gelangten.

«Heute, 18 Jahre nach Start der Rettungsaktion, bin ich sehr dankbar für die grosse Unterstützung», erzählt Stöckli anlässlich des alljährlichen Informationsabends für die beteiligten Parteien. «Dass uns 18 Landwirte bei diesen Bemühungen unterstützen, ist nicht selbstverständlich.» Zwar tragen die Gemeinden die finan-

ziellen Kosten, aber die Produkte regelmässig anwenden, das müssen die Bauern – und das sei schon recht aufwendig, wie einer der Landwirte erzählte.

2024 ist das Projekt offiziell abgeschlossen

2024 ist das Projekt offiziell abgeschlossen. Adrian Nufer ist zufrieden mit der aktuellen Situation. Aber auch ihm ist klar, dass die fehlenden Enten oder Seerosen als ein Zeichen von fehlender Biodiversität wahrgenommen werden können.

Der Vergleich mit dem Inkwilsersee – der erst vor kurzem durch den Kanton saniert wurde – spricht aber eine deutliche Sprache: «Eine Bachelorarbeit an der ZHAW Wädenswil hat gezeigt, dass es im Schlamm, der auf dem Boden des Bellacher Weiher liegt, 35 verschiedene Arten von Makrozoobenthos gibt. In Inkwil wurde nur eine Art gefunden. Eine Sedi-mentuntersuchung erlaubt zudem einen Einblick in die Geschichte des Weiher. Seit dem 17. Jahrhundert war die Wasserqualität im Weiher nicht mehr so gut wie heute.»

Das ist aber für die Beteiligten kein Grund, die Aktion in Bellach zu beenden. Denn sie hoffen, dass sich der Weiher noch mehr ins Gleichgewicht bringt. Und man ist sich einig: «Wir sind bestrebt, auch nach Ablauf der 20 Projektjahre eine Lösung zu finden, um den guten Zustand für die Zukunft aufrecht halten zu können.»

Abb. 16: Artikel in der Solothurner Zeitung vom 31.08.2022

Die Reporter der Solothurner Zeitung werden von der Gemeinde mit Informationen versorgt und jeweils zur Informationsveranstaltung eingeladen. Dank des Engagements des ehem. Nationalrats Roland Wiederkehr, berichtete auch die Schweizerische Umweltzeitung vom Projekt (umweltzeitung.ch/news/es-gibt-mehr-ding-im-himmel-und-auf-erden). Kürzlich erfolgte zudem eine informative Berichterstattung in der Titelstory der Februarausgabe im monatlichen Newsletter der Denkwerkstatt „Vision Landwirtschaft“ (www.visionlandwirtschaft.ch/de/newsletter/newsletter-archiv/newsletter_februar_24/).

Dokumentation

Zur Dokumentation des Pilotprojekts ist eine umfassende Berichterstattung notwendig, damit die Erkenntnisse aus dem Projekt zu dessen Monitoring, Beurteilung und zur weiteren Entwicklung von Sanierungsmethoden für Kleingewässer genutzt werden können. Folgende wissenschaftlichen Berichte zum Projekt sind verfügbar:

- Bachelorarbeit an der ZHAW von Florence Woodtli (WOODTLI 2016)
- Zwischenbericht der HAFL von Claudia Degen (DEGEN 2016)
- Abschlussbericht der ZHAW von Christa Gufler (GUFLER ET AL 2017)
- Bericht zur limnologischen Sedimentuntersuchung von Isabelle Larocque-Tobler, The L.A.K.E.S Institute (LAROCQUE-TOBLER 2020)
- Abschlussbericht der HAFL zur Untersuchung des Plocher Bodenaktivators (KEISER ET AL 2021)

Die Zusammenfassung und Interpretation der Ergebnisse aus den Messungen des Kantons Solothurn und den Fachhochschulen obliegt NUFERscience, da hier alle Informationen zum Projekt zusammenkommen. Die Zwischenberichte stammen aus den Jahren 2015, 2018, 2020 und 2022 (NUFER 2016, 2018, 2020a, 2022). Die Dokumentation wird nun durch diesen aktualisierten, korrigierten und erweiterten Abschlussbericht zusammengefasst und vorerst abgeschlossen.

Information Kantonaler Gewässerschutzfachstellen

Die Solothurner Amtsstellen AFU (Amt für Umwelt) und ARP (Amt für Raumplanung) sind am Projekt beteiligt. Sie führen die Messungen im Bellacher Weiher viermal pro Jahr durch und werden periodisch mit aktuellen Informationen zum Sanierungs- und dem nachfolgenden Erhaltungsprojekt versorgt.

Die vorliegende Sanierungsmethodik würde sich voraussichtlich für weitere flache Kleingewässer im schweizerischen Mittelland, wie beispielsweise die benachbarten Seen Lobsigensee oder Inkwilersee¹¹ eignen. Solche Gewässer befinden sich normalerweise nicht im Privatbesitz. Deshalb müssten die zuständigen Stellen der Kantone stärker in zukünftige Projekte miteinbezogen werden.

Entsprechend erhalten die Gewässerschutzfachstellen der deutschsprachigen Mittellandkantone den vorliegenden Bericht. Fachstellen der Kantone Bern, Luzern, Aargau, Zürich und Thurgau wurden zu verschiedenen Zeitpunkten bereits über das Projekt informiert. Angesichts der zunehmenden Problematik mit giftigen Blaualgen¹², welche aufgrund der globalen Erwärmung noch zunehmen könnte, wäre es sinnvoll, dass sich die Behörden mit der hier vorgestellten Sanierungsmethode vermehrt auseinandersetzen würden.

¹¹ Der Inkwilersee liegt auf den Kantonsgebieten von Bern und Solothurn. Er hat eine mit dem Bellacher Weiher sehr vergleichbare Problematik, welche sich vor allem in einem raschen Anwachsen der Schlammschicht am Seegrund zeigt. Der Schlamm wurde im Rahmen eines grösseren Projekts unter der Leitung des Kantons Solothurn abgesaugt. Mit der beim Bellacher Weiher angewandten Methode könnte die Neubildung von Schlamm vermutlich verhindert oder zumindest stark verlangsamt werden, womit die Sanierung nachhaltig gesichert werden könnte.

¹² Blaualgen (Cyanobakterien) können sich in warmem und nährstoffreichem Wasser explosionsartig vermehren und giftige Toxine absondern. Diese können den Tod von Hunden verursachen und sind möglicherweise auch für Kleinkinder und empfindliche Personen gefährlich.

Zudem könnte eine Anwendung auch bei grösseren Seen mit einer geschichteten Wasserstruktur¹³ ins Auge gefasst werden. Beispielsweise wurde die Verwendung beim Burgäschisee geprüft, welcher seit 1974 über eine Tiefenwasserableitung (TWA) verfügt und trotz grosser Überdüngungsprobleme seither nicht weiter saniert wurde. Ein solches Gewässer stellt jedoch zusätzliche Anforderungen an die Sanierungsmethodik, da das Tiefenwasser im Sommer und im Winter von der Sauerstoffversorgung weitgehend abgeschnitten ist. Inwiefern die Sanierungsmethode dafür angepasst werden müsste, ist noch nicht geklärt.

Vernetzungsmassnahmen

Da der Bellacher Weiher ein zentrales, naturschützerisch wertvolles Landschaftselement darstellt, muss er durch Vernetzungsmassnahmen in die Bestrebungen des regionalen Artenschutzes und Steigerung der Biodiversität eingebunden werden. Die Förderung der ökologischen Vernetzung in der Umgebung des Weihers ist für die Weihersanierung ein wichtiges Anliegen, vor allem in Hinblick auf die langfristig geplanten Massnahmen zur Erweiterung des Naturschutzgebietes, welches den Weiher beinhaltet.

Die Planung und Umsetzung dieser Vernetzungsmassnahmen im Einzugsgebiet des Bellacher Weihers erfolgt über das Vernetzungsprojekt Leberberg und obliegt der Regionalplanungsgruppe repla espaceSOLOTHURN als Trägerschaft. Das Vernetzungsprojekt hat über mehr als zwei Programmperioden (mehr als 16 Jahre) erfolgreich funktioniert. Es wurden viele Biodiversitätsförderflächen begründet und miteinander verbunden. Im Rahmen des Pilotprojekts hat bereits ein Informationsaustausch stattgefunden. Längerfristig wird eine stärkere Zusammenarbeit angepeilt, um die Vernetzungsaktivitäten mit den Bestrebungen der geplanten Lebensraumaufwertung im Anschluss an die Weihersanierung zu koordinieren.

¹³ Seen, welche eine grössere Wassertiefe aufweisen, erfahren durch unterschiedliche Wassertemperaturen eine Schichtung oder Stratifizierung. Das Hypolimnion am Seegrund weist konstant 4°C auf und bekommt während des Winters und des Sommers kaum Sauerstoff aus dem oben liegenden Epilimnion, da die dazwischen liegende Sprungschicht (Metalimnion) eine Durchmischung verhindert. Nur im Herbst und Frühjahr kann eine Durchmischung aufgrund der sich ändernden Temperatur des Epilimnions stattfinden.

4 Ergebnisse Weihersanierung

Wie in der Einführung bereits geschildert, befindet sich der Bellacher Weiher aktuell in einer sehr guten Verfassung, vor allem wenn man ihn mit benachbarten Gewässern, wie dem Inkwilersee oder dem Lobsigensee¹⁴ vergleicht, welche eine ähnliche Überdüngungsproblematik aufweisen. Es gibt aber auch kritische Stimmen, welche das praktisch vollständige Wegfallen des Seerosenbewuchses seit 2014 als ein Indiz für eine übertriebene Sanierung halten, welche über das Ziel hinauschießt. Im Herbst 2016 trat jedoch ein einmaliges kleines Fischsterben¹⁵ auf, welches darauf hindeutet, dass die Überdüngungsproblematik zu dieser Zeit noch fortbestand. In der Folge wird versucht, anhand von Luftbildanalysen, Messwerten und Fotoreihen den aktuellen Zustand und die vorgängige Entwicklung möglichst objektiv zu beschreiben.

4.1 Luftbildanalyse

Eine dramatische und offensichtliche Veränderung, welche beim Bellacher Weiher im Laufe der sanften Sanierung augenscheinlich wurde, war der Wegfall des Bewuchses im Wasser. Sowohl die Wasseroberfläche, welche in der zweiten Jahreshälfte mehrheitlich von Schwimmblattgewächsen bedeckt war, als auch der Weihergrund, welcher praktisch flächendeckend von Wasserpflanzen überwachsen war, sind heute durchgehend vegetationsfrei. Um diese Veränderung zu dokumentieren, wurde eine Zeitreihenanalyse anhand von Luftbildern durchgeführt.

Alle verfügbaren Luftbilder der swisstopo sowie des Kantons Solothurn wurden für diese Analyse herangezogen. Das früheste Luftbild stammt aus dem Jahr 1929 und das letzte für die Auswertung herangezogene ist von 2021. Da die Analyse im Auftrag der Gemeinde Bellach in Zusammenarbeit mit dem Kanton Solothurn erfolgt, sind alle Aufnahmen, auch die hochaufgelösten swissimage Orthofotos der swisstopo, welche in den Jahren 2008, 2011, 2014, 2018 und 2021 gemacht wurden, kostenfrei verfügbar. Sie wurden von swisstopo für die vorliegende Arbeit aus dem Gesamtdatenbestand extrahiert bzw. vom Amt für Geoinformation des Kantons Solothurn (SO!GIS) zur Verfügung gestellt oder von map.geo.admin.ch heruntergeladen.

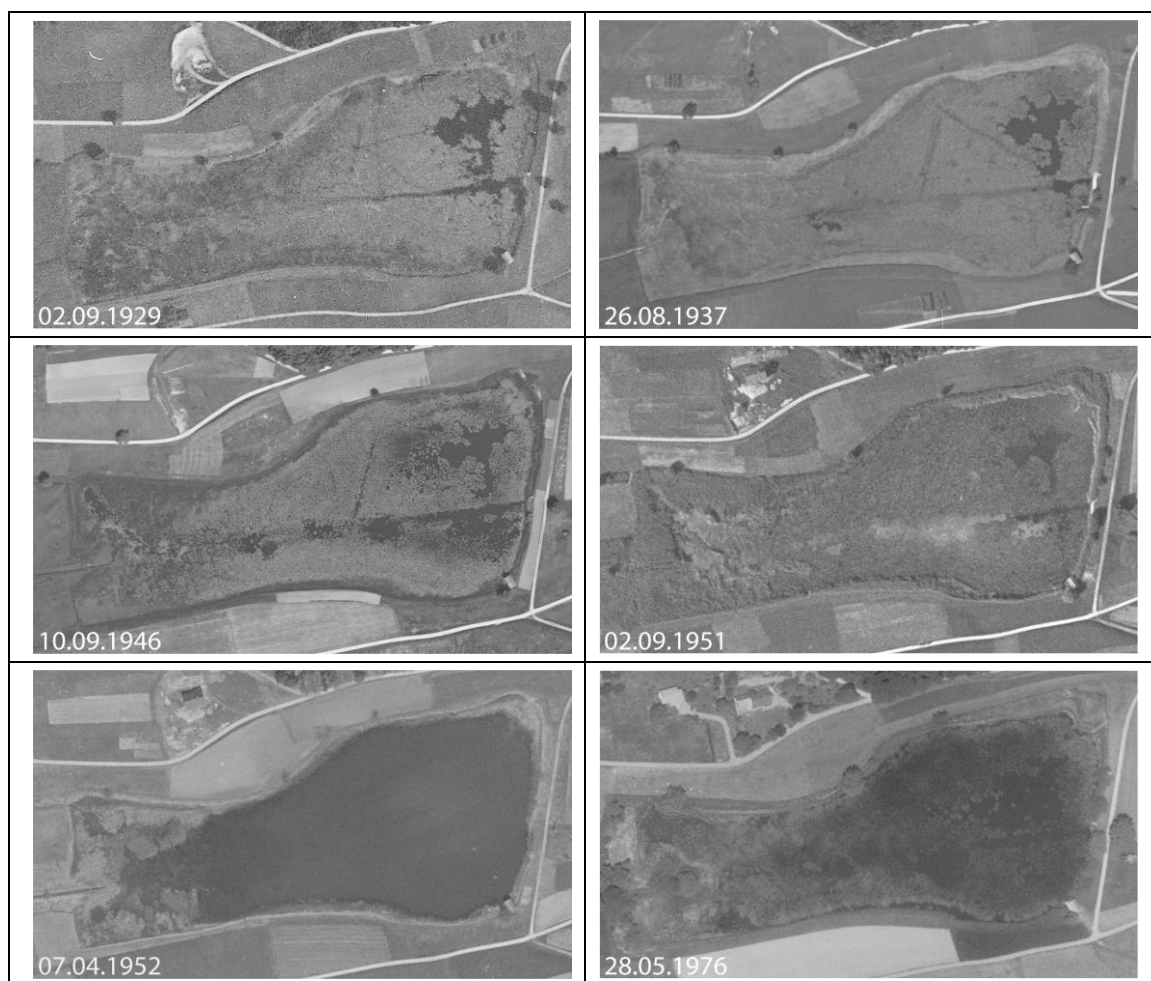
Da der Bellacher Weiher auf den Luftbildern eine relativ kleine Fläche belegt und das Gelände in unmittelbarer Nähe zum Weiher keine grossen Höhenunterschiede aufweist, ist die Verzerrung auf den herkömmlichen Luftbildern gegenüber den Orthofotos, welche zuvor perspektivisch entzerrt wurden, praktisch vernachlässigbar. Die in *Tab. 2 und 3* dargestellten Ausschnitte wurden mit Hilfe von Adobe Photoshop alle gleich skaliert und ausgerichtet, sowie minimal bezüglich Helligkeit und Kontrast aneinander angeglichen.

¹⁴ Der Lobsigensee befindet sich im Kanton Bern bei Seedorf und ist bezüglich Grösse und Verlandungsthematik sehr gut mit dem Bellacher Weiher vergleichbar. Die Überdüngungsproblematik ist so gross, dass zeitweise keine Fische mehr im Weiher leben konnten. Konzepte zur Rettung des Weihers, welcher ohne Gegenmassnahme innerhalb weniger Jahrzehnte komplett verlandet, gab es lange keine (siehe *Wikipedia, Lobsigensee*, bzw. *Artikel im Bieler Tagblatt vom 20.10.2015 und 04.06.2017*). In den letzten Jahren erfolgte jedoch durch die Tätigkeit der Biber eine Aufstauung des Sees, welche die Verlandungsproblematik vorerst entschärft hat.

¹⁵ Bei dem Fischsterben verendeten hauptsächlich Brachse (*Abramis brama*), insgesamt etwa 100 Stück. Es könnte auch sein, dass dies eine Anpassungsreaktion der Fischpopulation auf die neuen ökologischen Verhältnisse im Weiher war.

Auf den Luftbildern von 1929 bis 1976, welche in schwarz/weiss vorliegen, sieht man, dass der Weiher, soweit die Aufnahmen zurückreichen, immer komplett überwachsen war. Nur beim Luftbild von 1952 war dies nicht der Fall. Dieses wurde als einziges im April aufgenommen, als die Vegetation noch nicht so weit gediehen war. Dass der Weiher bereits 1929 während der Vegetationsperiode immer überwachsen war erstaunt, da die Landwirtschaft im Einzugsgebiet zu dieser Zeit sicher weniger intensiv war als heute. Die ersten Drainagen im Zuflussgebiet wurden allerdings bereits im 19. Jahrhundert erstellt (WOODTLI 2016) und eine Kanalisation für die Hausabwässer gab es zu jener Zeit sicher auch noch nicht.

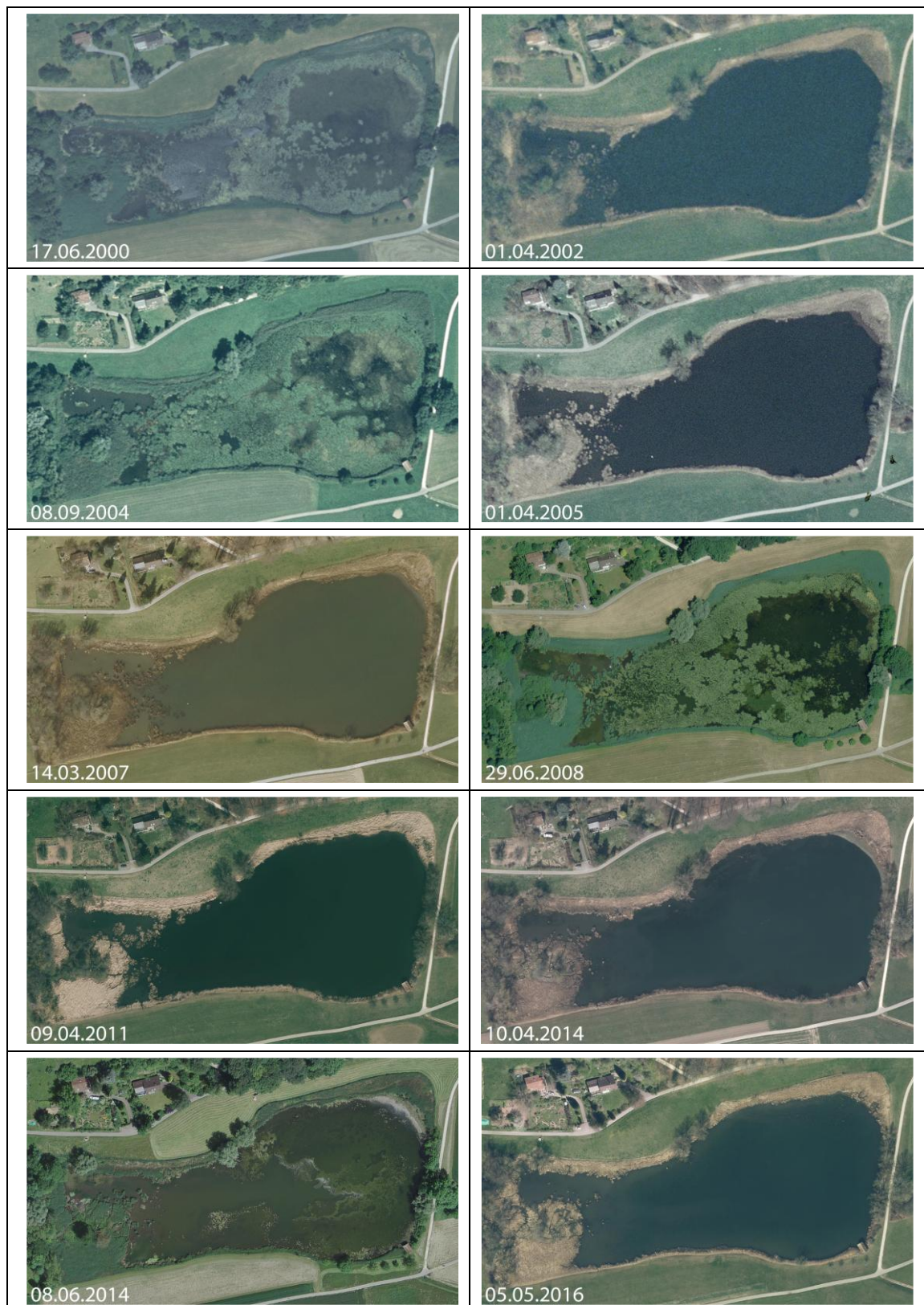
Tab. 2: Luftbilder Bellacher Weiher 1929 – 1976 in schwarz/weiss



Alle Luftbilder: © swisstopo, Bundesamt für Landestopografie

Zwischen 1976 und 2000 liegen keine Aufnahmen vom Bellacher Weiher vor. In Tab. 3 sieht man die Entwicklung in den Jahren 2000 bis 2016 anhand von farbigen Orthofotos. Auch hier ist ersichtlich, dass die Aufnahmen von der zweiten Jahreshälfte immer einen komplett überwachsenen Weiher zeigen, mit Ausnahme der swissimage Orthofoto vom 08.06.2014. Auf diesem Bild erkennt man zweifelsfrei den Erfolg des Pilotprojekts Bellacher Weiher. Zum ersten Mal seit Existenz von Luftaufnahmen des Weihers, war dieser während der zweiten Jahreshälfte nicht überwachsen.

Tab. 3: Orthofotos Bellacher Weiher 2000 – 2016 in Farbe



Orthofotos von 2002, 2007, 2011 und April 2014 © SO!GIS, Amt für Geoinformation des Kantons Solothurn.
 Übrige: © swisstopo, wobei 2008 und Juni 2014 aus swissimage extrahiert wurden.

Tab. 4: Orthofotos Bellacher Weiher, Veränderungen im Juni während zehn Jahren



Alle Orthofotos © swisstopo, aus swissimage extrahiert, Originalfarbe

In Tab. 4 wurde zusätzlich das Orthofoto vom 20.06.2018 mit aufgeführt. Anhand des in dieser Tabelle dargestellten Vergleichs lässt sich die Entwicklung des Weiher anschaulich nachverfolgen. Da alle drei Aufnahmen im Monat Juni getätigt wurden, sind sie direkt miteinander vergleichbar. Man sieht die schrittweise Entwicklung vom praktisch zugewachsenen zum komplett vegetationsfreien Gewässer innerhalb von zehn Jahren. Zudem erkennt man anhand der Wasserfarbe, dass aufgrund der offenen Wasseroberfläche nun vermehrt Phytoplankton vorhanden ist, was dem Wasser eine grüne Farbe verleiht. In *Abb. 17* wird die vorerst neuste, zugängliche Aufnahme vom 14.06.2021 wiedergegeben. Sie bestätigt, dass der Weiher weiterhin den offenen Charakter des sanierten Gewässers.



Abb. 17: Orthofoto vom 14.06.2021 © swisstopo, aus swissimage extrahiert, Originalfarbe

In den letzten Jahren präsentiert sich der Weiher stets in einem aufgeräumten Zustand und ist problemlos das ganze Jahr über schiffbar. Er war zeitweise stark durch die Tätigkeit des 2011 – 2019 ansässigen Bibers geprägt und bedarf keiner grossen Unterhaltsarbeiten mehr. Die Notwendigkeit der Weiterführung des bis 2013 periodisch durchgeführten Unterwasser-Schilfschnittes (MERSMANN 2013) besteht dank des sauberen Übergangs vom Schilfgürtel zum Wasser, der auf *Abb. 18* ersichtlich ist, nicht mehr. Laut Aussage von Jonas Lüthy vom Amt für Raumplanung ARP des Kantons Solothurn, befindet sich der Weiher seit dieser Zeit nicht mehr in einem überdüngten Zustand.



Abb. 18: Aufnahme des Übergangs vom Wasser zum Schilfgürtel am 02.10.2014

Unter Berücksichtigung dieser Luftbildanalyse, welche bis ins Jahr 1929 zurückreicht, darf das heutzutage festgestellte ganzjährige Fehlen einer pflanzlichen Wasserbedeckung als Sensation gewertet werden. Bisher wurde eher davon ausgegangen, dass der überwachsene Zustand erst durch Intensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung ab Mitte des letzten Jahrhunderts hervorgerufen wurde. Umso erstaunlicher ist es, dass die „sanfte Sanierung“ ein solches Resultat hervorgebracht hat und damit ein Zustand verändert werden konnte, welcher zuvor während mindestens 80 Jahren unveränderlich war.

Allerdings wird dadurch die Frage umso stärker aufgeworfen, was denn als „natürlicher Zustand“ dieses vor mehreren Hundert Jahren künstlich angelegten Weihers anzusehen sei und wohin die Entwicklung schliesslich gehen soll. Auf diese Frage wird in *Kapitel 5.2* detailliert eingegangen.

4.2 Messungen

Im Bellacher Weiher gibt es regelmässige Probenahmen zur Bestimmung der Wasserqualität ab 2009, welche durch NUFERscience für das Amt für Raumplanung des Kantons Solothurn vier Mal jährlich erhoben und jeweils vom Amt für Lebensmittelkontrolle im Auftrag des Amtes für Umwelt ausgewertet werden. Diese Messungen werden bis Ende 2024 durchgeführt und danach im Rahmen des Erhaltungsprojekts fortgesetzt. Erhoben werden diverse chemische Wasserqualitätsparameter, der Sauerstoffgehalt auf drei verschiedenen Tiefen und die Sichttiefe, welche mit einer Secci-Scheibe bestimmt wird.

Vorabgehend gab es eine Messserie in den Jahren 2004 – 2007, welche im Labor der Abwasserreinigungsanlage Bellach ausgewertet wurde (RUTISHAUSER ET AL 2008). Zudem gibt es einige Messdaten aus dem Jahr 1986, welche anlässlich eines ökologischen Gutachtens (IMHOF 1987) erhoben wurden. Ebenfalls wird seit 2004 jährlich im Herbst das Schlammniveau gemessen und Anhand einer Markierung im Bootshaus, welche mit dem aktuellen Wasserstand verrechnet wird, der tatsächliche Wert bestimmt. In diesem Bericht werden nicht alle Messwerte¹⁶ wiedergegeben und nur die aussagekräftigsten ausgewertet.

In *Abb. 19* sind die Messpunkte im Weiher eingezeichnet. Sie wurden sowohl für die Messserie 2004 – 2007 als auch für die aktuellen Messungen des Kantons Solothurn verwendet. Messpunkt Nr. 1 entspricht dem Hauptzufluss (eingedolter Zufluss des Chalenbachs) und Nr. 2 dem Abfluss. Die meisten Messungen stammen, wenn nicht anders bezeichnet, von Messpunkt Nr. 5, der tiefsten Stelle des Weihers.



Abb. 19: Messpunkte im Bellacher Weiher. Nr. 1 ist der Zufluss und Nr. 2 der Abfluss

Die Messwerte schwanken teilweise stark. Dies ist die Folge von Extremereignissen, welche zufälligerweise mit dem Zeitpunkt der Messung zusammenfallen. Beispielsweise kann der Phosphatwert im Zufluss nach ergiebigen Niederschlägen deutlich erhöht sein, da viel Phosphor aus dem Boden ausgewaschen wurde. Bei nur vier Messungen pro Jahr ist es schwierig, diese Ausreisser zu erkennen. Deshalb hat die ZHAW Wädenswil im Rahmen des wissenschaftlichen Begleitprogramms in den Jahren 2016 und 2017 jeweils acht weitere Messreihen erhoben. So stehen in diesen beiden Jahren jeweils insgesamt zwölf Messungen zur Verfügung. Diese Messungen wurden aus Kostengründen nur am Zufluss, am Abfluss und an Messpunkt Nr. 4 gemacht und dort nur in 50 cm Tiefe. Deshalb ist in den Diagrammen, welche Werte der ZHAW beinhalten, jeweils der Messpunkt Nr. 4 aufgeführt, welcher in der Mitte des Weihers liegt.

¹⁶ Die vollständigen Messreihen können bei NUFERscience oder direkt vom AFU des Kantons Solothurn angefordert werden.

Sauerstoffgehalt des Weihers

In *Abb. 20* ist der Sauerstoffgehalt des Weihers in drei verschiedenen Tiefen dargestellt. Während am Anfang der Sanierung der Sauerstoffwert vor allem in den grösseren Tiefen zeitweise unterhalb die kritischen 4 mg/l absank, war dies nach 2007 auch auf 1.5 m Tiefe nicht mehr der Fall. Seither hat sich der Weiher klar im aeroben Bereich stabilisiert und die für Edelfische kritischen Sauerstoffkonzentrationen traten seither nie mehr auf. Die Trendlinie in 150 cm Tiefe in *Abb. 18* zeigt deutlich, wie der Sauerstoffgehalt im Tiefenwasser über die Sanierungszeit anstieg. Die ungewöhnlich hohen Messwerte im Mai 2014 von weit über 20 mg/l wurden mehrfach überprüft. Ein ähnlich hoher Wert wurde auch von der ZHAW im Jahr 2016 gemessen (*Abb. 21*). Es kann sich somit nicht um einen Messfehler handeln.

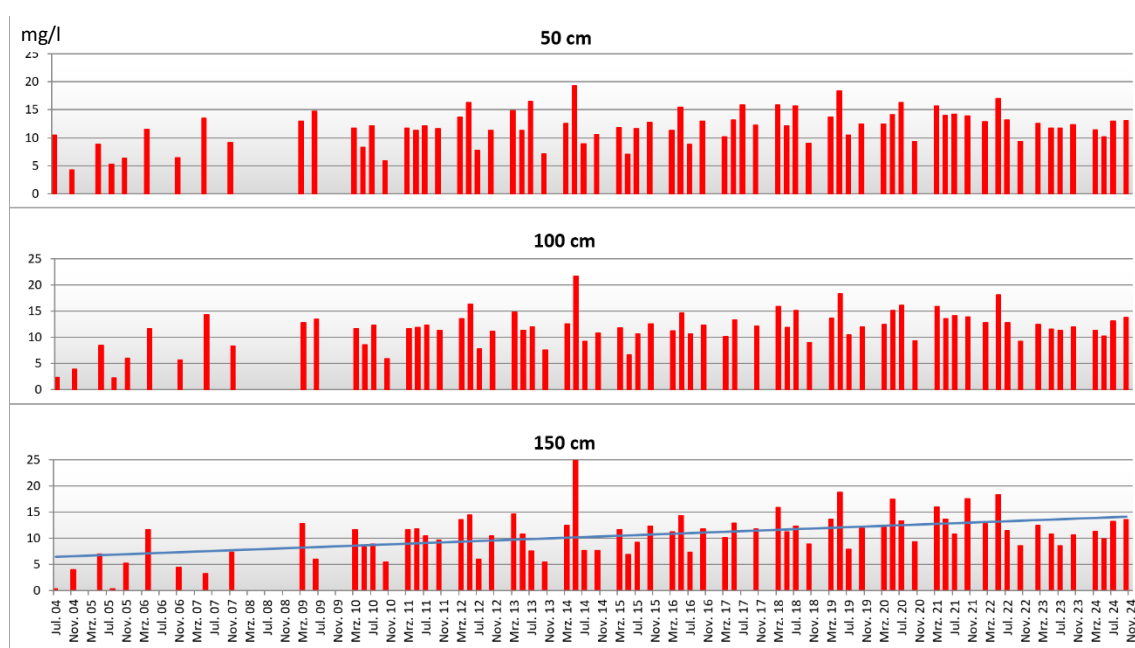


Abb. 20: Sauerstoffgehalt des Bellacher Weihers 2004 – 2024 in verschiedenen Tiefen. Die blaue Linie in 150 cm Tiefe zeigt den deutlichen Trend zu mehr Sauerstoff im Tiefenwasser.

In *Abb. 21* sind die Messwerte von Messpunkt 4 in der Mitte des Weihers dargestellt, an welchem es während zwei Jahren je acht zusätzliche Messungen der ZHAW Wädenswil gibt. Wie aufgrund der besseren zeitlichen Auflösung zu erkennen ist, hat der Sauerstoffgehalt im Jahr 2016 stark geschwankt. Der tiefe Wert im Juli 2016 von 5.44 mg/l lässt vermuten, dass der Sauerstoffgehalt am Seegrund eventuell doch einmal unter 4 mg/l sank, was aufgrund des Fehlens einer entsprechenden Messung aber nicht bestätigt werden kann. In diesem Jahr trat zum Herbstbeginn ein einmaliges Fischsterben auf, bei dem ca. 100 Brachsen verendeten. Ab 2017 war der Sauerstoffgehalt wieder stabil und ein ähnlich tiefer Messwert wurde seither nicht mehr beobachtet.

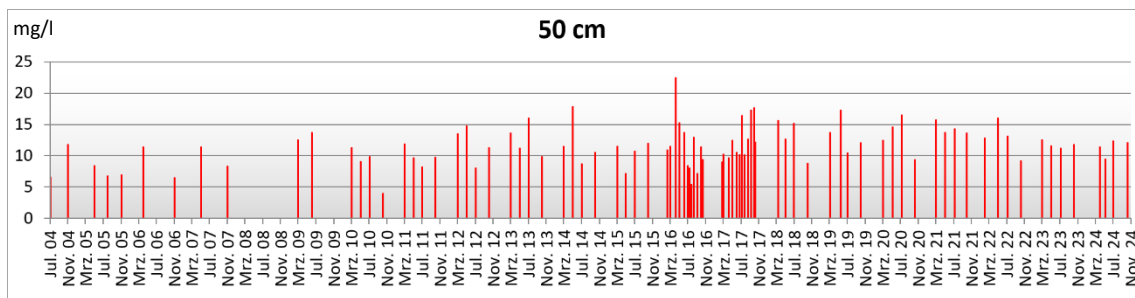


Abb. 21: Sauerstoffgehalt des Bellacher Weihers 2004 – 2022 in 50 cm Tiefe an Messpunkt Nr. 4, in den Jahren 2016 und 2017 mit zusätzlichen Messungen der ZHAW Wädenswil

Analyse des Zuflusses

Dank der zusätzlichen Messungen der ZHAW Wädenswil kann die Belastung des Wassers an der Einmündungsstelle des Chalenbachs, dem Hauptzufluss des Bellacher Weihers in den Jahren 2016 und 2017 viel besser eingeschätzt werden. In Tab. 5 und 6 sind die Messwerte für die Hauptnährstoffe dargestellt und gemäss dem Modulstufenkonzept für Fließgewässer (vgl. WOODTLI 2016) anhand eines Farbschemas (Abb. 22) bewertet.

Tab. 5: Beurteilung des Zuflusses im Jahr 2016

Datum	Nährstoffe						
	Ammonium mg/l N	Nitrit mg/l N	Nitrat mg/l N	N-tot mg/l N	P-Ortho mg/l P	P-tot mg/l P	DOC mg/l C
08.02.16	0.025	<0.015	4.43	4.14	<0.010	0.011	5.54
03.03.16	0.024	0.003	3.97	4.60	0.008	0.015	1.70
06.04.16	<0.015	<0.015	3.77	3.80	<0.010	<0.010	3.25
02.05.16	0.027	0.004	3.58	4.20	0.006	0.018	1.70
06.06.16	<0.015	<0.015	3.67	3.79	0.043	0.037	3.89
28.06.16	0.015	<0.003	3.47	4.00	0.015	0.020	1.40
12.07.16	<0.015	<0.015	3.40	3.50	0.015	0.023	4.42
25.07.16	0.019	<0.015	3.68	3.53	<0.015	0.041	<3.00
11.08.16	<0.015	<0.015	3.85	3.74	<0.010	<0.015	<3.00
05.09.16	<0.015	0.018	3.41	3.84	0.107	0.117	5.10
29.09.16	0.028	0.003	3.79	4.30	0.006	0.024	1.30
12.10.16	<0.015	<0.015	4.01	4.01	<0.010	0.017	<3.00

Darstellung aus GÜFLER ET AL 2017

In den Darstellungen (Tab. 5 & Tab. 6) sind jeweils die 12 Messwerte eines Jahres wiedergegeben. In Abb. 22 ist die dazugehörige Legende ersichtlich. Die Werte decken das gesamte Spektrum von sehr gut bis schlecht ab, je nachdem was vor der Messung im Einzugsgebiet an Regen- und Düngeereignissen stattfand.



Abb. 22: Legende zu Tab. 5 & 6

Die Ammoniumwerte sind im Jahr 2016 durchgängig sehr gut und auch 2017 mit einer Ausnahme gut oder sehr gut. Die Nitratwerte sind in beiden Jahren immer gut, womit auch der Gesamtstickstoff stets im guten Bereich liegt. Der Stickstoff wird also vor allem in der oxidierten Form des Nitrats in den Weiher eingetragen. Die Nitritwerte liegen ebenfalls zwischen gut und sehr gut. Der schlechte Ammoniumwert am 05.04.2017 hat vermutlich mit der Ausbringung von Gülle zu tun, bleibt aber eine Ausnahme, welche möglicherweise durch sorgfältigeren Umgang mit Hofdüngern hätte vermieden werden können.

Tab. 6: Beurteilung des Zuflusses im Jahr 2017

Datum	Nährstoffe						
	Ammonium mg/l N	Nitrit mg/l N	Nitrat mg/l N	N-tot mg/l N	P-Ortho mg/l P	P-tot mg/l P	DOC mg/l C
22.02.2017	0.034	<0.015	4.52	4.60	<0.01	0.013	<3
02.03.2017	0.025	0.025	7.04	8.50	0.033	0.096	3.30
05.04.2017	0.361	0.015	4.24	4.80	<0.01	0.011	10.80
02.05.2017	0.025	0.025	3.87	4.60	0.011	0.045	<1.0
01.06.2017	0.039	0.014	3.75	4.58	<0.01	0.010	5.24
20.06.2017	0.031	<0.015	4.24	4.55	<0.01	0.013	4.98
06.07.2017	0.027	0.025	3.73	4.40	0.009	0.012	<1
24.07.2017	0.044	0.025	3.63	6.77	0.132	0.189	4.58
16.08.2017	0.045	0.014	3.48	5.02	<0.01	<0.01	3.70
05.09.2017	0.066	0.015	2.24	4.56	<0.01	<0.01	4.20
26.09.2017	0.052	0.015	1.87	4.24	<0.01	<0.01	3.89
04.10.2017	0.029	0.025	3.79	4.20	0.010	0.019	<1

Darstellung aus GUFLER ET AL 2017

Bezüglich des Phosphatgehaltes gibt es in beiden Jahren grosse Schwankungen. Bei den meisten Messungen liegt er sehr tief und entspricht einem sehr guten Wert gemäss dem Modulstufenkonzept für Fließgewässer. Einzelne Messungen liegen aber im orangen oder roten Bereich und sind damit unbefriedigend bis schlecht. Dies hängt vermutlich mit Regenereignissen zusammen, welche mit vorangehenden Düngungsaktionen mit phosphatreichen Mineral- oder Hofdüngern einhergehen.

Besonders die sehr hohen Messwerte am 05.09.2016 und 24.07.2017 deuten in diese Richtung, da gleichzeitig der Orthophosphatwert stark erhöht ist, welcher auf das lösliche Phosphat anspricht. Am 05.09.2016 wurde an der Messstation Grenchen 14.9 mm Niederschlag¹⁷ gemessen und am 24.07.2017 eine Regenmenge von 7.2 mm, womit diese Vermutung bestätigt werden kann.

¹⁷ Diese und alle nachfolgenden Angaben zu Niederschlagsmengen sind Messwerte der MeteoSchweiz an der SwissMetNet Bodenstation Grenchen.

Der DOC-Wert (dissolved organic carbon) schliesslich liefert ein Mass für den im Wasser gelösten organischen Kohlenstoff. Erhöhte DOC-Werte deuten auf eine organische Belastung des Wassers durch abgeschwemmtes Erdreich oder Hofdünger hin, können aber auch durch den Eintrag von organischem Material, wie z.B. Laub in die Fließgewässer zustande kommen, welches sich auf dem Weg zum Weiher bereits zersetzt hat. 2016 sind die gemessenen Werte überwiegend gut, 2017 sind sie eher im mittleren, als mässig beurteilten Bereich angesiedelt. Am 05.04.2017 ist der DOC schlecht und gleichzeitig das Ammonium sehr stark erhöht. Dies könnte auf einen direkten Eintrag von Gülle in den Zufluss hindeuten, da es zu dieser Zeit an der Messstelle Grenchen kaum geregnet hat (nur 0.1 mm am 04.04.2017).

Phosphorgehalt des Weihers

Zur Beurteilung des Überdüngungszustandes (Trophiegrad) des Weihers ist in erster Linie der Phosphatgehalt ausschlaggebend, da er sich limitierend auf die biologische Produktion im Weiher auswirkt. In *Abb. 23* ist der Gesamtphosphatgehalt des Zulaufs und des Wassers im Weiher dargestellt. Der Messwert¹⁸ im Jahre 1986 stammt aus IMHOF 1987 und zeigt mit einem Wert von 0.1 mg/l eine deutliche Überdüngung des Weihers an. Die Werte von 2004 bis 2007 finden sich in RUTISHAUSER ET AL 2008. Alle weiteren Werte wurden durch den Kanton Solothurn erhoben.

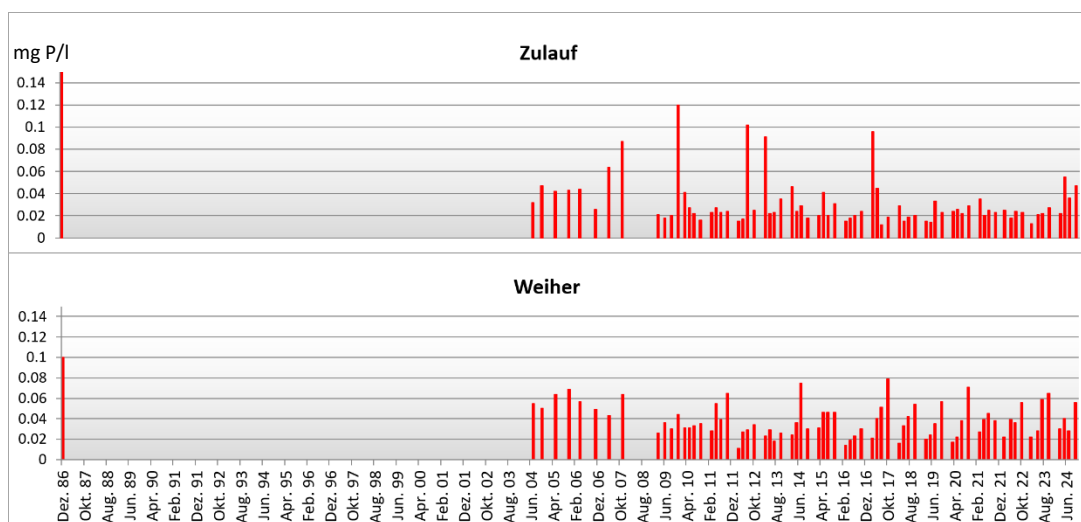


Abb. 23: Phosphatgehalt des Zulaufs und des Bellacher Weihers 1986 – 2024

Der Phosphatgehalt im Weiher reduzierte sich von 1986 bis 2004 aufgrund des Anschlusses der umliegenden Häuser an eine Abwasserleitung und ebenfalls aufgrund von Düngebeschränkungen in der Landwirtschaft gemäss IP- und Bionorm. Während der Zeit der ersten Phase des Sanierungsprogrammes bewegte er sich zwischen 0.04 und 0.07 mg/l, was immer noch einem klar eutrophen Zustand entspricht.

¹⁸ In der Untersuchung von Imhof 1987 wurden die Phosphatwerte als Orthophosphat gemessen. Damit diese Messwerte mit den restlichen, als Gesamtphosphat ausgedrückten Werten verglichen werden können, muss man sie mit dem Faktor 0.3261 (vgl. z.B. Supportseite des Messgeräteherstellers Hach: support.hach.com) multiplizieren.

In den Jahren 2012 und 2013 wurde die Schwelle von 0.035 mg/l dann kaum mehr überschritten. Somit hat sich der Weiher in den beiden Jahren ausschliesslich im mesotrophen Bereich bewegt und gilt seither nicht mehr als überdüngt. 2014 und 2015 gab es dann wieder leicht höhere Werte und einen Spitzenwert, welcher klar im eutrophen Bereich liegt. Solche Spitzenwerte können durch vorgängige Regengüsse kombiniert mit Düngegaben in der Landwirtschaft zustande kommen. Da aber die Werte im Zulauf gleichzeitig niedrig sind, könnte auch eine Entgiftungsreaktion des Weihers, welche mit der Ausschwemmung von Phosphaten aus dem Sediment verbunden ist, der Grund sein.

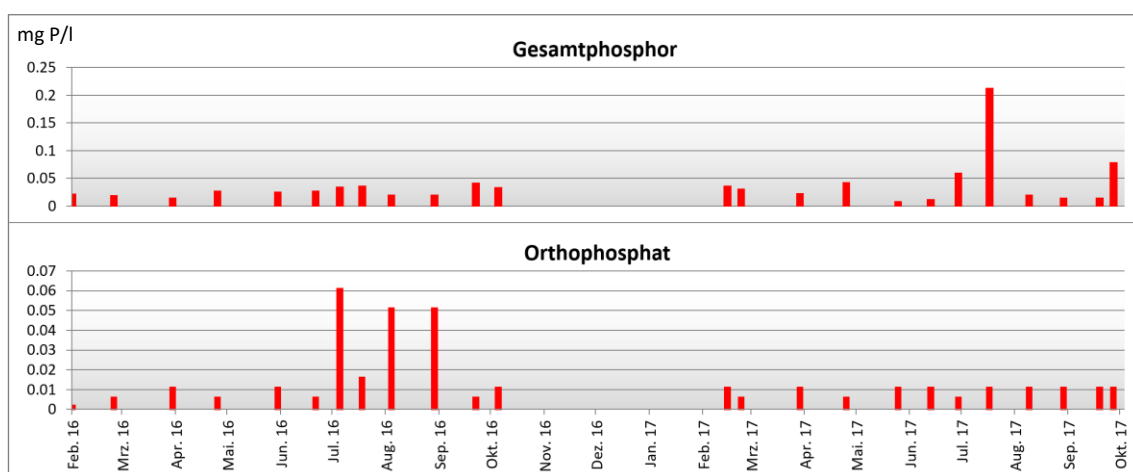


Abb. 24: Gesamtphosphor und Orthophosphat im Bellacher Weiher 2016 – 2017, Messstelle Nr. 4

Im Jahr 2016 war der Phosphatgehalt im Zufluss und im Weiher dann wiederum sehr tief und somit klar im mesotrophen Bereich angesiedelt. 2017 stiegen die Werte erneut, um sich in den folgenden Jahren auf tieferem Niveau gemäss einem typischen Jahresverlauf mit dem Maximalwert im Herbst zu stabilisieren. In Abb. 24 erkennt man anhand einer vertieften Analyse, welche durch die je acht Messungen der ZHAW während zweier Jahre möglich wird, dass vor allem der Messwert im Juli 2017 ausserordentlich hoch war. Da gemäss Tab. 6 gleichzeitig ein hoher Wert im Zufluss gemessen wurde, ist dies klar ein Eintrag aus der Landwirtschaft, welcher trotz des Begleitprogramms durch das Zusammenfallen ungünstiger Bedingungen von Zeit zu Zeit stattfinden kann.

Anhand des Beispiels aus dem Jahr 2017 erkennt man den Nutzen, welche die zusätzlichen Messungen der ZHAW bringen. Einerseits täuschen die vier Messungen des Kantons in diesem Jahr einen zu hohen Phosphatgehalt vor, da die übrigen sehr tiefen Messwerte nicht erfasst werden. Andererseits wird auch der sehr hohe Messwert vom Juli nicht erfasst. Der Phosphatgehalt kann im Jahresverlauf um den Faktor 10 schwanken, weshalb nur vier Messungen pro Jahr ein verzerrtes Bild ergeben können. Im Jahr 2016 waren die Schwankungen hingegen geringfügig und die vier Messungen liefern hier ein adäquates Bild.

Die Orthophosphatmessungen zeigen das Gegenteil. Hier wurden 2016 hohe Schwankungen gemessen und im 2017 waren diese Werte sehr konstant. Orthophosphat berücksichtigt nur das im Wasser gelöste Phosphat, während beim Gesamtphosphat auch an Schwebeteilchen angelagertes Phosphat sowie Polyphosphate¹⁹ berücksichtigt werden, welche aber im Bellacher Weiher keine grosse Bedeutung haben sollten. Interessant ist, dass die erhöhten Orthophosphatwerte mit dem Fischsterben 2016 zusammenfallen. Da nur der letzte der hohen Messwerte am 05.09.2016 mit einem erhöhten Wert im Zulauf gemäss *Tab. 5* einhergeht, könnte das Orthophosphat auch aus einer Rücklösung vom Sediment stammen.

Mit Ausnahme des letzten Jahres wurden seit 2017 im Zulauf keine erhöhten Phosphatwerte mehr gemessen (*Abb. 23*). Das Jahr 2024 ist jedoch aufgrund des Wetters als extrem einzustufen. Mit einem Mittelwert von 0.036 mg/l liegen die Messwerte im Weiher seit Beginn des Landwirtschaftsprogramms etwa zur Hälfte im mesotrophen und zur anderen Hälfte knapp im eutrophen Bereich. Insgesamt ging der Phosphatgehalt im Bellacher Weiher deutlich zurück. Diese nachhaltige Reduktion des Gesamtphosphors zeigt unmittelbar den Erfolg der Sanierungsmassnahmen. Tatsächlich wurde aus dem ehemals eutrophen Kleinsee ein vorwiegend mesotrophes Mittellandgewässer mit einer sehr hohen Selbstreinigungskraft.

Stickstoffverbindungen im Weiher

Die Stickstoffverbindungen sind wichtig für das Wachstum der Algen und Wasserpflanzen, aber normalerweise nicht limitierend. Sie spielen deshalb bei der Überdüngung des Weihers keine so grosse Rolle wie das Phosphat. Sie treten in Form von Ammonium und Nitrat auf. Das Nitrit ist eine Übergangsform, welche bei der Umwandlung von Ammonium zu Nitrat entsteht und toxisch ist. Es sollte eine Konzentration von 0.1 mg/l (Grenzwert für Trinkwasser) nicht überschreiten, kann aber schon bei leicht geringeren Konzentrationen chronisch fischtoxisch wirken.

In *Abb. 25* sind die Verläufe der Stickstoffverbindungen im Bellacher Weiher aufgezeichnet. Das Nitrit verläuft immer unterhalb des Grenzwertes und ist meist recht niedrig, womit es kein Problem darstellt. Die Ammoniumwerte sind im Vergleich zu den Nitratwerten tief, da das Ammonium durch die Tätigkeit der aeroben Mikroorganismen schnell oxidiert und somit zu Nitrat umgewandelt wird. Die hohen Ammoniumwerte in den Sommern 2015 und 2019, sowie im Herbst 2020 sind vermutlich durch bei verschiedenen Landwirten gleichzeitig stattfindenden Düngungsaktionen mit kurz danach einsetzendem Regen bedingt.

¹⁹ Polyphosphate wurden früher in Waschmitteln als Enthärtungs- und Bindemittel verwendet. Aufgrund der dadurch verursachten erheblichen Gewässerbelastung wurden sie in der Schweiz 1986 in Textilwaschmitteln verboten.

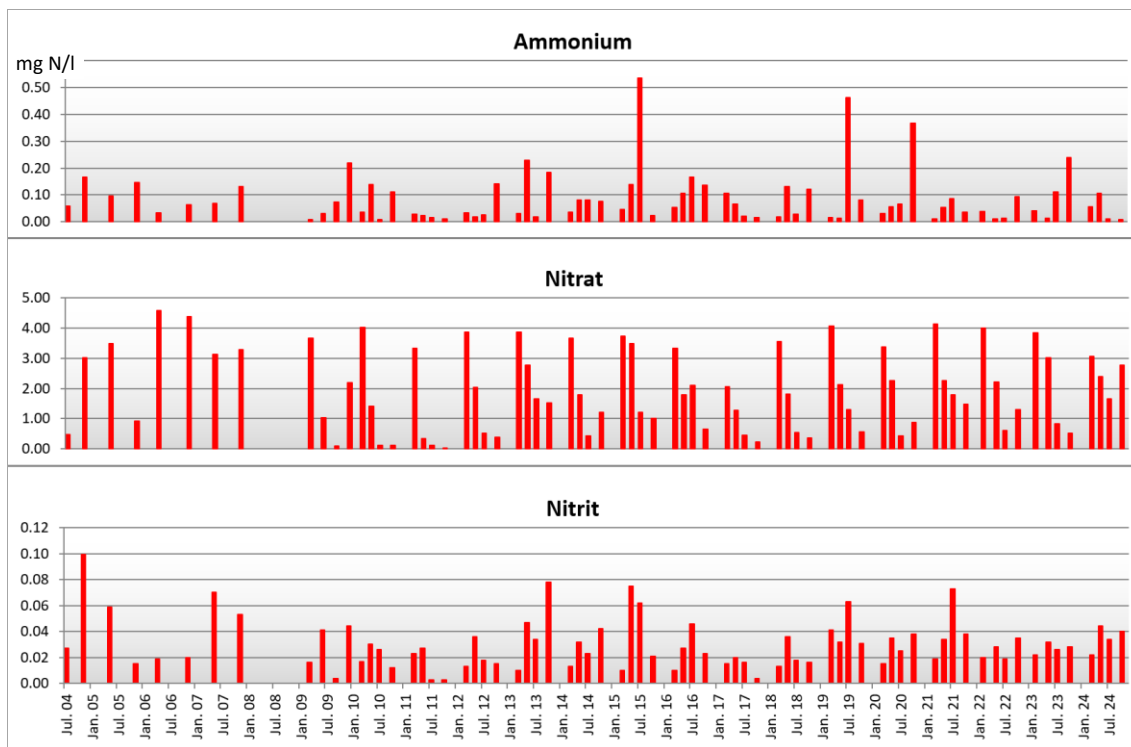


Abb. 25: Stickstoffverbindungen im Bellacher Weiher 2004 – 2024

In Abb. 26 ist der Verlauf des Gesamtstickstoffes im Zulauf sowie im Weiher abgebildet. Es fällt auf, dass die Werte im Zulauf nach Einführung des Landwirtschaftsprogramms von 5-6 mg/l auf etwa 4-5 mg/l gesunken sind. Seither sind die Werte erstaunlich konstant, zeigen aber weiterhin eine leichte Tendenz nach unten. Der Weiher hat also eine relativ konstante Stickstoffzufuhr von etwas über 4 mg/l zu verarbeiten, was sich im typischen Jahresverlauf der Werte im Weiher selbst zeigt. Dabei zeigen die Nitratwerte genau den entgegengesetzten Verlauf der Phosphatwerte.

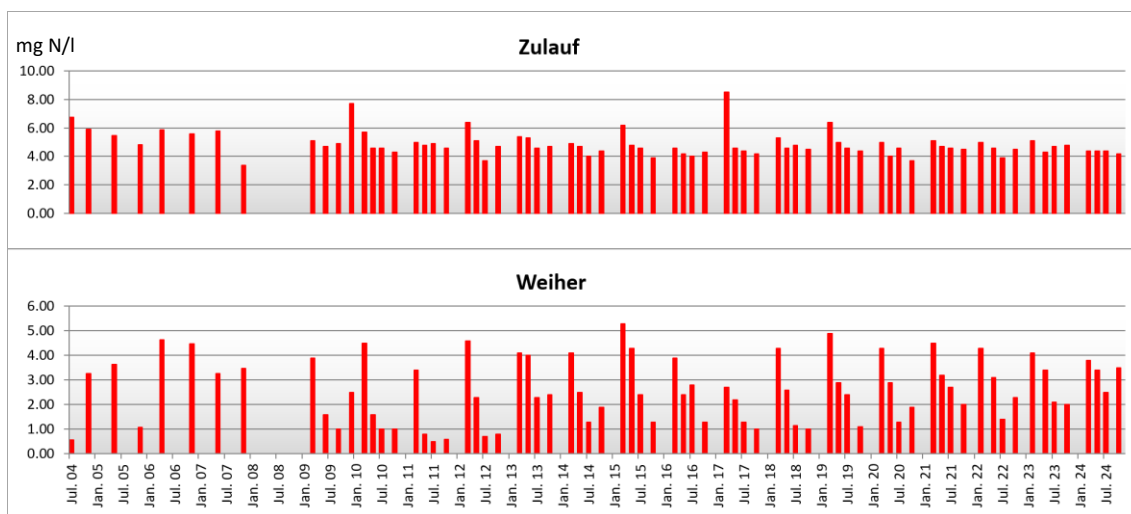


Abb. 26: Gesamtstickstoff im Bellacher Weiher und seinem Zulauf 2004 – 2024

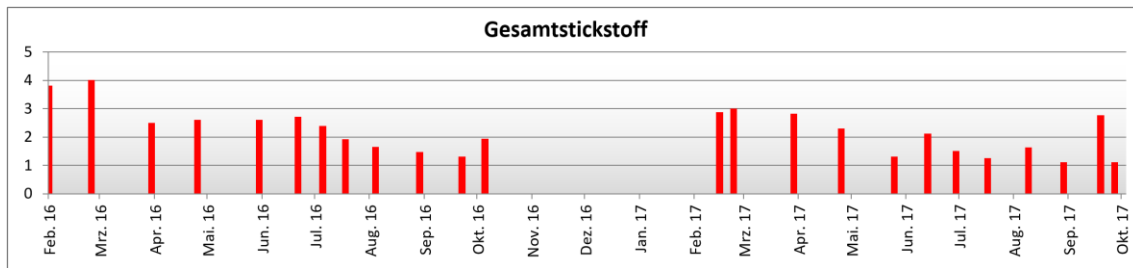


Abb. 27: Gesamtstickstoff im Bellacher Weiher 2016 – 2017 an der Messstelle Nr. 4

In Abb. 27 ist der Verlauf des Gesamtstickstoffes an der Messstelle Nr. 4 für die Jahre 2016 und 2017 abgebildet, welcher wiederum durch die je acht Messungen der ZHAW ergänzt ist. Wie schon in Abb. 26 zu erkennen ist, überschreitet der Stickstoffgehalt des Bellacher Weihers im gesamten Jahrverlauf von 2017 nie den Wert von 3 mg/l und liegt damit gegenüber den anderen Jahren ausserordentlich tief. Der Gesamtstickstoff liegt mit Ausnahme der Extremereignisse während der gesamten Sanierungsphase praktisch ausschliesslich als Nitrat vor, was auf die ausgezeichnete Sauerstoffversorgung des Weihers hinweist.

Nährstoffbilanzierung

Die Messungen am Zulauf und Auslauf erlauben eine Bilanzierung der Nährstoffe, also wie viele von den zugeführten Nährstoffen im Weiher bleiben, und wie viele ihn über den Abfluss wieder verlassen. Anhand der Differenz dieser Werte lässt sich die Bilanz für die Hauptnährstoffe Phosphor und Stickstoff errechnen. Allerdings ist mit dieser einfachen Berechnungsweise ein methodischer Fehler verbunden, da die Durchflusszeit durch den Weiher unberücksichtigt bleibt. Die Verweilzeit des Wassers im Weiher beträgt rund 14 Tage²⁰. Für eine genauere Bilanzierung müsste die Messung am Abfluss zeitversetzt um den Betrag der Durchflusszeit gegenüber der Messung am Zufluss erfolgen.

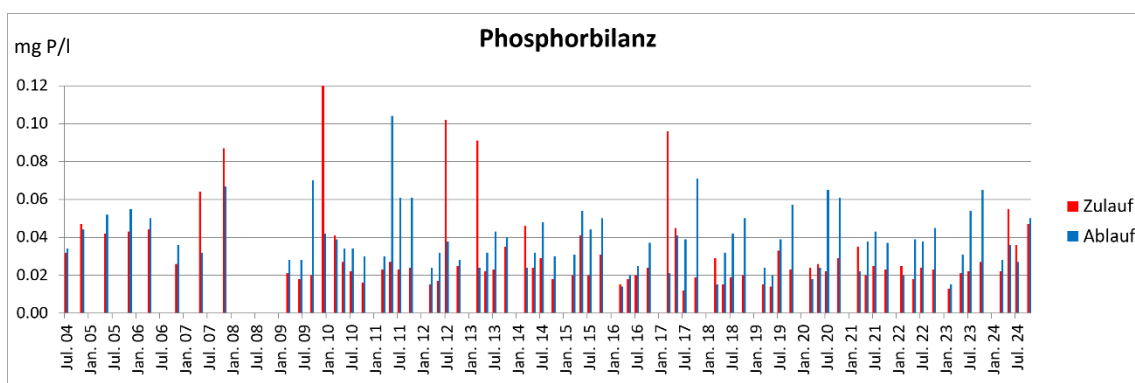


Abb. 28: Phosphorbilanz im Bellacher Weiher 2004 – 2024

²⁰ Die Aufenthaltszeit berechnet sich aus dem Wasservolumen geteilt durch die Abflussmenge: $6'000 \text{ m}^3 : 0.3 \text{ m}^3/\text{min} = 20'000 \text{ min} = 333 \text{ h} = 13.8 \text{ Tage}$. Die Angaben dafür stammen aus HORISBERGER ET AL 2004.

In *Abb. 28* sind die Zuflüsse und Abflüsse an Phosphor einander gegenübergestellt. Es fällt auf, dass die Konzentration des Gesamtphosphors im Ablauf oft höher ist als im Zulauf. Im Schnitt über 20 Jahre beträgt die Differenz 0.007 mg/l. Dies ist eine erhebliche Menge Phosphor, welche dem Weiher entzogen wird. Das über den Abfluss ausgespülte zusätzliche Phosphat kann nur aus abgebauter Biomasse oder aus dem Sediment stammen. Diese negative Phosphorbilanz ist ein Indikator dafür, dass der Weiher tatsächlich gesundet und sich von dem durch jahrzehntelange Überdüngung angesammelten Nährstoff befreit.

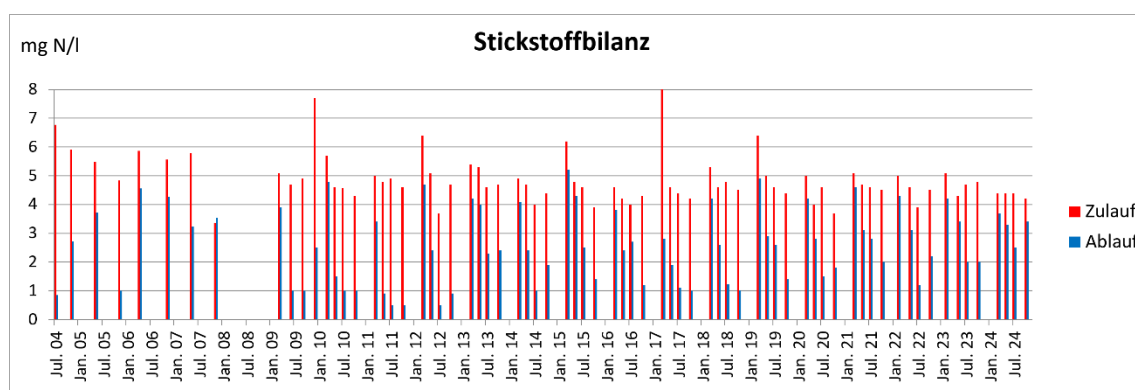


Abb. 29: Stickstoffbilanz im Bellacher Weiher 2004 – 2024

In *Abb. 29* sind Zu- und Abflüsse bezüglich Gesamtstickstoff dargestellt. Die Zufuhr an Stickstoff beträgt ziemlich konstant etwa 4-5 mg/l, womit sie ca. einen Faktor 100 über der Phosphorkonzentration liegt. Für den Aufbau von Biomasse wird grob geschätzt 10x mehr Stickstoff als Phosphor benötigt²¹. Phosphor ist im Bellacher Weiher also klar der für das Pflanzen- und Algenwachstum limitierende Nährstoff und der Stickstoffüberschuss führt somit nicht zur Überdüngung.

Im Gegensatz zur Phosphorbilanz sind die Konzentrationen der Stickstoffverbindungen im Ablauf immer geringer als im Zulauf. Die Differenz über die gesamte Messperiode beträgt durchschnittlich 2.29 mg/l. Der zugeführte Stickstoff dient als Nährstoff für das Pflanzen- und Tierwachstum und wird bei deren Tod wieder frei. Die Differenz von Zufluss zum Abfluss kann durch Fischen, Schilfschnitt und Denitrifikation erklärt werden. Anders als beim Phosphor kann Stickstoff durch Denitrifikation in die Luft entweichen. Dies erfolgt unter anaeroben Bedingungen, welche trotz des hohen Sauerstoffgehalts im Wasser an bestimmten Stellen lokal auftreten können.

Ein Vergleich der beiden Bilanzen zeigt, dass die Vernachlässigung der Aufenthaltszeit das Gesamtbild nicht wesentlich beeinflusst, da das unterschiedliche Verhalten der beiden Nährstoffe klar zum Ausdruck kommt. Für eine noch bessere Analyse müsste ausserdem die tatsächliche Durchflusszeit berücksichtigt werden, welche je nach Regenmenge zusätzlich variiert und deshalb schwierig zu bestimmen ist.

²¹ Gemäss Redfield-ratio beträgt das atomare Verhältnis P:N ca. 1:16, was umgerechnet als Masseverhältnis rund 1:8 beträgt.

Leitfähigkeit

In *Abb. 30* ist die Messung der Leitfähigkeit des Zuflusses über die gesamte Messperiode aufgezeichnet. Es ist erkennbar, dass die Leitfähigkeit seit Beginn der Messungen im Jahr 2009 von rund 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ auf etwa 570 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in den letzten Jahren zurückging, wobei ab dem Jahr 2020 wieder etwas höhere Werte gemessen wurden. Dies stellt eine mehr oder weniger deutliche Abnahme dar und zeigt gemäss Bachelorarbeit der ZHAW zu diesem Zeitpunkt einen signifikanten Rückgang der Ionenbelastung im Zufluss an (WOODTLI 2016, Seite 108).

Diese Abnahme kann als eine Folge der geringeren Belastung mit Mineraldüngern und unverrotteten Hofdüngern im Einzugsgebiet angesehen werden. Diese Düngestoffe haben ja die Eigenschaft, Nährstoffe in Form von wasserlöslichen Ionen (Nährsalzen) freizusetzen, und somit die Leitfähigkeit zu erhöhen. Die signifikante Verringerung der Leitfähigkeit im Zufluss widerspiegelt den Erfolg des Landwirtschaftsprogramms anhand eines im Zufluss des Weiher messbaren Parameters.

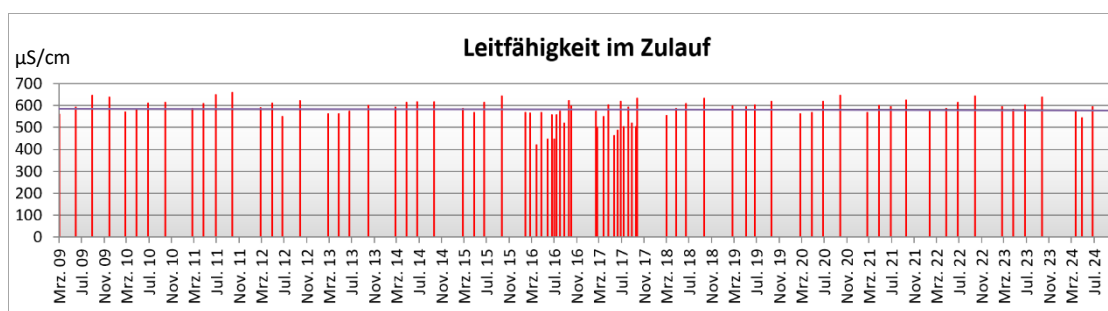


Abb. 30: Leitfähigkeit im Zulauf des Bellacher Weiher 2009 – 2022. Die eingezeichnete Linie zeigt die Abnahme der Leitfähigkeit und damit den Rückgang der Ionenbelastung im Einzugsgebiet an und war gemäss Bachelorarbeit ZHAW zu diesem Zeitpunkt signifikant (WOODTLI 2016, Seite 108).

Sichttiefe und Trübung

Die Klarheit des Wassers kann auf zwei Arten gemessen werden: über die Sichttiefe oder die Trübung. Die Sichttiefe wird mit einer Secci-Scheibe²² ermittelt. Entweder wird die tatsächliche Sichttiefe bis zum optischen Verschwinden der Scheibe bestimmt oder die Tiefe, bis die Scheibe auf dem Bodenbewuchs zum Aufliegen kommt. Eine Erhöhung der Sichttiefe kann somit verschiedene Ursachen haben, einerseits durch eine bessere Transparenz des Wassers, andererseits – falls Sichtbarkeit bis zum Grund besteht – durch einen höheren Wasserspiegel, verminderten Aufwuchs am Weihergrund, theoretisch sogar durch eine Rückbildung der Schlammschicht.

²² Die Secci-Scheibe ist eine standardisierte kreisrunde Aluminiumscheibe von weisser Farbe, welche an einer Kette befestigt in das Wasser heruntergelassen wird. Die Tiefe, in welcher die weisse Scheibe gerade noch knapp sichtbar ist, wird als Sichttiefe bezeichnet.

In *Abb. 31* ist der Verlauf der Sichttiefe von 2004 – 2024 an Messpunkt Nr. 5, der tiefsten Stelle des Weihers dargestellt. Die höchsten Sichttiefen werden jeweils im Frühjahr gemessen, wenn das Wasser klar bis zum Grund ist. Die bis zum Jahr 2020 zu beobachtende Erhöhung der maximalen Sichttiefe ist vermutlich einerseits durch höhere Pegelstände des Weihers gegeben, andererseits kann die Secci-Scheibe durch das Fehlen eines Unterwasserbewuchses tiefer abgesenkt werden, was ebenfalls eine Erhöhung der Sichttiefe zur Folge hat.

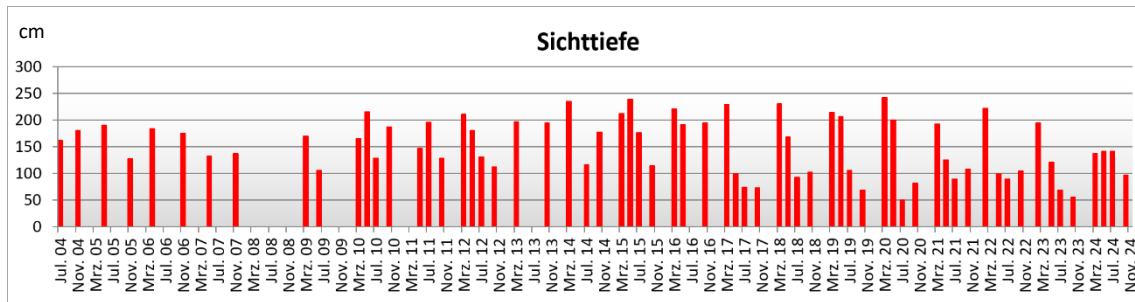


Abb. 31: Entwicklung der Sichttiefe im Bellacher Weiher 2004 – 2024 (mit Secci-Scheibe gemessen)

Seit 2017 fällt auf, dass die Messwerte in der zweiten Jahreshälfte jeweils deutlich tiefer liegen. Dies ist durch die grünliche bis bräunliche Einfärbung des Wassers bedingt, welche seit dieser Zeit zu beobachten ist. Sie ist durch das vermehrte Auftreten von Plankton bedingt, welches sich seit dem Wegfall der Unterwasservegetation ungehindert entwickeln kann und die im Wasser verfügbaren Nährstoffe verstoffwechselt. Im Jahr 2024 ist der Wegfall der höheren Werte am Jahresanfang durch das regnerische Wetter im Frühjahr bestimmt.

Die ZHAW hat 2016 und 2017 jeweils acht Mal pro Jahr an Messpunkt Nr. 4 die Trübung²³ bestimmt. Diese Messwerte liefern das Gegenteil zur Sichttiefe und nehmen zu, wenn die Sichttiefe abnimmt. Allerdings wird nur der Wert auf einer bestimmten Tiefe wiedergegeben, während die Sichttiefe die gesamte Wassersäule erfasst. Die in *Abb. 32* dargestellten Messwerte widerspiegeln den zu erwartenden Jahresverlauf besser als die Messung der Sichttiefe. Die Trübung nimmt gegen den Sommer hin zu und im Herbst, wenn die Wassertemperatur zurückgeht, wieder ab. Im Gegensatz zur Sichttiefe wird die Messung nicht durch weitere Faktoren, die mit der Wassertiefe zusammenhängen, beeinflusst.

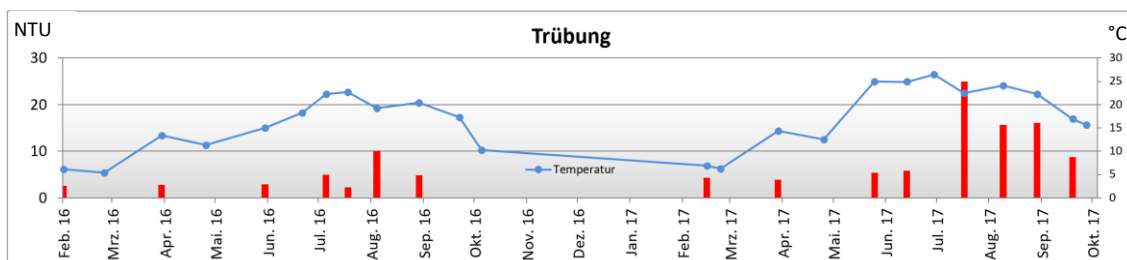


Abb. 32: Trübung im Bellacher Weiher 2016 – 2017 an Messstelle Nr. 4, inkl. Temperaturverlauf

²³ Die Trübung wurde von der ZHAW Wädenswil mit dem Hach 2100Q Messgerät anhand einer Wasserprobe aus 50 cm Tiefe gemessen und wird in der Einheit NTU (Nephelometric Turbidity Unit) angegeben.

Die 2017 gegenüber 2016 stark erhöhten Trübungswerte fallen auf. Das Maximum wird gegen Ende Juli erreicht. Anfang Oktober ist die Trübung immer noch fast so hoch wie im Sommer des Vorjahres. Diese wird durch eine seit 2017 optisch deutlich erkennbare Färbung des Wassers, welche auf die Tätigkeit des Planktons zurückzuführen ist verursacht. Die Aktivität des Planktons hängt von der Lichteinstrahlung, der Nährstoffversorgung sowie der Temperatur ab. Die Farbe des Wassers kann zwischen intensivem Grün und bräunlich wechseln. Die grüne Farbe entsteht durch das Phytoplankton, welches sich aufgrund der Lichteinstrahlung stark vermehrt und dann vom Zooplankton gefressen wird, was eine bräunliche Färbung verursacht. Diese Farbzyklen wechseln sich periodisch ab.

Weshalb das Plankton seit 2017 so viel aktiver ist hat vermutlich mehrere Gründe. Das Fehlen einer Wasserbedeckung ist sicherlich ein wichtiger Punkt, da deutlich mehr Licht in den Wasserkörper eindringen kann. Dies war aber auch bereits in den vorangehenden Jahren seit 2014 der Fall. Weitere Gründe können vermehrte Düngeeinträge aus der Landwirtschaft beziehungsweise dem Sediment oder eine erhöhte Wassertemperatur sein. In *Abb. 32* ist ersichtlich, dass 2017 die Temperatur deutlich erhöht war gegenüber 2016. Die Schwelle von 20°C wurde 2017 bereits Anfang Juni erreicht, 2016 erst Mitte Juli. Gemäss *Tab. 6* fand am 24.07.2017 zudem ein starker Phosphateintrag via den Zufluss statt, worauf gleichzeitig der Trübungsmesswert in die Höhe schoss. Im Vorjahr fand ein vergleichbarer Phosphateintrag erst am 05.09.2016 statt (*Tab. 5*) und hatte deshalb weniger starke Auswirkungen auf den Jahresverlauf.

Es bleibt abzuwarten, wie sich das Plankton in Zukunft entwickelt. Aufgrund der globalen Temperaturentwicklung kann davon ausgegangen werden, dass die durchschnittliche Wassertemperatur eher steigen wird. Die im Jahr 2017 erstmals deutlich sichtbaren Wasserverfärbungen zeigen, dass das Wasser eine grössere biologische Aktivität aufweist und die eingeschwemmten Nährstoffe verstoffwechselt werden. Die Nährstoffbelastung aus der Landwirtschaft scheint nach dem Greifen des Landwirtschaftsprogramms nun nicht mehr weiter abzusinken und der Weiher hat einen Gleichgewichtszustand erreicht. Dies ist auch für die Öffentlichkeitsarbeit von Bedeutung, da die Farbe des Planktons einen grossen Einfluss auf das neue, nicht mehr hauptsächlich von Wasserpflanzen geprägte optische Erscheinungsbild des Weihers und damit auf seine Wahrnehmung seitens der Bevölkerung hat.

4.3 Entwicklung der Schlammschicht

Zur Bestimmung des Schlammniveaus wird die Wassertiefe erhoben. Dazu wird die Secci-Scheibe hinuntergelassen, bis sie am Weihergrund aufliegt. Die normierte Wassertiefe wird anhand einer Markierung beim Bootshaus mit Hilfe des Wasserspiegels bestimmt. Zusätzlich werden Messungen zur Schlammmächtigkeit gemacht, welche durch das Durchstossen der Schlammschicht mit einem dünnen Aluminiumrohr bis zum Aufsetzen auf dem Untergrund ermittelt werden. Letztere Werte liefern aufgrund der Unregelmässigkeit des Untergrunds und der ungenauen Position der Messstellen bisher keine wirklich verwertbaren Daten. Die Auswertung des Schlammniveaus ermöglicht jedoch deutliche Schlussfolgerungen in Bezug auf die Wirksamkeit der Sanierungsmassnahmen.

Abb. 33 gibt die kumulierten Messwerte des Schlammniveaus an drei Messpunkten wieder. Die Messungen werden jeweils im Herbst gemacht und wurden mit Ausnahme von 2008 jedes Jahr durchgeführt. Bei der Interpretation der Werte ist zu beachten, dass die Stellen für die Probenahmen nur ungefähr bestimmt werden und Abweichungen von mehreren Metern in Bezug auf die Position möglich sind. Bodenunebenheiten können so zu Schwankungen der Messwerte führen, welche aufgrund von Verlagerungsprozessen des Schlammes auch normal sind.

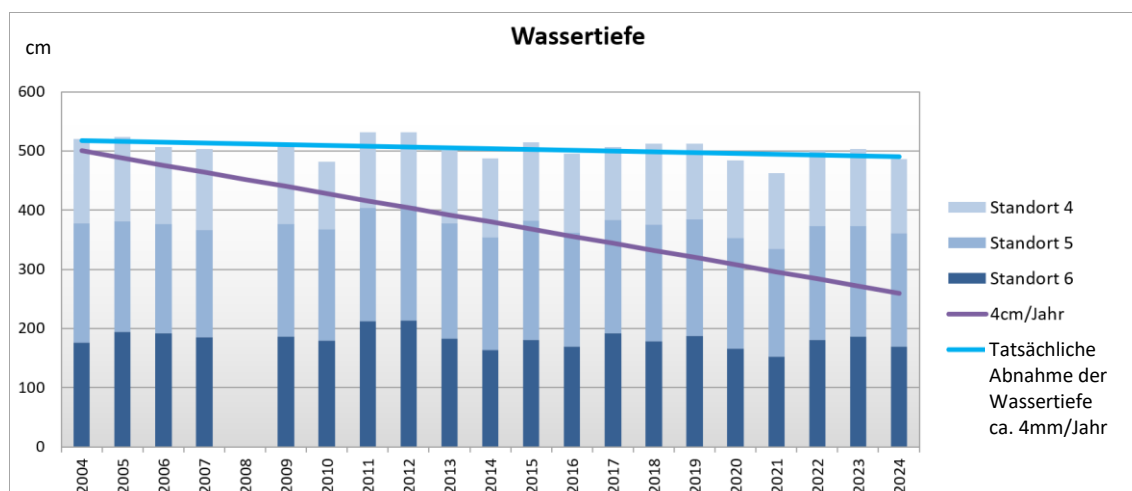


Abb. 33: Verlauf der genormten Wassertiefe im Bellacher Weiher 2004 – 2024 an 3 Messpunkten kumuliert. Die violette Linie bezeichnet die zu erwartende Abnahme der Wassertiefe durch das vor der Sanierung stattfindende Schlammwachstum von ca. 4 cm jährlich, welches durch die Sanierung gestoppt wurde. Die blaue Linie zeigt das tatsächliche Schlammwachstum von ca. 4 mm/Jahr

Zum Ausgleich dieser Abweichungen wurden die Messwerte von drei Messpunkten kumuliert. Multipliziert man das früher beobachtete Wachstum der Schlamm-schicht von rund 4 cm mit den 20 Jahren, erhält man eine potenzielle Abnahme der Wassertiefe von ca. 80 cm über den gesamten Zeitraum. In Abb. 33 ist dies in Form einer ins Diagramm eingezeichneten violetten Linie dargestellt, welche aufgrund der kumulierten Darstellung um den Faktor drei stärker geneigt ist. Statt des ohne Sanierungsmaßnahmen zu erwartenden Verlaufs, schwanken die Werte über die gesamte Zeit nur um wenige Zentimeter. Die lineare Regression ergibt eine tatsächliche Abnahme der Wassertiefe von rund 4 mm/Jahr.

Aufgrund dieser Messungen kann davon ausgegangen werden, dass die Schlamm-mächtigkeit während der letzten 20 Jahre nur im Zentimeterbereich zugenommen hat und damit der Verlandungsprozess im Weiher um etwa einen Faktor 10 verlangsamt wurde. Dies ist angesichts der Verlandungsproblematik in vergleichbaren Gewässern, wie dem Inkwilersee, der ausgebaggert werden muss, oder dem Lobsgensee, welcher unaufhaltsam verlandet, als weitere Sensation zu werten. Es kann davon ausgegangen werden, dass der stark mit Wasser durchsetzte diffuse Anteil der Schlamm-schicht durch den am Weihergrund verfügbaren Sauerstoff an Ort und Stelle kompostiert wurde und seither keine nennenswerte Schlammakkumulation mehr stattfindet. Stattdessen findet eine natürliche Sedimentierung von wenigen mm pro Jahr statt.

Die oberste Schlammschicht des Bellacher Weihers bestand noch bis vor einigen Jahren aus einer schwarzgrauen, übelriechenden Masse, welche sich nur schwer vom Untergrund ablösen liess und vom Bootsanker nur durch heftiges Reiben abzuwaschen war. Beim Setzen des Ankers wurde jeweils Methan freigesetzt, welches in Form von grossen Blasen an die Wasseroberfläche gelangte. Dieser Zustand der Schlammschicht wurde leider nie richtig dokumentiert. In den letzten zehn Jahren hat sich die Beschaffenheit der Schlammschicht deutlich verändert. In *Abb. 34* sieht man eine Probe, welche mit der Secci-Scheibe an die Oberfläche geholt wurde und den aktuellen Zustand der Sedimentschicht sichtbar macht.



Abb. 34: Aufnahme einer Probe der Schlammschicht an Standort 5 am 04.10.2017



Abb. 35: Nahaufnahme einer Schlammprobe auf der Secci-Scheibe am 03.10.2023

In *Abb. 35* ist die Beschaffenheit der obersten ca. 1-2 cm der Sedimentschicht gut erkennbar. Die Nahaufnahme einer frischen Probe auf der Secci-Scheibe zeigt eine hellbraune Farbe, welche auf die fortgeschrittene Mineralisierung hindeutet. Die Konsistenz ist feinkörnig und locker. Eine Geruchsbildung ist nicht mehr feststellbar. Die Schlammprobe kann ohne weiteres mit Wasser abgewaschen werden. Bei der Probenahme erfolgt die Methan- oder allenfalls CO₂-Freisetzung nun in Form von kleinen Bläschen und nicht mehr als riesige Gasblasen mit mehreren Zentimetern Durchmesser. Es wäre sehr sinnvoll, den Zustand der Schlammschicht und der daraus entweichenden Gase genauer zu erheben, wofür allerdings eine geeignete Methodik benötigt würde. Bei der Konzeption einer zukünftigen wissenschaftlichen Begleitforschung²⁴ ist diesem Punkt mehr Beachtung zu schenken.

4.4 Limnologische Sedimentuntersuchung

Zur Dokumentation des Sanierungsvorgangs ist die Durchführung einer Sedimentuntersuchung von besonderem Interesse. Die jährlichen Ablagerungen am Seegrund stellen ein Archiv dar, das Veränderungsprozesse der Wasserbiologie über Jahrhunderte dokumentieren kann. Das L.A.K.E.S Institute in Lyss wurde mit dieser wissenschaftlichen Arbeit betraut. Für die Untersuchung hat Dr. Isabelle Larocque-Tobler am 21.06.2019 zwei Sedimentkerne entnommen, einen an der tiefsten Stelle im Weiher und einen im flachen Bereich. Den beiden Kernen wurden Proben für die limnologische Bestimmung und Datierung entnommen. Die Proben für die Datierung wurden an Flett Research nach Kanada gesendet. Alle nachfolgenden Daten und Angaben stammen aus dem Bericht des L.A.K.E.S Institute (LAROCQUE-TOBLER 2020) und wurden für diesen Zwischenbericht aufbereitet.

Datierung

Flett Research ist auf die Auswertung von Radioisotopen²⁵ spezialisiert, welche eine genaue Altersbestimmung der verschiedenen Ablagerungen im Sediment ermöglicht. Zur Datierung wurde der längere Kern aus der tiefsten Stelle des Weihers verwendet. Aufgrund dieser Datierung kann jeder Zentimeter des Sediments mit einer Jahreszahl versehen werden, wodurch die limnologischen Auswertungen dem entsprechenden Zeitraum zugeordnet werden können. Der lange Sedimentkern reicht bis 61.5 cm in die Tiefe, was etwa dem Jahr 1527 (+/- 15 Jahre) entspricht, also dem Zustand kurz nach dem Aufstau des Weihers um 1456. Dieser Sedimentkern zeigt somit praktisch den vollständigen Verlauf der Weihergeschichte auf. Von 1909 bis 2019 liefert die Datierung auf das Jahr genaue Ergebnisse und ermöglicht somit ein exaktes Nachvollziehen der Sanierungsgeschichte.

²⁴ Wie die Sedimentuntersuchung von Flett Research zeigt, wurde das Sediment in den ersten drei Zentimetern vermischt, was auf die Aktivität von Mikroorganismen hindeutet. Diesen Umsetzungsvorgang in Anwesenheit von Sauerstoff gilt es in zukünftigen Projekten mittels einer geeigneten Methodik (z.B. Inkubation von Sedimentproben) zu untersuchen.

²⁵ Für die Datierung wurden die drei Radioisotope ²¹⁰Pb (Blei), ¹³⁷Cs (Cäsium) und ²²⁶Rn (Radon) gemessen. Anhand eines Modells kann dann das Alter der Proben abgeleitet werden. Diese Vorgehensweise liefert exakte Jahreszahlen bis ca. 110 Jahre in die Vergangenheit. Ältere Werte können extrapoliert werden, wobei ein Fehler von +/- 3 Jahren pro 4 cm Sediment entsteht. Genauere Werte für ältere Proben könnten mit der Radiokarbonmethode erreicht werden, was für diese Untersuchung jedoch nicht notwendig war.

Wassergehalt

Der Wassergehalt des langen Sedimentkerns ist in *Abb. 36* dargestellt. An der tiefsten Stelle ist der Wassergehalt am geringsten, da das Sediment dort aus Sand besteht. Es ist die Sohle des Weiher. Danach pendelt der Wasseranteil zwischen 60% und 70%. Nach Beginn des Landwirtschaftsprogramms um 2010 fiel der Wasseranteil auf den tiefsten Wert seit Jahrhunderten. Ein niedriger Wasseranteil deutet auf einen tieferen Anteil organischer Substanz und damit auf eine gute Verrottung der Sedimentschicht am Weihergrund hin.

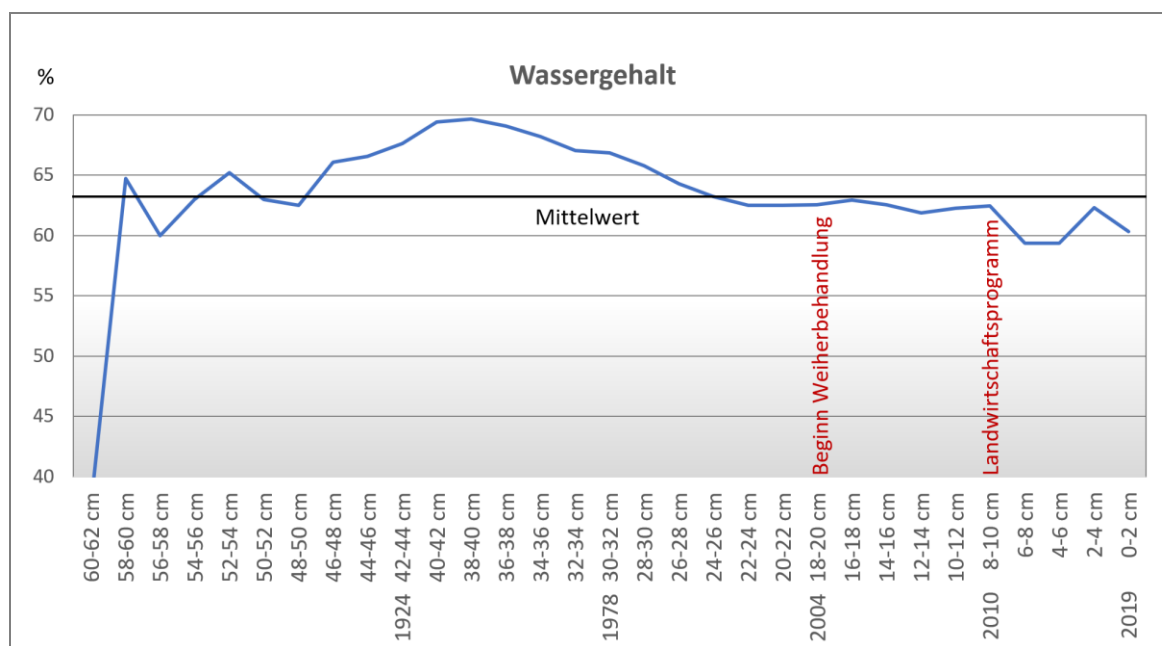


Abb. 36: Zeitlicher Verlauf des Wasseranteils im langen Sedimentkern in Prozent.

Organische Substanz

In *Abb. 37* ist der Anteil an organischer Substanz ersichtlich. Mit dem Beginn der Plocher-Behandlung 2004 nahm der Gehalt an organischer Substanz im Sedimentkern langsam ab. Nach dem Start des Landwirtschaftsprogramms im Jahr 2010 wurde erstmals seit über 100 Jahren wieder ein Wert unterhalb des Durchschnitts erreicht. Dies zeigt, dass in diesem Zeitraum weniger organische Substanz ins Sediment eingebaut wurde, also weniger Faulschlamm am Weihergrund vorhanden war.

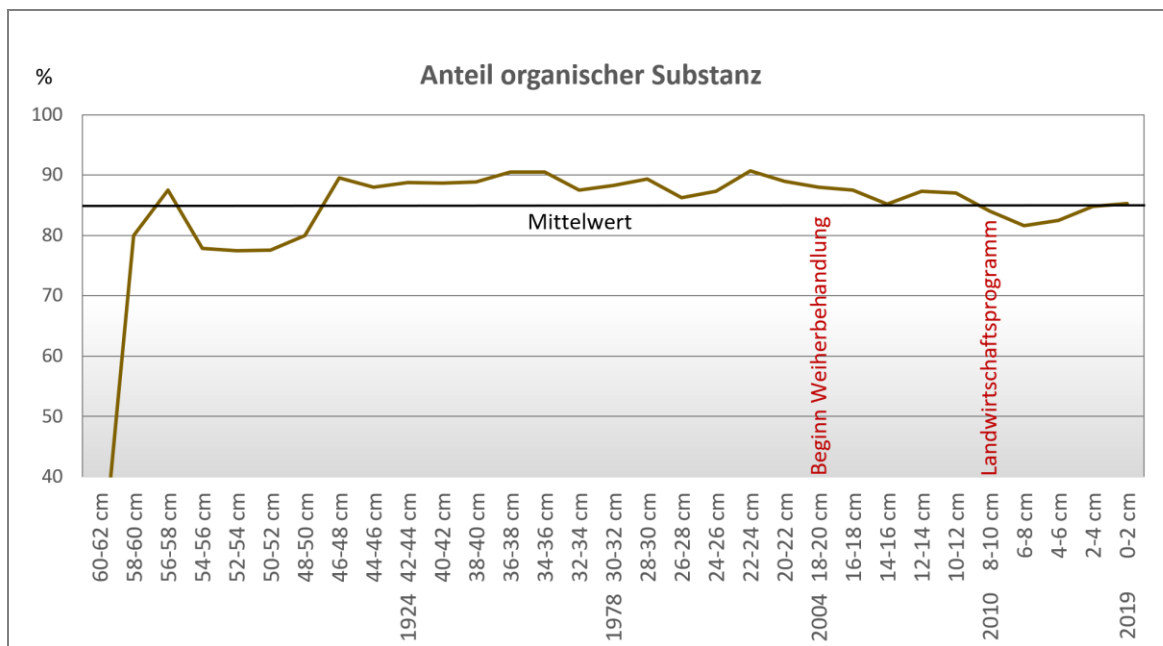


Abb. 37: Zeitlicher Verlauf des Anteils organischer Substanz im langen Sedimentkern in Prozent.

Redox Potenzial

Der Verlauf des Redox Potentials liefert ein hervorragendes Abbild des Zustandes am Weihergrund über die Zeit und ist in *Abb. 38* dargestellt. Tiefe Redox Werte gehen mit der Abwesenheit von Sauerstoff einher und bedeuten, dass Phosphat aus dem Sediment rückgelöst werden kann, wodurch der Weiher zusätzlich gedüngt wird. Mit Beginn der Plocher-Behandlung im Jahr 2004 setzt ein kontinuierlicher und rasanter Anstieg des Redox Potentials ein und erreicht nach dem Start des Landwirtschaftsprogramms wieder einen Wert, wie er im 16. Jahrhundert zuletzt vorhanden war. Damals, ca. 100 Jahre nach dem Aufstauen des Weihers, setzten gemäss dieser Redoxmessung die anaeroben Prozesse erstmals ein, machten von 1930 bis 1970 eine Talsohle durch und erholten sich erst durch das Sanierungsprogramm wieder vollständig.

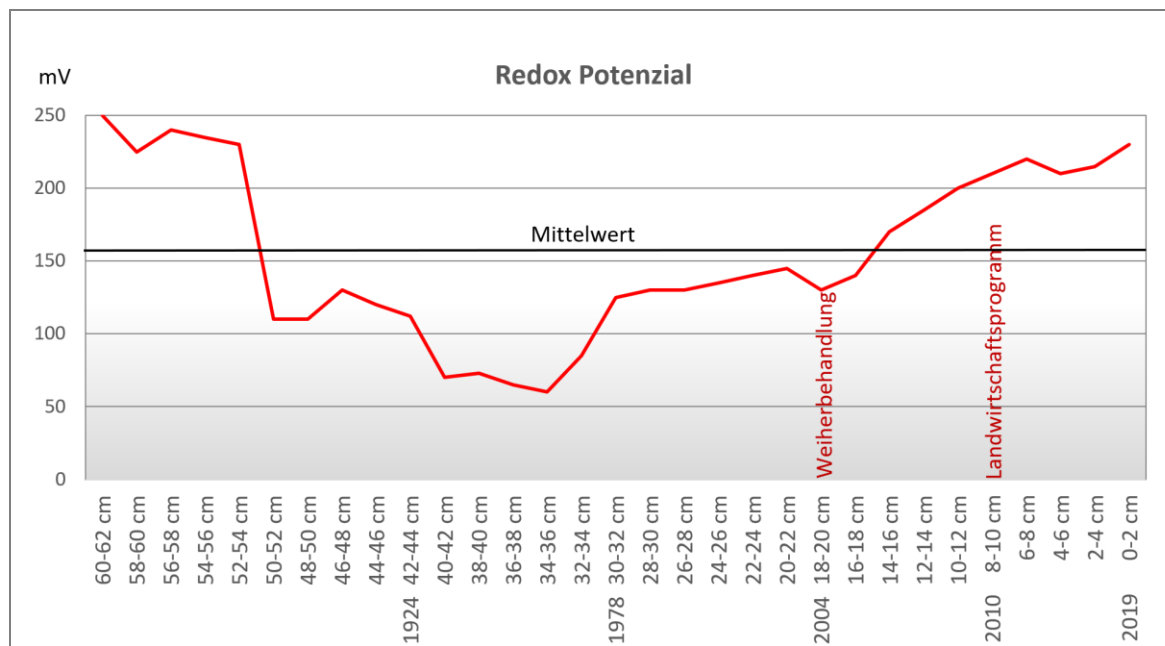


Abb. 38: Verlauf des Redox Potentials im langen Sedimentkern, mit Jahreszahlen versehen.

Der starke Abfall des Redoxwertes im 16. Jahrhundert deutet auf den Beginn des Einleitens von Haus- und Landwirtschaftsabwässern in den Weiher hin. Es ist davon auszugehen, dass der Weiher seither eutroph, also überdüngt war. Eine weitere Verschlechterung erfolgte Anfang des 20. Jahrhunderts durch den Bau von Drainageleitungen im Seuset. In den 60'er und 70'er Jahren erholte sich der Wert wieder etwas, was mit der Erstellung von Kanalisationsbauten und der Einführung von Abwasserbehandlungsanlagen zusammenhängen dürfte. Durch den Einsatz der Plocher-Technologie hat sich der Weiher bis heute wieder vollständig zurück zur Mesotrophie erholt. Dies ist ein starker Beweis für die Wirksamkeit der Behandlung.

Zooplankton

In je drei Sedimentproben aus dem kurzen und dem langen Kern wurden fünf Zooplanktonarten bestimmt, welche zum jeweiligen Zeitpunkt im Weiher vorkamen. Die Auswertung der aussagekräftigsten beiden Arten *Alona affinis* und *Chydorus sphaericus* ist in Abb. 39 veranschaulicht. Es ist gut ersichtlich, dass sich die Artenzusammensetzung im 20. Jahrhundert gänzlich von den beiden anderen Proben unterschied. Während *Alona affinis* eher typisch für mesotrophe Bedingungen ist, zeigt *Chydorus sphaericus* Makrophyten an, also die Anwesenheit von Wasserpflanzen, welche mit eutrophen Bedingungen einhergehen. Durch den Einsatz des Plocher-Systems konnte somit ein biologischer Zustand im Weiher wiederhergestellt werden, welcher im 16/17. JH vor der Industrialisierung vorhanden war.

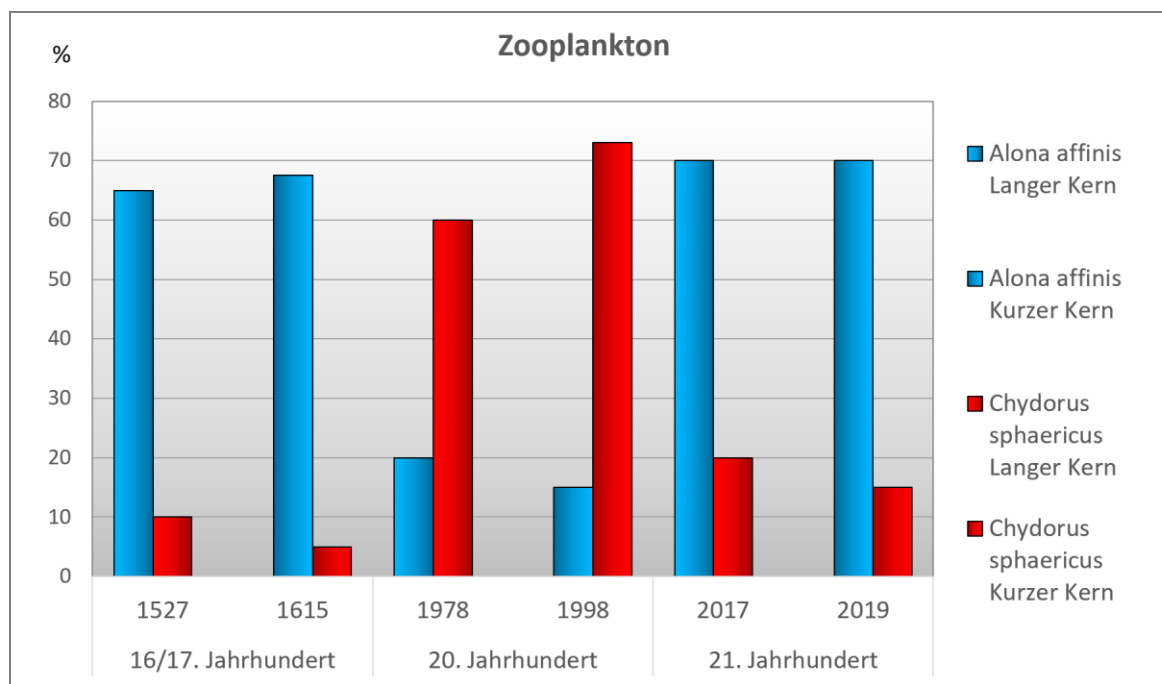


Abb. 39: Prozentsätze zweier Zooplanktonarten im langen und kurzen Kern. *Alona affinis* steht eher für mesotrophe Bedingungen, während *Chydorus sphaericus* mit dem Vorhandensein von Makrophyten, also eutrophen Bedingungen in Verbindung gebracht wird.

Chironomiden

Die Familie der Chironomiden bzw. Zuckmücken ist eine wichtige Vertreterin des aquatischen Lebens, deren Zusammensetzung gute Rückschlüsse bezüglich der zum jeweiligen Zeitpunkt im Wasser herrschenden Lebensbedingungen ermöglicht. Für die Untersuchung zum Bellacher Weiher wurden ihre im Sediment konservierten Überreste von Dr. Isabelle Larocque-Tobler ausführlich unter dem Mikroskop bestimmt. Die während den verschiedenen Zeiträumen vorhandenen Gattungen und Arten (in der Folge als Taxa bezeichnet) sind in Abb. 40 ersichtlich, welche die Auswertung des langen Kerns²⁶ zeigt.

Gewisse Chironomidentaxa können aufgrund ihrer verschiedenen Lebensraumsprüche einer «eutrophen» bzw. einer «mesotrophen» Gruppe zugeordnet werden. In Abb. 41 ist die prozentuale Verteilung dieser Gruppen nach Jahreszahlen aufgeführt. Dieses Mal wird die Auswertung des kurzen Kerns aus der Flachwasserzone gezeigt. Es ist erkennbar, dass der hohe Anteil eutropher Taxa von über 60% durch die Sanierung auf einen Wert von 45% sank, welcher sogar noch etwas besser ist als der vorindustrielle Wert aus dem 17. JH. Gleichzeitig stieg der Anteil mesotropher Taxa auf fast 14%, der beste der gemessenen Werte. Es kann somit gezeigt werden, dass der Weiher nach einer klar eutrophen Phase wieder mesotroph geworden ist, was seinem vorindustriellen Zustand entspricht.

²⁶ Die Taxa im kurzen Kern aus der Flachzone des Weihers wurde in derselben Weise bestimmt. Aufgrund der Ähnlichkeit der Auswertung wird auf eine Darstellung hier verzichtet. Alle weiteren Grafiken können in LAROCQUE-TOBLER 2020 gefunden werden.

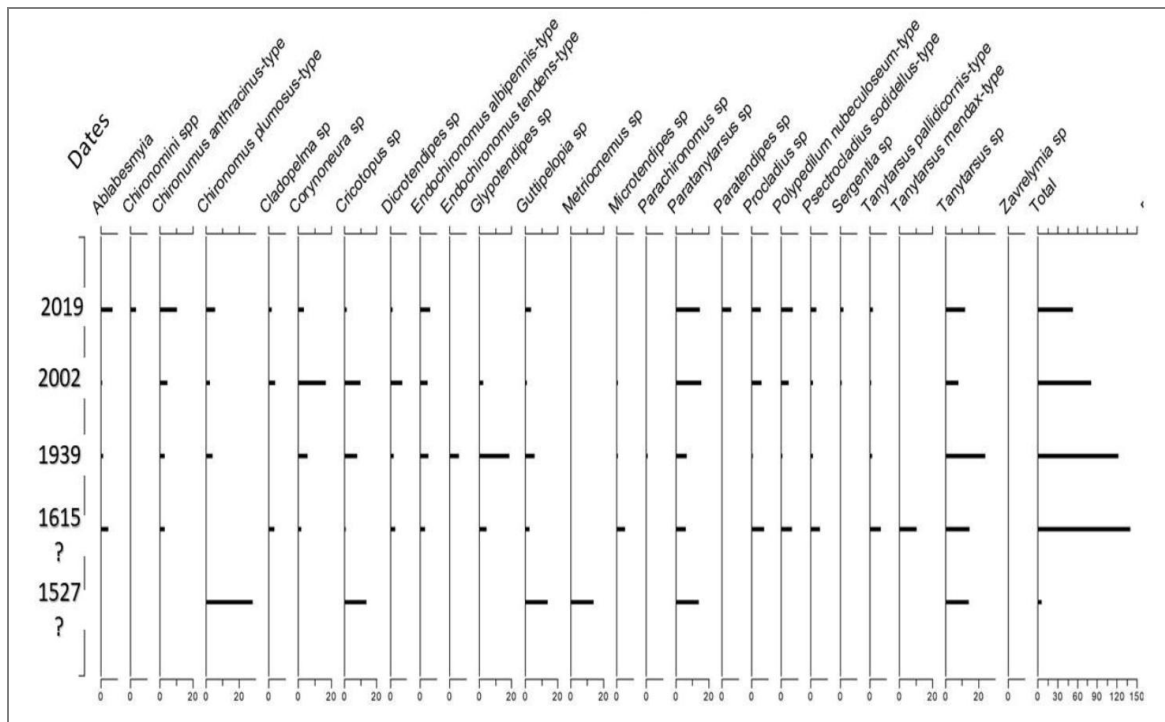


Abb. 40: Prozentsätze und totale Anzahl der verschiedenen Chironomidengattungen und Arten im langen Sedimentkern. Die mit Fragezeichen versehenen Jahreszahlen sind aufgrund der Extrapolation bei der Datierung mit einem Fehler behaftet und nur ungefähr richtig.

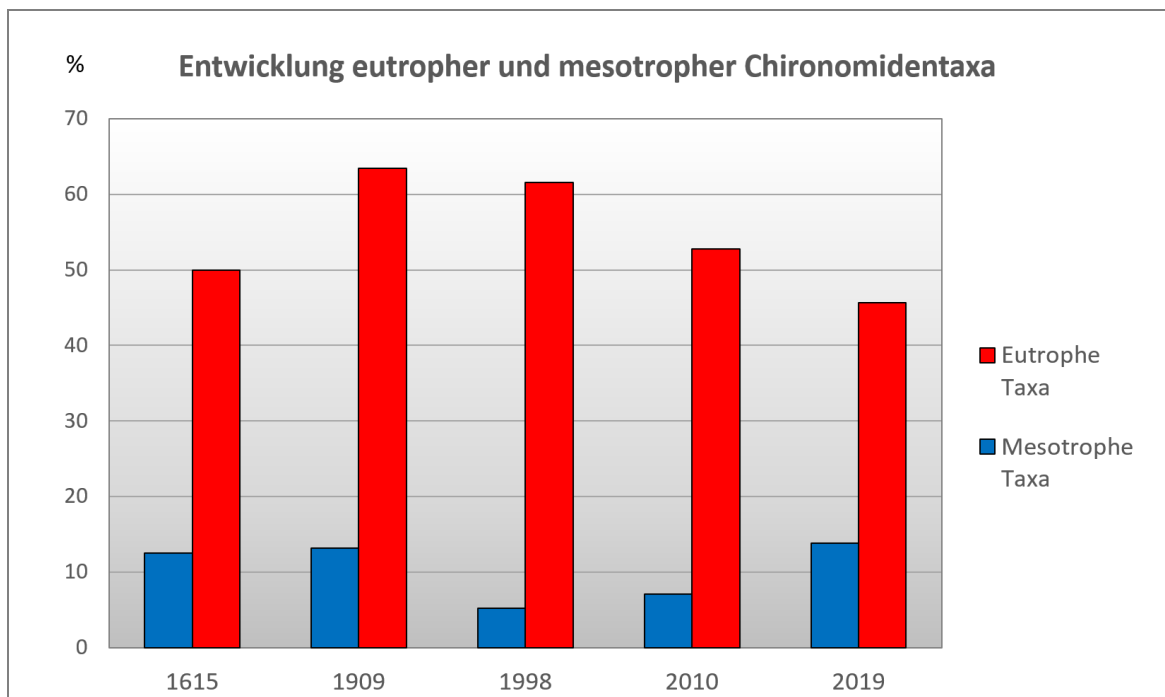


Abb. 41: Prozentsätze von «eutrophen» und «mesotrophen» Chironomidentaxa im kurzen Kern aus der Flachwasserzone des Bellacher Weiher. Dank der Sanierung nehmen die eutrophen Taxa gegenüber 1998 deutlich ab und die mesotrophen zu. 2019 werden sogar bessere Werte als vor der Industrialisierung im 17. JH erreicht.

Weitere Chironomidentaxa können aufgrund ihrer biologischen Eigenschaften den beiden Gruppen «wenig Sauerstoff» und «Wasserpflanzen» zugeordnet werden. Vertreter der Gruppe «wenig Sauerstoff» sollten dann zahlreich vorhanden sein, wenn im Gewässer wenig Sauerstoff verfügbar ist, während Zuckmückenlarven der Gruppe «Wasserpflanzen» vor allem dann im Sediment auftreten sollten, wenn viele Wasserpflanzen (Makrophyten) im Weiher wachsen. Die diesbezügliche Auswertung des langen Kerns ist in *Abb. 42* ersichtlich:

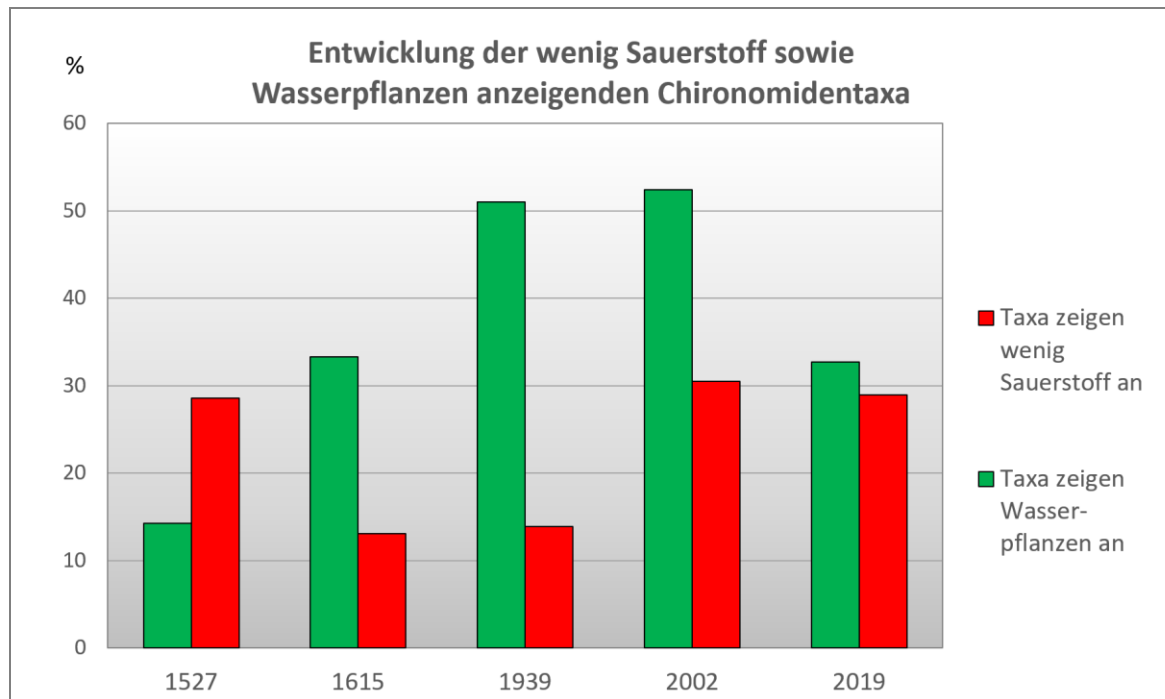


Abb. 42: Prozentsätze von «wenig Sauerstoff» und «Wasserpflanzen» (Makrophyten) anzeigenden Chironomidentaxa im langen Kern aus dem tiefsten Bereich des Bellacher Weihers. Dank der Sanierung nehmen die Wasserpflanzen anzeigenden Taxa im Jahr 2019 deutlich ab und erreichen wieder den Stand von 1615. Bei den wenig Sauerstoff anzeigenden Taxa ergibt die Auswertung hingegen eher das Gegenteil von dem, was man aufgrund der anderen Resultate erwarten würde.

Chironomidentaxa der Gruppe «Wasserpflanzen» haben bis 2002 stets zugenommen, was die zunehmende Verkräutung des Weihers über die Zeit sehr gut widerspiegelt. 2019 fielen die Vertreter dieser Gruppe um 20% zurück und entsprechen wieder dem Stand von 1615, was den Erfolg der Sanierungsmassnahmen klar belegt. Bei der Gruppe «wenig Sauerstoff» sind die Verhältnisse eher widersprüchlich. Die Gruppe war 1527 kurz nach Anlage des Weihers am besten vertreten und hat dann bis 1939 stark abgenommen. Erwarten würde man gerade das Gegenteil. Die Werte im 21. JH sind dann wieder gleich hoch wie 1527, was ebenfalls nicht mit den Erwartungen übereinstimmt, da die Sauerstoffversorgung im Weiher durch die Sanierung nachweislich verbessert wurde. Vermutlich ist die Zuordnung bei dieser Gruppe nicht so aussagekräftig wie bei den Makrophyten.

Diatomeen

Als letzte Gruppe von Organismen wurden die Diatomeen bzw. Kieselalgen in den Sedimentkernen bestimmt. In *Abb. 43* ist die Auswertung von drei Stellen aus dem kurzen Kern dargestellt. Wiederum sind deutliche Unterschiede zwischen den Proben erkennbar. Die Artenvielfalt hat von 2010 bis 2019 durch die Sanierungsmaßnahmen deutlich zugenommen. Zudem hat das Auftreten der beiden 2010 dominanten *Staurosira* Arten abgenommen und bei *Staurosira construens* wieder das Niveau von 1615 erreicht. Die Artenzusammensetzung heute unterscheidet sich zwar von der im Jahr 1615, aber das Auftreten vieler neuer Arten innerhalb von neun Jahren verbunden mit dem Rückgang dominanter Arten des eutrophen Zustands darf als sehr gutes Zeichen für den Sanierungserfolg gewertet werden.

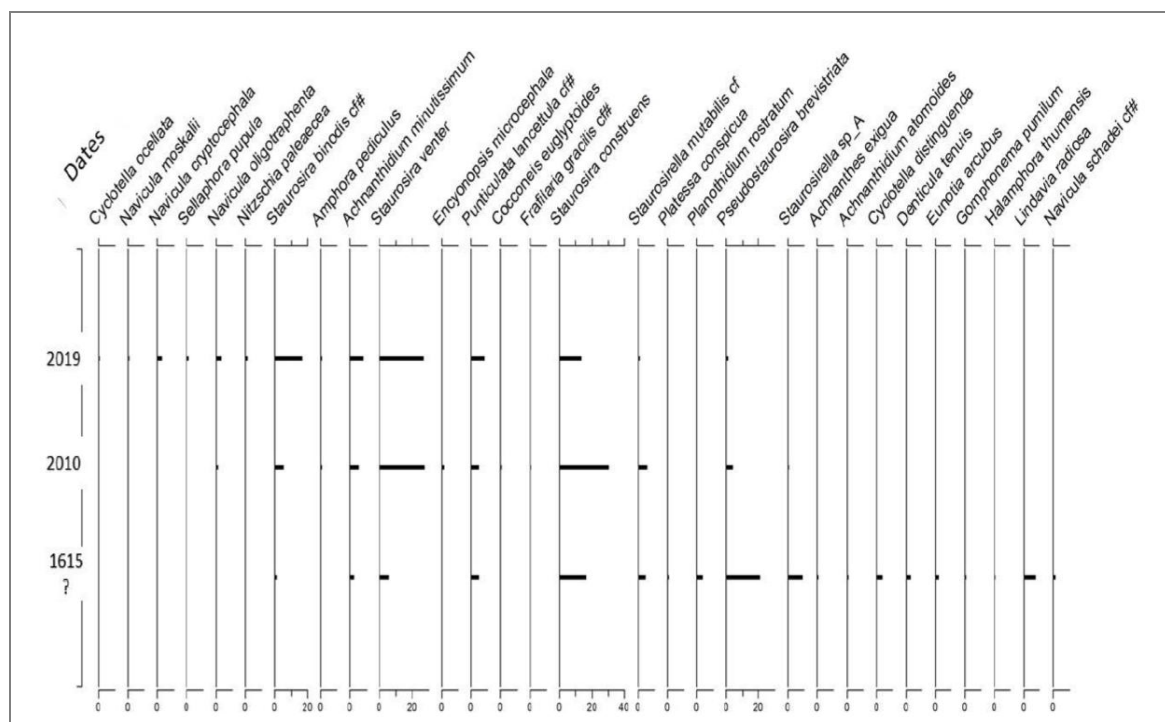


Abb. 43: Prozentsätze der verschiedenen Diatomeenarten (Kieselalgen) im langen Sedimentkern. Nur Arten mit einem Anteil von über 2% sind dargestellt. Die mit einem Fragezeichen versehenen Jahreszahlen sind aufgrund der Extrapolation bei der Datierung mit einem Fehler behaftet und nur ungefähr richtig. Die Artenvielfalt hat von 2010 – 2019 deutlich zugenommen.

4.5 Biologische Beschreibung und Bewertung

Die biologische Beschreibung des Weihers kann grob in drei Zustände eingeteilt werden, welcher der Weiher während den letzten vierzig Jahren nacheinander eingenommen hat. Um diese Zustände zu dokumentieren, wurden verschiedene Anhaltspunkte aus drei Arbeiten herangezogen, welche in *Tab. 7* aufgeführt sind. In den 1980er Jahren war der Bellacher Weiher demnach stark eutroph, mit der schwerwiegenden Problematik des Schilfsterbens infolge von Schwefelwasserstofftoxizität in der Schlammschicht. Dieser Zustand wurde umfassend in einem Gutachten des damaligen Ökobüros AONL beschrieben (IMHOF 1986).

Tab.7: Relevante Arbeiten für die biologische Beschreibung des Bellacher Weihers

	Autor	Art	Biologische Beschreibung des Weihers
1986	IMHOF	Gutachten Ökologische Diagnose Sanierungsvorschläge	Stark eutroph, deutlich sichtbarer Algenbefall, Auflösung des Schilfgürtels aufgrund der toxischen Wirkung von Schwefelwasserstoff im Sediment.
2013	MERSMANN	Praktikumsbericht	Wasserkörper stark mit Pflanzen durchwachsen, Algenbefall, Durchführung von Schilfschnitten zur Eindämmung der Ausbreitung des Schilfgürtels. Deutlich eutrophes Gewässer mit eingeschränkter Schiffbarkeit.
2016	WOODTLI	Bachelorarbeit ZHAW	Bewuchsfreies, eher mesotrophes Gewässer, Untergrund und Wasseroberfläche ohne Pflanzen, hohe biologische Vielfalt am Weihergrund mit 35 Taxa, aber Gastropoden ungenügend vertreten. Problemlos schiffbar.

Zu Beginn der Sanierung ab dem Jahr 2004 war diese Problematik nicht mehr vorhanden, sondern ins Gegenteil verdreht, da der Schilfgürtel übermässig wuchs und somit der Verlandung Vorschub leistete. Das übermässige Schilfwachstum wurde von 2007 bis 2013 mit Unterwasserschilfschnitten bekämpft. Der Wasserkörper war stark mit Wasserpflanzen durchwachsen und das Erscheinungsbild von deutlichen Algenbefällen gekennzeichnet. Die Schiffbarkeit mit dem Ruderboot war infolge des Unterwasserbewuchses stark eingeschränkt.

Die umfassendste aber nicht immer fehlerfreie²⁷ Beschreibung dieses Zustands findet sich in einem Bericht, welcher anlässlich des Naturschutzpraktikums von Christoph Mersmann im Rahmen seines Aufnahmeverfahrens an der ZHAW angefertigt wurde (MERSMANN 2013). Ab 2014 zeigte der Weiher dann ein gänzlich verändertes Erscheinungsbild, da er am Grund und an der Wasseroberfläche komplett vegetationsfrei wurde, ein Zustand welcher ausführlich im Rahmen einer Bachelorarbeit an der ZHAW von Florence Woodtli beschrieben ist (WOODTLI 2016).

²⁷ Auf Seite 7 wird irrtümlicherweise eine Luftaufnahme des Kantons Solothurn auf den 04.09.2011 datiert, welche am 09.04.2011 aufgenommen wurde und deshalb aufgrund der unterschiedlichen Jahreszeit nicht mit der aufgeführten Luftaufnahme vom 31.10.2009 vergleichbar ist. Die Quelle der Aufnahme von 2009 konnte nicht verifiziert werden, das Datum scheint aber mit der Vegetationsentwicklung übereinzustimmen und so zeigt diese Aufnahme letztmals den überwachsenen Zustand des Weihers in der zweiten Jahreshälfte. Zudem wird auf Seite 13 das im Bellacher Weiher zu dieser Zeit häufig vorkommende Tausendblatt als *Myriophyllum verticillatum* identifiziert, was von der ZHAW anhand der Fotos nicht bestätigt werden konnte.

Aus dem Jahr 1986 liegen leider keine Bilder vor. Ab Beginn des Pilotprojekts gibt es reichlich Bildmaterial von David Horisberger (HORISBERGER 2004), Adrian Nufer und Christoph Mersmann. Letztere sind grösstenteils auf www.bellacherweiher.ch einsehbar. Nachfolgend sind einige dieser Aufnahmen zur Verdeutlichung des Veränderungsprozesses abgebildet und bedarfsweise mit Kommentaren versehen:

In *Abb. 44 bis 48* sieht man den Weiher in überdüngtem Zustand mit vielen Seerosen (*Nymphaea alba*), welche zur Blütezeit die Weiherbesucher erfreuten. Gleichzeitig war aber fast der gesamte Wasserkörper mit Wasserpflanzen durchwuchert und zeitweise herrschte starker Algenbefall, welcher das Erscheinungsbild lange Zeit prägte und Auslöser für die Durchführung der Sanierungsmassnahmen war. Vor allem im Frühjahr kann das Zusammenkommen mehrerer Bedingungen dazu führen, dass sich innerhalb weniger Tage ein flächendeckender Algenteppich entwickeln kann. Gefördert wird dies durch ein sprunghaftes Ansteigen der Temperatur und gleichzeitigem Ausbringen von Düngern durch die Landwirte sowie kurz danach einsetzenden Regenfällen.



Abb. 44: Aufnahme des überdüngten Bellacher Weihers am 14.10.2008, Weihermitte



Abb. 45: Bereich vor dem Bootshaus über die gesamte Wassertiefe von fadenartigen Wasserpflanzen durchwachsen (09.06.2009)



Abb. 46: Ausbreitung der Seerosen (*Nymphaea alba*) am 07.07.2010



Abb. 47: Deutlicher Algenbefall am 25.04.2011



Abb. 48: Algenprobe auf dem Ruder am 03.05.2011

Bis und mit dem Jahr 2013 war der Weiher noch stark bewachsen, wie in der Anhand der Darstellung in *Abb. 49* gut erkannt werden kann. Diese von Christoph Mersmann aufgrund eigener Messungen angefertigte Darstellung zeigt deutlich, dass an vielen Stellen die Unterwasservegetation noch bis zur Wasseroberfläche reichte. Der typische Pflanzenbestand setzte sich aus Tausendblatt (*Myriophyllum* sp., *Abb. 50*), Seerosen und Tannenwedel (*Hippuris vulgaris*, *Abb. 51*) zusammen.

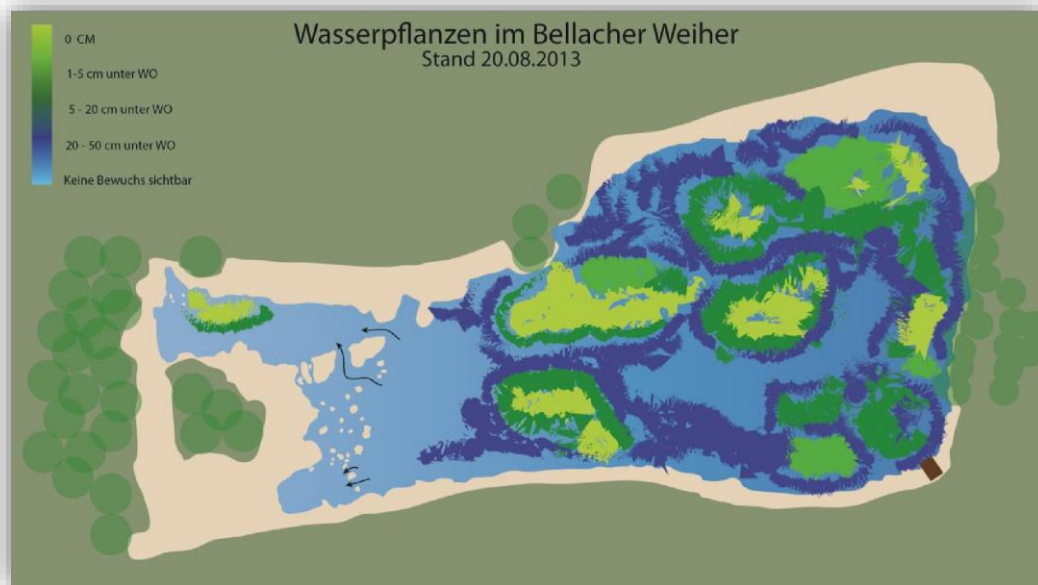


Abb. 49: Höhe der Unterwasserpflanzen am 20.08.2013 (aus MERSMANN 2013)



Abb. 50: Seerosen und Tausendblatt, um 2012 (www.bellacherweiher.ch)



Abb. 51: Tannenwedel (*Hippuris vulgaris*), um 2012 (www.bellacherweiher.ch)

An den Stellen, an welchen das Pflanzenwachstum nicht bis zur Oberfläche reichte, herrschte die Wasserpest (*Elodea canadensis*) vor (Abb. 52 und 53).



Abb. 52: Wasserpest (*Elodea canadensis*) am 07.07.2010



Abb. 53: Wasserpestbefall um 2012 (www.bellacherweiher.ch)

Ab dem Jahr 2014 war der Weiher dann vegetationsfrei, wie beispielsweise in Abb. 54 sichtbar. 2016 fand eine intensive biologische Beurteilung des Weihers durch die ZHAW Wädenswil statt. Es wurden die biologischen Qualitätsindizes IBEM und CIEPT bestimmt, welche einen Vergleich mit anderen Gewässern erlauben.

Der Bellacher Weiher wurde gemäss IBEM als gut und nach CIEPT als mässig beurteilt (WOODTLI 2016). Beim IBEM wurden vor allem das Vorkommen der Gastropoden (Schnecken) als unbefriedigend befunden. Die Gastropoden sind auf dem Weihergrund anzutreffen und als Grund für ihr unbefriedigendes Abschneiden wird das Fehlen einer Unterwasservegetation genannt. Es ist abzuwarten, ob der Weiher eine weitere Entwicklung durchmachen wird, durch welche der Lebensraum am Weihergrund wieder attraktiver für pflanzlichen Bewuchs wird.

Bezüglich der anderen am Seegrund lebenden Organismen (Makrozoobenthos) weist der Bellacher Weiher mit 35 Taxa hingegen deutlich mehr Arten auf, als vergleichbaren Kleinseen im Kanton Bern, wie z.B. der Lobsigen- oder Inkwilersee, welche nur einzelne Arten, wie Fadenwürmer (Nematoden) oder Schlammröhrenwürmer (Tubificidae) aufweisen (WOODTLI 2016, *Seiten 41-43*). Diese weisen auf teilweise anaerobe Bedingungen hin, welche beim Bellacher Weiher offenbar kaum mehr vorkommen.

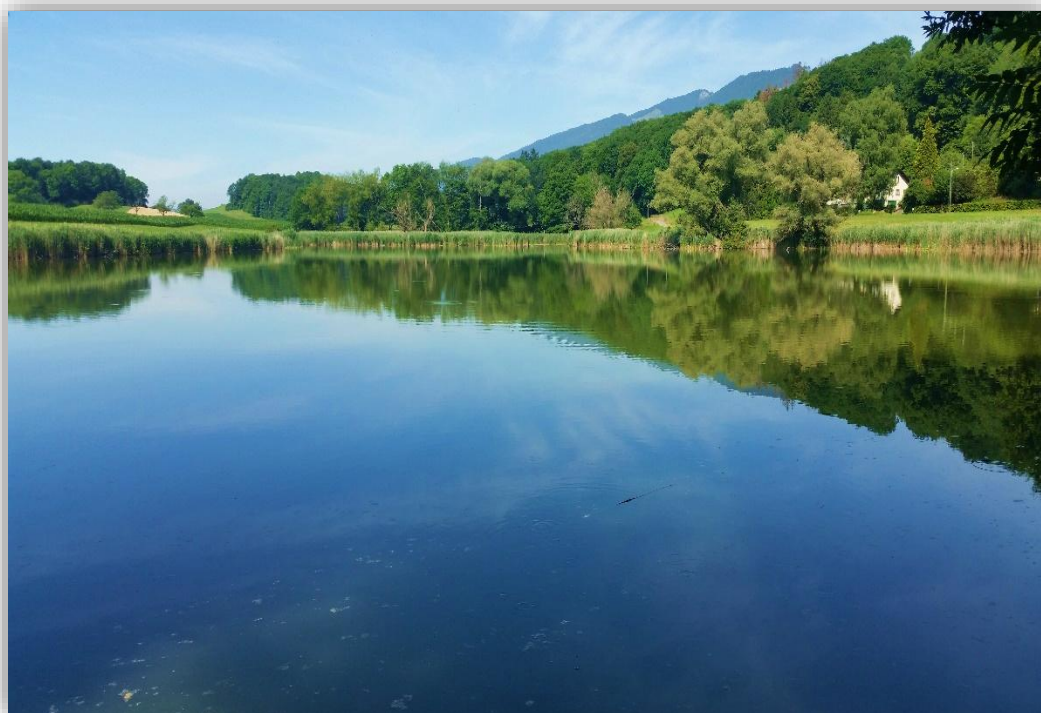


Abb. 54: Aufnahme des vegetationsfreien Bellacher Weihers vom Ostufer am 07.06.2017

4.6 Umfrage bei den Landwirten

Zur Dokumentation und Überwachung der Produktwirkungen bei den Landwirten wurde in zweijährigem Abstand eine Umfrage durchgeführt. Die beteiligten Landwirte erhielten jeweils am Ende der Jahre 2010, 2012, 2014, 2016 und im Jahr 2018 zum letzten Mal einen Fragebogen mit Fragen zum Landwirtschaftsbetrieb und den feststellbaren Produktwirkungen. Die Auswertung dieser Umfragen wurde jeweils in einem Bericht festgehalten (NUFER 2011, 2013, 2015, 2017, 2019).

Güllequalität

Die Verbesserung der Güllequalität durch das Aktivieren eines aeroben Kompostprozesses mittels des entsprechenden Plocher-Produktes ist die zuerst feststellbare Wirkung des Einsatzes auf dem Landwirtschaftsbetrieb. Durch das Anregen eines mikrobiellen Umwandlungsprozesses wird die Gülle fließfähiger, homogener, stinkt weniger und ist besser pflanzenverträglich. Die normalerweise als wasserlösliche Ionen vorliegenden Nährstoffe werden in Form von lebendiger Biomasse gebunden. Dadurch verringert sich das Auswaschungspotenzial und somit die Zufuhr von Nährstoffen in den Weiher über das Oberflächen- und Drainagewasser. Gleichzeitig verbessert sich die langfristige Düngewirkung der Gülle.

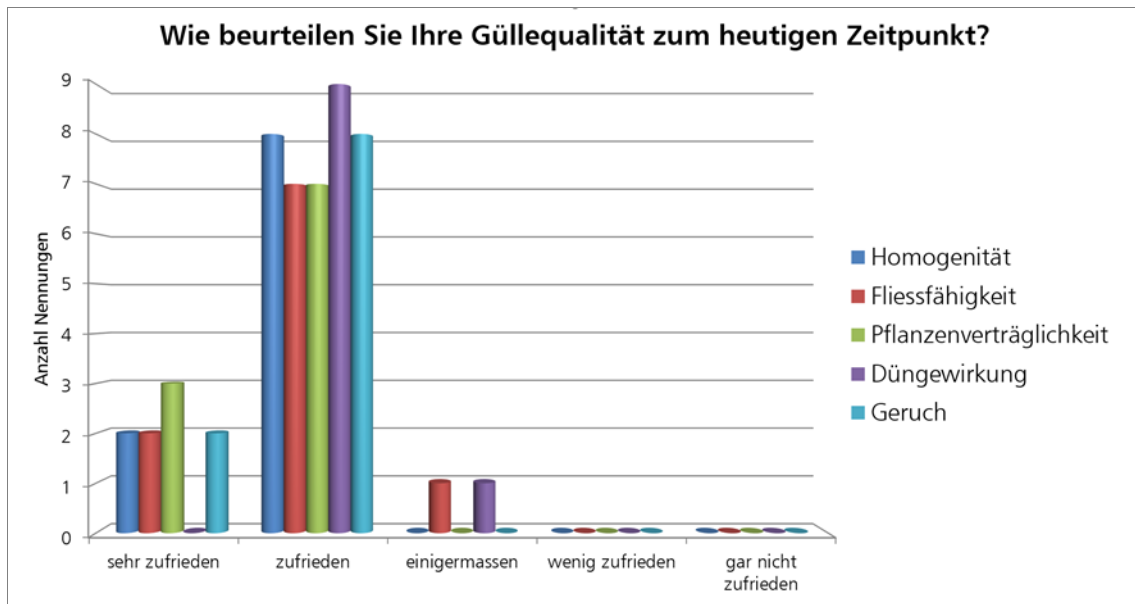


Abb. 55: Selbstbeurteilung der Güllequalität der viehhaltenden Landwirte im Jahr 2018

In Abb. 55 ist die Beurteilung der Güllequalität durch die viehhaltenden Landwirte, welche am Projekt teilnehmen, ersichtlich. Die Zufriedenheit der Landwirte bezüglich der verschiedenen Eigenschaften ihrer Gülle ist beachtlich, vor allem hinsichtlich der Pflanzenverträglichkeit. Die Ergebnisse sind über den gesamten bisherigen Verlauf des Landwirtschaftsprogramms von insgesamt 15 Jahren stabil und werden von Düngeberatung des Wallierhofs anerkannt.



Abb. 56: Foto der Abdeckung des Güllelochs bei einem am Projekt beteiligten Landwirt

In *Abb. 56* erkennt man die Abdeckung eines Güllelochs auf dem Hof eines Landwirtes, welcher beim Projekt mitmacht. Durch die Schlitze hindurch kann man die vielen Bläschen sehen, welche sich durch die aerobe Aufbereitung der Gülle gebildet haben. In *Abb. 57* sieht man eine Detailaufnahme der Gülleoberfläche, welche durch einen der Schlitze hindurch fotografiert wurde. Die Bläschen sind deutlich erkennbar. Diese Gülle ist geruchslos, bleibt homogen ohne aufzurühren und bildet keine Sink- oder Schwimmschichten.



Abb. 57: Detailaufnahme durch einen Schlitz der Abdeckung des Güllelochs. Die Bläschen, welche durch die Güllebehandlung entstehen, sind deutlich sichtbar.

Bodenvitalität

Neben den Hofdüngern werden die Ackerflächen und das Grünland zweimal jährlich mit den entsprechenden Plocher-Produkten behandelt. In Kombination mit den aufbereiteten Hofdüngern sorgt dies für eine Aktivierung des Bodenlebens, welche die Nährstoffverfügbarkeit für die Kulturpflanzen erhöhen und gleichzeitig den Nährstoffverlust durch Oberflächenabfluss und Drainage verringern soll. Durch das Schaffen aerober Bedingungen sollen auch die Denitrifikationsverluste beim Stickstoff, und damit die Belastung der Atmosphäre durch Lachgas vermindert werden. Eine Verringerung der Ammoniakemissionen²⁸ wird ebenfalls angestrebt (*vgl. Kap. 5.4: Weitere Beiträge zum Umweltschutz*).

²⁸ Der Nachweis einer Verringerung von Ammoniakemissionen in einem Stall durch die Behandlung eines Teils der Streulfläche und des Güllekanals mit plocher flüssighumus war Thema einer Semesterarbeit an der HAFL, Zollikofen (PÜNTER 2024). Innerhalb der Möglichkeiten, welche im Rahmen einer Semesterarbeit gegeben sind, konnte dieser Nachweis erbracht werden.

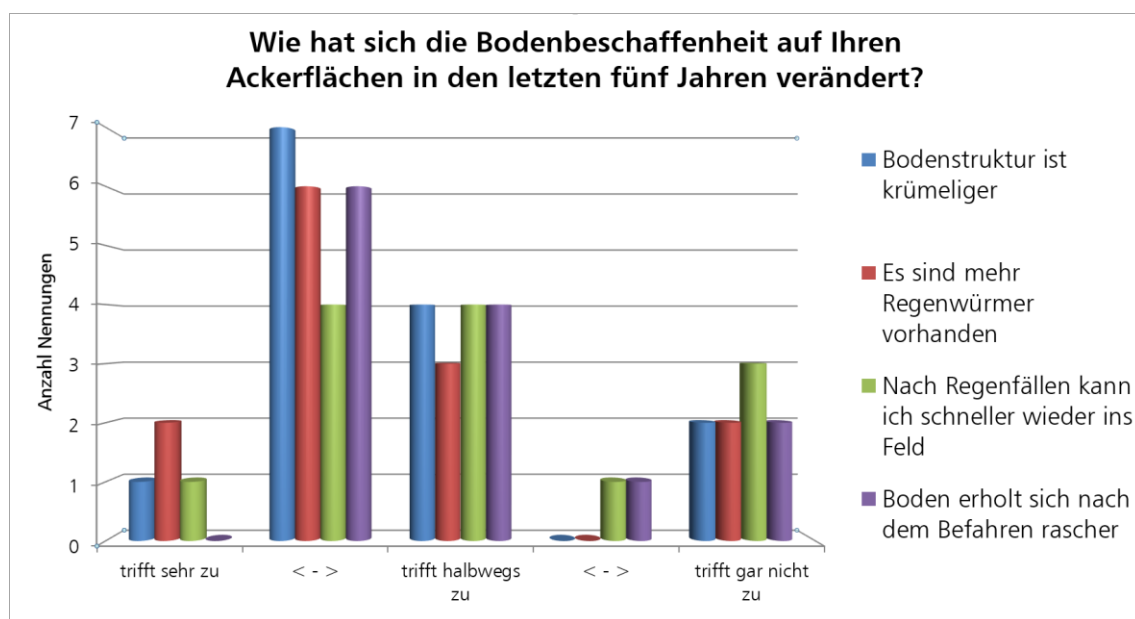


Abb. 58: Subjektive Einschätzung der Landwirte bezüglich einer Veränderung von Bodeneigenschaften im Zeitraum 2009 – 2014. Die Mehrheit der Landwirte bestätigt eine wahrnehmbare Verbesserung der abgefragten Punkte seit Beginn des Landwirtschaftsprogramms.

Die Zeichen erhöhter Bodenvitalität, wie mehr Regenwürmer, erhöhte Krümeligkeit des Bodens und bessere Befahrbarkeit bei Nässe wurden wiederholt mittels Fragebogen abgefragt. Sämtliche Punkte konnten von einer Mehrheit der Landwirte bestätigt werden (NUFER 2015) und ihre subjektiven Einschätzungen sind in Abb. 58 dargestellt. In den letzten beiden Fragebogen von 2016 und 2018 wurde nur nach Veränderungen während der letzten zwei Jahre gefragt, da ein Vergleich mit dem Ausgangszustand vor sieben Jahren aus dem Gedächtnis heraus eher nicht mehr möglich war.

Gemäss Abb. 59 werden die abgefragten Bodeneigenschaften von etwa zwei Drittel der Landwirte gegenüber dem Zustand von 2016 als unverändert beschrieben. Besonders bezüglich der Krümeligkeit der Bodenstruktur und der Anzahl Regenwürmer findet aber ein gutes Drittel der Landwirte, dass es in den letzten beiden Jahren weitere Verbesserungen gab. Diese sehr subjektiven Einschätzungen müssen durch Exaktversuche weiter untersucht werden. An der HAFL in Zollikofen wurde während fünf Jahren ein entsprechender Versuch durchgeführt. (vgl. Kap. 3.3: Wissenschaftliches Begleitprogramm).

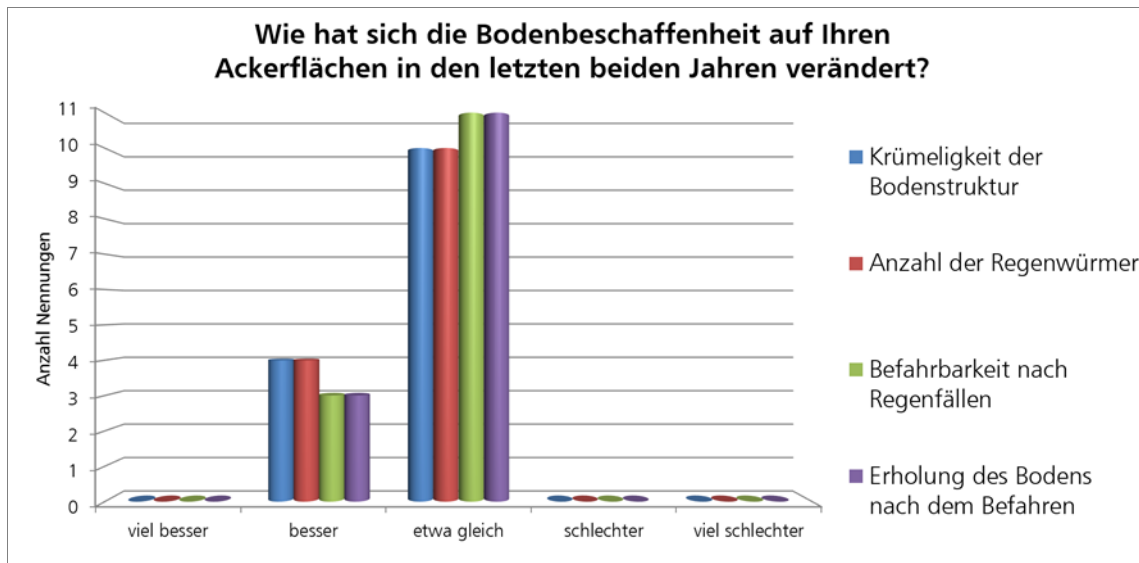


Abb. 59: Antworten der Landwirte bezüglich ihrer subjektiven Einschätzung der Veränderung von Bodeneigenschaften in den Jahren 2016 bis 2017.

Eine bessere Bodenvitalität sollte in der Regel zu höheren Erträgen führen, da der eingesetzte Dünger von den Pflanzen vermehrt aufgenommen und weniger ausgewaschen wird. Ersteres ist zwar für die Weihersanierung unbedeutend, für die Landwirte jedoch sehr motivierend. Grundsätzlich ist hier eine win-win Situation gegeben, bei der Wirtschaftlichkeit und Umweltschutz im Einklang sind. In den Abb. 60 & 61 werden die Beurteilungen der Landwirte bezüglich des Grünland- und des Getreideertrages wiedergegeben.

Die Einschätzung des Ertrags unterscheidet sich deutlich bezüglich Kultur und Jahr. 2016 war aufgrund der Nässe ein schlechtes Getreidejahr, 2018 aufgrund der Trockenheit ein gutes, was beim Grünlandertrag genau umgekehrt war. Entsprechend fielen die Angaben zur Zufriedenheit bei den Landwirten aus (Abb. 60 & 61). Bis 2016 waren die Landwirte mit dem Grünlandertrag zufrieden und haben bestätigt, dass die Ernten überdurchschnittlich hoch ausfielen. Diese Aussagen können allerdings anhand der durchgeführten Befragung nicht nachvollzogen werden, da die saisonalen Abweichungen deutlicher zum Ausdruck kommen, als die Verbesserungen durch die veränderte Nährstoffsituation. Auch hierzu sind Exaktversuche nötig.

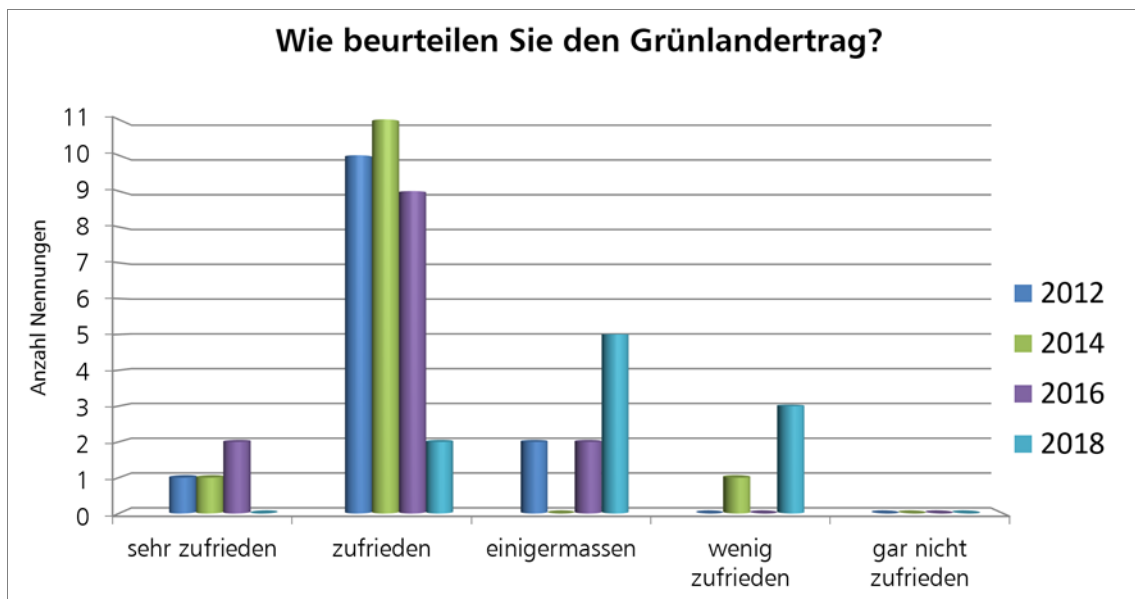


Abb. 60: Antworten der Landwirte zur Zufriedenheit mit dem Grünlandertrag in den abgefragten Jahren. Die Landwirte waren mit dem Ertrag mehrheitlich zufrieden, mit Ausnahme des Jahres 2018, das aufgrund der Trockenheit bezüglich Grünlandertrag schlecht abschnitt.

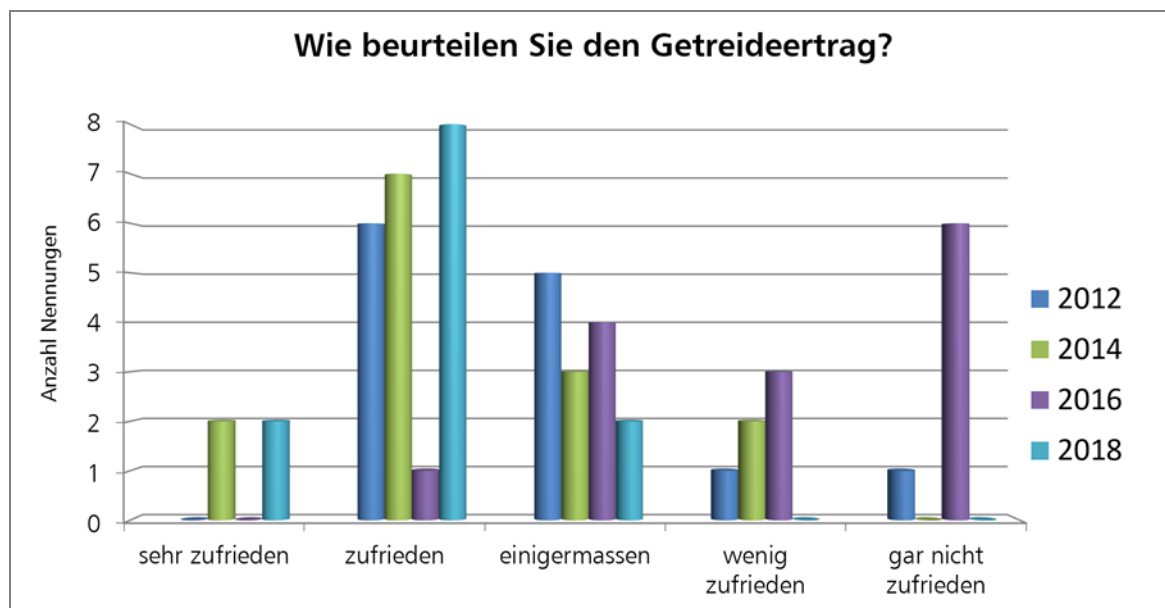


Abb. 61: Antworten der Landwirte bezüglich der Zufriedenheit mit dem Getreideertrag in den abgefragten Jahren. 2016 war ein schlechtes Getreidejahr, 2018 hingegen aufgrund der Trockenheit ausgesprochen gut, was in der Bewertung deutlich zum Ausdruck kommt.

Selbstbeteiligung der Landwirte an den Produktkosten

Das Landwirtschaftsprogramm verursachte während der Sanierungszeit jährliche Produktkosten in der Grössenordnung von CHF 20'000.- Da die Gemeinden ein solches Kostenpaket nicht ewig tragen können, bietet sich eine Beteiligung der Landwirte an den Kosten an, da diese ja auch Vorteile von der Anwendung der Produkte haben. Im Rahmen der Befragung von 2014 (NUFER 2015) wurde diese Bereitschaft zur Selbstbeteiligung seitens der Landwirte abgeklärt. Gemäss *Abb. 62*, wären die Landwirte bereit, durchschnittlich 25% der Kosten selbst zu tragen.

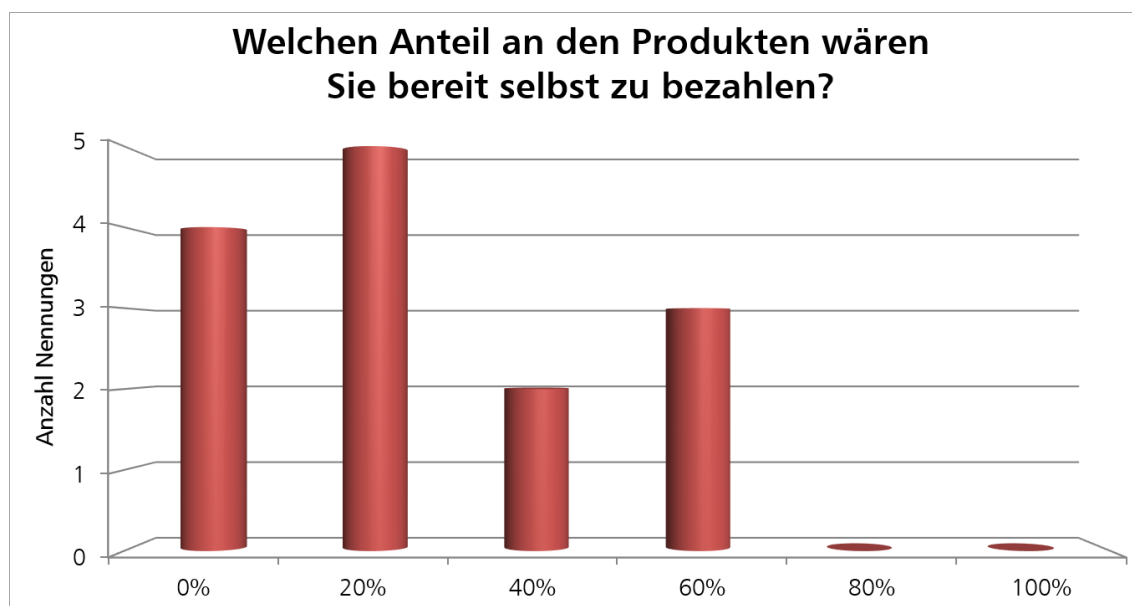


Abb. 62: Anteil an den Produktkosten, welchen die Landwirte selbst zu tragen bereit wären. Im Mittel wären die Landwirte bereit, 25% der Kosten selbst zu bezahlen.

Diese Aussage relativiert sich etwas, wenn man die Auswertung der nächsten Frage dazu in *Abb. 63*. betrachtet. Demnach sind nur 2 Landwirte bereit, die Kosten für das teuerste Produkt, die Bodenbehandlung selbst zu tragen. Die Güllebehandlung würde eher vollständig übernommen, die Bodenbehandlung höchstens teilweise.

In *Abb. 64* schliesslich, ist die Auswertung der Antworten zu einer Handvoll vorgefertigter Fragen ersichtlich. Bei den meisten Landwirte ist wichtig, dass allfällige Produktkosten durch Einsparungen kompensiert werden können. Bei vier Landwirten spielt dies keine entscheidende Rolle, sondern es ist einfach wichtig, dass die Produkte von der Gemeinde bezahlt werden. Nur ein Landwirt würde die Produkte bedingungslos selbst finanzieren.

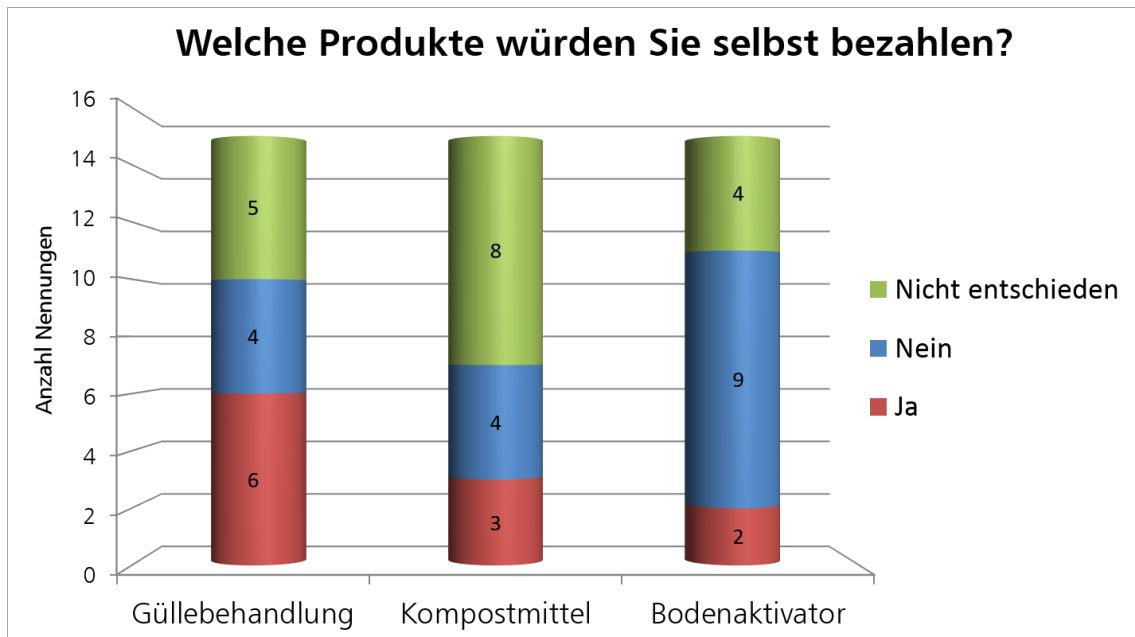


Abb. 63: Bereitschaft, die Produktkosten selbst zu übernehmen, aufgeschlüsselt nach den drei Produkten, welche im Projekt zum Einsatz kommen. Die Kosten der Güllebehandlung würden am ehesten selbst übernommen, diejenigen für den Bodenaktivator höchstes teilweise.

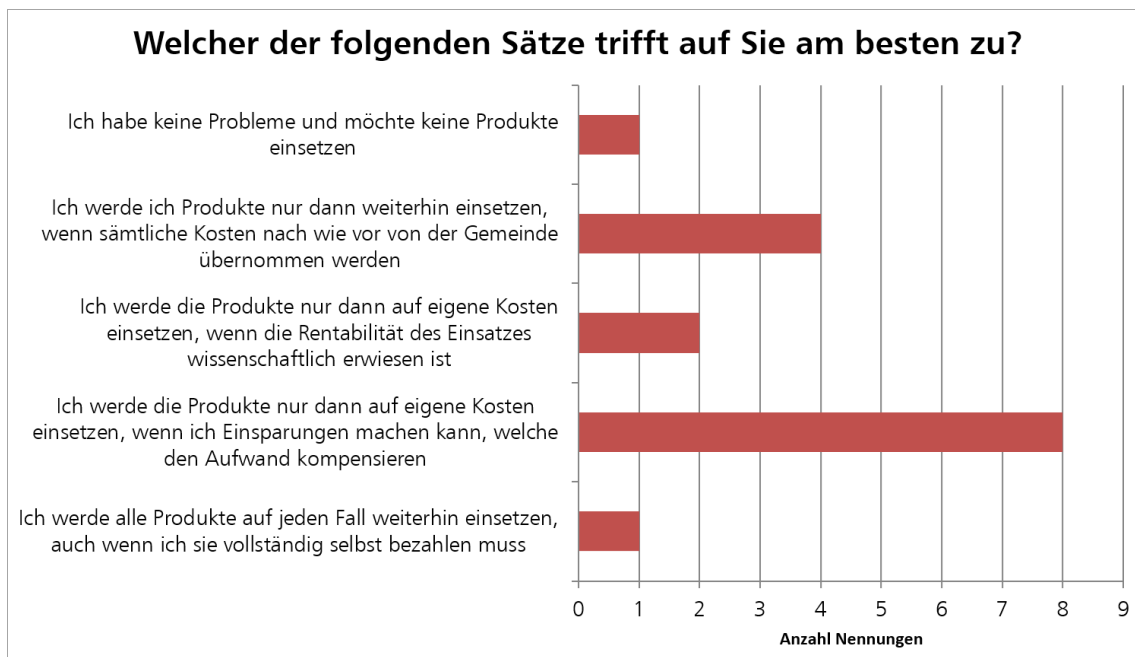


Abb. 64: Selbsteinschätzung der Landwirte bezüglich Selbstübernahme der Kosten. Den meisten ist es wichtig, dass die Produktkosten durch Einsparungen kompensiert werden können. Vier Landwirte würden die Produkte auch bei möglichen Einsparungen nur dann einsetzen, wenn sie von der Gemeinde bezahlt werden.

Alles in allem würde ein Stopp der Gratisabgabe der Produkte an die Landwirte schätzungsweise dazu führen, dass bei etwa der Hälfte die Produkte nicht mehr eingesetzt würden. Bei der anderen Hälfte würden die Produkte weiterhin eingesetzt, auch wenn beispielweise 50% der Kosten selbst getragen werden müssten. So könnten die Gemeinden ihre jährlichen Kosten auf ca. CHF 5'000.- begrenzen und das Landwirtschaftsprogramm mit der Hälfte der Landwirte fortsetzen.

Allerdings ist der langfristige Fortbestand des Programms ohne regelmässige Veranstaltungen und mit den stattfindenden Generationenwechseln auf den Betrieben nicht gesichert. Wenn nur noch die Hälfte mitmachen würde, dürfte es umso schneller zum Erliegen kommen. Es ist deshalb langfristig sinnvoll, das Projekt in der gleichen Weise fortzuführen und mit der Zeit bei allen Landwirten weniger Produkte einzusetzen, um die Kosten zu reduzieren. Dies ist aufgrund der nachhaltigen Wirkungsweise der Plocher-Produkte auch möglich und empfohlen.

Produktwirkung

Schliesslich wurden die Landwirte direkt bezüglich der Zufriedenheit mit den Plocher-Produkten auf ihrem Betrieb befragt. In *Abb. 65* sind die Antworten dazu seit Beginn des Landwirtschaftsprojekts im Jahre 2010 dargestellt. Es ist erkennbar, dass die Zufriedenheit stetig stieg, während die Anzahl der noch nicht entschiedenen Landwirte abnahm. Bei der letzten Befragung nach 9 Jahren Produkteinsatz sind 10 Landwirte zufrieden, 2 unzufrieden und 4 nach wie vor unentschieden.



Abb. 65: Zufriedenheit mit der Produktwirkung gemäss Aussagen der Landwirte

Freiwillige Düngereduktion

Bei einem beteiligten Landwirten wurde in Zusammenarbeit mit Anja Latscha vom Wallierhof das Ausmass der freiwilligen Düngereduktion im Rahmen des Landwirtschaftsprojekts auf zwei Beispielparzellen erhoben. Der mit Hofdüngern gut versorgte Betrieb setzt zusätzlich phosphathaltige und stickstoffhaltige Mineraldünger²⁹ gemäss Vorgaben ein. Dies geschieht in Abhängigkeit von Vor- und Nachkulturen aufgrund aktueller Nährstoffbestimmungen durch Bodenproben.

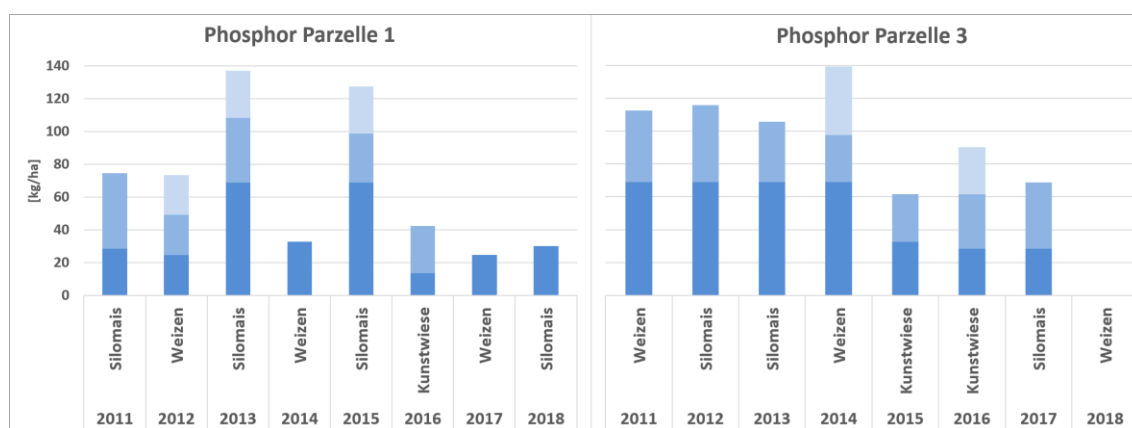


Abb. 66: Phosphor Düngegaben des Beispiellandwirten in den Jahren 2011-2018. Aufgrund der guten Nährstoffversorgung der Böden wurden die Phosphorgaben stufenweise reduziert.

Wie in Abb. 66 ersichtlich, hat der Landwirt ab dem Jahr 2014 auf Parzelle 1 und ab 2015 auf Parzelle 3 mit der Reduktion der Phosphorgaben begonnen. Im Jahr 2015 war er beim Silomais noch auf der vorsichtigen Seite, während er im Jahr 2017 auf Parzelle 3 aufgrund der guten Erfahrungen auch dort die Phosphorgaben auf die Hälfte reduziert hat. Im Jahr 2018 reduzierte er auf Parzelle 1 beim Silomais auf einen Viertel der ursprünglichen Menge und liess beim Weizen auf Parzelle 3 den Phosphatdünger gleich vollständig weg. Die Nährstoffversorgung der Böden blieb dabei unverändert gut.

Bei den Stickstoffgaben sieht es gemäss Abb. 67 ähnlich aus. Bei Parzelle 3 wurden die Stickstoffgaben ab 2015 und bei Parzelle 1 ab 2016 reduziert. Der Stickstoff kann allerdings nicht ohne Einbussen im gleichen Ausmass wie der Phosphor reduziert werden. Eine Reduktion von einem Drittel bis maximal zur Hälfte scheint aber problemlos möglich. In Anbetracht der Nährstoffüberbefruchtung von Gewässern bewirkt dies jedoch einen überproportionalen Effekt, da ja vor allem der Teil der Düngung wegfällt, welcher normalerweise ausgewaschen wird. Die Reduktion der phosphorhaltigen Dünger ist sowieso viel wichtiger, da dies in Gewässern der das Algen- und Pflanzenwachstum limitierende Nährstoff ist.

²⁹ Der betreffende Landwirt setzt, neben Gülle und Mist, Mineraldünger wie Ammonsalpeter, Harnstoff, Nitrophos, Sulfamo etc. ein. Für die Berechnung der Diagramme wurden die Gaben gemäss Inhaltsstoffen in Reinphosphor und Reinstickstoff umgerechnet.

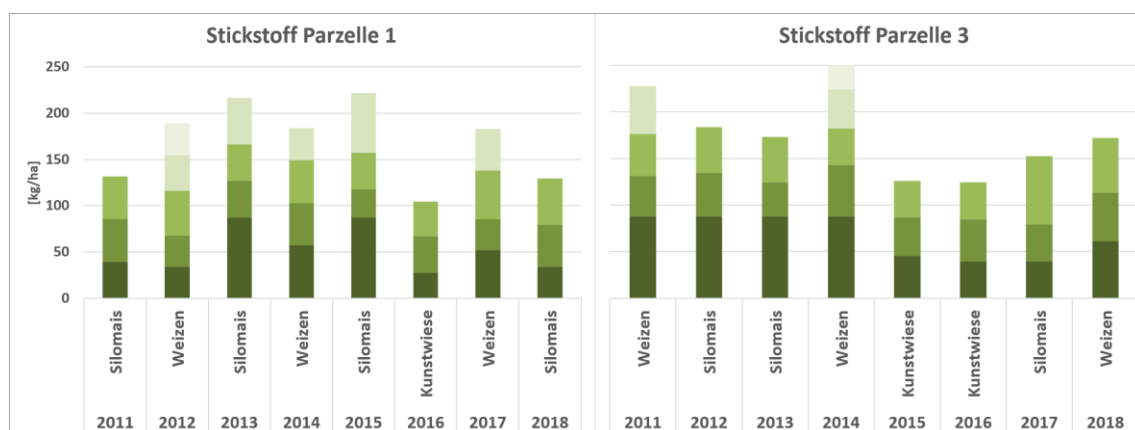


Abb. 67: Stickstoff Düngegaben des Beispiellandwirten in den Jahren 2011-2018. Aufgrund der guten Nährstoffversorgung der Böden wurden die Stickstoffgaben stufenweise reduziert.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Reduktion der Düngergaben auf freiwilliger Basis im Rahmen des hier zur Anwendung gebrachten Landwirtschaftsprogramms sehr gut funktioniert. Allerdings gilt dies nur für Betriebe, welche unter rationalen wirtschaftlichen Gesichtspunkten geführt werden. Bei diesen führt eine gute Düngeberatung auf der Grundlage regelmässiger Bodenproben automatisch zur Reduktion der Düngegaben, da dadurch Kosten und Arbeitsgänge eingespart werden können. Durch die unentgeltliche Abgabe von Plocher-Produkten, gepaart mit einer guten Beratung können Landwirte ohne Druck zu einer deutlichen Reduktion ihrer Düngegaben bewegt werden. Da die Kulturen und Böden gemäss der Einschätzung der betroffenen Landwirte nicht darunter leiden, entfällt die Reduktion auf denjenigen Anteil der Dünger, welcher sonst Luft und Wasser belastet.

Bodenanalysen

Um die Auswirkung der freiwilligen Düngereduzierung zu überprüfen, wurden die Landwirte um das Zurverfügungstellen von Bodenanalysen gebeten. Zwei Landwirte aus Lommiswil sind der Aufforderung nachgekommen. Einige der daraus ersichtlichen Werte sind in Abb. 68 zusammengestellt. Es zeigt sich, dass pH-Werte, Humus- und Tongehalte während 20 Jahren grösseren Schwankungen unterliegen und deshalb keine allgemeingültigen Aussagen getroffen werden können. Die Phosphorversorgung der Ackerflächen liegt meist im Bereich der optimalen Versorgungsklasse³⁰ C, mit Abweichungen in die leicht überversorgte Klasse D oder die leicht unterversorgte Klasse B. Somit ist eine gute Versorgung der Ackerpflanzen mit Phosphor jederzeit gewährleistet.

³⁰ Die Versorgungsklassen werden in A-E eingeteilt, mit einem Optimum in der Mitte bei der Versorgungsklasse C. Die Einteilung erfolgt in der Regel entsprechend dem Phosphor Messwert in mg/kg. Bei pH-Werten über 6.8 muss jedoch statt diesem Wert, die Phosphor-Testzahl herangezogen werden, da bei kalkhaltigen Böden die Korrekturfaktoren nach der AAE10-P-Methode nicht mehr gültig sind. Deshalb unterscheiden sich die in Abb. 68 dargestellten Versorgungsklassen teilweise von den Angaben in mg/kg, welche als Messwert dargestellt sind. Dies ist vor allem bei der Fläche „Unterrain nord“ der Fall.

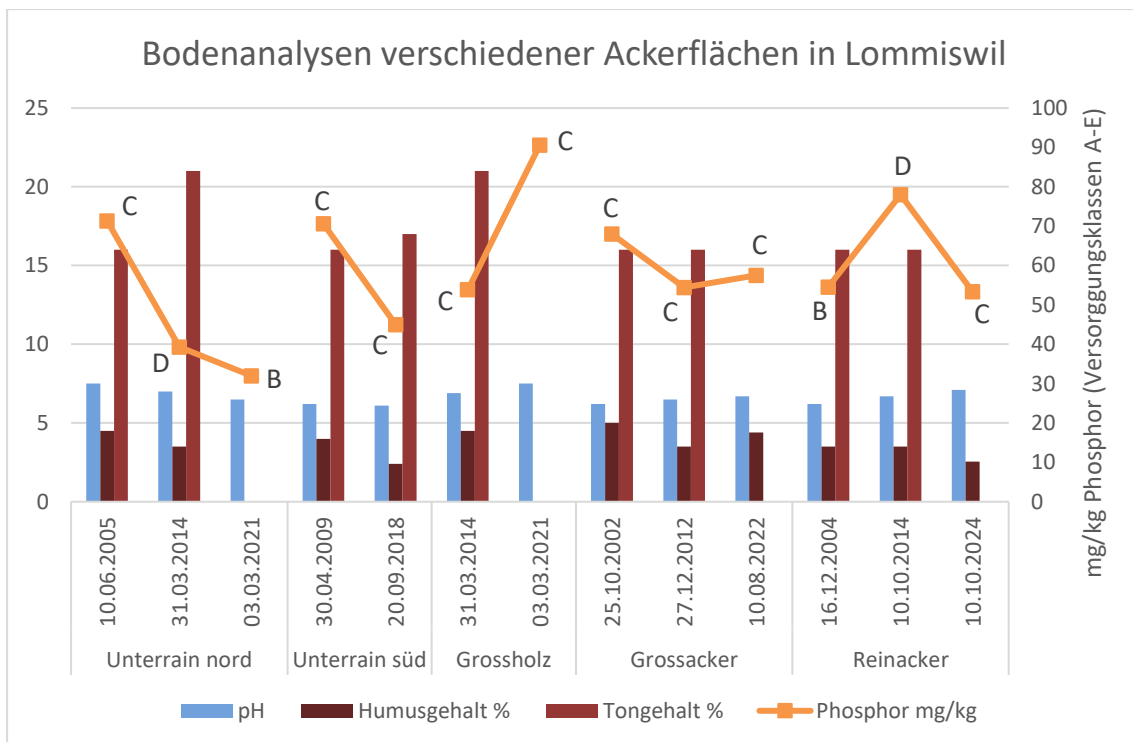


Abb. 68: Verlauf der Bodenparameter auf Beispieläckern in Lommiswil. Der pH-Wert, Humus- und Tongehalt verändern sich auf den verschiedenen Beispielflächen während 20 Jahren in unterschiedlicher Weise. Die Nährstoffversorgung mit Phosphor befindet sich grösstenteils im Bereich der Versorgungsklasse C, welche eine optimale Phosphorversorgung des Bodens beschreibt (muss nicht mit dem Messwert übereinstimmen, vgl. Fussnote 30).

Aufgrund der wenigen, von den Landwirten zur Verfügung gestellten Bodenanalysen können keine übereinstimmenden Aussagen zur Entwicklung der Ackerböden unter dem Einfluss des Landwirtschaftsprogramms gemacht werden. Auf der Fläche „Unterrain nord“ sinkt beispielsweise der pH-Wert von 2005 bis 2021 deutlich ab, während er auf dem „Reinacker“ von 2004 bis 2024 klar steigt. Es könnte vermutet werden, dass er in beiden Fällen auf den neutralen Wert 7 zusteuert³¹. Dies müsste jedoch anhand einer deutlich grösseren Datenmenge überprüft werden.

Bezüglich des Humusgehaltes fällt die Entwicklung ebenfalls unterschiedlich aus. Ausser beim „Grossacker“ sinkt er im Laufe der Zeit, was dem allgemeinen Trend im Ackerbau entspricht. Beim „Grossacker“ sinkt er in der Zeit vor dem Landwirtschaftsprogramm deutlich ab, um dann bis im Jahr 2022 wieder anzusteigen. Dies ist das Ergebnis, welches aufgrund der Bodenbehandlung zu erwarten wäre. Es ist jedoch davon auszugehen, dass Probenahmen und Messmethodik während 20 Jahren nicht immer zu vergleichbaren Ergebnissen führen. Die grossen Schwankungen im Humusgehalt sind vermutlich mindestens teilweise durch unterschiedliche Probenahmen- und Messverfahren im Laufe der Zeit zu erklären. Weitere Abweichungen können sich durch eine veränderte Bodenbearbeitung oder durch eine kurz vor der Probenahme erfolgte Einarbeitung von Mist ergeben.

³¹ Dies stünde allerdings im Gegensatz zu den Messungen in DEGEN 2016 und KEISER ET AL 2021, wo auf einer der Versuchsflächen eine signifikante Erhöhung des pH-Wertes während fünf Jahren von 7.2 auf 7.9 gemessen wurde (vgl. Fussnote 9).

5 Diskussion des Projekts

Mit dem Pilotprojekt zur nachhaltigen Sanierung des Bellacher Weihers sollen anhand eines Praxisversuchs Erfahrungen zur Anwendung dieser neuen, vielversprechenden Methode gewonnen werden, welche das gesamte Einzugsgebiet miteinbezieht und die produktive Landwirtschaft ohne Bewirtschaftungseinschränkungen in das Naturschutzvorhaben einschliesst. Zur Diskussion stehen einerseits der Erfolg des Projekts, gemessen an naturschützerischen Zielvorstellungen, und andererseits die Übertragbarkeit der Methodik auf weitere Sanierungsobjekte mit ähnlich gelagerter Problematik. Schliesslich steht auch ein möglicher Beitrag zu globalen Umweltschutzzielen zur Debatte.

5.1 Erwägungen zum Sanierungsziel

Aus der Sicht des Naturschutzes sollen der Weiher und seine Umgebung einer möglichst grossen Anzahl an Tier- und Pflanzenarten dauerhaften, natürlichen Lebensraum bieten. Diesem Ziel widerspricht ein Stück weit die Tatsache, dass Kleingewässer wie der Bellacher Weiher natürlicherweise verlanden und sukzessive in ein Flachmoor übergehen, welche ebenfalls selten sind und vielen bedrohten Arten Unterschlupf gewähren. Dieser Prozess kann durch menschliche Einflüsse stark beschleunigt oder durch periodische Entnahme von Sediment ganz gestoppt werden. Je grösser der Nährstoffeintrag, desto schneller erfolgt dieser Verlandungsprozess.

Aus der Sicht des Landschaftsschutzes ist die menschliche Nutzung miteingeschlossen. Für den Schutz des Landschaftsbildes und des Naherholungsraumes ist die Erhaltung des Weihers, welcher schon im Jahre 1456 durch Menschenhand aufgestaut wurde zentral. Auch aus naturschützerischer Sicht kann die teilweise widernatürliche langfristige Erhaltung des Weihers begründet werden, da Kleingewässer (künstliche wie natürliche) selten geworden sind. Durch die infolge von Gewässerkorrekturen ausbleibende Gestaltungskraft von Hochwassern, muss die fehlende Landschaftsdynamik ein Stück weit durch künstliche Eingriffe ersetzt werden.

Zudem kann durch das Erhalten einer kompletten Sukzessionsreihe von der offenen Wasserfläche über Schwimmblattbereich, Schilfgürtel, Seggenried bis zur Verbuschungszone der grösste Artenreichtum geschaffen werden, da so am meisten verschiedenartige Habitats auf kleinem Raum vorhanden sind. Die Lebewesen der Flachmoorzone finden so ebenfalls Unterschlupf. Zusammenfassend gilt es, den Verlandungsprozess nach Kräften aufzuhalten, um den Weiher in seiner heutigen Form zu erhalten, bzw. sogar eine Aufwertung seines Lebensraumes zu erreichen. Durch den Einsatz des Plocher-Systems erfolgt dies auf eine sanfte und nachhaltige Weise.

5.2 Anmerkungen zum „Natürlichen Zustand“

Nachdem durch die Luftbildanalyse offensichtlich wurde, dass der Weiher mindestens während der letzten 100 Jahren in der zweiten Jahreshälfte jeweils mit Wasserpflanzen bedeckt war und dies seit Greifen der Sanierungsmassnahmen nicht mehr der Fall ist, stellt sich die Frage nach dem natürlichen Zustand des Weihers. Die Beantwortung dieser Frage ist für die Ausrichtung von Naturschutzmassnahmen von zentraler Bedeutung, da man ja einen möglichst natürlichen Zustand erreichen und schützen möchte.

Beim Bellacher Weiher ist diese Frage von Anfang an schwierig zu beantworten, da das Gewässer im 15. Jahrhundert künstlich angelegt wurde. Vergleichbare Gewässer natürlichen Ursprungs, wie der Lobsigensee oder der Inkwilersee haben jedoch die gleiche Überdüngungsproblematik, welche sich in erster Linie dadurch zeigt, dass die Gewässer heutzutage mit grosser Geschwindigkeit verlanden und ohne Gegenmassnahmen innerhalb weniger Jahrzehnte von der Landkarte verschwinden würden. Laut Berichten der anliegenden Bauern gab es dieses Problem beim Bellacher Weiher bereits früher, wenn auch in vermutlich geringerem Ausmass. Damals habe man den Weiher jeweils abgelassen und den Schlamm manuell entfernt, was aufgrund des Fehlens technischer Entleerungsmöglichkeiten nicht ganz nachvollzogen werden kann.

Der Weiher wird durch seine Lage im schweizerischen Mittelland und die Beschaffenheit seines Einzugsgebiets als natürlicherweise eutroph eingeschätzt (WOODTLI 2016). Mit dem Vorliegen der Sedimentanalyse kann dieser Frage nun besser nachgegangen werden. Demnach war der Weiher während ca. 100 Jahren nach seiner Erstellung in einem mesotrophen Zustand und wurde dann innerhalb kurzer Zeit eutroph, vermutlich durch das Einleiten von Abwässern. Es ist anzunehmen, dass die Überwachungs- und Schlammproblematik seither, also seit dem 16. JH vorhanden ist, dass diese sich jedoch Ende des 19. JH deutlich verschlimmert hat, als mit der Erstellung der Drainageleitungen begonnen wurde.

Die Annahme einer hohen natürlichen Produktivität des Gewässers ist also zumindest zu hinterfragen. Zudem drängten sich Sanierungsmassnahmen einfach auf, da die Verlandung mit bis zu 4 cm Tiefenverlust pro Jahr zuletzt sehr schnell erfolgte und der Weiher in der zweiten Jahreshälfte aufgrund der von Algen überzogenen Wasseroberfläche sehr unansehnlich aussah (*Abb. 69*). Zudem war auch die für das Fischen wichtige Schiffbarkeit mit dem Ruderboot beeinträchtigt, da der gesamte Unterwasserbereich mit dicht wachsenden Wasserpflanzen aufgefüllt war.

Um den Weiher nicht innerhalb weniger Jahrzehnte vollständig zu verlieren und ihn der Bevölkerung in einem einigermaßen ansehnlichen Zustand zu präsentieren, hat die Familie Stöckli aufwändige Unterhaltsarbeiten geleistet und den Weiher jährlich in ehrenamtlicher Tätigkeit manuell von der übermässigen Verkrautung befreit. Mit dem durchschlagenden Erfolg der Sanierungsmassnahmen ist dies nicht mehr nötig und eine längerfristige Existenz des Weihers wurde so gesichert. Sogar der periodische Schilfschnitt ist nicht mehr erforderlich, was deutlich zeigt, dass der Weiher nun eine natürliche Stabilität erreicht hat, welche aus naturschützerischer Sicht erstrebenswert ist.

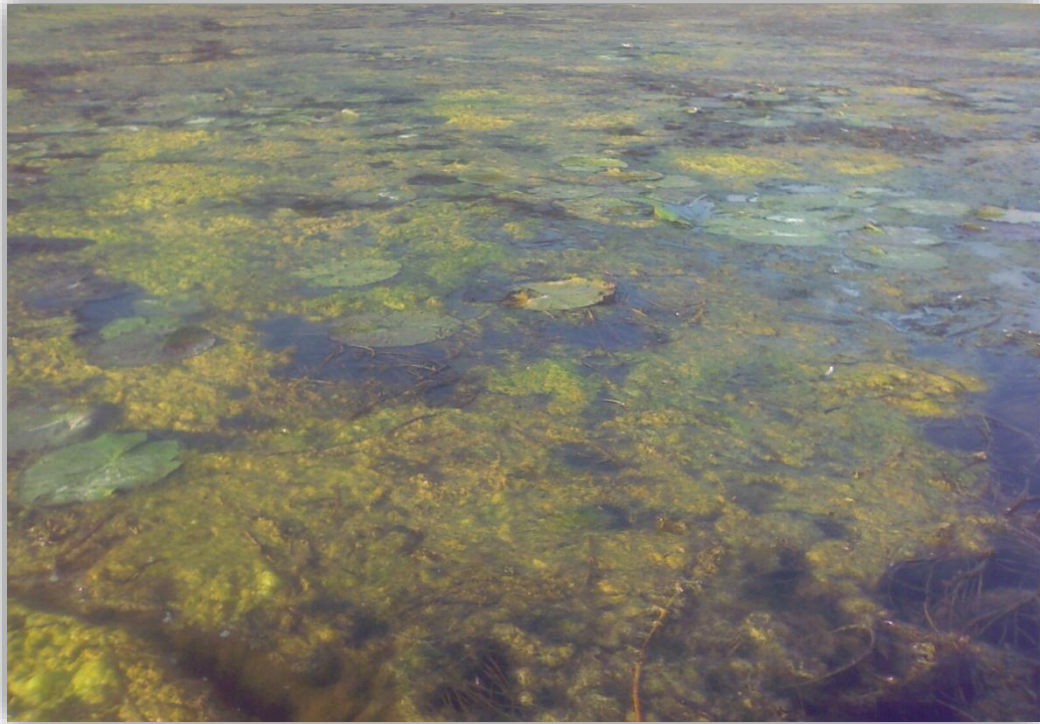


Abb. 69: Detailaufnahme des überdüngten Bellacher Weihers am 14.10.2008



Abb. 70: Weiher mit vollständig vegetationsfreier Wasseroberfläche am 02.10.2014

Einige Anrainer und Besucher stellen sich jetzt die Frage, ob mit diesen Massnahmen nicht über das Ziel hinausgeschossen wurde, da der Weiher deutlich anders aussieht als noch vor wenigen Jahren (*Abb. 70*). Insbesondere wird das Fehlen der zur Blütezeit sehr hübsch anzusehenden Seerosen bemängelt. Diese verschwanden innerhalb kurzer Zeit in den Jahren 2013/2014. Vermutlich können sie durch das Kompostieren der obersten Schlammschicht nicht mehr wurzeln. Es kann sein, dass auch die Wasserhöhe eine Rolle spielt und dass durch den in den letzten Jahren immer um einige Zentimeter erhöhten Wasserspiegel und gleichzeitig den Wegfall der diffusen Schlammschicht am Grund nun eine für die Seerose zu grosse Wassertiefe vorliegt. Im Bereich eines natürlichen Schwimmblattgürtels mit geringerer Wassertiefe, müsste dies jedoch trotzdem möglich sein.

Das Fehlen eines pflanzlichen Bewuchses auf der Sedimentschicht wird auch in der Bachelorarbeit von Florence Woodtli (WOODTLI 2016) bemängelt. Eine bessere Bewertung der Gastropoden bei der IBEM-Methode und eine höhere Gesamtbewertung bei der CIEPT-Methode wären ansonsten voraussichtlich möglich. Es ist nicht auszuschliessen, dass nach einer Beruhigung der Umsetzungsprozesse im Sediment wieder Wurzelraum für Wasserpflanzen entsteht und damit das Gewässer schlussendlich eine grösstmögliche Natürlichkeit und Artenvielfalt erreichen kann. In Ufernähe sind zeitweise einige Seerosen ersichtlich (*Abb. 71*) und es wäre der biologischen Vielfalt zuträglich, wenn die Seerosen einen Schwimmblattgürtel rund um den Weiher bilden würden, statt die gesamte freie Wasserfläche zu überwuchern. Eine solche Entwicklung konnte bisher aber nicht beobachtet werden.



Abb. 71: Spuren von Seerosen am Nordufer, am 01.10.2019

Zusammenfassend ist festzustellen, dass der Weiher in sehr hohem Masse von den Sanierungsmassnahmen profitiert hat. Aus dem überdüngten, von der Verlandung bedrohten und oft unansehnlichem Gewässer wurde ein ökologisch stabiler, offener Kleinsee. Dadurch sinkt zwar die Anziehungskraft auf gründelnde Wasservögel, gleichzeitig steigt aber die Qualität des Lebensraums für viele weitere Arten, was insgesamt der Biodiversität zugutekommt. Zudem erfährt die vom Menschen wahrgenommene Landschaftsqualität durch den sanierten Weiher eine deutliche Verbesserung.

5.3 Diskussion des Sanierungserfolgs

Wie bereits anhand der vorherigen Ausführungen erkennbar, wird das Sanierungsprojekt in diesem Abschlussbericht als sehr erfolgreich beurteilt und die erzielten Ergebnisse teilweise sogar als sensationell bezeichnet. Dies ist gut vertretbar, da das Schlammwachstum von jährlich ca. 4 cm nachweislich zum Erliegen kam und nur noch ca. 4 mm pro Jahr beträgt. Dadurch wurde der Weiher vor der drohenden Verlandung gerettet, welche unwiderruflich innerhalb weniger Jahrzehnte stattgefunden hätte. Zudem wurde die unansehnliche Algenproblematik dauerhaft gebannt und die vorher aufwändigen Unterhaltsarbeiten auf ein Minimum reduziert. Dass dieses ausserordentliche Ergebnis allein durch den Einsatz der sanften und ungefährlichen Plocher-Produkte erreicht wird, darf guten Gewissens als Sensation bezeichnet werden.

Allerdings ist anzumerken, dass die Erzielung eines Sanierungserfolgs auf diese Weise ein eher langfristiges Vorhaben ist. Das Pilotprojekt lief über 20 Jahre, wobei der Erfolg nach 10 Jahren deutlich sichtbar wurde. Für ein solches Projekt sollte somit ein Zeithorizont von mindestens 15 Jahren einberechnet werden. Zudem ist unklar, in welchem Umfang die Massnahmen nach der Sanierung zur Aufrechterhaltung des erreichten Zustandes weiterhin notwendig sein werden. Das Landwirtschaftsprogramm wird ab 2025 auf jeden Fall fortgeführt, allerdings mit reduziertem Produkteinsatz, um Kosten zu sparen. Die Gefahr, dass die Nährstofffracht im Weiher erneut zunimmt und den Sanierungserfolg irgendwann wieder zunichtemacht, besteht weiterhin.

Allerdings müsste das Landwirtschaftsprogramm eigentlich im Interesse der Landwirtschaft selbst weiterbetrieben werden können, da der Rückhalt von Nährstoffen auf den produktiven Böden eine auch aus Sicht der Landwirtschaft sinnvolle und wirtschaftlich lohnende Massnahme darstellt. Dafür ist es aber unerlässlich, wissenschaftliche Gewissheit bezüglich des grundsätzlichen Funktionierens der Plocher-Produkte zu erlangen. Trotz des deutlichen Erfolgs in diesem Pilotprojekt, welcher ohne die Annahme einer effektiven Wirksamkeit dieser Produkte nicht erklärt werden könnte, bestehen in wissenschaftlichen Kreisen nach wie vor Zweifel an deren Wirksamkeit.

Von Seiten der Wissenschaft wird gerne vermutet, dass die hervorragende Betreuung der Landwirte im Rahmen dieses Pilotprojekts deren Umgang mit Düngestoffen verbessert und schliesslich zur Sanierung des Weihers geführt hat. Man spricht so den Plocher-Produkten eine Wirkung allein im Rahmen des Placebo-Effekts zu. Angesichts des durchschlagenden Sanierungserfolgs und den Ergebnissen der Begleitforschung, kann diese Annahme aber mit gutem wissenschaftlichem Gewissen verworfen werden. Stattdessen könnte ein wissenschaftlich konstruktiver Beitrag in einer umfassenden Untersuchung der Wirkungsweise von Plocher-Produkten inklusive der Erarbeitung von Anwendungsempfehlungen zuhanden von Behörden und Landwirten liegen.

Auch ohne letztendliche wissenschaftliche Gewissheit ist die anhand des Bellacher Weiher im Rahmen dieses Pilotprojekts erarbeitete Sanierungsmethode zur Sanierung weiterer Gewässer im Schweizerischen Mittelland von grossem Interesse. Klassische Sanierungsmassnahmen bei Gewässern mit vergleichbarer Problematik beschränken sich bisher auf:

- Künstliche Zirkulationshilfe oder Belüftung
- Tiefenwasserableitung oder Frischwasserzuführung
- Ausbaggern des Schlammes am Weiher- oder Seegrund
- Entfernen von Nährstoffen aus dem in das Gewässer eingeleiteten Wasser
- Extensivierung von Landwirtschaftsflächen im Einzugsgebiet des Gewässers
- Verbesserungen in der Landwirtschaft, wie z.B. Optimierung der Fruchtfolge, durchgängige Bodenbedeckung, Direktsaaten

Die am Bellacher Weiher angewandte Methode ist dagegen in der Lage, auf produktiven Landwirtschaftsflächen im Einzugsgebiet ohne Einschränkungen für die Landwirte eine wesentliche Reduktion der Nährstoffeinleitung in das betroffene Gewässer zu erreichen. Zudem kann bei Kleingewässern ohne Schichtung auf natürliche Weise eine Verstoffwechselung der im diffusen Schlamm abgelagerten Nährstoffe erfolgen und eine Rücklösung von Nährstoffen aus tieferen Sedimentschichten unterbunden werden. Dadurch kann die sonst notwendige, aufwändige Schlammentnahme und Entsorgung entfallen. Beim Bellacher Weiher wird dafür ein Sanierungszeithorizont von rund 20 Jahren beansprucht. Es ist ein weiteres Verdienst dieses Pilotprojekts, solche praxisnahen Zahlen zu liefern, welche für die Beurteilung der Anwendbarkeit dieser Methode bei anderen Gewässern von erheblicher Bedeutung sind.

Um die Sanierung zu beschleunigen, könnte die Landwirtschaft von Anfang an miteinbezogen werden und nicht erst nach sechs Jahren, wie beim Bellacher Weiher. Eine weitere Beschleunigung wäre mit einer kombinierten Anwendung von klassischen Massnahmen zusammen mit dem Einsatz der Plocher-Produkte zu erzielen. Beispielsweise könnte ein schnelles Wiederverschlammten eines frisch ausgebaggerten Kleinsees durch den Einsatz der Plocher-Produkte vermieden, und so ein nachhaltigeres Resultat einer klassischen Sanierungsmassnahme erreicht werden. Erfahrungen dazu müssten anhand weiterer Pilotprojekte gesammelt werden.

Angesichts des stark überdüngten Zustandes vieler Kleingewässer im Schweizerischen Mittelland, wäre der Einsatz der Methode bei zahlreichen Gewässern ein vielversprechender Ansatz. Mit der Durchführung weiterer Pilotprojekte würde sich die Erfahrungsbasis vergrössern und die Anwendung bei tieferen Gewässern mit einer geschichteten Wasserstruktur könnte ebenfalls ins Auge gefasst und Erfahrungen dazu gesammelt werden. Die Möglichkeit der Durchführung eines solchen Projekts wird jedoch bisher immer wieder erfolglos abgeklärt. Solche Pilotprojekte mit wissenschaftlicher Begleitung bedürfen einer Trägerschaft, welche von dafür geeigneten Organisationen übernommen oder erst geschaffen werden muss.

5.4 Weitere Beiträge zum Umweltschutz

Nebst der Sanierung des Weihers gibt es weitere positive Beiträge des Einsatzes von Plocher-Produkten in vielen Bereichen des Natur- und Umweltschutzes, welche grösstenteils durch die Optimierungen in der Landwirtschaft zustande kommen. Tab. 8 fasst die wichtigsten Auswirkungen zusammen:

Tab. 8: Umweltschutz durch Einsatz von Plocher-Produkten in der Landwirtschaft

	Wirkung der Plocher-Produkte	Positive Auswirkungen auf die Umwelt
Boden	<ul style="list-style-type: none"> • Aufbau von humusreichen Böden 	<ul style="list-style-type: none"> • Langfristiger Erhalt der Bodenfruchtbarkeit
Wasser	<ul style="list-style-type: none"> • Reduktion der Nährstoffauswaschung durch Nährstoffbindung im Boden • Reduktion des Pestizideinsatzes infolge besserer Pflanzengesundheit 	<ul style="list-style-type: none"> • Grundwasserschutz • Verringerung der Nährstofffracht in Fließgewässern und geringere Eutrophierung von Seen • Verringerung der Pestizidbelastung in Gewässern
Luft	<ul style="list-style-type: none"> • Reduktion der Ammoniakbelastung durch die Förderung aerober Prozesse 	<ul style="list-style-type: none"> • Verringerung von Stickstoffdüngung und Versauerung empfindlicher Ökosysteme • Verringerung der sekundären Feinstaubbildung
Klima	<ul style="list-style-type: none"> • Aufbau von humusreichen Böden • Reduktion der Methan- und Lachgasbildung durch Förderung aerober Prozesse • Energieeinsparung bei der Produktion von Kunstdüngern und Pestiziden durch reduzierte Verwendung dieser Stoffe 	<ul style="list-style-type: none"> • Kohlendioxid Sequestrierung (dauerhafte Speicherung von CO₂ in Form von Humus im landwirtschaftlichen Boden) • Verringerte Freisetzung klimaschädlicher Gase aus der Landwirtschaft sowie bei der Produktion von Düngern und Pestiziden

Durch die Verwendung der Plocher-Produkte kann die Stickstoffdüngung auf den Landwirtschaftsflächen schrittweise reduziert werden, da Stickstoff durch die Aktivität des Bodenlebens geliefert, bzw. gar nicht gebraucht wird, weil er sich im landwirtschaftlichen Kreislauf befindet. Dadurch entfällt bereits der Anteil an CO₂, welcher bei der energieintensiven Produktion des Düngers anfallen würde. Die weiteren Einsparungen von Treibhausgasen werden durch konsequentes Vermeiden anaerober Verhältnisse geschaffen und betreffen die Freisetzung von Methan und Lachgas, welche sich in noch viel stärkerem Mass auf das Klima auswirken als das CO₂.

Das Plocher-System kann in einem weiteren Punkt zur Reduktion der Treibhausgase beitragen. Durch eine allfällige Erhöhung des Humusanteils im Boden kann zusätzliches CO₂ fixiert³² werden, welches der Atmosphäre dauerhaft entzogen wird. Prof. A. Raggam hat dazu folgende Rechnung aufgestellt: „Wenn in den landwirtschaftlich genutzten Trockenflächen der Welt von fünf Milliarden Hektar zusätzlich 6% Humus bis zu 25 cm Tiefe aufgebaut werden, werden ca. 500 Milliarden Tonnen Kohlenstoff aus der Atmosphäre genommen. Damit würde die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre von derzeit 400 ppm auf einen Wert vor der chemischen Landwirtschaft von etwa 180 ppm gesenkt werden.“ (RAGGAM 2004).

³² Der Prozess wird als CO₂ Sequestrierung bezeichnet. Durch die Bildung stabiler Ton-Humus-Komplexe wird das CO₂ aus eingebrachter kompostierter Gülle oder kompostiertem Mist dauerhaft im Boden gebunden. Dafür ist ein biologisch aktiver Boden mit einer hohen Regenwurmtätigkeit erforderlich.

Die durch die Plocher-Bodenaktivatoren, Hofdüngerbehandlung und konsequentes Kompostieren geförderten Bodenaufbauprozesse haben somit vielfältige positive Auswirkungen auf den Stoffhaushalt der Böden und auf den langfristigen Erhalt der Bodenfruchtbarkeit. Für die Gesundung des Bellacher Weihers ist aber die Verhinderung der Auswaschung von Nährsalzen am wichtigsten. Dadurch dass die Nährstoffe nicht als im Porenwasser des Bodens gelöste Salze vorliegen, sondern in Form von lebendiger Biomasse, können sie nicht ausgewaschen werden und somit auch nicht zur Eutrophierung des Weihers beitragen. Gleichzeitig gehen sie der Landwirtschaft nicht verloren und tragen so zu guten Erträgen bei. Schliesslich entstehen keine Treibhausgasemissionen, sondern zusätzliches CO₂ wird im Boden fixiert (CO₂ Sequestration). Das Projekt liefert also sowohl lokal, regional als auch global einen positiven Beitrag an den Umweltschutz.

6 Erfolgserhaltung

Das Pilotprojekt dauerte in dieser Form gemäss *Tab. 1* bis Ende 2024 und findet mit dem Vorliegen dieses Berichts seinen Abschluss. An einer Informationsveranstaltung der Gemeinde Bellach am 29.01.2025 werden die Ergebnisse des Projekts der Öffentlichkeit präsentiert. Gleichzeitig wird ein Nachfolgeprojekt zur Erfolgserhaltung vorgestellt, dessen Finanzierung durch die drei Gemeinden für die nächsten fünf Jahre gesichert ist. Alle bisher beteiligten Institutionen haben ihre Mitwirkung weiterhin zugesichert.

6.1 Weiherbehandlung

Die Familie Stöckli hat als Besitzer den Weiher während der gesamten Sanierungsphase gepflegt und zusammen mit Helfern die Behandlung mit den Plocher-Produkten auf Quarzmehlbasis durchgeführt. Dies erfolgt von Hand aus einem Ruderboot hinaus. Zu Beginn des Erhaltungsprojekts überführt die Familie Stöckli den Weiher nun in den Besitz des von ihnen geschaffenen, gemeinnützigen Vereins Umwelt+Bildung. Dadurch wird der langfristige Zweck von Erhalt und Pflege des Bellacher Weihers als Naturschutzgebiet in den Vereinsstatuten festgelegt.

Die Weiherbehandlung wird weiterhin durchgeführt. Zwar ist davon auszugehen, dass sich die Umsetzungsprozesse an der obersten Sedimentschicht weiter beruhigen werden und damit der Sauerstoffbedarf im Tiefenwasser eher abnimmt. Andererseits können trotz des Landwirtschaftsprogramms grosse Nährstoffüberschüsse in den Weiher geschwemmt werden, beispielsweise im Frühjahr, wenn alle Bauern Gülle bzw. Mineraldünger gleichzeitig ausbringen und es dann regnet. In diesem Fall kann der Weiher immer noch kurzfristig mit der Bildung eines Algent Teppichs reagieren, den er aber aufgrund der durch die Behandlung hohen Vitalität innerhalb von wenigen Tagen vollständig abbauen kann.

In den letzten Jahren gab es kaum Probleme mit Algent Teppichen und auch das Fischsterben von 2016 hat sich seither nicht wiederholt. Dieses war damals wohl eher eine einmalige Anpassungsreaktion auf die veränderten ökologischen Bedingungen als ein klassisches Überdüngungssymptom. In der Folge wird eine weitere Behandlungsreduktion angestrebt. Möglicherweise kann mit einer Verringerung der Behandlungsintensität auch die Wiederansiedelung einer Unterwasserflora erreicht werden. Die Weiherbehandlung wird somit fortgeführt und die Dosierung bis zum Auftauchen allfälliger negativer Reaktionen weiter zurückgefahren.

Allerdings muss ebenfalls die langfristige Entwicklung durch den Klimawandel mit einbezogen werden. Aufgrund der diesbezüglichen Prognosen ist mit steigenden Wassertemperaturen innerhalb der nächsten Jahrzehnte zu rechnen. Höhere Wassertemperaturen haben eine grössere biologische Aktivität zur Folge, weshalb mehr Sauerstoff am Weihergrund zum Abbau der abgestorbenen organischen Substanz benötigt wird. Zudem könnten vermehrte längere Trockenheitsperioden zu weniger Frischwasserzufuhr und sinkendem Wasserpegel führen. Diese Entwicklung muss aufmerksam beobachtet und die Weiherbehandlung den tatsächlichen Verhältnissen angepasst werden. Die Sanierung kann so nahtlos in eine Hilfe zur Klimaanpassung übergehen.

6.2 Landwirtschaftsprogramm

Im Rahmen des Projekts zur Erfolgserhaltung wird das Landwirtschaftsprogramm in einer leicht reduzierten Form fortgesetzt. Die Finanzierung durch die drei Gemeinden ist für die nächsten fünf Jahre gesichert. Das Produkt plocher humusboden wird nur noch einmal statt zweimal jährlich flächendeckend eingesetzt. Die Behandlung beschränkt sich somit auf das Frühjahr, welches für einen allfälligen Nährstoffeintrag in den Weiher wichtiger ist als der Herbst, da anschliessend die Winterruhe stattfindet. So kann das Landwirtschaftsprogramm in finanziell tragbarer Weise langfristig weitergeführt werden.

Die Hofdüngerbehandlung wird unverändert fortgesetzt. Die Landwirte werden nach wie vor jährlich bei der Abgabe der Produkte besucht. So können Fragen geklärt und die korrekte Anwendung bei allfälligen Betriebsleiterwechseln sichergestellt werden. Die Durchführung einer Veranstaltung für die Landwirte ist weiterhin vorgesehen, allerdings in einem zweijährigen Rhythmus. Ein kurzer Bericht mit den Resultaten und einer Empfehlung für das weitere Vorgehen ist auf Ende der fünfjährigen Periode im Jahr 2029 geplant.

Die Fortsetzung des 2010 begonnenen Landwirtschaftsprogramms ist zur nachhaltigen Stabilisierung des Weihers unabdingbar³³. Würde es aufgehoben, würden die Phosphatwerte voraussichtlich nach einigen Jahren wieder ansteigen und die Überproduktion von Biomasse im Weiher erneut einsetzen. Die Basis des Landwirtschaftsprogramms ist die Subventionierung der Plocher-Produkte für die Landwirte im gesamten Einzugsgebiet des Weihers durch die Gemeinden. Die Landwirte setzen die Produkte ein, was einen gewissen Arbeitsaufwand zur Folge hat, mit dem Sie die Vorteile, welche sie selbst durch den Einsatz der Produkte haben, abgegolten sehen.

Theoretisch könnten die Kosten für die Produkte vollständig von den Landwirten selbst übernommen werden, da mögliche Einsparungen bei Düngern und Pestiziden, sowie allgemein geringere Komplikationen bei Pflanzen- und Tierproduktion den finanziellen Aufwand für die Produkte betriebswirtschaftlich vermutlich rechtfertigen würden. Diese Gewissheit steht trotz der mehrheitlich positiven Erfahrungen der Landwirte mit den Produkten noch aus. Sie müsste durch offizielle Empfehlungen der landwirtschaftlichen Forschung und Beratung erbracht werden. Die Untersuchung der HAFL unter Prof. Andreas Keiser (KEISER 2021) reicht dafür nicht aus (vgl. Kap. 3.3: *Wissenschaftliches Begleitprogramm*). Sie weist allerdings den Forschungsbedarf deutlich nach, welcher sich für die Landwirtschaftliche Forschung auf diesem Gebiet ergibt.

³³ Zur nachträglichen Reduktion des Nährstoffeintrages in den Weiher könnte man auch eine Filterstrecke im Zufluss anlegen, wie IMHOF 1987 vorschlägt. Die Filterstrecke müsste mit schnellwachsenden Schilfarten bepflanzt und regelmässig abgeerntet werden. Der Kauf des dafür notwendigen Landes, die Bewirtschaftung der Filterstrecke und die Entsorgung des entnommenen Materials auf Kompost- oder Biogasanlagen sind jedoch mit sehr hohen Kosten verbunden und stehen in keinem Verhältnis zur Kosteneffizienz und dem Nutzen des bestehenden Landwirtschaftsprogramms. Zudem ist die Wirksamkeit einer solchen Filterstrecke umstritten, da sie gerade bei hohem Wasserfluss und starker Nährstoffbelastung am wenigsten wirkt.

In der Umfrage im Jahr 2014 (NUFER 2015) wurden zusätzliche Fragen zur Bereitschaft der Landwirte gestellt, sich an den Kosten der Produkte zu beteiligen (vgl. Kap. 4.6: *Umfrage bei den Landwirten*). Aufgrund dieser Ergebnisse kann davon ausgegangen werden, dass bei einer nicht vollständigen Übernahme der Produktkosten durch die Gemeinden, die Hälfte der Landwirte trotz der langfristigen Vorteile die Produkte sofort absetzen würde. Die verbleibende Hälfte würde die Produkte vorerst weiterhin einsetzen, auch wenn sie 50 % selbst bezahlen müssten. Durch Betriebsleiterwechsel und andere Faktoren ist aber von einer weiteren Schrumpfung im Laufe der Zeit auszugehen. Dieses Risiko möchten die Gemeinden beim Erhaltungsprojekt nicht eingehen.

Eine vermehrte Umstellung der Höfe im Einzugsgebiet auf die biologische Betriebsform ist für die langfristige Erhaltung der Weiheranierung ebenfalls keine Alternative. Auch bei organischem Biolandbau³⁴ fallen normalerweise unverrottete Hofdünger an, welche Nährstoffe an das Bodenwasser abgeben und so den Weiher belasten. In Bezug auf die Pestizidbelastung wäre dies zwar ein deutlicher Vorteil, welcher bei der Überdüngungsproblematik aber keine grosse Rolle spielt.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass mit einer leichten Reduktion des Landwirtschaftsprogramms die bestmögliche Erfolgserhaltung erreicht werden kann. Zu jährlichen Kosten von ca. CHF 15'000.- erhalten alle Landwirte weiterhin die Produkte und die Begleitung durch NUFERscience ist gewährleistet.

6.3 Umfassendes Biodiversitätsprojekt

Das Projekt Bellacher Weiher ist in die regionalen Vernetzungsmassnahmen eingebunden. Es könnte als zu diskutierende mittelfristige Perspektive, zusätzlich ein „Vorranggebiet Natur und Landschaft“ in Ergänzung zum kantonalen Naturschutzgebiet geschaffen und so seine Bedeutung in der Vernetzung deutlich erhöht werden. Dadurch würde die Sanierung zu einem umfassenden Biodiversitätsprojekt ausgeweitet und so ein nachhaltiges Beispiel für den Umgang mit der Natur in Zeiten der Klimaerwärmung geschaffen.

Ein solches Vorranggebiet müsste nebst dem Weiher weitere kleinere Wasserflächen beinhalten, welche temporär auch trockenfallen können und gut miteinander vernetzt sind. So könnte der Lebensraum für viele Insektenarten, Amphibien und Wasservögel wesentlich aufgewertet werden.

³⁴ Im Gegensatz zum organischen Biolandbau wird beim Demeter Biolandbau Wert auf die Kompostierung der Hofdünger gelegt. Eine grössere Verbreitung der Landwirtschaft nach Demeter Richtlinien würde eine Verbesserung in Bezug auf die Überdüngungsproblematik der Gewässer bringen, hängt allerdings stark von der jeweiligen Umsetzung durch die Betriebsleiter ab. Mit Hilfe der Plocher-Produkte kann eine Kompostierung der Hofdünger in unkomplizierter Weise für alle Landwirte erreicht werden.

6.4 Regelmässige Messungen und Dokumentation

Die regelmässigen Messungen der Wasserqualität durch den Kanton Solothurn vier Mal jährlich werden seit 2009 durchgeführt und ihre Weiterführung ist bis Ende 2029 geplant. Da sie auch langfristige Veränderungen des unter Naturschutz stehenden Gewässers zuverlässig dokumentieren, sollten sie auch in der Zukunft fortgesetzt werden.

Angesichts des Pioniercharakters dieses Pilotprojektes kommt der Dokumentation der Vorgehensweisen und Resultate eine besondere Bedeutung zu. Im Anschluss an diesen nun vorliegenden Abschlussbericht sind weitere, kurze Zustandsberichte im Abstand von jeweils fünf Jahren geplant. In diesen Berichten wird die fortlaufende Entwicklung des Weiheres anhand der vier jährlichen Messserien dokumentiert und es werden Empfehlungen für die weitere Fortsetzung des Erhaltungsprojektes ausgesprochen.

6.5 Bekanntmachung der Sanierungsmethode

Das Pilotprojekt Bellacher Weiher und seine Fortsetzung zur Erfolgserhaltung demonstrieren eine wirksame Methode zur Bekämpfung der Überdüngungsproblematik in schweizerischen Mittellandseen. Die Bekanntmachung im deutschschweizerischen Sprachraum kann jederzeit auf die französische und ferner die italienische Schweiz ausgedehnt werden. Das vorliegende Pilotprojekt kann auch in Zukunft dazu benutzt werden, die Sanierungsmethode anschaulich zu präsentieren und weiteren Anwendungen zugänglich zu machen. Im Ausland dürfte die Methode ebenfalls auf reges Interesse stossen, weshalb die Bellacher Weiher Sanierung möglichst schnell einen grösseren Bekanntheitsgrad erreichen sollte.

7 Quellen

- DEGEN, CLAUDIA: „Untersuchung der Wirkung des Plocher-Bodenaktivators 1-2-3 im Rahmen des Bellacher Weiher Pilotprojekts – Beschreibung der Ausgangssituation“. Bericht der Berner Hochschule für Agrar-, Forst und Lebensmittelwissenschaften HAFL. Zollikofen 2016.
- LAROCQUE-TOBLER, ISABELLE: „Projekt Bellacher Weiher – Sedimentanalysen 2020“. Paleolimnologischer Bericht, The L.A.K.E.S Institute. Lyss 2020.
- GUFLER, CHRISTA ET AL.: „Monitoring Bellacher Weiher – Untersuchungen des Nährstoffhaushaltes und des biologischen Zustandes“. Endbericht der Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften ZHAW. Wädenswil 2017.
- HORISBERGER, DAVID ET AL.: „Bellacher Weiher, der Natur auf der Spur“. Bellach 2004.
- IMHOF, THOMAS ET AL.: „Untersuchung der Wirkung des Plocher Bodenaktivators auf die Bodenfruchtbarkeit und das Ertragsniveau“. Abschlussbericht Projekt Bellacher Weiher. Berner Hochschule für Agrar-, Forst und Lebensmittelwissenschaften HAFL. Zollikofen 2021.
- KEISER, ANDREAS ET AL.: „Bellacher Weiher“. Ökologische Diagnose, Sanierungsvorschläge. AONL, Büro für Angewandte Ökologie, Naturschutz und Landschaftspflege. Biel 1987.
- MERSMANN, CHRISTOPH: „Dokumentation des Praktikums am Bellacher Weiher“. Verein Umwelt und Bildung in Zusammenarbeit mit der ZHAW. Zürich 2013.
- NUFER, ADRIAN: „Luftbildauswertung zur Darstellung des Behandlungserfolgs im Heidsee“. Gutachten. Zürich 2009.
- NUFER, ADRIAN: „Auswertung der Umfrage bei den Landwirten im Projekt Bellacher Weiher“. Bericht 2010/2011. Zürich 2011.
- NUFER, ADRIAN: „Auswertung der Umfrage II bei den Landwirten im Projekt Bellacher Weiher“. Bericht 2012/2013. Zürich 2013.
- NUFER, ADRIAN: „Auswertung der Umfrage III bei den Landwirten im Projekt Bellacher Weiher“. Bericht 2014/2015. Zürich 2015.
- NUFER, ADRIAN: „Nachhaltige Sanierung des Bellacher Weihers und seines Einzugsgebietes“. Zwischenbericht 2015. Zürich 2016.
- NUFER, ADRIAN: „Auswertung der Umfrage IV bei den Landwirten im Projekt Bellacher Weiher“. Bericht 2016/2017. Zürich 2017.
- NUFER, ADRIAN: „Nachhaltige Sanierung des Bellacher Weihers und seines Einzugsgebietes“. Zwischenbericht 2018. Zürich 2018.
- NUFER, ADRIAN: „Auswertung der Umfrage V bei den Landwirten im Projekt Bellacher Weiher“. Bericht 2018/2019. Zürich 2019.
- NUFER, ADRIAN: „Nachhaltige Sanierung des Bellacher Weihers und seines Einzugsgebietes“. Zwischenbericht 2020. Zürich 2020 (a).

- NUFER, ADRIAN: „Erforschung und Anwendung des Plocher-Systems im Umweltbereich“. Dossier, Version 4.1. Zürich 2020 (b) (www.nuferscience.ch).
- NUFER, ADRIAN: „Nachhaltige Sanierung des Bellacher Weihers und seines Einzugsgebietes“. Zwischenbericht 2022. Zürich 2022.
- PÜNTER, JANINE: „Ammoniakreduktion mit PLOCHER- Flüssighumus“. Semesterarbeit an der Berner Hochschule für Agrar-, Forst und Lebensmittelwissenschaften HAFL. Zollikofen 2024.
- RAGGAM, AUGUST: „Klimawandel – Biomasse als Chance gegen Klimakollaps und globale Erwärmung“. Ökosoziales Forum Österreich. Graz 2004 (Gerhard Erker).
- RUTISHAUSER, NIKLAUS ET AL.: „Sanierung des Bellacher Weihers mit der Plocher-Technologie“. Abschlussbericht Versuchsphase 2004-2007. Solothurn 2008.
- SCHRAG, DANIEL: „Inkwilersee - Konzept zur Sanierung“. Amt für Umwelt des Kantons Solothurn. 1. Nachführung. Solothurn 2011.
- STÖCKLI, THOMAS (HRSG): „Der Natur auf der Spur. Ein Unterrichtsprojekt am Bellacher Weiher.“ Ipf Initiative für Praxisforschung. Solothurn 2007 (Books on Demand).
- TILLESSEN, DANIELA: „Landwirtschaftlicher Ausflug – Ein Besuch in Deutschland zeigt auf, wie wir diverse landwirtschaftliche Probleme umfassend lösen können“. Lommiswil-Nachrichten 2021/04. Lommiswil 2021. (www.lommiswil.ch/newsletterarchiv.html?file=files/Gemeinde-Lommiswil/Newsletter/Newsletter2021_04.pdf).
- WOODTLI, FLORENCE: „Monitoring Bellacher Weiher – Untersuchungen des Nährstoffhaushaltes und des biologischen Zustandes“. Bachelorarbeit an der Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften ZHAW. Wädenswil 2016.