



Landwirtschaft am Baldeggersee

## *Evaluation der stark zur Phosphorbelastung des Baldeggersees beitragenden Flächen*

**Zusammenfassung des Schlussberichts 2019  
von Agroscope**

## 1 Ausgangslage

Im Kanton Luzern läuft seit 1999 ein Projekt zur Verminderung der Phosphorkonzentrationen in den Luzerner Mittellandseen. Diese konnten deutlich reduziert werden. Trotzdem sind die Phosphoreinträge im Baldeggersee nach wie vor zu hoch. Die tolerierbare algenwirksame P-Fracht in den Baldeggersee beträgt 2'200 kg Phosphor (P)/Jahr, die aktuellen Phosphoreinträge liegen jedoch bei 3'900 kg P/Jahr. Aus diesem Grund wurde 2016 ein Forschungsprojekt gestartet, welches die Grundlagen für die Ausgestaltung eines neuen Projektes ab 2020 schaffen soll. Fragestellungen zu folgenden Themen standen im Fokus:

- Aufzeigen mit welchen Massnahmen die algenwirksamen Phosphorfrachten von den landwirtschaftlich genutzten Flächen im Einzugsgebietes (EZG) des Baldeggersees halbiert werden können.
- Aufzeigen einer Methodik zur Identifikation der Flächen, die in hohem Masse zum P-Eintrag in die Mittellandseen beitragen.
- Beurteilung von Massnahmen hinsichtlich der Wirkung und der Umsetzbarkeit auf den hoch beitragenden Flächen.
- Entwicklung und Etablierung eines Monitorings zur Wirkung der Massnahmen.

Der Forschungsauftrag wurde unter der Leitung der Agroscope ausgeführt. Das Forschungsprojekt wurde in enger Zusammenarbeit mit den Landwirten vor Ort, wie auch den Dienststellen Landwirtschaft und Wald (lawa) und Umwelt und Energie (uwe) sowie der ETH Zürich und der Eidgenössischen Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (eawag) umgesetzt.

## 2 Konzept beitragende Flächen

Flächen gelten als phosphorbeitragend, wenn sie drei Kriterien erfüllen:

- a) eine Stoffquelle haben
- b) hydrologisch aktiv sind
- c) einen Gewässeranschluss besitzen.

Die räumliche Stoffquelle ist für die behandelte Fragestellung der pflanzenverfügbare P-Gehalt des Bodens. Hydrologisch aktive Flächen neigen aufgrund von Boden- und Topographieeigenschaften zu Oberflächenabfluss und schnellem unterirdischen Abfluss. Die Verbindung zum Gewässernetz kann direkt, indirekt über Strassenentwässerungen oder über Drainagen erfolgen. Methodisch wurde das Konzept der beitragenden Flächen im Einzugsgebiet des Baldeggersees durch Feldmessungen und Modellierungen evaluiert und umgesetzt.

### Phosphorflüsse

Für die Feldmessungen wurde das Einzugsgebiet der Oberen Ron ausgewählt. Der Oberflächenabfluss hat ausser bei Extremereignissen nur eine geringe Bedeutung. Der Anteil von Oberflächenabfluss und direkter Gülleabschwemmung an der gesamten algenwirksamen P-Fracht der Fliessgewässer zum Baldeggersee beträgt 10 - 30 %. Zur Beurteilung der unterirdischen Abflussprozesse wurden insgesamt 87 Zuleitungen auf einer Fliesslänge von 4 km kartiert. Davon wurden 19 während hohen Abflüssen beprobt. Die berechnete mittlere Jahresfracht pro Zuleitung betrug 1,6 kg Phosphor, bei einem Maximalwert von 7,7 kg Phosphor. Daraus wurde eine P-Fracht für alle Zuleitungen im Einzugsgebiet des Baldeggersees berechnet, die etwa 50 - 70 % der algenwirksamen P-Fracht aller Zuflüsse beträgt. Den Anteil der anderen Abflüsse (Quell- und Grundwasser sowie Interflow direkt in ein Gewässer) beträgt 10 - 30 %.

Die Auswertungen zur Abfluss- und P-Dynamik zeigen: Drainageabfluss und andere schnelle unterirdische Abflussprozesse sind am wichtigsten.

### **Phosphorgehalt im Boden**

Bezüglich der räumlichen Stoffquelle liegen in der Oberen Ron über die Hälfte der düngbaren Flächen (57 %) in der P-Versorgungsklasse E, der höchsten von 5 Versorgungsklassen. Der flächengewichtete Mittelwert der CO<sub>2</sub>-P-Testzahl beträgt dort 21,8. Dies ist vergleichbar mit dem gesamten Einzugsgebiet des Baldeggersees, in dem 60 % der Naturwiesenflächen in der P-Versorgungsklasse E (angereichert) liegen. Der Median der CO<sub>2</sub>-P-Gehalte der Böden von Naturwiesen liegt bei einer P-Testzahl von 19,9. Mit dem Niederschlags-Abfluss-Phosphor-Modell wurde untersucht, wie gross der Einfluss der P-Gehalte der Böden auf die P-Fracht in die Gewässer ist und wie weit die P-Gehalte verringert werden müssten, um eine Halbierung der P-Fracht in den Zuflüssen zu erzielen. Für das gesamte Einzugsgebiet des Baldeggersees wurde ein Zielwert bzw. tolerierbarer Wert für die CO<sub>2</sub>-P-Testzahl von 10,0 bestimmt. Der Zielwert liegt somit an der Grenze zwischen den P-Versorgungsklassen C (genügend) und D (Vorrat).

### **Konnektivität**

Die Konnektivität wurde einerseits über die bestehende Gewässeranschlusskarte ermittelt, andererseits wurde mittels «Machine Learning» eine Drainagekarte erstellt. Der oberflächliche Gewässeranschluss im Einzugsgebiet des Baldeggersees beträgt 51 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche (LN), der drainierte Flächenanteil liegt bei 11 %. Somit sind fast zwei Drittel der LN an ein Gewässer angeschlossen.

### **Hydrologischen Aktivität**

Zur Ermittlung der hydrologischen Aktivität wurde das bestehende dynamische Niederschlags-Abfluss-Phosphor-Modell erweitert, neu kalibriert und validiert. Es wurden hydrologische Risikokarten für drei typische Niederschlagsereignisse erstellt. Während des kleinen Ereignisses waren mehr als die Hälfte (56 %) der LN hydrologisch aktiv, beim mittleren Ereignis 69 % und beim grossen Ereignis 83 %.

Die räumliche Stoffquelle, die hydrologische Aktivität und die Konnektivität wurden für das Einzugsgebiet des Baldeggersees klassiert und zu einem P-Index verrechnet. In der Oberen Ron weisen 14,4 % der klassierten Flächen ein sehr hohes, 23,3 % ein hohes und 29,3 % ein mittleres Risiko für P-Verluste gemäss P-Index auf. Insgesamt haben also 67 % der klassierten LN einen so hohen P-Index, dass sie als beitragende Flächen betrachtet werden können. Für das gesamte Einzugsgebiet des Baldeggersees dürften rund 55 % der LN als beitragende Flächen gemäss obiger Risikoklassierung eingestuft werden. Die Idee des Konzeptes der beitragenden Flächen, dass nur wenige Flächen massgeblich zur P-Belastung beitragen und dass die P-Fracht mit gezielten Massnahmen auf diesen Flächen markant reduziert werden kann, hat sich für das Einzugsgebiet des Baldeggersees nicht bestätigt. Wenn rund 55 % der Flächen beitragend sind, sind Massnahmen zur Verringerung der P-Einträge auf einem entsprechend grossen Flächenanteil notwendig.

### **Reduktion des Phosphorgehaltes im Boden**

Das grösste Reduktionspotential besteht bei der räumlichen Stoffquelle – dem P-Gehalt der Böden. Bei der hydrologischen Aktivität und der Konnektivität gibt es nur ein geringes Reduktionspotential. Bei den Sanierungen von Zuleitungen mit Punktquellen beträgt das Reduktionspotential etwa 500 kg P/Jahr und bei Massnahmen im Bereich direkter Gülleabschwemmung etwa 100 kg P/Jahr. Um den Eintragspfad über Oberflächenabfluss, Drainagen und Interflow von mit P hoch- oder überversorgten Böden zu reduzieren, ist der P-Input auf diesen Flächen deutlich zu reduzieren. Um abzuschätzen, wie sich die P-Bilanzsalden unterschiedlicher Höhe längerfristig auf den Boden-P-Gehalt auswirken, wurden verschiedene Abnahmeszenarien berechnet. Die Modellierung soll die Anzahl Jahre angeben, welche benötigt werden, um eine Fläche von ihrer aktuellen Boden-P-Konzentration (CO<sub>2</sub>-P) auf einen für Oberflächengewässer unbedenklichen Zielwert (P-Testzahl 10,0) abzureichern. Wenn der Median (19,9) der P-Testzahlen der Bodenproben

aus dem Einzugsgebiet des Baldeggersees als Anfangswert gesetzt wird, wäre eine Erreichung des Zielwerts bei einem P-Deckungsgrad von 90 % (ohne jegliche Toleranzen und Abzüge) nach 30 Jahren zu erwarten. Eine Reduktion des P-Deckungsgrads von 90 % auf 80 % würde eine Halbierung obiger Abreicherungszeit bedeuten. Da die Abnahmerate von der Anfangskonzentration des verfügbaren P abhängt, tragen Massnahmen auf Flächen mit starker Überversorgung (Klasse E) überproportional zur Reduktion der P-Frachten bei.

### **3 Fazit/Massnahmen**

In der anschliessenden Tabelle wurden die bisherigen und neu vorgeschlagenen Massnahmen qualitativ bewertet. Die Bewertung berücksichtigt sowohl die verschiedenen möglichen P-Eintragsprozesse ins Gewässer (direkte Gülleabschwemmung, Oberflächenabfluss, Erosion, Drainagen und Makroporen, andere Zuleitungen) als auch die Kriterien zur Definition einer «Beitragenden Fläche».

Die Massnahmen zur Reduktion des P-Eintrags müssen bei der P-Versorgung der landwirtschaftlich genutzten Flächen ansetzen, um effektiv zu sein. Die bisherigen Massnahmen reichen nicht aus, um die P-Fracht auf den angestrebten Zielwert zu reduzieren. Viele der Massnahmen im aktuellen Seevertrag sind jedoch eine wertvolle Grundvoraussetzung für reduzierte P-Einträge aus der Landwirtschaft in die Gewässer. Zu den bisherigen Massnahmen müssen zwingend weitere Massnahmen zur Reduktion der P-Einträge eingeführt werden. Die vorgeschlagenen Massnahmen in der Landwirtschaft sind als Alternativen zu verstehen. Die Erhöhung der Hofdünger-Exporte, die Reduktion von Tierzahlen und die Extensivierung beitragender Flächen sind alle eng mit den Nährstoffbilanzen verbunden und sind daher nicht separat zu betrachten. Eine Regelung ist aus Sicht des Vollzugs deshalb am ehesten über Nährstoffbilanzen sinnvoll. Voraussetzung dafür ist, dass Ausweichmöglichkeiten verhindert werden und nicht dazu führen, dass die P-Reduktionen an anderer Stelle kompensiert werden. Eine Ergänzung der Suisse-Bilanz mit einem Düngungsplan sollte geprüft werden, um den Ansprüchen im Einzugsgebiet des Baldeggersees gerecht zu werden. Die genaue Ausgestaltung einer solchen erweiterten Suisse-Bilanz bezüglich flächenspezifischen P-Restriktionen hängt dann vor allem auch vom gewählten Zeithorizont ab, in dem die P-Abreicherung erreicht werden soll.

Diese Ergebnisse dienen als Grundlage für die Ausgestaltung des Phosphorprojektes der Phase III ab 2020 für alle 3 Mittellandseen. Dieses Projekt wird aktuell durch ein verwaltungsinternes Projektteam und einer Begleitgruppe, in welcher unterschiedlichste Interessensvertreter sind, erarbeitet.

[Link zum vollständigen Forschungsbericht](#)



Bau-, Umwelt- und Wirtschaftsdepartement  
**Landwirtschaft und Wald (Iawa)**  
Centralstrasse 33  
Postfach  
6210 Sursee

Telefon 041 349 74 00

## Anhang: Zusammenstellung der Massnahmen

Zusammenstellung und qualitative Bewertung bisheriger und vorgeschlagener Massnahmen auf ihr Potential in Bezug auf die Kriterien «Beitragende Flächen» und die unterschiedlichen Eintragsprozesse. Die Bewertung macht keine Aussage zur Bedeutung der einzelnen Kriterien und Prozesse in Bezug auf die gesamten P-Einträge in den Baldeggensee.

		Kriterien «Beitragende Flächen»			Prozesse				
		Räumliche Stoffquelle	Konnektivität	Hydrologische Aktivität	Gülleab- schwemmung	Oberflächen- abfluss	Erosion	Drainagen + Makroporen	andere Zuleitungen
<b>bisherige Massnahmen</b>	90% Suisse-Bilanz	+	0	0	+	+	+	+	+
	zeitgerechter Hofdüngereinsatz	+	0	0	+++	++	+	+	0
	Keine Winterbrache	+	0	0	0	0	+++	+	0
	ungedüngter Pufferstreifen	+	++	0	++	++	+	0	0
	Begrenzung ÖLN-Gemeinschaften	+	0	0	+	+	+	+	0
	Bauliche Anforderungen	+	+	0	0	0	0	+	++
<b>bisherige Einzelmassnahmen</b>	Retentionsweiher	+	++	0	+	+	+	+	+
	Impulsbeitrag	+	0	0	+	+	+	+	+
<b>neu vorgeschlagene Massnahmen</b>	Extensivierung/Nulldüngung	++	0	0	+++	++	0	++	++
	Hofdünger-Exporte erhöhen	++	0	0	++	++	++	++	++
	Reduktion DGVE	++	0	0	++	++	++	++	++
	Verschärfung Suisse-Bilanz	++	0	0	++	++	++	++	++
	Einführung Bilanz auf Schlagebene	+++	0	0	+++	+++	+++	+++	+++
	Einführung Hoftorbilanz	+	0	0	+	+	+	+	+

0 kein Potential

+ geringes Potential

++ grosses Potential

+++ sehr grosses Potential