

Ökonomische und ökologische Beurteilung von Gewässerschutzszenarien

Volker Prasuhn¹, Anke Möhring², Maria Bystricky¹, Thomas Nemecek¹ und Gérard Gaillard¹

¹Agroscope, 8046 Zürich, Schweiz

²Agroscope, 8356 Ettenhausen, Schweiz

Auskünfte: Volker Prasuhn, E-Mail: volker.prasuhn@agroscope.admin.ch



Der Stickstoff- und Phosphor-Eintrag in Schweizer Gewässer ist immer noch zu hoch. (Foto: Gabriela Brändle, Agroscope)

Einleitung

In der Schweiz unterliegen nach wie vor viele Gewässer hohen stofflichen Belastungen, wie die Analysen der Daten der Oberflächengewässer- und Grundwasser-Messstellen des Bundes und der Kantone zur Beobachtung der Wasserqualität zeigen. Die von den Bundesämtern für Landwirtschaft (BLW) und Umwelt (BAFU) gesteck-

ten Umweltziele für die Stickstoff(N)- und Phosphor(P)-Belastungen der Gewässer konnten bisher nicht erreicht werden (BAFU und BLW 2016). Mit dem Stoffflussmodell MODIFFUS wurden die diffusen N- und P-Einträge in die Gewässer für das Jahr 2010 erstmals schweizweit berechnet (Prasuhn *et al.* 2016). Mit MODIFFUS können

ausserdem bestimmte Massnahmen zur Verminderung der Nährstoffeinträge quantifiziert werden. Mit dem agrarökonomischen Modell SWISSland (Möhring *et al.* 2016) können die Auswirkungen solcher Massnahmen auf die Flächennutzung, die Tierbestandsentwicklung, die Produktion, das landwirtschaftliche Einkommen, die Strukturen und das Agrarbudget bestimmt werden. Mit Hilfe von Ökobilanzen können die Umweltwirkungen, die sich direkt durch eine Änderung der Produktionspraxis in der Schweiz sowie indirekt durch geänderte Importe und Exporte ergeben, abgeschätzt werden (Bystricky *et al.* 2017). In diesem multidisziplinären Forschungsprojekt wurden die drei verschiedenen Methoden zusammengeführt, um eine umfassende Beurteilung der vorgeschlagenen Minderungsmassnahmen vorzunehmen. Ziel des Projektes war, Wissen zu deren Systemzusammenhängen zu gewinnen. Es ging hingegen nicht darum, direkt umsetzbare Szenarien zu berechnen und entsprechende Praxis- und Politikempfehlungen abzugeben. Die Untersuchungen wurden im Auftrag des BAFU und des BLW durchgeführt.

Material und Methoden

Das Agrarsektormodell SWISSland

SWISSland (= StrukturWandel-Informationssystem Schweiz) ist ein Modellsystem, welches das sektorale Angebot und die sektorale Nachfrage an landwirtschaftlichen Rohprodukten modelliert (www.swissland.org). SWISSland liefert die Basisinformationen zur Flächen- und Tierbestandsentwicklung, zur Entwicklung der inländischen Produktion sowie zu den Import- und Exportmengen bis zum Jahr 2025 für die Modelle MODIFFUS und SALCA. Die Modellannahmen beruhen auf den im Januar 2015 vorhandenen Informationen zur wirtschaftlichen Entwicklung in der EU und auf den Weltmärkten, den makroökonomischen Prognosen für die Schweiz sowie der aktuell geltenden Schweizer Agrarpolitik (AP 14–17) (Möhring *et al.* 2016).

Das Stoffflussmodell MODIFFUS

Das statistisch-empirische Modell MODIFFUS (Modell zur Abschätzung diffuser Stoffeinträge in die Gewässer) ist ein Emissionsmodell, das auf einem Geoinformationssystem (GIS) basiert. Grundlage aller Berechnungen bildet die Landnutzung im Hektarraster. Es werden zunächst die Wasserflüsse, anschliessend die Eintragspfade Abschwemmung, Auswaschung, Bodenerosion, Drainageverluste, Deposition auf die Gewässeroberflächen und landwirtschaftliche Direkteinträge für jede Landnutzung und unter Berücksichtigung der natürlichen Standortfaktoren berechnet (Prasuhn *et al.* 2016).

Zusammenfassung ■ Vier verschiedene Szenarien zur Verminderung der diffusen Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft in die Gewässer der Schweiz wurden für den Zeitraum 2010 bis 2025 in einem multidisziplinären Projekt analysiert. Mit dem Agrarsektormodell SWISSland wurden die ökonomischen und strukturellen Auswirkungen sowie der Einfluss auf das Direktzahlungsbudget und das sektorale Einkommen bei einer Umsetzung der emissionsmindernden Massnahmen untersucht. Mit dem Stoffflussmodell MODIFFUS wurden die diffusen Stickstoff- und Phosphoreinträge aus der Landwirtschaft in die Gewässer abgeschätzt. Mit der Ökobilanzmethode SALCA wurden die Umweltwirkungen einschliesslich Importprodukten ermittelt. Alle vier Szenarien führen zu einer Extensivierung im Acker- und Futterbau. Die Stickstoffeinträge aus der landwirtschaftlichen Nutzfläche nehmen dadurch von 2010 bis 2025 je nach Szenario zwischen 5 % und 25 %, die Phosphorverluste zwischen 7 % und 20 % ab. Die Inlandproduktion würde bei vielen Produkten abnehmen und die Importmengen würden ansteigen. Die Reduktion der Stoffeinträge in die Gewässer der Schweiz würde daher zu einer Verlagerung der Umweltwirkungen ins Ausland führen.

Die Ökobilanzmethode SALCA

Die Ökobilanzmethode SALCA (Swiss Agricultural Life Cycle Assessment) berechnet die potenziellen Umweltwirkungen von landwirtschaftlichen Produkten und Prozessen. Die Bewertung umfasst sowohl die landwirtschaftlichen Rohprodukte des Schweizer Agrarsektors als auch Importprodukte, wobei die Systemgrenzen ausschliesslich die in SWISSland berücksichtigten Produkte enthalten. Diese Produkte sind Inhalt eines «Warenkorbes», der die funktionelle Einheit, also die Bezugsgrösse für den Vergleich der Umweltwirkungen bildet (Bystricky *et al.* 2017).

Untersuchte Szenarien

Verschiedene Massnahmen zur Verminderung der Nährstoffeinträge in die Gewässer wurden mit den Modellen untersucht. Um die ökonomischen und ökologischen Auswirkungen ermitteln zu können, mussten diese Massnahmen zunächst in Szenarien übersetzt werden. Dafür wurde eine Reihe von Instrumenten aus den Bereichen

Direktzahlungen und handelspolitische Massnahmen als Hebel genutzt, um die landwirtschaftliche Produktion in die gewünschte Richtung zu bringen. Ausgehend vom modellierten Zustand im Jahr 2010 wurden die Auswirkungen von vier Massnahmenkombinationen im Zeitraum von 2010 bis 2025 verglichen (REF, EXT, ZOLL, GRAS; Tab. 1).

Resultate

Änderung von Flächennutzung und Tierhaltung

Die mit SWISSland berechnete Entwicklung der landwirtschaftlich genutzten Flächen (LN) zeigt für die Szenarien REF, EXT und ZOLL einen Rückgang um ca. 1 bis 2 % beziehungsweise rund 10 000 bis 20 000 ha. Im Szenario GRAS nimmt die LN mit knapp 9 % beziehungsweise gut 90 000 ha sogar noch deutlich stärker ab (Abb. 1). Innerhalb der LN nehmen die Ackerflächen bei allen Szenarien stark ab, während die Graslandflächen fast überall zunehmen. Im GRAS-Szenario führt die Umwandlung von Acker- in Grasland zu einer massiven Abnahme der Ackerfläche von 38 % bzw. 156 000 ha und zu einer Zunahme der Graslandflächen von 67 000 ha.

Innerhalb der Ackerflächen gibt es ausser beim Szenario GRAS meist nur kleinere Verschiebungen. Der Zuckerrübenanbau geht generell wegen der Kopplung des Zuckerpreises an den sinkenden EU-Preis zurück. Im ZOLL-Szenario sinkt der Kartoffel- und Gemüseanbau, während der Futtergetreideanbau steigt. Beim Grasland nimmt bei allen Szenarien der Anteil extensiv oder wenig intensiv genutzter Flächen deutlich zu.

Die Tierbestände sinken in allen Szenarien (Abb. 2); damit nimmt auch der Nährstoffanfall über Hofdünger ab. Ursachen hierfür sind tiefere Milchpreise und die Umlagerung der tierbezogenen Direktzahlungen sowie, speziell im Szenario GRAS, das Aufstockungsverbot ab 2018.

Ökonomische Auswirkungen

Die landwirtschaftliche Inlandproduktion und die Importmengen ändern sich je nach Szenario und Produkt (Tab. 2). So nimmt z. B. im Szenario ZOLL die Futtergetreideproduktion im Inland zu, was bei abnehmenden Tierbeständen zu geringeren Futtermittelimporten führt. In den anderen drei Szenarien sinkt die Inlandproduktion leicht, sodass die Nachfrage und damit die Importmenge an Futtergetreide steigen.

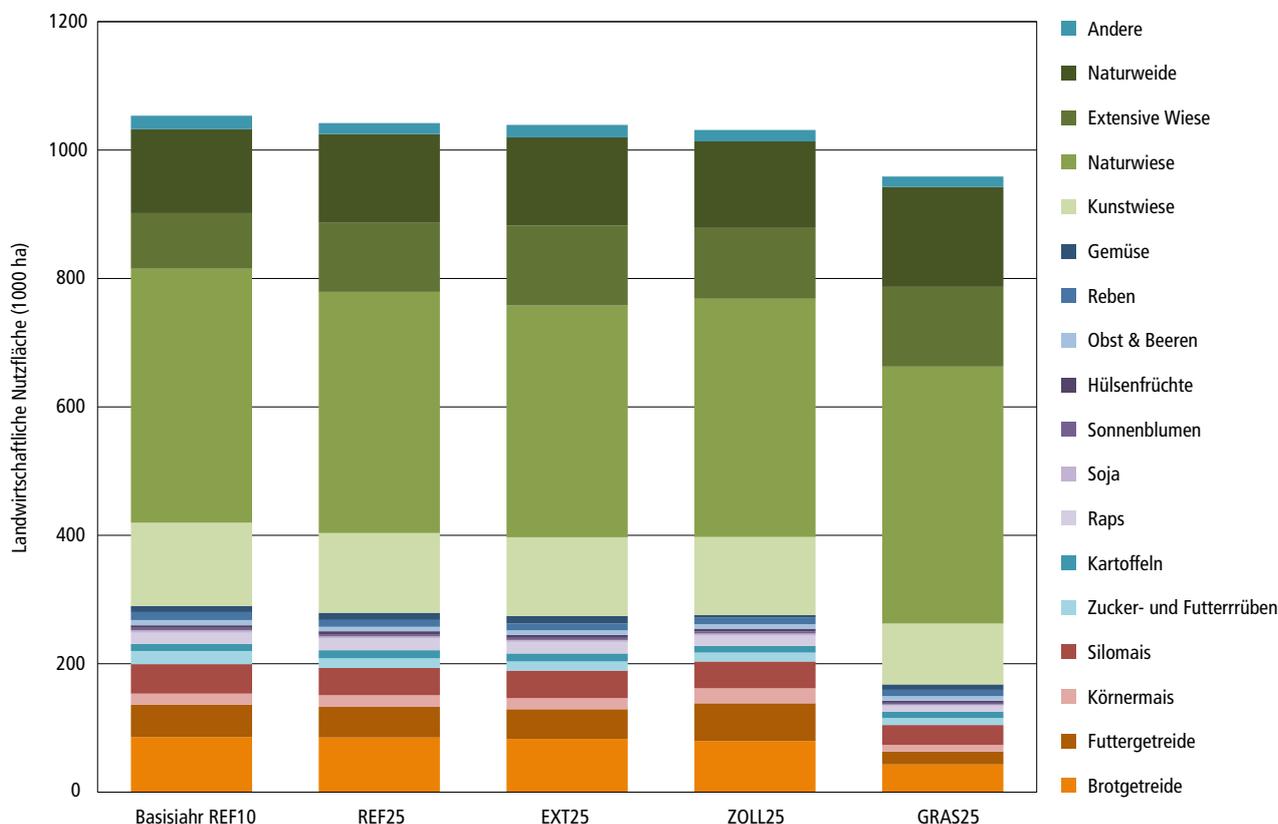


Abb. 1 | Landwirtschaftliche Nutzfläche im Basisjahr 2010 und in den vier Szenarien (Tab. 1) im Jahr 2025.

Tab. 1 | Übersicht über die Szenarien zur Verminderung der diffusen Nährstoffeinträge in die schweizerischen Gewässer.

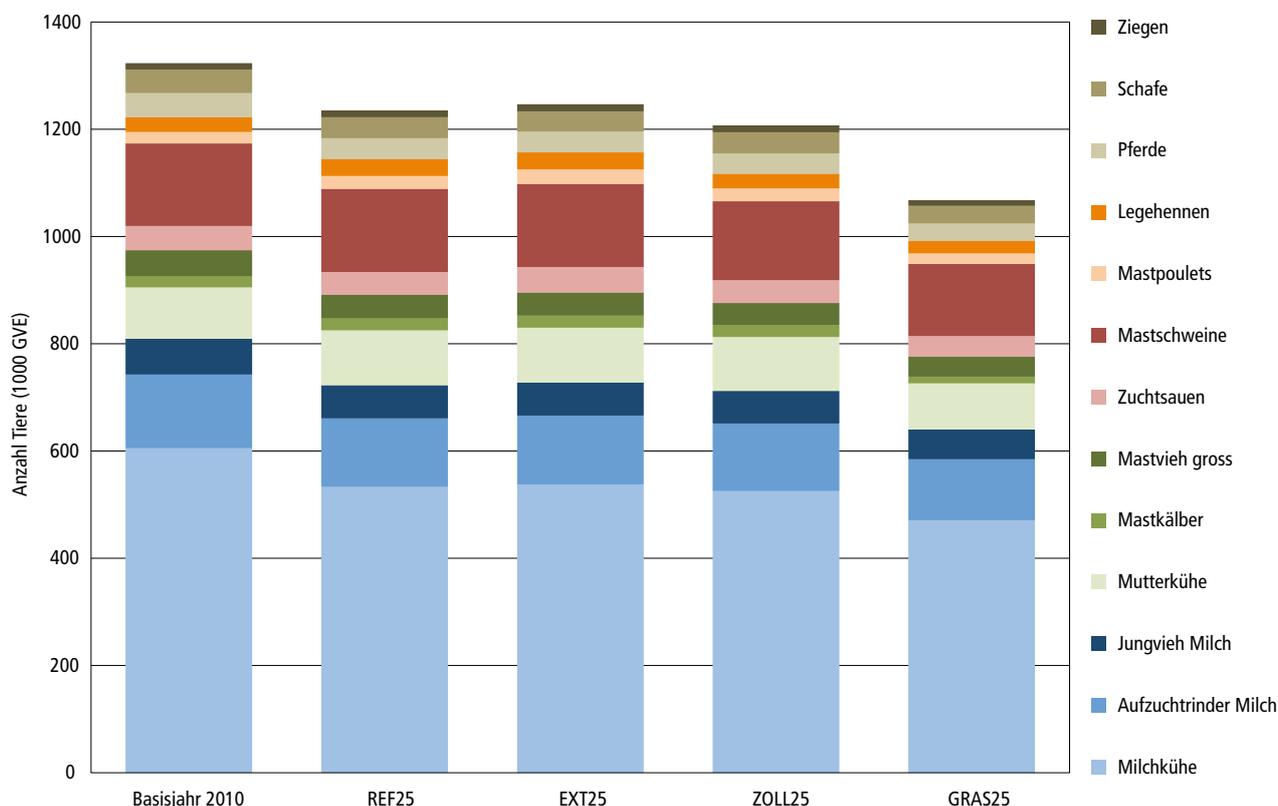
	REF25	EXT25	ZOLL25	GRAS25
Massnahme	Referenzszenario: Fortschreibung der Agrarpolitik 2014–2017 bis 2025	Erhöhung der Direktzahlungsbeiträge für extensive Flächennutzung	Anheben des Schwellenpreises bei Futtermitteln, Senkung des Kontingentszollansatzes für Kartoffeln und des obligatorischen Zolls für das Zucker-Pflichtlager, Preissenkungen bei Gemüse	Umwandlung von Acker- in Grasland oder nichtlandwirtschaftliche Nutzung; Aufstockungsverbot für Tierbestände
Umfang der Massnahme	–	ab 2018 bis 2025 jährlich 10 % Erhöhung	jeweils ab 2018 bis 2025 jährlich 10 % Erhöhung oder Senkung	ab 2018 bis 2025 jährlich 5 % der Ackerfläche
Wirkungsmechanismus	–	vermehrter Anbau von Extensokulturen sowie extensiven und wenig intensiven Wiesen und Weiden	verminderter Anbau besonders auswaschungs- und erosionsgefährdender Kulturen (Kartoffeln, Gemüse und Zuckerrüben)	Umwandlung von Ackerland in Grasland sowie Vermeidung einer Erhöhung der N-Deposition aufgrund eines grösseren Tierbestandes

Der Strukturwandel führt bis ins Jahr 2025 zu einer Abnahme der Anzahl Betriebe um rund 15000 in allen Szenarien (Abb. 3). Das Budget für produktunabhängige Direktzahlungen ändert sich in den Szenarien REF und ZOLL kaum, während sich eine Mehrbelastung im Szenario EXT von ca. 6 % im Vergleich zum Basisjahr 2010 ergibt. Die starke Flächenreduktion im Szenario GRAS wirkt sich dagegen eher entlastend (–8 %) aus. Die konstante landwirtschaftliche Erzeugung, sinkende Aufwendungen für Vorleistungen durch sinkende Betriebsmittelkosten und steigende Erträge aus Direktzahlungen führen im

Szenario EXT zu einem deutlich höheren Anstieg des Sektoreinkommens im Vergleich zu den anderen Szenarien. Das ZOLL-Szenario führt hier zu einem geringen Rückgang, da durch die Abnahme der Flächen mit lukrativen Ackerkulturen (Gemüse, Kartoffeln, Zuckerrüben) die monetären Leistungen aus der pflanzlichen Produktion deutlich sinken.

Stickstoff- und Phosphor-Einträge in die Gewässer

Für das Jahr 2010 wurden die diffusen Stoffeinträge aus den landwirtschaftlich genutzten Flächen in die Gewässer


Abb. 2 | Tierbestände im Basisjahr 2010 und in den vier Szenarien (Tab. 1) im Jahr 2025. GVE: Grossvieheinheiten.

ser der Schweiz mit MODIFFUS auf 28244t N und 816t P berechnet. Für die verschiedenen Szenarien wurden Reduktionen zwischen 5 % (REF) und 25 % (GRAS) für N und 7 % (REF) bis 20 % (GRAS) für P berechnet (Tab. 3). Knapp 70 % der diffusen N-Verluste und 47 % der diffusen P-Verluste aus landwirtschaftlich genutzten Flächen im Jahr 2010 resultierten aus dem Ackerland. In allen Szenarien nehmen die N- und P-Verluste von Ackerland wegen des Rückgangs der Ackerfläche deutlich ab, mit Abstand am stärksten im Szenario GRAS mit über 40 % beziehungsweise knapp 8000t N sowie 45 % respektive 164t P (Abb. 4). Die Zunahme der Graslandfläche bei REF, EXT und ZOLL wird durch die starke Extensivierung der Graslandnutzung und die Abnahme des Hofdüngeranfalls mehr als kompensiert. Im Szenario GRAS nehmen die N- und P-Verluste unter Grasland wegen der deutlichen Zunahme dieser Flächen trotz Extensivierung um knapp 11 % beziehungsweise 3 % zu. Wegen des Rückgangs von Obst-, Garten- und Rebbau sinken die N- und P-Verluste aus diesen Flächen in allen Szenarien deutlich.

Umweltwirkungen gemäss Ökobilanzen

In den Szenarien sind die Umweltwirkungen fast immer höher als im Basisjahr 2010 (Tab. 4). Dieser Anstieg ist

unter anderem der wachsenden Bevölkerung zuzuschreiben, die bei einer gleich bleibenden Ernährung mehr Nahrungsmittel benötigt. Bei der Inlandproduktion bleiben im Szenario REF die Umweltwirkungen gegenüber dem Basisjahr gleich oder nehmen ganz leicht ab, in den Szenarien EXT und ZOLL sind sie sehr ähnlich wie im Referenzszenario. Im Szenario GRAS liegen die Umweltwirkungen der Inlandproduktion am tiefsten, mit der grössten Reduktion bei der aquatischen Eutrophierung Stickstoff und bei der Ökotoxizität.

Die Umweltwirkungen der Importe steigen mit den Szenarien hingegen meist stark an. Die Szenarien REF und EXT zeigen einen deutlichen Anstieg gegenüber dem Basisjahr. Das Szenario ZOLL bringt wegen der import erleichternden Anreize für Intensivackerkulturen eine weitere Steigerung der Umweltwirkungen von Importprodukten mit sich. Noch mehr steigern sich diese im Szenario GRAS. In der Summe von Inlandproduktion und Importen bringt das Szenario EXT insgesamt die geringste Änderung gegenüber dem Referenzszenario, während sich beim Szenario ZOLL fast alle Umweltwirkungen moderat erhöhen. Beim Szenario GRAS sind die Unterschiede zum Referenzszenario am grössten.

Tab. 2 | Veränderung des Anteils der Importe an der gesamten Inlandverwendung für verschiedene Märkte in Abhängigkeit von Gewässerschutzszenarien (Tab. 1).

Szenario	REF10		REF25		EXT25		ZOLL25		GRAS25	
	2010	2025	Δ zu REF10							
Anteil der Importe an der Inlandverwendung (Inlandproduktion – Export und Import)										
Rindfleischmarkt	11 %	30 %	↑	29 %	↑	32 %	↑	40 %	↑	
Schweinefleischmarkt	4 %	4 %	→	4 %	→	5 %	→	6 %	→	
Geflügelfleischmarkt	43 %	46 %	→	37 %	↓	47 %	→	53 %	↑	
Brotgetreidemarkt	17 %	28 %	↑	33 %	↑	35 %	↑	63 %	↑	
Futtergetreidemarkt	20 %	31 %	↑	38 %	↑	8 %	↓	69 %	↑	
Rapsmarkt	6 %	20 %	↑	29 %	↑	37 %	↑	53 %	↑	
Zuckermarkt	40 %	57 %	↑	59 %	↑	60 %	↑	68 %	↑	
Kartoffelmarkt	8 %	2 %	↓	2 %	↓	29 %	↑	17 %	↑	
Käsemarkt	26 %	26 %	→	28 %	→	28 %	→	31 %	→	

Δ = Unterschied

Tab. 3 | Stickstoff- und Phosphoreinträge aus der landwirtschaftlich genutzten Fläche in die Gewässer der Schweiz für das Jahr 2010 und Veränderungen zu 2025 in den verschiedenen Gewässerschutzszenarien (Tab. 1).

Eintragsquelle	2010	Veränderung zu 2010			
		REF25	EXT25	ZOLL25	GRAS25
Stickstoff (t)	28244	-5 %	-5 %	-9 %	-25 %
Gesamt-Phosphor (t)	816	-7 %	-8 %	-9 %	-20 %

Diskussion und Schlussfolgerungen

Im Szenario REF ergaben sich geringe Abnahmen von 5 % (N) respektive 7 % (P) der Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft in die Gewässer. Die Anzahl der Betriebe nahm ab, das Sektoreinkommen stieg. Die Gesamtumweltwirkungen stiegen teilweise deutlich an. Im Szenario EXT brachten die Extensivierungen im Ackerbau und beim Grasland sowohl bei den Nährstoffeinträgen in die Gewässer als auch bei den ökonomischen Auswirkungen und bei den Gesamtumweltwirkungen kaum nennenswerte Abweichungen gegenüber dem Szenario REF. Im Szenario ZOLL konnten die N- und P-Einträge aus der Landwirtschaft in die Gewässer etwas stärker reduziert werden. Allerdings sank das Sektoreinkommen bei diesem Szenario. Die Gesamtumweltwirkungen waren hier etwas ungünstiger als im Referenzszenario. Insgesamt sind die Veränderungen bei den ökologischen und ökonomischen Parametern der drei Szenarien REF, EXT und ZOLL ähnlich und moderat.

Das Szenario GRAS führte dagegen überall zu grossen Veränderungen. Die Abnahme der N-Einträge aus der Landwirtschaft in die Gewässer betrug 25 %, die der P-Einträge 20 %. Die Umwandlung eines grossen Teils der Ackerfläche in Grasland würde aber zu einer deutlichen Abnahme der Inlandproduktion führen. Dadurch würden Importe massiv zunehmen und die Umweltwirkungen ins Ausland verlagert. Im Sinne der Nachhaltigkeit und einer globalen Betrachtung sowie der Erhaltung einer wettbewerbsfähigen Landwirtschaft ist dies also kein geeigneter Ansatz.

Die berücksichtigten Massnahmen zielten alle auf Landnutzungsänderungen ab (Extensivierung, Umnutzung sowie Rückgang der Tierzahlen) und wurden in den Berechnungen standortunabhängig umgesetzt. Die Förderung von reduzierter Bodenbearbeitung, wie sie in

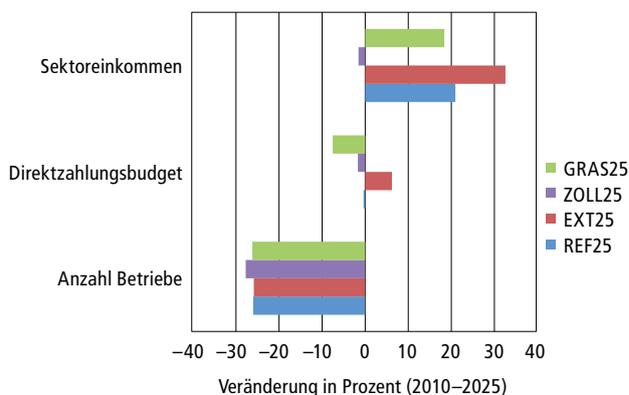


Abb. 3 | Veränderung der Anzahl Betriebe, des Direktzahlungsbudgets und des Sektoreinkommens zwischen 2010 und 2025 für die verschiedenen Gewässerschutzszenarien (Tab. 1).

der AP 14–17 vorgesehen ist, musste unberücksichtigt bleiben, da sie mit SWISSland nicht abgebildet werden konnte. Zusätzliche Berechnungen mit MODIFFUS (Prasuhn *et al.* 2016) und SALCA (Bystricky *et al.* 2017) zeigen, dass vor allem die P-Einträge in die Gewässer durch diese Massnahme weiter vermindert werden könnten und dass eine reduzierte Bodenbearbeitung auf die meisten Umweltwirkungen eine günstige Auswirkung haben könnte. Bei den GIS-basierten Berechnungen mit MODIFFUS konnten auch grosse regionale Differenzen bei den Nährstoffeinträgen aufgezeigt werden. Weiterhin konnte mit MODIFFUS in allen Szenarien berechnet werden, wie sich die Landnutzungsänderungen auswirken würden, wenn sie auf den am stärksten belasteten Flächen umgesetzt würden (Hot-Spot-Ansatz bzw. standortangepasste Landwirtschaft). Dies hatte vor allem beim Phosphor deutlich geringere Einträge in die Gewässer zur Folge. Auch mit SALCA konnten zusätzliche Berechnungen zeigen, dass bei Berücksichtigung verschiedener Standortfaktoren das Potenzial zur Reduktion von Umweltwirkungen gesteigert werden könnte.

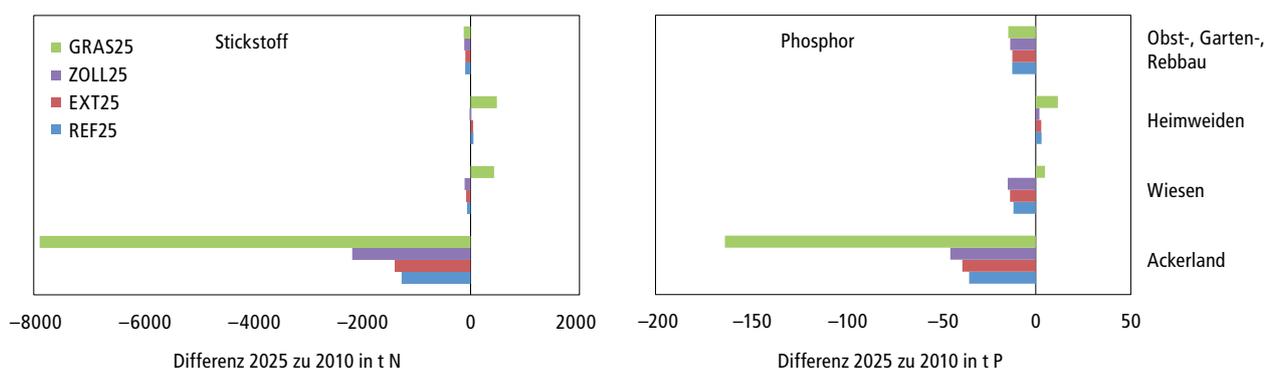


Abb. 4 | Veränderung der Stickstoff- und Phosphoreinträge aus der Landwirtschaft in die Gewässer bei den Hauptnutzungskategorien für die vier Gewässerschutzszenarien (Tab. 1) zwischen 2010 und 2025.

Die multidisziplinäre Herangehensweise hat Forschungsbedarf aufgezeigt. Der Forschungsansatz ist zwar durch die unterschiedlichen Systemgrenzen der Modelle eingeschränkt. Die modellübergreifende Berücksichtigung wichtiger makroökonomischer und politikgesteuerter Variablen führte aber insgesamt zu einem besseren Verständnis der Systemzusammenhänge. Rückkopplungen zwischen den Modellen sind derzeit nicht möglich. Weiterhin besteht Forschungsbedarf darin, zusätzliche Ein-

flussfaktoren wie Massnahmen zur Erhöhung der Stickstoffeffizienz, Reduzierung der Ammoniakemissionen, technische Entwicklungen, Änderungen von Ernährungsgewohnheiten und auch die Thematik der Vermeidung von Verlusten in den Wertschöpfungsketten in die Modellierung einzubeziehen, da diese einen nennenswerten Einfluss auf die Umweltwirkung des Land- und Ernährungssektors besitzen. ■

Tab. 4 | Umweltwirkungen der Inlandproduktion und der Importe im Basisjahr und prozentuale Änderungen mit den Gewässerschutzzenarien (Tab. 1), bezogen auf die funktionelle Einheit «Warenkorb».

Umweltwirkung		Basisjahr REF10	REF25	EXT25	ZOLL25	GRAS25
Energiebedarf 10 ⁹ MJ-Äq	Inland	43,3	-2%	-1%	-5%	-14%
	Import	14,1	42%	43%	68%	100%
	Gesamt	57,4	9%	10%	13%	14%
Ressourcenbedarf P 10 ⁶ kg P	Inland	26,9	-3%	-4%	-3%	-13%
	Import	5,0	41%	44%	51%	104%
	Gesamt	31,9	4%	3%	6%	5%
Ressourcenbedarf K 10 ⁶ kg K	Inland	168,5	-0%	-1%	-1%	-4%
	Import	10,8	42%	46%	57%	105%
	Gesamt	179,3	2%	2%	3%	3%
Flächenbedarf 10 ⁹ m ² *a	Inland	12,7	-2%	-2%	-2%	-11%
	Import	3,0	89%	89%	101%	164%
	Gesamt	15,6	16%	15%	18%	22%
Abholzung 10 ⁶ m ²	Inland	0,4	-2%	-2%	-5%	-16%
	Import	14,7	24%	17%	32%	62%
	Gesamt	15,1	23%	17%	31%	60%
Wasserbedarf 10 ⁶ m ²	Inland	11,7	-2%	0%	-9%	-14%
	Import	15,6	35%	41%	65%	106%
	Gesamt	27,3	19%	23%	33%	55%
Treibhauspotenzial 10 ⁹ kg CO ₂ -Äq	Inland	7,9	-3%	-2%	-3%	-13%
	Import	2,2	55%	52%	74%	113%
	Gesamt	10,0	9%	10%	13%	14%
Ozonbildung (Vegetation) 10 ⁹ m ² *ppm*h	Inland	57,6	-3%	-2%	-4%	-13%
	Import	13,5	69%	67%	98%	136%
	Gesamt	71,2	10%	11%	16%	15%
Ozonbildung (Human) 10 ⁶ person*ppm*h	Inland	5,7	-4%	-1%	-3%	-12%
	Import	1,1	89%	84%	113%	157%
	Gesamt	6,8	11%	13%	16%	15%
Versauerung 10 ⁶ m ²	Inland	1806,2	-5%	-4%	-5%	-13%
	Import	272,2	66%	65%	81%	125%
	Gesamt	2078,4	4%	5%	6%	5%
Terr. Eutrophierung 10 ⁹ m ²	Inland	16,1	-5%	-4%	-5%	-12%
	Import	2,3	70%	69%	81%	128%
	Gesamt	18,4	4%	5%	6%	5%
Aq. Eutrophierung N 10 ⁶ kg N	Inland	29,8	-3%	-4%	-3%	-27%
	Import	9,5	57%	62%	70%	127%
	Gesamt	39,3	11%	12%	14%	10%
Aq. Eutrophierung P 10 ³ kg P	Inland	1185,8	-2%	-3%	-4%	-10%
	Import	331,8	73%	70%	86%	133%
	Gesamt	1517,6	14%	13%	16%	21%
Humantoxizität 10 ⁶ kg 1,4-DB-Äq	Inland	2585,4	-3%	-3%	-5%	-15%
	Import	1101,1	10%	6%	24%	49%
	Gesamt	3686,5	1%	0%	4%	4%
Terr. Ökotoxizität 10 ⁶ kg 1,4-DB-Äq	Inland	7,5	-2%	-3%	-3%	-34%
	Import	3,0	44%	45%	73%	123%
	Gesamt	10,6	11%	10%	19%	11%
Aq. Ökotoxizität 10 ⁶ kg 1,4-DB-Äq	Inland	218,8	-5%	-8%	1%	-32%
	Import	67,5	46%	43%	55%	109%
	Gesamt	286,3	7%	4%	13%	1%

Äq = Äquivalent DB = Dichlorbenzol

Riassunto**Scenari di riduzione delle immissioni di sostanze nutritive nelle acque: valutazione economica ed ecologica**

In un progetto multidisciplinare sono stati analizzati quattro diversi scenari per la riduzione delle immissioni diffuse di sostanze nutritive provenienti dall'agricoltura nelle acque svizzere nel periodo 2010-2025. Con il modello di simulazione del settore agricolo svizzero SWISSland sono state studiate le conseguenze economiche e strutturali di un'eventuale applicazione delle misure di riduzione delle emissioni, nonché l'effetto che quest'ultima produrrebbe sulle risorse finanziarie destinate ai pagamenti diretti. Le immissioni nelle acque di fosforo e azoto provenienti dall'agricoltura sono state valutate con il modello per flussi di sostanze MODIFFUS. Il metodo di analisi del ciclo di vita SALCA è stato utilizzato per determinare l'impatto ambientale, prodotti d'importazione compresi. Tutti e quattro gli scenari portano a un'estensificazione della coltura e della foraggicoltura. A sua volta, quest'estensificazione comporterebbe, per il periodo 2010-2025, una diminuzione degli apporti di azoto provenienti dalla superficie agricola utile tra il 5 % e il 25 % a seconda dello scenario e una riduzione delle perdite di fosforo tra il 7 % e il 20 %. Per molti prodotti si assisterebbe a un calo della produzione nazionale e a un aumento delle quantità importate. Riducendo i carichi di sostanze nelle acque svizzere l'impatto ambientale verrebbe quindi spostato all'estero.

Literatur

- BAFU & BLW, 2016. Umweltziele Landwirtschaft – Status-Bericht 2016. Hrsg. Bundesamt für Umwelt (BAFU) und Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1633, 114 S.
- Bystricky M., Nemecek T. & Gaillard G., 2017. Gesamt-Umweltwirkungen als Folge von Gewässerschutzmassnahmen im Schweizer Agrarsektor. Agroscope, Zürich. Agroscope Science, Nr. 50, 67 S.

Summary**Economic and ecological assessment of scenarios for nutrient reduction in water bodies**

Four different scenarios for the reduction of diffuse nutrient inputs from agriculture to water bodies in Switzerland were analysed for the period 2010 to 2025 in a multidisciplinary project. The agricultural sector model SWISSland was used to examine the economic and structural effects, and the influence on the direct payments budget and sectoral income, following implementation of emission mitigation measures. The substance flow model MODIFFUS was employed to estimate the diffuse nitrogen and phosphorus inputs from agriculture into bodies of water. The agricultural life cycle assessment method SALCA was used to determine the environmental effects, including those of imported products. All four scenarios lead to extensification in arable farming and forage crop production. Depending on the scenario, nitrogen inputs from farmland are projected to decline by 5–25 % from 2010 to 2025, and phosphorus losses by 7–20 %. Domestic production would decrease for many products and import volumes would rise. The reduction in nutrient inputs into water bodies in Switzerland would therefore lead to a shifting of environmental impact to other countries.

Key words: nitrogen, phosphorus, water protection, mitigation scenarios, economic effects, life cycle assessment.

- Möhring A., Ferjani A., Mack G. & Mann S., 2016. Nährstoffreduktion in Gewässern – Modellergebnisse SWISSland. Agroscope, Zürich. Agroscope Science, Nr. 31, 46 S.
- Prasuhn V., Kupferschmid P., Spiess E. & Hürdler J., 2016. Szenario-Berechnungen für das Projekt zur Verminderung diffuser Nährstoffeinträge in die Gewässer der Schweiz mit MODIFFUS. Bericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU), Agroscope Zürich, 76 S.