

Auswirkungen übermässiger Nährstoffeinträge auf die Biodiversität

VUR-Jahrestagung 2022
Jodok Guntern, Forum Biodiversität Schweiz

Übersicht

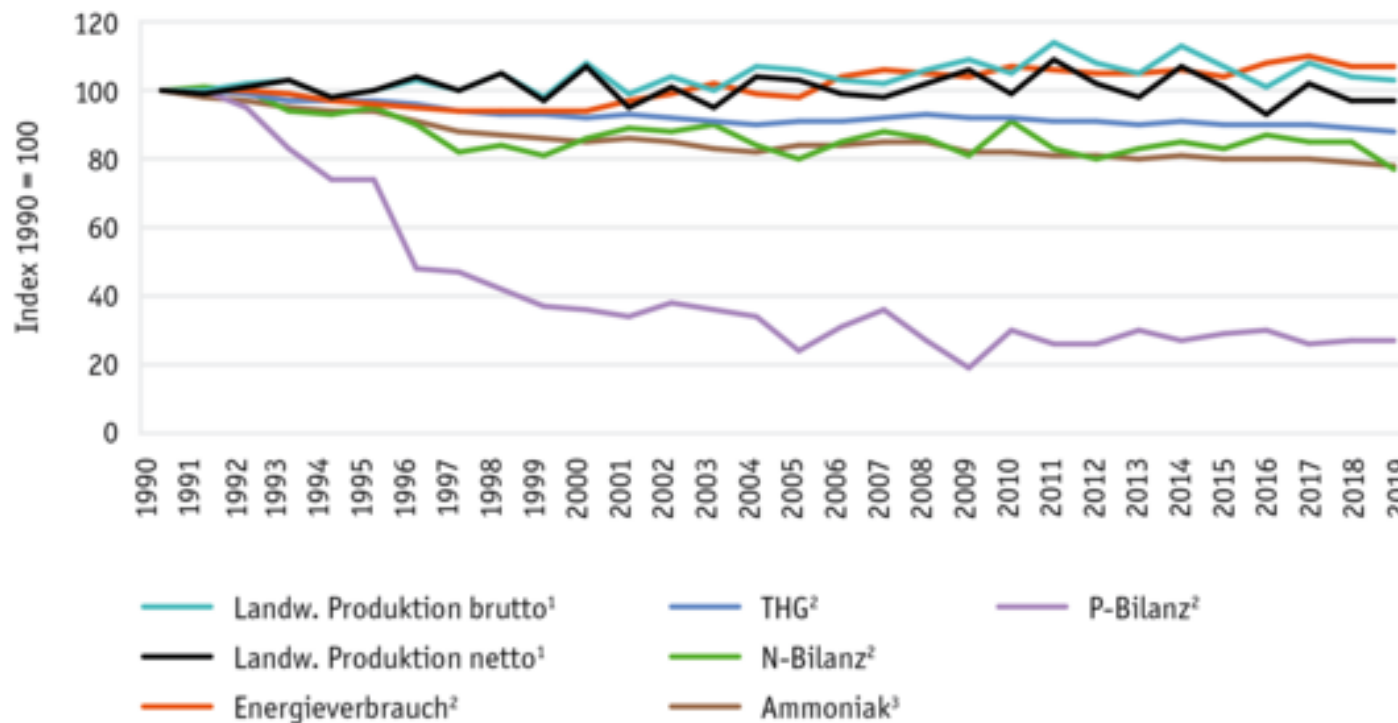
- Einleitung
- Aktuelle Situation in der Schweiz
- Wie kann eine Übermässigkeit beurteilt werden?
- Wirkungsweise und Auswirkungen auf die Biodiversität (Stickstoff, Phosphor)
- Stossrichtungen
- Fazit

Einleitung

- Pflanzen benötigen für Wachstum (Stoffwechsel, Biomasseproduktion) Licht, Wasser und Nährstoffe
 - Hauptnährstoffe (z.B: Stickstoff, Phosphor, Kalium,...)
 - Spurennährstoffe (z.B. Eisen, Mangan, Kupfer,...)
- Spezifische Nährstoffe limitieren das Pflanzenwachstum (meist Stickstoff, in Gewässern Phosphor)
- Nährstoffe sind unerlässlich für landwirtschaftliche Produktion (Erträge, Qualität)
- Nährstoffe und ihre verschiedenen chemischen Formen können im Übermass unerwünschte Auswirkungen auf verschiedene Schutzgüter haben:
Wasser-, Boden-, Luftqualität, Treibhausgasbilanz, Gesundheit, Biodiversität

N- und P-Bilanz der Landwirtschaft

Entwicklung der wichtigsten Agrarumweltindikatoren 1990–2019 (Index 1990 = 100)



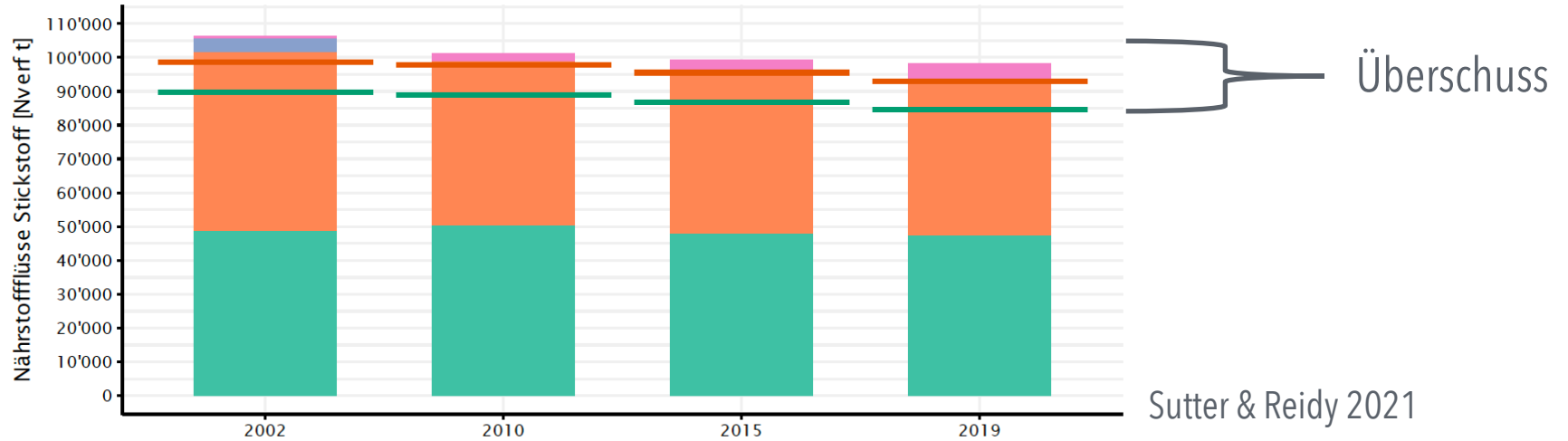
¹ab 2007 neue Berechnungsmethode

Quellen: ¹: SBV (Agristat), ²: Agroscope und ³: HAFL

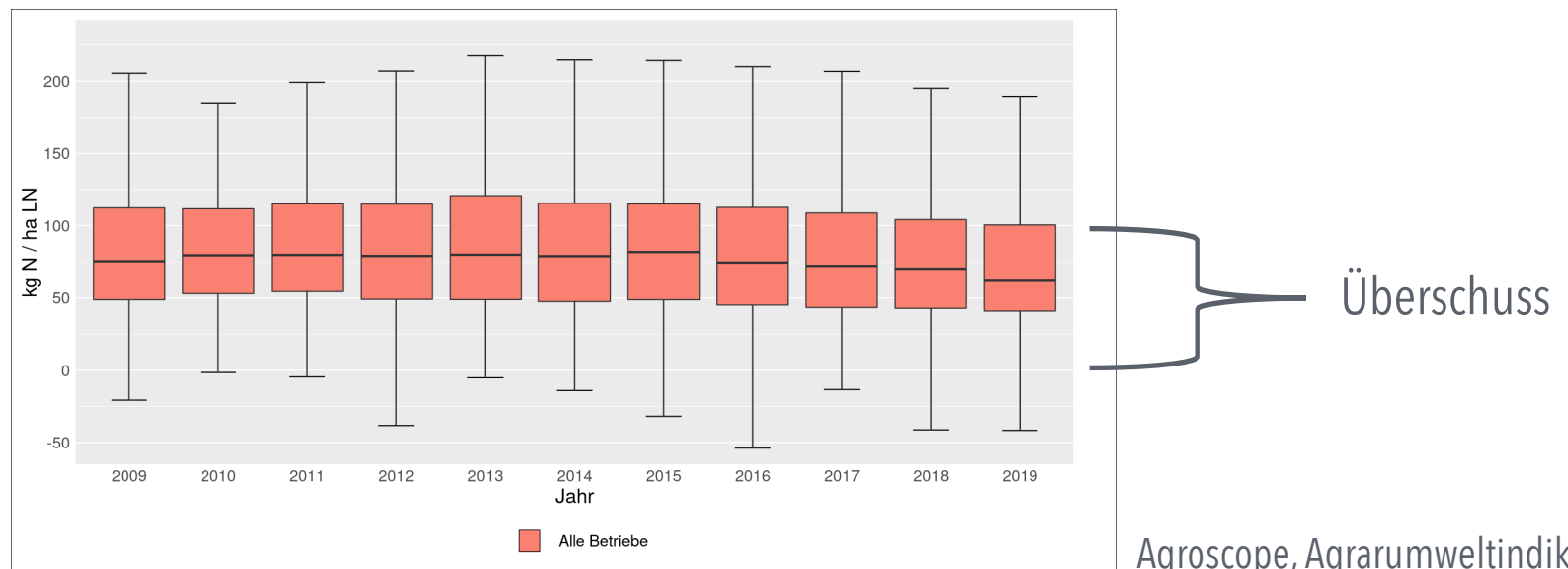
BLW Agrarbericht 2021

Stickstoff-Bilanz

Schweiz

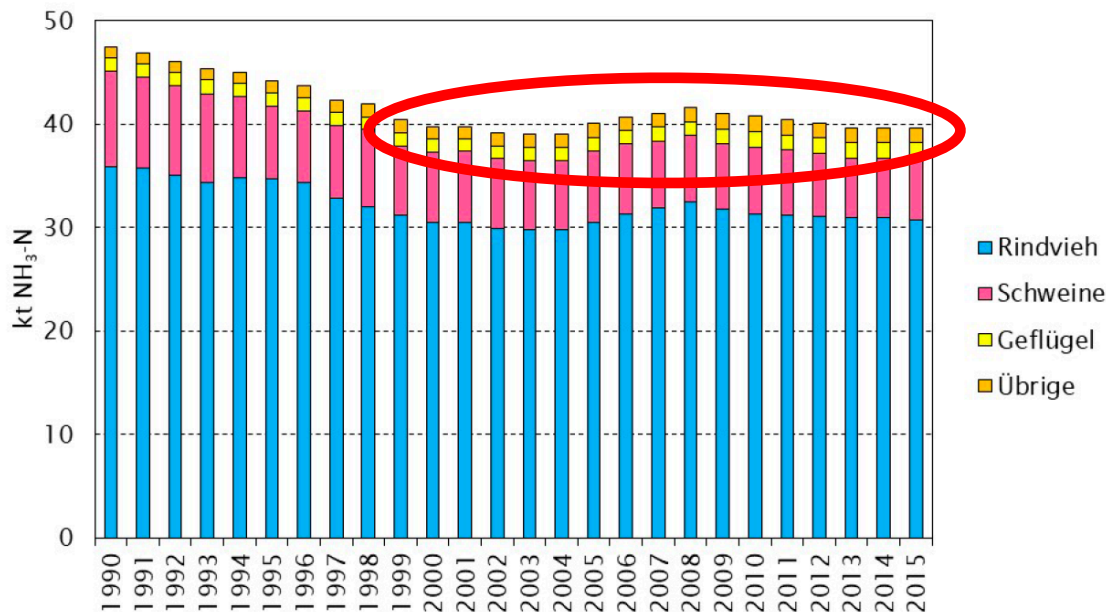


Betriebsnetz AUI

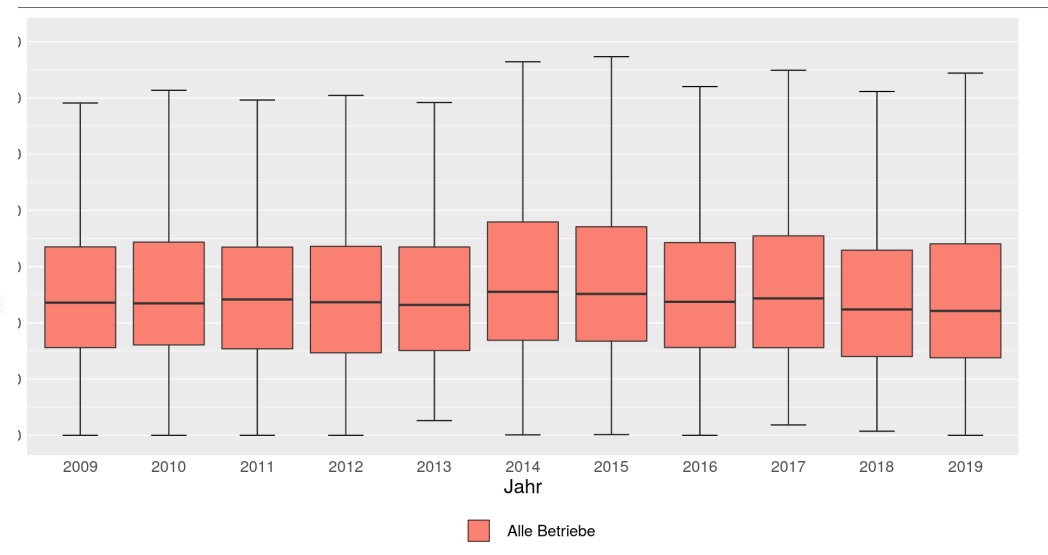


Ammoniakemissionen

- Ammoniakemissionen verursachen ca. zwei Drittel der Stickstoff-Gesamtdeposition.
- Landwirtschaft verursacht ca. 90% der Ammoniakemissionen (Abnahme um 18% zw. 1990 – 2015).
- Tierproduktion verursacht ca. 85% der Ammoniakemissionen.



Kupper et al. 2018

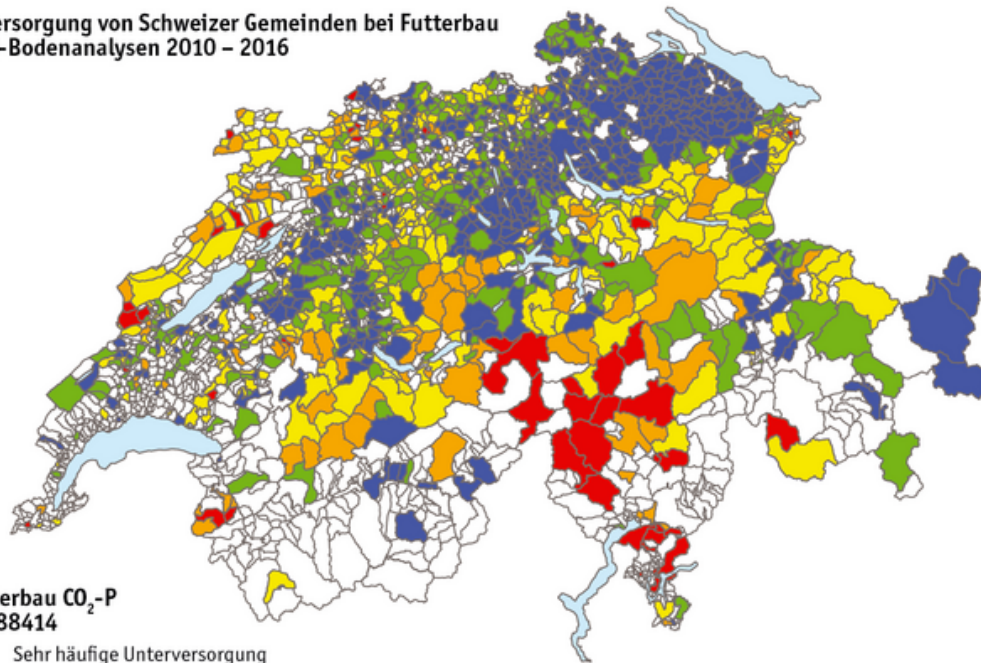


Agroscope, Agrarumweltindikatoren

Phosphorversorgung der Böden

P-Versorgung der Grünlandfläche in Schweizer Gemeinden gemäss den ÖLN-Bodenanalysen. Oben: Analysemethode CO₂, unten Analysemethode AAE10 (Böden mit pH < 6,8)

P-Versorgung von Schweizer Gemeinden bei Futterbau
ÖLN-Bodenanalysen 2010 – 2016

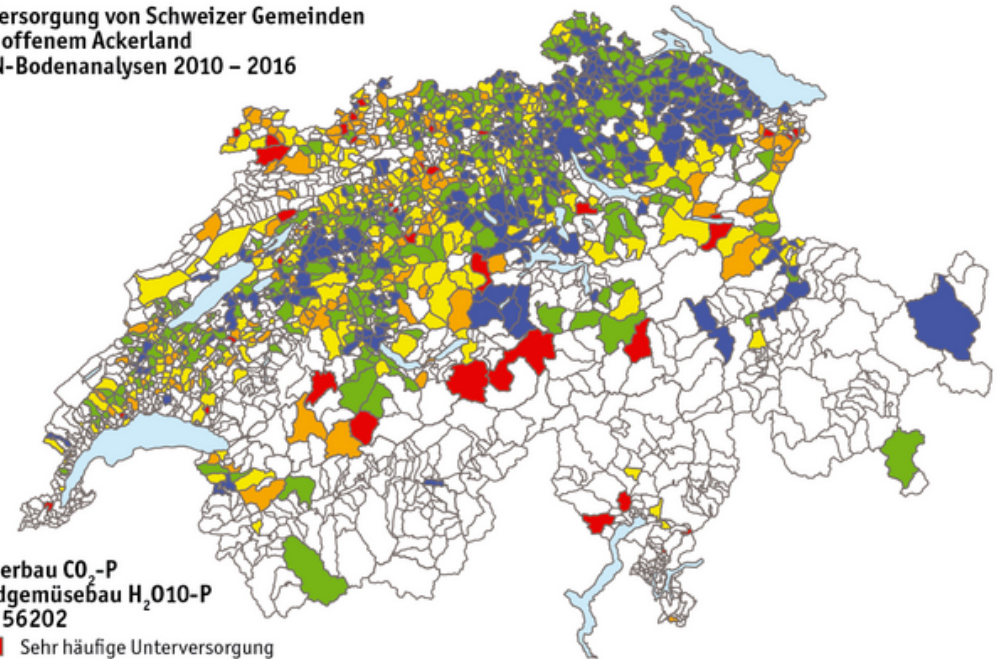


Futterbau CO₂-P
N = 88414

- Sehr häufige Unterversorgung
- Häufige Unterversorgung
- Gelegentlich Unter- und gelegentliche Überversorgung
- Häufige Überversorgung
- Sehr häufige Überversorgung

P-Versorgung der offenen Ackerfläche in Schweizer Gemeinden gemäss den ÖLN-Bodenanalysen. Oben: Analysenmethode CO₂ (Ackerbau) bzw. H₂O10 (Gemüsebau), unten: Analysenmethode AAE10 (Böden mit pH < 6,8).

P-Versorgung von Schweizer Gemeinden
bei offenem Ackerland
ÖLN-Bodenanalysen 2010 – 2016

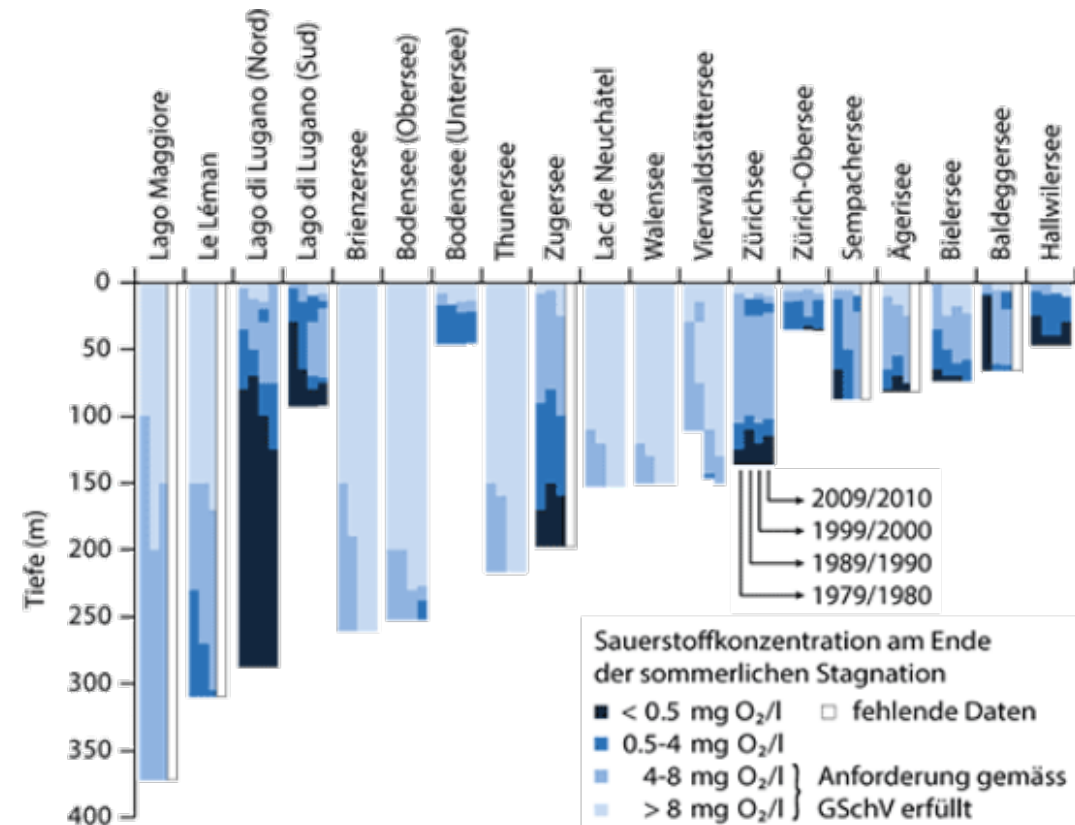
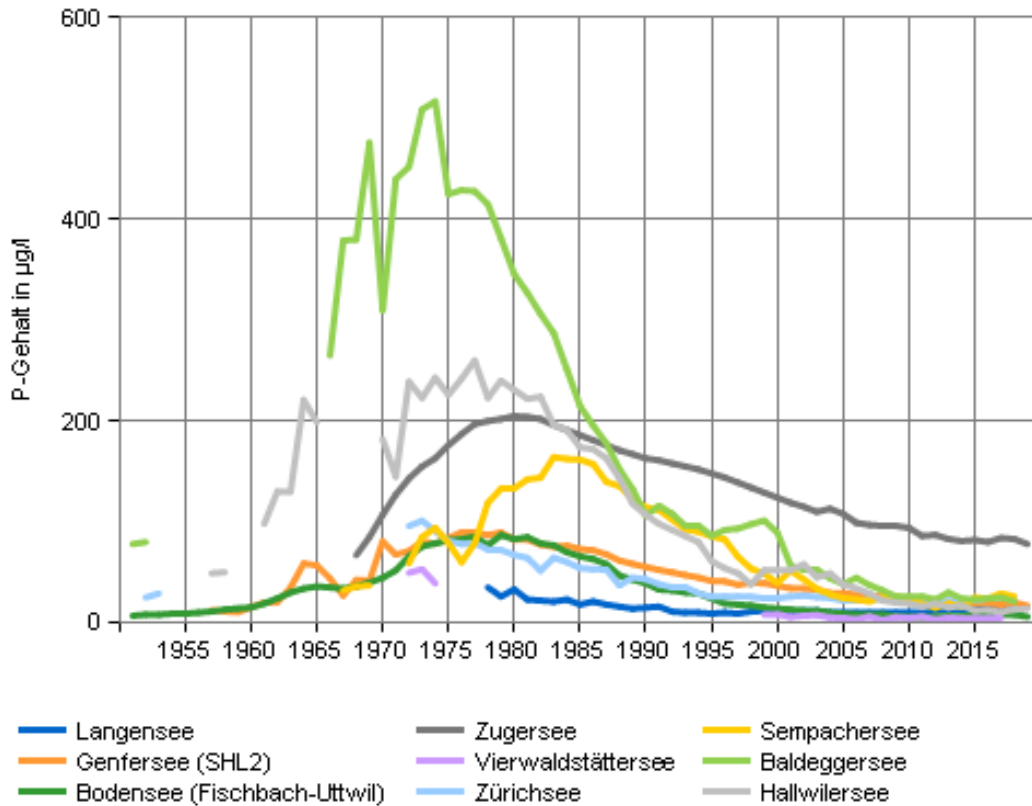


Ackerbau CO₂-P
Feldgemüsebau H₂O10-P
N = 56202

- Sehr häufige Unterversorgung
- Häufige Unterversorgung
- Gelegentlich Unter- und gelegentliche Überversorgung
- Häufige Überversorgung
- Sehr häufige Überversorgung

BLW: Agrarbericht 2018; Agroscope

Phosphorgehalte und Sauerstoffkonzentration in Gewässer



Kleinseen im Mittelland:
Hälfte mit ungenügendem Trophie-Zustand (Binderheim 2019)

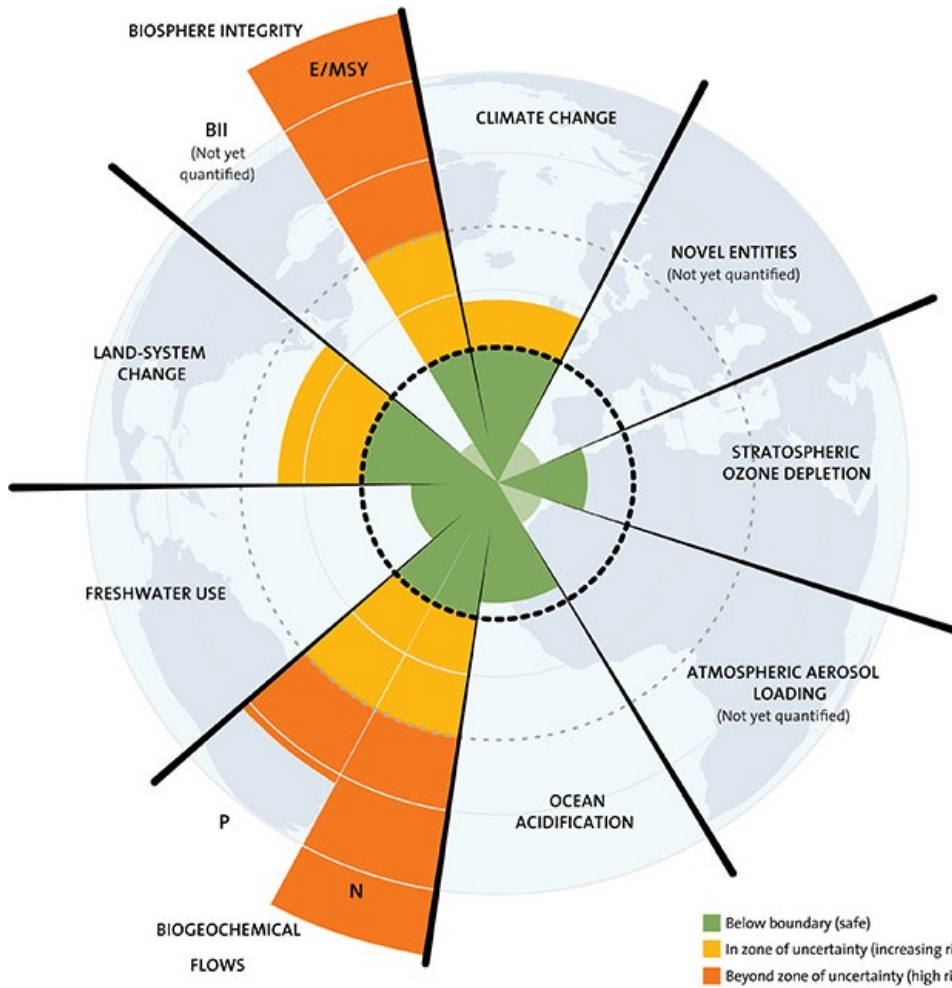
Quelle: BAFU, CIPEL, BOWIS

Beurteilung einer Übermässigkeit

- Planetare Grenzen (Planetary boundaries)
- "Natürliche" Stickstoff-Eintragsraten
- Kritische Belastungsgrenzen für Stickstoff (Critical Loads and Critical Levels)
- Veränderungen im Lebensraum und Kipppunkte (Tipping points)

Planetare Grenzen

Global



Steffen et al. 2015

Schweizer Stickstoff-Fussabdruck

Scores



Confidence in score

Low

Low

Trend

Slow evolution

Slow evolution

Performance

Unsafe

Clearly Unsafe

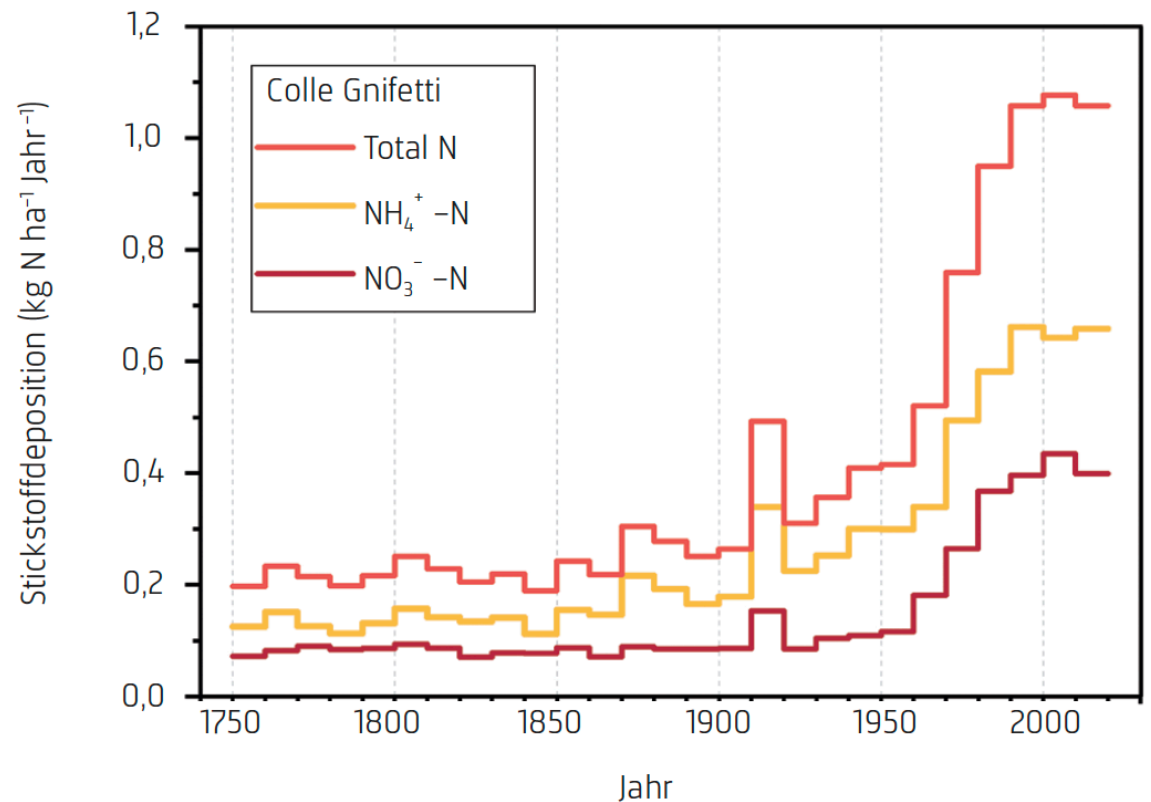
World

Switzerland

Dao et al. 2015

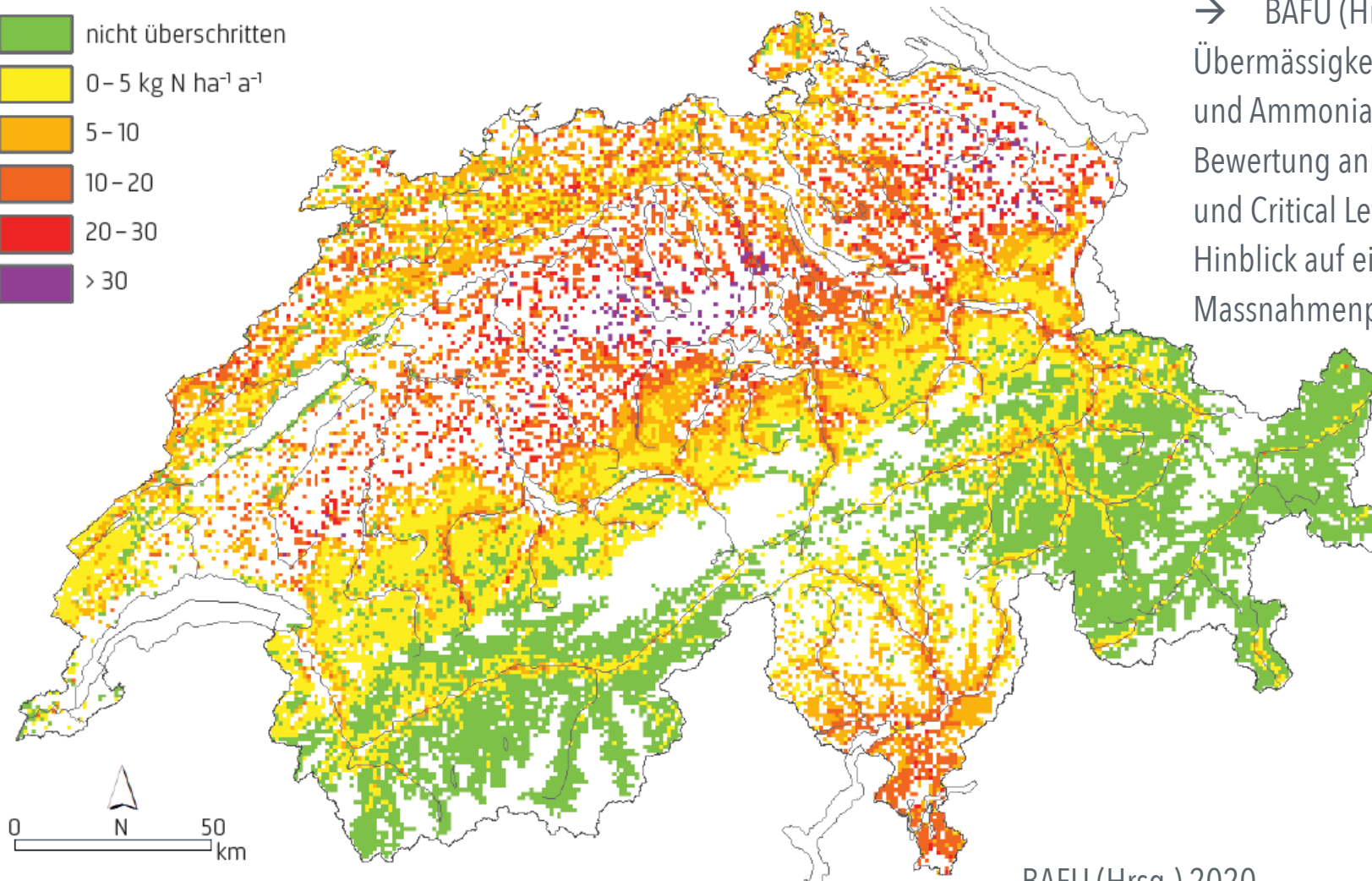
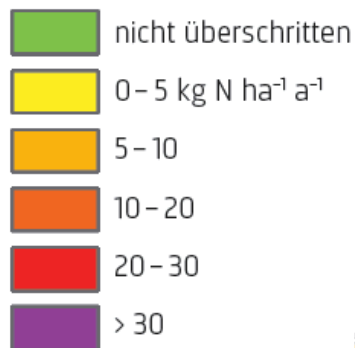
Stickstoffdeposition: Entwicklung

- Deutlicher Anstieg seit 1900
 - Natürliche Eintragsrate im Flachland Schweiz: 0,5 – 5 kg N pro ha und Jahr
 - Durchschnittliche Eintragsrate 2015 in der Schweiz: 15 kg N pro ha und Jahr (im Wald 20 kg N pro ha und Jahr)
- 3 – 30 mal höher als natürliche Eintragsrate



Grafik: Margit Schwikowski; Anja Eichler

Stickstoffdeposition: Kritische Belastungsgrenzen (Critical Loads)



→ BAFU (Hrsg.) 2020:
Übermässigkeit von Stickstoff-Einträgen
und Ammoniak-Immissionen.
Bewertung anhand von Critical Loads
und Critical Levels insbesondere im
Hinblick auf einen kantonalen
Massnahmenplan Luftreinhaltung.

BAFU (Hrsg.) 2020

Veränderungen im Lebensraum

z.B. Algenblüten oder Kipppunkte in Folge hoher Phosphorgehalte in Gewässern.

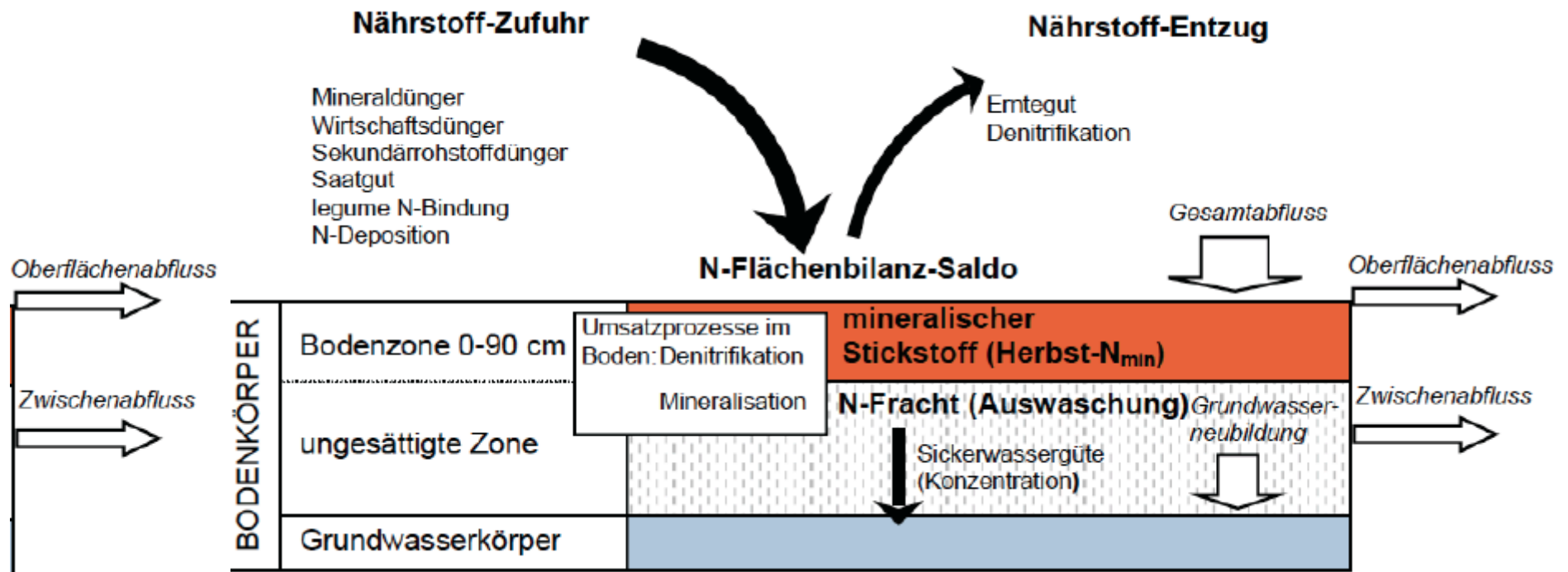


Eawag, Sabine Flury



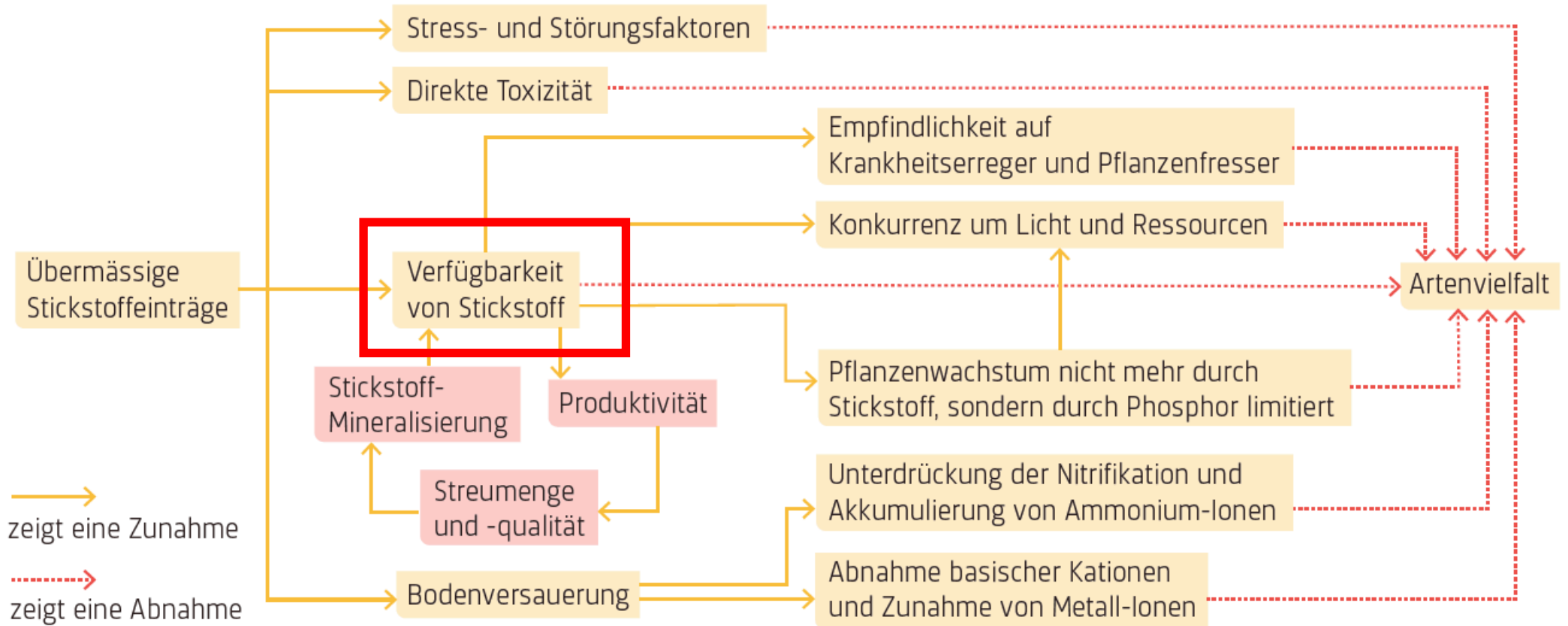
International Institute for Sustainable
Development IISD – Experimental Lakes Area
ELA, Canada

Wirkungsweise und Auswirkungen von Stickstoffeinträgen (Landlebensräume)



SRU 2015

Wirkungspfade Stickstoff auf Vegetation



Angepasst von Dise et al. 2011 in The European Nitrogen Assessment; reproduziert mit Genehmigung von Cambridge University Press PLSclear.

Auswirkungen von übermässigen Stickstoffeinträgen auf Vegetation

- Artenvielfalt (= Anzahl verschiedener Arten)
 - Abundanzen bestimmter Arten
 - Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften
 - Ökosystemfunktionen (Nährstoffhaushalt, Wechselwirkungen zwischen Organismen,...)
- kann das lokale bis regionale Aussterben von Arten sowie den Verlust genetischer und funktioneller Diversität verursachen.

Auswirkungen auf Arten

Zusammenhang zwischen Stickstoffdeposition und lokaler Anzahl Arten (Koordinationsstelle BDM 2011)

Lebensraum		Gefäss- pflanzen	Moose	Schnecken	Anteil N-Zeiger
Wald	kollin	-	↘	-	↗
	montan	-	-	-	↗
	subalpin	-	-	-	-
Grünland	kollin	↘	↘	↘	↗
	montan	↘	↘	↘	↗
	subalpin	↘	-	-	↗
Alpweiden	subalpin	-	↗	-	↗

↗ Positive Korrelation

↘ Negative Korrelation

Vereinheitlichung (Biologische Homogenisierung)

grossflächig übermässige Stickstoffeinträge

↓
Rückgang nährstoffarmer Standorte
bzw. Vereinheitlichung der Standortbedingungen

↙
Ausbreitung und lokale Zunahme
nährstofftoleranter, meist häufiger
Pflanzenarten

↘
Rückgang der Häufigkeiten und der Anzahl von
Pflanzenarten, die an nährstoffarme
Bedingungen angepasst sind

→
↓
↓
Vereinheitlichung der Lebensgemeinschaften an verschiedenen Standorten

Empfindliche Lebensräume

- auf Böden mit tiefe N-Gehalten
 - auf schwach gepufferten Böden
 - mit an nährstoffarme Bedingungen angepasste Arten, die gegenüber Arten, die zusätzliche Nährstoffe gut ausnützen können, unterlegen sind
 - mit einem hohen Anteil an Moosen und Flechten
- vor allem auf flachgründigen, sehr trockenen oder sehr nassen Böden
- verschiedene Moortypen, artenreiche Magerwiesen und gewisse Waldgesellschaften

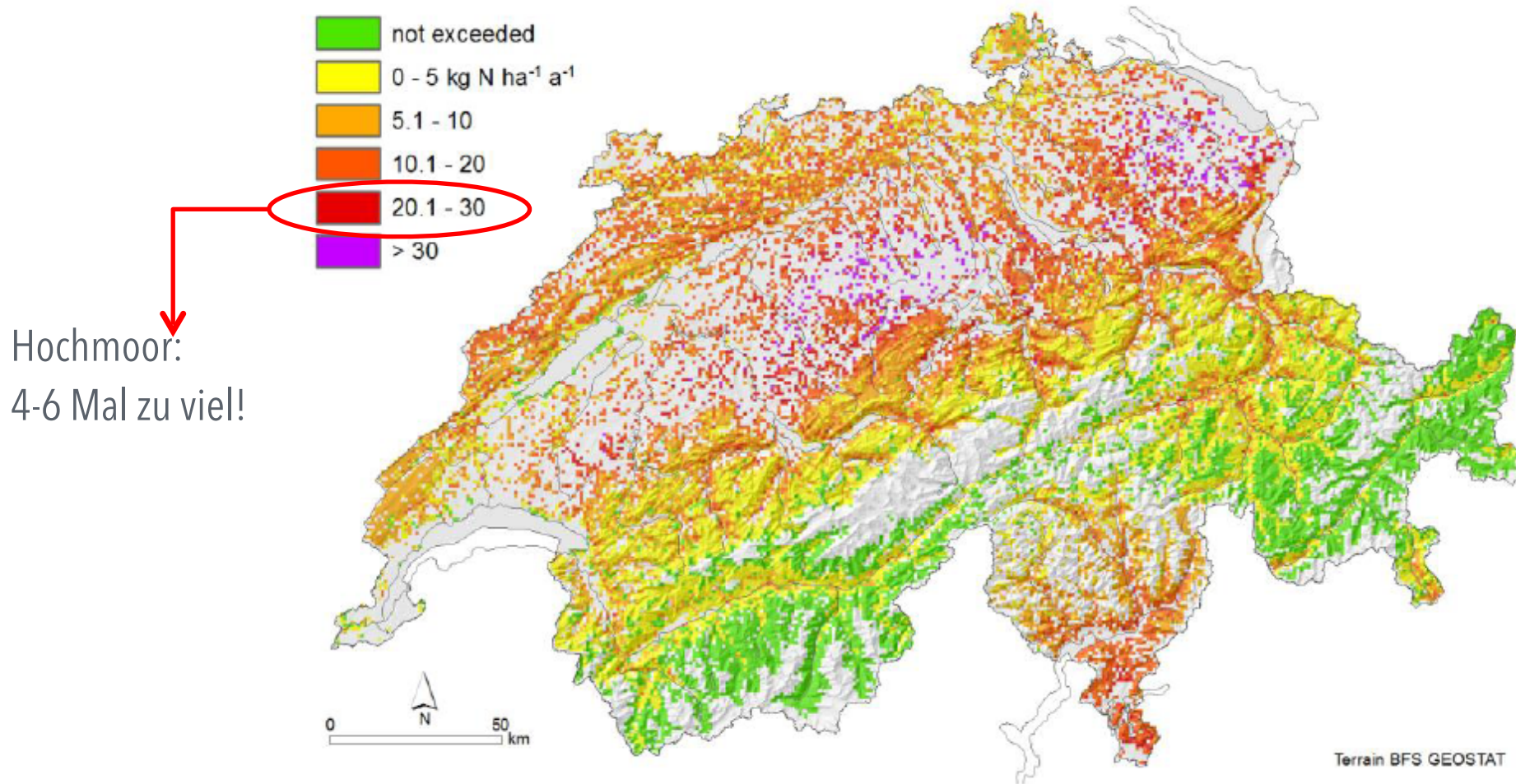
Kritische Belastungsgrenzen (Critical Loads)

Stickstoff-Eintragsraten, unterhalb welcher schädliche Auswirkungen auf einen Lebensraum nach dem Stand des Wissens nicht vorkommen.

Lebensraum	Critical Load [kg N ha ⁻¹ Jahr ⁻¹]
Gewässer	3-20
Hochmoore	5-10
Flachmoore (nährstoffarme)	10-15
Artenreiche Wiesen (kollin, montan)	10-30
Nadelwälder	5-15
Laubwälder	10-20

Bobbink (2011)

Zustand: Kritische Belastungsgrenzen (Critical Loads)



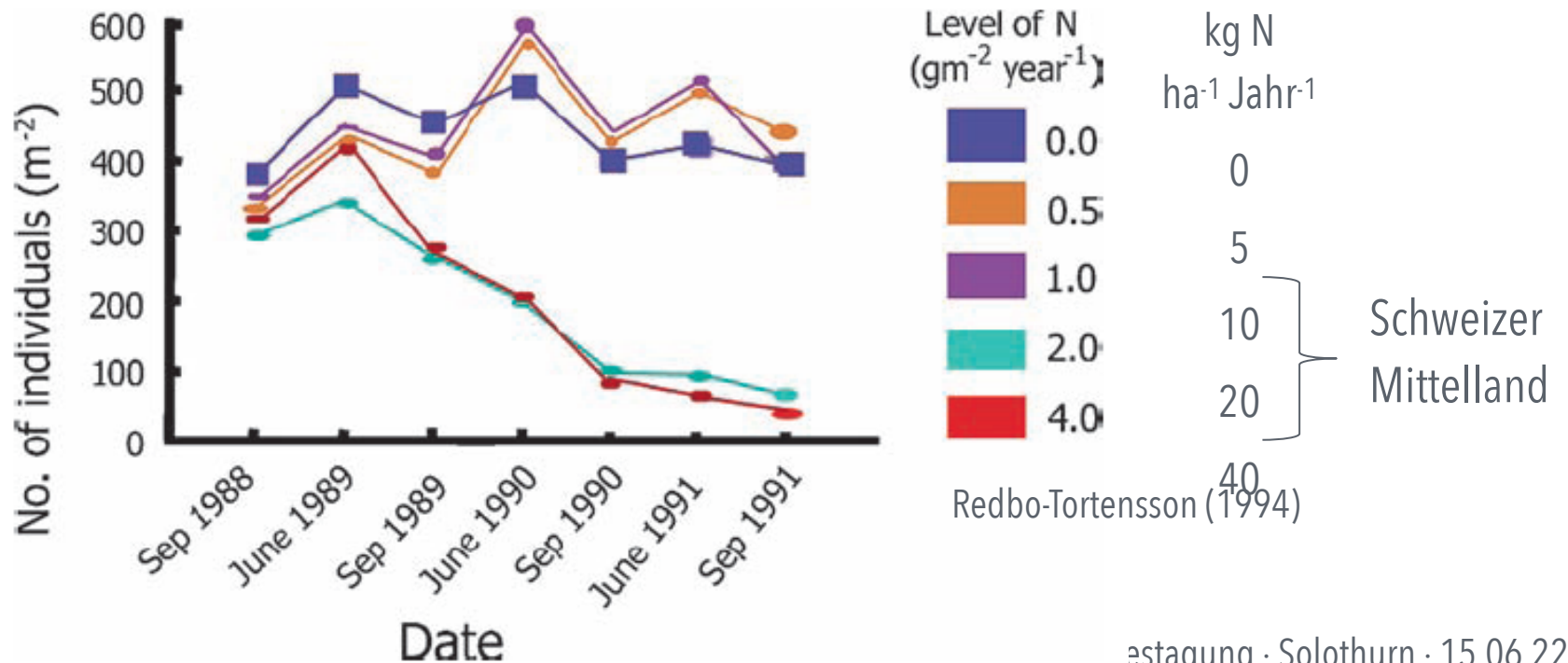
Rihm et al. 2016

Moore

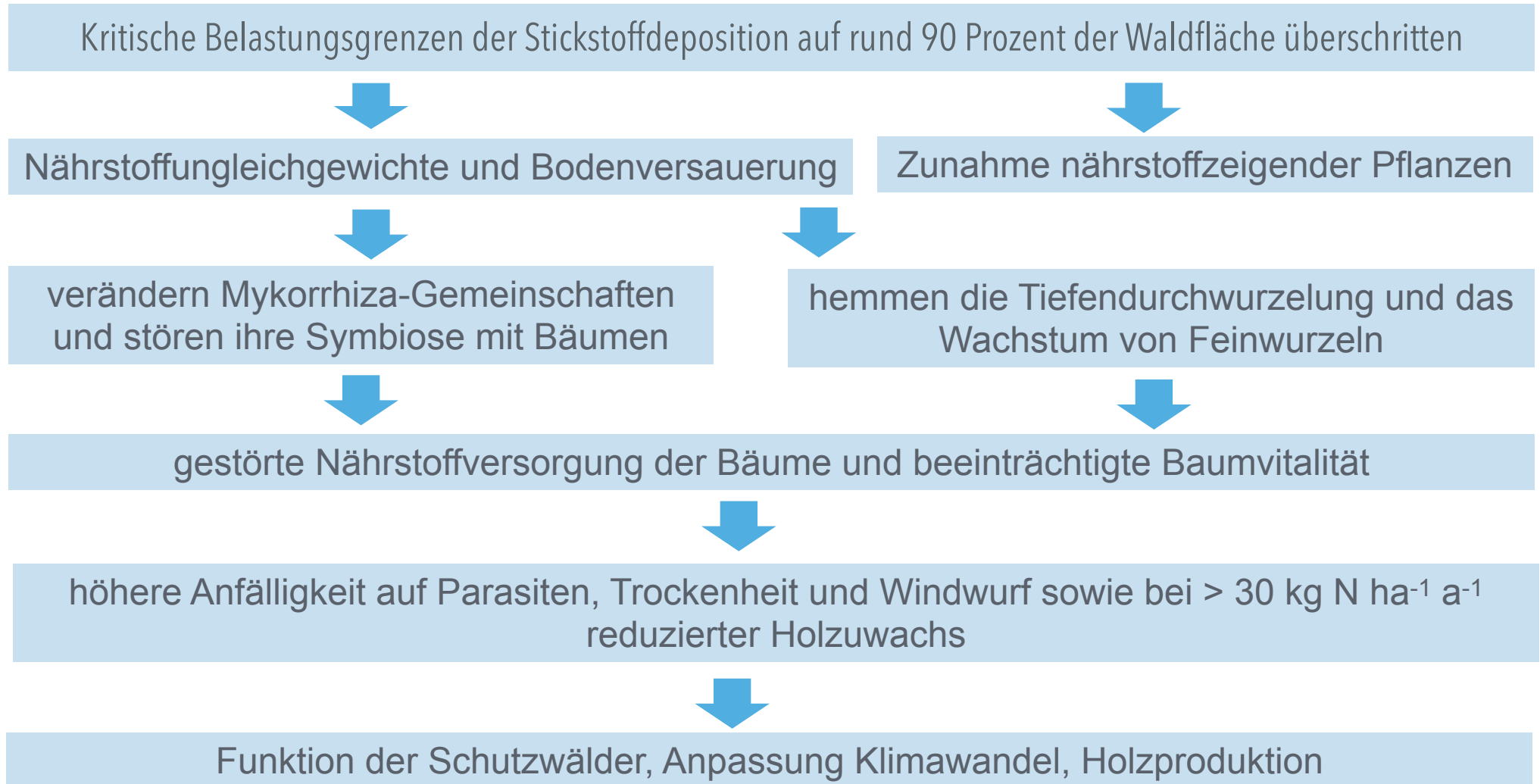
Kritische Belastungsgrenzen der Stickstoffdeposition auf fast allen Hochmooren und drei Viertel der Flachmoore überschritten

- Moore werden nährstoffreicher
- veränderte Artenzusammensetzung
- beeinträchtigt Kohlenstoffspeicherung → Freisetzung Treibhausgase

Dichte von *Drosera rotundifolia* in Hochmoor in Schweden



Wald

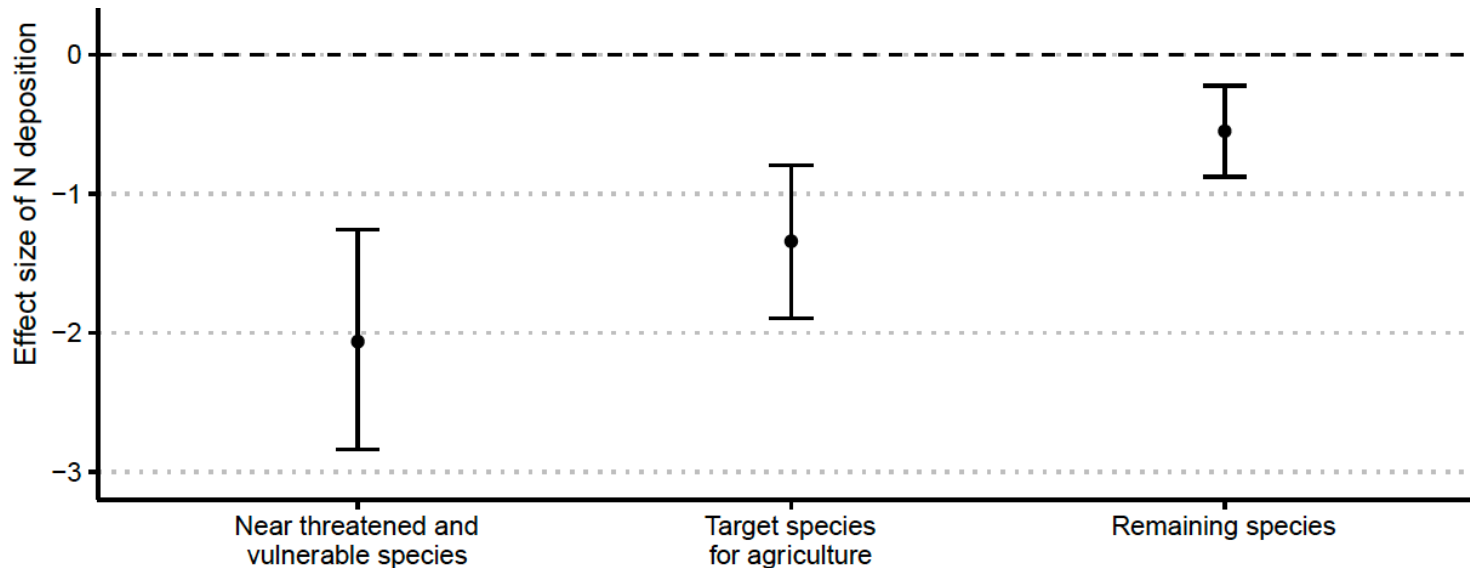


Auswirkungen auf die Fauna

vorwiegend indirekt über:

- ein verstärktes Pflanzenwachstum
- veränderte Vegetationszusammensetzung, -struktur und -heterogenität
- Veränderungen der Umweltbedingungen wie dem Mikroklima
- Veränderungen im Nahrungsangebot und der Erreichbarkeit der Nahrung
- Ermöglicht intensivere Nutzung → Zeitfenster für Entwicklung von Tierarten nicht mehr ausreichend

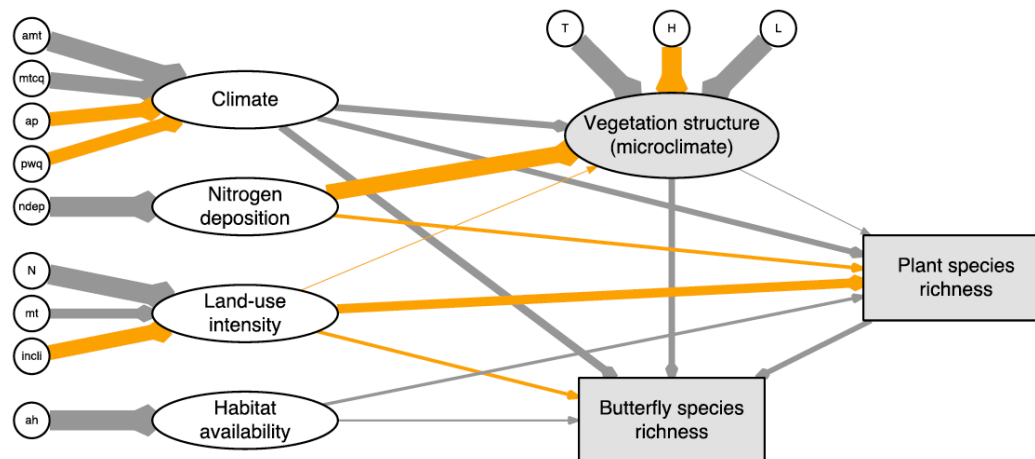
Auswirkungen auf Schmetterlinge



(b) data from sites <1600 m

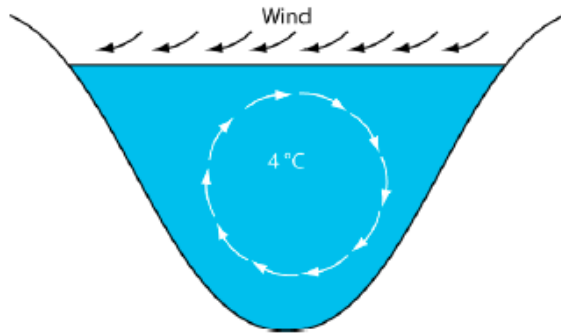
Effekt der Stickstoff-Deposition auf die Abundanz von Schmetterlingen. Basierend auf Biodiversitätsmonitoring Schweiz

Roth et al. 2021

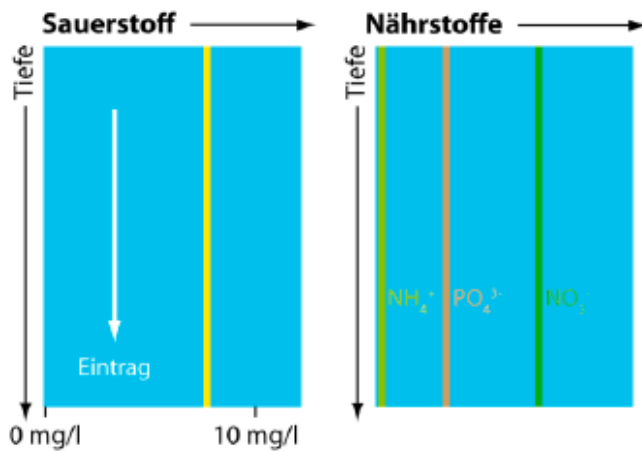


Wirkungsweise von Phosphoreinträgen

Herbst / Frühling: Zirkulation



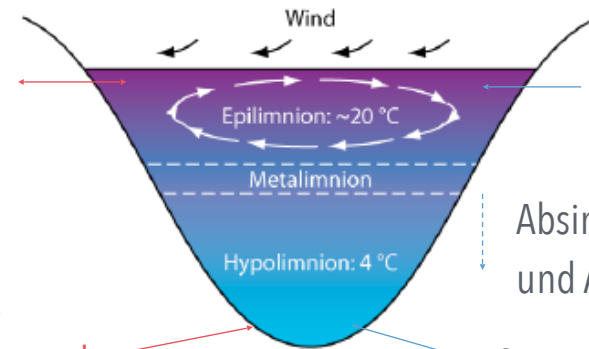
Verteilung Sauerstoff und Nährstoffe



Sommer: Stagnation

Phosphorein- und austräge

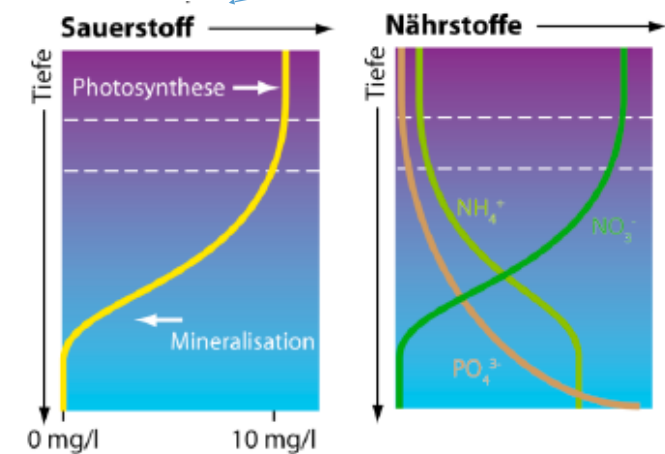
Rücklösung Phosphor aus Sediment bei Sauerstoffmangel (aerob: Bindung in Sedimente)



Algenwachstum (phosphorlimitiert)

Absinkende Biomasse und Abbau

Sauerstoffzehrung durch Abbau Biomasse

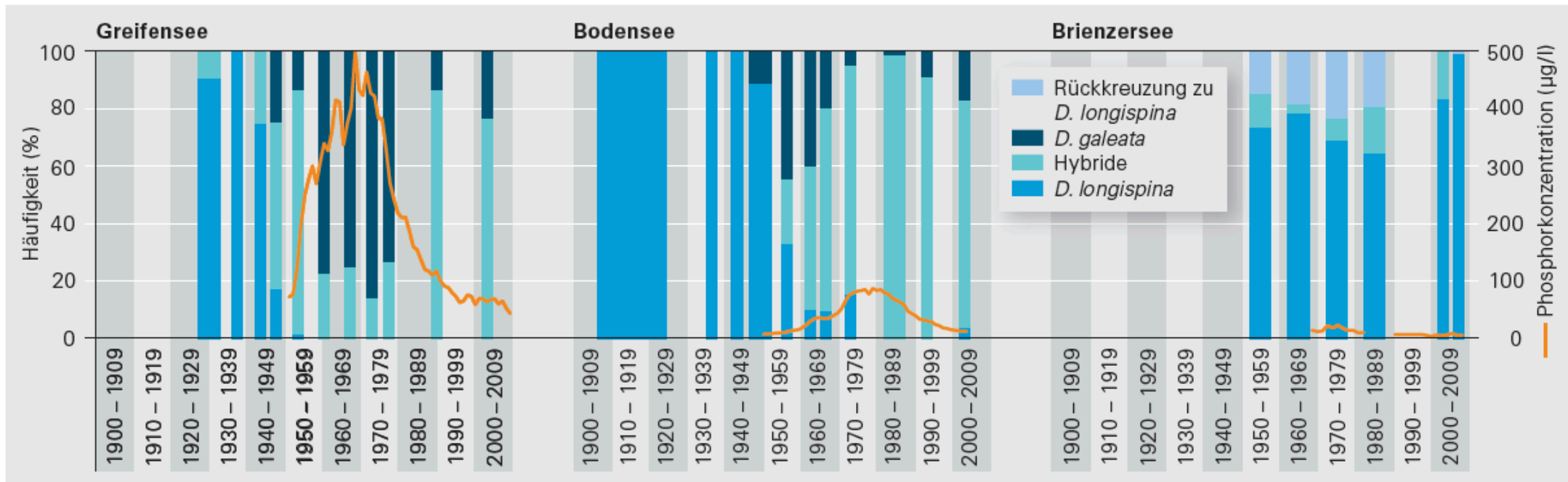


Abbildungen: BAFU 2016

Auswirkungen übermässiger Phosphoreinträge

- Erhöhung der Biomasseproduktion
- Erhöhung der Wassertrübung
- Verringerung des Sauerstoffgehaltes und Ausdehnung Wasserzonen ohne Sauerstoff
- Veränderungen der Artenzusammensetzung von Plankton-, Armleuchteralgen-, Wasserpflanzen- und Fischgesellschaften
- vermehrt Algenarten, die Algenblüten verursachen
- Verhinderung der Naturverlaichung bei Fischen
- Grössere und häufigere Fischsterben
- Reduzierung der Artenvielfalt, Aussterben von Arten und Verlust der genetischen Diversität
- In Extremfällen: «Kippen» von Seen

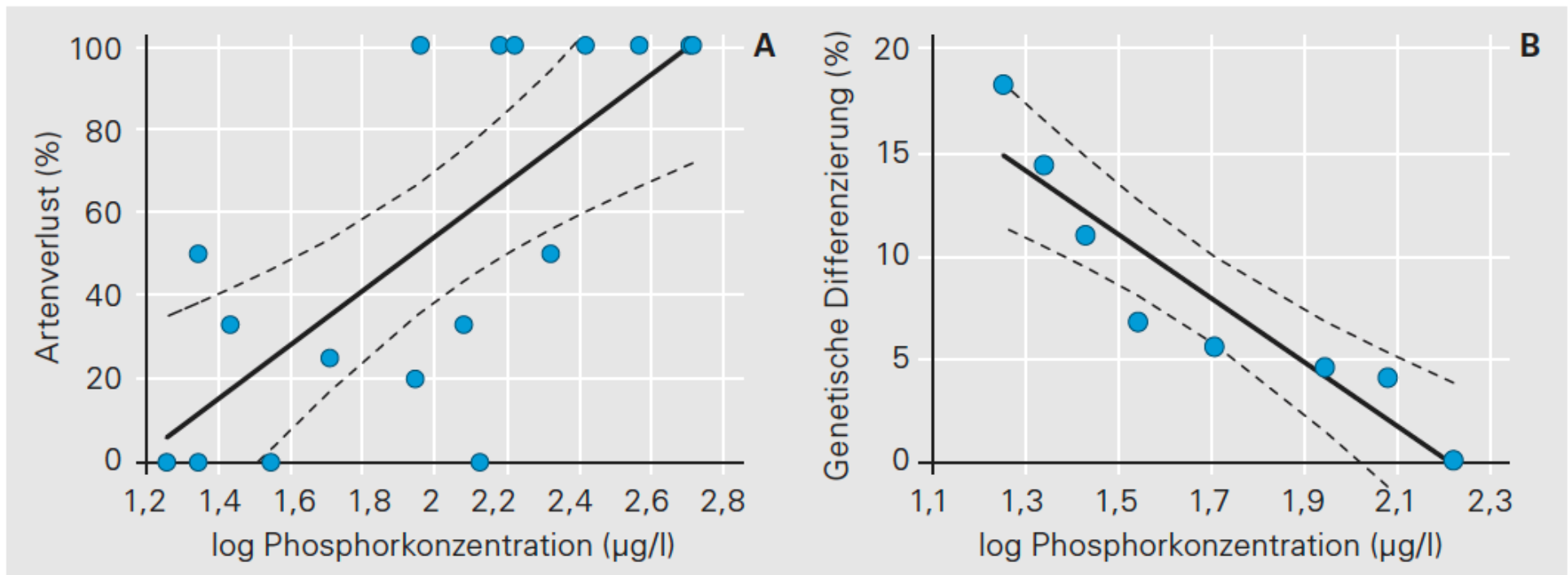
Auswirkungen auf Arten: Plankton



Spaak et al. 2012

Auswirkungen auf Arten: Fische

Höhere Phosphorkonzentrationen führten bei Felchen zu einem grösseren Verlust von Arten (A) und zu geringeren genetischen Unterschieden zwischen den verschiedenen Populationen (B). Blaue Punkte: verschiedene Seen.



Vonlanthen et al. 2012

Handlungsansätze in der Landwirtschaft

- Erhaltung wertvoller Gebiete (mit noch geringen Nährstoffeinträgen)
- Konsum: Förderung eines höheren Anteils pflanzlicher Proteine in der Ernährung, eines suffizienten Konsumverhaltens, Reduktion von Nahrungsmittelverlusten
- Anpassung der Produktionsintensität an die ökologische Tragfähigkeit des Standortes.
- Steigerung des Anteils pflanzlicher Kalorien an der Kalorienproduktion.
- Abschaffung oder Umgestaltung von Subventionen, welche direkt oder indirekt Stickstoff- und Phosphorüberschüsse sowie -emissionen verursachen.
- Organisatorische und technische Massnahmen in der Landwirtschaft.

Fazit

- Übermässige Nährstoffeinträge und Eutrophierung sind eine der Hauptursachen für den Rückgang der Biodiversität in der Schweiz
 - Landlebensräume → v.a. Stickstoff
 - Stehende Gewässer → v.a. Phosphor
- Auswirkungen zeigen sich auf verschiedenen Ebenen und für verschiedene Aspekte der Biodiversität.
- Umweltbeeinträchtigungen und Handlungsmöglichkeiten in diesen Bereichen sind deutlich sichtbar, gut untersucht und gut belegt (Herkunft, Umweltverhalten, Auswirkungen, Handlungsmöglichkeiten)
- Es besteht eine wissenschaftlich solide Basis für die Beurteilung einer Übermässigkeit.
- Es bestehen viele Synergien und Mehrfachgewinne für verschiedene Handlungsbereiche bei der Umsetzung von Minderungsmaßnahmen



Danke für Ihre Aufmerksamkeit Fragen?

- <http://www.biodiversity.ch/publications/factsheets>
Übermäßige Stickstoff- und Phosphoreinträge schädigen Biodiversität, Wald und Gewässer. Swiss Academies Factsheet 15 (8)
- <http://www.nine-esf.org>
Sutton, Mark A., et al., eds. The European nitrogen assessment: sources, effects and policy perspectives. Cambridge University Press, 2011.

Folien für Diskussion / Fragen

Anteile verschiedener Ammoniakquellen an der Deposition

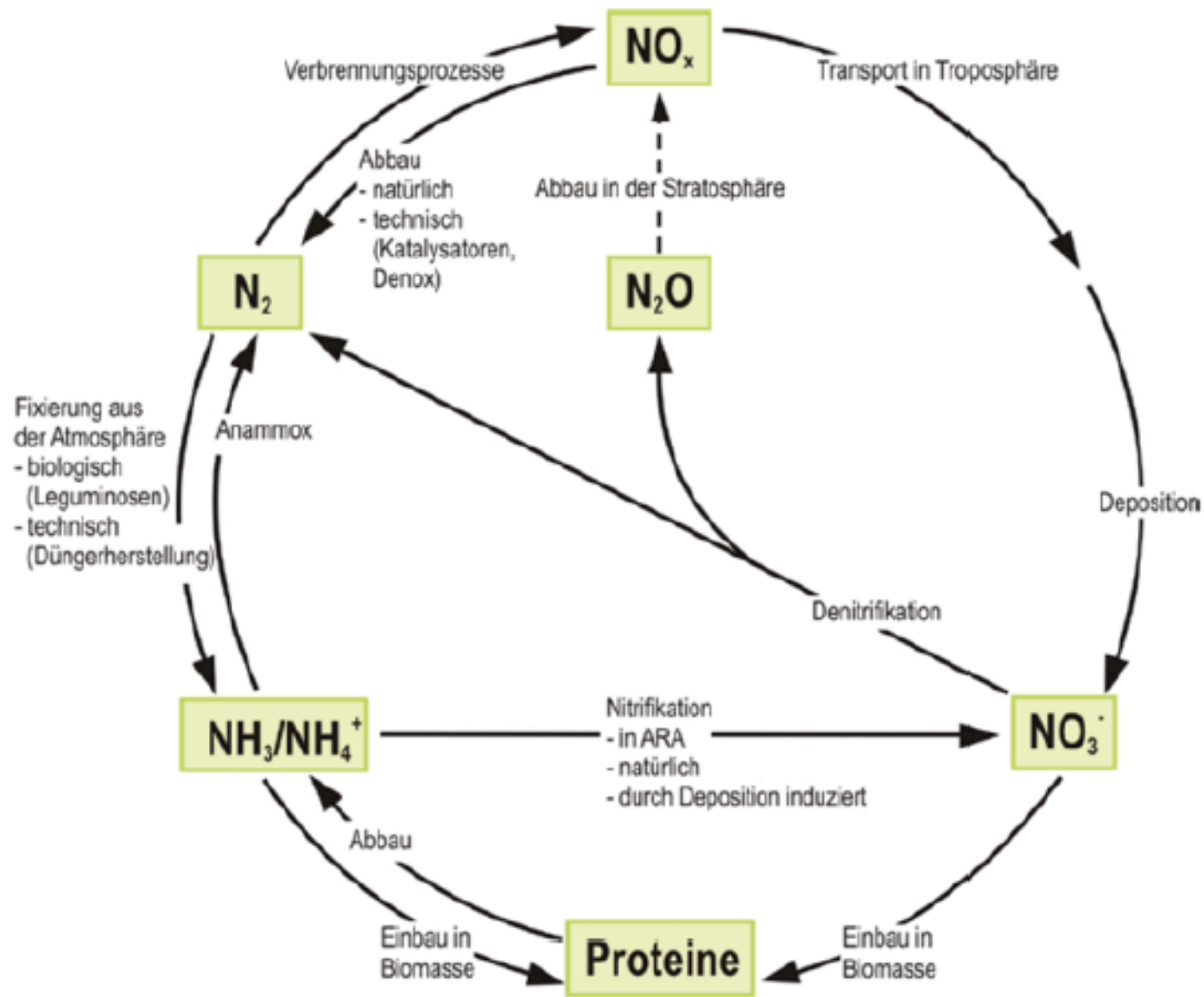
Gesamtschweizerisches Mittel (EKL 2014)

- 0-1 km und 1-4 km: je ca. einen Viertel der Immissionen
- > 4 km: Hälfte der Immissionen
- Beträchtliche lokale Variation

Natura 2000 Gebiete in den Niederlanden (SRU 2015)

- < 10 km : Hälfte der Emissionsquellen von Ammoniak
- 85% der Stickoxide aus weiter entfernten Quellen

Stickstoffkreislauf

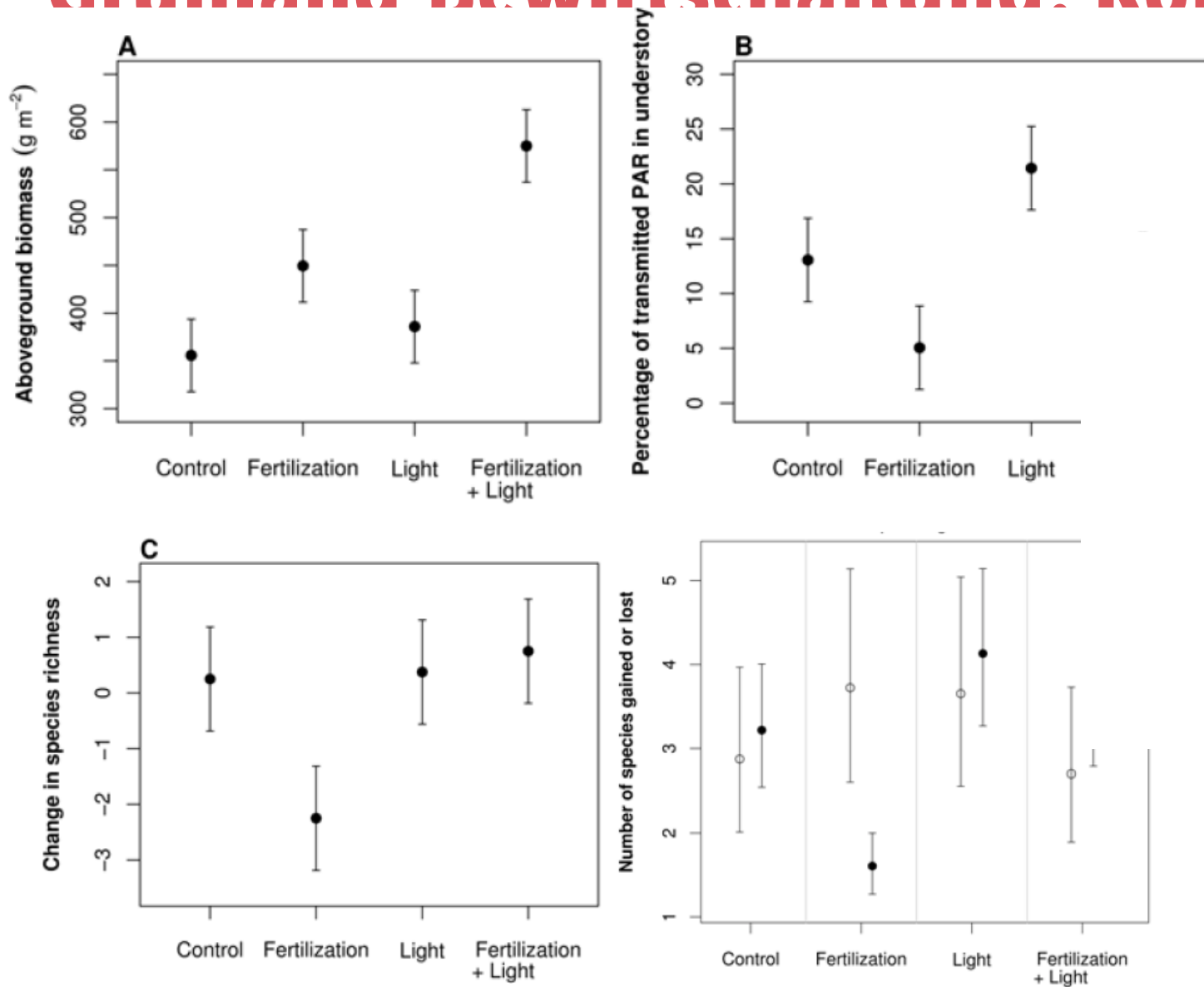


Heldstab et al. (2010)

Critical Levels (Konzentration in der Luft)

- Beurteilung der direkten Wirkung von Ammoniak auf die Vegetation
- Critical Levels für Ammoniak (EKL 2014):
 - Flechten und Moosen: $1 \mu\text{g NH}_3 \text{ m}^{-3}$ (Jahresmittel)
 - höhere Pflanzen: $3 \mu\text{g NH}_3 \text{ m}^{-3}$ (Jahresmittel) (Unsicherheitsbereich $2\text{-}4 \mu\text{g NH}_3 \text{ m}^{-3}$)

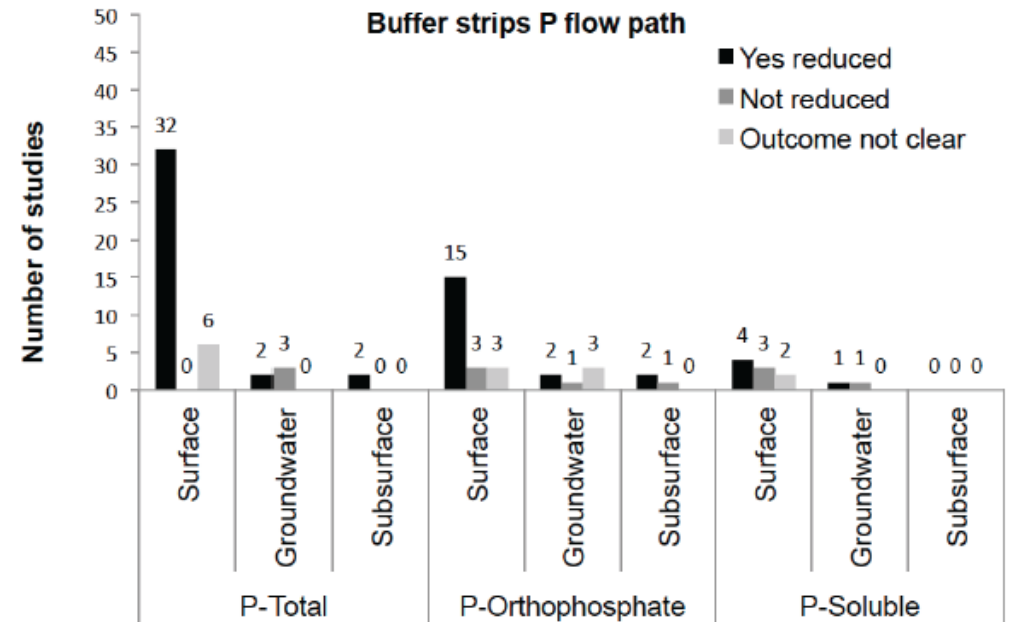
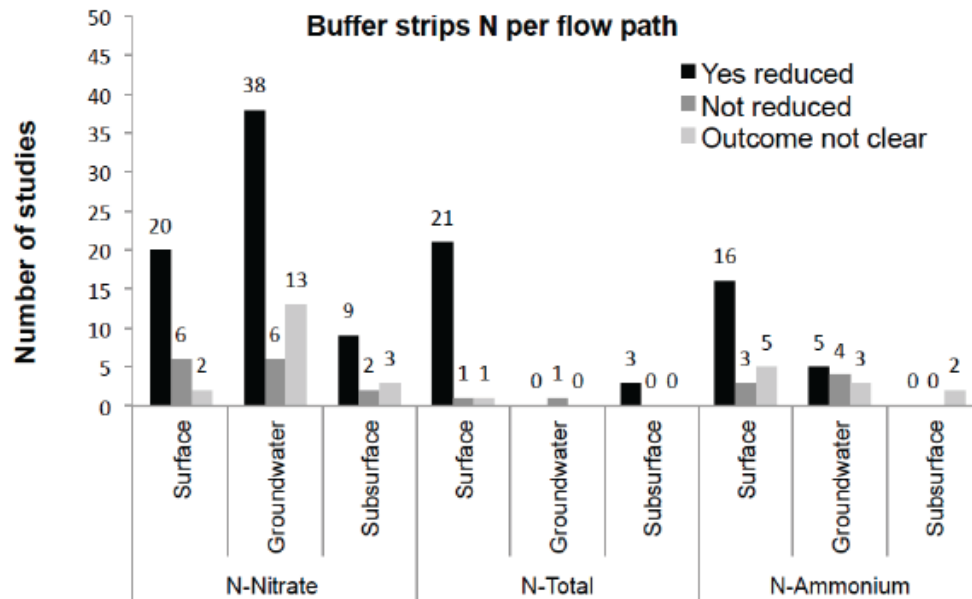
Grünland-Bewirtschaftung: Konkurrenz



Hautier et al. 2006

Wirksamkeit von Pufferzonen

Pufferzonen sind wirksam bei Einträgen von direkt benachbarten Flächen.



Donnison et al. 2013

Bei standortspezifischem Vorgehen gemäss Pufferzonenschlüssel Schweiz → sehr wahrscheinlich höhere Effektivität der Pufferzonen

Anpassungsmassnahmen

