

# BDM-FACTS

NR. 3 / DEZEMBER 2011: STICKSTOFFEINTRAG



Foto: Jolanda Casutt

Die Mengen an Stickstoff, die aus der Luft abgelagert werden, überschreiten auf rund 58 Prozent der Landesfläche die kritischen Belastungsgrenzen der betroffenen Lebensräume. Das Verteilungsmuster, nach dem der Stickstoff deponiert wird, stimmt gut mit demjenigen der mittleren Nährstoffzeigerwerte der Vegetation überein. Auch lässt sich zeigen, dass Standorte wo viel Stickstoff deponiert wird weniger artenreich sind und dass dort vermehrt nährstoffliebende Arten wachsen. Insgesamt liegen also Hinweise dafür vor, dass die bereits seit Jahrzehnten wirkende Düngung aus der Luft die Biodiversität der Lebensräume beeinflusst hat.

## Stickstoffeintrag aus der Luft verändert Vielfalt

Stickstoffhaltige Luftschadstoffe wie Stickoxide ( $\text{NO}_x$ ) aus Verbrennungsprozessen oder Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) aus der Landwirtschaft werden über kürzere und längere Distanzen über die Luft verfrachtet. Am Ort der Ablagerung (Deposition) können sie zur Versauerung und Überdüngung von Böden, Grundwasser und Oberflächengewässern beitragen. Die Mengen an stickstoffhaltigen Luftschadstoffen aus der Verbrennung von Brenn- und Treibstoffen und aus der Landwirtschaft sind derart hoch, dass sie das Wachstum der wildlebenden Pflanzen beeinflussen. Die in der Schweiz jährlich aus der Luft deponierte Menge an Stickstoff beträgt

durchschnittlich rund 19 Kilogramm Stickstoff pro Hektare (EKL, 2005, Meteotest, 2011). Je nach Standort schwankt dieser Wert aber zwischen 3 und über 54 Kilogramm Stickstoff pro Hektare. Die kritischen Belastungsgrenzen (Critical Loads) werden damit vielerorts deutlich überschritten. Derart hohe Stickstoffgaben hinterlassen über Jahrzehnte hinweg ihre Spuren in der Vegetation. Dies lässt sich mit Daten des BDM zeigen.

### Weniger Stickstoff in hohen Lagen

Die modellierte Menge an Stickstoff, die aus der Luft eingetragen

wird, stimmt auffällig gut mit dem Nährstoffangebot im Boden überein, den das BDM indirekt über die mittlere Nährstoffzahl der Vegetation ableitet (Abb. 1). Sowohl bei der Stickstoffdeposition als auch bei der mittleren Nährstoffzahl nehmen die Messwerte mit zunehmender Höhe stark ab, im Grünland allerdings erst ab einer Höhe von rund 800 m.ü.M.. Entweder haben Bodenbildungsprozesse, Bewirtschaftungsintensität (Düngergabe) und Emissionsquellen von Stickstoff eine ähnliche Verteilung über den Höhengradienten, oder aber die Stickstoffdeposition hat die Vegetation geprägt.



## Nährstoffreichere Böden bei grösserer Stickstoffdeposition

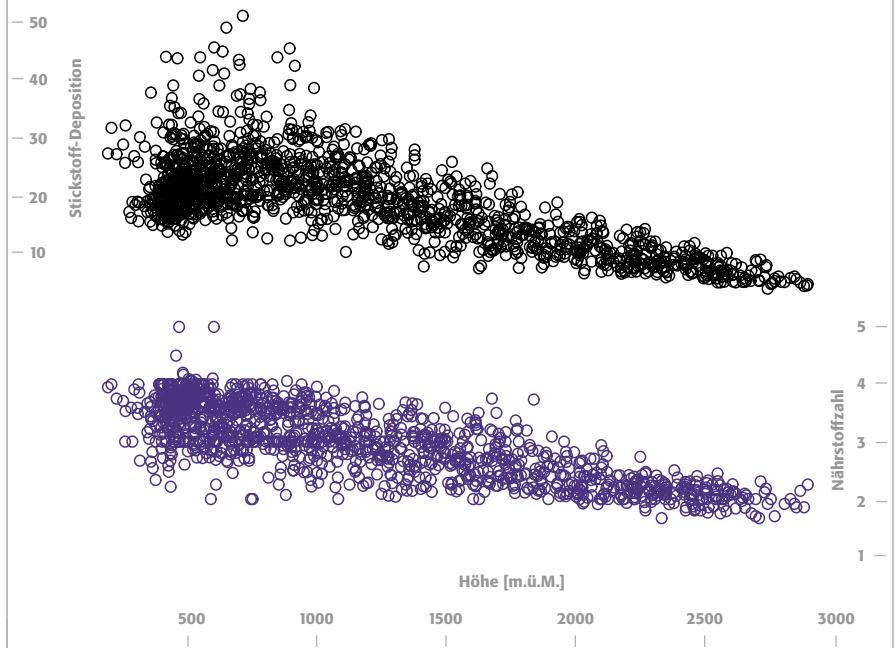
Auch abgesehen von diesem gemeinsamen Gradienten über die Höhenlagen zeigt das Nährstoffangebot im Boden einen nachweisbaren Zusammenhang mit der Stickstoffdeposition aus der Luft. Wird der Einfluss der Höhenlage mit statistischen Verfahren ausgeblendet, findet man zumindest im Wald, auf Wiesen und Weiden und im Gebirge noch immer dort ein höheres Nährstoffangebot im Boden, wo die Düngung aus der Luft ebenfalls hohe Werte erreicht. Besonders eindrücklich ist der Effekt auf den Wiesen und Weiden der montanen Stufe, wo der Stickstoffeintrag die mittlere Nährstoffzahl der Vegetation zu einem Anteil von 15 Prozent begründen kann (Abb. 2). Dies ist erstaunlich viel, wird doch die Düngung durch die Landwirte in unbekanntem Ausmass nicht berücksichtigt. Das Nährstoffangebot im Boden ist also zum Teil durch Stickstoffdeposition aus der Luft erklärbar, auch wenn Faktoren wie Geologie, Lokalklima, Bodenbildung und Landnutzung insgesamt einen grösseren Einfluss haben.

## Empfindliche Lebensräume ebenfalls betroffen

Für Pflanzen ist Stickstoff lebenswichtig, je nach pflanzenverfügbarer Menge und chemischer Verbindung kann aber die Vegetation durch Düngereffekte und Bodenversauerung beeinflusst werden. Die Belastungsgrenze, unterhalb welcher nach heutigem Wissen keine schädlichen Auswirkungen auf Funktion und Struktur des Ökosystems auftreten, ist allerdings je nach Lebensraumtyp verschieden. An Standorten auf flachgründigen, sehr trockenen oder sehr nassen Böden etwa leben Arten, die an geringe Nährstoffversorgung angepasst sind, die aber umso empfindlicher auf erhöhte Stickstoffmengen reagieren. Beispiele sind Moore, Trockenrasen oder Wälder auf Rohböden. Zumindest im Wald, wo die

Abb 1 Höhengradienten der Stickstoffdeposition und der Nährstoffzahl

Mit zunehmender Höhe über Meer nimmt sowohl die aus der Luft deponierte Stickstoffmenge (schwarz, oben) als auch die mittlere Nährstoffzahl der Gefässpflanzen (violett, unten) ab. In beiden Fällen aber erst ab ca. 800 m. Im Grünland ist dieser «Knick» besonders ausgeprägt.



Links, oben: Deposition in kg N/ha\*a; Rechts, unten: mittlere Nährstoffzahl

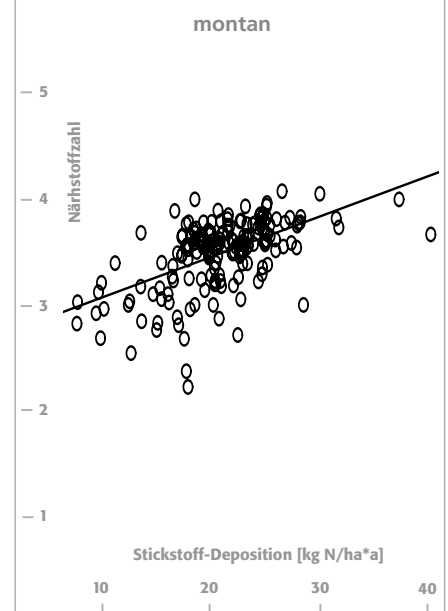
kritischen Belastungsgrenzen am deutlichsten überschritten sind, lässt sich mit BDM-Vegetationsdaten zeigen, dass auch die Böden naturnaher, wenig ertragreicher Waldstandorte mehr Stickstoff enthalten, wenn mehr Stickstoff aus der Luft abgelagert wird. Für Moore und Trockenwiesen des Offenlandes tiefer Lagen dürfen wir aufgrund von Hinweisen in der Fachliteratur von einem ähnlichen Sachverhalt ausgehen. Für diese Speziallebensräume fehlt dem BDM die notwendige Zahl an Messflächen für den sicheren Nachweis.

## Mehr Stickstoff, weniger Arten

Ein erhöhtes Stickstoffangebot im Boden begünstigt nicht alle Arten einer Lebensgemeinschaft gleichermaßen und führt über kurz oder lang zu Veränderungen führen. So lässt sich zeigen, dass auf BDM-Probeflächen mit hoher Stickstoffdeposition aus der Luft tatsächlich ein höherer Anteil an nährstoffzeigenden Pflanzenarten auftritt und dass gleichzeitig der Artenreichtum oft geringer ist,

Abb. 2 Depositionsmenge und Nährstoffzeigerwert der Vegetation

Beispiel Wiesen und Weiden der montanen Stufe: je grösser die aus der Luft eingetragene Menge an Stickstoff, desto höher ist der mittlere Zeigerwert für Nährstoffe, wie ihn die Artenzusammensetzung der Gefässpflanzen anzeigt.



und zwar bei verschiedenen Organismengruppen. Negative Effekte einer erhöhten Stickstoffdeposition auf den lokalen Artenreichtum vermuten wir aufgrund unserer Ergebnisse zumindest für Gefässpflanzen und Schnecken in Grünland und im Gebirge. Ebenso finden wir in Wäldern tiefer Lagen weniger Moosarten, je mehr Stickstoff aus der Luft eingetragen wird (Tab. 1).

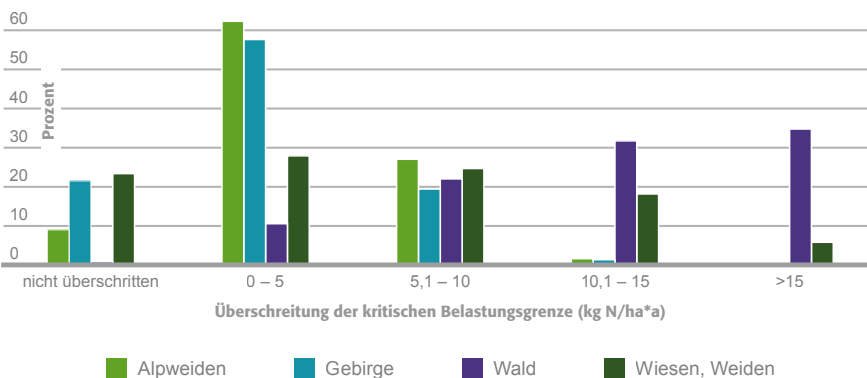
### Was bedeutet das für die Biodiversität?

Die Stickstoffdeposition aus der Luft wirkt ähnlich wie das Klima grossräumig und langfristig auf die Biodiversität ein – ist aber weitgehend durch den Menschen verursacht. Auch wenn die abgelagerte Menge hier nicht unabhängig von anderen Einflüssen untersucht werden konnte (Stickstoff wird durch Wind und Niederschlag eingetragen), so bestätigen die aufgezeigten Zusammenhänge die erwartete negative Wirkung hoher Stickstoffmengen auf die Artenvielfalt. Bemerkenswert ist, dass diese Tendenz gleich bei drei sehr unterschiedlichen Artengruppen wie Gefässpflanzen, Moose und Schnecken übereinstimmt.

Sicher ist zumindest, dass durch die menschlich verursachte Düngung aus der Luft die natürlichen Muster des Nährstoffangebots noch verstärkt werden. Dabei werden die kritischen Belastungsgrenzen vielerorts überschritten, vor allem im Tiefland von der kollinen bis in die montane Stufe (Tab. 1, Abb. 3, Abb. 4). Dort finden wir denn auch die deutlichsten Zusammenhänge zwischen Stickstoffdeposition aus der Luft und der Artenvielfalt. Wir dürfen davon ausgehen, dass unfreiwillige Düngung aus der Luft den Artenreichtum und die Artenzusammensetzung der Biotope im Tiefland generell nachhaltig geprägt hat. Im Gebirge ist die Stickstoffdeposition aus der Luft deutlich geringer, die kritischen Belastungsgrenzen werden seltener überschritten und die negativen Effekte auf die Artenvielfalt sind entsprechend weniger deutlich.

**Abb. 3 Überschreitung der kritischen Belastungsgrenzen nach Lebensraum**

Anteil der Messwerte der verschiedenen Lebensräume aufgeteilt in Klassen je nach Überschreitung der «Kritischen Belastungsgrenzen» in Kilogramm Stickstoff pro Hektare und Jahr. Bei den Alpweiden liegt die Stickstoffdeposition bei 9% der Probestellen unterhalb der «Kritischen Belastungsgrenze», im Gebirge sind es 22%, in den Wiesen 23%, im Wald aber nur 1%. Im Wald werden die «Kritischen Belastungsgrenzen» oft massiv überschritten.



Die Berechnungen basieren auf der modellierten Stickstoffdeposition (EKL, 2005; Meteotest, 2011) sowie Daten des BDM-Indikators «Artenvielfalt in Lebensräumen».

**Tab. 1 Stickstoffdeposition und Artenvielfalt**

Die Abbildung zeigt eine analoge Beziehung zwischen der Menge an deponiertem Stickstoff und des lokalen Artenreichtums an Gefässpflanzen, Moosen und Schnecken sowie des Anteils an typischen Nährstoffzeigern unter den Gefässpflanzen (letzte Spalte). Rote Pfeile: negativer Zusammenhang; Grüne Pfeile: positiver Zusammenhang. Nur statistisch signifikante Resultate frei vom Einfluss der Höhenlage ( $p < 0.05$ ).

Lebensraum		Gefässpflanzen	Moose	Schnecken	Anteil N-Zeiger
Wald	kollin	–	↘	–	↗
	montan	–	–	–	↗
	subalpin	–	–	–	–
Grünland	kollin	↘	↘	↘	↗
	montan	↘	↘	↘	↗
	subalpin	↘	–	–	↗
Alpweiden	subalpin	–	↗	–	↗

### Halbierung als Ziel

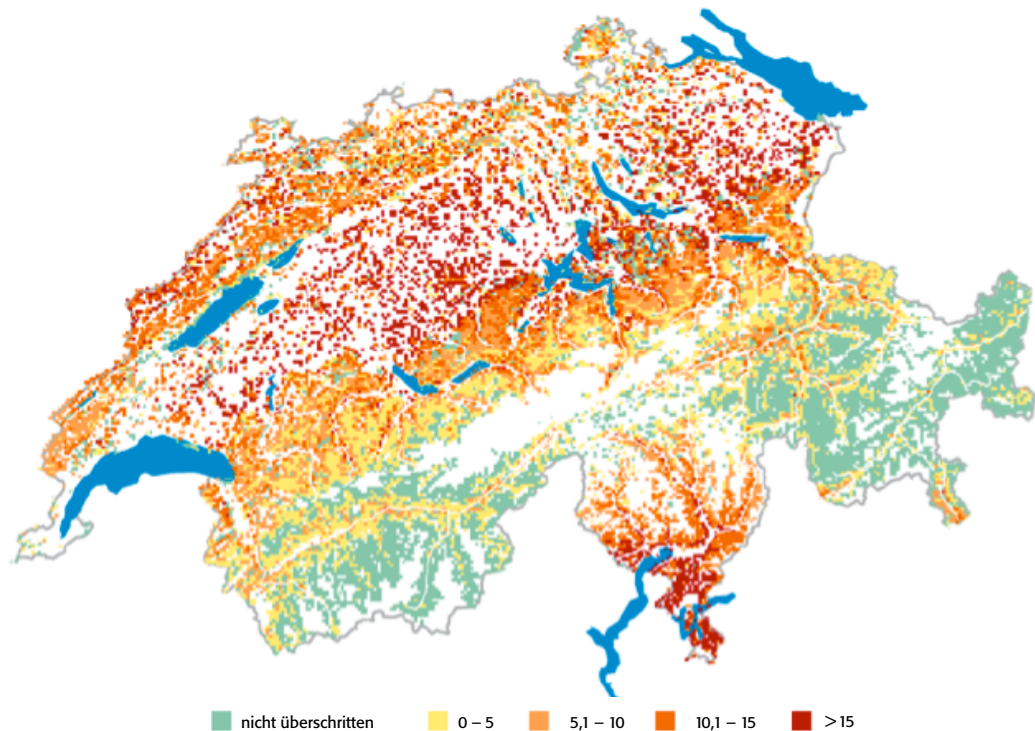
Gemäss «Umweltziele Landwirtschaft» sollen die Ammoniakemissionen aus der Landwirtschaft auf maximal 25 000 Tonnen Stickstoff pro Jahr halbiert werden (BAFU & BLW, 2008). Eine Studie der ETH Zürich zeigt allerdings, dass mit den heutigen Massnahmen bis 2020 höchstens ein Rückgang von 10 Prozent erwartet werden kann (Peter et al., 2010). Damit die «Umweltziele Landwirtschaft» erreicht werden,

braucht es demnach weitere, in der Agrarpolitik bisher noch nicht vorgesehene Massnahmen. Die Reduktion der Ammoniakemissionen auf ein umweltverträgliches Mass wird wahrscheinlich noch längere Zeit eine Herausforderung für Forschung, Politik und Landwirtschaft bleiben.

Lukas Kohli  
kohli@hintermannweber.ch

#### Abb. 4 Überschreitung der kritischen Belastung

Überschreitung der kritischen Belastung durch Stickstoff-Deposition in naturnahen Ökosystemen und bewirtschafteten Wäldern in Kilogramm Stickstoff pro Hektare und Jahr. Quelle: ). BAFU, Sektion Luftqualität. Stand: 2009



#### Quellenangaben und weiterführende Literatur

Biodiversitätsmonitoring Schweiz BDM: Indikator E6 «Nährstoffangebot im Boden», siehe <http://www.biodiversitymonitoring.ch/deutsch/indikatoren/e6.php>

BAFU und BLW, 2008: Umweltziele Landwirtschaft. Hergeleitet aus bestehenden rechtlichen Grundlagen. BAFU-Schriftenreihe Umweltwissen Nr. 0820. Bundesamt für Umwelt, Bern, 221 S.

Bobbink, R. et al., 2010: Global assessment of nitrogen deposition effects on terrestrial plant diversity: a synthesis. *Ecological Applications*, 20 (1). 30-59. 10.1890/08-1140.1

Bobbink, R.; Hettelingh, J-P. (Hrsg.), 2011: Review and revision of empirical critical loads and dose-response relationships. Coordination Center for Effects, National Institute for Public Health and the Environment (RIVM). 244 S.

Boschi, C.; Baur, B., 2007: Effects of management intensity on land snails

in Swiss nutrient-poor pastures. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 120, 243-249.

EKL, 2005: Stickstoffhaltige Luftschadstoffe in der Schweiz. Status Bericht der Eidg. Kommission für Lufthygiene (EKL). Schriftenreihe Umwelt Nr. 384. Bern, Bundesamt für Umwelt Wald und Landschaft BUWAL. 186 S. Download: <http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00557/index.html>

Landolt, E. et al. 2010: Flora indicativa. Ökologische Zeigerwerte und biologische Kennzeichen zur Flora der Schweiz und der Alpen. Haupt Verlag, Bern, 378 S.

Meteotest, 2011: Berechnete Stickstoffdeposition für die BDM-Flächen. Datenlieferungen vom 30.4.2009 und 16.8.2011.

Peter, S.; Valsangiacomo, A.; Weber, M., 2010: «Stickstoff 2020» – Möglichkeiten und Einschränkungen zur Vermeidung landwirtschaftlicher Stickstoffemissionen in der Schweiz. IAW-Schriftenreihe 2010/4 der Grup-

pe Agrar-, Lebensmittel- und Umweltökonomie, ETH Zürich. 115 S.

Stevens, C. J., Diese, N.B., Mountford, J.O.; Gowing D.J., 2004: Impact of nitrogen deposition on the species richness of grasslands. *Science*, 303: 1876-1879.

---

Das **Biodiversitätsmonitoring Schweiz (BDM)** ist ein langfristiges Beobachtungsprogramm des Bundesamts für Umwelt BAFU zur Überwachung der biologischen Vielfalt des Landes.

**BDM-FACTS** beleuchtet regelmässig wichtige Erkenntnisse aus dem BDM. Das Infoblatt erscheint ausschliesslich als PDF und kann auf der Website des BDM heruntergeladen werden: [www.biodiversitymonitoring.ch/publikationen](http://www.biodiversitymonitoring.ch/publikationen)

**Herausgeber:** Bundesamt für Umwelt BAFU, [www.umwelt-schweiz.ch](http://www.umwelt-schweiz.ch)

---