



# Nährstoffangebot im Boden

**Eine hohe Belastung mit Nährstoffen – insbesondere mit Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumverbindungen – führt in der Regel zu einer Abnahme der Pflanzenvielfalt. Einzelne Arten, die das hohe Nährstoffangebot nutzen können, wachsen schnell und verdrängen konkurrenzschwache Arten, die nährstoffarme Böden bevorzugen.**

**Der Indikator E6 zeigt, dass sich das Nährstoffangebot im Boden nur sehr langsam ändert. Dies entspricht den Erwartungen, weil sich die Vegetation eher langsam anpasst. Eine Ausnahme bildet der Waldboden der kollinen Stufe, wo die mittlere Nährstoffzahl innert 14 Jahren geringfügig, aber signifikant angestiegen ist.**

**Im Hinblick auf die Biodiversität ist eine Zunahme des Wertes negativ und eine Abnahme positiv zu werten.**

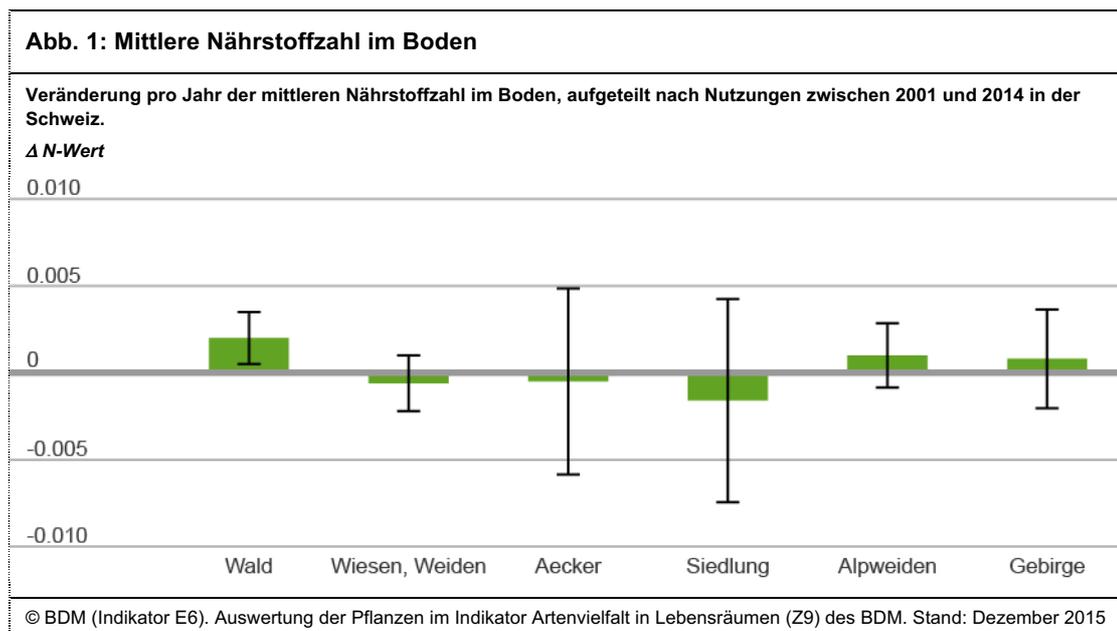
**Stand: Dezember 2015**

## **Inhalt**

Entwicklung in der Schweiz.....	2
Vergleich nach Höhenstufen.....	3
Weitere Angaben.....	5
Bedeutung für die Biodiversität.....	8
Definition des Indikators.....	9
Methodik.....	9
Weiterführende Informationen.....	9
Tabellen und ergänzende Informationen.....	Anhang

## Entwicklung in der Schweiz

Die folgende Abbildung zeigt, wie sich der mittlere Nährstoffwert unterschiedlich genutzter Böden der Schweiz in den vergangenen 14 Jahren verändert hat (arithmetisches Mittel mit einem Vertrauensbereich von 95 Prozent, Probeflächen von 10 Quadratmetern). «Gebirge» bedeutet Flächen ohne alpwirtschaftliche Nutzung (Schuttfluren, Rasen und Zwergstrauchheiden), jedoch ohne Gletscher und unzugängliche Felsen.

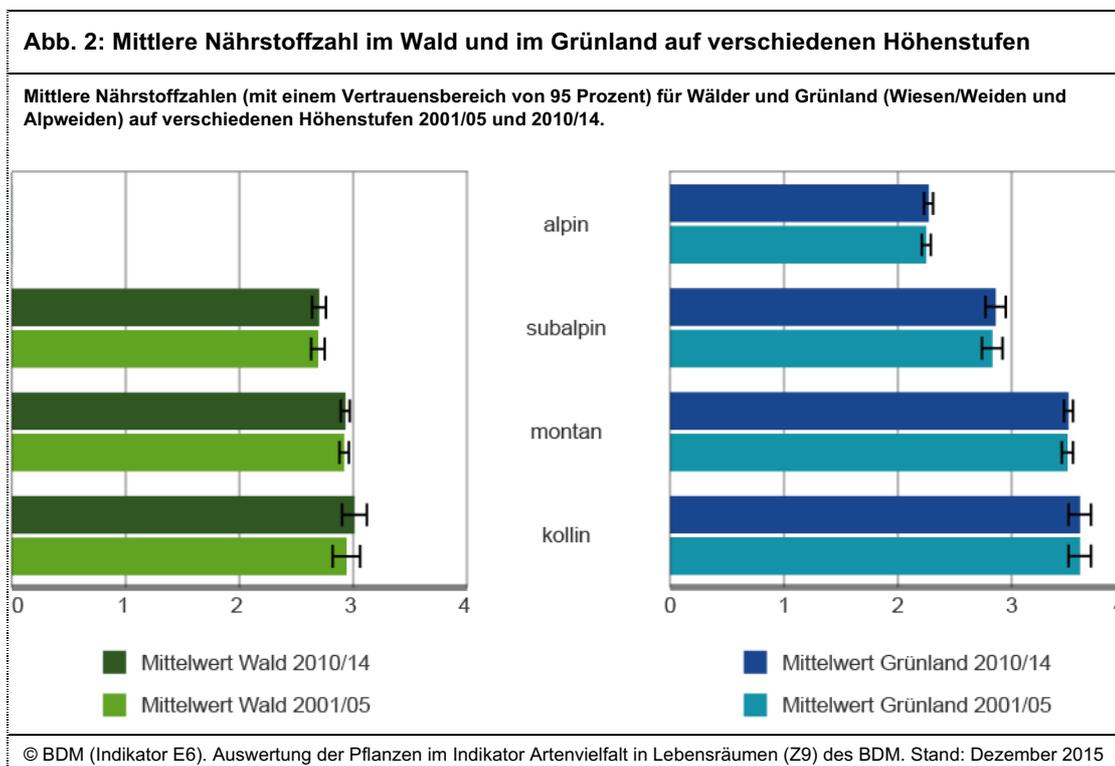


### Kommentar

- Die mittlere Nährstoffzahl im Boden hat sich innerhalb des Beobachtungszeitraumes kaum verändert. Dies entspricht den Erwartungen, weil sich die Vegetation eher langsam anpasst. Eine Ausnahme bildet der Wald, wo die mittlere Nährstoffzahl im Waldboden innert 14 Jahren geringfügig, aber signifikant angestiegen ist.
- Am nährstoffreichsten sind die Böden der Äcker mit einer mittleren Nährstoffzahl von  $3,84 \pm 0,04$ , gefolgt von Siedlungsflächen. Flächen, die extensiv oder überhaupt nicht genutzt werden, sind nährstoffärmer, etwa Alpweiden oder Gebiete im Gebirge ( $2,2 \pm 0,06$ ).
- Vollständige Zahlenangaben und weitere Informationen finden sich in Anhang 1.

## Vergleich nach Höhenstufen

Die folgende Abbildung zeigt die mittleren Nährstoffzahlen (mit einem Vertrauensbereich von 95 Prozent) für Wälder und Grünland (Wiesen/Weiden und Alpweiden) auf verschiedenen Höhenstufen.



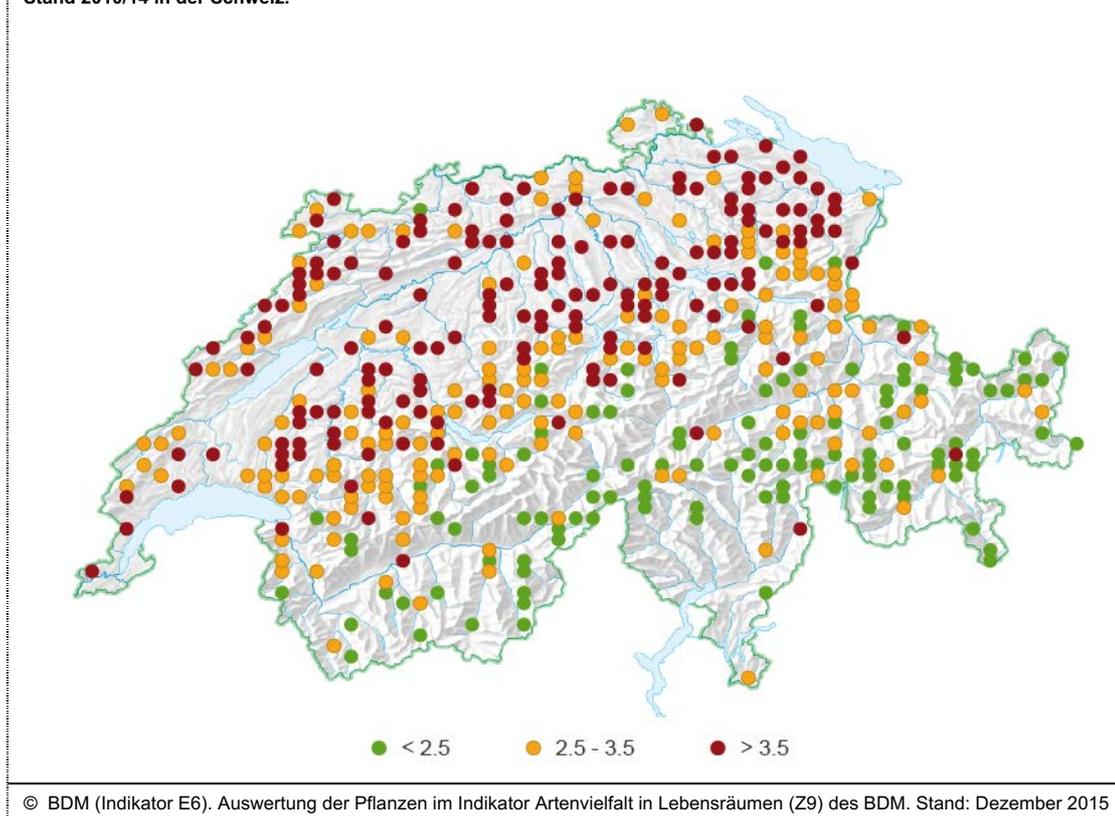
### Kommentar

- Alpine und subalpine Flächen sind im Durchschnitt magerer als Flächen der kollinen oder montanen Stufe.
- Das mittlere Nährstoffangebot im Boden hat sich innerhalb des Beobachtungszeitraumes kaum verändert. Eine Ausnahme bilden die Wälder der kollinen Stufe, wo die mittlere Nährstoffzahl im Waldboden innert 14 Jahren geringfügig, aber signifikant angestiegen ist. Dies liegt daran, dass Magerkeitszeiger verschwunden sind und vermehrt Arten wachsen, die nährstoffreichere Bedingungen anzeigen. Da sich die Lichtverhältnisse nicht verändert haben, kann eine stärkere Durchforstung als Ursache ausgeschlossen werden.

Die folgende Karte zeigt die Verteilung des Nährstoffangebotes im Schweizer Grünland (Wiesen, Weiden oder Alpweiden, Probeflächen von 10 Quadratmetern).

### Abb. 3: Mittlere Nährstoffzahl im Boden des Grünlandes

Verteilung des Nährstoffangebotes im Grünland (Wiesen, Weiden oder Alpweiden, Probeflächen von 10 Quadratmetern), Stand 2010/14 in der Schweiz.



### Kommentar

- In den Wiesen/Weiden der kollinen Stufe liegt die mittlere Nährstoffzahl zwischen 3,5 und 3,7. In subalpinen Wiesen/Weiden beträgt der Wert zwischen 2,8 und 2,9.
- Alpine und subalpine Flächen sind im Durchschnitt magerer als Flächen der kollinen oder montanen Stufe. Landwirtschaftliche Nutzflächen – fast ausschliesslich kollin und montan verbreitet – sind aufgrund der Düngung in der Regel nährstoffreicher. Auch Voralpenwiesen erreichen eine erstaunliche Nährstoffzahl.
- In den hohen Lagen sind Böden mit gar keiner oder einer sehr dünnen Humusschicht vorherrschend, weil die Erosion dort die Bildung nährstoffreicher Humusschichten bremst. Tiefer gelegene Böden sind in der Regel flacher. Sie erodieren deshalb weniger und sind dadurch meist humus- und nährstoffreicher.
- Die hier verwendeten Höhenstufen orientieren sich an der «Wärmegliederung der Schweiz» (Schreiber et al., 1997). Die dort benutzten Kategorien wurden für die BDM-Auswertung in die vier Höhenstufen kollin, montan, subalpin und alpin zusammengefasst.

## Weitere Angaben

### Stickstoff-Deposition aus der Luft

Stickstoff gelangt einerseits durch die aktive Düngung in der Landwirtschaft in die Böden. Andererseits wird Stickstoff aber auch über die Luft verteilt. 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.

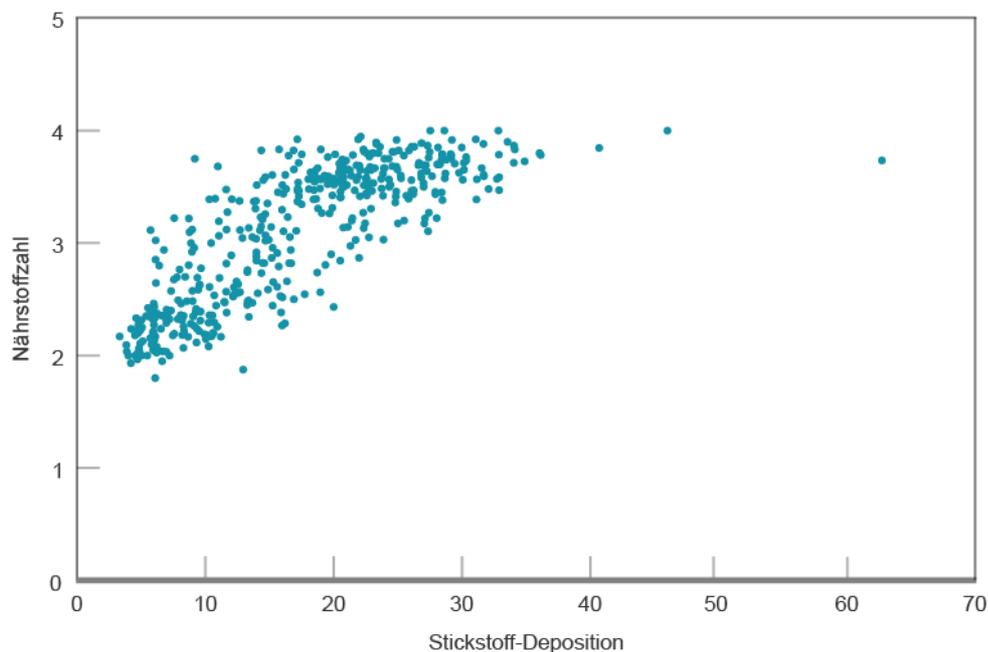
In der Schweiz gelangten im Jahr 2005 rund 80'000 Tonnen Stickstoff in die Luft. 65 Prozent stammten aus der Landwirtschaft, 22 Prozent vom Verkehr, 10 Prozent aus Industrie und Gewerbe und 3 Prozent aus privaten Haushalten. Die Firma Meteotest modelliert, wo in der Schweiz wieviel Stickstoff durch Deposition in die Böden gelangt. Durchschnittlich lagern sich jedes Jahr 19 Kilogramm Stickstoff auf jeder Hektare ab, wobei die Werte mit zunehmender Höhe zurückgehen. In den Probeflächen des BDM-Indikators «Artenvielfalt in Lebensräumen (Z9)» liegen die Werte zwischen 3 und 63 Kilogramm Stickstoff pro Hektare.

Mit Hilfe dieser Daten untersuchten Roth et al. (2013), ob ein Zusammenhang zwischen Stickstoff-Deposition und Artenvielfalt besteht. Es zeigte sich, dass beispielsweise auf artenreichen Bergwiesen mit hohem Stickstoff-Eintrag die Pflanzenvielfalt weniger gross ist. Gleichzeitig steigt der Anteil Pflanzen, die den Stickstoff besser verwerten können. Andere Standortfaktoren, die bekanntermassen die Pflanzenvielfalt beeinflussen, wie zum Beispiel die Höhe über Meer oder der Kalkgehalt des Bodens, wurden herausgerechnet und kommen als Erklärung nicht in Frage.

Das BDM hat mit derselben Methode untersucht, ob auch ein Zusammenhang zwischen Stickstoff-Deposition und Nährstoffangebot im Boden besteht. Die Menge an Stickstoff, die aus der Luft eingetragen wird, stimmt im Grünland auffällig gut mit der Nährstoffzahl überein (Abb. 4).

**Abb. 4: Stickstoff-Deposition aus der Luft und mittlere Nährstoffzahlen**

Zusammenhang zwischen der Stickstoff-Deposition in Kilogramm pro Hektare und Jahr und der mittleren Nährstoffzahl im Grünland.



© BDM (Indikator E6). Auswertung des BDM der Pflanzen im Indikator Artenvielfalt in Lebensräumen (Z9). Stand: September 2014

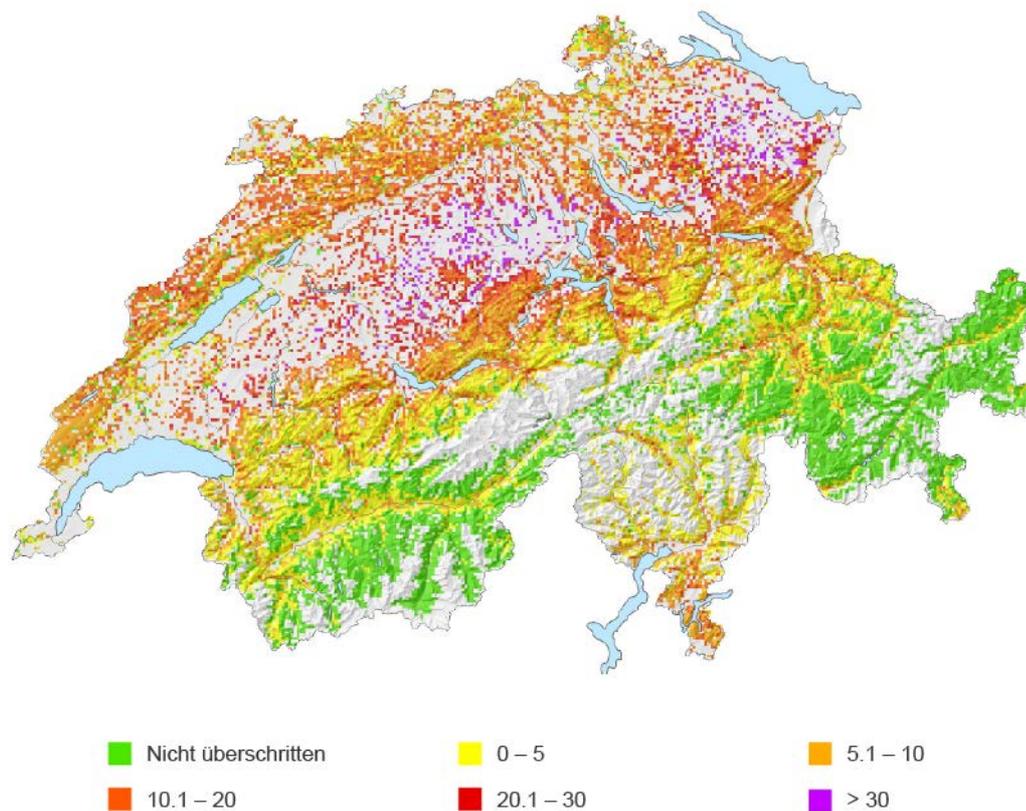
**Kommentar**

- Das Nährstoffangebot im Boden nimmt im Grünland mit zunehmender Stickstoff-Deposition aus der Luft zu. Es scheint also einen Zusammenhang zwischen Stickstoff-Deposition und Nährstoffangebot zu geben. Da sowohl die Stickstoff-Deposition als auch die Nährstoffzahlen mit zunehmender Höhe über Meer abnehmen, könnte der Zusammenhang jedoch ausschliesslich auf einem Höheneffekt beruhen. Wird dieser sowie weitere Standortfaktoren, welche die Pflanzenvielfalt beeinflussen, aus den Daten herausgerechnet, tritt dennoch ein signifikanter Zusammenhang zwischen Stickstoff-Deposition und Nährstoffangebot zutage.

Die «Kritischen Belastungsgrenzen» (critical loads) werden durch das Übereinkommen über weiträumige, grenzüberschreitende Luftverunreinigung, dessen Einhaltung die Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen (UNECE) kontrolliert, folgendermassen definiert: «Quantitative Schätzung eines Stickstoffeintrages (als  $\text{NH}_\gamma$  und/oder  $\text{NO}_x$ ), unterhalb welchem nach heutigen Wissen keine schädlichen Auswirkungen auf Funktion und Struktur des Ökosystems auftreten».

**Abb. 5: Überschreitung der kritischen Belastungsgrenze**

Überschreitung der kritischen Belastungsgrenzwerte («critical loads») durch Stickstoff-Deposition in naturnahen Ökosystemen und Wäldern in Kilogramm Stickstoff pro Hektare und Jahr.



© BDM (Indikator E6). BAFU, Sektion Luftqualität. Stand: 2010

**Kommentar**

- In vielen Gebieten der Schweiz werden die kritischen Belastungsgrenzwerte (critical loads), oberhalb denen sich die Artenzusammensetzung eines Lebensraums verändern kann, überschritten.
- Durch die Stickstoff-Deposition aus der Luft werden die critical loads bei allen Hochmooren, bei 95 Prozent der Wälder, bei 84 Prozent der Flachmoore und bei 42 Prozent der artenreichen Wiesen und Weiden überschritten.

**Stickstoffbilanz der Landwirtschaft**

Die Stickstoffbilanz von Landwirtschaftsflächen beruht auf der Differenz zwischen jener Stickstoffmenge, die dem Boden zugeführt wird und jener, die dem Boden in Form landwirtschaftlicher Produkte wie Getreide oder Gras wieder entzogen wird (Input und Output). Die Stickstoffbilanz wird in der Schweiz und auch von der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung OECD als Indikator für die Nachhaltigkeit der Landwirtschaft herangezogen. Der Stickstoffüberschuss der Landwirtschaft ist seit 1990 um 15 Prozent zurückgegangen und stagniert seit dem Jahr 2000. 2011 betrug der Stickstoffüberschuss für die gesamte Schweiz rund 113'000 Tonnen. Dies entspricht 108 Kilogramm Stickstoff pro Hektare landwirtschaftlicher Nutzfläche.

## Bedeutung für die Biodiversität

Stickstoff ist zwar lebenswichtig für Pflanzen, ab einer zu hohen Dosis im Boden schrumpft jedoch die Pflanzenvielfalt. Ähnlich verhält es sich auch mit anderen wichtigen Nährelementen wie Phosphor oder Kalium.

Pflanzen konkurrieren ständig um Wachstumsfaktoren wie Licht, Wasser, Raum oder Nährstoffe. Verändern sich diese Faktoren, setzen sich andere Pflanzenarten durch. Einige wenige Arten wachsen besonders schnell, wenn genug Nährstoffe vorhanden sind. Sie verdrängen die Arten, die nährstoffreiche Bedingungen weniger gut ausnützen können. Auf fetten Böden wachsen deshalb weniger Pflanzenarten als auf nährstoffarmem Untergrund. Wo nur wenige Pflanzenarten vorkommen, ist auch die Vielfalt an Kleinlebewesen geringer. Wiesen mit einer reichen Pflanzenvielfalt ziehen zum Beispiel viel mehr Schmetterlingsarten an als monotonere Grünflächen. Aus Sicht der Biodiversität ist eine Zunahme des Nährstoffangebots im Boden deshalb nicht erwünscht.

Nebst der Düngung durch die Landwirtschaft tragen auch Industrie und Verkehr zum hohen Nährstoffgehalt in den Böden bei. Stickstoff gelangt aus der Atmosphäre sogar in naturnahe, nährstoffarme Ökosysteme wie Wälder, Hoch- und Flachmoore, Trockenwiesen oder -weiden und löst dort Düngungs- und Versauerungseffekte aus. Durch die zunehmende Industrialisierung und Intensivierung der Landwirtschaft ist der Nährstoffpegel im letzten Jahrhundert in ganz Europa massiv gestiegen.

In manchen Waldgebieten lagern sich heute jährlich bis zu 50 Kilogramm Stickstoff pro Hektare ab. Das ist dreimal so viel wie vor fünfzig Jahren. Einträge von 10 bis 20 Kilogramm gelten bereits als kritisch, da eine zunehmende Stickstoffdüngung die Böden versauern lässt. In saureren Böden können Wurzeln weniger Abwehrsubstanzen gegen schädliche Pilze bilden. Zudem sinkt die Zahl der Bodenwürmer, die für die Bodenbildung wichtig sind.

## Definition des Indikators

Veränderung des Mittelwertes der Nährstoffzeigerwerte der auf Flächen von 10 Quadratmetern vorkommenden Gefässpflanzenarten. Verwendet wurden die Nährstoffzahlen nach Landolt et al. (2010). Diese Werte drücken die Vorliebe der Pflanzen für einen niedrigen oder hohen Nährstoffgehalt im Boden aus. Die Skala reicht von 1 bis 5:

- 1) Sehr nährstoffarm, ausgesprochen mager
- 2) Nährstoffarm
- 3) Mässig nährstoffarm bis mässig nährstoffreich
- 4) Nährstoffreich
- 5) Sehr nährstoffreich bis überdüngt

## Methodik

Im Indikator «Artenvielfalt in Lebensräumen (Z9)» wird die Pflanzenzusammensetzung auf rund 1500 Probeflächen von 10 Quadratmetern untersucht. Die Nährstoffzahlen sämtlicher Gefässpflanzenarten, die auf einer Probefläche gefunden werden (ohne unbestimmte Arten und Sammelarten), werden gemittelt (arithmetisches Mittel). Die Auswertungen nach Höhenstufen basieren auf der Wärmegliederung der Schweiz von Schreiber et al. (1997).

## Weiterführende Informationen

### Kontaktperson für den Indikator «Nährstoffangebot im Boden (E6)»

Lukas Kohli, [kohli@hintermannweber.ch](mailto:kohli@hintermannweber.ch), +41 (0)31 310 13 02

### Weitere Indikatoren zum Thema

> E7: Nutzungsintensität der landwirtschaftlichen Fläche

### Weitere Informationsmöglichkeiten

- > Bundesamt für Umwelt BAFU: <http://www.umwelt-schweiz.ch>
- > Magazin «umwelt» 2/2014 - Stickstoff – Segen und Problem: <http://www.bafu.admin.ch/dokumentation/umwelt/13233/index.html?lang=de>
- > Forschung zum Thema Wald/Stickstoffbelastung: <http://www.iap.ch>
- > Co-operative programme for monitoring and evaluation of the long-range transmissions of air pollutants in Europe: <http://www.emep.int>
- > Nährstoffbilanz der Landwirtschaftsflächen: <http://www.bfs.admin.ch>

**Literatur**

- > BAFU und BLW, 2008: Umweltziele Landwirtschaft. Hergeleitet aus bestehenden rechtlichen Grundlagen. Umwelt-Wissen Nr. 0820. Bern, Bundesamt für Umwelt. 221 S.
- > BAFU, 2014: Stickstoff – Segen und Problem. umwelt 2/2014. 63 S.  
<http://www.bafu.admin.ch/dokumentation/umwelt/13233/index.html?lang=de>
- > 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. 186 S.
- > Güsewell, S.; Peter, M.; Birrer, S., 2012: Altitude modifies species richness–nutrient indicator value relationships in a country-wide survey of grassland vegetation. *Ecological Indicators* 20: 134-142.
- > Heldstab, J.; Reutimann, J.; Biedermann, R.; Leu, D., 2010: Stickstoffflüsse in der Schweiz. Stoffflussanalyse für das Jahr 2005. BAFU-Schriftenreihe Umwelt-Wissen Nr. 1018, Bern, Bundesamt für Umwelt. 128 S.
- > Landolt, E.; Bäumler, B.; Erhardt, A.; Hegg, O.; Klötzli, F.; Lämmler, W.; Nobis, M.; Rudmann-Maurer, K.; Schweingruber, F. H.; Theurillat, J-P.; Urmi, E.; Vust, M.; Wohlgemuth, T., 2010: *Flora indicativa*. Haupt, Bern, Stuttgart, Wien. 376 S.
- > Roth, T.; Kohli, L.; Rihm, B.; Achermann, B., 2013: Nitrogen deposition is negatively related to species richness and species composition of vascular plants and bryophytes in Swiss mountain grassland. *Agriculture Ecosystems & Environment* 178:121–126.
- > Schreiber, K.F.; Kuhn, N.; Hug, C.; Häberli, R., 1997: *Wärmegliederung der Schweiz*. Eidg. Justiz. und Polizeidepartement, Bern.