

Stickstoff – vom Mangel in den Überfluss

Ein Teil der Waldstandorte kann keinen zusätzlichen Stickstoff mehr speichern

Wolfgang Falk und Ulrich Stetter

Informationen über Waldböden und Baumbestände zusammenzubringen, ist ein wesentliches Ziel der BZE 2. Den Nitrat-Konzentrationen im Boden wird deshalb die Stickstoffernährung der häufigsten Waldbaumart Fichte gegenübergestellt. In der Zusammenschau ergibt sich ein Bild über den aktuellen Zustand und mögliche Entwicklungen. Die Ergebnisse zeigen, dass die Stickstoffproblematik trotz anderer heiß diskutierter Umweltthemen nicht aus dem Blickfeld verschwinden darf.

Wegen der anhaltend hohen atmosphärischen Stickstoffeinträge geraten immer mehr Waldökosysteme in den Zustand einer Stickstoffsättigung (Aber et al. 1989). Ist die Nitrat-Konzentration im Bodenwasser größer als der Bedarf der Pflanzen und Mikroorganismen, verliert das gesättigte System Nitrat mit dem Sickerwasser und belastet damit Grund- und Oberflächenwasser. Stickstoff hat sich deshalb auf vielen Standorten in der Beurteilung vom Nähr- hin zum Problemstoff entwickelt. Die Schwierigkeiten reichen von Ernährungsungleichgewichten im Baum bis zu Versauerung und Basenverlusten auf Grund von Auswaschung sowie Trinkwasserbelastung.

Nitrat im Boden

Üblicherweise versucht man, das Nitrat *unterhalb* des Hauptwurzelraumes zu bestimmen. In dieser Tiefe wird es von den Pflanzen nicht mehr aufgenommen. Es kann daher in das Grundwasser ausgewaschen werden und wird dort zum Problem. Für die Auswertung wird die jeweils unterste beprobte Tiefenstufe

betrachtet, sofern mindestens 80 cm erreicht wurden. Insgesamt können 310 BZE-Punkte dargestellt werden. 17 Prozent der Punkte weisen Nitrat-Konzentrationen unter 2,5 Milligramm/Liter (mg/l) auf. Diese Standorte sind vermutlich nicht stickstoffgesättigt und liefern entsprechend kaum belastetes Sickerwasser. 56 Prozent der BZE-Punkte hingegen zeigen mit Konzentrationen von 2,5 bis 10,0 mg/l schon leicht erhöhte Stickstoff-Gehalte. Weitere 18 Prozent der beprobten Flächen weisen Werte zwischen 10,0 und 25 mg/l auf. Diese Punkte und die zehn Prozent mit Werten über 25 mg/l (ein Drittel davon über 50 mg/l), die oberhalb des ehemaligen EU-Richtwertes für Trinkwasser (25 mg/l) oder des Grenzwertes der Trinkwasserschutzverordnung (50 mg/l) liegen, sind der »Finger in der Nitratwunde«. Wenn das Rückhaltevermögen der Böden für Nitrat auf einem beträchtlichem Teil der Waldfläche überschritten zu sein scheint und der Boden damit seine natürliche Schutzfunktion im Sinne des Bundesbodenschutzgesetzes § 2 Abs. 2 nicht mehr erfüllen kann, unterstreicht dies erneut die Dringlichkeit, die Stickstoff-Emissionen zu verringern. Die Verteilung der Nitrat-Konzentrationen in den Waldböden Bayerns zeigt Abbildung 1.

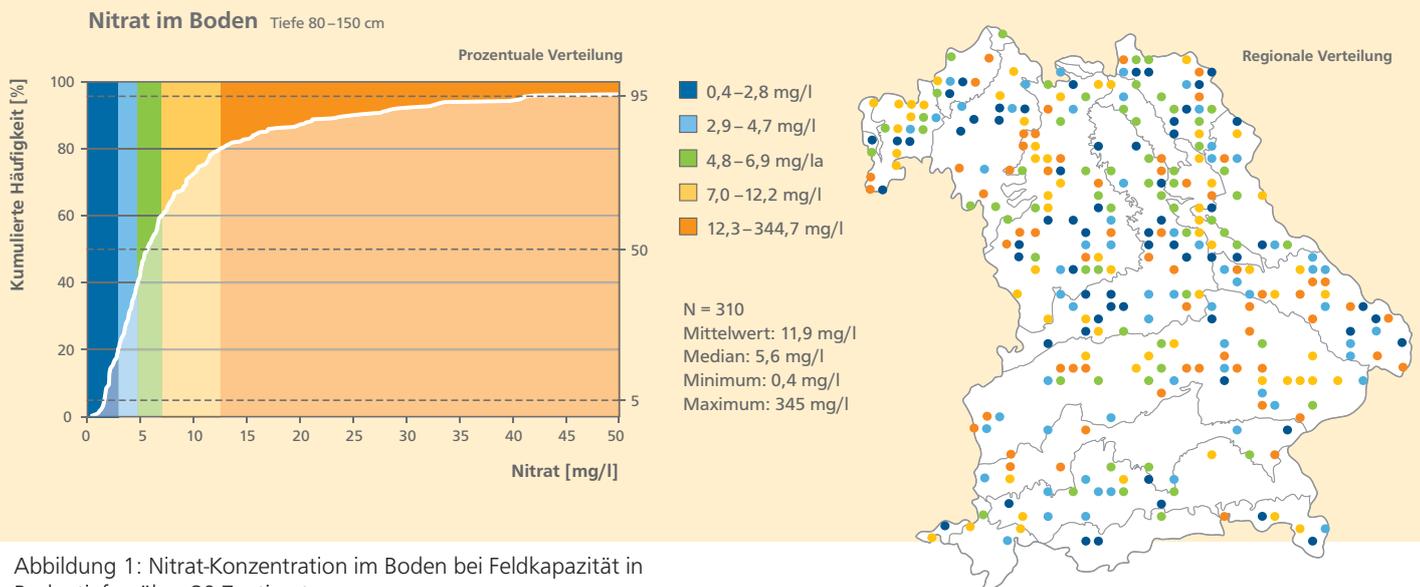


Abbildung 1: Nitrat-Konzentration im Boden bei Feldkapazität in Bodentiefen über 80 Zentimeter

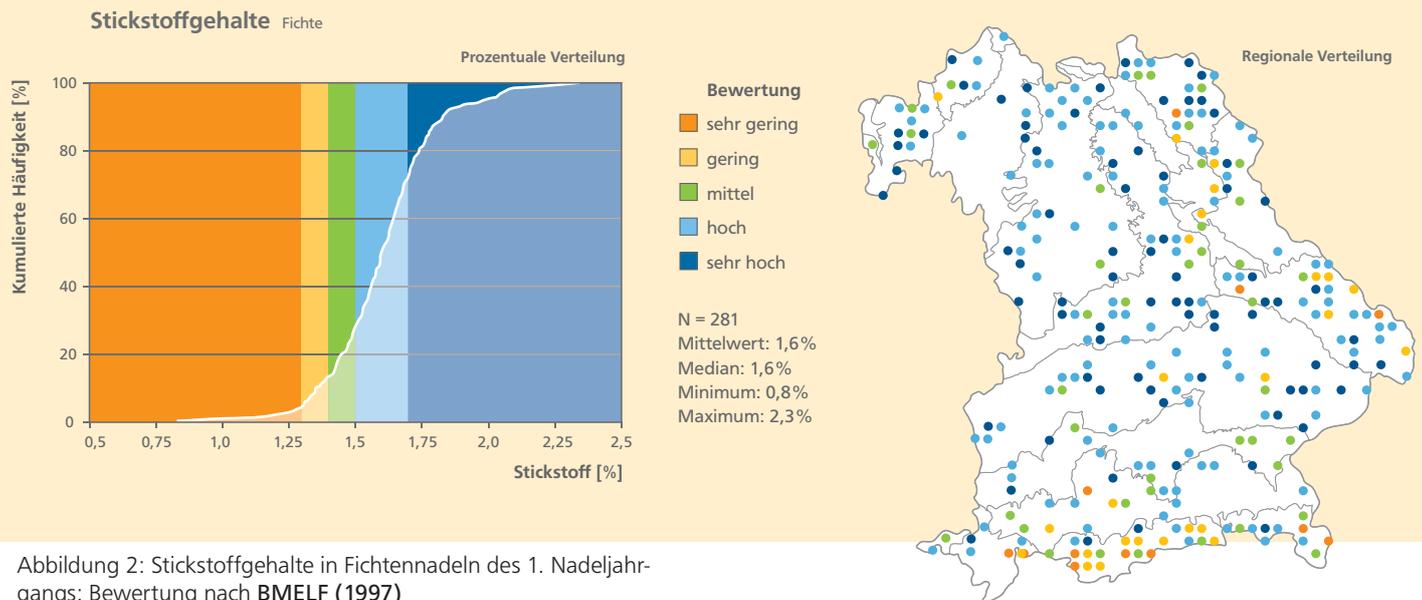


Abbildung 2: Stickstoffgehalte in Fichtennadeln des 1. Nadeljahrgangs; Bewertung nach BMELF (1997)

Die Ergebnisse der BZE 2 bestätigen im Wesentlichen die Erkenntnisse aus der *Nitratinventur Bayern* der Jahre 2001 und 2002 (Mellert et al. 2005) und zeigen, dass es in den letzten Jahren keine deutlichen Veränderungen bei den Nitrat-Konzentrationen im Boden gegeben hat.

Stickstoffernährung der Fichte

Neben der Frage des möglichen Nitrataustrags mit dem Sickerwasser sind natürlich auch die Auswirkungen der unterschiedlichen Nitrat-Konzentrationen im Boden auf den Wald selbst von großem Interesse für die Forstwirtschaft. Da im Rahmen der BZE 2 auch der Ernährungszustand der Wälder über Nadel- und Blattprobenahmen analysiert wurde, können die Stickstoffgehalte in den Bäumen dem Nitrat im Boden gegenübergestellt werden. Exemplarisch wird die Fichte herangezogen, da sie an drei Vierteln aller Inventurpunkte beprobt wurden. Beerntet wurden Bäume jeden Alters; ausgenommen waren nicht geschlossene Kulturen und Verjüngungen. Abbildung 2 zeigt die Stickstoffgehalte des ersten Nadeljahrgangs, also den prozentualen Anteil des Stickstoffs an der Nadel trockenmasse. Dieser Wert ist ein guter Indikator für die aktuelle Versorgungslage der Bäume. Die Spannweite zwischen kleinstem und größtem Gehalt reicht von 0,83 bis 2,34 Prozent. Der mittlere Stickstoff-Nadelspiegelwert der Fichten, die bei der BZE im Jahr 2007 in Bayern beprobt wurden, beträgt 1,6 Prozent.

Zur besseren Übersichtlichkeit werden die Stickstoffgehalte einer Bewertung unterzogen (BMELF 1997). Diese Versorgungsstufen sind in der Häufigkeits-Summenkurve und in der Bayernkarte der Abbildung 2 farblich gekennzeichnet. Die Stickstoffernährung der Fichte lässt sich folgendermaßen beurteilen: Stickstoffmangel tritt selten auf (Stufe *sehr gering*: 4 % aller Punkte) und ist dann meist auf besondere Standort-

bedingungen zurückzuführen. Im Wesentlichen handelt es sich um Moorflächen mit stark gehemmter Stickstoffumsetzung und Fichtenbestände auf flachgründigen Böden der Kalkalpen mit bodenbedingt schwacher Stickstoffversorgung (Baier 2004). Ein knappes Viertel der Bestände ist ausreichend (Stufe: *gering*, 9 %) bis optimal (Stufe: *mittel*, 14,5 %) mit Stickstoff versorgt. Die meisten Fichten jedoch (45 %) weisen in ihren Nadeln hohe Stickstoffgehalte auf. Dies zeigt den Übergang von optimaler Ernährung zur Überversorgung an. Eine Stickstoffüberernährung (Stufe: *sehr hoch*) ist an 27,5 Prozent der Inventurpunkte festzustellen. Die meisten Extremwerte ($N > 2 \%$) stammen allerdings von jungen Fichten, die bekanntermaßen höhere Stickstoffgehalte aufweisen als ältere Bäume (Schmidt-Vogt 1991). Lediglich die Konzentration der Mangelbestände in den Alpen bildet einen regionalen Schwerpunkt.

Bei der Beurteilung einer einmaligen Aufnahme wie bei der BZE 2 sollte aber beachtet werden, dass die Nährelementgehalte in den Nadeln oder Blättern der Waldbäume auf Grund physiologischer (z. B. Blüte, Fruktifikation) und weiterer Einflussfaktoren (z. B. Witterungsverlauf) von Jahr zu Jahr schwanken können (Schmidt-Vogt 1991). Im Jahr der Probenahme 2007 waren diese Faktoren in Bayern allerdings nicht außergewöhnlich. Da knapp drei Viertel der beprobten Fichtenbestände in die Bewertungsstufe *hoch* bis *sehr hoch* fallen, weist dies insgesamt deutlich auf eine erhöhte Stickstoffversorgung der Wälder in den größten Teilen Bayerns hin – mit allen Problemen, die sich daraus ergeben können. Eine einseitig überbetonte Stickstoffversorgung bewirkt, um nur ein Beispiel zu nennen, unausgewogene Nährelement-Verhältnisse bis hin zu induzierten Nährelementmängeln (Kazda 1990).

Zusammenschau: Nitrat und Waldernährung

Den Zusammenhang zwischen Nitrat im Boden und der Stickstoffernährung der Fichte zeigt Abbildung 3. Sie stellt 214 Inventurpunkte dar, die sowohl unterhalb des Hauptwurzelraumes beprobt wurden also auch ältere Fichten mit einem Brusthöhendurchmesser größer zehn Zentimeter tragen. Die Diagrammfläche ist in fünf Felder aufgeteilt. In diesen Feldern sind Gruppen von Punkten mit bestimmten Kombinationen aus Nitrat-Konzentrationen und Versorgungsstufen zusammengefasst. Demnach kommt bei noch niedrigem Nitrat-Niveau (< 10 mg/l) nur an einem Fünftel der untersuchten Waldstandorte eine sehr geringe bis mittlere Stickstoffversorgung vor (grünes Feld). Auf gut der Hälfte aller Inventur-Punkte wachsen dagegen bei relativ geringen Nitrat-Konzentrationen Fichten mit hohen und sehr hohen Stickstoff-Gehalten in den Nadeln (gelbes Feld). Die Paarung aus mehr oder weniger starker Überversorgung der Fichte und höheren Nitrat-Konzentrationen im Boden (10–50 mg/l) findet sich immerhin bei 22 Prozent der BZE-Punkte (orangefeld). Die Extremkombination aus sehr hohen Nitrat-Konzentrationen und hohen bis sehr hohen Stickstoff-Nadelspiegelwerten tritt nur in einigen wenigen Fällen auf (rotes Feld). Kaum verwirklicht ist naturgemäß die Kombination aus moderater Stickstoff-Ernährung der Fichte und hohen Nitrat-Werten im Boden (weißes Feld).

Die Ergebnisse können folgendermaßen interpretiert werden: Im Boden wird bereits so viel Stickstoff angeboten, dass die Stickstoffversorgung der Bäume schon überwiegend in den hohen bis sehr hohen Bereich verschoben ist. Dies symbolisiert der durchgehende Pfeil in Abbildung 3. Allerdings sind das Nitrat-Niveau und damit das Austragsrisiko im Wesentlichen noch gering, da vermutlich die Vegetation den Stickstoff noch weitgehend aufnehmen kann. Noch liegt der überwiegende Teil der Punkte in einem Bereich unter 10 mg/l Nitrat.

Man kann aber bereits eine Drift der Standorte in den Bereich eines höheren Austragsrisikos unterstellen. Dies zeigt der gestrichelte Pfeil in das orange und rote Feld an. Ein besonderes Risiko stellen daher die 51 Prozent der Punkte im gelben Feld dar. Mit zunehmenden Stickstoffeinträgen oder nicht mehr zu steigender Stickstoffaufnahme in die Biomasse ist bei diesen Standorten mit einem steigenden Nitratniveau und erhöhtem Nitrataustrag zu rechnen. Zurzeit kann man zwar für etwa 90 Prozent der Waldfläche das Sickerwasser noch als wenig belastet beurteilen. Insgesamt ist aber ein wachsames Auge auf den Stickstoffhaushalt der Waldökosysteme – vor allem auf die Eintragssituation – dringend geboten.

Literatur

Aber, J.D.; Nadelhoffer, K.J.; Steudler, P.; Melillo, J.M. (1989): *Nitrogen saturation in northern forest ecosystems*. Bioscience 39, 6, S. 378–386

Baier, R. (2004): *Ernährungszustand und mögliche Anpassungsmechanismen der Fichte (Picea abies (L.) Karst) auf Dolomitstandorten der Kalkalpen*. Schweizerische Zeitschrift für das Forstwesen 155, 9, S. 387–391

BMELF - Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (1997): *Deutscher Waldbodenbericht 1996*

Kazda, M. (1990): *Indications of unbalanced nitrogen nutrition of Norway spruce stands*. Plant and Soil 128, 1, S. 97–101

Mellert, K.H.; Gensior, A.; Kölling, C. (2005): *Verbreitete Nitratbelastung des Waldsickerwassers*. AFZ/Der Wald, 4, S. 168–171

Schmidt-Vogt, H. (1991): *Die Fichte*. Bd. II/3, Parey Verlag

Wolfgang Falk bearbeitet im Sachgebiet »Standort und Bodenschutz« den Fachbereich Bodenwasserhaushalt, Bodenschutz und Standortserkundung. Wolfgang.Falk@lwf.bayern.de
Ulrich Stetter ist im gleichen Sachgebiet für die Themen Waldernährung, Düngung und Bodenschutz zuständig und bearbeitet innerhalb der BZE 2 das Modul Waldernährung. Ulrich.Stetter@lwf.bayern.de

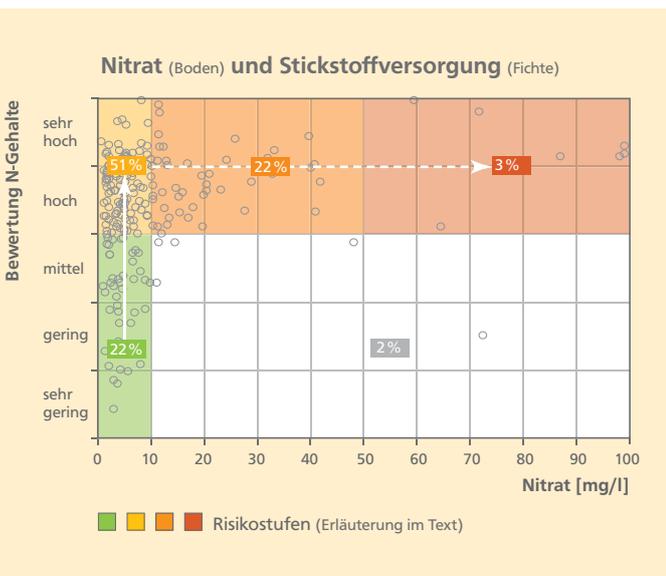


Abbildung 3: Nitrat-Konzentrationen im Boden (> 80 cm Tiefe) bei Feldkapazität und Stickstoffernährung der Fichte (1. Nadeljahrgang, BHD > 10 cm), bewertet nach BMELF (1997)