

Waldverjüngung und Wasserqualität

Je größer die Lücke, desto höher die Nitratkonzentration im Sickerwasser

Wendelin Weis, Christian Huber und Axel Göttlein

Fichtenaltbestände werden in Bayern meist im Femelschlag unterschiedlicher Intensität verjüngt. Eine Alternative bietet die Verjüngung auf Kahlfächen, die sowohl auf natürliche Weise (Sturmwurf oder Borkenkäferkalamitäten) als auch aus Gründen der Bewirtschaftung (Saum- und Kahlschlagsbetrieb) entstehen. Beide Fälle greifen in den Stoffhaushalt der Wälder ein. Der dezimierte Altbestand verbraucht weniger Nährelemente. Auf Grund des erhöhten Strahlungseinfalls steigt die Bodentemperatur, bodenbiologische Prozesse wie Mineralisation und Nitrifikation beschleunigen sich. Der Nitratgehalt des Sickerwassers steigt, damit werden Nährstoffkationen exportiert, die Bodenfruchtbarkeit verschlechtert sich.

In der Regel stellen Wälder über lange Phasen der Bestandsentwicklung Senken für Stickstoff dar. Nennenswerte Nitratausträge sind meist die Folge hoher atmosphärischer Stickstoffeinträge, die aus Emissionen von Industrie, Verkehr und Landwirtschaft stammen. Allerdings steigen in Waldbeständen, deren Altholzschirm zufällig oder auf Grund gezielter Nutzung teilweise oder vollständig entfernt wurde, Mineralisation und Nitrifikation sowie als Folge Versauerung und Nitrat auswaschung. Am Fachgebiet Waldernährung und Wasserhaushalt der Technischen Universität München wird diese Problematik seit mehr als einem Jahrzehnt intensiv erforscht. Thematische Schwerpunkte liegen dabei auf dem Vergleich von Femel- und Kahlfächen, dem Einfluss des Standortes und den Folgen flächiger Bestandskalamitäten wie z. B. Borkenkäferbefall.

Femel- und Kahlhieb im Vergleich

Den typischen Verlauf der Entwicklung der Nitratkonzentration im Sickerwasser unterhalb des Hauptwurzelraumes eines Fichtenaltbestandes mit moderaten Stickstoffeinträgen nach Femel- bzw. Kahlhieb zeigt Abbildung 1.

In der unechten Zeitreihe sind die hohen Nitratkonzentrationen in den Anfangsjahren nach Kahlschlag zu erkennen. Mineralisation und Nitrifikation setzen den in der organischen Auflage leicht verfügbaren Stickstoff frei. Er wird mit dem Sickerwasser ausgetragen, da die Vegetation keine großen Mengen aufnehmen kann. Die starke jahreszeitliche Schwankung des Konzentrationsverlaufs beweist den Einfluss hoher Strahlung und Temperatur während der Vegetationsperiode. Bereits im dritten Jahr nach dem Hieb sinken die Nitratkonzentrationen beträchtlich. Die leicht verfügbaren Stickstoffquellen sind erschöpft, die Verjüngung und vor allem die sich entwickelnde Schlagflora wirken als effiziente Nährstoffsenken und beschatten gleichzeitig den Boden. Deshalb steigt die Bodentemperatur im Sommer weniger stark, Mineralisation und Nitrifikation laufen wieder langsamer ab.

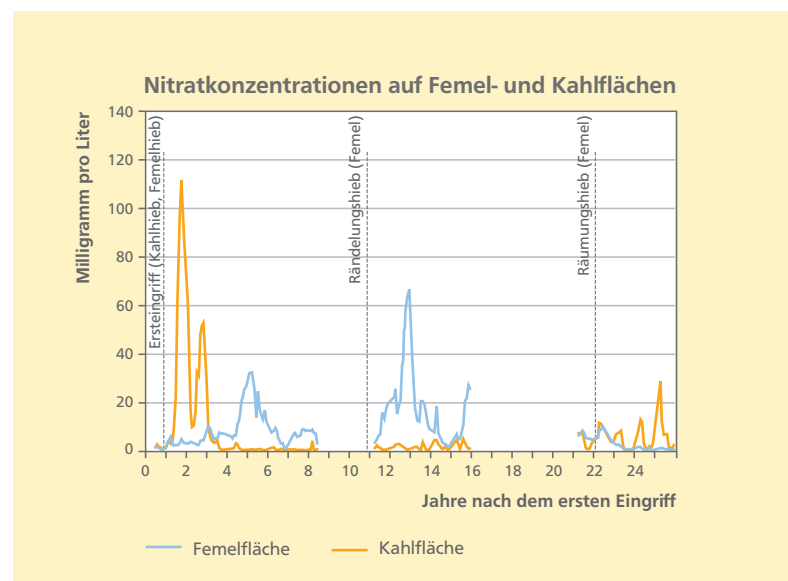


Abbildung 1: Unechte Zeitreihen des Konzentrationsverlaufs für Nitrat im Sickerwasser in 40 cm Tiefe bei Verjüngung von Fichtenaltbeständen im Ebersberger Forst mit Buche über Femel- und Kahlhieb

Nach einem Femelhieb erhöhen sich die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser zunächst nicht oder nur moderat. Zeitlich verzögert zeigt sich auch hier der Einfluss des Hiebes auf die Nährstoffaufnahme. Wenn nach circa zehn Jahren über Rändelungshiebe das Bestandsdach nochmals stärker aufgelichtet wird, verstärkt sich dieser Effekt. Je nach Intensität des Eingriffs sowie Alter und Entwicklung der Verjüngung kann im Zuge eines Femelschlages die Nitratkonzentration deutlich steigen. Der Gesamtaustrag von Nitrat bis zur gesicherten Verjüngung ohne Altbestand, in unserem Beispiel circa 20 Jahre nach dem ersten Eingriff, liegt aber mehr oder weniger deutlich unter den Austrägen auf Kahlfächen und ist zeitlich besser verteilt (Weis et al. 2006). Dadurch sinkt das Risiko für die Verjüngung, bei Überschusnnitrifikation kurzzeitigen starken Versauerungsschüben ausgesetzt zu sein.

Einfluss des Standortes

Da Wälder komplexe Ökosysteme sind, ist nicht damit zu rechnen, dass gleiche Eingriffe in den Bestand auf verschiedenen Standorten gleiche Folgen für die Entwicklung der Nitratauswaschung bedeuten. Abbildung 2 zeigt den Verlauf der Nitratkonzentration im Sickerwasser unterhalb des Hauptwurzelraumes dreier unterschiedlicher Standorte nach Femel- und Kahlhieb in Fichtenaltbeständen (Weis 2002; Weis et al. 2001).

Auf allen drei Standorten wurde auf den Kahlflächen eine Erhöhung des Nitrataustrags und jeweils zum Ende der Vegetationsperiode ein Anstieg der Nitratkonzentrationen in 40 Zentimetern Tiefe beobachtet. Bei sehr dichten Fichtenaltbeständen ohne nennenswerte Bodenvegetation (Ebersberg,

Höglwald) erreichten die Nitratkonzentrationen Werte bis über 130 Milligramm pro Liter (mg/l) (am Standort Höglwald einzelne Saugkerzen bis über 220 mg/l). Im Falle hoher Stickstoffsättigung des Standorts und damit hoher Nitratkonzentrationen bereits im Sickerwasser des Altbestandes (Höglwald über 50 mg/l) ändert sich in den ersten beiden Jahren nach Kahlschlag die durchschnittliche Nitratkonzentration auf Grund der höheren Sickerwasserspense kaum (Göttlein et al. 2003; Huber et al. 2004). Am Standort Ebersberg dagegen, mit mäßigen Stickstoffeinträgen und Nitratkonzentrationen im Sickerwasser des Altbestands von unter fünf mg/l, steigt nach Kahlschlag die durchschnittliche Nitratkonzentration auf circa 35 mg/l. Die aufkommende Bodenvegetation reduziert den Nitrataustrag, dichte, biomassereiche Vegetation kann ihn sogar vollständig kompensieren. Die wichtige Rolle der Bodenvegetation zeigt sich besonders am Standort Flossenbürg. Hier nimmt die unter einem lichten Altholzschirm bereits etablierte Bodenvegetation einen Teil des nach Kahlschlag entstehenden Nitrats auf, der Anstieg der Nitratkonzentration im Sickerwasser fällt moderat aus. Mit verantwortlich sind wohl auch die generell niedrigeren Temperaturen an diesem Mittelgebirgsstandort.

Femelhiebe führen, sofern nur einzelne Bäume oder kleine Gruppen von zwei bis drei Bäumen entnommen werden, zunächst zu keiner nennenswerten Erhöhung der Nitratausträge. Ist, wie am Standort Flossenbürg, wegen des kühlen, nebelreichen Klimas eine etwas weitere Öffnung des Bestandes nötig, um der Verjüngung ausreichend Strahlungswärme zur Verfügung zu stellen, werden Nitratkonzentrationen wie auf der entsprechenden Kahlfläche erreicht. Die Bodenvegetation reagiert auf Grund der Beschattung durch den verbleibenden Altbestand kaum mit zusätzlichem Wachstum. Dementsprechend werden die Nitratausträge nicht wie auf der Kahlfläche im zweiten Jahr reduziert und liegen nun oberhalb der Werte auf der Kahlfläche.

Naturverjüngung und Bodenvegetation

Die vorhandene Bodenvegetation beeinflusst die Höhe des Nitratanstiegs nach Kahlschlag wesentlich. Vorausverjüngung, Naturverjüngung oder eine dichte Bodenvegetation helfen, Nitratausträge auf Kahlflächen zu verhindern (Huber et al. 2004; Weis et al. 2001). Abbildung 3 zeigt dies für die Fichtennaturverjüngung auf der Kahlfläche im Höglwald und für die zwei typischen Vegetationsformen der Kahlfläche nahe Flossenbürg. In Flossenbürg verhindert eine schütterere Besiedelung mit Drahtschmiele (*Deschampsia flexuosa*) den Nitratanstieg nicht. Dagegen zeigen sich an Plätzen mit Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*) deutlich niedrigere Nitratkonzentrationen nach Kahlschlag. Die Gründe hierfür liegen sowohl in der Nährstoffaufnahme der Bodenvegetation als auch in der Beschattung des Bodens.

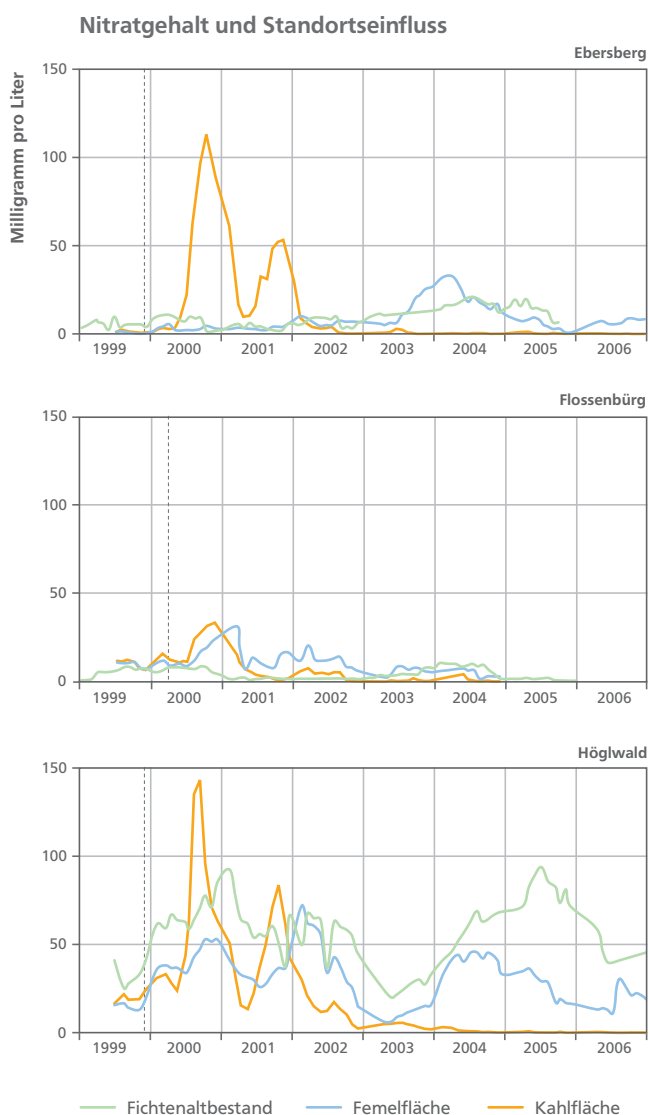


Abbildung 2: Verlauf der Nitratkonzentration in 40 cm Tiefe für Fichtenaltbestand, Femelhieb und Kahlhieb an den Standorten Ebersberg, Flossenbürg und Höglwald (gestrichelte Linie: Zeitpunkt des Femel- bzw. Kahlhiebes)

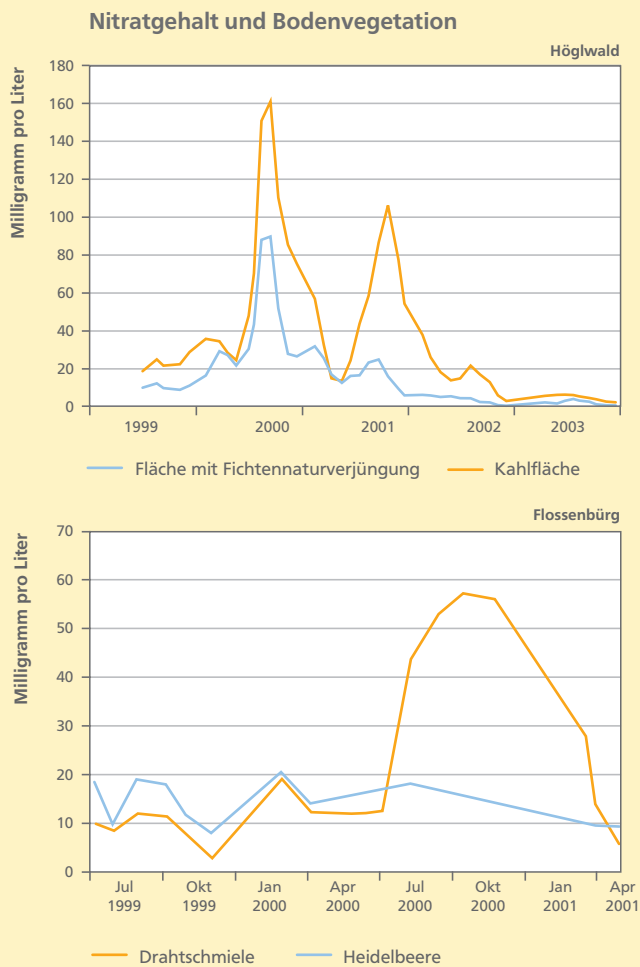


Abbildung 3: Einfluss der Bodenvegetation auf die Nitratkonzentration im Sickerwasser in 40 cm Tiefe nach Kahlschlag; oben Standort Höglwald: Kahlfäche mit und ohne Fichtennaturverjüngung; unten Standort Flossenbürg: Drahtschmiele und Heidelbeere

Borkenkäferkalamitäten als Sonderfall

Während rasch geräumte Sturmwurfflächen ähnliche Nitratverläufe wie die oben gezeigten Kahlfächen aufweisen (Kölling 1993; Mellert et al. 1996), stellen großflächige Borkenkäferkalamitäten in wenig oder nicht bewirtschafteten Fichtenwäldern, wie in den Hochlagen des Nationalparks Bayerischer Wald, einen Sonderfall dar. Im Gegensatz zu anderen Kahlfächen verbleiben die absterbenden Bäume stehend oder umgestürzt auf der Fläche.

Während sich in den intakten Beständen die Nitratkonzentration auf relativ niedrigem Niveau von weniger als fünf mg/l bewegt, steigt sie nach dem Absterben der Fichten etwas an und bleibt im Gegensatz zu anderen Kahlfächen über mehrere Jahre auf einem erhöhten Niveau (Abbildung 4). Dank des Verdünnungseffektes auf Grund der hohen Niederschläge im Bayerischen Wald verbleiben die Nitratkonzentrationen jedoch meist unter dem Trinkwassergrenzwert. Die niedrigsten Werte aller untersuchten Flächen wurden bei der ältesten Totholzfläche (abgestorben im Jahr 1983) gemessen. Ursache des erhöhten Nitrataustrags ist auch hier die von Temperatur und Strahlung während der Vegetationsperiode beschleunigte Mineralisation und Nitrifikation organischer Stickstoffverbindungen, der erhöhte Eintrag von Streumaterial beim Absterben der Bäume sowie die fehlende Nährstoffaufnahme bis zur Etablierung wüchsiger Pioniergehölze (insbesondere Vogelbeere). Die gegenüber anderen Kahlfächen verzögerte Reaktion des Systems lässt sich mit der Beschattung des Bodens durch die liegenden bzw. stehenden toten Bäume und dem über mehrere Jahre hinweg kontinuierlichen Eintrag organischen Materials (insbesondere abfallende Rinde) erklären (Huber et al. 2004; Huber 2005). Dennoch ist das Belassen des Totholzes sinnvoll und notwendig, da es insgesamt zu einer Nährstoffanreicherung im Boden führt und über Jahrzehnte als langsamfließende Nährstoffquelle für den nachwachsenden Wald dient.

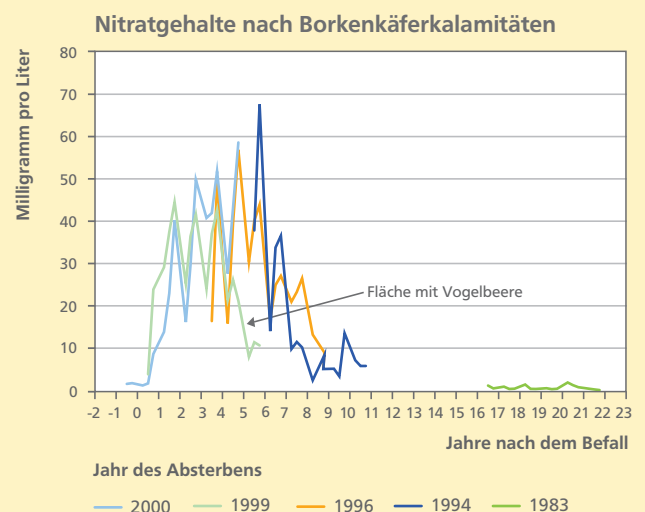


Abbildung 4: Durchschnittliche Nitratkonzentrationen im Sickerwasser unterhalb des Hauptwurzelraums abgestorbener Fichtenflächen im Nationalpark Bayerischer Wald; dargestellt sind Mittelwerte für drei Perioden pro Jahr: April–Juni, Juli–September und Oktober–November.

Literatur

Göttlein, A.; Baumgarten, M.; Huber, C.; Weis, W.; Papen, H.; Butterbach-Bahl, K.; Gasche, R. (2003): *Ökologie der Mischwaldbegründung in einem stickstoffbelasteten Fichtenbestand*. LWF aktuell 41, S. 6–8

Huber, C. (2005): *Long lasting nitrate leaching after bark beetle attack in the highlands of the Bavarian Forest National Park*. Journal of Environmental Quality 34, S. 1.772–1.779

Huber, C.; Baumgarten, M.; Göttlein, A.; Rotter, V. (2004): *Nitrogen turnover and nitrate leaching after bark beetle attack in Mountainous Spruce Stands of the Bavarian Forest National Park*. Water Air and Soil Pollution, Focus 4, S. 391–414

Huber, C.; Weis, W.; Baumgarten, M.; Göttlein, A. (2004): *Spatial and temporal variation of seepage water chemistry after felled and small scale clear-cutting in a N-saturated Norway spruce stand*. Plant and Soil 267, S. 23–40

Kölling, C. (1993): *Die Zusammensetzung der Bodenlösung in sturmgezworfenen Fichtenforst (Picea abies (L.) Karst.) – Ökosystemen*. Forstliche Forschungsberichte Nr. 133, München

Mellert, K.-H.; Kölling, C.; Rehfuess, K. E. (1996): *Bioelement leaching from Norway spruce ecosystems in Bavaria after windthrow*. Forstwissenschaftliches Centralblatt 115, S. 363–377

Weis, W.; Rotter, V.; Göttlein, A. (2006): *Water and element fluxes during the regeneration of Norway spruce with European beech: Effects of shelterwood-cut and clear-cut*. Forest Ecology and Management 224, S. 304–317

Weis, W. (2002): *Nitrataustrag bei der Verjüngung von Fichtenaltbeständen: Welchen Einfluss hat der Standort?* LWF aktuell 34, S. 21–24

Weis, W.; Huber, C.; Göttlein, A. (2001): *Regeneration of Mature Norway Spruce Stands: Early Effects of Selective Cutting and Clear Cutting on Seepage Water Quality and Soil Fertility*. The Scientific World 1 (S2), S. 493–499

Dr. Wendelin Weis und Dr. Christian Huber arbeiten seit 1993 im Rahmen verschiedenster Forschungsprojekte zum Wasser- und Stoffhaushalt von Wäldern am Fachgebiet »Waldernährung und Wasserhaushalt« der Technischen Universität München und dem früheren Fachgebiet für Standortslehre.
weisw@forst.tu-muenchen.de, Christian.Huber@tum.de
 Prof. Axel Göttlein ist als Nachfolger von Prof. Karl Kreuzer seit 1998 Leiter des Fachgebiets. goettlein@forst.tu-muenchen.de

125 Jahre Hochwassernachrichtendienst in Bayern



Foto: LfU

Pegelstand-Messanlage Lehstenbach im Fichtelgebirge

Technische und bauliche Maßnahmen bieten keinen hundertprozentigen Schutz vor Hochwasser. Sie können nicht verhindern, dass immer wieder Bürger von Überschwemmungen betroffen sind. Gehen diese Gefahren von Flüssen und Bächen aus, so warnt in Bayern der Hochwassernachrichtendienst (HND). Droht Gefahr durch Starkregen oder Unwetter, nimmt der Deutsche Wetterdienst diese Aufgabe wahr. Erste Richtlinien zur Organisation eines Hochwassernachrichtendienstes in Bayern wurden bereits 1883 erlassen.

Die Leitung des Hochwassernachrichtendienstes liegt beim Bayerischen Landesamt für Umwelt (LfU). Die Hochwassernachrichtenzentrale im LfU bildet eine Informationsdrehzscheibe. Dort werden eingehende Informationen und Daten der Wasserwirtschaftsämter, des Deutschen Wetterdienstes, der benachbarten Länder und der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung gesammelt, ausgewertet und an die zuständigen Stellen verteilt. Ein detaillierter Hochwasserlagebericht wird über die Medien sowie über Internet und Telefonansage bereitgestellt.

Das Auswerten von Wettervorhersagen ermöglicht, Hochwassergefahren in der Regel frühzeitig zu erkennen. Bei Überschreiten vorgegebener Wasserstände intensiviert der HND die Überwachung an den Pegeln und benachrichtigt die zuständigen Stellen. Die Hauptmeldestellen (i. d. R. Wasserwirtschaftsämter) geben über die Meldestellen (Landratsämter) die Hochwassermeldungen an die Städte und Gemeinden weiter. Diese warnen die betroffenen Bürgerinnen und Bürger.

Der Hochwassernachrichtendienst ist seit 1998 mit aktuellen Wasserstands- und Abflussdaten im Internet präsent. Mittlerweile wurde das Angebot um Niederschlags- und Schneedaten ergänzt.

Der HND informiert unter anderem, wie der Hochwassernachrichtendienst organisiert ist, wie die Hochwasservorhersagen erstellt und wie die Daten erfasst werden.

hnd

Mehr Informationen unter: www.hnd.bayern.de