

Doris Maria Mück<sup>1</sup>

# Untersuchungen zur Bedeutung von Stickstoffeintrag und Konkurrenz für die Heidevergrasung

## 1 Einleitung

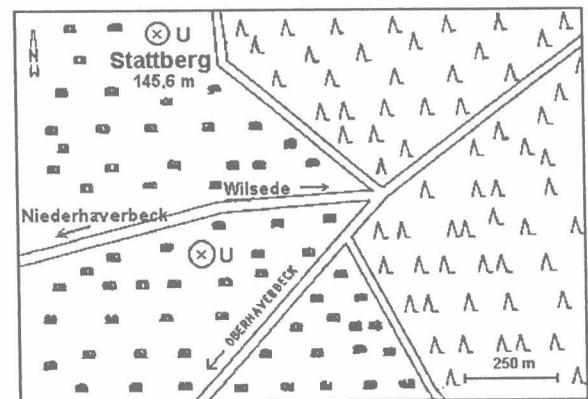
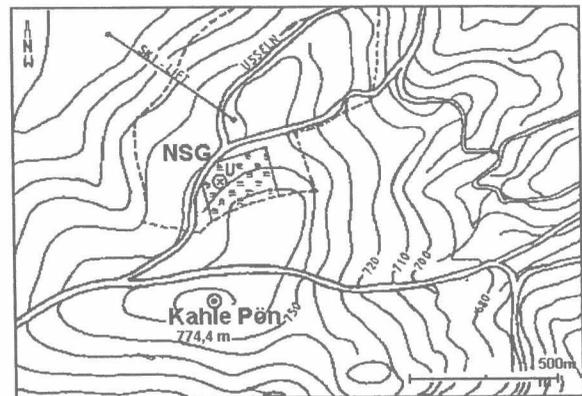
Heiden sind baumfreie Gebiete, in denen immergrüne Zwergsträucher - wie die Besenheide (*Calluna vulgaris*), Heidel- oder Krähenbeere – die dominante Lebensform sind. Diese Zwergstrauchheiden sind sowohl im norddeutschen Tiefland als auch in den Mittelgebirgen durch permanenten oder periodischen Nährstoffzug (Beweidung, Brand, Plaggen, Mahd) entstanden und über Jahrhunderte erhalten geblieben (GIMINGHAM 1972, BUCHWALD 1984, POTT & HÜPPE 1991, VÖLKSEN 1993, NITSCHKE & NITSCHKE 1994, ELLENBERG sen. 1996). In einer Reihe europäischer Küstenländer wird seit mehreren Jahrzehnten ein verstärktes Eindringen von Gräsern in Heiden beobachtet. Als Ursache gelten meist die fehlende Bewirtschaftung (WITTIG 1980) oder der zunehmende immissionsbedingte Stickstoffeintrag und die damit verbundene Standorteutrophierung (KOWARIK & SUKOPP 1984, ELLENBERG jun. 1988, STEUBING & BUCHWALD 1989). Diese beiden wichtigsten Hypothesen "fehlendes Management" und "Eutrophierung durch Stickstoffeintrag" liegen allerdings nicht so weit auseinander, wie es zunächst erscheint: Die ehemaligen Bewirtschaftungsmethoden bewirkten nämlich eine Beseitigung des Stickstoffs aus dem Ökosystem durch Entfernung von Pflanzenmaterial und Rohhumus (STEUBING 1993).

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, wie hoch Stickstoffvorrat, -eintrag und -austrag in den Heidegebieten Kahler Pön und Lüneburger Heide 1990 waren (MÜCK 1998). Gewächshausversuche mit den beiden Standortkonkurrenten Besenheide (*Calluna vulgaris*) und Drahtschmiele (*Deschampsia flexuosa*) dienten dazu, die Wirkung erhöhter Stickstoffgaben zum Boden auf Rein- und Mischbestände zu ermitteln.

## 2 Untersuchungsgebiete

Die Hochheide "Kahler Pön" befindet sich im Naturraum "Hochsauerland" (Rothaargebirge) südlich von Willingen-Usseln (Abb. 1). Im Bereich des NSG "Kahler Pön", das eine Fläche von 38 ha umfaßt, überwiegen geschieferter Ton- und Schluffstein mit gelegentlichen Kalkknoteneinsprengungen und Einlagerungen von Sandstein. Aus diesem Ausgangsgestein haben sich Ranker und Braunerden gebildet, die basenarm und sehr stark versauert sind (LEUTERITZ 1981). Im NSG "Lüneburger Heide" wurden für die Untersuchungen einige Flächen östlich von Nieder-Haverbeck ausgewählt, die für den heutigen Zustand des *Genisto angli-*

*cae-Callunetum* typisch sind (Abb. 1). Unter dem jahrhundertelangen Einfluß der Heidevegetation und durch die historische Nutzung im Rahmen der Heidebauernwirtschaft sind die sandigen Böden durch Nährstoffauswaschung und extreme Bodenversauerung (Podsolierung) geprägt.



■ Heide      ▲ Nadelwald

Abb.1: Lage der Untersuchungsflächen (U) im NSG „Kahle Pön“ und im NSG „Lüneburger Heide“

## 3 Methoden

Am Kahlen Pön und in der Lüneburger Heide wurde der Stickstoffvorrat im Boden der verschiedenen Untersuchungsflächen bestimmt. Dazu wurden der organisch gebundene und der mineralische Stickstoff (Ammonium- und Nitrat-N) gemessen. Um den Stickstoffeintrag und

<sup>1</sup> Auszug aus der Dissertation

dessen Verbleib in den Heidegebieten bewerten zu können, sind die Konzentrationen an Ammonium- und Nitrat-N im Regenwasser (nasse Deposition) und im Sickerwasser bestimmt worden.

Da die Versuchsbedingungen im Freiland nicht gut genug kontrollierbar sind, wurden die Experimente zu den Auswirkungen eines erhöhten N-Eintrages im Gewächshaus durchgeführt. Ausgehend von Freilandbeobachtungen, nach denen der gleich hohe Eintrag N-haltiger Immissionen in geschlossenen *Calluna*-Beständen weniger Wirkung ausübt als in leicht vergrasten Beständen, erschien es ratsam, den Effekt einer erhöh-

ten Stickstoffversorgung nicht nur auf Rein-, sondern auch auf Mischbestände zu prüfen. Daher wurden neben "Reinbeständen" aus je 12 *Calluna*- bzw. *Deschampsia*-Pflanzen zur Untersuchung der Konkurrenz zwischen den Arten auch "Mischbestände" gebildet, die aus je sechs *Calluna*- und *Deschampsia*-Individuen pro Topf bestanden (Abb. 2). Diese Modellpflanzenbestände wurden mit insgesamt 0, 75 bzw. 150 kg/ha Stickstoff in Form von Ammoniumnitrat gedüngt. Als Kriterien für die Auswirkungen der erhöhten N-Versorgung galten die Bildung von Phytomasse und die Aktivitätssteigerung der stickstoffassimilierenden Enzyme.

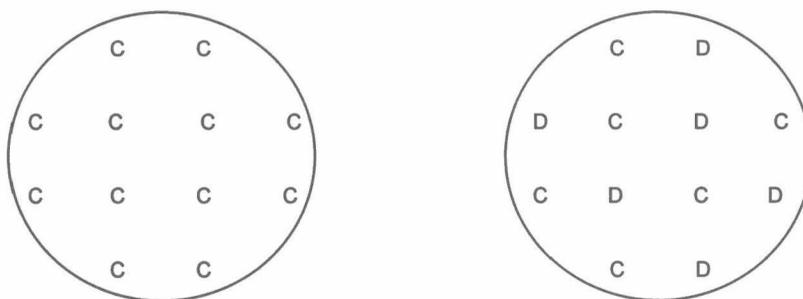


Abb. 2: Anordnung der 12 Pflanzen je Topf am Beispiel eines *Calluna*-Reinbestandes (links) und eines Mischbestandes aus *Calluna* und *Deschampsia* (rechts)  
Legende: C = 1 *Calluna*-Pflanze, D = 1 *Deschampsia*-Pflanze

#### 4 Stickstoffvorrat im Boden, Stickstoffein- und austrag in den Heidegebieten

Untersuchungen im Freiland zeigten, daß die Besenheide in ihren Reinbeständen in der Lüneburger Heide auf Böden mit geringen N-Vorräten wächst, die etwas nährstoffreicheren Böden werden von Drahtschmielen-Reinbeständen besetzt (Abb. 3). Der größte Anteil des Stickstoffs liegt in organisch gebundener Form vor. Bei mineralischem N dominiert in den sauren Heideböden Ammonium gegenüber Nitrat. Unter *Deschampsia* ist mehr mineralischer Stickstoff als unter *Calluna* zu finden. Dies ist darauf zurückzuführen, daß die N-Nachlieferung unter *Deschampsia* größer als unter *Calluna* ist, da der Boden unter der Drahtschmiele einen höheren Vorrat an mineralisierbaren Stoffen enthält und die Mineralisierungsrate infolge günstigerer Temperaturen (weniger Beschattung durch die Grasbestände) gefördert wird. Die *Callunastreu* ist darüber hinaus durch den hohen Anteil an Phenolen viel schwerer abbaubar als die von *Deschampsia*. Der N-Vorrat im Boden der Hochheide am Kahlen Pön liegt im Vergleich der Untersuchungsflächen zwischen den Werten des Besenheide- und des Drahtschmielen-Reinbestandes.

Die Messungen des Niederschlagswassers ergaben, daß 1990 insgesamt 12 kg/ha Ammonium-N in die Hochheide "Kahler Pön" eingetragen wurden (Abb. 4). Im Jahresverlauf trat ein Maximum der Ammonium-Werte im Frühjahr und ein etwas geringeres im Spätsommer auf. Diese Maxima wurden durch die Düngung landwirtschaftlicher Flächen mit Jauche, Gülle oder Stallmist zu Beginn der Vegetationsperiode und nach

der Ernte verursacht. Aus diesen organischen Düngern entweicht Stickstoff in Form von gasförmigem Ammoniak (NH<sub>3</sub>) in die Atmosphäre. Dort bildet Ammoniak mit der in der Luft befindlichen Schwefelsäure Ammoniumsulfat und kann in dieser Form über weite Strecken transportiert werden. Daher kann das im Regenwasser gemessene Ammonium-N nicht nur aus örtlichen Quellen, sondern auch aus fernen Gebieten stammen (HADWIGER-FANGMEIER et al. 1992). Mit dem Niederschlag wurden auch 8,5 kg/ha Nitrat-N in die Hochheide eingetragen. Diese N-Form ist ein Umwandlungsprodukt der NO<sub>x</sub>-Verbindungen, die in hohem Umfang von Kraftfahrzeugen freigesetzt werden (UMWELTBUNDESAMT 1990).

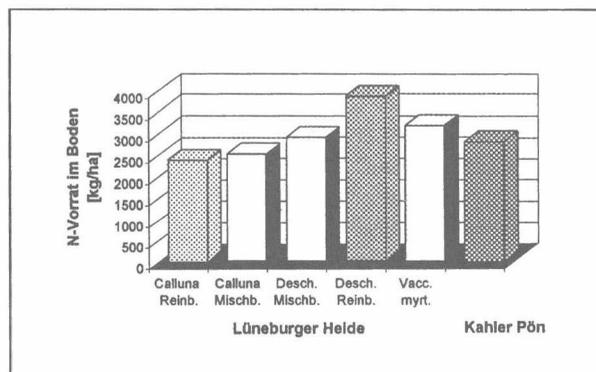


Abb. 3: N-Vorrat im Boden der Untersuchungsflächen in der Lüneburger Heide und am Kahlen Pön  
Legende: Reinb. = Reinbestand, Calluna Mischb. = Mischbestand Schwerpunkt *Calluna*, Desch. Mischb. = Mischbestand Schwerpunkt *Deschampsia*, Desch. Reinb. = *Deschampsia*, Vacc. myrt. = *Vaccinium myrtillus*

Der Vergleich der Depositionswerte vom Kahlen Pön mit denen der Lüneburger Heide zeigt, daß beide Heiden annähernd gleiche Stickstoffmengen mit dem Niederschlag erhalten (Abb. 4). Die Unterschiede des Niederschlagsvolumens, die sich aufgrund der unterschiedlichen Klimabedingungen ergaben, wurden durch die Konzentrationsunterschiede ausgeglichen. Insgesamt lag die N-Deposition in Form von Ammonium- und Nitrat-N bei 20,5 kg/ha am Kahlen Pön und 21,7 kg/ha in der Lüneburger Heide.

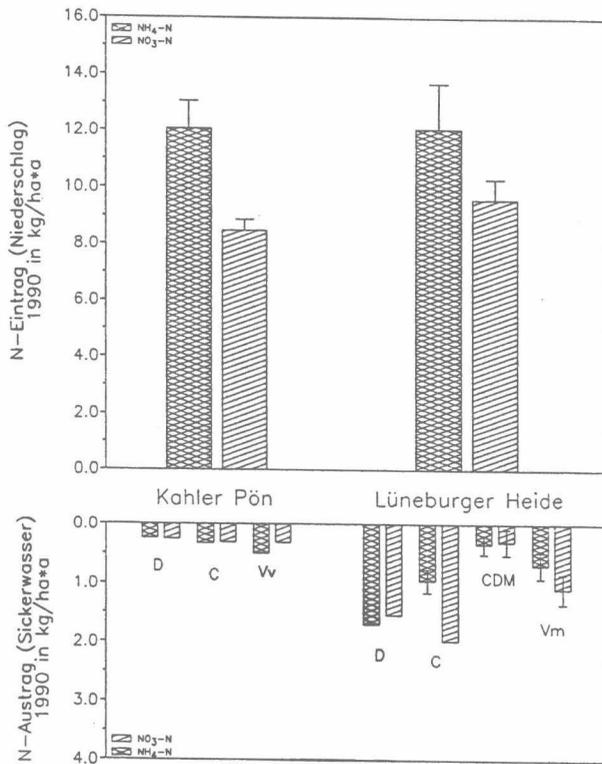


Abb. 4: Jahressummen des N-Eintrages mit dem Niederschlag und des N-Austrages mit dem Sickerwasser unter verschiedenen Probenflächen in kg/ha am Kahlen Pön und in der Lüneburger Heide  
 Legende: D = *Deschampsia*, C = *Calluna*, CDM = Mischbestand *Calluna/Deschampsia*, Vv = *Vaccinium vitis-idaea*, Vm = *Vaccinium myrtillus*

Messungen des N-Austrages aus dem Oberboden mit dem Sickerwasser zeigten (Abb. 4), daß nur ein geringer Teil des über die Luft eingetragenen Stickstoffs das Ökosystem wieder verläßt. Bei Pflanzengesellschaften, die wie die Heide auf nährstoffarmen Böden stocken, muß diese Erhöhung der Stickstoffversorgung zu einer Veränderung der Konkurrenzbedingungen führen.

## 5 Auswirkungen der erhöhten Stickstoffversorgung auf die Konkurrenz zwischen der Besenheide und der Drahtschmiele

Zwischen der Stickstoffverfügbarkeit am Standort, den Aktivitätsraten der N-assimilierenden Enzyme in den Testpflanzen und deren Produktion an Phytomasse

scheint ein Zusammenhang zu bestehen. Arten mit hohen Wachstumsraten haben einen hohen Stickstoffbedarf und lassen meist auch hohe Enzymaktivitäten erkennen, während langsam wachsende Arten nur geringe Assimilationskapazitäten benötigen (LEE & STEWART 1978). Da Nitrat im Boden des unvergrasten *Calluna*-Bestands im Vergleich zu den anderen Flächen nur in sehr geringen Mengen vorkommt, ist dort die Fähigkeit zur Nitratreduktion von geringer Bedeutung. Steigt jedoch die Nitratverfügbarkeit durch Deposition dieser Verbindung oder durch erhöhte Nitrifikation, so können Unterschiede in der Fähigkeit, Nitrat als N-Quelle zu nutzen, die Konkurrenzsituation zwischen Zwergstrauch und Gras entscheidend beeinflussen.

Der erste Schritt der Nitratassimilation wird von dem Enzym Nitratreduktase katalysiert, dessen Aktivität bei vielen Pflanzenarten durch das Substrat induziert wird (LEE & STEWART 1978, KINZEL 1982). Die Nitratreduktaseaktivität in den oberirdischen Pflanzenteilen der Besenheide lag bei allen untersuchten Proben nahe der Nachweisgrenze (Abb. 5). Vergleicht man bei *Calluna* die Werte der unbehandelten Kontrollen mit denen der Düngervarianten, so wurde bei den Pflanzen sowohl aus Rein- als auch aus Mischbeständen deutlich, daß zusätzliche N-Gaben keinen oder eher hemmenden Effekt auf die Aktivität der Nitratreduktase hatten.

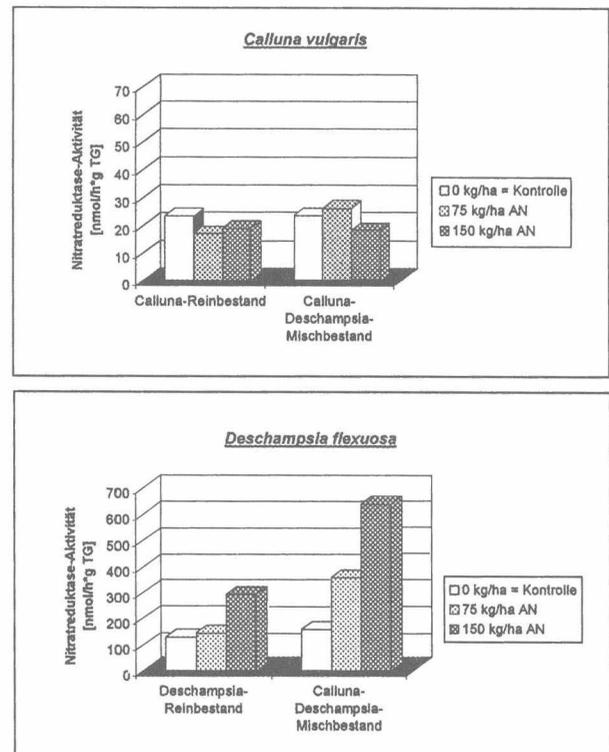


Abb. 5: Nitratreduktase-Aktivität in den Blättern von *Calluna* und *Deschampsia* in Abhängigkeit von der Düngerkonzentration  
 Legende: AN = Ammoniumnitrat, TG = Trockengewicht

Im Gegensatz zur Besenheide profitierte der Stickstoffmetabolismus der Drahtschmiele von dem zusätzlichen N-Angebot (Abb. 5). Bereits im Reinbestand trat in den *Deschampsia*-Blättern bei Düngung mit Ammonium-

nitrat eine höhere Nitratreduktaseaktivität auf als in den ungedüngten Kontrollen. Besonders deutlich wurde die fördernde Wirkung der N-Gaben bei der Drahtschmiele im Mischbestand mit der Besenheide. In diesen Pflanzen war die Aktivität der Nitratreduktase signifikant höher als in denen der Reinbestände. Dies ist dadurch zu erklären, daß *Calluna* offensichtlich Nitrat wesentlich schlechter aufnehmen kann als *Deschampsia*, so daß im Mischbestand für die Drahtschmiele mehr N in dieser Form zur Verfügung steht als bei innerartlicher Konkurrenz. Durch die erhöhte Nitratverfügbarkeit steigt die Nitratreduktaseaktivität an (MENDEL et al. 1983).

Auch bei den weiteren Enzymen des Stickstoffmetabolismus nahmen die Aktivitätsraten in den Blättern der Drahtschmiele bei N-Düngung zu, während sich die Werte bei der Besenheide kaum veränderten. Lediglich die Aktivität der Glutaminsynthetase stieg auch in den Blättern von *Calluna* an. Dieses Enzym katalysiert die Umsetzung von Ammonium. Der Gehalt an Rohproteinen erhöhte sich bei beiden Pflanzenarten bei verbesserter N-Versorgung. Allerdings war bei der Drahtschmiele die Zunahme des Proteingehaltes wesentlich höher als bei der Besenheide.

Die Versorgung mit zusätzlichem Stickstoff führte bei *Calluna* zu einer leichten Erhöhung der produzierten Sproßmasse (Abb. 6). Vergleicht man allerdings die Produktivität unter dem Aspekt der Konkurrenz, so produzierte *Calluna* in allen Düngevarianten bei Anwesenheit der Drahtschmiele tendenziell weniger oberirdische Phytomasse als im Reinbestand. Bei der Besenheide wurde die Sproßentwicklung bei Konkurrenz durch die Drahtschmiele gehemmt, so daß bei längerer Dauer der Versuche in den Mischbeständen mit großer Wahrscheinlichkeit eine langsame Verdrängung des Zwergstrauches eingesetzt hätte. Bei *Deschampsia* hingegen wirkte sich die Anwesenheit der Besenheide fördernd aus. Die durch die N-Düngung verursachte Erhöhung der Phytomasseproduktion fiel im Mischbestand mit *Calluna* wesentlich günstiger als im Reinbestand aus.

## 6 Bedeutung des Stickstoffeintrages für die Heidevergrasung

Sowohl eigene als auch holländische Ergebnisse zeigen, daß Reinbestände der Besenheide durchaus in der Lage sind, auch sehr hohe N-Mengen zu tolerieren, in der vorliegenden Studie bis 150 kg/ha. Das verstärkte Nährstoffangebot macht sich im Stoffwechsel von *Calluna* nur wenig bemerkbar. Gleichzeitig nehmen, wie die Düngeversuche von HEINSDORF (1967) und die Begasungsversuche von VAN DER EERDEN et al. (1991), VAN DER EERDEN (1992) belegen, Frost- und Trockenresistenz der Besenheide ab.

Eine Erhöhung der N-Versorgung führt nicht nur zur Reduktion des Festigungsgewebes und zu einem Anstieg des Wassergehaltes des pflanzlichen Gewebes. Freiland- und experimentelle Befunde zeigten bei *Calluna* einen Rückgang der Mykorrhizierung durch N-Düngung (MICKEL et al. 1991), wodurch auch die Wasseraufnahme betroffen ist. Die Trockenresistenz von *Cal-*

*luna* nimmt aber auch dadurch ab, daß diese Art zusätzlichen Stickstoff überwiegend in Sproßwachstum umsetzt, so daß sich das Sproß/Wurzel-Verhältnis vergrößert. Die Drahtschmiele hingegen erhöht bei verbesserter N-Versorgung nicht nur das Sproß- sondern auch das Wurzelwachstum, wodurch das Verhältnis zwischen ober- und unterirdischer Phytomasse ausgeglichener bleibt (HEIL 1984, VAN DER EERDEN et al. 1991, VAN DER EERDEN 1992).

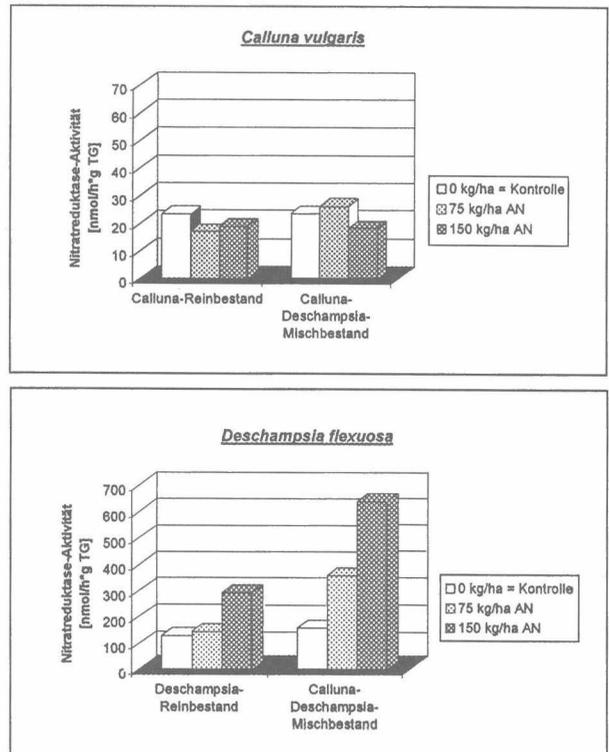


Abb. 6: Gesamte oberirdische Phytomasse in Abhängigkeit von der Konkurrenzsituation

Legende: FG = Frischgewicht

In Trockenzeiten leidet nicht nur die Besenheide, sondern auch *Deschampsia*. Im Düngeversuch verbrauchte die Drahtschmiele sogar mehr Wasser als die Besenheide. 1990 war die oberirdische Phytomasse im *Deschampsia*-Reinbestand in der Lüneburger Heide sehr stark reduziert. Auf den geplagten Flächen wies die Drahtschmiele sogar deutliche Trockenschäden auf. Offensichtlich hatte dieses Gras besonders auf diesen Flächen, denen eine wasserspeichernde Rohhumusschicht fehlte, größere Schwierigkeiten, in Dürrezeiten ausreichend Wasser aufzunehmen, als die Besenheide. Diese verfügt bereits im Pionierstadium über eine gut entwickelte Pfahlwurzel und vermag daher bis zu den tiefer liegenden Bodenwasservorräten vorzudringen (GIMINGHAM 1972). Wenn auch 1990 bei *Calluna* auf den Untersuchungsflächen keine sichtbaren Trockenschäden auftraten, so ließen sich doch große verbrauchte Areale in anderen Bereichen der Lüneburger Heide beobachten. Am Kahlen Pön zeigten sich keine derartigen Schädigungen, da die Niederschlagsmengen während der Vegetationsperiode höher waren. Gleichzeitig kann der Boden der Hochheide aufgrund des höheren

Tongehaltes mehr Wasser speichern als die sandigen Podsole der Lüneburger Heide.

Schäden waren im Untersuchungszeitraum in der Lüneburger Heide außerhalb der Versuchsflächen auch durch Befall durch den Heideblattkäfer (*Lochmaea suturalis*) zu beobachten. Erhöhte Proteingehalte in den Sprossen gut mit Stickstoff versorgter Pflanzen machen diese als Futter für den Heideblattkäfer attraktiver (BRUNSTING & HEIL 1985), so daß sich die Käfer, die sich monophag von *Calluna* ernähren, stärker vermehren können. Da eine günstigere Nährstoffversorgung über die größere Phytomassebildung auch die Streuproduktion von *Calluna* erhöht (SCHILDWACHT & DE SMIDT 1985), können die Larven in der dickeren Rohhumusaufgabe bessere Rückzugsmöglichkeiten bei ungünstigen Bedingungen finden (MELBER & HEIMBACH 1984).

Nach Blattverlusten durch Fraß oder extreme Witterung hängt die Intensität einer generativen und vegetativen Regeneration von *Calluna* nicht nur vom Alter der Pflanzen (BERDOWSKI 1987) und der Witterung ab, sondern soll sogar durch eine hohe Stickstoffversorgung gehemmt werden (BERDOWSKI 1987, DUECK 1990). Ist nach der Öffnung eines *Calluna*-Bestandes kein konkurrenzkräftiger Kontrahent vorhanden, kann die Besenheide in der Regel den Bestand regenerieren. Ihre Situation verändert sich aber in dem Augenblick, in dem sie bei hohem Nährstoffangebot im Wettbewerb mit anderen Arten steht. Während der Stoffwechsel von *Calluna* auf die Erhöhung des N-Angebotes kaum reagiert (die Nitratreduktase sogar tendenziell in ihrer Aktivität gehemmt wird), profitieren Gräser wie *Deschampsia* von einer solchen Situation. Bei diesen stimulierte ein erhöhtes N-Angebot im Reinbestand - oft noch verstärkt im Mischbestand - die für Aufnahme und Umsatz des Nährstoffes erforderlichen Enzyme, woraus dann eine erhöhte Produktion an Phytomasse resultiert. *Calluna* reagiert deutlich schwächer. Dringen nun Gräser, insbesondere *Deschampsia*, in lückenhafte Bereiche der Besenheide ein, so wird die Unterlegenheit von *Calluna* unter der wachsenden Konkurrenz immer größer.

Das Konzept der „critical loads“ wurden zur Darstellung der kritischen Belastungsgrenzen von Ökosystemen entwickelt. Man versteht darunter die Schadstoffmenge unterhalb der nach gegenwärtigem Kenntnisstand Schädigungen der Vegetation ausgeschlossen werden können. Diese Grenzwerte werden von internationalen Gremien von Wissenschaftlern festgesetzt und sind durch experimentelle Befunde gestützt. Für die Vergrasung von Heiden wurde ein Wert von 15 bis 20 kg/ha\*a Stickstoff festgelegt (BOBBINK et al. 1992). Bei einem Eintrag von 20,5 bis 21,7 kg/ha\*a, wie er 1990 am Kahlen Pön und in der Lüneburger Heide in dem Niederschlagswasser anfiel und mit dem in ähnlicher Größenordnung wohl auch jetzt noch zu rechnen ist, müßte daher eine völlige Vergrasung erwartet werden. Dem stehen die Beobachtungen gegenüber, daß es innerhalb der Lüneburger Heide neben den Bereichen, in denen die Vergrasung immer mehr zunimmt, auch geschlossene Heidebestände gibt, in denen seit vielen Jahren keine Veränderungen festzustellen sind.

Geht man von einem etwa gleichen Immissionseintrag im gesamten Untersuchungsgebiet aus, so wird dieses Nebeneinander - abgesehen von mikroklimatischen und reliefbedingten Unterschieden - durch die Wirkung der Konkurrenz auf den N-Metabolismus von Zwergstrauch und Gras verständlicher. Aus all dem läßt sich folgern, daß die "critical loads" in Heideökosystemen nur Gültigkeit für bereits vergraste Bestände haben.

## 7 Zusammenfassung

Die Deposition an mineralischem Stickstoff betrug 1990 in der Hochheide Kähler Pön 20,5 und in der Lüneburger Heide 21,7 kg/ha\*a. Der größte Anteil des eingetragenen Stickstoffs verblieb in den Ökosystemen und veränderte somit die Konkurrenzbedingungen in den nährstoffarmen Heiden. Freilanduntersuchungen zeigten, daß *Calluna* nur auf den nährstoffärmeren Standorten konkurrenzkräftiger als *Deschampsia* ist. Die Besenheide vermag zwar hohe N-Mengen zu ertragen, ist aber kaum fähig, diese in eine stärkere Phytomasseproduktion umzusetzen. Die Drahtschmiele hingegen kann besonders Nitrat-N besser metabolisieren als die Besenheide und auch diese N-Quelle nutzen. Durch den leistungsfähigeren N-Stoffwechsel ist das Gras in der Lage, verstärkt neue Sprosse zu bilden und gewinnt dadurch an Konkurrenzkraft gegenüber dem Zwergstrauch.

## Literaturverzeichnis:

- BERDOWSKI, J.J.M. 1987: The Catastrophic Death of *Calluna vulgaris* in Dutch Heathlands. Diss. Utrecht.
- BOBBINK, R., BOXMAN, D., FREMSTAD, E., HEIL, G.W., HOUDIJK, A., ROELOFS, J. 1992: Critical loads for nitrogen eutrophication of terrestrial and wetland ecosystems based upon changes in vegetation and fauna. In: Grennfelt, P., Thörnelöf, E. (ed.). Critical Loads for Nitrogen - a Workshop Report (Nordic Council of Ministers). Copenhagen. 111-160.
- BRUNSTING, A.M.H., HEIL, G.W. 1985: The role of nutrients in the interactions between a herbivorous beetle and some competing plant species in heathlands. *Oikos* **44**: 23 - 26.
- BUCHWALD, K. 1984: Zum Schutz des Gesellschaftsinventars vorindustriell geprägter Kulturlandschaften in Industriestaaten - Fallstudie Lüneburger Heide. *Phytocoen.* **12**: 395- 32.
- DUECK, T.A. 1990: Effect of ammonia and sulphur dioxide on the survival and growth of *Calluna vulgaris* (L.) Hull seedlings. *Functional Ecology* **4**: 109-116.
- ELLENBERG, H. jun. 1988: Floristic changes due to nitrogen deposition in central Europe. In: Nilsson, J., Grennfelt, P. (ed.). Critical Loads for Sulphur and Nitrogen: Report from a Workshop held at Skokloster, Sweden 19 - 24 March, 1988 organised by UN-ECE and the Nordic Council of Ministers. O.O., 375-381.
- ELLENBERG, H. sen. 1996: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. Stuttgart: Ulmer 5. Auflage, 1095 S.

- GIMIGHAM, C.H. 1972: Ecology of Heathlands. London: Chapman and Hall, 266 S.
- HADWIGER-FANGMEIER, A., FANGMEIER A., JÄGER, H.J. 1992: Ammoniak in der bodennahen Atmosphäre - Emission, Immission und Auswirkungen auf terrestrische Ökosysteme. Forschungsberichte zum Forschungsprogramm des Landes Nordrhein-Westfalen "Luftverunreinigungen und Waldschäden" **28**: 1-205.
- HEIL, G.W. 1984: Nutrients and the Species Composition of Heathland. Diss. Utrecht.
- HEINSDORF, D. 1967: Untersuchungen über die Wirkung mineralischer Dünger auf das Wachstum und den Ernährungszustand von Kiefernkulturen auf Sandböden im norddeutschen Tiefland. III. Der Einfluß der Düngung auf den Nährstoffgehalt und die Nährstoffspeicherung der Bodenvegetation (*Deschampsia flexuosa* und *Calluna vulgaris*). Arch. Forstwesen **16**: 99-107.
- KINZEL, H. 1982: Pflanzenökologie und Mineralstoffwechsel. Stuttgart: Ulmer, 534 S.
- KOWARIK, I., SUKOPP, H. 1984: Auswirkungen von Luftverunreinigungen auf die spontane Vegetation (Farn- und Blütenpflanzen). Angew. Botanik **58**: 157 - 170.
- LEE, J.A., STEWART, G.R. 1978: Ecological aspects of nitrogen assimilation. Adv. Bot. Res. **6**, 1 - 43.
- LEUTERITZ, K. 1981: Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:25000: Erläuterungen zu Blatt 4717 Niedersfeld. Krefeld.
- MELBER, A., HEIMBACH, U. 1984: Massenvermehrungen des Heideblattkäfers *Lochmaea suturalis* (Thoms.) (Col. Chrysomelidae) in nordwestdeutschen *Calluna*-Heiden in diesem Jahrhundert. Anz. Schädlingskde. Pflanzenschutz, Umweltschutz **57**: 87-89.
- MENGEL, K., ROBIN, P., SALSAC, L. 1983: Nitrate reductase activity in shoots and roots of maize seedlings as affected by the form of nitrogen nutrition and the pH of the nutrient solution. Plant Physiol. **71**: 618-622.
- MICKEL, S., BRUNSCHÖN, S., FANGMEIER, A. 1991: Effects of nitrogen nutrition on growth and competition of *Calluna vulgaris* (L.) Hull and *Deschampsia flexuosa* (L.) Trin. Angew. Bot. **65**: 359-372.
- MÜCK, D.M. 1998: Untersuchungen zur Bedeutung von Stickstoffinput und interspezifischer Konkurrenz für die Heidevergrasung. Diss. Naturwiss. Fachbereiche Gießen.
- NITSCHKE, S., NITSCHKE, L. 1994: Extensive Grünlandnutzung. Radebeul: Neumann, 247 S.
- POTT, R., HÜPPE, J. 1991: Die Hudelandschaften Nordwestdeutschlands. Abh. a. d. Westf. Museum f. Naturk. **53** (H. 1/2).
- SCHILDWACHT, P., DE SMIDT, J.T. 1985: De invloed van nutriëntenaanbod en -beheer op de soortensamenstelling van een droge heide. The Utrecht Pl. Ecol. News Report **1**: 47-52.
- STEBUNG, L. 1993: Der Eintrag von Schad- und Nährstoffen und deren Wirkung auf die Vergrasung der Heide. Ber. d. Reinh.-Tüxen-Ges. **5**: 113-133.
- STEBUNF, L., BUCHWALD, K. 1989: Analyse der Artenverschiebung in der Sand-Ginsterheide des Naturschutzgebietes Lüneburger Heide. Natur und Landschaft **64**: 100-105.
- UMWELTBUNDESAMT 1990: Jahresbericht 1990. Berlin.
- VAN DER EERDEN, L.J.M. 1992: Fertilizing Effects of Atmospheric Ammonia on Semi-natural Vegetations. Diss. Amsterdam / Wageningen.
- VAN DER EERDEN, L.J.M., DUECK, T.A., BERDOWSKI, J.J.M., GREVEN, H., VAN DOBBEN, H.F. 1991: Influence of NH<sub>3</sub> and (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> on heathland vegetation. Acta Bot. Neerl. **40**: 281-296.
- VÖLKSEN, G. 1993: Die Entstehung der Kulturlandschaft "Lüneburger Heide". NNA-Berichte **6**: 4-9.
- WITTIG, R. 1980: Vegetation, Flora, Entwicklung, Schutzwürdigkeit und Probleme des NSG "Westruuper Heide" in Westfalen. Abh. Landesmus. Nat.kd. Münster/Westfalen **42**: 3-30.

**Anschrift der Verfasserin:**

Doris Mück  
 Ökologische Forschungsstation Waldeck  
 Reiherbachstr. 13  
 34513 Waldeck-Nieder-Werbe

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahrbuch Naturschutz in Hessen](#)

Jahr/Year: 1998

Band/Volume: [3](#)

Autor(en)/Author(s): Mück Doris

Artikel/Article: [Untersuchungen zur Bedeutung von Stickstoffeintrag und Konkurrenz für die Heidevergrasung 219-224](#)