Poster zu Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie (Freising-Weihenstephan 1990)
Band 20 1991

Ökosytemforschung im Bereich der Bornhöveder Seenkette: Zur biologischen Stickstoff-Fixierung durch die *Alnus glutinosa-Frankia*-Symbiose in einem natürlichen Erlenbruchwald Schleswig-Holsteins

Klaus Dittert und Burkhard Sattelmacher

Synopsis

A fourty-year-old natural alder stand alongside Lake Belau 30 km south of Kiel, North-Germany, was subjected to ecological studies. The investigation was focused on the physical/pedological conditions suitable for symbiotic nitrogen fixation by *Alnus glutinosa-Frankia*-nodules.
The nodulation density, indicating the microsite suitability for the symbionts, revealed three zones:

1) High nodulation density in a flat zone, flooded in winter and early spring. Nodules remain restricted to the elevated soil collar around the alder trunks.
2) Highest nodulation at a continously humid, but slightly rising lake-border (4-6 m width).
3) Almost no nodules in the zone 6-25 m from the lake border. It is suggested, that the low nodulation is due to either the high nitrogen availability in the soil solution or to a lower humidity in summer.

The *in situ* nitrogenase activity (acetylene reduction) was high in summer and reached up to 0.20 $\mu mol \cdot min^{-1} \cdot cm^{-3}$ active nodule tissue C_2H_4. The fluctuation of nitrogenase activity can not yet be related to endogenous or exogenous factors.

Alnus glutinosa, Frankia, alder, nitrogen fixation, nodulation, ecology, ecosystem research, symbiosis, water table

1. Einleitung

Die Erlenbruchwald-Gesellschaft *Alnetum glutinosae* stellt in Norddeutschland sehr häufig das Bindeglied zwischen terrestrischen und limnischen Ökosystemen dar. Die Erle besiedelt hier die feuchte, durch reduktive Bodenbedingungen gekennzeichnete Zone entlang von Bachläufen und Seeufern. Durch die Symbiose mit dem Actinomyceten *Frankia* ist sie in der Lage, biologisch Luftstickstoff zu binden und damit eine erhebliche Stickstoffmenge in die Phytomasse und über Detritus in den Boden einzutragen.
Gegenüber der Leguminosen-*Rhizobium*-Symbiose unterscheiden sich *Alnus glutinosa* und *Frankia* durch die Bildung perennierender Knöllchen, die im Mittel 2-4 cm Durchmesser haben, in Einzelfällen aber bis zu 10 cm groß werden. Der Nitrogenase-Enzymkomplex ist weitgehend identisch mit dem von Leguminosenknöllchen (SIMONET & al. 1990), ein Sauerstoffschutz wird durch Vesikel gewährleistet (TJEPKEMA & al. 1980).
Die hier vorgestellten Untersuchungen finden am Westufer des Belauer Sees statt. Sie gliedern sich in "Erfassung der Knöllchendichte" zur Erkennung räumlicher Strukturen und in "Knöllchenaktivität" zur Abschätzung der tatsächlichen Fixierungsleistung.

2. Erfassung der Knöllchendichte

An Probeflächen (0,25 m^2) wurden die Häufigkeit und Größenverteilung der Erlen-*Frankia*-Knöllchen nicht-destruktiv bestimmt. Dies erfolgte durch Fortspülen des Bodenmaterials aus dem Wurzelraum mit einem Wasserstrahl und Absaugen dieser "Suspension" mit einem Industriesauger. Nur Feinwurzeln < 0,5 mm Durchmesser wurden dabei von Hand vorsichtig entfernt. Vor der Beprobung wurde der krautige Aufwuchs kartiert und abgeschnitten.

Die bisher mehr als 100 ausgewerteten Quadrate lassen sehr deutlich unterschiedliche Zonen erkennen (Abb. 1):

1) In einer flachen Uferzone mit saisonaler Überschwemmung ist die Knöllchendichte hoch. Die Knöllchenbildung ist streng auf die leicht erhöhte Bodenzone um die Erlenstammbasis begrenzt. Zu lang anhaltende Wassersättigung verhindert vermutlich das Überdauern der Knöllchen im Zwischenstammbereich.

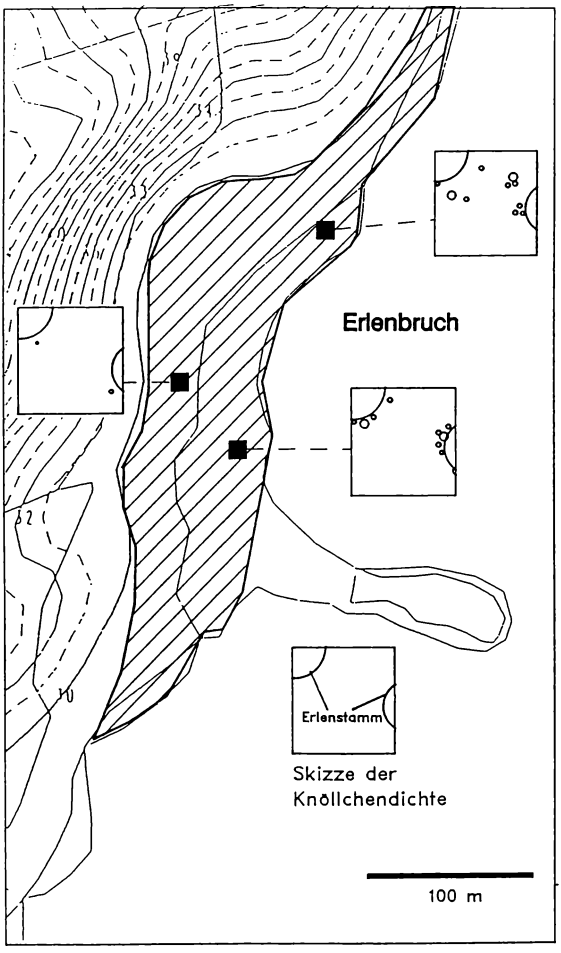

Abb. 1:
Topographische Karte des Untersuchungsgebietes mit räumlicher Verteilung der *Alnus glutinosa-Frankia*-Knöllchen

2) In einem leicht ansteigenden Uferbereich finden sich die höchsten Knöllchendichten mit 450-500 cm^3 aktiven Knöllchengewebes pro m^2. Die Knöllchenbildung erfolgt in diesem Saum von 4-6 m Breite nur in der obersten Bodenschicht. Diese Zone ist charakterisiert durch hohe Bodenfeuchte und nur schwach sauren pH, vegetationskundlich fällt sie durch hohe Abundanzen von *Carex acutiformis* auf.

3) Der sich anschließende uferfernere Erlenwald mit größerem Flurabstand und hohen N-Gehalten in der Bodenlösung (AUE & al. 1991) ist durch niedrige Knöllchendichte gekennzeichnet. Die Knöllchenausbildung ist hier sehr heterogen, mit Dichten von maximal 40-50 cm^3 aktiven Knöllchengewebes pro m^2 verteilt auf Tiefen bis zu 30 cm. Große Flächen sind nahezu knöllchenfrei. *Dryopteris spp.* machen die charakteristische Begleitflora aus.

3. Knöllchen-Aktivität

Zur Abschätzung der N_2-Fixierungsleistung wurden im zweiwöchentlichen Rhythmus oberflächennahe Knöllchen auf ihre Nitrogenase-Aktivität untersucht. Neben der Acetylen-Reduktions-Aktivität wurde monatlich die $^{15}N_2$-Fixierung intakter Knöllchen bestimmt. Ziel ist schließlich, zusammen mit Tagesgangmessungen und Laborversuchen die natürliche N_2-Fixierung durch die Erle-*Frankia*-Symbiose zu modellieren.

Die Nitrogenase-Aktivitäten der Jahre 1989 und 1990 - ausgedrückt in µmol gebildeten Ethylens pro cm^3 aktiver Knöllchenmasse pro Minute - zeigen keinen kontinuierlichen Verlauf (Abb. 2). Wieweit endogene Faktoren (sink-Verschiebungen, ähnlich der Blatt- und Wurzelentwicklungsphasen) oder exogene Einflüsse (Temperatur, Feuchte und Strahlungsintensität) für diese Aktivitätsschwankungen verantwortlich sind, kann mit den vorliegenden Meßdaten nicht abschließend geklärt werden. Modellversuche und der Vergleich von physikalischen Parametern am Standort zeigen, daß hohe Temperaturen und Einstrahlungsraten für hohe Nitrogenase-Aktivitäten notwendig sind, langanhaltende Wärme andererseits die Enzymaktivität wieder limitiert, da sie über verstärkte Evapotranspiration zur Verminderung der Bodenfeuchte beiträgt (SCHRAUTZER, pers. Mitteilung).

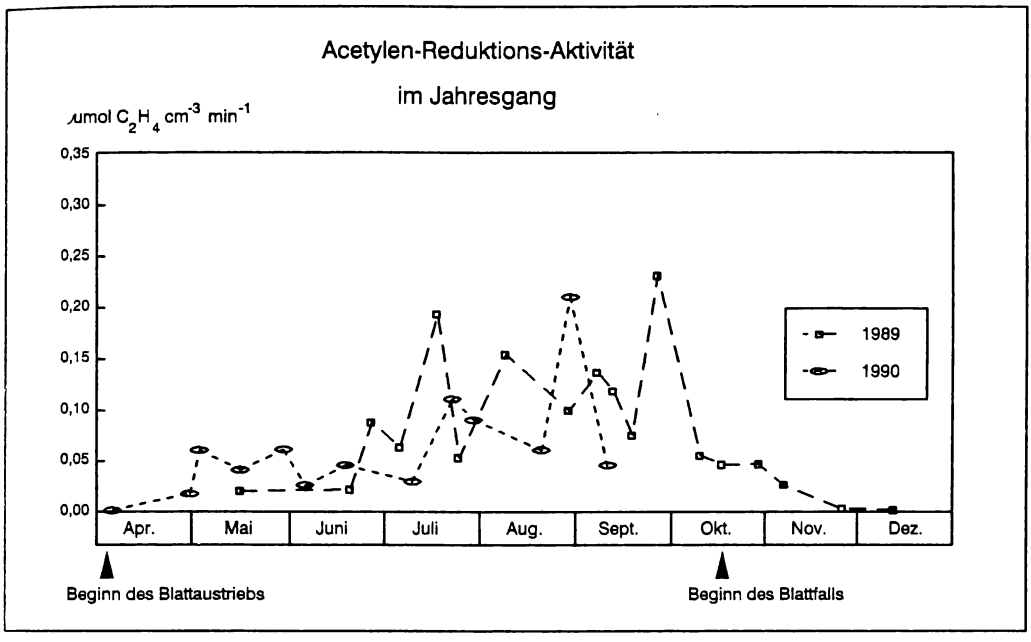

Abb. 2: Nitrogenase-Aktivität von *Alnus glutinosa-Frankia*-Knöllchen, Minutenmittelwerte aus 30minütiger Inkubation, bezogen auf aktives Knöllchengewebe, elf Wiederholungen

Unsere Ergebnisse zeigen deutlich den großen Einfluß von exogenen Faktoren wie Bodenfeuchte und N-Angebot, die zu der starken Heterogenität in der Knöllchenbildung führen. Nur im unmittelbaren Uferbereich des Untersuchungsgebietes treten Knöllchendichten auf, die die Fixierung nennenswerter N_2-Mengen zulassen. Für die Nitrogenase-Aktivität dieser Knöllchen sind hohe Einstrahlungsraten notwendig. Unter günstigen Bedingungen ist dann allerdings mit höchsten Nitrogenase-Aktivitäten von 0,2-0,25 $\mu mol \cdot cm^{-3} \cdot min^{-1}$ C_2H_4 zu rechnen.

Literatur

AUE, C., LILIENFEIN, M., METTE, R., SCHIMMING, C. G. & T. SPRANGER, 1991: Stoffhaushalt von Acker- und Waldökosystemen im Vergleich. Verh. Ges. Ökol. 20: 181-188.

SIMONET, P., NORMAND, P., HIRSCH, A. M. & A. D. L. AKKERMANS, 1990: The genetics of the *Frankia*-Actinorhizal symbiosis. In: GRESSHOFF, P. (ed.): Molecular biology of symbiotic nitrogen fixation. CRC Press, Boca Baton, Florida: 77-109.

TJEPKEMA, J. D., ORMEROD, W. & J. G. TORREY, 1980: Vesicle formation and acetylene reduction activity in *Frankia sp.* CPI1 cultured in defined nutrient media. Nature 287, London: 633-635.

Adressen

Klaus Dittert
Projektzentrum Ökosytemforschung
der Universität Kiel
Schauenburgerstr. 112

W - 2300 Kiel

Prof. Dr. Burkhard Sattelmacher
Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde
der Universität Kiel
Olshausenstr. 40

W - 2300 Kiel

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie

Jahr/Year: 1991

Band/Volume: 20_1_1991

Autor(en)/Author(s): Dittert Klaus, Sattelmacher Burkard

Artikel/Article: Ökosytemforschung im Bereich der Bornhöveder Seenkette: Zur biologischen Stickstoff-Fixierung durch die Ainus glutinosa-Frankia- Symbiose in einem natürlichen Erlenbruchwald Schleswig-Holsteins 207-210