

Matthias Lüderitz

Wirkung von Stickstoffeinträgen auf terrestrische Ökosysteme am Beispiel der Pilze



Grundlagen Pilze - Stickstoff

Chitin ist Zellwandbaustein der niederen und höheren Pilze, wo es mit Proteinen und anderen Polysacchariden, wie Glucan, Mannan und Polygalactosamin assoziiert ist. Ein anderer wichtiger Zellwandbestandteil einiger Pilzarten, beispielsweise aus der Ordnung der Mucorales, ist ein Derivat des Chitins, das Chitosan.

Weltweit werden in Ökosystemen jährlich 100 Billionen Tonnen Chitin produziert (Knorr 1984), der Anteil von Pilzchitin daran liegt bei >70%

- **Pilzchitin bildet das Grundgerüst der Hyphen und Myzelien**
- **Stickstoff ist ein Hauptbestandteil von Chitin**
- **Pilze sind global zumindest die zweitgrößte Senke für N in Land-Ökosystemen**
- **Pilze sind die größte Senke für N in terrestrisch. Böden**
- **Die meisten Großpilzarten* bauen nur natürliche (alte) N-Komponenten in ihre Gerüstsubstanzen ein ($\Delta N-15$ -Werte, Isotopen-Signatur)**

*) lediglich reine Saprophyten (insb. N-tolerante u. nitrophile Arten) weichen von diesem Prinzip ab

Einige Zahlen und Fakten

Pilzliche Gesamtbiomasse in Waldböden (Ø)	5 Tonnen/ha TGW *
Pilzliche Gesamtbiomasse in Böden alter Wälder	8-16 Tonnen/ha TGW*
Pilzl. Gesamtbiomasse in Grünländern naturnah	3-5 Tonnen/ha TGW**
Pilzl. Gesamtbiomasse in Grünländern naturfern	1-2 Tonnen/ha TGW**
C/N-Verhältnis von pilzlicher Biomasse	< 10 (meist um 8)
Pilzlich gebundener Gesamtstickstoff Waldböden	> 0.5 – 1.6 Tonnen/ha
Pilzl. gebundener Gesamtstickstoff Grünlandböden	> 0.1 – 0.5 Tonnen/ha
Pilze: für die meisten Nicht-Saprophyten tolerabel	C/N Boden > 30 (25)
Pilze: für die meisten Nicht-Saprophyten intolerab.	C/N Boden < 20
N in mikrobieller Biomasse (Bakterien, Kleinpilze) → +/- mobil N in pilzlicher Biomasse (Großpilze) → +/- immobil (Steady State)	N(org) Boden > 95% N(anorg) Boden < 5%
*) Lüderitz et al. (1993) (Institut für Bodenkunde Hamburg) ***) Arnolds et al. (1991) (Landbauuniversität Wageningen/Holland)	Pilzliche Gesamtbiomasse in Böden im Ø zu über 90% von Großpilzen

Anthropogene N-Quellen und ihre Wirkungen

reaktive Stickstoffverbindung		Entstehung/ Herkunft	Wichtige Auswirkungen
Stickstoffmonoxid, Stickstoffdioxid (nitrose Gase)	NO NO₂	Abgase/ Verbrennungen	saurer Regen, Pilzsterben* Waldsterben, Ozon- bildung, Ozonloch
Nitrate	NO₃⁻	Überdüngung Auswaschung	Eutrophierung, Pilzsterben Lebensmittel- und Grundwasserbelastung
Ammoniak/ Ammoniumsalze	NH₃ NH₄⁺	Ausgasung/Tier- haltung(Massen-), Auswaschung von Gülle/ Mist	Eutrophierung, Pilzsterben saurer Regen
Distickstoffmonoxid (Lachgas)	N₂O	Überdüngung Ausgasung	Treibhauseffekt, Ozonabbau

*) von Hüttermann in den 80iger Jahren geprägter Begriff, dem Waldsterben vorausgehend

Wirkung von Stickstoff auf die Funga

- **Stickstoff (nicht nativ) ist der stärkste bekannte pathogene Faktor für Pilze, insbesondere Großpilze***
- Stickstoff in nicht natürlichen Formen oder Mengen wirkt (je nach Pilzart/-gruppe) latent schwächend oder zurückdrängend (in tiefere Bodenschichten), toxisch (auf die Myzele) oder letal
- Indirekte Effekte (durch Schwächung, Aussterben der Symbiosepartner, der Wirte etc.), Wurzelkonkurrenz kommen hinzu
- Betroffen sind v.A. Ektomykorrhizapilze (Baum-Symbionten), Endophyten (Symbionten von höheren Pflanzen, Moosen..), Wiesen- und Grünlandpilze, Moorpilze, aquatische Pilze („Freshwater Fungi“), hypogäische Pilze und Saprophyten der Offen- und Trockenstandorte sowie Pionierpilzarten
- Etwa 80 bis 85% der ca. 6000 schleswig-holsteinischen Großpilztaxa (ca. 4800 – 5100 Arten) sind +/- betroffen

*) weltweit gibt es dazu über 3500 Untersuchungen/Publicationen

Stickstoffeinfluß auf die Funga der Wälder I

Öko- Komplexdiagramm : Nitratgehalt (L-Lage) - 3 verschiedene Mykolog. Parameter



Mittlerer Nitratgehalt in der L-Lage (g/kg TS), mit Ranking

Ökogramm aus Lüderitz et al. 1993
- nur Ektomykorrhizapilze -

Stickstoffeinfluß auf die Funga der Wälder II

Kennzeichen sehr ungünstiger Verhältnisse für die Funga:

- Ausbreitung von Nitrophyten-Fluren, N-toleranten Pflanzen
- „Eutrophe Vergrasung“ insb. hoher und dichter Graswuchs
- Dichter und großflächiger Ahorn-Jungwuchs*
- Ausbreitung weniger N-toleranter Mykorrhiza-Symbionten
- Mächtige, abbaugesemmte Streuauflagen (insb. bei *Fagus*)
- Strukturverlust des Bodens/des Bodenkörpers
- Verschlammte Waldbäche, veralgte Gewässer ...

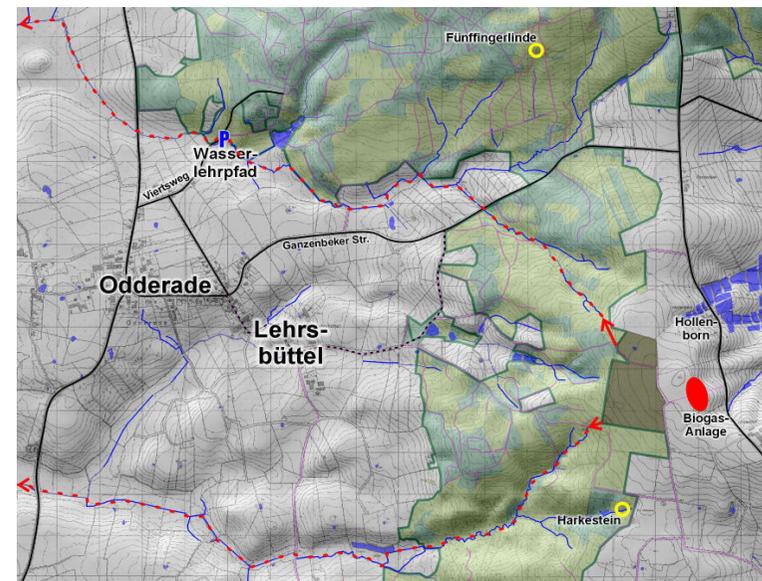
*) deutet auf weitgehende Zerstörung der ektotrophen Symbionten-Funga; *Acer* ist kaum mykotroph



Stickstoffeinfluß auf die Funga der Wälder III

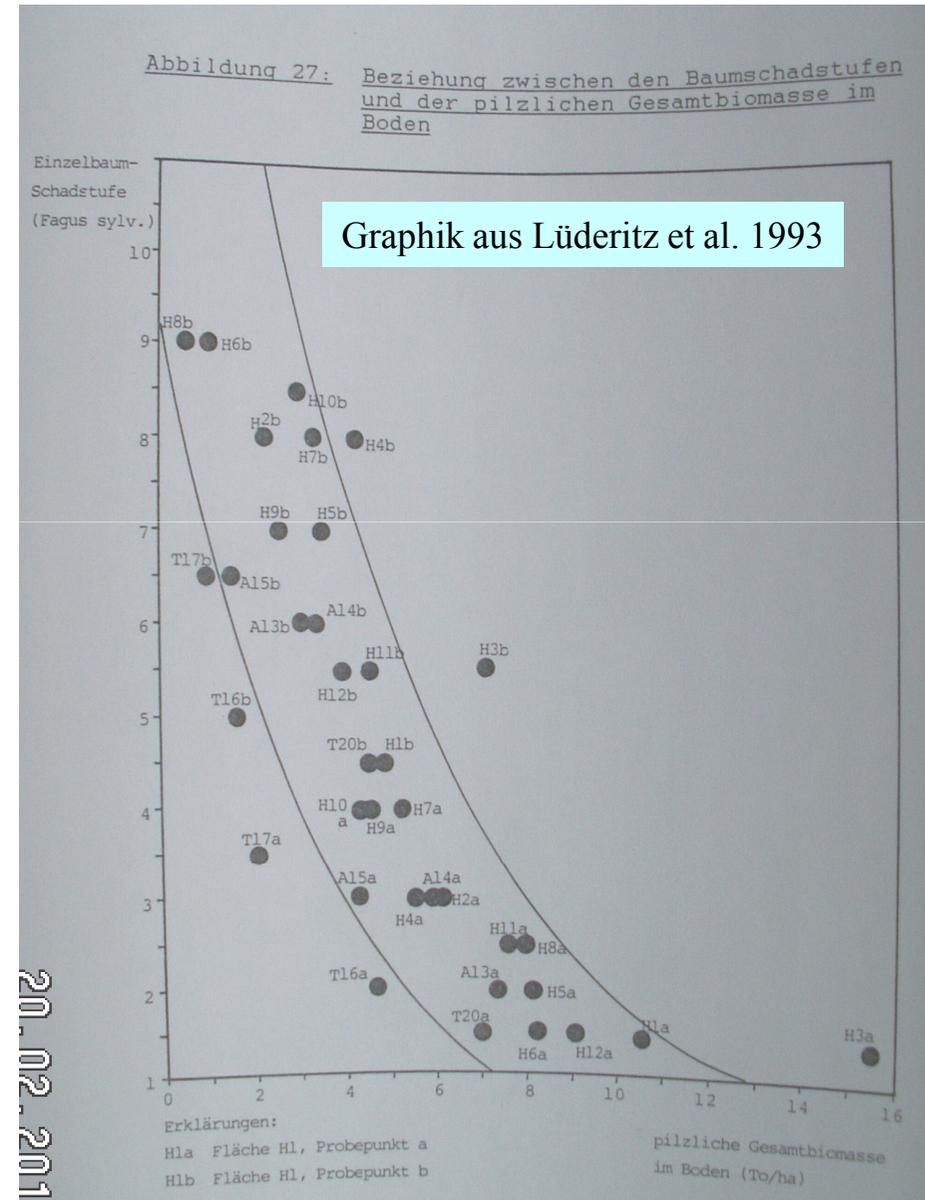
Eintragspfade von Stickstoff in Wäldern:

- Über die Luft: Gülleausbringung, Biogasanlagen, Massentierhaltung, Luftverkehr (großflächig)
- Über Wasser: Ackerentwässerung (Drainagen, Gräben), Kontamination von Bächen (Gülle, Silage-Sickerwasser, Gärrückstände Biogas....)
- Über Oberflächenabfluß (z.B. nach Starkregen), Sicker- und ziehende Grundwasser (im Untergrund)
- Erosion, Schlammlawinen, Staubeintrag (Ackerkrume), div. Kleinquellen (Wegmaterial, Ablagerung Gartenabfall, Hundekot, Wildfütter.)
- Walddüngung, Waldkalkung...



Stickstoffeinfluß auf die Funga der Wälder IV

- < Pilzliche Gesamtbiomasse im Boden, wenn Ø Baum-schadstufe größer
- > Pilzliche Gesamtbiomasse im Boden, wenn C/N-Ratio weiter oder Gesamtstickstoff kleiner
- Selbstaufschaukelung: Rückgang und Absterben der pilzlichen Bodenbiomasse setzt große Mengen festgelegten (Steady State) Stickstoff frei
- → Wald geht von der pilzlichen in die mikrobielle „Kondition über, verliert Stabilität und Resilienz



Stickstoffeinfluß auf die Funga der Wälder V

- Die Mikroorganismenzusammensetzung wird in historisch alten Wäldern von Pilzen, in Wäldern auf ehemaligen Acker- oder Heideflächen von Bakterien geprägt (Fraterrigo et al. 2006, Fichtner et al. 2014).
- Alte Wälder mit langer Kontinuität sind daher ökologisch stabiler und weisen wesentlich höhere pilzliche Biodiversität und Biomasse auf (Winter, Lüderitz & Rzanny 2015, in prep.)
- Gerade diese Wälder sind in Schleswig-Holstein besonders gefährdet, weil:
 - viele von ihnen in Gebieten mit dominierender Mais-Biogas-Agrarindustrie liegen (z.B. Bauernwälder der Hohen Geest)
 - viele von ihnen in tieferen, feuchten bis nassen Lagen liegen und damit intensiven Nährstoffeinträgen von höher liegenden Ackerflächen ausgesetzt sind
 - viele von ihnen kleinräumig sind (z.T. auch Feldgehölze) und so oft extremen Randeinflüssen ausgesetzt sind

Stickstoffeinfluß auf die Funga des Grünlandes I

Grundlagen:

- Die reiche Funga natürlicher und naturnaher (alter) Grünländer ist europaweit extrem bedroht
- In Dänemark (Boertmann, Rald), Holland (Arnolds) und Schleswig-Holstein existieren jeweils nur noch wenige Tausend ha
- Die meisten typischen Pilzarten sind sehr deutlich bis extrem nitro- und eutrophob
- Die typischen Arten (z.B. Rötlinge, Saftlinge) sind fakultative Endophyten höherer Pflanzen (wertgebende Pflanzenarten)



Stickstoff und Düngung sind die bei weitem wichtigsten pathogenen Faktoren für die Wiesenpilz-Funga

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Gefährdungsursachen im Detail

Stickstoffeinfluß auf die Funga des Grünlandes II

Tabelle aus: Lüderitz (2015, in prep.): Handbuch zum Biotopmanagement für Pilze, Teil 1 - Grünland

Gefährdungsursachen	Betroffenheit →	gering	mittel	stark	sehr st.
Düngung von altem Grünland (Mineraldünger, Gülle) zur Ertragssteigerung					
Umbruch von altem Grünland (Ackernutzung, Wiedereinsaat von Gras)					
Strukturverarmung (Entfernung von Knicks, Büschen, Söllen, Steinen u.a.m.)					
Umwidmung ertragsschwachen Grünlands (Windenergie, E-Trassen, Funkmasten..)					
Allgemeiner Stickstoffeintrag aus der Luft (Umgebung)					
Nährstoffeintrag aus angrenzenden Ackerfluren (Verwehung, Einwaschung)					
Entwässerung, hydrologische Eingriffe (Verminderung der Boden-, Bodenluftfeuchte)					
Mechanische Egalisierungsverfahren (Walzen, Schleppen, Eggen)					
Bebauung/Versiegelung von älteren Brachflächen und Grünflächen					
Einsatz von Pestiziden (insb. Fungiziden) in angrenzenden Ackerfluren					
Bodenverdichtung durch schwere Landmaschinen					
Kalkung von altem Grünland und angrenzenden Flächen					
Intensivierung der Beweidung (Erhöhung der Besatzdichte), Lägerfluren					
Zusatzfütterung des Weideviehs (insbesondere mit Silage)					
Nutzungsaufgabe (Mahd, Beweidung), Bewaldung (oder Aufforstung)					
Düngung von alten Gartengrünflächen und Hofgrünflächen					
„Entmoosung“ von Grünflächen (mechanisch, chemisch)					
Einsatz von Tiermedikamenten (verzögerter Dungabbau, N-Anreicherung)					
Vielschürigkeit von Wiesen (Oberboden-Abtrocknung, Vegetations-Verarmung)					
Randeffekte durch Wegebau, Ruderalisierung etc.					
Hohe Frequentierung von Grünflächen durch Hunde (Kot schädlich, nährstoffreich)					

Stickstoffeinfluß auf die Funga des Grünlandes III

Ein Schlammstrom von einem Acker-
rand ergißt sich in ein
wertvolles
Kiesgruben-
Biotop



Erosionsrinnen nach Starkregenfällen am
Nordrand des Waldgebietes „Stein-
horst“. Schlammströme und größere
Schlammlawinen (steilere Hanglagen)
ergießen sich von einem offengelasse-
nen Maisacker in den Wald; in den
Randbereichen breiten sich Nitrophyten-
und Störfluren aus.



Exkurs: Pilzarten zur Bewertung von Grünland



Clavariaceae (C)
Hygrocybe (H)
Entoloma (E)
Geoglossaceae (G)

= CHEG-Profil
z.B.: C2H5E11G1

Buchstabe	Bedeutung	Inkludierte Gattungen	Artenzahl in SH*
C	<i>Clavariaceae</i>	<i>Clavaria, Clavulinopsis, Ramariopsis</i>	40
H	Hygrocybe	<i>Hygrocybe</i> (incl. <i>Camarophyllus</i>)	70
E	<i>Entoloma</i>	alle Untergattungen (incl. <i>Rhodocybe</i>)	>250
G	<i>Geoglossaceae</i>	<i>Geoglossum, Mikroglossum, Trichoglossum</i>	25

*) geschätzt, je nach
 Artenauffassung

Exkurs: Pilzarten zur Bewertung von Grünland

Naturschutzfachliche Bewertung von Offenland- bzw. Waldbiotopen auf Basis der nachgewiesenen Anzahl von Indikatorpilzarten ausgewählter Pilzgattungen und -gruppen (nach Nitare, verändert)

Indikator-Arten- gruppen(Auswahl nach Nitare)	Nationale Bedeutung (Deutschland) Artenzahl/Gebiet	Regionale Bedeutung (Schleswig-Holstein) Artenzahl/Gebiet	Lokale Bedeutung (Landkreise) Artenzahl/Gebiet
Saftlinge i.w.S.* (<i>Hygrocybe...</i>)	10 oder mehr	7 bis 9	4 bis 6
Rötlinge (<i>Entoloma</i>)	8 oder mehr	6 bis 7	3 bis 5
Keulenpilze u.ä. (<i>Clavariaceae</i>)	5 oder mehr	3 bis 4	2
Erdzungen u.ä. (<i>Geoglossaceae</i>)	3 oder mehr	2	1
Samtritterlinge (<i>Dermoloma</i>)	1 oder mehr	0	0

Stickstoffeinfluß auf die Funga des Grünlandes IV

Notwendige Maßnahmen zu Biodiversitätssicherung

Die einzige nachhaltige Maßnahme zur Rettung der pilzlichen Biodiversität im Offenland wäre die Rückkehr zu einer „Biologischen-Kreislauf-Landwirtschaft“ (Steady State-Ackerbau,-Grünlandbewirtschaftung,-Tierhaltung), die nur das Nährstoffpotential nutzt, daß die Flächenausstattung jeweils natürlicherweise hergibt

Unter den gegebenen Bedingungen sind zumindest folgende Forderungen essentiell:

Kernzone: Verzicht auf mineralische Düngung (N,P,K) und Gülledüngung am Standort und seiner direkten Umgebung (mind. 500m, besser 1km)

Mantelzone: Vermeidung von Nähr- und Schadstoff-Einwehung aus den angrenzenden Äckern und Intensivgrünländern durch Anlage von breiten, ungedüngten und pestizidfreien Pufferstreifen (bestenfalls Gebüschaum)

Verzicht auf das Ausbringen von Gülle oder stickstoffhaltigem Dünger in vom Wind erreichbarer Nähe der Standorte (im Einzelfall bis mehrere km Entfernung)

Stickstoffeinfluß auf die Funga des Grünlandes V

Notwendige Maßnahmen zu Biodiversitätssicherung

Verzicht auf das Ausbringen von Gülle oder stickstoffhaltigem Dünger in Quell- und Wassereinzugsgebieten der Standorte, nicht nur bei Feuchtgrünland

Verbot von Schwarzbrachen (Maisanbau) in unmittelbarer Nähe zu den Standorten, um Nährstoff- und Schadstoffeinträge durch Erosionsvorgänge (Oberflächenwasser, Wind) oder Auswaschung in das Grundwasser zu unterbinden

Vollständiges Verbot von Ackerbau und Intensiv-Grünlandbewirtschaftung in Niederungsgebieten, die im (potentiellen) Überschwemmungsbereich von Flüssen, Bächen und anderen Gewässern liegen

Belassung sehr breiter (> 50m) unbewirtschafteter Randstreifen, wenn höherliegende Ackerflächen an Wälder, Steilküsten, alte Kiesgruben oder wertvolles Altgrünland grenzen (im Optimalfall bis zur Kulmination bzw. Oberflächenabflußscheide) unbewirtschaftet lassen

Für die Beweidung und Mahd bzw. Nachmahd von „Wertgrünland“ sind jeweils individuelle, der vorhandenen Flora und Funga angepaßte Lösungen zu suchen



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit