©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

Ber. d. Reinh.-Tüxen-Ges. 11, 305-320. Hannover 1999

Standortfaktor Stickstoff - Nitrophytenvegetation in Europa

- Dietmar Brandes, Braunschweig -

Abstract

Plants need nitrogen for the synthesis of amino acids, proteins, nucleotides, chlorophylls and others. The nitrogen budget of the soils, the nitrogen cycle and the consequences of excessive nitrogen entry to the ecosystems are discussed. About 200 flowering plant species are considered as typical nitrogen indicators for central Europe. Most of them are herbs, only 4 species are woody. The nitrophilous vegetation was in general explorated within the last 50 years, whereas the fundamental ideas originate to REINHOLD TÜXEN. This review deals with the diversity and syntaxonomy of the nitrophilous vegetation in Europe by selected examples; the state of the art is discussed critically, need of investigations is pointed out.

1. Stickstoff und Pflanze

Stickstoff gehört zu den Makroelementen und liegt massenmäßig zumeist an 4. Stelle in der Trockensubstanzbilanz der Pflanzen. Er wird von den Pflanzen zum Aufbau von Aminosäuren bzw. Proteinen, von Nucleotiden, Chlorophyllen und anderen Substanzklassen benötigt. Ähnlich wie beim Kohlenstoff kann auch bei der Stickstoffernährung der Pflanzen zwischen autotrophen und heterotrophen Formen unterschieden werden, wobei die ersten anorganisch gebundenen Stickstoff verarbeiten können, während die heterotrophen Formen auf organisch gebundenen Stickstoff angewiesen sind.

Die sog. Fixierung des elementaren Stickstoffs, also die Reduktion des [sehr stabilen] N_2-Moleküls, erfolgt durch einige Bakterien und Cyanobakterien, die mit höheren Pflanzen in Symbiose leben (z. B. *Rhizobium*) oder frei im Boden leben können (z. B. *Azotobacter chroococcum*).

Höhere [grüne] Pflanzen können Stickstoff als Nitrat und/oder als Ammonium aufnehmen. Unabhängig von der Stickstoffquelle muß der Stickstoff zunächst bis zur Oxidationsstufe des Ammoniaks bzw. Ammoniums reduziert werden, da der Einbau in organische Verbindungen nur in reduzierter Form erfolgen kann. Die Reduktion des Nitrats erfolgt in zwei enzymkatalysierten Schritten, zunächst mit Hilfe der Nitratreduktase, einem Molybdo-Flavoprotein, zum Nitrit, das dann von der Nitritreduktase zum Ammonium reduziert wird. Die Nitratreduktase ist im Cytosol lokalisiert, die Nitritreduktase in den Chloroplasten. Das in den Chloroplasten gebildete Ammonium wird durch die Glutamin-Synthetase an Glutamat gebunden, das entstandene Glutamin wird seinerseits mit 2-Oxoglutarat durch die Glutamat-Synthetase zu zwei Molekülen Glutamat umgesetzt. Die Nitratreduktion ist eine spezifische biochemische Leistung der [grünen] Pflanzenzelle, die von tierischen Zellen ebensowenig wie die Kohlendioxid- oder die Sulfat-Reduktion durchgeführt werden kann.

Als eine Besonderheit der Stickstoffernährung sollen die Insektivoren genannt werden, die Insekten (oder andere kleine Wirbellose) als zusätzliche Stickstoffquelle nutzen. Diese

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

Ernährungsweise wird in der Regel als Anpassung an N-arme Standorte interpretiert. Kürzlich konnten BARTHLOTT et al. (1998) nachweisen, daß es auch Protozoen-verdauende Pflanzen gibt.

Wo bleibt das Nitrat in der Pflanze? Daß nitrophile Arten Nitrat im Zellsaft speichern können, gehört längst zum Lehrbuchwissen. Unsere Kenntnisse der Physiologie der Nitratspeicherung und -assimilation beruhen u. a. auf Arbeiten von JANIESCH (1971, 1972, 1973), AUSTENFELD (1972) und ROSNITSCHEK-SCHIMMEL (1982, 1985). Für die Apiaceen *Aegopodium podagraria* und *Anthriscus sylvestris* konnte JANIESCH (1973) belegen, daß sowohl hohe Nitratmengen aufgenommen als auch auf Grund der protoplasmatischen Nitratresistenz ertragen werden können. Die vorübergehende Speicherung von Nitraten wird als zeitweise Herausnahme von größeren Nitratmengen aus dem Stoffwechsel gedeutet, wobei ein Rücktransport aus der Vakuole jederzeit möglich ist: Während am Anfang der Vegetationsperiode der Anteil des Nitrats am potentiellen osmotischen Druck bis zu etwa 50 % betragen kann, fällt er im Verlauf der Vegetationsperiode stark ab.

2. Das Verhalten der Pflanzen gegenüber dem Standortfaktor Stickstoff

Stickstoff ist in der Regel ein Mangelfaktor für das Pflanzenwachstum; dies änderte sich erst durch die gewaltigen Stickstoff-Einträge der jüngsten Zeit. Von Natur aus kommen stickstoffreiche Standorte nur kleinflächig vor: Spülsäume der Meeresküsten, Ufer und Auen insbesondere der größeren Flüsse, Umgebung von Tierbauten, Tierlägern sowie Vogelfelsen. In der Kulturlandschaft sind vor allem die Siedlungen, Schutt- und Müllplätze, aber auch die Äcker als stickstoffreiche Standorte hervorzuheben.

Ökophysiologisch wie synökologisch sind unsere Kenntnisse keineswegs ausreichend, zumindest was einzelne Arten - deren Individuen ja die reale Vegetation aufbauen - anbetrifft. WALTER faßte (1963) die Kenntnisse über die Stickstoffansprüche („Nitrophilie") der Ruderalpflanzen zusammen, ELLENBERG publizierte 1964 und 1977 Übersichten zum Thema „Standortfaktor Stickstoff". Nach MAYSER (1953) bzw. WALTER (1963) werden nitrophile Ruderalpflanzen bei zusätzlicher Nitrat- bzw. Ammonium-Düngung bezüglich ihrer Biomassen-Entwicklung deutlich gefördert, dies gilt z. B. für *Arctium minus* und *Amaranthus retroflexus*. Ebenso wird die Keimung durch Nitrat gefördert, was auf Untersuchungen von GASSNER (1915a, 1915b, 1935) zurückgeht. WERNER (1983) untersuchte den Stickstoffhaushalt einiger zur Dominanz tendierender Arten, wobei für *Calamagrostis epigejos* und *Solidago canadensis* ein interner Stickstoffkreislauf nachgewiesen wurde. Ähnliches gilt vermutlich auch für *Rumex alpinus* oder *Elymus repens*. Diese Pflanzen gehen sehr haushälterisch mit ihren Nährstoffen um und können - einmal etabliert - wohl zwischen 40 und 60 % ihres Stickstoffbedarfs über interne Zyklen abdecken.

Für die meisten Ruderalpflanzen stehen experimentelle Untersuchungen noch aus, insbesondere für Mischkulturen oder gar mehrartige Systeme. Wir untersuchen derzeit in Braunschweig nitrophytische Arten der Flußufer wie *Artemisia annua, Leonurus marrubiastrum, Rumex thyrsiflorus, Senecio sarracenicus, Tanacetum vulgare* u. a.

Von ELLENBERG (1992) wurde das Verhalten von 2726 Gefäßpflanzenarten Mitteleuropas gegebenüber dem Standortfaktor Stickstoff eingestuft, wobei er selbst seine Stickstoffzahlen „großenteils als Versuche" bezeichnete. Der Mineralstickstoff (NO_3^-, NH_4^+) ist zwar der quantitativ wichtigste Nährstoff; die Auswirkung auf die Pflanzen wird aber oft vom Phosphatangebot überlagert, so daß mitunter besser allgemein von Nährstoffzeigern als von Stickstoffzeigern gesprochen werden sollte. Abb. 1 zeigt die Verteilung der Artenzahlen über die Stickstoffzahlen. Zumindest die Extreme können als gesichert gelten, also die Einstufung der Magerkeitszeiger (N 1 und N 2) bzw. der Stickstoffzeiger (N 8 und N 9). Bezüglich der

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

[engen] Korrelationen zwischen den Stickstoffzahlen nach ELLENBERG und Messwerten sei auf die 2. Auflage der „Zeigerwerte" von 1992 verwiesen.

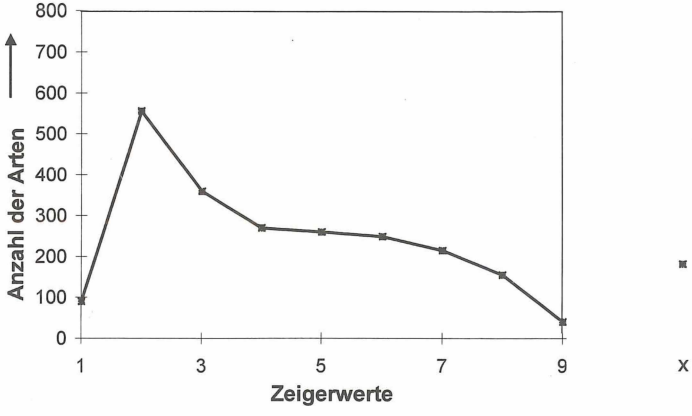

Abb.1: Verteilung der Arten auf die Stickstoffzahlen nach ELLENBERG (1992).

Wohin gehören - pflanzensoziologisch betrachtet - nun die extremen Stickstoffzeiger? Etwa 51 % der Arten gehören zur Klasse *Artemisietea*, daneben spielt die Klasse *Bidentetea* noch eine größere Rolle (Tab. 1). Mehr als die Hälfte der Arten wachsen an Gewässerufern, was deren Bedeutung als Wuchsort der nitrophilen Vegetation deutlich unterstreicht. Unter den 41 Arten ist nur eine Gehölzart, nämlich *Sambucus nigra*, vertreten. Der Anteil der Adventiven insgesamt beträgt mindestens 31,7 %; 5 Arten sind Archaeophyten, 8 sind Neophyten. Etwas diffenrenzierter sieht die Verteilung aus, wenn auch die Arten mit N = 8 berücksichtigt werden. Hier fällt insbesondere der Anteil der *Querco-Fagetea*- und *Phragmitetea*-Arten auf. Insgesamt sind 4 Gehölze vertreten, was einem Anteil von lediglich 2 % entspricht. Die Adventiven weisen nun einen Anteil von 27,6 % (54 Arten) auf; 15 Archaeophyten und 39 Neophyten. Unter den Neophyten finden sich die beiden einzigen als Stickstoffzeiger eingestuften Baumarten, nämlich *Ailanthus altissima* und *Robinia pseudacacia.*

	N = 9		N ≥ 8	
Artemisietea	21	51,2 %	67	34,2 %
Stellarietea	4	9,8 %	23	11,7 %
Bidentetea	9	22,0 %	19	9,7 %
Querco-Fagetea			12	6,1 %
Phragmitetea	1	2,4 %	11	5,6 %
Cakiletea	3	7,3 %	9	4,6 %
Molinio-Arrhenatheretea	1	2,4 %	8	4,1 %
Potamogetonetea			8	4,1 %
Adenostyletea			8	4,1 %
Epilobietea [nur krautig]	1	2,4 %	6	3,1 %
Polygono-Poetea			2	1,0 %
Lemnetea			2	1,0 %
Sonstige	1	2,4 %	21	10,7 %
	41	99,9 %	196	100 %

Tab. 1: Soziologische Zugehörigkeit der extremen Stickstoffzeiger der mitteleuropäischen Flora.

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

3. Anthropogener Stickstoffeintrag in die Ökosysteme

Die Eutrophierung durch Stickstoffverbindungen ist gravierend, was sich auch in der großen Anzahl der Publikationen widerspiegelt. Ich kann hier nur einige Punkte schlaglichtartig ansprechen. Bedeutendster Eintragspfad für Stickstoffverbindungen in terrestrische Ökosysteme sind gasförmige und partikuläre Stickstoffdepositionen aus der Atmosphäre sowie in den Niederschlägen gelöste Stickstoffverbindungen. Bei Überschreitung bestimmter Belastungsgrenzen führt die Stickstoffdeposition zu gravierenden Veränderungen des Nährstoff- und Wasserhaushalts bzw. des Sauerstoffgehaltes (bei aquatischen Systemen) und daraus resultierend zu unerwünschten Änderungen in der Artenzusammensetzung. Sowohl im Feuchtgrünland als auch bei Magerrasen trockener Standorte dürfte die Nährstoffanreicherung einen der Hauptfaktoren darstellen, die die Biodiversität gefährden. So sind die in Mitteleuropa vom Aussterben bedrohten Pflanzenarten größtenteils Magerkeitszeiger; die zunehmende Eutrophierung bedeutet für sie einen erheblichen Wettbewerbsnachteil.

Die jährlichen Stickstoffdepositionen in Fichtenbeständen haben sich von 20 kg N pro Hektar und Jahr im Jahre 1971 innerhalb von zwei Jahrzehnten verdoppelt (ELLENBERG 1996); ja es wurden in den letzten Jahren bereits 56 kg N gemessen (BRUCKNER 1996). Diese Stickstoff-Zufuhr wirkt u. a. auch auf die Ektomykorrhizen unserer Laubbäume als Hemmfaktor. Bei anhaltend starkem N-Eintrag kommt es z.B. auch zu erheblichen Vegetationsveränderungen in den Kiefernforsten des nordostdeutschen Flachlandes: Bei verstärkter Mortalität der Kiefer profitiert *Calamagrostis epigejos*, so daß bei sommerlichen Wassermangelphasen die Bodenvegetation ein ernsthafter Wasserkonkurrent ist und das Baumwachstum stark eingeschränkt wird. Gleichzeitig induziert der Stickstoff-Eintrag Nährelementmangel (MÜLLER et al. 1998).

Besorgniserregend ist auch der Stickstoff-Überhang in Ackerbaulandschaften. NIEDER (1997) hat den bewirtschaftungsspezifischen N-Bilanzüberschuß im Durchschnitt zu 98 kg N/ha(a auf Sandböden und 38 kg N/ha(a auf schweren Böden quantifiziert, wobei BACH (1987) für Niedersachsen sogar noch höhere Werte berechnete (100-120 kg N/ha(a). Nach NIEDER (1997) hängt die N-Auswaschung in den Wintermonaten von der Art der Feldfrucht ab. Sie beträgt durchschnittlich bei Mais 88 kg N/ha, bei Kartoffeln 56 kg N/ha, bei Getreide 33 kg N/ha, bei Zuckerrüben 16 kg N/ha. Die hohen winterlichen Auswaschungsraten bei Mais und Kartoffeln werden damit erklärt, daß diese vor allem auf Sandböden angebaut und sowohl mit mineralischem als auch mit organischem Dünger gedüngt werden. Die geringen Raten bei Zuckerrüben sind auf die Speicherfähigkeit der schweren Böden zurückzuführen, aber auch darauf, daß die Rüben bis in den Herbst Wasser und Nitrat aufnehmen. Nach NIEDER (1997) spielt die mikrobielle Biomasse bei fast allen N-Flüssen im Boden ein Schlüsselrolle und bildet selbst ein Reservoir für Nährstoffe.

4. Die Nitrophytenvegetation Europas in historischer Sicht

4.1 Die Entstehung der Nitrophytenvegetation

Wie bereits oben ausgeführt, gibt es in Europa unter natürlichen Bedingungen nur kleinflächig stickstoffreiche Standorte. Wir können davon ausgehen, daß in Spülsäumen, in der unmittelbaren Umgebung von Tierbauten sowie auf Flächen, wo der Wald durch Windwurf oder ähnliche Katastrophen zerstört wurde, die Stickstoffmineralisierung zumindest für einen bestimmten Zeitabschnitt hoch sein kann. Offensichtlich gehen in den meisten Fällen hohes N-Angebot und Störungshäufigkeit parallel, so daß es außer *Sambucus nigra* und *Sambucus racemosa* keine Stickstoffzeiger unter den Gehölzen Mitteleuropas gibt. Nicht in dieses Bild passen allerdings die subalpinen Hochstaudenfluren, die sich in Mulden und Runsen ent-

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

wickeln können, da das oberflächlich zusammenfließende Niederschlagswasser relativ nährstoffreich ist (ELLENBERG 1996). Infolge guter Wasser- und Nährstoffversorgung entwickeln sich Hochstaudenfluren gerade an den Rändern von *Alnus viridis*-Gebüschen; eine mechanische Störung dürfte mitunter durch Lawinen erfolgen.

Vermutlich konnte sich also bereits vor Einfluß des Menschen an natürlichen N-reichen Standorten eine entsprechende Vegetation entwickeln, die dann aber von der anthropogenen nitrophilen Vegetation rasch überlagert wurde. Nach PIGNATTI & FEDERICI (1989) wurden mit der sog. „neolithischen Revolution" neue Nischen für stickstoffliebende Arten geschaffen. Die Hypothese, daß die Vegetationstypen der [ohnehin zweifelhaften] Klassen *Parietarietea* und *Plantaginetea* im Gebiet von Rom entstanden sein sollten, läßt sich allerdings nicht halten. Eine Entstehung entsprechender Vegetationstypen könnte ebenso polyzentrisch im Mittelmeerraum erfolgt sein. Zahlreiche Arten, die plötzlich zur Verfügung stehende Mineralstickstoff-Mengen rasch nutzen können, haben ihr Entstehungszentrum im Mittelmeergebiet oder im angrenzenden Westasien. Es wäre sehr interessant, einmal der Frage nachzugehen, ob und welche Nitrophyten sich in den anderen Entstehungszentren des Ackerbaus auf der Erde herausgebildet haben. Auf jeden Fall haben Nitrophyten aus dem Mittelmeerraum nicht nur in Europa, sondern auch in Nord- und Südamerika wie auch in Australien einen Siegeszug angetreten, der mitunter sogar als „ökologische Invasion" bezeichnet wird.

4.2 Die Anfänge der Erforschung der Nitrophytenvegetation

Nachdem seit Mitte des letzten Jahrhunderts in Frankreich und Italien die Ruderalflora der Städte größeres Interesse gefunden hatte, begann zu Anfang unseres Jahrhunderts auch in Mitteleuropa die Erforschung der Adventivflora. WARMING (1902) charakterisierte die Nitrophyten bereits folgendermaßen „modern" (1902: S. 80):

„Salpeterpflanzen (nitrophile Pflanzen, Nitrophyten, Ruderalpflanzen) gedeihen am besten da, wo es im Boden viel Ammoniak- und Salpetersäureverbindungen gibt, daher besonders in der Nähe von menschlichen Wohnungen (Düngerhaufen, stark gedüngter Boden). Sie gehören besonders zu gewissen Familien (Chenopodiaceen, Cruciferen, Solanaceen u. a.) und in ihrem Zellsafte kommen salpetersaure Salze vor."

Die Beschreibung der ersten Klasse der Nitrophytenvegetation [*Rudereto-Secalinetales* = *Rudereto-Secalinetea*] erfolgte jedoch erst 1936 durch BRAUN-BLANQUET. Zu dieser Klasse wurden alle damals bekannten Ruderal- und Segetalgesellschaften vereinigt. TÜXEN kam für Nordwestdeutschland 1937 noch mit dieser einen Klasse mit insgesamt 14 Assoziationen aus.

Als Meilenstein der weiteren Entwicklung kann REINHOLD TÜXENS 1950 erschienene „Systematik der nitrophilen Unkrautgesellschaften in der Eurosibirischen Region Europas" gelten. TÜXEN und Mitarbeiter unterschieden die folgenden 6 neuen Gesellschaftsklassen: *Cakileletea maritimae; Bidentetea tripartitae; Stellarietea mediae; Plantaginetea maioris; Artemisietea vulgaris; Epilobietea angustifolii*. Bis auf die Klasse *Plantaginetea* (s. u.) haben alle Klassen [in ihrer ursprünglichen Fassung] heute noch Bestand, was den Weitblick TÜXENS eindrucksvoll belegt.

Die weitere Entwicklung der Kenntnisse verlief zunächst stürmisch; auch bei der nitrophytischen Vegetation war eine „Inflation der höheren Syntaxa" festzustellen: Es wurden mehr als zwanzig verschiedene Klassen beschrieben. Die Höhepunkte der Aktivität lagen in den 50er und vor allem in den 60er Jahren. Längst nicht alle Klassen werden allgemein akzeptiert bzw. verwendet. Der Trend geht heute eindeutig wieder in Richtung des Zusammenführens, allerdings oft mit kontroversen Vorstellungen. Mitunter habe ich die Sorge, daß vor lauter Umgruppierungsversuchen - häufig auf der Basis alten Aufnahmematerials - die Dynamik gerade der Nitrophytenvegetation zu wenig Beachtung findet. Unbestritten wichtig ist die

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

Stabilität unseres Begriffssystems; klassifikationstheoretisch gesehen ist es jedoch eine Utopie, alle wichtigen Aspekte in einer hierarchischen Klassifikation unterbringen zu wollen. Manche Übersichten der letzten Jahre entwickeln zwar die eine oder andere kluge Hypothese, bleiben den „Beweis" aber schuldig, indem die zugrunde liegenden Tabellen nicht mitpubliziert werden.

4.3. Dynamik der Nitrophytenvegetation

Die Nitrophytenvegetation Mitteleuropas ist einem ständigen Wandel unterworfen. Trotz der großen Stickstoffeinträge der letzten Jahrzehnte scheinen die [extremen] Stickstoffzeiger (N = 9 oder 8) zumindest gebietsweise in Mitteleuropa im Rückgang begriffen zu sein. Dieses scheinbare Paradoxon erklärt sich dadurch, daß entsprechende Standorte in Dörfern, in der Agrarlandschaft, an Müllkippen, auf Rieselfeldern und sonstigen Klärteichen heute stark zurückgehen oder schon fehlen. Der Stickstoffeintrag begünstigt sicherlich die Arten mit mittleren Stickstoffzahlen, die sich heute an fast allen Standorten zu Lasten solcher Konkurrenten ausbreiten, die von den erhöhten Stickstoffmengen nicht profitieren können.

Gerade die „klassische" Nitrophytenvegetation der Dörfer ist stark bedroht (u. a. BRANDES 1985 u. 1996, LIENENBECKER & RAABE 1993, LOHMEYER 1975, OTTE 1996, A. PYŠEK 1981 u. 1992, P. PYŠEK 1992, WITTIG & WITTIG 1996), d.h. es existieren kaum noch die Artenkombinationen, die man zu Anfang des Jahrhunderts überall finden konnte. Zu den bedrohten Nitrophytengesellschaften zählen z. B. die *Stellarietea*-Gesellschaften *Chenopodietum vulvariae, Urtico-Malvetum neglectae* sowie das *Sisymbrio-Asperuginetum*, das freilich immer selten war. In der Klasse *Artemisietea* zeigen wesentlich mehr Assoziationen einen starken Rückgang. Hierzu gehören klassische Ruderalgesellschaften mit archaeophytischen Charakterarten ebenso wie Stromtalpflanzengesellschaften, so z. B.:

Onopordetum acanthii, Lamio albi-Ballotetum albae, Leonuro-Ballotetum nigrae, Chenopodietum boni-henrici, Arctio-Artemisietum, Senecionetum fluviatilis.

Die „sozialistische Landwirtschaft" hatte traditionelle Strukturen der Agrarlandschaft verändert, worauf auch die Nitrophytenvegetation reagierte. So waren für LPGs, die Hühner- oder Schweinezucht betrieben, großflächige Bestände des *Atriplicetum acuminatae* typisch, die auf den oft riesigen Misthaufen wuchsen. Auf ungenutzten Flächen am Rande der sehr großen Ackerschläge entwickelten sich Bestände des *Arctio-Artemisietum* und des *Onopordetum acanthii*. Durch das Abschieben der Straßenränder, das die Mahd weitgehend ersetzte, konnten sich nitrophytische Therophyten wie *Atriplex oblongifolia* rasch entlang des mitteldeutschen Straßennetzes ausbreiten (z. B. BRANDES 1991). Mit Änderungen der Bewirtschaftung sind diese Bestände praktisch vollständig verschwunden.

In Landschaften mit extremer Stickstoff-Belastung (WENDLAND et al. 1993) wie z. B. im westlichen Niedersachsen entwickelte sich eine sog. „Güllevegetation" aus trivialen Nitrophyten. Über die Ausbreitung nitrophytischer Arten an Straßenrändern berichten z. B. LUDWIG (1996) sowie SCHNEDLER & BÖNSEL (1989).

Auf einen an sich spektakulären, wenngleich wenig beachteten Vorgang sei hier hingewiesen: Moderne Transportmöglichkeiten ermöglichen erstmals die Ausbreitung [das „Wandern"] ganzer Nitrophytengesellschaften, indem mit Erdtransporten deren gesamte Diasporenbank von einem Ort zum anderen gelangen kann. Dies begünstigt zweifellos gerade die Ausbreitung nitrophiler Vegetationstypen.

Wegen der großen Dynamik ist Bioindikation mit Nitrophyten prinzipiell sehr interessant, praktisch jedoch bislang kaum möglich, da ökologische Amplitude und Standortbedingungen der Arten, vor allem aber die vorherige Ausbildung der nitrophilen Vegetation nicht ausrei-

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

chend bekannt sind. Veränderungen sind nicht zwangsläufig mit dem Stickstoffeintrag korreliert, sondern oft nutzungsbedingt.

5. Die Diversität der Nitrophytenvegetation Europas

An dieser Stelle können aus Platzgründen nur einige mir wichtig erscheinende Anmerkungen zu den wichtigsten Klassen gemacht werden; sie beziehen sich vor allem auf deren Ökologie, auf die Diskussion von Vorschlägen zur syntaxonomischen Gliederung sowie auf Forschungsdefizite.

BRAUN-BLANQUET (1964) hat mehrfach darauf hingewiesen, daß Zahl und Ausbildung der nitrophilen Gesellschaften sowie deren Artenreichtum mit zunehmender Aridität des Klimas „vom atlantischen Westeuropa bis zu den osteuropäischen Steppen" zunehmen, was er auf die Nitratauswaschung in humiden Gebieten zurückführt. Mit hoher Wahrscheinlichkeit kommen andere Faktoren hinzu, so ist z. B. die Vegetationsdecke in den kontinentaleren Gebieten z. T. weniger dicht geschlossen, so daß sich - insbesondere nach Störungen - Pionierpflanzen leichter etablieren können. Dieser Faktorenkomplex ist noch nicht ausreichend untersucht. Der Wechsel gerade in der Ruderalvegetation ist augenfällig, wenn man von der (sub-)atlantischen Umgebung kommend in eines der mitteleuropäischen Trockengebiete hineinfährt, sei es von Niedersachsen in das mitteldeutsche Trockengebiet, sei es von Westböhmen in die tschechischen Trockengebiete, sei es vom Nordalpenrand in die inneralpinen Trockengebiete oder in das pannonische Becken.

5.1 Therophyten-dominierte Nitrophytenvegetation

Hierzu gehören die Klassen *Cakiletea maritimae* Tx. et Prsg. 1950, *Bidentetea tripartitae* Tx., Lohm. et Prsg. in Tx. 1950 und *Stellarietea mediae* R. Tx., Lohm. et Prsg. in R. Tx. 1950, die von REINHOLD TÜXEN und Mitarbeitern alle aus der heterogenen Klasse *Ruderali-Secalietea* ausgegliedert wurden.

Die Klasse *Cakiletea maritimae* umfaßt die Vegetation der Meeres-Spülsäume („Flutmarken"), deren Standortbedingungen kurzfristig durch Salzgehalt und langfristig durch hohes Stickstoffangebot (ERNST 1969) sowie durch hohe mechanische Störung gekennzeichnet sind. Gesellschaften dieser Klasse sind in Europa (einschließlich der Mittelmeerküsten) und Nordamerika vertreten, in Ostasien durch die stellenäquivalente Klasse *Salsoletea komarovii* (WILMANNS 1998).

Die Klasse *Bidentetea* enthält zahlreiche nitrophile Arten; ihre Verbreitung in Europa ist weitgehend auf die nemorale Zone begrenzt; nach Süden hin verschwimmt ihre Abgrenzung zur Klasse *Stellarietea* rasch. Aus Ostasien und Nordamerika sind nahverwandte Gesellschaftsgruppen bekannt. Offensichtlich unbestritten ist die Gliederung der Klasse in eine Ordnung mit zwei Verbänden, nämlich *Chenopodion rubri* [Schwerpunkt an Fließgewässern] und *Bidention tripartitae* [Schwergewicht an Stillgewässern]. Die Zeiten optimaler Entwicklung dürften aus verschiedenen Gründen [z. B. Verstädterung der Dörfer, Aufgabe von Rieselfeldern und Klärteichen, Gewässerausbau] bereits der Vergangenheit angehören, was insbesondere für die Gesellschaften des *Bidention* gilt. An den Ufern der großen Flüsse konnten sich dagegen in den letzten Jahrzehnten zahlreiche adventive oder sogar invasive Arten im *Chenopodion rubri* etablieren (TÜXEN 1979, LOHMEYER & SUKOPP 1992, BRANDES & SANDER 1995), wobei der Anteil von C4-Pflanzen durchaus auffällt (BRANDES 1995):

Amaranthus bouchonii, Amaranthus emarginatus, Amaranthus retroflexus, Artemisia annua, Artemisia biennis, Bidens connata, Bidens frondosa, Cuscuta campestris, Echinochloa

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

muricata, Eragrostis albensis, Portulaca oleracea, Potentilla norvegica, Rumex stenophyllus, Xanthium albinum, Xanthium orientale, Xanthium saccharatum u.a.

Die Klasse *Stellarietea* umfaßt nach heutigem Verständnis sowohl die Unkrautvegetation der Äcker als auch die einjährige Ruderalvegetation frischer bis trockener Böden. Da sich die Unkrautgesellschaften der Hackfruchtkulturen und der Getreideäcker nicht so stark unterscheiden, daß eine Trennung auf Klassenniveau gerechtfertigt wäre (vgl. HÜPPE & HOFMEISTER 1990), sind die Klassen *Chenopodietea* und *Secalietea* ebenso wie die „alte" Klasse *Ruderali-Secalietea* obsolet. Von ostdeutschen Autoren wird häufiger die Klasse *Sisymbrietea* Gutte et Hilbig 1975 verwendet. Sie paßt m. E. jedoch nicht in das BRAUN-BLANQUET-System, da sie die engen floristischen Bindungen zwischen Unkrautvegetation insbesondere der Hackkulturen und der therophytischen Ruderalvegetation außer Betracht läßt und deduktiv (!) nach dem Habitat trennt. Es soll jedoch nicht verkannt werden, daß die Gliederung anthropogener Vegetation primär nach Habitaten aus Sicht der Anwendung einige Vorteile aufweist.

Innerhalb der Klasse *Stellarietea* werden in Mitteleuropa zwei Unterklassen unterschieden, *Violenea arvensis* und *Sisymbrienea*, denen möglicherweise die Unterklassen *Ruderali-Secalienea* und *Chenopodienea muralis* spanischer Autoren inhaltlich entsprechen. Auch hier muß wieder das Fehlen längst überfälliger Übersichtstabellen der Klasse beklagt werden. Unklar erscheinen derzeit auch Notwendigkeit und syntaxonomische Stellung der Ordnung *Eragrostietalia* J. Tx. ex Poli 1966, die z. B. von MUCINA (1993) wieder aufgegriffen wurde. *Stellarietea*-Gesellschaften in Mitteleuropa auf besonders stickstoffreichen Standorten gehören vor allem zum Verband *Sisymbrion*, aber auch zu Hackfrucht-Unkrautgesellschaften, während die Nährstoffversorgung der Getreideäcker geringer ist. Klassische Habitate sind Hühnerhöfe, Gänseweiden sowie Mauerfüße in alten Siedlungen. Ob sich die von Wuchsform und Phänologie her einleuchtende Aufteilung des Verbandes *Sisymbrion* in drei Verbände anhand der Vegetationstabellen für Mitteleuropa nachvollziehen läßt, ist allerdings zu bezweifeln (vgl. aber MUCINA 1993b).

5.2 Trittvegetation

Einen interessanten Problemkreis stellt die Trittvegetation dar: Je nach Einschätzung des Bearbeiters wird sie in Mitteleuropa auf 1 bis 3 Klassen verteilt, insgesamt müssen sogar 5 Klassen herhalten. Einigkeit besteht darin, daß der Tritteinfluß als Störung bewertet wird, die sich einerseits in mechanischer Beschädigung der Pflanzen sowie andererseits in Bodenverdichtung und Verminderung der Wasser- und Luftkapazität des Bodens manifestiert. Es kann nicht überraschen, daß prostrate Wuchsformen an stark betretenen Stellen überwiegen. Auf Wegen ist in der Regel ein ausgeprägter Gradient der Trittbelastung senkrecht zu seinem Verlauf festzustellen, worauf zuerst BORNKAMM & MEYER (1977) hinwiesen. Entlang dieses zumeist steilen Gradienten fallen die Arten rasch entsprechend ihrer Trittempfindlichkeit aus.

Einvernehmen besteht auch in der Ansprache der meisten Vegetationstypen, nicht aber in deren syntaxonomischen Einstufung und Bewertung. Es ist meines Erachtens kein Wunder, daß die aus der Trittbelastung resultierenden Fragmente - im eigentlichen Sinne des Wortes - je nach der Ausgangsgesellschaft zu unterschiedlichen Klassen gestellt werden. Die Argumente können nur kurz skizziert werden: OBERDORFER (1994) stellt sämtliche Trittpflanzengesellschaften zur Klasse *Plantaginetea* mit nur einer Ordnung und nur einem Verband, der sowohl die ausdauernden als auch die einjährigen Trittgesellschaften umfaßt. Der lockere Zusammenhalt wird vor allem durch *Plantago major* hergestellt. Diese Art erreicht jedoch optimale Vitalität in unbetretenen Flutrasen, fehlt aber in vielen Trittfluren sommerwarmer und/oder trockener Gebiete Europas, was bereits auch für Deutschland gilt.

Doch wohin mit den intensiv betretenen Flächen, die eindeutig von Therophyten beherrscht werden? MUCINA (1993a: S. 83) kam zu folgender Einschätzung : „Vom soziolo-

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

gischen Gesichtspunkt werden die *Polygono-Poetea annuae*-Gesellschaften weniger durch eigene Kennarten als vielmehr durch das Fehlen von Arten anderer ruderaler Vegetationseinheiten charakterisiert". Dies kommt meines Erachtens der Realität sehr nahe, da die Klasse *Polygono-Poetea* überregional nur durch *Poa annua* und *Polygonum aviculare* charakterisiert ist, die jeweils polymorphe Formenkomplexe darstellen und in vielen *Stellarietea*-Gesellschaften zumindest mit mittlerer Frequenz auftreten. Von wenigen Spezialisten abgesehen, besteht ein gemeinsamer Artengrundbestand mit den *Stellarietea*-Gesellschaften. Auch die von der Verbreitung wichtigste Kennart in Mitteleuropa - *Matricaria discoidea* - spielt eine erhebliche Rolle in überdüngten Hackfruchtbeständen.

Es wird daher zu überprüfen sein, ob die einjährigen Trittgesellschaften nicht der Klasse *Stellarietea* bzw. *Ruderali-Secalietea* als im wörtlichen Sinne verarmte Pflanzengesellschaften angeschlossen werden können. SISSINGH (1969) stellte sie bereits vor 30 Jahren hierhin (!). Ebenso wäre zu prüfen, ob die annuellen Trittgesellschaften auf Sand nicht besser bei der Klasse *Sedo-Scleranthetea* aufgehoben wären, ob die von *Lolium perenne, Plantago major* und *Trifolium repens* bzw. von *Prunella vulgaris* und *Ranunculus repens* aufgebauten Trittgesellschaften nicht besser bei der Klasse *Molinio-Arrhenatheretea* verbleiben sollten.

5.3 Nitrophytische Staudenvegetation

Hierzu gehören die Klassen *Artemisietea* [ausdauernde Ruderal- und Saumvegetation], *Epilobietea* [Schlagfluren] sowie *Betulo-Adenostyletea* [Hochstaudenfluren der Gebirge]. Da die Klasse *Artemisietea* die meisten extremen Stickstoffzeiger umfaßt, soll sie im Mittelpunkt unserer Diskussion stehen. Das Areal dieser Klasse umfaßt nach heutiger Kenntnis die temperate, die submeridionale und sogar die meridionale Zone Europas. Standörtlich umfaßt sie eine große Spanne von den nitrophilen Saumgesellschaften bis zu thermophilen Distelgesellschaften des Mittelmeergebietes. Die meisten Arten sind ausdauernd, in einigen Verbänden (z. B. *Onopordion acanthii, Onopordion illyrici, Onopordion nervosi*) finden sich sehr viele bienne Arten. Über Ökologie und Populationsbiologie der *Artemisietea*-Arten ist nur relativ wenig bekannt, einzelne Veröffentlichungen beschäftigen sich mit *Urtica dioica, Solidago canadensis, Reynoutria japonica* oder z. B. mit den Standortansprüchen von *Anthriscus sylvestris* und *Aegopodium podagraria* (z. B. JANIESCH 1973). S. BRANDES (1997) konnte mit ihren Untersuchungen an zweijährigen Arten der Verbände *Onopordion acanthii* und *Arction* klären, wie diese auf mechanische Störungen reagieren und warum ihre Vorkommen sich gerade an linearen Strukturen häufen.

Da die floristischen Zusammenhänge innerhalb der Klasse doch sehr groß sind, wird hier das Konzept einer weitgefaßten Klasse *Artemisietea* vertreten, - auch wenn die Extreme naturgemäß weit von einander entfernt sind. Diese Klasse umfaßt (mindestens) die folgenden Ordnungen:

Carthametalia lanati, Onopordetalia acanthii, Agropyretalia repentis, Artemisietalia vulgaris, Glechometalia hederaceae, Convolvuletalia sepium.

Zur Unterklasse *Artemisienea* [bzw. *Onopordienea*] gehören nach neuerer Auffassung (z. B. RIVAS-MARTÍNEZ et al. 1993) auch die [meisten] mediterranen Distelfluren; sie werden zur Ordnung *Carthametalia lanati* zusammengefaßt. Aus strukturellen Gründen erscheint diese Lösung sehr sinnvoll, wenn auch hier wieder erst eine Übersichtstabelle endgültige Klarheit bringen kann.

Eigenständigkeit und Bedeutung der nitrophilen Säume wurden erst innerhalb der letzten 50 Jahre erkannt. Wieder war es REINHOLD TÜXEN, der 1952 erstmals überhaupt auf die floristisch-physiognomische Eigenständigkeit der dem Waldmantel vorgelagerten krautigen Säume hinwies; 1967 wurden von ihm die ausdauernden nitrophilen Säume beschrieben. Je

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

nach Sichtweise des Bearbeiters bilden die nitrophilen Säume zwei Ordnungen oder sogar eine eigene Unterklasse [Galio-Urticenea] bzw. Klasse [Galio-Urticetea]. Gerade im standörtlich mittleren Bereich sind die floristischen Gemeinsamkeiten so groß, daß eine Trennung zwischen Arction und Aegopodion auf Klassenniveau nicht möglich ist. Eine zunächst naheliegende Trennung in eine Klasse der ruderalen Staudenfluren [Artemisietea s. str.] und in eine der naturnäheren nitrophilen Säume [Galio-Urticetea] ist daher nicht nachvollziehbar. Denkbar wäre allenfalls eine Trennung zwischen den nitrophytischen Staudenfluren frischer Böden und derjenigen trockener Böden, wie es etwa DENGLER (1997) vorschlug. Dabei entstünde dann eine Klasse Artemisietea, in der Artemisia vulgaris keine Kennart mehr wäre. Wie sollte man dies Studenten oder gar nicht-pflanzensoziologischen Fachkollegen verständlich machen?

Während die *Onopordion-* und *Arction*-Gesellschaften Mitteleuropas eher von Archaeophyten geprägt und infolge der Strukturwandlungen in der Landwirtschaft bedroht sind, konnten und können die nitrophilen Saumgesellschaften [*Glechometalia*] zahlreiche Anthropochoren aufnehmen (z. B. BRANDES 1985; LOHMEYER & SUKOPP 1992). So entstanden quasi unbemerkt in unseren Städten nitrophile Säume mit *Parietaria officinalis, Geranium macrorrhizum, Geranium phaeum, Geranium sibiricum, Lunaria annua* und *Melissa officinalis*, die große Ähnlichkeit zu Säumen des südöstlichen Mitteleuropas und der Balkanhalbinsel aufweisen. In *Glechometalia*-Gesellschaften konnten sich auch invasive Arten wie *Polygonum cuspidatum* (= *Reynoutria japonica*) und *Heracleum mantegazzianum* etablieren.

Eine interessante und in Mitteleuropa bislang wenig beachtete Gruppe stellen die winterannuellen Saumgesellschaften dar. Sie werden von den folgenden Taxa aufgebaut:

Anthriscus caucalis, Anthriscus cerefolium, Cardamine hirsuta, Claytonia perfoliata, Stellaria media agg. und *Veronica hederifolia* ssp. *lucorum.*

Ihre Nische finden diese meist nur kleinflächig auftretenden Bestände in Gehölzrabatten oder am Rande von Robinienbeständen. Lichtgenuß und vermutlich auch ausreichende Wasserversorgung sind nur bis zum Laubaustrieb der Bäume gegeben, weswegen auch zumindest milde Winter grün überdauert werden. Trotz ihrer Kurzlebigkeit, der niedrigen Wuchshöhe und der daraus resultierenden geringen Konkurrenzkraft können sich solche Bestände bis über 10 Jahre hinaus am selben Wuchsort behaupten. Sie gehören auf Grund ihrer Artenzusammensetzung wohl noch zum Verband *Alliarion*, zeigen aber bereits Anklänge an die mediterrane Ordnung therophytischer Saumgesellschaften *Cardaminetalia hirsutae*, die zur Klasse *Stellarietea* gehört.

Die Klasse *Parietarietea* ist nach neueren Erkenntnissen nicht aufrechtzuerhalten, da die Kennart *Parietaria judaica* ihr Optimum eindeutig außerhalb des Mauerstandortes hat (BRANDES 1998), die Klasse zudem im wesentlichen durch entwichene Zierpflanzen gekennzeichnet ist. In neueren Übersichten wird daher nur eine Ordnung *Parietarietalia judaicae* innerhalb der Klasse *Asplenietea* geführt (z. B. RIVAS-MARTÍNEZ et al. 1993; POTT 1995). Die *Parietaria judaica*-Saumgesellschaften lassen sich relativ problemlos in die Klassen *Artemisietea* bzw. *Stellarietea* einordnen.

Subalpine und alpine Hochstaudenfluren sowie Lägerfluren wachsen auf außerordentlich nährstoffreichen Standorten (ELLENBERG 1996; REHDER 1970) und enthalten erwartungsgemäß eine stattliche Anzahl von Stickstoffzeigern. Von den meisten Bearbeitern werden sie mit den Grünerlengebüschen zur Klasse *Betulo-Adenostyletea* Br.-Bl. et R. Tx. 1943 zusammengefaßt. Auf die syntaxonomisch reizvolle und schwierige Behandlung der Hochstaudenfluren insgesamt kann hier nicht eingegangen werden; zur Diskussion wird auf ELLENBERG (1996), POTT (1996), KARNER & MUCINA (1993), DIERSCHKE (1996) sowie SCHUBERT, HILBIG & KLOTZ (1995) verwiesen.

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

Aus Platzgründen kann die Klasse *Epilobietea* R. Tx. et Prsg. ex v. Rochow 1951 (Schlagfluren) hier ebenfalls nur kurz erwähnt werden. Auf Kahlschlägen führen Humusabbau und verstärkte Mineralisation kurzfristig zu einem hohen Nährstoffangebot. Bezeichnend ist das Auftreten nitrophytischer Arten wie *Senecio sylvaticus, Epilobium angustifolium, Senecio ovatus, Atropa belladonna* oder *Arctium nemorosum*. Die kurzlebigen Waldlichtungskrautfluren werden zur Ordnung *Atropetalia belladonnae* zusammengestellt. Die Krautfluren werden in der Regel rasch von Gebüschen abgelöst, in denen nitrophytische Arten wie *Sambucus racemosa, Sambucus nigra* oder *Salix caprea* vorherrschen können; in (sub-)atlantischen Gebieten ist in ihnen die *Rubus fruticosus*-Gruppe reich entfaltet. Somit umfaßt die Klasse *Epilobietea* in ihrer klassischen Beschreibung von REINHOLD TÜXEN zwei Formationen, deren Elemente floristisch schlecht zu trennen sind. SCHUBERT, HILBIG & KLOTZ (1995) schlagen trotzdem eine Trennung vor (vgl. unten).

Wenig beachtet zu sein scheint, daß sowohl die krautigen als auch die strauchigen *Epilobietea*-Gesellschaften mit steigender Meereshöhe die Ruderalvegetation der Siedlungen in den hercynischen Mittelgebirgen ersetzen. Zumindest punktuell liegen ähnliche Beobachtungen auch aus den Alpen und dem nördlichen Baltikum vor.

6. Strauchige Nitrophytengesellschaften

6.1 Nitrophytische Strauchgesellschaften in Mitteleuropa

In vielen Gebieten Mitteleuropas haben die ruderalen Gebüsche einen erheblichen Flächenanteil an der realen Vegetation. Ihre flächenmäßige Ausbreitung erfolgte wahrscheinlich erst in den letzten 60 Jahren. Ursachen liegen u. a. in der Landflucht, in der Kriegszerstörung der mitteleuropäischen Großstädte, im Brachfallen ganzer Industriequartiere. Ausbreitungsbiologische Gründe (Lagtime) kommen bei neophytischen Ruderalgehölzen wie *Robinia pseudacacia* oder *Ailanthus altissima* ebenso hinzu wie bei *Sambucus nigra*, dem wichtigsten einheimischen Ruderalstrauch. So konnte für das Vorland des Erzgebirges gezeigt werden, daß fehlende Nutzung der Früchte des Schwarzen Holunders mit seiner Ausbreitung von den Dörfern in die Landschaft einherging, was durch den hohen Stickstoffeintrag noch begünstigt wurde. Bestandsbildend treten insbesondere die folgenden neophytischen Gehölze bzw. Scheinsträucher auf:

Acer negundo, Ailanthus altissima, Buddleja davidii, Lycium chinense, Lycium halimifolium, Philadelphus coronarius, Robinia pseudacacia, Rosa rugosa, Rubus armeniacus, Symphoricarpos rivularis.

Syntaxonomisch werden die ruderalen Gebüsche sehr uneinheitlich behandelt, sofern sie überhaupt beachtet werden. Die Beschäftigung mit diesem Problem erscheint aus klassischer pflanzensoziologischer Sicht auch nicht gerade als attraktiv, ist doch die (zufällige [?]) Dominanz einer Gehölzart mit dem Auftreten weit verbreiteter krautiger Nitrophyten verbunden. Oft ist zudem nicht klar, ob es sich um spontane Entwicklung oder um „Verwilderungen" von „Anpflanzungen" handelt. So werden die Ruderalgebüsche denn auch auf verschiedene Klassen verteilt bzw. zwischen ihnen hin- und hergeschoben.

In meisten Übersichten der mitteleuropäischen Vegetation werden die *Sambucus nigra*-Gebüsche zur Klasse *Epilobietea* oder zur Klasse *Querco-Fagetea* (*Berberidion* !) gestellt, während sich über die Soziologie von *Robinia pseudacacia* oder *Ailanthus altissima* sehr zurückhaltend geäußert wird. *Robinia pseudacacia* wurde insbesondere in sommerwarmen Gebieten Europas angepflanzt und konnte sich dort auf dem Trümmerschutt der kriegszerstörten Städte, auf Eisenbahnbrachen, an Waldrändern sowie in subkontinentalen Halbtrockenrasen etablieren (vgl. KOHLER & SUKOPP 1964). Der charakteristische Unterwuchs

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

lichter Robinienbestände besteht aus Nitrophyten wie *Chelidonium majus, Galium aparine, Bromus sterilis, Veronica hederifolia* und *Anthriscus caucalis*. Wie sollen solche Bestände, die im südöstlichen Mitteleuropa, aber auch in Norditalien flächenmäßig eine erhebliche Rolle spielen, verstanden und in das pflanzensoziologische System eingeordnet werden? Es kann sich bei ihnen um spontan aufgekommene Gebüsche, um Reste von Anpflanzungen, um Sekundärwälder, aber auch um Forsten handeln. Die meisten gebietstypischen Waldarten fehlen aus standörtlichen, vor allem aber aus ausbreitungsbiologischen Gründen. Von der Nährstoffversorgung her gesehen bestehen Ähnlichkeiten mit den Auenwäldern, deren hydrologische Bedingungen jedoch ganz anders sind. Die in einigen Fällen beobachtete Ablösung der Robiniengehölze durch Ahorn-Bestände veranlaßte KOWARIK (1995) zu dem Vorschlag, zu überprüfen, ob die (sub)spontanen Robinienbestände nicht als Ordnung *Robinietalia* in die Klasse *Querco-Fagetea* gestellt werden können. Damit könnte auf eine eigene Klasse *Robinietea* Jurko ex Hadac et Sofron 1980, die außer ihrer einzigen Kennart *Robinia pseudacacia* nur über Differentialarten verfügt, endgültig verzichtet werden. Wegen erheblicher Ähnlichkeiten in der Krautschicht hat MUCINA (1993c) die Robiniengehölze zur Klasse *Galio-Urticetea* gestellt, was aus strukturellen Gründen nicht sinnvoll ist, da hiermit Krautfluren und Vorwälder zu einer Klasse vereinigt werden.

Eine pragmatische Lösung schlägt POTT (1995) vor, in dem er anthropogene Gehölzgesellschaften und ruderale Gebüsche zu einem „Gesellschaftskreis" zusammenfaßt, innerhalb dessen vor allem nach der dominanten Gehölzart untergliedert wird. Symptomatisch für das immer noch bestehende Unbehagen erscheint die Behandlung der *Sambucus racemosa*- und *S. nigra*-Gebüsche: Bei POTT (1995) wird der Verband *Sambuco-Salicion* R. Tx. & Neumann in R. Tx. 1950 sowohl in der Klasse *Epilobietea* als auch in der Klasse *Rhamno-Prunetea* geführt.

Eine Alternative zur Klassengruppe sensu POTT (1995) bzw. zur unbefriedigenden Aufteilung der ruderalen Gebüsche auf mehrere Klassen wie *Epilobietea, Artemisietea, Rhamno-Prunetea, Querco-Fagetea* stellt die hierzulande kaum beachtete Klasse *Sambucetea* dar, in der DOING (1962) sommergrüne nitrophile Gebüsche zusammenfaßte, die von PASSARGE (1968) als *Urtico-Sambucetea* neu gefaßt wurden. Hierher werden von einigen ostdeutschen Geobotanikern (z. B. SCHUBERT, HILBIG & KLOTZ 1995) zahlreiche Neophytengebüsche und -vorwälder, die zumeist durch Beteiligung von *Sambucus nigra* und durch Dominanz von Nitrophyten in der Krautschicht gekennzeichnet sind, gestellt. Diese Klasse ist in Mitteleuropa mit der Ordnung *Sambucetalia nigrae* Oberd. 1957 vertreten, zu der die Verbände *Sambuco-Salicion capreae* [Schlaggebüsche] und *Arctio-Sambucetum nigrae* [nitrophytische ruderale Gebüsche] gehören. Eine erste Durchsicht der Tabellen zeigt, daß weit verbreitete Ruderalpflanzen stark vertreten sind. Da es sich um Gehölzformationen handelt, können einige der krautigen Nitrophyten nach heutiger Ansicht durchaus als Kennarten dienen. Es kann jedoch nur an Hand von Übersichtstabellen geklärt werden, ob eine Klasse *Urtico-Sambucetea* im BRAUN-BLANQUET-System gerechtfertigt ist. Ein Vorteil wäre, daß die aus struktureller Sicht heterogene Klasse *Epilobietea* nur noch krautige Vegetation umfaßte. Da *Rubus idaeus* und *Sambucus racemosa* bereits in frühen Stadien der Schlagfluren auftreten, könnten sie in einer solchermaßen emendierten Klasse *Epilobietea* nur noch als Begleiter gewertet werden, was allerdings als Nachteil erscheint.

6.2 Strauchige Ruderalgesellschaften (semi-)arider Regionen (*Pegano-Salsoletea* Br.-Bl. & O. Bolòs 1958)

In (semi-)ariden Gebieten Spaniens, auf den Kanaren, vor allem aber im westlichen Nordafrika bilden niedrige Sträucher und Chaemaephyten eine lockere Vegetationsdecke auf

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

nitrat- und/oder salzbeeinflußten Böden. Am Aufbau der *Pegano-Salsoletea*-Gesellschaften sind insbesondere strauchige Chenopodiaceen der Gattungen *Atriplex, Bassia, Salsola, Suaeda* und *Traganum* beteiligt, in geringerem Maße auch strauchige Vertreter der Asteraceen und Solanaceen. Das Konzept, nämlich die gesamte nitro- und xerophytische Strauch- und Zwergstrauchvegetation dieser Regionen zu der einen Klasse *Pegano-Salsoletea* zu vereinigen, erscheint sehr sinnvoll. Derzeit wird sie in mindestens vier Ordnungen mit zahlreichen Verbänden untergliedert (RIVAS-MARTÍNEZ et al. 1993): *Salsolo-Peganetalia* (westmediterran, semiarid), *Helichryso-Santolinetalia* (westmediterran, mesophytisch), *Fagonio-Hamadietalia* (westsaharisch) sowie *Forsskaoleo angustifoliae-Rumicetalia lunariae* (kanarisch).

Unklar ist m.E. die Antwort auf die Frage nach der Natürlichkeit dieser Gesellschaften oder anders ausgedrückt nach ihrem ruderalen Charakter. In Nordafrika scheinen manche großflächigen *Pegano-Salsoletea*-Bestände relativ natürlich zu sein. Zweifellos wurden die meisten von ihnen jedoch durch Überweidung begünstigt, auch dürften sie Klimaänderungen und Bodenversalzung relativ zu konkurrierenden Vegetationsformen begünstigen, auf den Kanaren auch die Zerstörung des Sukkulentenbusches. Wahrscheinlich ist zumindest ein Teil der *Pegano-Salsoletea*-Gesellschaften als langlebige Degenerationsstadien einzustufen; in einem weitgefaßten Sinne kann die Klasse wohl als ruderal bezeichnet werden, wobei die Störungen anthropogen oder auch natürlich sein können.

7. Zusammenfassung

Stickstoff wird von Pflanzen zum Aufbau von Aminosäuren bzw. Proteinen, Nucleotiden, Chlorophyllen und anderen Substanzklassen benötigt. Stickstoffhaushalt der Böden, Stickstoffkreislauf sowie die Folgen übermäßiger Stickstoffeinträge in die Ökosysteme werden diskutiert. Etwa 200 Blütenpflanzenarten gelten in Mitteleuropa als ausgesprochene Stickstoffzeiger. Es sind zum größten Teil krautige Pflanzen, lediglich vier Arten sind Phanerophyten. Die Erforschung der Nitrophytenvegetation erfolgte in den letzten 50 Jahren, wobei die grundlegenden Vorstellungen zu ihrer Gliederung auf REINHOLD TÜXEN zurückgehen. In der vorliegenden Arbeit werden Diversität und Syntaxonomie der Nitrophytenvegetation an ausgewählten Beispielen behandelt, der Stand der Kenntnisse wird kritisch diskutiert, Forschungsbedarf wird aufgezeigt.

8. Literatur

BACH, M. (1987): Die potentielle Nitrat-Belastung des Sickerwassers durch die Landwirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland. - Göttinger Bodenkundliche Berichte **93**: 1-186.

BARTHLOTT, W., POREMBSKI, S., FISCHER, E. & GREMMEL, B. (1998): First protozoa-trapping plant found. - Nature **392**: 447.

BORNKAMM, R. & MEYER, G. (1977): Ökologische Untersuchungen an Pflanzengesellschaften unterschiedlicher Trittbelastung mit Hilfe der Gradientenanalyse. - Mitt. Flor.-soz. Arb. gem. N.F. **19/20**: 225-240.

BRANDES, D. (1985): Nitrophile Saumgesellschaften in alten Parkanlagen und ihre Bedeutung für den Naturschutz. - Phytocoenologia **13**: 451-462.

BRANDES, D. (1986): Die Ruderalvegetation des östlichen Niedersachsen: Syntaxonomische Gliederung, Verbreitung und Lebensbedingungen. - Habilitationsschrift TU Braunschweig. VI, 292 S.

BRANDES, D. (1987): Veränderungen in der Ruderalvegetation von Nordwestdeutschland - Untersuchungsmethoden und Ergebnisse. - In: SCHUBERT, R. & HILBIG, W. (Hrsg.): Erfassung und Bewertung anthropogener Vegetationsveränderungen. T. 1. - Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Wissenschaftl. Beiträge 1987/4 (P 26): 84-100.

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

BRANDES, D. (1995): Breiten sich die C4-Pflanzen in Mitteleuropa aus? - Schriftenreihe für Vegetationskunde **27** (Sukopp-Festschrift): 365-372.

BRANDES, D. (1996): Burgruinen als Habitatinseln. - Braunschweiger Naturkundliche Schriften **5**(1): 125-163.

BRANDES, D. (1998): *Parietaria judaica* L. - Zur Morphologie, Ökologie und Soziologie einer verkannten nitrophilen Saumpflanze. - Tuexenia **18**: 357-376.

BRANDES, D. & GRIESE, D. (1991): Siedlungs- und Ruderalvegetation von Niedersachsen: eine kritische Übersicht. - Braunschweig. 173 S. (Braunschweiger Geobotanische Arbeiten **1**).

BRANDES, D. & SANDER, C. (1995): Neophytenflora der Elbufer. - Tuexenia **15**: 447-472.

BRANDES, S. (1997): Untersuchungen zur Populationsbiologie und -dynamik ausgewählter bienner Arten. - Dissertation TU Braunschweig. XIII, 397 S.

BRAUN-BLANQUET, J. (1964): Pflanzensoziologie: Grundzüge der Vegetationskunde. 3. Aufl. - Wien. XIV, 865 S.

BRUCKNER, G. (1996): Deposition und oberirdische Aufnahme von gas- und partikelförmigem Stickstoff aus verschiedenen Emissionsquellen in ein Freilandökosystem. - Bayreuth. 211 S. (Bayreuther Forum Ökologie **29**).

CORDES, H. & METZING, D. (1997): *Corrigiola litoralis* (Caryophyllaceae) - Verbreitung, Ökologie und Vergesellschaftung im Elbe-Weser-Gebiet. - Osnabrücker Naturwissenschaftliche Mitteilungen **23**: 79-94.

DENGLER, J. (1997): Gedanken zur synsystematischen Arbeitsweise und zur Gliederung der Ruderalgesellschaften (*Artemisietea* s. l.). Mit der Beschreibung des *Elymo-Rubetum caesii* ass. nov. - Tuexenia **17**: 251-282.

DIERSCHKE, H. (1996): Syntaxonomische Stellung von Hochstauden-Gesellschaften, insbesondere aus der Klasse *Molinio-Arrhenatheretea* (*Filipendulion*). - Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft **8**: 145-157.

ELLENBERG, H. (1964): Stickstoff als Standortsfaktor. - Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft **77**: 82-92.

ELLENBERG, H. (1977): Stickstoff als Standortsfaktor, insbesondere für mitteleuropäische Pflanzengesellschaften. - Oecologia Plantarum **12**: 1-22.

ELLENBERG, H., WEBER, H. E., DÜLL, R., WIRTH, V., WERNER, W. & PAULISSEN, D. (1992): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. 2. Aufl. - Göttingen 258 S. (Scripta Geobotanica **18**).

ELLENBERG, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. 5. Aufl. - Stuttgart. 1095 S.

ERNST, W. (1969): Beitrag zur Kenntnis der Ökologie europäischer Spülsaumgesellschaften, I. - Mitt. Flor.-soz. Arb.gem. N.F. **14:** 86-94.

GASSNER, G. (1915a): Über die keimungsauslösende Wirkung der Stickstoffsalze auf lichtempfindliche Samen. - Jahrbuch wiss. Botanik (Berlin) **55**: 259-342.

GASSNER, G. (1915b): Einige neue Fälle von keimungsauslösender Wirkung der Stickstoffverbindungen auf lichtempfindliche Samen. - Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft **33**: 217-232.

GASSNER, G. & FRANKE, W. (1934/35): Einige Versuche über den Stickstoffhaushalt lichtkeimender Samen im dunklen Keimbett. - Zeitschrift für Botanik **28**: 447-463.

JANIESCH, P. (1971): Zur Physiologie der Nachreife von Umbelliferen nitrophiler Säume. - Flora **160**: 518-525.

JANIESCH, P. (1973a): Ökophysiologische Untersuchungen an Umbelliferen nitrophiler Säume. - Oecologia plantarum **8**: 335-352.

JANIESCH, P. (1973b): Beiträge zur Physiologie der Nitrophyten. Nitratspeicherung und Nitratassimilation bei *Anthriscus sylvestris* Hoffm. - Flora **162**: 479-491.

JURKO, A. (1963): Die Veränderungen der ursprünglichen Waldphytozönosen durch die Introduktion der Robinie. - Ceskosl. ochrana príody **1**: 56-76.

KARNER, P. & MUCINA, L. (1993): *Mulgedio-Aconitetea*. - In: GRABHERR, G. & MUCINA, L. (Hrsg.): Die Pflanzengesellschaften Österreichs, T. 2. - Jena. S. 468-505.

KOWARIK, I. (1995): Wälder und Forsten auf ursprünglichen und anthropogenen Standorten mit einem

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

Beitrag zur syntaxonomischen Einordnung ruderaler Robinienwälder. - Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft **7**: 47-67.

LIENENBECKER, H. & RAABE, U. (1993): Die Dorfflora Westfalens. - Bielefeld. 307 S. (Ilex-Bücher Natur **3**).

LOHMEYER, W. (1975): Rheinische Höhenburgen als Refugien für nitrophile Pflanzen. - Natur u. Landschaft **50**: 311-318.

LOHMEYER, W. & SUKOPP, H. (1992): Agriophyten in der Vegetation Mitteleuropas. - Bonn-Bad Godesberg. 185 S. (Schriftenreihe f. Vegetationskunde **25**).

LUDWIG, W. (1996): Notizen über *Atriplex acuminata* (*A. nitens*) und *Atriplex micrantha* in Hessen. - Hessische Floristische Briefe **45**(4): 59-65.

MAYSER, R. (1955): Ökologische Untersuchungen über die Stickstoffansprüche der Ruderalpflanzen. - Dissertation TH Stuttgart. 74 S.

MUCINA, L. (1993a): *Polygono-Poetea annuae*. - In: MUCINA, L., G. GRABHERR & T. ELLMAUER: Die Pflanzengesellschaften Österreichs. T. 1. - Jena. S. 82-89.

MUCINA, L. (1993b): *Stellarietea mediae*. - In: MUCINA, L., G. GRABHERR & T. ELLMAUER: Die Pflanzengesellschaften Österreichs. T. 1. - Jena. S. 110-168.

MUCINA, L. (1993c): *Galio-Urticetea*. - In: MUCINA, L., G. GRABHERR & T. ELLMAUER: Die Pflanzengesellschaften Österreichs. T. 1. - Jena. S. 203-251.

MÜLLER, J., BOLTE, A., BECK, W. & ANDERS, S. (1998): Bodenvegetation und Wasserhaushalt von Kiefernforstökosystemen (*Pinus sylvestris* L.). - Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie **28:** 407-414.

NIEDER, R. (1997): Die Rolle der N-Transformationen und -Translokationen in der Bilanz des Stickstoff-Haushalts von Mitteleuropäischen Ackerböden. - Egelsbach. 189 S. (Deutsche Hochschulschriften **2385**).

OBERDORFER, E. (1983): *Plantaginetea majoris*. In: OBERDORFER, E. (Hrsg.): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. T. 3, 2. Aufl. - Stuttgart. 300-315.

OBERDORFER, E. (1994): Pflanzensoziologische Exkursionsflora. 7- Aufl. - Stuttgart. 1050 S.

OTTE, A. (1996): Die Kennzeichnung der Vegetation ländlicher Siedlungen in Bayern über ökologische Zeigerwerte. - Verhandl. Ges. f. Ökologie **25**: 205-214.

PIGNATTI, S. & FEDERICI, F. M. (1989): The synanthropic vegetation from the ecosystemic point of view. - Braun-Blanquetia **3**: 29-35.

POTT, R. (1995): Die Pflanzengesellschaften Deutschlands. 2., überarb. u. stark erw. Aufl. - Stuttgart. 622 S.

PYČEK, A. (1981): Übersicht über die westböhmische Ruderalvegetation. - Folia Musei Rerum Naturalium Bohemiae Occidentalis, Plzen Botanica **15**: 24 S.

PYČEK, A. (1992): Bemerkungen zum gegenwärtigen Stand der westböhmischen Ruderalvegetation. - Folia Musei Rerum Naturalium Bohemiae Occiddentalis, Plzen , Botanica **36**: 1-18.

PYČEK, A. (1992): Die Siedlungsvegetation des Böhmischen Karsts. 2. Ökologische Charakteristik. - Folia Geobot. Phytotax., Praha **27**: 113-135.

REHDER, H. (1970): Zur Ökologie, insbesondere Stickstoffversorgung subalpiner und alpiner Pflanzengesellschaften im Naturschutzgebiet Schachen (Wettersteingebirge). - Lehre. 60 S. (Dissertationes Botanicae **6**).

RIVAS-MARTÍNEZ, S., WILDPRET DE LA TORRE, W. et al. (1993): Las communidades vegetales de la Isla de Tenerife (Islas Canarias). - Itinera Geobotanica **7**: 169-374.

ROSNITSCHEK-SCHIMMEL, I. (1982): Effect of ammonium and nitrate supply on dry matter production and nitrogen distribution in *Urtica dioica*. - Z. Pflanzenphysiol. **108**: 329-341.

ROSNITSCHEK-SCHIMMEL, I. (1985): Seasonal dynamics of nitrogenous compounds in a nitrophilic weed. I. Changes in inorganic and organic nitrogen fractions of the different plant parts of *Urtica dioica*. II. The role of free amino acids and proteins as nitrogen store in *Urtica dioica*. - Plant Cell. Physiol. **26**: 169-183.

SCHNEDLER, W. & BÖNSEL, D. (1989): Die großwüchsigen Melde-Arten *Atriplex micrantha* C. A. Meyer in Ledeb. (= *A. heterosperma* Bunge), *Atriplex sagittata* Borkh. (= *A. nitens Schkuhr* = *A. acumina-*

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

ta W. & K.) und *Atriplex oblongifolia* W. & K. an den hessischen Autobahnen im Sommer 1987. - Hessische Floristische Briefe **38**: 50-64.

SCHUBERT, R., HILBIG, W. & KLOTZ, S. (1995): Bestimmungsbuch der Pflanzengesellschaften Mittel- und Nordostdeutschlands. - Jena, Stuttgart. 403 S.

SISSINGH, G. (1969): Über die systematische Gliederung von Trittpflanzen-Gesellschaften. - Mitt. Flor.-soz. Arb.gem. N. F. **14**: 179-192.

TÜXEN, R. (1937): Die Pflanzengesellschaften Nordwestdeutschlands. - Mitt. Flor.-soz. Arb.gem. Nieders. **3**: 1-170.

TÜXEN, R. (1950): Grundriß einer Systematik der nitrophilen Unkrautgesellschaften in der Eurosibirischen Region Europas. - Mitt. Flor.-soz. Arb. gem. N.F. **2**: 94-171.

TÜXEN, R. (1967): Ausdauernde nitrophile Saumgesellschaften Mitteleuropas. - Contrib. Bot. Cluj, 1967 (Festschrift Borza): 431-453.

TÜXEN, R. (1979): Die Pflanzengesellschaften Nordwestdeutschlands. - 2., völlig neu bearb. Aufl. Lfg. 2. - Vaduz. 212 S.

WALTER, H. (1963): Über die Stickstoffansprüche (die Nitrophilie) der Ruderalpflanzen. - Mitt. Flor.-soz. Arb.gem. N. F. **10**: 56-69.

WARMING, E. (1902): Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie. 2. Aufl. übers. v. E. KNOBLAUCH, bearb. v. P. GRAEBNER. - Berlin. VIII, 442 S.

WENDLAND, F., ALBERT, H., BACH, M. & SCHMIDT, R. (Hrsg.) (1993): Atlas zum Nitratstrom in der Bundesrepublik Deutschland. - Berlin, Heidelberg, New York. XI, 96 S.

WERNER, W. (1983): Untersuchungen zum Stickstoffhaushalt einiger Pflanzenbestände. - Göttingen. 95 S. (Scripta Geobotanica **16**).

WILMANNS, O. (1998): Ökologische Pflanzensoziologie. 6. Aufl. - Wiesbaden. 405 S. (UTB 269).

WITTIG, R. & WITTIG, M. (1996): Spontane Dorfvegetation in Westfalen. - Decheniana **139**: 99-122.

Anschrift des Verfassers:
Prof. Dr. Dietmar Brandes, Arbeitsgruppe für Vegetationsökologie und experimentelle Pflanzensoziologie, Botanisches Institut und Botanischer Garten der Technischen Universität Braunschweig, Gaußstr. 7, D-38023 Braunschweig

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft

Jahr/Year: 1999

Band/Volume: 11

Autor(en)/Author(s): Brandes Dietmar

Artikel/Article: Standortfaktor Stickstoff - Nitrophytenvegetation in Europa 305-320