

## Vegetationsentwicklung junger selbstbegrünter Ackerbrachen und Beziehungen zum Stickstoff-Haushalt

Rainer Waldhardt und Wolfgang Schmidt

### Synopsis

Early stages of plant succession of unsown fallow fields are described as a function of time and of ecological conditions. Special attention is directed towards the mineralization of nitrogen, the nitrogen uptake of the plants, nitrate concentrations in the soil and nitrate leaching.

The vegetation is characterized by annual arable weeds in the first year and the invasion of ruderal and grassland perennials in the second and third year. Mineralization rates of nitrogen of about 20 to 200 kgN·ha<sup>-1</sup> are related to the indicator values for nitrogen (ELLENBERG 1991) of the vegetation. As long as annuals were dominant, nitrate releases of about 100 kgN·ha<sup>-1</sup> were measured.

*Flächenstilllegung, Ackerbrachen-Sukzession, Stickstoff-Nettomineralisation, Nitratauswaschung*

### 1. Einleitung

Die Vegetationsentwicklung auf Ackerbrachen ist das klassische Beispiel für eine progressive Sekundär-Sukzession. Sie beginnt im Normalfall mit einem Therophyten-Stadium, welches bereits nach wenigen Jahren von einem Hemikryptophyten-Stadium abgelöst wird. Ein Stauden-Gebüsch-Stadium leitet schließlich zum Vorwald-Stadium über (vgl. u.a. STÄHLIN & al. 1972, v. BORSTEL 1974, HARD 1975, SCHIEFER 1980, SCHMIDT 1981). Zahlreiche Faktoren beeinflussen die Sukzession, so daß diese auf Artniveau recht variabel verläuft. Nach GIGON (1975) überwiegen in jungen Sukzessionsstadien Kausalbeziehungen (Ursache-Wirkung-Beziehungen) sowie positive Rückkopplungen (sich aufschaukelnde Wechselwirkungen), in älteren Sukzessionsstadien negative Rückkopplungen (stabilisierende Wechselwirkungen). Die "ungestörte" Sukzession wird durch beabsichtigte oder (scheinbar) zufällige Eingriffe zur "gelenkten" oder "gestörten" (vgl. SCHMIDT 1981).

Unter den Faktoren, die den Sukzessionsverlauf beeinflussen, ist der mineralische Stickstoff im Boden aus zumindest zwei Gründen besonders wichtig. (1) Seine Verfügbarkeit limitiert nach TILMAN (1987) auf jungen Brachflächen die Sukzession. (2) Der auf jungen Ackerbrachen fast ausschließlich in Form des Nitrats vorliegende Mineralstickstoff kann besonders aus leichten Böden ausgewaschen werden.

Im folgenden wird die standortsbezogene Vegetationsentwicklung selbstbegrünter Ackerbrachen im ersten bis dritten Brachejahr unter besonderer Berücksichtigung der N-Nettomineralisation dargestellt. Zur Beurteilung der Gefahr der Nitratauswaschung werden die Höhe der N-Nettomineralisation und des Boden-Nitratgehaltes sowie die Physiognomie der Vegetation und die Dynamik ihres N-Vorrates verglichen. Die Untersuchungen erfolgten im Rahmen eines von WALDHARDT & SCHMIDT (1991) vorgestellten Forschungsvorhabens.

### 2. Untersuchungsflächen

Die untersuchten 54 selbstbegrünter Ackerbrachen fielen 1989 bzw. 1990 im Rahmen des EG-weiten Flächenstilllegungs-Programms brach. Sie liegen im südniedersächsischen Hügelland (Höhenlagen zwischen 100 und 400 m über NN, subatlantisches Klima). Als bodenbildende Formationen überwiegen Muschelkalk, Keuper, Mittlerer und Oberer Buntsandstein. Im südwestlichen Harzvorland kennzeichnen feinerdearme Schotterböden einige der Brachen. Äcker auf nährstoffreichen diluvialen Böden wurden nur vereinzelt stillgelegt.

Streng genommen waren neun der untersuchten Brachen nicht selbstbegrünt. Einsaaten von zumeist *Lolium perenne* und *Trifolium repens* erreichten jedoch im Untersuchungszeitraum auf keiner der Flächen Deckungsgrade von über 30%. Auch auf einigen nicht eingesäten Brachen kamen als Folge zeitweiligen Feldfutter-Anbaus diese Arten mit vergleichbaren Deckungsgraden vor.

Vor Brachlegung wurden auf den durchschnittlich 2 ha großen Schlägen überwiegend Winterweizen, Wintergerste und Wintererbsen angebaut. Eine Bestellung mit Silomais erfolgte nur auf drei Flächen. Etwa die Hälfte der untersuchten Brachen wurde zwischen Juli und Oktober gemulcht.

### 3. Methoden

Die Vegetation der Brachen wurde über einen Zeitraum von jeweils drei Jahren auf fest eingemessenen Dauerquadraten der Größe 10 m x 10 m aufgenommen. Je Brache wurde in der Regel nur eine Aufnahme­fläche etwa 30 m von ihrem Rand entfernt eingemessen. Die Deckungsgrade der Pflanzenarten wurden in einer Prozent­skala geschätzt. Einige der Brachen wurden nach dem zweiten Brachejahr umgebrochen und dann erneut lie­gen­gelassen. Die im Jahr nach dem Umbruch aufgenommene Vegetation wurde in der vorliegenden Auswer­tung nicht berücksichtigt.

Im ersten Brachejahr erfolgten bodenchemische Untersuchungen und eine Befragung der Bewirtschafter zur Nutzungsgeschichte. Auf 10 Brachen wurden in zwei aufeinanderfolgenden Jahren die N-Nettomineralisation nach der Freilandbebrütungsmethode (GERLACH 1973) sowie die aktuellen Mineralstickstoffgehalte in den Bodentiefen 0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm bestimmt. Die Probenahme erfolgte im Bereich einer 10 m x 10 m großen, der Aufnahme­fläche angrenzenden Teilfläche. 1991 wurden außerdem die oberirdische Phytomasse und deren N-Gehalte ermittelt. Aufgrund zu erwartender kleinräumiger Varianz des N-Haushaltes erfolgte die Ernte (fünf bis sieben Termine) der Phytomasse in unmittelbarer Nähe zur Aufnahme­fläche auf 1 m<sup>2</sup> großen Parzellen in vierfacher Wiederholung.

### 4. Witterungsverlauf

Kennzeichnend für den Zeitraum von Herbst 1988 bis Sommer 1992 waren milde Winter und ausgesprochen niederschlagsarme Vegetationsperioden mit überdurchschnittlich hohen Lufttemperaturen.

### 5. Ergebnisse

#### 5.1. Vegetationsentwicklung

Die Vegetationsentwicklung auf 54 Aufnahme­flächen (gelegen auf 52 Ackerbrachen) ist in Tab. 1 zusammenge­faßt für sechs Aufnahme­gruppen (Einheiten) auszugsweise dargestellt. Stetigkeiten und arithmetische Mittel der Deckungsgrade der insgesamt 256 Arten wurden zur Differenzierung der Einheiten herangezogen. Eine "sozio­logische Benennung" der Einheiten unterbleibt, da in diesen, Übergangsstadien der frühen Sukzession zusam­mengefaßt sind. Standortdaten sind Tab. 2 zu entnehmen und werden im Text ergänzt. Angaben zu den Lebensformen und zum ökologischen Verhalten der Arten folgen ELLENBERG (1991).

Allgemein dominieren im ersten Brachejahr bei mittleren Gesamt-Deckungsgraden von etwa 70% Ackerwild­krautarten mit weiter ökologischer Amplitude (z.B. *Capsella bursa-pastoris*, *Stellaria media*, *Tripleurospermum inodorum*). Sie werden im zweiten und dritten Brachejahr in den zunehmend dichteren Beständen (mittlere Gesamt-Deckungsgrade bis 94%) seltener. *Tripleurospermum inodorum* verhält sich, möglicherweise begünstigt durch die milden Winter im Untersuchungszeitraum, entgegen ELLENBERG (1991) nicht als obligater Thero­phyt und leitet zur Gruppe der Ruderalarten über. Die Stetigkeiten und Deckungsgrade dieser Arten (z.B. *Cir­sium vulgare*), wie auch die weit verbreiteter Wiesenarten (z.B. *Poa trivialis*), nehmen in den ersten drei Brache­jahren zu.

Kalkzeigende Ackerwildkrautarten wie *Euphorbia exigua* und *Veronica polita* sowie einige mehrjährige Arten (*Daucus carota*, *Medicago lupulina*) kennzeichnen die Einheiten 1 und 2 mit mehr oder weniger skelettreichen, stets carbonathaltigen und lehmigen bis tonigen Böden. Auf standörtlich vergleichbaren Ackerflächen ist unter Getreide das heute jedoch meist stark verarmte Caucalido-Adonidetum aestivalis (R.Tx.50) ausgebildet (vgl. WALDHARDT & SCHMIDT 1990). Etwa die Hälfte dieser Brachen (Einheit 1) wurde sehr schnell von *Bromus sterilis* erobert. Bereits im zweiten Brachejahr erreichte die Taube Trepse Deckungsgrade bis etwa 80%. Mit einer früh anfallenden und sich insbesondere bei Trockenheit nur langsam zersetzenden Streu stellt diese aggressive Grasart eine erhebliche Konkurrenz für zahlreiche der übrigen Arten dar. Trotzdem steigen in Ein­heit 1 die mittleren Artenzahlen von 28,1 im ersten Brachejahr auf 40,0 im dritten Brachejahr an. Einige weitere Arten mit durchaus nicht einheitlichen ökologischen Ansprüchen (z.B. *Trifolium campestre*, *Inula conyza*) kenn­zeichnen neben *Bromus sterilis* die Brachen der Einheit 1. Diese Arten finden sich mit zuweilen größeren Indi­duenzahlen in der an die Brachen angrenzenden, vergleichsweise vielfältigen Vegetation (mehr oder weniger magere Wiesen und Weiden, Kalk-Magerrasen, Staudensäume an Gehölzen). Die meisten der in Einheit 2 zusammengefaßten und häufig im dritten Brachejahr verqueckten Brachen sind lediglich von weiteren Ackerflä­chen, Ackerrainen und Feldwegen umgeben.

Die Brachen der Einheiten 3 bis 6 sind im ersten Brachejahr durch das hochstete Vorkommen von *Matricaria chamomilla*, der Charakterart des Aphano-Matricarietum chamomillae (R.Tx.37), gekennzeichnet. Auf den carbo-

natarmen, lehmigen bis sandigen Böden sind unter Bewirtschaftung verschiedene Subassoziationen dieser Pflanzengesellschaft, auf den ärmsten Böden auch das Papaveretum argemone [(Libb. 32) Krusem. et Vlieg. 39], zu erwarten. Während die Deckungsgrade von *Matricaria chamomilla* zumeist rasch zurückgehen, nehmen Stetigkeiten und Deckungsgrade insbesondere von weit verbreiteten Grünlandarten wie *Holcus lanatus* zu. Einige Krumenfeuchtezeiger wie *Juncus bufonius* und *Plantago intermedia*, die wohl auch aufgrund der Trockenheit im Untersuchungszeitraum nur vergleichsweise selten aufliegen, verhalten sich hinsichtlich der Entwicklung ihrer Stetigkeiten und Deckungsgrade uneinheitlich.

**Tab. 1:** Auszug aus der Stetigkeitstabelle der Vegetation selbstbegrünter Ackerbrachen (1. bis 3. Brachejahr) mit Angabe arithmetischer Mittel der Deckungsgrade in Prozent.

Einheit / Brachejahr	1/1	1/2	1/3	2/1	2/2	2/3	3/1	3/2	3/3	4/1	4/2	4/3	5/1	5/2	5/3	6/1	6/2	6/3	
Anzahl der Aufnahmeff.	10	10	8	9	9	5	12	12	10	8	8	5	7	7	6	8	8	5	
Mittl. Artenzahl/100m²	28.1	35.0	40.0	29.0	26.8	32.6	25.4	23.1	24.3	30.9	32.4	31.4	31.4	30.7	34.3	29.0	32.4	39.6	
Mittl. Gesamt-Deckungsgrad (%)	70	85	83	75	86	86	69	85	87	73	90	91	77	93	94	73	78	84	
<i>Euphorbia exigua</i>	III 0.3	IV 0.1	III 0.2	III 0.4	II 0.3	I 0.1	I 0.2	+ 0.1											
<i>Veronica politica</i>	I 0.1	III 0.2	IV 0.4	III 0.1	II 0.1	I 0.1	II 3.4	I 0.1	I 1.5										
<i>Plantago lanceolata</i>	+ 0.2	II 0.9	I 0.1	I 0.2	I 0.2	I 0.2										I 0.2	I 0.2		
<i>Daucus carota</i>	+ 0.3	I 0.6	II 0.3	I 0.5	I 0.5	I 0.5													
<i>Medicago lupulina</i>	+ 1.0	II 2.6	I 0.1	I 0.5	I 1.0		I 0.2	I 0.2	+ 0.1									I 0.2	I 0.1
<i>Bromus sterilis</i>	II 4.1	III 22.0	III 45.0		I 1.0	II 1.8		+ 0.1	+ 0.5									I 10.0	
<i>Trifolium campestre</i>	II 0.3	IV 1.1	IV 0.5																
<i>Knautia arvensis</i>	II 0.1	III 0.2																	
<i>Knautia conyzia</i>	I 0.2	III 0.1																	
<i>Senecio jacobaeifolius</i>	I 0.1	III 0.1																	
<i>Matricaria chamomilla</i>	II 0.8	I 0.2	I 0.1	III 1.1	II 0.3		V 10.7	III 4.2	II 2.1	V 10.0	V 1.2	I 0.2	V 11.3	V 5.3	IV 1.8	IV 9.5	V 11.8	V 11.3	
<i>Apera spica-venti</i>	IV 2.5	IV 5.0	II 3.4	IV 3.0	III 4.4	IV 0.2	V 4.3	V 3.7	IV 8.9	V 11.2	V 4.7	III 0.2	V 7.7	V 12.2	V 6.9	V 21.3	V 27.5	V 28.0	
<i>Holcus lanatus</i>							I 0.3	II 1.4	II 0.4	II 0.6	IV 1.5	IV 2.8	II 2.8	III 3.4	IV 5.9	II 5.3	II 5.0	III 11.0	
<i>Juncus bufonius</i>							II 0.2			III 0.4	I 0.1	I 0.1	III 0.3	II 0.3	I 0.1	II 1.1	II 1.1	II 1.1	
<i>Polygonum hydropiper</i>							II 0.2			III 0.3	II 0.4	I 0.2	III 0.4	III 0.4	IV 0.1	I 0.1	II 0.7	III 0.1	
<i>Plantago intermedia</i>							I 0.3	II 0.7	II 0.1	III 0.3	II 0.4	I 0.2	III 0.4	III 0.4	IV 0.1	I 0.1	II 0.7	III 0.1	
<i>Galium aparine</i>	V 6.0	V 3.7	V 1.4	V 6.4	V 3.7	V 3.7	IV 3.4	V 0.7	IV 0.9	V 1.5	V 1.4	III 0.3	V 0.8	IV 0.7	IV 0.6	IV 0.8	IV 0.3	IV 0.2	
<i>Papaver rhoeas</i>	V 1.8	IV 1.7	III 0.9	V 10.7	V 6.9	V 1.2	III 2.5	II 3.6	+ 0.2	II 0.3			II 7.6	II 10.1		15.0	I 20.0		
<i>Thlaspi arvense</i>	II 4.2	+ 0.5	I 1.0	IV 8.3	III 4.3	III 0.2	III 2.9	II 1.9	III 0.3	II 1.0			II 1.3	I 0.1		I 0.5			
<i>Atriplex patula</i>	+ 0.2	I 0.1	I 0.1	II 5.5	I 0.2	I 0.1	II 0.4	I 0.2		I 0.5									
<i>Lactuca serriola</i>	II 1.0	IV 8.3	IV 4.2	II 0.3	III 0.3	V 0.5	I 0.6	III 16.0	II 2.1	II 0.1	II 0.6								
<i>Sambucus nigra</i>	+ 0.1	+ 0.1	I 0.2				+ 0.1	I 0.1	I 0.3										
<i>Arabisopsis thaliana</i>								+ 0.1		II 0.4	II 1.0	II 0.4	V 0.9	V 2.0	IV 1.4	IV 4.5	V 6.5	V 3.8	
<i>Vicia hirsuta</i>								+ 0.5	+ 0.5	III 0.2	III 1.5	III 1.8	III 1.4	IV 1.2	V 0.6	III 0.3	IV 3.1	V 5.8	
<i>Centauria cyanus</i>							I 1.0	I 0.2		I 1.0	I 0.2		III 1.2	III 2.0	III 1.7	III 1.2	III 2.0	III 1.7	
<i>Agrostis tenuis</i>							I 0.5	II 2.6		I 0.5	II 2.6	I 1.0	I 1.0	III 5.7	IV 3.9	I 2.0	II 0.4	I 1.0	
<i>Holcus mollis</i>							I 0.5	I 1.0	II 1.0	I 0.2	I 1.0	I 0.2	I 1.0	I 0.5	I 0.5	I 2.0	I 2.0	I 1.0	
<i>Conyza canadensis</i>							II 0.2	I 1.0	I 0.2	II 0.2	I 1.0	I 0.2				I 0.1	+ 1.0	III 5.1	
<i>Agropyron repens</i>	II 0.7	III 0.7	IV 4.1	V 7.1	V 28.4	V 36.0	IV 10.3	V 19.1	IV 33.3	V 4.3	V 17.5	V 40.0	III 6.2	III 17.5	IV 30.1	II 0.5	II 0.7	II 2.0	
<i>Artemisia vulgaris</i>							I 0.2	I 1.0	I 0.1	+ 0.1	+ 0.2		II 0.6	II 0.8					
<i>Cirsium arvense</i>	II 0.4	IV 0.7	IV 1.6	II 0.2	III 1.3	IV 4.8	III 0.4	IV 0.9	IV 3.7	V 2.5	V 9.5	V 10.0	III 0.2	II 3.0	III 2.7	II 0.1	II 0.3	II 2.8	
<i>Urtica dioica</i>							+ 0.5	+ 0.5	+ 0.3	II 0.6	II 5.5	I 1.0	I 1.0	II 1.1	I 0.2	II 0.3	II 1.0		
<i>Rumex obtusifolius</i>							+ 0.2			II 0.3	IV 0.7	IV 1.1	I 1.0	I 2.0	II 1.1				
<i>Arenaria serpyllifolia</i>	II 1.2	II 4.7	I 0.2										II 0.5	II 1.0		I 0.1	II 0.6	I 0.1	
<i>Trophitis verna</i>	+ 0.3	III 1.2	IV 1.9	I 1.0	II 0.3	III 1.1				III 1.8	II 1.6		II 0.3	II 1.6	II 2.6				
<i>Hypochaeris perratonis</i>																			
<i>Capsella bursa-past.</i>	III 2.0	III 2.3	I 0.3	IV 1.6	IV 0.2	III 0.2	III 1.1	II 0.5	III 0.1	IV 1.8	I 0.2	I 0.2	III 1.4	I 1.0		V 0.8	IV 0.6	III 1.9	
<i>Stellaria media</i>	IV 4.6	II 3.0	II 0.8	III 3.0	II 0.6	I 0.2	IV 3.1	II 1.1	III 3.4	IV 3.3	III 0.6	II 0.2	III 2.0	I 0.2		V 2.8	IV 1.7	IV 2.6	
<i>Trifolium pratense</i>	IV 3.0	IV 5.0	V 3.7	III 1.0	IV 6.8	V 1.4	II 3.7	IV 1.7	III 4.5	IV 3.4	IV 5.1	II 1.6	III 4.1	III 4.3	II 7.7	IV 9.7	IV 6.8	IV 4.8	
<i>Trifolium repens</i>	III 0.6	IV 1.0	V 1.8	III 1.3	III 0.7	II 0.7	II 0.2	III 1.0	II 4.6	I 0.5	III 0.5	II 0.4	I 0.5	III 0.6	III 1.3	II 0.3	IV 2.1	III 0.4	
<i>Poa trivialis</i>	II 4.1	III 15.3	IV 9.2	II 5.5	III 13.6	III 18.3	II 0.7	III 1.2	III 6.2	IV 0.7	III 2.9	V 18.1	III 18.1	V 18.2	V 18.3	II 0.3	IV 1.1	III 1.1	

**Tab. 2:** Bodenkennwerte der in Tab.1 unterschiedenen Aufnahmegruppen (Einheiten) selbstbegrünter Ackerbrachen.

Einheit	Bodenart	pH (KCl)	CaCO <sub>3</sub> (%)		C <sub>org</sub> (%)		N <sub>t</sub> (%)		C/N	
			x	s	x	s	x	s	x	s
1	Ut - T1	6.7	15.6	23.6	1.98	0.87	0.19	0.09	10.9	1.6
2	Ut - T1	6.5	9.7	12.5	2.19	0.98	0.21	0.08	10.5	0.8
3	Ut - Lt	6.4	1.8	3.6	1.48	0.39	0.15	0.02	10.2	1.8
4	S1 - Lt	5.1	0.0	0.0	1.59	0.51	0.14	0.04	11.6	0.9
5	Us - U1	5.3	0.0	0.0	1.18	0.30	0.10	0.03	11.6	1.0
6	Su - U1	4.9	0.0	0.0	0.99	0.16	0.09	0.02	11.0	1.6

"x" Mittelwerte, "s" Standardabweichungen

Nährstoffzeiger wie *Galium aparine* und *Atriplex patula* werden von Einheit 3 zu Einheit 6 deutlich seltener und weniger wüchsig, während Magerkeitszeiger (*Arabidopsis thaliana*, *Agrostis tenuis* u.a.) einen zunehmenden Anteil an der Vegetation ausmachen. Viele der in den Einheiten 3 bis 5 zusammengefaßten, überwiegend schluffigen bis lehmigen Böden verqueckten. *Cirsium arvense* und einige weitere stickstoffzeigende Hemikryptophyten erreichen auf Brachen der Einheit 4 (zumeist Aueböden, die zuvor weniger als 30 Jahre lang ackerbau-lich genutzt worden waren) ihre höchsten Deckungsgrade. Allein die Brachen der Einheit 6 mit überwiegend sandigen bis schluffigen, zum Teil flachgründigen Böden sind auch im dritten Brachejahr, nach auffallend niedri- gem mittlerem Gesamt-Deckungsgrad im Vorjahr, noch durch typische Aperaletalia-Arten (*Apera spica-venti*, *Matri- caria chamomilla*, *Centaurea cyanus*) gekennzeichnet.

Auch in den Einheiten 3 bis 6 verläuft die Sukzession in Abhängigkeit zur angrenzenden Vegetation. Grünland- arten wie *Phleum pratense* und *Crepis biennis* erreichen auf den an Grünland angrenzenden Brachen (60% in den Einheiten 3 bis 5 und 25% in Einheit 6) deutlich höhere Stetigkeiten und Deckungsgrade als auf den nur von Äckern umgebenen Flächen.

*Arenaria serpyllifolia* und *Erophila verna* weisen auf trockene Böden in den Einheiten 1 und 2 sowie 5 und 6 hin. Auch *Hypericum perforatum* wurde zumeist in diesen Einheiten aufgenommen.

Die Vegetation zweier weiterer Brachen läßt sich nicht in die beschriebenen Einheiten einordnen. Die Böden beider Brachen sind ausgesprochen sauer (pH in KCl 3,8). Nach Bodenerosion dominierten auf einer an ein Luzulo-Fagetum angrenzenden Pseudogley-Parabraunerde bereits im zweiten Brachejahr *Holcus mollis* und *Rumex acetosella*. Diese Aufnahmefläche (Nr. 92 in Tab. 3) blieb mit unter 10 Arten artenarm. Auf einem feiner- dearmen Schotterboden entwickelte sich dagegen eine artenreiche Vegetation. *Rumex acetosella*, *Trifolium arvense*, *Reseda luteola* und *Echium vulgare* wuchsen zusammen mit etwa 40 weiteren Arten.

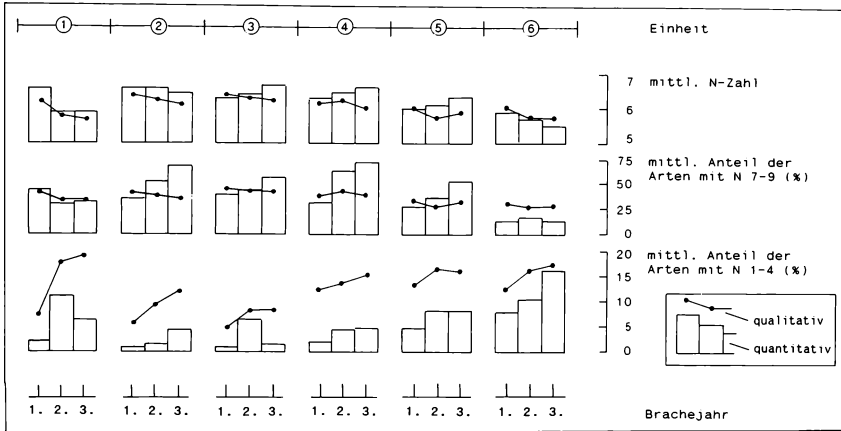
Verschiebungen im Anteil der Lebensformen kennzeichnen die beginnende Sukzession auf Ackerbrachen als Wettbewerb zwischen Therophyten und Hemikryptophyten (SCHMIDT 1981). In den vorgestellten sechs Auf- nahmegruppen verlief dieser Wettbewerb recht unterschiedlich. Der Deckungsgradanteil der Therophyten liegt in den Einheiten 1 und 6 auch im dritten Brachejahr noch über 50%. In den übrigen Einheiten nimmt er deut- lich stärker, in Einheit 4 auf 3,8%, ab. Im mehrjährigen Therophyten-Stadium der Einheiten 1 und 6 steigen zudem die mittleren Artenzahlen vom ersten zum dritten Brachejahr deutlich stärker an als in den übrigen Ein- heiten.

Ein Einfluß des Mulchens auf die Artenvielfalt der untersuchten Brachen ist nicht zu erkennen. Nur wenige Arten erreichen auf den nicht gemulchten Brachen deutlich höhere Stetigkeiten (*Lactuca serriola*) oder Dek- kungsgrade (*Alopecurus myosuroides*, *Lactuca serriola*, *Urtica dioica*, *Cirsium vulgare*).

## 5.2 Beziehungen zwischen Vegetationsentwicklung und N-Haushalt

Die arithmetischen Mittel der N-Zahlen für die beschriebenen Einheiten 1 bis 6 (Abb. 1) lassen eine unter- schiedliche Versorgung der Brachen mit Mineralstickstoff erwarten. Die qualitativen, nur unter Berücksichtigung der Präsenz einer Art berechneten mittleren N-Zahlen, liegen in den Einheiten 1 und 6 insbesondere im dritten Brachejahr niedriger als in den übrigen Einheiten. Abnehmende quantitative mittlere N-Zahlen (berechnet unter Berücksichtigung der Deckungsgrade der Arten) in den Einheiten 1 und 6 weisen ebenfalls auf eine geringere Mineralstickstoff-Versorgung in diesen Einheiten hin. Da die Bildung arithmetischer Mittel jedoch umstritten ist (vgl. KOWARIK & SEIDLING 1989), sind zusätzlich die Anteile der Arten mit N-Zahlen von 1 bis 4 ("Magerkeits-

zeiger") bzw. von 7 bis 9 ("N-Zeiger") dargestellt. Demnach sind die Unterschiede der quantitativen mittleren N-Zahlen insbesondere auf die Zunahme der Deckungsgrade der N-Zeiger in den Einheiten 2 bis 5 und eine entsprechende Zunahme der Magerkeitszeiger in den Einheiten 1 und 6 zurückzuführen. Die vergleichsweise niedrige qualitative mittlere N-Zahl der Einheit 1 ist überwiegend eine Folge des hohen Anteils der Magerkeitszeiger an der Gesamtzahl der Arten. In Einheit 6 treten dagegen die N-Zeiger qualitativ deutlich zurück.



**Abb. 1:** Stickstoff-Zahlen (nach ELLENBERG 1991) der Vegetation der in Tab.1 unterschiedenen Aufnahme-gruppen (Einheiten) selbstbegrünter Ackerbrachen (1. bis 3. Brachejahr).

Die Ergebnisse des N-Brutversuchs (Tab. 3) bestätigen die aus der Auswertung der N-Zeigerzahlen abgeleiteten Unterschiede in der Minerstickstoff-Versorgung. Allein auf Brachen der Einheiten 3 und 4 wurden deutlich über  $100 \text{ kgN}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot 30\text{w}^{-1}$  nachgeliefert. Allerdings lieferten auch hier im Juli 1991 bebrütete Proben aus der Bodentiefe 30-40 cm nur noch maximal  $1 \text{ kgN}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot 1\text{w}^{-1}$  nach. Unterhalb des ehemaligen Pflughorizonts ist demnach nur mit einer geringen Mineralisation zu rechnen.

Aufgrund der ausgesprochenen Sommertrockenheit wurde die N-Mineralisation auf einigen Brachen zeitweise gehemmt. Es ist davon auszugehen, daß bei höheren Niederschlägen insbesondere die Brachen mit geringer N-Nettomineralisation mehr Mineralstickstoff nachgeliefert hätten (vgl. WALDHARDT & SCHMIDT 1991).

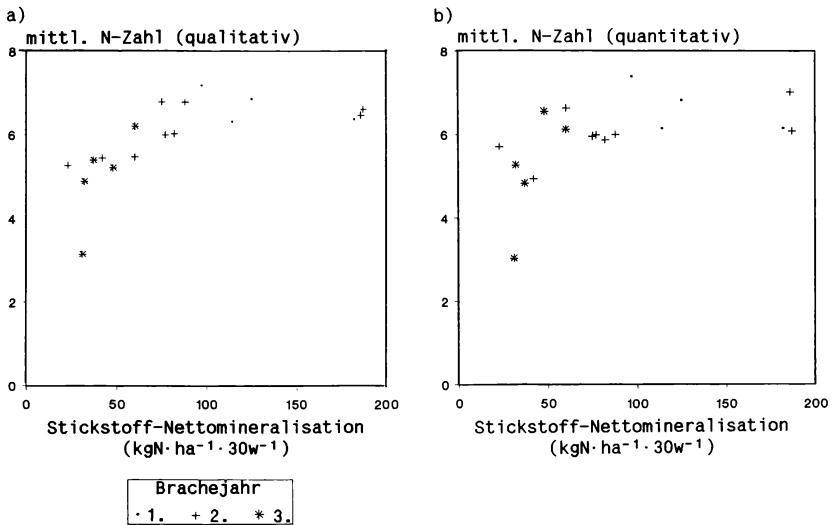
Die nachgelieferten N-Mengen und die qualitativen mittleren N-Zahlen der zugehörigen Vegetationsaufnahmen zeigen eine enge positive Korrelation (Abb. 2a). Weniger eng ist die Beziehung zwischen nachgelieferten N-Mengen und quantitativen mittleren N-Zahlen (Abb. 2b). Bei Massenentwicklung anemochorer Arten mit der N-Zahl 7 (z.B. *Taraxacum officinale*) ergeben sich "zu hohe" mittlere N-Zahlen, Massenentwicklung von *Lactuca serriola* (N-Zahl 4) führt zu "zu niedrigen" Werten. Die Massenentwicklung dieser Arten kennzeichnet nicht die Mineralisationsleistung von Ackerbrachen. Sie tritt vielmehr immer dann ein, wenn ein entsprechender Diasporeneintrag bei noch lückiger Vegetation erfolgt. Zur Beurteilung der Mineralisationsleistung einzelner Ackerbrachen sollten daher vorrangig die qualitativ berechneten mittleren N-Zahlen herangezogen werden (vgl. auch ELLENBERG 1991). Es sei jedoch darauf hingewiesen, daß die Berechnung von Korrelationskoeffizienten für die dargestellten Beziehungen nach mathematisch-statistischen Kriterien nicht zulässig ist. Wie bereits erwähnt, ist bereits die Bildung arithmetischer Mittel von Zeigerwerten umstritten.

Der im Brutversuch nachgelieferte Mineralstickstoff ist, auch abgesehen von methodischen Problemen (vgl. GERLACH 1973), nicht direkt mit dem den Höheren Pflanzen zur Verfügung stehenden Mineralstickstoff gleichzusetzen. Über den Niederschlag erfolgen Mineralstickstoff-Einträge von etwa  $20 \text{ kgN}\cdot\text{ha}^{-1}$  und Jahr (MEIWES & BEESE 1988). Weitere Einflußgrößen des N-Haushaltes wie Denitrifikation,  $\text{N}_2$ -Fixierung und pflanzeninterne N-Verlagerungen wurden nicht untersucht.

**Tab. 3:** Stickstoff-Nettomineralisation im ehemaligen Pflughorizont selbstbegrünter Ackerbrachen (1. bis 3. Brachejahr).

Fläche-Nr.	Einheit	Bodentyp	ehem. Pflughorizont (cm)	Brachejahr		
				1.	2.	3.
				N-Nettomineralisation (kgN·ha <sup>-1</sup> ·30w <sup>-1</sup> )		
385	1	Rendzina	30		23	32
210	1	Rendzina	15		60	48
RII	3	Rendzina	30	125*	73	
RV	3	Kolluvium	30	97*	88	
MIV	3	Kolluvium	30	182*	187	
308	4	Auengley	30		186	196
MI	6	Braunerde	30	114*	82	
340	6	Braunerde	30		77	60
334	6	Ranker	30		42	37
92		Pseudogley-Parabraunerde	30			31

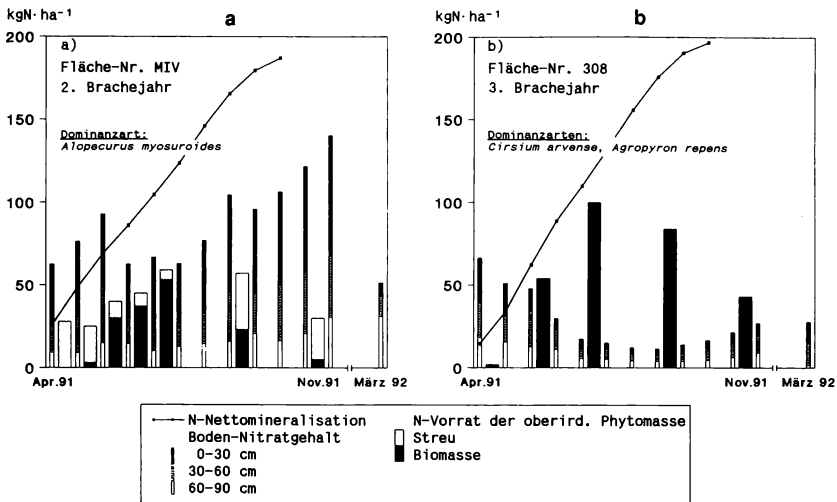
(\* nach KUPER 1992)



**Abb. 2:** Beziehung zwischen mittlerer Stickstoff-Zahl der Vegetation und Stickstoff-Nettomineralisation selbstbegrünter Ackerbrachen im ersten bis dritten Brachejahr.

### 5.3. Beurteilung der Gefahr der Nitratauswaschung

Ergebnisse der Untersuchungen zur Beurteilung der Gefahr der Nitratauswaschung können an dieser Stelle nur kurz vorgestellt werden. (1) Aufwuchs von Ausfall-Raps mit Deckungsgraden um 50% verhinderte selbst bei einer Nachlieferung von etwa 200 kgN·ha<sup>-1</sup>·30w<sup>-1</sup> eine Nitratanreicherung im Boden. KUPER (1992) fand in einer Bodentiefe bis 30 cm Nitratgehalte unter 20 kgN·ha<sup>-1</sup>. Nach Absterben des Raps-Aufwuchses wurde der gebundene Stickstoff jedoch innerhalb weniger Monate mineralisiert. Die nun überwiegend aus *Alopecurus myosuroides* bestehende Vegetation vermochte nur einen Teil des gebildeten Nitrats zu binden (Abb. 3a). Der Boden-Nitratgehalt (Bodentiefe 0-90 cm) stieg bis zum Ende der Vegetationsperiode auf etwa 150 kgN·ha<sup>-1</sup> an und nahm bis März des Folgejahres um etwa 100 kgN·ha<sup>-1</sup> ab. Es ist davon auszugehen, daß der überwiegende Teil dieser Nitratmenge ausgewaschen wurde. (2) Dominanz von *Cirsium arvense* und *Agropyron repens* verhinderte auf einer ebenfalls etwa 200 kgN·ha<sup>-1</sup>·30w<sup>-1</sup> nachliefernden Brache die Nitratauswaschung weitgehend (Abb. 3b). Auch als der N-Vorrat der oberirdischen Phytomasse im Herbst deutlich abnahm, kam es nur zu einem leichten Anstieg des Boden-Nitratgehaltes. Die Hemikryptophyten verlagerten offenbar größere N-Mengen in ihre unterirdischen Speicherorgane (vgl. HAHN & al. 1979).



**Abb. 3:** Stickstoff-Nettomineralisation, Boden-Nitratgehalte und Stickstoff-Vorräte der oberirdischen Phytomasse selbstbegründer Ackerbrachen.

(3) Auf Brachen mit einer N-Nettomineralisation unter  $100 \text{ kgN}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot 30\text{w}^{-1}$  wurden nur kurzfristig nach Mulchen im Juni und Juli Boden-Nitratgehalte bis etwa  $25 \text{ kgN}\cdot\text{ha}^{-1}$  gemessen. (4) Auf zwei Brachen mit einer N-Nettomineralisation unter  $40 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot 30\text{w}^{-1}$  war der Anteil mehrerer Fabales (Leguminosae) (*Vicia*-, *Trifolium*- und *Medicago*-Arten) an der oberirdischen Biomasse auffallend hoch. Auch waren die N-Gehalte der durch Symbiose mit *Rhizobium*-Arten an mineralstickstoffarme Böden angepaßten Leguminosen mit 2,5 bis 4,9% etwa doppelt so hoch wie die der übrigen Arten.

## 6. Diskussion

In mehreren Arbeiten zur Ackerbrachen-Sukzession (BÜRING 1970, MEISEL & v. HÜBSCHMANN 1973, v. BORSTEL 1974, HARD 1975, SCHMIDT 1975, SCHIEFER 1980) wurde bereits eine standortsbezogene Vegetationsentwicklung beschrieben. Trotz weiterer Nutzungsintensivierung in den 70er und 80er Jahren und einhergehender Verarmung der Agrarlandschaft verläuft die frühe Sukzession auf Ackerbrachen auch heute nicht uniform. Einzelne "Problemarten" wie etwa *Bromus sterilis*, die sich erst in den letzten beiden Jahrzehnten auch auf bewirtschafteten Ackerflächen ausbreiteten (HÄMPKE 1990), spielen jedoch im Sukzessionsverlauf heute eine größere Rolle.

Die enge Beziehung zwischen nachgeliefertem Mineralstickstoff und qualitativ berechneten mittleren N-Zahlen der Vegetation, aber auch ein länger andauerndes Therophyten-Stadium auf Brachen mit niedrigen mittleren N-Zahlen bekräftigen die von TILMAN (1987) genannte, den Sukzessionsverlauf junger Brachflächen limitierende Wirkung des Mineralstickstoffs. Auch SCHMIDT (1988) beobachtete in einem Lysimeterbecken-Versuch noch im dritten Versuchsjahr eine Dominanz von Therophyten auf einem relativ trockenen und nährstoffarmen Sandboden, während auf unmittelbar benachbarten Versuchsfeldern mit lehmigem Boden *Salix*-Arten bereits eine Höhe von bis zu 3 m erreicht hatten.

Neben dem Mineralstickstoff beeinflussen jedoch weitere Faktoren den Verlauf und die Geschwindigkeit der Sukzession. So zeigen die differenzierte Vegetationsentwicklung in den Einheiten 1 und 2 sowie der noch im dritten Brachejahr hohe Deckungsgradanteil annueller Arten in Einheit 6 Beziehungen zur angrenzenden Vegetation. Einen "Distanzeffekt" beschreiben auch BORSTEL (1974) und HARD (1975). Der Diasporenvorrat im Boden (vgl. SCHMIDT 1981) sowie Bodenverdichtung und Schädigung der Bodenstruktur (HARD 1975) sind als weitere Faktoren zu nennen. Regressive Eingriffe wie Mulchen oder Mahd führen etwa ab dem fünften Brachejahr zu einer grünlandähnlicheren Vegetation (vgl. BORSTEL 1974, SCHMIDT 1981).

Die Gefahr der Nitratauswaschung ist insbesondere auf Brachen mit hoher N-Nettomineralisation (Aueböden, Lößlehm, Hanglehm) groß, solange annuelle Pflanzenarten dominieren. Ihr Anteil nimmt jedoch auf Aueböden, die erst seit wenigen Jahrzehnten ackerbaulich genutzt werden und an Grünland angrenzen, bereits im zweiten Brachejahr deutlich ab. Wo vor der Brachlegung Arten wie *Agropyron repens* und *Cirsium arvense* intensiv bekämpft wurden und der Diasporeneintrag mehrjähriger Arten gering ist, können Therophyten auch noch im drit-

ten Brachejahr dominieren. Zur Verhinderung erheblicher Nitratauswaschung über einen mehrjährigen Zeitraum sollte in solchen Fällen eine standortsbezogene Einsaat erfolgen. Eine die N-Mineralisation fördernde Bodenbearbeitung wird vermieden, wenn zur Begrünung mehrjährige Gräser (*Lolium perenne*, *Dactylis glomerata* u.a.) als Untersaaten der vor Brachlegung zuletzt angebauten Kultur eingesetzt werden (SMUKALSKI & ROGASIK 1992). BISCHOFF (1992) empfiehlt Einsaat-Mischungen aus Gräsern und einjährigen Arten, die schnell größere N-Mengen aufnehmen (z.B. *Sinapis arvensis*), wenn die Begrünung erst nach der letzten Ernte erfolgen kann. Die Einsaat von Leguminosen ist zu vermeiden (vgl. WALDHARDT & SCHMIDT 1991).

### **Danksagung**

Die Untersuchungen wurden 1989 und 1990 durch eine Sachbeihilfe des Niedersächsischen Ministeriums für Wissenschaft und Kunst gefördert.

### **Literatur**

- BISCHOFF, R., 1992: Wirkung von Grünbrache auf die N-Dynamik, den Unkrautwuchs und den Ertrag der Folgekulturen. - VDLUFA-Schriftenreihe 35 (im Druck).
- BORSTEL, U.-O. von, 1974: Untersuchungen zur Vegetationsentwicklung auf ökologisch verschiedenen Grünland- und Ackerbrachen hessischer Mittelgebirge (Westerwald, Rhön, Vogelsberg). - Diss. Univ. Gießen: 159 S.
- BÜRING, H., 1970: Sozialbrache auf Äckern und Wiesen in pflanzensoziologischer und ökologischer Sicht. - Diss. Univ. Gießen: 81 S.
- ELLENBERG, H., 1991: Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. - Scripta Geobot. 18: 248 S.
- GERLACH, A., 1973: Methodische Untersuchungen zur Bestimmung der Stickstoffmineralisation. - Scripta Geobot. 5: 115 S.
- GIGON, A., 1975: Über das Wirken der Standortfaktoren; kausale und korrelative Beziehungen in jungen und reifen Stadien der Sukzession. - Mitt. Eidgen. Anst. Forstl. Versuchsw. 51: 25-35.
- HÄMPKE, K., 1990: Keimung verschiedener Bromus ssp. und ihre Entwicklung im Getreide - Ausbreitungsursachen in der landwirtschaftlichen Praxis. - Diplomarb. Univ. Göttingen.
- HAHN, W., WOLF, A. & W. SCHMIDT, 1979: Untersuchungen zum Stickstoff-Umsatz von Tussilago farfara- und Agropyron repens-Beständen. - Verh. Ges. Ökol. 7: 369-380.
- HARD, G., 1975: Vegetationsdynamik und Verwaldungsprozesse auf den Brachflächen Mitteleuropas. - Erde 106: 243-276.
- KOWARIK, I. & W. SEIDLING, 1989: Zeigerwertberechnungen nach ELLENBERG - Zu Problemen und Einschränkungen einer sinnvollen Methode. - Landschaft u. Stadt 21: 132-143.
- KUPER, H., 1992: Vegetations- und bodenkundliche Untersuchungen auf drei jungen Brachen in Intensivagrarlandschaften. - Diplomarb. Univ. Göttingen.
- MEISEL, K. & A. von HÜBSCHMANN, 1973: Grundzüge der Vegetationsentwicklung auf Brachflächen. - Natur u. Landschaft 48: 70-74.
- MEIWES, J. & F. BEESE, 1988: Ergebnisse der Untersuchung des Stickstoffhaushaltes eines Buchenwaldökosystems auf Kalkgestein. - Ber. d. Forschungszentrums Waldökosysteme Univ. Göttingen. Reihe B9: 1-142.
- SCHIEFER, J., 1980: Bracheversuche in Baden-Württemberg. Vegetations- und Standortentwicklung auf 16 verschiedenen Versuchsflächen mit unterschiedlichen Behandlungen (Beweidung, Mulchen, kontrolliertes Brennen, ungestörte Sukzession). Teil 1 (Textband) - Diss. Univ. Hohenheim: 274 S.
- SCHMIDT, W., 1981: Ungelenkte und gestörte Sukzession auf Brachäckern. - Scripta Geobot. 15: 199 S.
- SCHMIDT, W., 1988: An experimental study of old-field succession in relation to different environmental factors. - Vegetatio 77: 103-114.
- SMUKALSKI, M. & J. ROGASIK, 1992: Nitratsdynamik fertiler Ackerböden bei Übergang zu extensiver Nutzung. - VDLUFA-Schriftenreihe 35 (im Druck).
- STÄHLIN, A., STÄHLIN, L. & K. SCHÄFER, 1972: Über den Einfluß des Alters der Sozialbrache auf Pflanzenbestand, Boden und Landschaft. - Z. Acker- u. Pflanzenbau 136: 177-199.
- TILMAN, D., 1987: Secondary succession and the pattern of plant dominance along experimental nitrogen gradients. - Ecol. Monographs 54: 189-214.
- WALDHARDT, R. & W. SCHMIDT, 1990: Räumliches Vegetationsgefälle in Halm- und Hackfruchtäckern östlich von Göttingen. - Verh. Ges. Ökol. 19/2: 460-468.
- WALDHARDT, R. & W. SCHMIDT, 1991: Pflanzenartenzahlen und Boden-Nitratgehalte junger Ackerbrachen in Süd-Niedersachsen - eine erste Bewertung aus der Sicht des Naturschutzes. - Verh. Ges. Ökol. 20/1: 385-392.

### **Adresse**

Dipl.-Biol. Rainer Waldhardt, Prof. Dr. Wolfgang Schmidt, Systematisch-Geobotanisches Institut, Universität Göttingen, Untere Karspüle 2, D-W-3400 Göttingen



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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1993

Band/Volume: [22\\_1993](#)

Autor(en)/Author(s): Waldhardt Rainer, Schmidt Wolfgang

Artikel/Article: [Vegetationsentwicklung junger selbst begrünter Ackerbrachen und Beziehungen zum Stickstoff-Haushalt 175-182](#)