

FID Biodiversitätsforschung

Decheniana

Verhandlungen des Naturhistorischen Vereins der Rheinlande und
Westfalens

Boden- und vegetationskundliche Untersuchungen auf Acker- und
Grünlandbrachen in Solingen (Bergisches Land): Nährstoffdynamik und
Vegetationsmosaik - mit 6 Tabellen und 7 Abbildungen

Karrer, Margit

1997

Digitalisiert durch die *Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt am Main* im
Rahmen des DFG-geförderten Projekts *FID Biodiversitätsforschung (BIOfid)*

Weitere Informationen

Nähere Informationen zu diesem Werk finden Sie im:

Suchportal der Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt am Main.

Bitte benutzen Sie beim Zitieren des vorliegenden Digitalisats den folgenden persistenten
Identifikator:

[urn:nbn:de:hebis:30:4-194031](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hebis:30:4-194031)

Boden- und vegetationskundliche Untersuchungen auf Acker- und Grünlandbrachen in Solingen (Bergisches Land): Nährstoffdynamik und Vegetationsmosaik

Margit Karrer, Bruno Mies und Rainer Lösch

Mit 6 Tabellen und 7 Abbildungen

(Manuskripteingang: 10. Januar 1997)

Kurzfassung

Im Stadtgebiet von Solingen (Bergisches Land) wurden stillgelegte Acker- und Grünlandflächen unterschiedlicher Brachedauer floristisch-soziologisch und bodenkundlich analysiert. Eine Aushagerung ließ sich bei den untersuchten Acker- und Grünlandbrachen innerhalb der bislang kurzen Stilllegungsdauer nicht feststellen. Vielmehr wurden die Nährstoffverhältnisse auf den Brachflächen durch die Vornutzung und die Düngeeinträge aus benachbarten Agrarflächen stark beeinflusst. Eine Korrelation von Vegetationsentwicklung und Nährstoffverhältnissen lag nur bedingt vor. Das Ziel einer Aushagerung der Flächen kann langfristig nur durch einen konsequenten Entzug der jährlich aufwachsenden Biomasse erreicht werden.

Abstract

Fields and grasslands which laid fallow for different periods of time were examined for their floristics, sociology and soil parameters. Within a relatively short time period of four years, the fallow land showed no impoverishment of nutrients. The amounts of nutrients were influenced by the previous land use and detracted from the neighbouring parcels still in use. There was almost no correlation between the vegetation development and the status of nutrients. It is emphasized that a reduction in nutrients can be reached only if biomass is harvested and removed from the fallow areas over the years.

1. Einleitung

Durch die Aufgabe oder Verkleinerung von Landwirtschaftsbetrieben im Einzugsbereich der Industriegebiete und durch die Flächenstillegungen zum Abbau von Agrarüberschüssen in der Europäischen Gemeinschaft (EG) haben die Brachflächen in diesem Gebiet deutlich zugenommen. Acker- und Grünlandbrachen wurden bis zu ihrer Stilllegung meist sehr intensiv bearbeitet und gedüngt. Die auf ihnen entwickelte Vegetation wurde wesentlich durch die Art der Bewirtschaftung und den Nährstoffgehalt der Flächen bestimmt. Im westlichen Bergischen Land nahm Grün- und Ackerland in der Nachkriegszeit einen Flächenanteil von 15 - 45 % ein. ZSCHOCKE (1958) betont in den 50er Jahren, daß im Unterschied zu süddeutschen Landschaften im nordrheinischen Raum einschließlich des Bergischen Landes Sozialbrache nicht in nennenswertem Ausmaß anzutreffen sei.

Auf brach gefallenem Ackerflächen enden mit der Bewirtschaftungsaufgabe die starken Eingriffe des jährlichen Krumenumbruchs und der Nutzpflanzenernte, die Zufuhr von Düngung und Pestiziden unterbleibt, gelegentlich erfolgt zum Abschluß der Nutzung nach einer letzten Bodenbearbeitung eine Ansaat von Grünlandarten. Grünlandbrachen werden nicht mehr oder nur noch einmal gegen Jahresende gemäht, und die Beweidung fällt ebenso weg. In beiden Fällen kommt es zu massiven Verschiebungen in den interspezifischen Konkurrenzgleichgewichten (MEISEL & HÜBSCHMANN 1973). Mit hoher Dynamik ändert sich dadurch von Beginn des Brachfallens die floristische Zusammensetzung der Brachflächen. Diese machen eine gerichtete Sukzession durch, die bei längerem Andauern auch phytosoziologisch klar faßbar wird (SCHMIDT 1981).

Das Aussetzen der Bewirtschaftung beeinflusst aber nicht nur die Biodiversität der Flächen und verändert die Wechselwirkungen zwischen den biotischen Standortelementen, es sollte vielmehr auch sowohl unmittelbare wie - in der längerfristigen Dynamik - mittelbare Auswirkungen auf die klimatischen (GISI & OERTLI 1981b), insbesondere aber die edaphischen Standortparameter haben.

Nach Untersuchungen von GISI & OERTLI (1981a) im Schweizer Jura und in den Silikatalpen werden die Böden unter Grünlandbrachen poröser, feuchter und saurer, ihr C/N-Verhältnis steigt, der Kaliumgehalt nimmt ebenso zu, wie der anderer Nährstoffe (vgl. auch STÖCKLIN & GISI 1989). Die dort untersuchten Flächen gehörten den Fiederzwenkenmagerrasen submontaner Lagen an. Aus der Nutzung genommene Glatthaferwiesen oder Weidelgrasweiden des planaren und collinen Raumes sind in ihrer Nutzung erheblich stärker eutrophiert; das gleiche gilt für Ackerflächen. Doch auch in solchen Fällen fand SCHMIDT (1978) bei aufgelassenen und über 5 Jahre hin ansonsten unbeeinflussten Ackerflächen eine Stickstoffanreicherung im Oberboden.

Wurde das Brachfallen größerer Flächen eines Naturraumes in den 70er Jahren vorwiegend unter landschaftsästhetischem Gesichtspunkt kritisch verfolgt (BIERHALS & SCHARPF 1975, MEISEL 1972, STÄHLIN et al. 1975), so erhofft man sich in jüngerer Zeit von der Herausnahme landwirtschaftlicher Nutzflächen aus der Intensivnutzung ökologische Positiva.

Dazu wurden in der vorliegenden Studie im südlichen Stadtgebiet von Solingen (Bergisches Land) Acker- und Grünlandbrachen verschiedener Stilllegungsdauer floristisch, soziologisch und bodenkundlich untersucht, um die Auswirkungen der sich verändernden ökologischen Voraussetzungen bei Aufgabe der landwirtschaftlichen Nutzung zu erfassen (KARRER 1996). Neben Aushagerungstendenzen wurde eine mögliche Korrelation von Boden- und Vegetationsentwicklung untersucht. Die lokale Nährstoffdynamik innerhalb der Brachen wurde dabei ebenso berücksichtigt wie der Düngeeinfluß benachbarter bewirtschafteter Flächen.

2. Geologie und Klima

Das Bergische Land gehört zum rechtsrheinischen Teil des Rheinischen Schiefergebirges und somit zur deutschen Mittelgebirgsschwelle. Schiefer und Grauwackesandsteine aus dem Devon bilden den geologischen Untergrund. Im Rahmen der variszischen Gebirgsbildung wurden die mächtigen Ablagerungen im Karbon von Süden her zusammengeschoben, gefaltet und emporgehoben. Während der Faltung und anschließenden Abtragung zu einer Rumpffläche kam es durch Querverwerfungen zu Schollenverschiebungen, so daß das Bergische Land überwiegend aus einer vom Rhein nach Osten hin ansteigenden Rumpftreppe besteht; Solingen liegt auf der untersten dieser Stufen. Nachdem das Bergische Land mit dem Einbruch der Kölner Bucht im Oligozän abgesunken und vorübergehend überflutet worden war, stieg es gegen Ende des Tertiärs mit dem Rheinischen Schiefergebirge erneut auf, während die Niederrheinische Bucht absank. Die Abflüsse schnitten sich immer tiefer in den Gebirgsumpf ein und formten so das heutige Landschaftsbild mit langgestreckten, runden Bergrücken und Kämmen. In den Eiszeiten des Pleistozäns wurde auf die Sedimente eine mächtige Lössschicht aufgeweht, die später zu Lößlehm verwitterte und im Bereich Solingen heute noch eine teilweise bis zu 2 m mächtige Auflage bildet (ROSENTHAL 1969, RICHTER 1977, KLINK 1990). Bei den Böden der Untersuchungsflächen handelt es sich um Parabraunerden bzw. Pseudogley-Parabraunerden und Braunerden.

Das Klima im Bergischen Land wird von atlantischen Einflüssen geprägt, daher sind kühle Sommer, gemäßigte Winter und Niederschläge zu allen Jahreszeiten charakteristisch für diese Region. Der Wind weht vorwiegend aus Südwest, gefolgt von Südost- und Südwinden. Da das Gelände von der westlich gelegenen Niederrheinebene nach Osten ins Bergische Land ansteigt, stoßen die feuchten ozeanischen Luftmassen auf ihrem Weg ins Bergische Land hier auf tektonische Hindernisse, was einen allmählichen Anstieg der Niederschlagsmenge von Ost nach West zur Folge hat. Nach SCHÜTTLER (1952) betragen die jährlichen Niederschläge in der Region um Solingen durchschnittlich 1000-1100 mm. Bedingt durch die hohen Niederschlagsmengen gehört das Bergische Land zu den Regionen Deutschlands mit den wenigsten Sonnenstunden. In den Jahren 1951-1980 schien die Sonne nur durchschnittlich jährlich 1400-1500 Stunden. Die mittlere Tageslufttemperatur betrug in den Jahren 1931 bis 1960 zwischen 9,0 °C und 9,5 °C (MURL 1989).

3. Material und Methoden

Im Süden der Stadt Solingen wurden drei Ackerbrachen mit 1-, 2- und 4-jähriger Stilllegungsdauer und vorausgehender vergleichbarer Bewirtschaftung sowie eine 3-jährige Grünlandbrache

vegetations- und bodenkundlich analysiert und miteinander bzw. mit genutzten Beständen (Acker, Mähwiese, Weide) verglichen. Die 1-jährige und 4-jährige Ackerbrache wurden dabei im Rahmen des EG-Flächenstilllegungsprogrammes als Rotationsbrache bzw. Dauerbrache stillgelegt.

Acker, 1- und 2-jährige Ackerbrache befinden sich in einer Hanglage mit OSO-Exposition und schließen bei einer Hangneigung von $3^\circ - 20^\circ$ unmittelbar aneinander an (Abb. 1). Bei den Böden der Flächen handelt es sich um Parabraunerden.

Auf der 4-jährigen Ackerbrache wurde zu Beginn der Stilllegung eine Gras-Kräutermischung aus *Lolium perenne*, *Festuca pratensis* und *Trifolium repens* eingesät. Entsprechend den Auflagen des EG-Programmes wird die Fläche einmal jährlich gemäht, wobei das Mähgut nicht abgefahren wird. Im nordwestlichen Flächenbereich oberhalb eines nach Osten abfallenden Hanges befindet sich ein Misthaufen, dessen Einfluß auf die Umgebung von besonderem Interesse für die Untersuchung war (Abb. 2). Der Boden der 4-jährigen Ackerbrache ist als Parabraunerde und teilweise als Pseudo-Parabraunerde zu charakterisieren.

Die 3-jährige Grünlandbrache besteht aus zwei nord- bzw. nordostexponierten Hangflächen, die mit bis zu 45° eine starke Neigung aufweisen. Die Brachehänge werden oberhalb durch eine intensiv bewirtschaftete Mähwiese bzw. eine Pferdeweide begrenzt (Abb. 3). Die Böden sind als Braunerden anzusprechen.

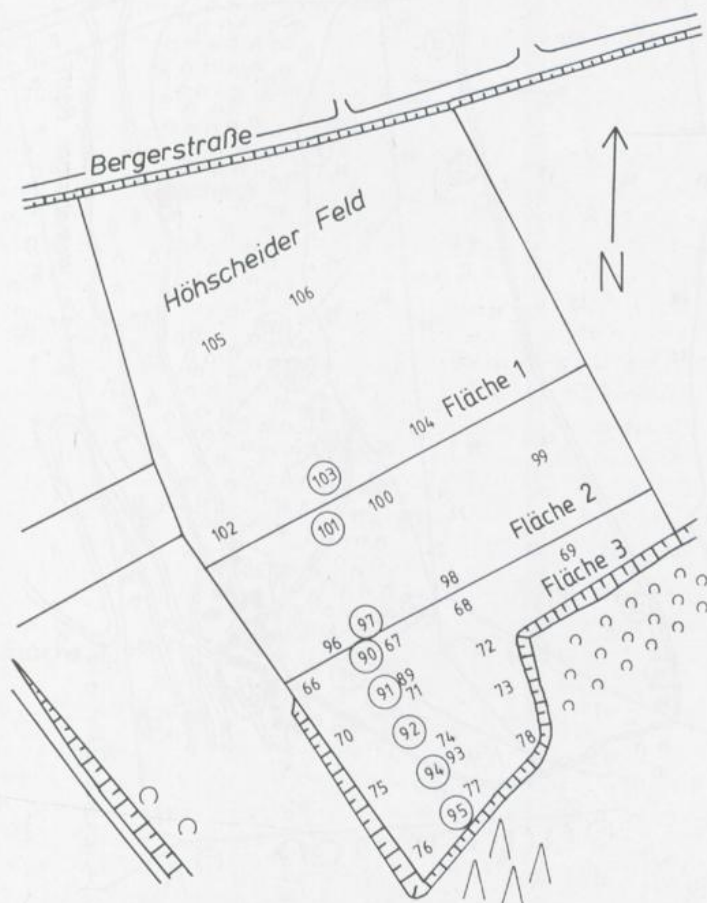


Abbildung 1: Lage der Vegetationsaufnahmen und Bodenproben auf Acker, 1- und 2-jähriger Ackerbrache (Flächen 1, 2, 3). Die umrandeten Aufnahmeummern kennzeichnen die Entnahme der Bodenproben.

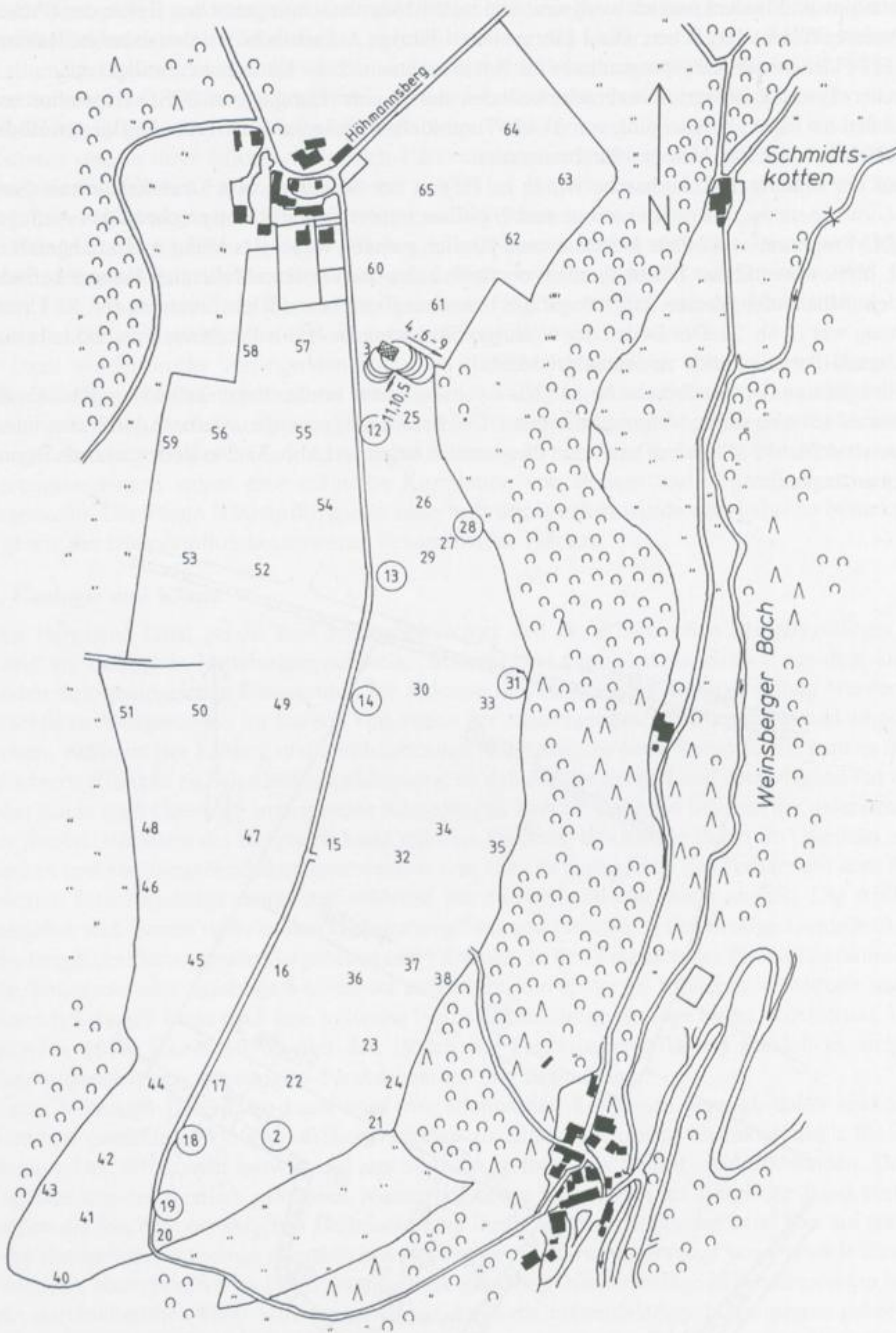


Abbildung 2. Lage der Vegetationsaufnahmen und Bodenproben auf 4-jähriger Ackerbrache (Fläche 4). Die umrandeten Aufnahmenummern kennzeichnen die Entnahme der Bodenproben.

Die Pflanzenbestände der Brachflächen wurden nach BRAUN-BLANQUET (1964) vegetationskundlich erfaßt und anschließend pflanzensoziologisch bearbeitet, wobei im wesentlichen die von POTT (1992) verwendete Syntaxonomie zugrundelag. Zudem wurden für die einzelnen Aufnahmepunkte die mittleren Zeigerwerte nach ELLENBERG et al. (1992) ermittelt.

Zur Untersuchung der edaphischen Faktoren wurden innerhalb der für die Vegetationsaufnahmen ausgewählten Aufnahmeflächen aus einer Tiefe von 0 - 20 cm je drei parallele Boden-Mischproben entnommen. Für die Ermittlung des Boden-pH-Wertes und des aktuellen Wassergehaltes (STEUBING & FANGMEIER 1992) wurde naturfeuchter Frischboden verwendet. Die übrigen Bodenanalysen wurden mit luftgetrocknetem Feinboden durchgeführt. Nach KRETZSCHMAR (1991) wurde die minimale Wasserkapazität der Flächen ermittelt, die Bestimmung des organischen Gehaltes erfolgte nach STEUBING & FANGMEIER (1992). Die Calcium-, Kalium- und Magnesiumkonzentration wurde nach einem Ammoniumchloridaufschluß der Bodenproben und Verdünnung mit Salpetersäure durch Atom-Absorptions-Spektrophotometrie (AAS, Perkin-Elmer 2280)

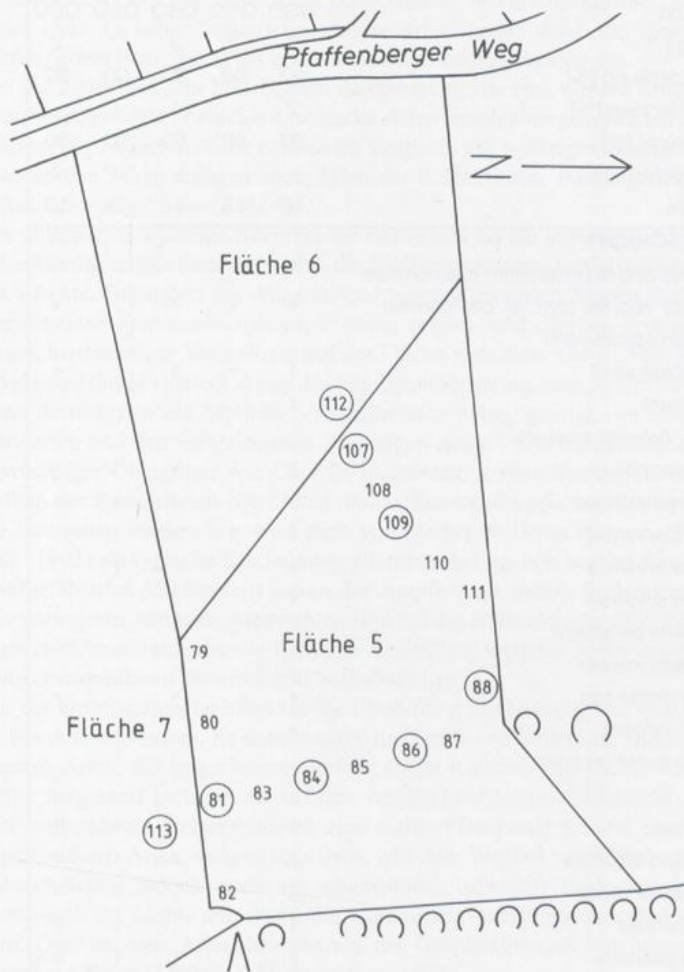


Abbildung 3. Lage der Vegetationsaufnahmen und Bodenproben auf Grünlandbrache, Wiese und Weide (Flächen 5, 6, 7). Die umrandeten Aufnahmenummern kennzeichnen die Entnahme der Bodenproben.

bestimmt. Die Analyse des pflanzenverfügbaren Phosphats in den Böden erfolgte nach der Calcium-Acetat-Laktat (CAL)-Methode (SCHÜLLER 1969, VDLUFA 1991). Mittels Fertigtests der Firma Merck (Spektroquant 14752 und 14773) wurden der Ammonium- und Nitratgehalt der Böden photometrisch ermittelt.

Tabelle 1. Vegetationstabelle des Ackers (Fläche 1)

Aufnahme Nr.	102	103	104	105	106
Datum	12.7.	12.7.	12.7.	12.7.	12.7.
Größe [qm]	40	40	40	40	40
Höhe [m]	155	155	155	155	155
Exposition	OSO	OSO	OSO	OSO	OSO
Neigung [°]	2	2	2	2	2
Gesamtdeckung [%]	90	90	90	90	90
Moose/Flechten [%]	2	-	1	-	-
Krautschicht [%]	90	90	90	90	90
Strauchschicht [%]	-	-	-	-	-
Artenzahl	16	13	11	9	10
KRAUTSCHICHT					
ASSOZIATION Aphano-Matricarietum chamomillae					
AC	<i>Matricaria recutita</i> (syn. <i>M. chamomilla</i>)	+	+	+	+
VERBAND Aperia spicae-venti					
VC	<i>Apera spica-venti</i>	1	+	1	+
VC	<i>Vicia hirsuta</i>	r	.	.	.
UNTERKLASSE <i>Violenea arvensis</i>					
UKC	<i>Viola arvensis</i>	2	1	+	1
UKC	<i>Lamium purpureum</i>	1	.	+	+
UKC	<i>Anagallis arvensis</i>	r	1	+	.
UKC	<i>Veronica arvensis</i>	+	+	.	r
UKC	<i>Myosotis arvensis</i>	r	.	.	.
UKC	<i>Polygonum persicaria</i>	.	+	.	.
KLASSE Stellarietea mediae					
KC	<i>Stellaria media</i> agg.	+	.	+	r
KC	<i>Senecio vulgaris</i>	+	.	.	r
KC	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	.	r	.	.
BEGLEITER					
B	<i>Poa annua</i>	1	+	1	1
B	<i>Taraxacum officinale</i>	r	+	+	+
B	<i>Equisetum arvense</i>	1	1	.	+
B	<i>Secale cereale</i>	1	+	.	r
B	<i>Stachys palustris</i>	r	.	1	1
B	<i>Polygonum aviculare</i> agg.	1	r	1	.
B	<i>Galium aparine</i>	.	r	.	.
B	<i>Poa compressa</i>	.	.	r	.

4. Ergebnisse

Aufgrund ihres noch recht jungen Alters hatten die Brachländereien noch nicht den Gleichgewichtszustand in der floristischen Zusammensetzung erreicht, der für eine sichere soziologische Einordnung nötig ist. Infolgedessen wurden die Pflanzenbestände zumeist nur nach Klassen- und Ordnungszugehörigkeit gruppiert (Tab. 1-5).

Auf den untersuchten Ackerbrachflächen konnte der auch von BÜRING (1970), MEISEL & HÜBSCHMANN (1973), BORSTEL (1974), HARD (1976), REIF & LÖSCH (1979) und SCHMIDT (1981) charakterisierte Sukzessionsverlauf beobachtet werden: Auf ein Stadium dominierender Ackerunkräuter folgt nach einer raschen Zunahme von Ruderalstauden ein grünlandähnliches Stadium bzw. halbruderaler Rasen, von wo aus schließlich im Idealfall der Übergang in ein Gebüsch- und Vorwaldstadium erfolgt. Das letztgenannte Stadium konnte allerdings im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wegen der relativ kurzen Brachedauer der Flächen nicht beobachtet werden.

Auf dem als Referenzfläche dienenden mit Hafer bestellten Acker war eine verarmte Ackerfrauenmantel-Kamillen-Gesellschaft (*Aphano - Matricarietum chamomillae*) ausgebildet. Eine solche wurde ebenfalls noch auf der 1-jährigen Ackerbrache angetroffen. Hier zeichnete sich der Pflanzenbestand, der gegenüber dem benachbarten Acker eine deutlich höhere Gesamtartenzahl aufwies (Abb 4), neben *Stellarietea-mediae*-Arten bereits durch das zunehmende Auftreten von *Molinio-Arrhenatheretea*-Arten und vereinzelte Ruderalpflanzen aus.

Bei der 2-jährigen sehr heterogenen Ackerbrache, die eine weitere Erhöhung der Gesamtartenzahl aufwies, erfolgte nochmals eine starke Artenverschiebung zugunsten der Ruderal- und Grünlandarten. Die Ackerunkräuter wurden im Vergleich zur 1-jährigen Brache stärker zurückgedrängt. In verstärktem Maße drangen auch Arten der Schlagfluren, Pioniergehölze und anderer Gesellschaften („Sonstige“) vor (Abb. 4).

Die untersuchte 4-jährige Ackerbrache stellte sich als ein vorwiegend von Gräsern dominiertes grünlandähnliches Stadium dar, wobei die Fläche insgesamt ebenfalls einen sehr heterogenen Eindruck machte. Besonders ins Auge fallend war bei dikotylen Sippen das massige Auftreten der Ruderalstauden *Rumex obtusifolius*, *Cirsium vulgare* und *Cirsium arvense*, die sich in unregelmäßiger, herdenartiger Verbreitung auf der Fläche verteilten. Die in Abb. 4 scheinbare Dominanz der Ackerunkräuter entsteht durch das häufige, aber wenig stete Auftreten dieser Arten. In Wirklichkeit dominierten die *Molinio-Arrhenatheretea*-Arten, gefolgt von den Ackerunkräutern, den Ruderalarten und den verbleibenden „Sonstigen Arten“. Die auffallende herdenartige Verteilung hochwüchsiger Obergräser wie *Dactylis glomerata*, *Arrhenatherum elatius*, *Holcus lanatus* und vor allem der Ruderalarten wie *Urtica dioica*, *Rumex obtusifolius*, *Cirsium arvense*, *Cirsium vulgare*, *Tanacetum vulgare* u.a. wird auch von MEISEL & HÜBSCHMANN (1973), HARD (1976) und OESAU (1992) als typische Erscheinung älterer Ackerbrachen beschrieben. Vor allem im Bereich des aufgefahrenen Misthaufens waren der Ampfer und andere Ruderalarten stark vertreten. Die relativ geringeren mittleren Artenzahlen sind auf die zu Beginn der Stilllegung erfolgte Klee-Gras-Einsaat zurückzuführen, die die spontane Ansiedlung weiterer Arten unterdrückt und damit auch den Sukzessionsablauf entscheidend beeinflusst hat.

Auf der Grünlandbrache bewirkte die Einstellung der Nutzung nur eine geringfügige Verschiebung des Artenbestandes. Es dominierten die bereits vor Stilllegung vorhandenen *Molinio-Arrhenatheretea*-Arten, nur in geringem Umfang traten Ruderal- und andere Arten auf. Die Artenzahl war hier insgesamt geringer als auf den vergleichbar lange stillliegenden Äckern (Abb. 4). Die bereits vorhandenen Gräser bildeten eine dichte Pflanzendecke und ermöglichten es damit nur wenigen anderen Arten, sich zu etablieren. Mit dem Wegfall von Mahd oder Beweidung wird auf Grünlandbrachen jedoch auch ein ungestörter Aufwuchs hochwüchsiger Arten ermöglicht, wodurch sich die Licht- und damit die Konkurrenzverhältnisse am Boden der Brachfläche verändern. Dies hat eine Artenabnahme auf der Grünlandbrache, vor allem bei niedrigwüchsigen Kräutern zur Folge (MEISEL & HÜBSCHMANN 1973).

Die empirischen Zeigerwerte nach ELLENBERG et al. (1992) der Brachen zeigten insgesamt mit einer durchschnittlichen mittleren Lichtzahl (L, s. Tab. 1) von 6,7 Halblichtpflanzen an; die mittlere Temperaturzahl (T) deutete mit 5,2 auf Mäßigwärmezeiger hin. Der im Vergleich zu den übr-

Tabelle 2. Vegetationstabelle der 1-jährigen Ackerbrache (Fläche 2)

Aufnahme Nr.	96	97	98	99	100	101
Datum	10.7.	10.7.	10.7.	10.7.	10.7.	10.7.
Größe [qm]	50	50	50	50	50	50
Höhe [m]	152	152	152	153	155	155
Exposition	OSO	OSO	OSO	OSO	OSO	OSO
Neigung [°]	15	15	15	15	15	15
Gesamtdeckung [%]	50	50	40	60	60	40
Moose/Flechten [%]	-	-	-	-	-	-
Krautschicht [%]	50	50	40	60	60	40
Strauchschicht [%]	-	-	-	-	-	-
Artenzahl	31	29	26	27	26	24
ASSOZIATION Aphano-Matricarietum chamomillae						
AC <i>Matricaria recutita</i> (syn. <i>M. chamomilla</i>)	+	+	+	+	+	+
UNTERVERBAND Aphanion arvensis						
UVC <i>Aphanes arvensis</i>	1	1	1	+	.	.
UVC <i>Vicia tetrasperma</i>	.	.	.	.	.	+
VERBAND Aperia spicae-venti						
VC <i>Apera spica-venti</i>	2	1	1	1	2	1
VC <i>Vicia hirsuta</i>	+	.	r	.	r	.
UNTERKLASSE Violenea arvensis						
UKC <i>Myosotis arvensis</i>	1	1	1	1	1	1
UKC <i>Anagallis arvensis</i>	1	1	+	1	1	r
UKC <i>Viola arvensis</i>	.	+	1	+	+	+
UKC <i>Veronica arvensis</i>	+	+	.	+	1	.
UKC <i>Sonchus asper</i>	+	1	1	.	.	r
UKC <i>Lamium purpureum</i>	.	r	.	r	+	.
KLASSE Stellarietea mediae						
KC <i>Senecio vulgaris</i>	1	1	+	+	.	.
KC <i>Stellaria media</i> agg.	+	+	1	+	.	.
TYPISCHE Stellarietea mediae-BEGLEITER						
<i>Matricaria perforata</i>	2	2	2	2	1	2
<i>Veronica agrestis</i>	+	+	.	+	+	.
<i>Polygonum aviculare</i> agg.	.	+	r	r	.	+
<i>Stachys palustris</i>	.	.	.	+	+	+
<i>Equisetum arvense</i>	.	.	.	r	1	1
<i>Polygonum convolvulus</i>	r	.	.	.	+	+
<i>Galium aparine</i>	r	+	.	.	.	.
<i>Mentha arvensis</i>	r	+	.	.	.	.
<i>Polygonum persicaria</i>	.	.	r	.	+	.
<i>Fumaria officinalis</i> ssp. <i>officinalis</i>	.	.	.	.	+	.
<i>Geranium dissectum</i>	+	.	.	.	.	.
<i>Matricaria discoidea</i>	r	.	.	.	.	.
<i>Oxalis europaea</i>	.	.	.	.	r	.
<i>Cirsium arvense</i>	.	r	.	.	.	.
<i>Sisymbrium officinale</i>	.	.	.	.	r	.
MOLINIO-ARRHENATHERETEA-Arten						
<i>Taraxacum officinale</i>	2	2	2	1	1	1
<i>Poa trivialis</i>	1	1	1	+	+	r
<i>Lolium perenne</i>	1	1	+	.	+	1
<i>Poa annua</i>	.	+	+	+	1	1
<i>Agrostis stolonifera</i>	.	.	+	+	.	+
<i>Crepis biennis</i>	+	.	r	r	.	.
<i>Plantago major</i>	r	.	.	.	+	.
<i>Dactylis glomerata</i>	r	.	.	.	.	.
<i>Lolium multiflorum</i>	.	.	.	r	.	.
<i>Phleum pratense</i>	r	.	.	.	.	.
<i>Trifolium repens</i>	+	.	.	.	.	.

Fortsetzung von Tabelle 2

ARTEMISIETEA-Arten u.a. Ruderale						
<i>Rumex obtusifolius</i>	+	+	.	r	.	+
<i>Cirsium vulgare</i>	r	+	+	.	.	.
<i>Epilobium tetragonum</i>	.	r	+	.	.	.
<i>Lactuca serriola</i>	.	.	r	r	.	.
<i>Malva sylvestris</i>	.	.	.	.	+	.
<i>Agropyron repens</i>	.	r	.	.	.	.
KULTURFOLGER						
<i>Brassica napus</i> ssp. <i>napus</i>	r	+	+	2	2	+
<i>Secale cereale</i>	1	+	1	1	1	1
<i>Triticum aestivum</i>	r	+	.	r	.	.
<i>Hordeum vulgare</i>	.	.	+	.	.	r
<i>Avena sativa</i>	.	.	.	.	.	+
SONSTIGE ARTEN						
<i>Poa compressa</i>	+	+	+	1	+	1
<i>Senecio sylvaticus</i>	.	.	.	.	.	r

gen Flächen geringfügig niedrigere Wert der Grünlandbrache kann auf die Nord- bzw. Nord-Ost-Exposition der Fläche zurückgeführt werden. Mit einer durchschnittlichen mittleren Kontinentalitätszahl (K) von 3,6 wurden subozeanische Verhältnisse angezeigt. Die mittlere Feuchtezahl (F) zeigte mit 5,8 frische Bodenverhältnisse an.

Eine deutliche Abweichung der Grünlandbrache von den Ackerbrachen ergab sich bei der mittleren Reaktionszahl (R), die wesentlich niedriger lag und mit 4,6 eine saure bis eher mäßig saure Bodenreaktion belegte. Dieses Ergebnis wurde durch die für die Grünlandbrache gemessenen durchschnittlichen Boden-pH-Werte bestätigt, die mit pH 4,5 bis 5,0 (pH H₂O; 3,8-4,2 pH CaCl₂) deutlich saure Bodenverhältnisse anzeigten. Demgegenüber zeigten der Acker und die Ackerbrachen durchgehend pH H₂O 6,0 bis 7,5 (5,0-7,0 pH CaCl₂).

Auch die mittlere Stickstoffzahl (N) der Grünländereien differierte stark von der der anderen Brachflächen. Mit einem durchschnittlichen Wert von 4,8 zeigte sie bei den ersteren nur einen

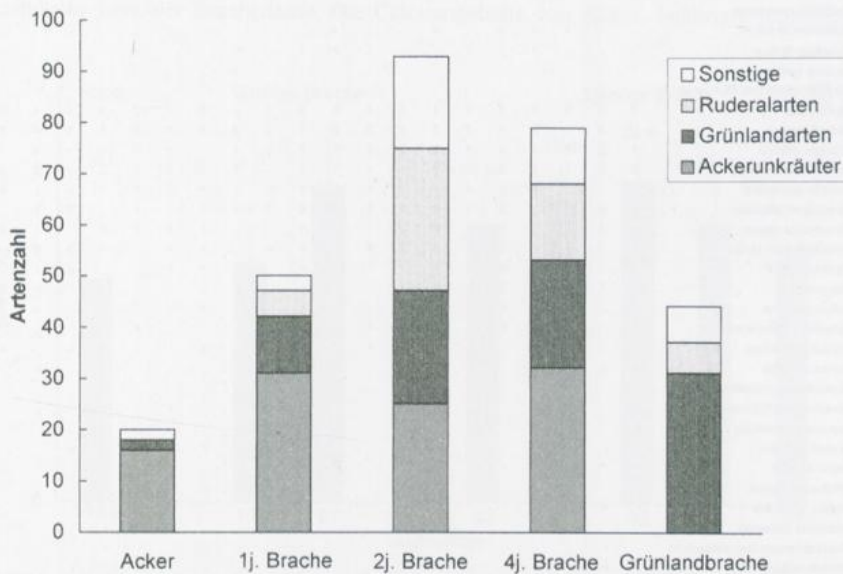


Abbildung 4. Artenzahl und -zusammensetzung der vegetationskundlich untersuchten Flächen

Tabelle 3. Vegetationstabelle der 2-jährigen Ackerbrache (Fläche 3)

Aufnahme Nr.	66	67	68	69	70	71	72	73	74	89	90	91	92	75	76	77	78	93	94	95	
Datum	26.6.	27.6.	27.6.	27.6.	30.6.	30.6.	30.6.	30.6.	30.6.	10.7.	10.7.	10.7.	10.7.	30.6.	30.6.	30.6.	30.6.	10.7.	10.7.	10.7.	
Größe [qm]	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	
Höhe [m]	150	147	146	146	146	143	143	140	141	144	148	146	142	142	140	138	137	140	140	139	
Exposition	OSO	OSO	OSO	SO	OSO	OSO	OSO	OSO	OSO	OSO	OSO	OSO	OSO	OSO	OSO	OSO	OSO	OSO	OSO	OSO	
Neigung [°]	20	20	20	20	20	20	20	15	15	20	20	20	20	20	5	5	5	15	15	5	
Gesamtdeckung [%]	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Mooseflechten [%]	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	1	-	2	-	-	-	-	-	-	1	
Krautschicht [%]	95	100	90	95	100	100	100	95	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Strauchschicht [%]	30	30	40	25	15	15	5	5	15	15	25	15	15	20	20	20	15	10	10	5	
Artenzahl	31	29	29	31	31	33	33	31	31	29	28	25	24	32	19	21	24	29	25	12	
STELLARIETEA-MEDIAE-Arten																					
<i>Vicia hirsuta</i>	2	2	+	+	2	3	1	2	1	3	2	2	1	1	1	1	1	+	1		
<i>Sonchus asper</i>	+	+	1	1	+	1	+	+	+	+	+	+	+	r	-	-	-	-	+	+	
<i>Meritha arvensis</i>	1	1	+	1	-	1	+	1	1	2	2	1	1	1	-	1	1	+			
<i>Anagallis arvensis</i>	1	1	+	r	1	1	+	1	1	1	1	1	+	+	-	-	-	-	1		
<i>Cirsium arvense</i>	-	+	1	2	-	+	1	+	1	1	+	+	+	+	+	+	1	-	-		
<i>Matricaria perforata</i>	r	1	-	-	r	+	r	+	+	+	+	r	+	-	-	-	-	-	-	r	
<i>Myosotis arvensis</i>	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Galium aparine</i>	+	-	1	-	+	1	+	+	1	+	-	-	-	-	-	-	-	-	r	+	
<i>Viola arvensis</i>	-	+	1	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Veronica arvensis</i>	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	r	
<i>Aphanes arvensis</i>	r	1	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Sagina procumbens</i>	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Equisetum arvense</i>	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	+	-	-	-	-	-	
<i>Polygonum aviculare</i> agg.	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	r	-	-	-	-	-	+	
<i>Apera spica-ventii</i>	1	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Oxalis europaea</i>	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Sonchus arvensis</i>	r	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Vicia tetrasperma</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	
ARTEMISIETEA-Arten u.a. Ruderales																					
<i>Rumex obtusifolius</i>	1	1	2	-	1	+	+	+	+	1	+	r	+	+	r	1	1	+	1	1	
<i>Epilobium tetragonum</i>	-	1	+	r	+	1	1	1	1	1	+	1	+	+	+	1	+	+	+	+	
<i>Urtica dioica</i>	-	r	1	-	-	1	1	1	1	1	r	+	+	+	+	1	1	1	1	+	
<i>Elymus repens</i>	-	-	-	1	-	1	+	+	-	-	-	-	-	2	3	2	2	-	1	1	
<i>Eupatorium cannabinum</i>	-	-	-	r	-	r	+	+	+	+	r	r	-	-	-	+	-	r	r	-	
<i>Senecio inaequidens</i>	-	r	-	+	-	+	+	+	+	+	r	-	-	-	-	-	-	-	r	r	
<i>Cirsium vulgare</i>	-	-	-	+	-	+	r	r	r	r	r	r	r	r	r	-	-	r	r	-	
<i>Tanacetum vulgare</i>	-	-	-	-	-	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	r	-	r	+	r	
<i>Solidago canadensis</i>	-	-	-	-	r	-	-	r	-	+	-	-	-	-	-	r	-	+	-	-	
<i>Epilobium hirsutum</i>	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Tussilago farfara</i>	-	-	-	+	-	r	-	-	-	r	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Lactuca scariola</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	
MOLINIO-ARRHENETHEA-Arten																					
<i>Poa trivialis</i>	1	2	2	1	1	1	1	2	+	1	1	1	+	1	+	2	1	1	+	2	
<i>Holcus lanatus</i>	-	2	1	2	1	2	2	1	3	2	1	2	3	1	+	2	1	1	+	1	
<i>Trifolium repens</i>	1	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	-	+	1	-	-	+	+	
<i>Agrostis stolonifera</i>	2	1	1	1	2	1	2	1	+	1	1	-	1	2	2	3	2	1	2	3	
<i>Dactylis glomerata</i>	-	-	+	2	-	+	+	1	r	+	+	+	+	+	1	+	+	r	r	+	
<i>Taraxacum officinale</i>	2	2	-	-	3	1	1	1	1	2	2	2	1	1	-	r	-	1	1	-	
<i>Ranunculus repens</i>	1	1	+	-	1	r	1	2	-	+	+	-	-	+	1	1	2	-	1	2	
<i>Arrhenatherum elatius</i>	1	-	+	1	1	r	1	2	1	-	+	+	-	+	+	+	+	2	1	-	
<i>Plantago major</i>	-	-	r	-	+	r	r	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Poa annua</i>	1	1	1	1	2	1	1	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Lolium perenne</i>	1	-	-	-	1	-	+	+	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	
<i>Cerastium holosteoides</i>	+	-	-	r	1	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Trifolium hybridum</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	
<i>Rumex acetosa</i>	-	r	-	r	-	r	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	
<i>Alopecurus geniculatus</i>	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Symphytum officinale</i> agg.	+	-	-	-	-	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	+	-	r	-	-	
<i>Alopecurus pratensis</i>	2	-	+	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Cirsium palustre</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	r	-	-	-	-	-	+	
<i>Crepis biennis</i>	-	r	-	-	r	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Trifolium pratense</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	r	-	-	-	-	-	-	
<i>Rorippa sylvestris</i>	r	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Anthriscus sylvestris</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	
<i>Chrysanthemum leucanthemum</i>	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	
<i>Trifolium dubium</i>	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Juncus effesus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-	-	-	-	-	r	
<i>Senecio jacobaea</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	r	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Fortsetzung von Tabelle 3

SONSTIGE ARTEN										
<i>Triticum aestivum</i>	r	1	+	.	r	.	+	.	r	r
<i>Epilobium parviflorum</i>	.	.	1	+	.	r	.	.	+	r
<i>Holcus mollis</i>	r	.	.	.	r	.	.	.	r	+
<i>Hypericum perforatum</i>	r	.	.	.	r	r	.	.	.	1
<i>Hieracium sabaudum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	r	+
<i>Epilobium angustifolium</i>	.	.	.	.	.	+	.	.	r	r
<i>Humulus lupulus</i>	.	.	.	.	r	r	+	+	.	.
<i>Sambucus nigra</i> (Keimling)	r	.	.	.	r	.	.	.	.	+
<i>Hieracium umbellatum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	r	r

Außerdem in nur 1 Aufnahme vertreten (Standort/Artmächtigkeit):
Chenopodium album (56#), *Hieracium aurantiacum* (56#), *Medicago sativa* (56/1), *Veronica chamaedrys* (57/1), *Lamium purpureum* (57/+), *Lolium multiflorum* (58#), *Geranium dissectum* (58/+), *Juncus tenuis* (59#), *Juncus conglomeratus* (59#), *Artemisia vulgaris* (59/+), *Scrophularia nodosa* (59#), *Teucrium scorodonia* (59#), *Rubus idaeus* (70#), *Cornus* (71#), *Leontodon autumnalis* (72#), *Rubus fruticosus* agg. (72/+), *Callamagrostis brundinacea* (73/+), *Galeopsis tetrahit* (74#), *Hypochoeris radicata* (74#), *Lapsana communis* (75/+), *Asparagus officinalis* (75#), *Cheerophyllum temulum* (76#), *Galium mollugo* (77#), *Heracleum spondylium* (78#), *Prunella vulgaris* (93#), *Sisymbrium officinale* (94#), *Poa pratensis* (95/+).

mäßig nährstoffreichen Standort an. Dieser empirisch ermittelte, durchschnittliche Wert spiegelt jedoch nicht die tatsächlichen Verhältnisse auf der Grünlandbrache wider. Während die durchschnittliche mittlere Stickstoffzahl der Vegetationsaufnahmen auf dem Brachehang unterhalb der Weide nur 4,4 betrug, lag sie demgegenüber unterhalb der Wiese mit einem Durchschnittswert von 5,5 deutlich höher. Die stärkere Ansiedlung von nährstoffliebenden Zeigerpflanzen hier ist offenbar auf den Dünggeeintrag durch das oberhalb des Hanges gelegene, intensiv bewirtschaftete Grünland zurückzuführen (s.u.).

Bei den Ackerbrachen war keine Beziehung zwischen Brachedauer, pH-Wert (s.o.), minimaler Wasserkapazität (39,4 Vol.%) und Bodenwassergehalt (14,4 bis 15,6 Gew.%) erkennbar. Bedingt durch den fehlenden Entzug von Biomasse nahm der Gehalt an organischer Substanz mit zunehmender Stilllegungsdauer zu (von 5,4 auf 7,0 Gew.%, Abb. 5a). Während der Kaliumgehalt der Brachen gegenüber der landwirtschaftlichen Nutzfläche mit zunehmender Brachedauer leicht anstieg (von durchschnittlich 10,3 mg/100 g im Acker bis auf 22,8 mg bei der 4-jährigen Ackerbrache), konnte bei den Nährstoffen Magnesium, Phosphat und Stickstoff keine Korrelation zwischen Bodengehalt und Dauer der Brachlegung festgestellt werden (Abb. 5b-d). Auch der hier nicht abgebildete Calciumgehalt der untersuchten Ackerbrachflächen zeigte keinen Bezug zur Pflanzendecke bzw. der Brachedauer. Die Calciumgehalte von Acker, 1-jähriger und 2-jähriger

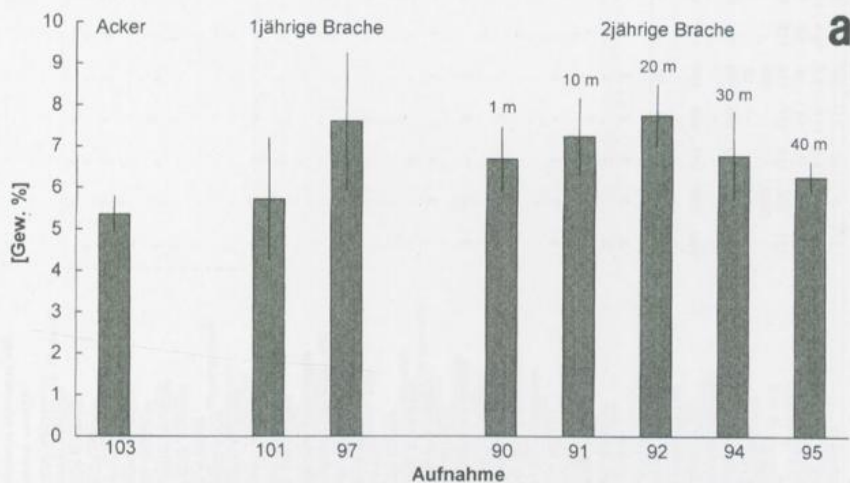


Abbildung 5: Bodenparameter des Ackers und der 1- und 2-jährigen Ackerbrachen ($\pm s$), a: Organischer Gehalt, b: Kalium, c: Phosphat, d: Nitrat und Ammonium

Tabelle 4. Vegetationstabelle der 4-jährigen Ackerbrache (Fläche 4)

Lage	Rindbereich der Ackerbrache										Bereich des Mischaußers																				
	1	9	20	21	39	40	24	28	31	38	43	46	48	51	58	59	4	5	6	7	8	10	11	2	3	12	13	14	15		
Aufnahme Nr.	21.5	2.6	14.5	14.6	19.6	19.8	14.6	19.6	19.6	19.6	20.6	20.6	20.6	20.6	20.6	20.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	21.5	2.6	2.6	10.6	10.6		
Datum	18	12	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18		
Größe [qm]	121	122	116	117	116	115	115	120	125	120	117	112	112	110	118	108	128	128	127	126	124	128	128	123	128	127	129	128			
Höhe	-	-	-	-	SW	-	-	NO	O	-	-	W	NNW	NW	W	OSO	-	-	OSO	OSO	OSO	-	-	-	-	-	-	-			
Exposition	-	5	-	-	10	-	-	3	3	-	-	5	10	15	5	5	-	-	5	10	10	-	-	3	-	-	-	-			
Nelung [°]	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	97	100	100	100	90	100	85	100	100	100	100	95	100	95	100	100			
Gesamtdeckung [%]	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	1	2	2	1	1	5	3	5	1	5			
Mooseflechten [%]	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	95	100	100	100	100	90	100	85	100	100	100	100	90	95	95	100	95			
Krautschicht [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Strauchschicht [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Artenzahl	15	10	17	12	10	8	14	9	8	9	9	12	14	7	9	8	12	12	14	9	10	13	22	22	17	16	16	9			
MOLINIC-ARRHENATHEREAE-ARTEN																															
<i>Poa trivialis</i>	2	3	2	2	3	4	2	2	2	3	3	2	3	2	2	2	4	3	3	4	3	3	4	4	2	2	2	1	2		
<i>Lolium perenne</i>	3	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2		
<i>Festuca pratensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Tritolium repens</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Holcus lanatus</i>	1	3	1	+	r	-	3	-	r	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Taraxacum officinale</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Alopecurus pratensis</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Dactylis glomerata</i>	-	-	-	+	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Bromus hordeaceus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Arrhenatherum elatius</i>	3	2	+	4	2	-	-	-	-	-	2	2	1	3	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Plantago major</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Ranunculus repens</i>	-	2	1	-	1	1	1	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Agrostis stolonifera</i>	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Rumex crispus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Poa annua</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Phleum pratense</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Lolium multiflorum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Symphylum officinale</i> agg.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Alopecurus penicillatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Vicia angustifolia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Myosotis arvensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Veronica arvensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Sonchus asper</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Viola arvensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Shardia arvensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Equisetum arvense</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Oxalis europaea</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Aphanes arvensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Convolvulus arvensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Senecio vulgaris</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Mentha arvensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Anagallis arvensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Lamium purpureum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Melicaria recutita</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Polygonum aviculare</i> agg.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Silachys palustris</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Vicia hirsuta</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

STELLARIETEA-MEDIAE-ARTEN

<i>Myosotis arvensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Veronica arvensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sonchus asper</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Viola arvensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Shardia arvensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Equisetum arvense</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oxalis europaea</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Aphanes arvensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Convolvulus arvensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Senecio vulgaris</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Mentha arvensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Anagallis arvensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lamium purpureum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Melicaria recutita</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Polygonum aviculare</i> agg.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Silachys palustris</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Vicia hirsuta</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabelle 5. Vegetationstabelle der 3-jährigen Grünlandbrache (Fläche 5)

Lage:	Hang unterhalb der Weide										Hang u. d. Wiese				
Aufnahme Nr.	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	107	108	109	110	111
Datum	6.7.	6.7.	6.7.	6.7.	6.7.	6.7.	6.7.	6.7.	6.7.	6.7.	20.7.	20.7.	20.7.	20.7.	20.7.
Größe [qm]	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Höhe [m]	203	203	203	203	195	187	180	178	176	175	192	188	185	182	180
Exposition	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	N	N	N	N	N
Neigung [°]	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	30	25	25	30	5
Gesamtdeckung [%]	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Moose/Flechten [%]	70	70	75	70	80	40	40	80	60	10	10	60	60	20	5
Krautschicht [%]	100	90	80	80	80	95	90	70	90	100	100	95	95	100	100
Strauchschicht [%]	5	10	10	30	20	10	10	10	5	2	20	15	15	5	-
Artenzahl	18	20	17	14	17	13	12	14	13	16	17	12	10	12	14
ARRHENATHERETALIA-Arten															
<i>Veronica chamaedrys</i>	1	2	2	1	1	1	1	+	1	+	+		1	1	
<i>Arrhenatherum elatius</i>	+	1	1	1	2	2	3	1			1		r	1	
<i>Dactylis glomerata</i>	1	1	1	r							+	1	+	r	
<i>Heracleum sphondylium</i>			r												r
<i>Lotus corniculatus</i>	1				+	2					2				
<i>Achillea millefolium</i> ssp. <i>millef.</i>	+	+			+	1									
<i>Vicia sepium</i>		1		+			1								
MOLINIO-ARRHENATHERETEA-Arten															
<i>Rhizidiadelphus squarrosus</i>	4	4	4	4	5	3	3	5	4	2	2	4	4	2	1
<i>Festuca rubra</i> agg.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	+	2		3	1	
<i>Holcus lanatus</i>	1	1	1			1		+	+	+	2	1	2	2	3
<i>Stellaria graminea</i>	1	1	1	1	+	1	+	1	1		2	+			
<i>Rumex acetosa</i>				r					r		+		1	1	+
<i>Alopecurus pratensis</i>											r	+			r
<i>Cardamine pratensis</i> agg.	r										r				
GRÜNLANDBEGLEITER															
<i>Agrostis stolonifera</i>	1	+	1	1	1	1	1	1	1	1	1	+	1	1	r
<i>Ranunculus repens</i>	1	1	1		1	2	3	1	3	2					+
<i>Cirsium palustre</i>	r	+	+	1	1	1	1	+							r
<i>Anthoxanthum odoratum</i>				1	+	+	+	+	+						
<i>Deschampsia cespitosa</i>	r	+	r	+					+	+	+	r		r	
<i>Cirsium arvense</i>										1				r	1
<i>Juncus effusus</i>					+							r			
<i>Elymus repens</i>											r	r			
ARTEMISIETEA-Arten u.a. RUDERALE															
<i>Rumex obtusifolius</i>											r	r			
<i>Urtica dioica</i>		+								1	+	+			2
<i>Galium aparine</i>		r													+
SONSTIGE Arten															
<i>Holcus mollis</i>	4	4	3	3	3	2	1	4	2	2	4	4	3	3	2
<i>Digitalis purpurea</i>							+	1			+		+		+
<i>Galeopsis tetrahit</i>	+	1	1		+					+					
<i>Pteridium aquilinum</i>									2	2					2
<i>Hieracium laevigatum</i>			1		r										

Außerdem in nur einer Aufnahme auftretende Arten (Standort/Artnächtigkeit):
Athyrium filix-femina (86/1), *Campanula rotundifolia* (86/r), *Carex otrubae* (83/r), *Galium mollugo* (83/1), *Hypericum perforatum* (82/2), *Leontodon autumnalis* (81/r), *Chrysanthemum leucanthemum* (87/+), *Luzula campestris* (81/r), *Plantago lanceolata* (79/r), *Poa pratensis* (79/+), *Poa trivialis* (80/+), *Rumex crispus* (88/r), *Scrophularia nodosa* (88/r), *Senecio fuchsii* (80/r), *Stellaria holostea* (80/r).

Ackerbrache unterschieden sich nicht wesentlich und betragen durchschnittlich 130 bis 140 mg. Auf der 4-jährigen Ackerbrache variierten die Calciumwerte zwischen 287 und 140 mg. Auf dem Grünland stellte sich der Calciumgehalt uneinheitlich dar. Er betrug auf der Weide durchschnittlich 76 mg, auf der Wiese 26 mg und auf der Brache 22 bzw. 43 mg.

Die 4-jährige Ackerbrache wurde deutlich durch das Vorhandensein eines Misthaufens geprägt. Der Rinderdung bewirkte eine bedenklich hohe Nährstoffzufuhr von Kalium (o. Abb.), Magnesium (o. Abb.), Phosphat und Stickstoff (Abb. 6a,b). Eine Eutrophierung des Grundwassers konnte nicht ausgeschlossen werden. Das vegetationsstrukturell heterogene Bild der Fläche fand ansonsten keine Bestätigung in den lokalen Elementverhältnissen.

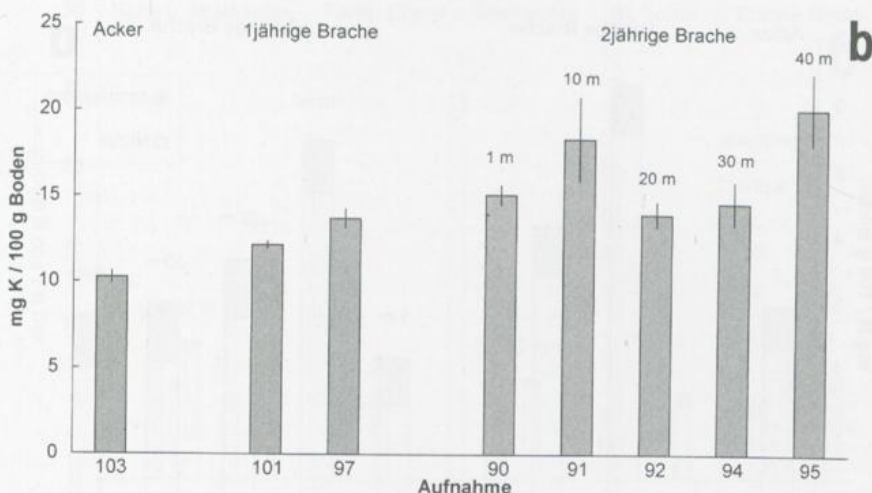


Abbildung 5 b

Besonderheiten in der Bodenstruktur, wie wasserundurchlässige bzw. wasserführende Schichten, waren vermutlich für kleinräumige Nährstoffakkumulationen innerhalb der Brachen verantwortlich (z.B. Aufn. Nr. 91, Abb. 5b u. d). Bei Phosphat und Stickstoff war eine Nährstoffanreicherung am Hanggrund der abschüssigen Flächenbereiche zu bemerken (z.B. Aufn. Nr. 9, Abb. 6b). Wahrscheinlich traten innerhalb der Untersuchungsflächen hangneigungsbedingte Umlageungsvorgänge auf.

Die genutzten Grünländereien und die Grünlandbrache zeichneten sich gegenüber den Ackerflächen durch eine höhere minimale Wasserkapazität (47,0 Vol.%) und einen höheren aktuellen Wassergehalt (21,5 Gew.%) aus. Auffallend war der hohe Phosphat- und Stickstoff-Gehalt der Grünlandbrache, der die Werte der angrenzenden bewirtschafteten Wiesen- und Weideflächen teilweise deutlich überstieg (Abb. 7a, b).

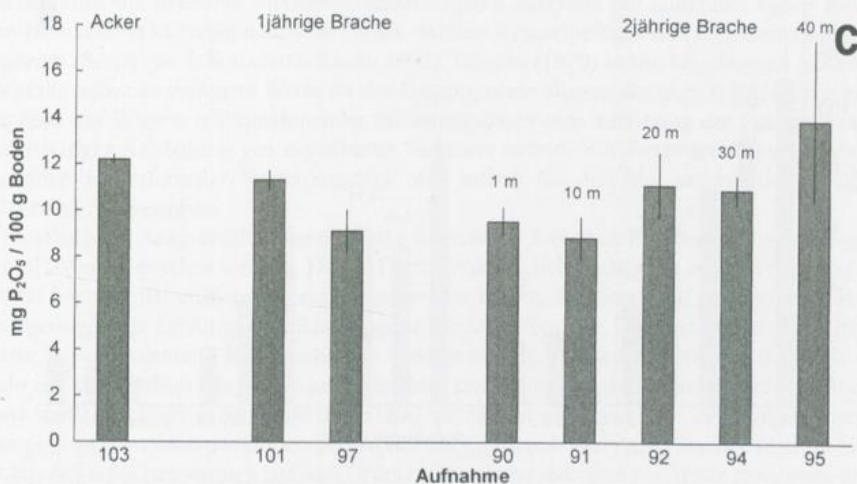


Abbildung 5 c

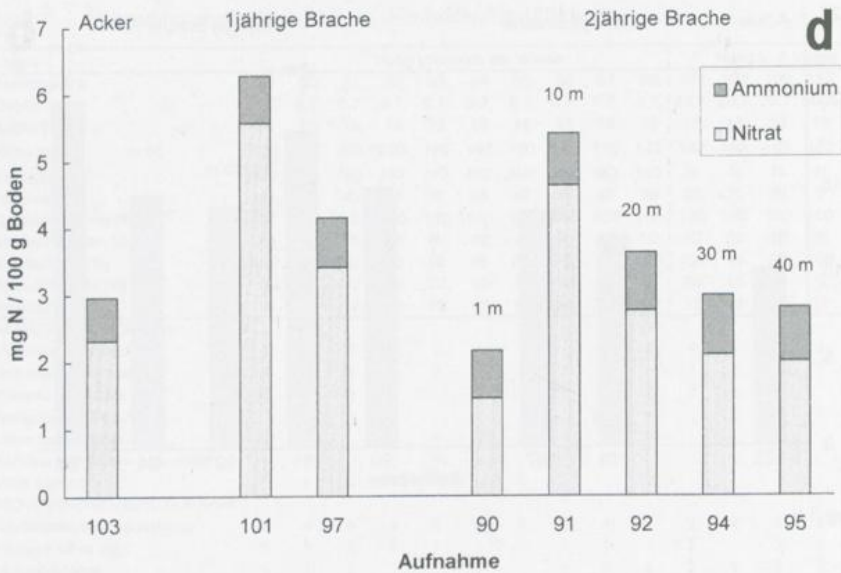


Abbildung 5 d

5. Diskussion

Acker- und Grünlandflächen wurden gekennzeichnet durch eine unterschiedliche Vegetationsbedeckung und verschiedene Bodennährstoffgehalte. Nach ihrer jeweiligen Brachlegung trat eine Artenverschiebung und Änderung der Artenvielfalt ein, die auf beiden Nutzungstypen unterschiedlich verlief. Zu untersuchen war, ob die Dynamik des Bodensubstrats die Grundlage für die Sukzession der Pflanzengemeinschaften bildete.

Die auf der 2- und 4-jährigen Ackerbrache um etwa 8 % geringere minimale Wasserkapazität gegenüber dem Grünland kann vermutlich auf die in den vorangehenden Jahren erfolgte intensive maschinelle Bewirtschaftung zurückgeführt werden. Die anthropogene Bearbeitung des Bodens

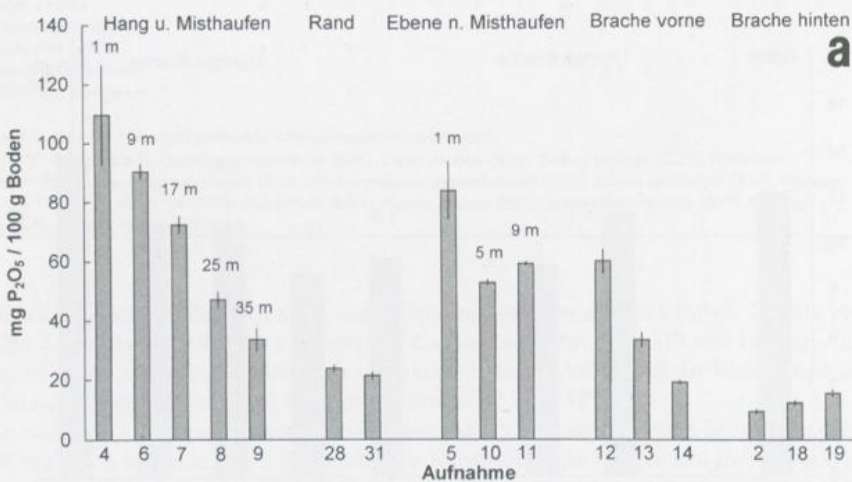


Abbildung 6. Phosphat-, Nitrat- und Ammoniumgehalte der 4-jährigen Ackerbrache ($\pm s$), a: Phosphat, b: Nitrat und Ammonium

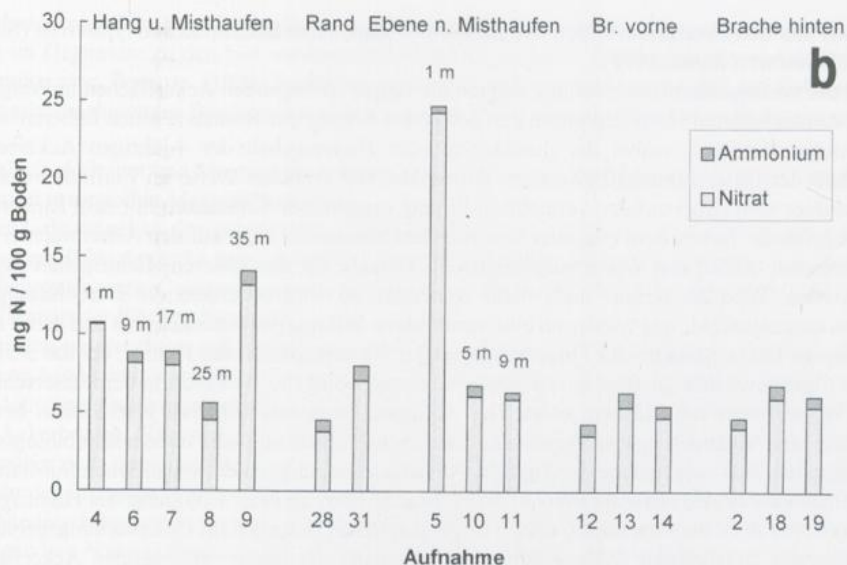


Abbildung 6 b

mit schweren Maschinen hat bis in die tieferen Bodenschichten eine starke Verdichtung zur Folge, die erst nach mehreren Jahren bis Jahrzehnten wieder verschwindet. Durch Befahren und Betreten werden vor allem die groben Sekundärporen des Bodengefüges zerstört. Aufgrund des verringerten Porenvolumens besteht die im Boden gespeicherte Wassermenge vorwiegend nur noch aus absorptiv gebundenem Wasser, während der Anteil kapillar gebundenen Bodenwassers zurückgeht. Auch Beweidung bewirkt allerdings eine Überverdichtung, vor allem des Oberbodens (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1992). Da die Grünlandflächen auch dort, wo sie beweidet werden, eine höhere Wasserkapazität besitzen, ist aber offenbar die Bodenverdichtung durch die Trittbelastung der Weidetiere weniger stark als die Auswirkung der maschinellen Bodenbearbeitung beim Ackerland. Die erhöhte Wasserkapazität beim Grünland kann aber auch auf die bessere Durchwurzelung des Bodens und die dadurch bedingte Erhöhung des Porenvolumens zurückgeführt werden. Neben der hohen Durchwurzelungsintensität und der dauerhaften Vegetationsdecke, die Schutz vor dem Regenschlag und damit vor Verschlammung bietet, bewirkt auf Grünlandflächen auch die intensive Mikroorganismenaktivität aufgrund der laufenden hohen Produktion von Biomasserückständen den Erhalt eines stabilen Krümelgefüges und damit eine höhere Feldkapazität (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1992). BÜRING (1970) stellte bei jüngeren Ackerbrachen ebenfalls teilweise geringere Werte für das Gesamtporenvolumen der oberen Bodenschichten fest, während auf Wiesen mit zunehmender Stilllegungsdauer eine Erhöhung des Porenvolumens bei gleichzeitiger Anhäufung von organischer Substanz eintrat. Ein Zusammenhang zwischen Brachedauer und minimaler Wasserkapazität war jedoch bei den hier untersuchten stillgelegten Äckern nicht erkennbar.

Innerhalb der Ackerbrachen konnte keine Korrelation zwischen Brachedauer und den gemessenen pH-Werten gesehen werden. Dieses Ergebnis deckt sich nicht ganz mit den nach ELLENBERG (1992) berechneten mittleren Reaktionszahlen der Böden, bei denen mit zunehmender Brachung eine geringfügige Erhöhung der Reaktionszahl festzustellen war. Die leicht unterschiedlichen pH-Werte der untersuchten Flächen scheinen weniger auf die Brachedauer und den Bewuchs als vielmehr auf den Einfluß des jeweiligen Substrates und örtliche Besonderheiten der einzelnen Standorte zurückzugehen. Auch BÖRSTEL (1974) stellte erst nach mehr als 20-jähriger Brachedauer eine geringe Abnahme des Boden-pH-Wertes auf Grünland- und Ackerbrachen fest. Im Vergleich zu den Ackerflächen wurden auf dem Grünland deutlich niedrigere pH-Werte gemessen, die schon im pH-Bereich für saure Waldböden liegen. Ursache dafür ist vermutlich die basenarme Braun-

erde, die hier den Untergrund bildet, und für die eine stark saure Bodenreaktion typisch ist (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1992).

Bei der vorliegenden Untersuchung zeigten die länger stillliegenden Ackerflächen im Vergleich zum bewirtschafteten Haferfeld durch den fehlenden Entzug der Biomasse einen höheren Anteil organischer Substanz, wobei der durchschnittliche Humusgehalt der 4-jährigen Ackerbrache innerhalb der Untersuchungsfläche stark schwankte. Die erhöhten Werte im Einflusbereich des Misthaufens sind dabei auf den vermehrten Eintrag organischer Substanzen mit dem Rinderdung zurückzuführen. Neben dem erhöhten oberirdischen Streuanfall kann auf den Ackerbrachen auch der vermehrte Anfall von Wurzelrückständen als Ursache für den höheren Humusgehalt angesehen werden. Wird die Krume nicht mehr bearbeitet, so wird außerdem die Durchlüftung des Bodens eingeschränkt, was wiederum eine verminderte Mikroorganismenaktivität und damit einen Anstieg des Humusgehaltes zur Folge hat. Die hohe Wasserkapazität des Humus, der das 3-5fache seines Eigengewichtes an Wasser festzuhalten vermag, spiegelte sich auch in dem unterschiedlichen Wassergehalt der Flächen wider. Das Stilllegen landwirtschaftlicher Nutzflächen bewirkt nicht nur eine Veränderung der Vegetation, sondern beeinflusst auch die bodenmikrobiologischen Bedingungen, was sich entscheidend auf die Abbaugeschwindigkeit der organischen Substanz der brachliegenden Böden auswirkt (WOLF 1979). Brache führt zu einer Erhöhung des Humusgehaltes (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1992). Insgesamt ließen sich auch im Untersuchungsgebiet mit zunehmender Brachedauer leicht erhöhte Humusgehalte der länger stillliegenden Ackerflächen feststellen.

Bei den Bodengehalten an organischer Substanz zeigten sich zwischen Grünland- und Ackerbrachflächen deutliche Unterschiede. Auf der Grünlandbrache lag ein um etwa 2 - 3 mal höherer organischer Anteil als auf den Ackerbrachen vor. Der erhöhte organische Anteil hier geht möglicherweise auch auf den deutlich niedrigeren pH-Wert der Böden und eine dadurch bedingte verminderte Aktivität der Bodentiere und Bakterien zurück, so daß die Anlieferung abgestorbener Biomasse schneller erfolgt als ihre Mineralisierung. Sicher ist aber der erhöhte Anfall organischer Substanz aufgrund des dichteren Pflanzenbewuchses und die im Vergleich zu den Ackerbrachen geringere Bodendurchlüftung ursächlich für den höheren Humusgehalt. Eine Abhängigkeit des organischen Gehaltes der untersuchten Grünlandflächen von der Nutzung als Weide oder Weide bzw. der Stilllegungsdauer war nicht zu erkennen. Auch BÜRING (1970) stellte bei der Untersuchung von Acker- und Wiesenbrachen auf Grünlandflächen einen wesentlich höheren Gehalt an organischer Substanz fest. Dabei konnte von ihm auf dem Grünland ein Zusammenhang zwischen

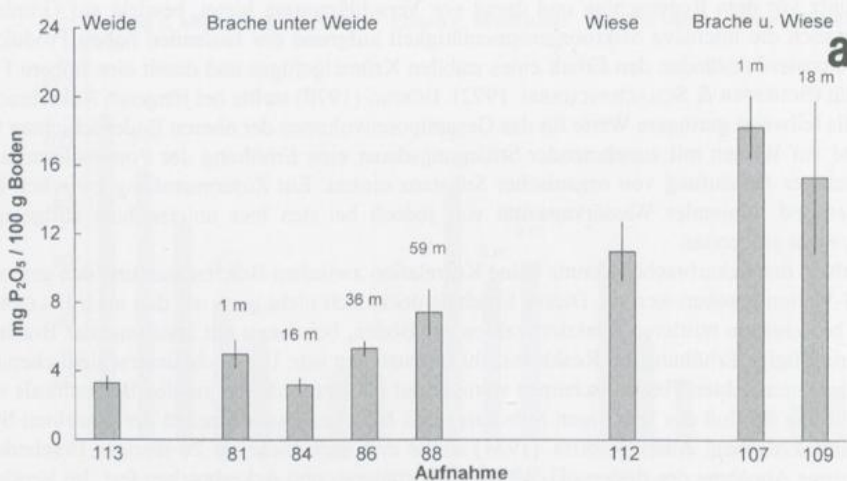


Abbildung 7. Phosphat-, Nitrat- u. Ammoniumgehalte von Grünlandbrache, Wiese, Weide (±s) a: Phosphat, b: Nitrat und Ammonium

Brachezeit und Zunahme der organischen Substanz gesehen werden, während auf den Ackerbrachen im Gegensatz zu den hier vorliegenden Ergebnissen keine Abhängigkeit von der Brachung erkennbar war. BORSTEL (1974) fand hingegen keine Anhaltspunkte dafür, daß auf Grünlandbrachen mit zunehmender Brachedauer eine vermehrte Anreicherung organischer Substanz stattfindet.

Kalium, Calcium und Magnesium gehören neben Stickstoff, Phosphor und Schwefel zu den für Pflanzen essentiellen Makronährstoffen.

Der Calciumgehalt der untersuchten Flächen stellte sich uneinheitlich dar, zeigte aber keinen Bezug zur Pflanzendecke bzw. dem Brachealter der Flächen. Die gegenüber den Ackerbrachen deutlich geringeren Calciumwerte des Grünlandes dürften auf der unterschiedlichen Bodenbeschaffenheit der Flächen beruhen.

Bei den untersuchten Ackerbrachen konnte mit zunehmender Brachedauer eine Kaliumanreicherung beobachtet werden. Vom Acker über die Rotationsbrache zur 2-jährigen Brache zeigten die Meßwerte eine kontinuierliche Kaliumzunahme, noch höher war der Kaliumgehalt der 4-jährigen Ackerbrache. Eine mögliche Erklärung für den Anstieg des Kaliumgehaltes der Brachen gegenüber dem des bestellten Acker ist der fehlende Nährstoffentzug durch die nicht erfolgende Abfuhr des Erntegutes (STÖCKLIN & GISI 1989). Andererseits kann bei Brachen unter dem Einfluß von Niederschlägen eine vertikale Erosion von Nährstoffen stattfinden, die bei fehlender Düngung eine gewisse Nährstoffverarmung zur Folge hat (BÖRING 1970). Bei langjährigen Aushagerungsversuchen auf landwirtschaftlich genutzten Ackerböden, bei denen neben dem Erntegut auch die Vegetationsrückstände wie Stroh und Blätter jährlich abgefahren wurden, traten bei Parabraunreden auch nach 9-10-jähriger Versuchsdauer nur geringe Kaliumerschöpfungen des Bodens von 10-15 % auf. Offenbar erfolgte in diesem Fall eine hohe Kaliumnachlieferung aus dem Mineralvorrat des Bodens (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1992). SCHMIDT (1981) beobachtete andererseits bei den von ihm langjährig untersuchten Brachflächen eine zunehmende Verringerung des Gesamtkaligehaltes. Er führt dies auf erhebliche Umlagerungsvorgänge der leicht wasserlöslichen Kaliumverbindungen mit dem Sickerwasser zurück, die bedeutsamer seien als die mikrobielle Kalianreicherung an der Bodenoberfläche.

Bei den Magnesiumgehalten von Acker, 1- und 2-jähriger Ackerbrache zeigten sich kaum Differenzen. Nur geringfügig höher lag der Magnesiumanteil der 4-jährigen Brache, doch läßt sich

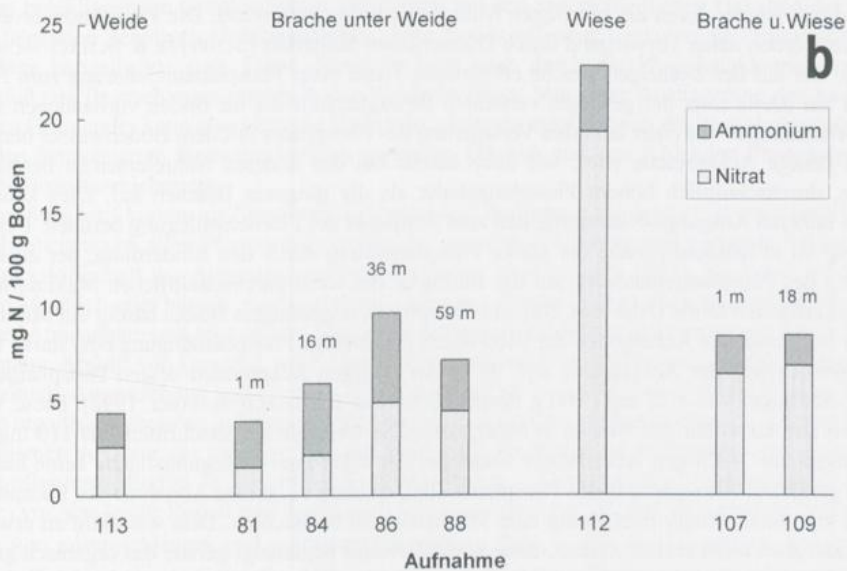


Abbildung 7 b

kein klarer Zusammenhang zwischen Brachedauer und Elementgehalt ableiten. Ein erhöhter Magnesiumgehalt im Bereich des Misthaufens geht vermutlich wiederum auf die verstärkte Mineralisation der organischen Substanz zurück. Da Magnesium in der Bodenlösung allgemein nur in geringer Konzentration vorhanden ist, findet eine Auswaschung kaum statt (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1992). Infolgedessen liegt auch nicht die beim Kalium beobachtete Anreicherung am Hangfuß vor.

Die Magnesiumgehalte der Grünlandflächen unterscheiden sich deutlich, doch liegt auch hier keine sichtbare Abhängigkeit von der Nutzungsart vor. Analog zum Calcium weist die Weide auch einen deutlich höheren Gehalt an Magnesium auf, während beim Kalium hier keine höheren Werte festgestellt werden konnten. Wiese und Grünlandbrache zeigen demgegenüber einen wesentlich geringeren Magnesiumgehalt. Wie auch schon beim Ca und K ist der Gehalt des Grünlandes an Mg insgesamt niedriger als auf den Ackerflächen. Wiesenböden haben normalerweise und auch im untersuchten Fall einen höheren Gehalt an organischer Substanz als Ackerböden. Mit dem höheren organischen Gehalt geht auch ein hoher Gehalt an Kali und der Gesamtheit austauschbarer Kationen einher (BÜRING 1970). Insgesamt haben aber die hier untersuchten Grünlandflächen gegenüber den Ackerflächen einen geringeren Gehalt an Nährelementen, trotz des höheren Anteils organischer Substanzen. Der geringere Elementgehalt kann eventuell auf den unterschiedlichen Bodentyp oder auf standortklimatische Unterschiede zurückgeführt werden. Wahrscheinlicher ist, daß die Verarmung des Grünlandbodens an Ca, K und Mg auch eine Folge einer stärkeren Elementauswaschung infolge der erhöhten Versauerung des Bodens ist und der Nährstoffreichtum der Ackerbrachen eine Nachwirkung der Düngerezufuhren während der früheren Nutzung.

Ein wesentlicher Indikator für die Nährstoffversorgung von Böden ist ihr Phosphatgehalt. Im Rahmen der Untersuchung konnte innerhalb der untersuchten Ackerflächen keine Korrelation zwischen Dauer der Stilllegung und dem Phosphatgehalt festgestellt werden (Abb. 5c). Der auf der Rotationsbrache im Vergleich mit dem bewirtschafteten Haferfeld vorgefundene geringere Phosphatgehalt kann nicht als Anzeichen für eine beginnende Aushagerung gewertet werden, denn dieser Tendenz widerspricht der erhöhte Phosphatgehalt der älteren 2-jährigen Ackerbrache. Der höhere Phosphatgehalt des Haferfeldes scheint vielmehr auf jüngere oder höhere Phosphat-Düngergaben zurückzugehen. Lösliche und damit pflanzenverfügbare Phosphatverbindungen können nur in geringem Maße durch Mineralverwitterung oder Mineralisation organischer Substanz zur Verfügung gestellt werden. Ein großer Teil des durch Mineralisation mobilisierten Phosphors wird auch direkt wieder durch die beteiligten Mikroorganismen verbraucht. Die Phosphatreserven des Bodens werden daher vorwiegend durch Düngergaben aufgefüllt (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1992). Der auf der 2-jährigen Brache erkennbare Trend einer Phosphatanreicherung zum Hanggrund hin dürfte trotz der geringen vertikalen Beweglichkeit der im Boden vorhandenen Phosphatverbindungen auf einer lateralen Verlagerung des Phosphates mit dem Bodenwasser beruhen. Die 4-jährige Ackerbrache wies, wie auch bereits bei den anderen Nährelementen beobachtet wurde, durchschnittlich höhere Phosphatgehalte als die jüngeren Brachen auf. Dies kann auf einem höheren Ausgangs-Nährstoffgehalt zum Zeitpunkt der Flächenstilllegung beruhen. Deutlich sichtbar ist in Misthaufennähe der starke Phosphateintrag durch den Rinderdung, der zu einem Anstieg des Phosphatgehaltes bis auf das fünffache des sonst durchschnittlichen Maximalwertes bei Ackerflächen führte (Abb. 6a). Obwohl Phosphat in ungedüngten Böden häufig ein Minimumfaktor ist, weisen die Ackerböden der BRD durch übermäßige Phosphatdüngung eine starke Phosphatanreicherung der Ackerkrume auf. 90 % der hiesigen Ackerböden zeigen Phosphatgehalte (CAL-Methode) von 4-22 mg / 100 g Boden (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1992). Diese Werte wurden auf der 4-jährigen Brache in Misthaufennähe wesentlich überschritten (bis 110 mg). Im Gegensatz zur 2-jährigen Ackerbrache findet bei der 4-jährigen Stilllegungsfläche keine hangabwärts gerichtete Anreicherung des Phosphates statt, sondern es ist eine Abnahme des Phosphatgehaltes mit zunehmender Entfernung zum Misthaufen zu beobachten. Dies war nicht zu erwarten und kann auch nicht erklärt werden, denn normalerweise begünstigt gerade das organisch gebundene Phosphat, wie es bei Güllezufuhr in hohem Maße vorliegt, die Phosphatverlagerung (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1992). Auch BORSTEL (1974) konnte bei seinen langjährigen Untersu-

chungen auf Brachflächen keinen Zusammenhang zwischen dem Alter von Ackerbrachen und veränderten Bodenverhältnissen feststellen. Teilweise konnten von ihm auf den Brachen anfänglich ebenfalls höhere Phosphat-, Kalium- und Calciumgehalte beobachtet werden. Durch das Brachliegen bedingte Standortveränderungen traten innerhalb des von ihm untersuchten Zeitraumes von 30 Jahren jedoch nur in ganz geringem Umfang auf. Nach BÜRING (1970) liegt ebenfalls keine Abhängigkeit zwischen Brachedauer oder pflanzensoziologischer Sukzession und der Höhe der Meßwerte bei Phosphor und Kalium vor. Er schließt daraus, daß sich auf einer Brachfläche, der durch Ernte keine Nährstoffe mehr entzogen werden, bedingt durch den geschlossenen Kreislauf zwischen Mineralisation und Demineralisation, bald ein spezifisches Potential pflanzenverfügbarer Nährstoffe herausbildet, dessen Niveau lediglich geringfügig um einen Mittelwert schwankt. Auch nach SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (1992) erfolgt eine Aushagerung der Böden an Phosphat nur sehr langsam, da die Böden eine sehr hohe Phosphat-Pufferung besitzen und der Entzug durch die Pflanzen nur gering ist, selbst wenn das Erntegut abgefahren wird.

Die untersuchten Grünlandflächen wiesen insgesamt niedrigere Phosphatgehalte als die Ackerflächen auf. Dabei wurde auf der brachliegenden Grünlandfläche ein wesentlich höherer Gehalt an Phosphat als auf dem genutzten Grünland beobachtet (Abb. 7a). Die Höhe des Phosphatgehaltes der genutzten Grünlandflächen korreliert dabei jeweils mit dem des sich unterhalb anschließenden Brachehanges. Analog zum niedrigen Phosphatgehalt der Weide war auch der Gehalt auf dem anschließenden Brachehang gering, zeigte jedoch insgesamt höhere Phosphatwerte als die Weide. Der im Vergleich hierzu höhere Phosphatgehalt, der auf der Mähwiese gemessen wurde, fand sich auch auf der darunterliegenden Brache wieder, überstieg die für die Wiese ermittelten Phosphatwerte allerdings noch. Der erhöhte Phosphatgehalt der Wiese gegenüber der Weide kann auf die höheren Düngergaben zurückgeführt werden, die auf dieser intensiv bewirtschafteten Fläche ausgebracht werden. Der gegenüber der beweideten bzw. gemähten Fläche höhere Phosphatgehalt der Stillungsfläche läßt darauf schließen, daß hier, wenn auch nur in geringem Maße, der fehlende Nährstoffentzug für die Anreicherung des Phosphates ursächlich ist. Die von den Pflanzen während der Vegetationsperiode entzogenen Nährstoffe werden dem Boden über die Vegetationsrückstände wieder zugeführt, während auf den bewirtschafteten Flächen die Abfuhr des Erntegutes bzw. die Abweidung eine Phosphatverarmung der Böden bewirkt. Eindeutig und vielleicht auch bedeutsamer ist jedoch der Einfluß, den der Phosphatgehalt der hangaufwärts liegenden bewirtschafteten Flächen auf die Brachfläche hat. Die deutlich unterschiedlichen Phosphatgehalte der beiden brachliegenden Grünlandhänge korrelieren mit den unterschiedlichen Gehalten der oberhalb liegenden genutzten Grünlandflächen. Hier finden offenbar Umlagerungs-/Einwaschungsvorgänge hangabwärts statt. Diese Annahme wird auch durch die Phosphatakkumulation am Hangfuß des Brachehanges unterhalb der Weide bestätigt. Von einer Aushagerung des brachliegenden Grünlandes kann also nicht die Rede sein, vielmehr erfolgt durch die Phosphatverlagerung aus den benachbarten landwirtschaftlich genutzten Flächen und den fehlenden Phosphatentzug eine Nährstoffanreicherung.

Dem Stickstoff kommt als Standortfaktor besondere Bedeutung zu, denn er ist unter natürlichen Gegebenheiten von allen Pflanzennährstoffen der am stärksten limitierend wirkende Faktor, weil der Stickstoffgehalt der Ausgangsgesteine sehr gering ist (GERLACH 1973). Stickstoff wird dem Boden künstlich oder biogen zugeführt durch Düngung, Niederschläge, Bewässerung, Adsorption aus der Atmosphäre und biologische Stickstofffixierung. Stickstoffverluste treten ein durch Pflanzenentzug, Abfuhr von Erntegut, mikrobiellen Nitrat-Abbau (Denitrifikation), Verflüchtigung von Ammoniak, Auswaschung und Erosion. Meist mehr als 95 % des Stickstoffvorrats liegt im Oberboden organisch gebunden in Form von Vegetationsrückständen, Huminstoffen und abgestorbenen Organismen vor. Nur ein geringer Teil des Stickstoffs im Boden ist anorganisch gebunden und damit pflanzenverfügbar. In Kulturböden mit pH-Werten > 5 liegt er dabei vorwiegend als Nitrat (NO_3^-) vor, das leicht löslich und damit auch leicht auswaschbar ist, und in geringem Umfang in Form von austauschbarem und gelöstem Ammonium (NH_4^+). Bei der Umsetzung organischer Stickstoffverbindungen durch die Mikroorganismen (N-Mineralisation) in pflanzenverfügbare anorganische Verbindungen entsteht zwar ständig Ammonium (Ammonifikation), doch wird die-

ses durch chemoautotrophe Mikroorganismen normalerweise direkt oxidiert zu Nitrit und weiter zu Nitrat (Nitrifikation), so daß es sich nicht in den Böden anreichert. Eine toxische Ammoniak-Anhäufung in biologisch aktiven Böden wird damit vermieden (BAUMEISTER & ERNST 1978, SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1992).

Bei den untersuchten Ackerflächen machte das Nitrat den größten Anteil des untersuchten Stickstoffgehaltes aus. Dabei konnte kein Zusammenhang zwischen den Stickstoffgehalten und der Dauer der Brache festgestellt werden. Der mit Hafer bestellte Acker zeigte von den untersuchten Ackerflächen den geringsten N-Gehalt. Der N-Gehalt der 1-jährigen Brache war demgegenüber deutlich erhöht. Offenbar ist der N-Entzug durch das Getreide für die niedrigen N-Werte des Haferfeldes ursächlich. Die vielfach befürchtete Nitratauswaschung, die vor allem bei brachliegenden Ackerflächen eintritt, hat hier offensichtlich nicht zu einer Verringerung des Nitratgehaltes auf der 1-jährigen Rotationsbrache geführt. Bei der vergleichenden Bewertung des Stickstoffgehaltes der Flächen ist allerdings auch zu berücksichtigen, daß der aktuell festgestellte Stickstoffgehalt eines Ackerbodens wesentlich von der Bestellung abhängt. So werden unter Sommergetreide von März bis Mai N-Höchstwerte gemessen, mit Minimalwerten im Juli. Bei Wintergetreide zeigt sich hingegen in den Monaten März und April ein N-Maximum, während die Werte im Mai ihren Tiefstand erreichen. Bei Hackfrüchten stellen sich erst im September minimale Stickstoffgehalte des Bodens ein (ZOLDAN 1981). Auch die Stickstoffgehalte von Brachflächen unterliegen im Jahresverlauf starken Schwankungen, die außer von Faktoren wie Bodenfeuchte, Bodentemperatur und pH-Wert u. a. auch von der Vegetationsperiode bestimmt werden. Um aussagekräftige Meßwerte von den Stickstoffgehalten der verschiedenen Böden zu erhalten, wären daher weitergehende Analysen angebracht, die den N-Gehalt der Flächen im Jahresverlauf untersuchen.

Im Vergleich der verschiedenen alten Ackerbrachflächen zeigte die 2-jährige Brache gegenüber der 1-jährigen Brache geringere Stickstoffwerte. Vermutlich ist dafür die fehlende Düngung der Fläche in den letzten Jahren ursächlich. Doch auch der stärkere Nährstoffentzug durch den dichteren Pflanzenbewuchs dürfte einen verringerten N-Gehalt des Bodens zur Folge haben. Da die Fläche aufgrund der kurzen Stilllegungsdauer noch einer starken Sukzession unterliegt, hat sich ein Gleichgewicht zwischen Bodennährstoffen und Bewuchs noch nicht eingestellt; der sonst natürlicherweise vorhandene geschlossene Kreislauf von N-Entzug und N-Zufuhr liegt noch nicht vor. Wie auch schon auf dem Acker, macht der Ammoniumanteil nur einen geringen Teil aus und ist für die differierenden N-Gehalte der einzelnen Proben nicht maßgebend. Von SCHMIDT (1981) und PETER & HARRACH (1992) wurde während mehrjähriger Untersuchungen von Brachäckern eine leichte Abnahme des Gehaltes an Ammonium und Nitrat mit zunehmender Stilllegungsdauer beobachtet. BÜRING (1970) stellte hingegen keinen Zusammenhang zwischen Brachedauer und den chemischen Kenndaten der Böden fest. Auch auf den hier vorliegenden Flächen würde wohl erst eine längerfristige Bracheentwicklung zu deutlichen Veränderungen der Nährstoffverhältnisse führen.

Die Ergebnisse der Bodenanalyse der 2-jährigen Brache korrelieren nicht mit der auffallenden Ausbreitung des Nitrophyten *Taraxacum officinale* im oberen Hangbereich der Fläche, die zu Beginn der Untersuchung beobachtet wurde und sich auch in den Vegetationsaufnahmen widerspiegelt. Zwar zeigte sich im Bereich der Aufnahme 91 ein auffallend hoher Gesamtstickstoffgehalt, der sich mit dem hier beobachteten Ausbreitungsoptimum des Löwenzahns deckt, doch wurden demgegenüber im Bereich der Aufnahme 90, in der die Art ebenfalls stark vertreten war, nur geringe N-Werte ermittelt. Das herdenhafte Auftreten von *Taraxacum officinale* dürfte daher eher auf eine höhere Durchsetzungskraft zu Beginn der Sukzession als auf lokal besonders nährstoffreiche Bodenverhältnisse zurückzuführen sein. BÜRING (1970) lehnte ebenfalls einen Zusammenhang zwischen dem Vorhandensein von Pflanzenarten, der Ausprägung von Pflanzengemeinschaften und dem analysierten Gesamtstickstoffgehalt des Bodens ab. Er hält allerdings eine Aussage über den Gesamtstickstoffgehalt des Bodens generell für ökologisch unbedeutend, da unter ökologischen Aspekten nur der Anteil des pflanzenverfügbaren Stickstoffs entscheidend ist, der sich aus dem ermittelten Gesamtstickstoff allerdings nicht ablesen läßt. Hier könnten allerdings

Untersuchungen über die Netto-Mineralisationsrate weitere Aufschlüsse über eine Korrelation zwischen N-Gehalt der Böden und Bewuchs geben.

Die Aufnahme 91 oberhalb des Hangfußes zeichnete sich nicht nur durch einen besonders hohen Stickstoffgehalt aus (s. Abb. 6b), sondern ebenso durch auffallend hohe Werte beim aktuellen Wassergehalt und der Kaliumbestimmung. Die Nitratbewegung ist, wie auch die Verlagerung anderer Ionen, grundsätzlich an die Bewegung des Bodenwassers gebunden. Der Transport des Nitrats findet in den wassergefüllten Poren des Bodens statt und ist daher, außer von der örtlichen Substratbeschaffenheit, auch entscheidend vom aktuellen Bodenwassergehalt abhängig. Die Verlagerung der Ionen erfolgt unter den hiesigen gemäßigt-humiden Klimabedingungen normalerweise in Richtung der Grundwasseroberfläche. In reliefiertem Gelände, wie es auf der 2-jährigen Brache vorliegt, können stauende Bodenhorizonte, Schichtgrenzen oder schwer durchlässige Gesteinsoberflächen eine laterale Bewegung des Bodenwassers und damit der Ionen auslösen. Die Bewegung des Bodenwassers erfolgt dann nicht mehr vertikal in Richtung auf den Grundwasserspiegel, sondern lateral in Richtung auf den Grundwasserleiter und den Vorfluter (ZAKOSEK & ZEPF 1993). Die Nitrat- und Kaliumakkumulation im Bereich der Aufnahme 91, die einhergeht mit einem erhöhten aktuellen Wassergehalt, kann möglicherweise auf einen solchen Hangwasseraustritt zurückgeführt werden.

Auch die Nitrat-Ammoniumsumme der 4-jährigen Ackerbrache wird maßgeblich vom Nitratgehalt bestimmt. Er unterscheidet sich durchschnittlich nicht wesentlich von dem der anderen Ackerflächen. Trotz der starken Harnstoff-Zufuhr mit dem Rinderdung wurden in unmittelbarer Nähe zum Misthaufen nur verhältnismäßig geringe Ammoniumgehalte festgestellt, die sich antagonistisch zu den Nitratwerten verhalten (vgl. Abb. 6b). Hier könnte eine hohe Nitrifikationsrate zu einer raschen Umsetzung des Ammoniums geführt haben, so daß sich dieses nicht im Boden anreichern konnte. Dem widersprechen allerdings die Boden-pH-Werte, die bei einer starken Nitrifikation aufgrund der Protonenfreisetzung eher eine Erhöhung der Bodenacidität belegen müßten. Es ist daher anzunehmen, daß der geringere Ammoniumgehalt in Misthaufennähe vielmehr auf einen Verlust von Ammoniak durch Verflüchtigung zurückzuführen ist. Entscheidenden Einfluß auf die Höhe der Ammoniakverflüchtigung hat nach SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (1992) der pH-Wert. Mit steigendem Boden-pH erfolgt eine zunehmende Umsetzung von Ammonium zu leicht flüchtigem Ammoniak. Bereits bei pH 8, wie er hier in unmittelbarer Nähe zum Misthaufen vorliegt, beträgt der Ammoniakanteil 10 %. Gerade bei Zufuhr von Harnstoff, wie sie durch den Rinderdung erfolgt, führt die Umsetzung zu Ammoniak und CO₂ durch das Enzym Urease zum Eintritt alkalischer Bodenreaktionen. Je höher der pH-Wert, desto größer ist also auch das Potential für Ammoniakverluste des Bodens.

Die untersuchten Grünlandflächen zeigen gegenüber den Ackerflächen einen höheren Gehalt an den gemessenen Stickstoffkomponenten Nitrat und Ammonium, was nach SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (1992) typisch für Grünländereien ist. Auffallend sind die hohen Ammoniumanteile an der Nitrat-Ammoniumsumme der Böden, die wesentlich höher als bei den Ackerflächen liegen und zum Teil auch die Nitratanteile noch übersteigen. Vor allem auf der Pferdeweide und dem darunterliegenden Brachehang wurden sehr hohe Ammoniumwerte festgestellt. Die Zufuhr von Harnstoff durch den Pferdemist scheidet als Ursache für diese Ammoniumakkumulation aus, denn sonst wäre auch die bei der 4-jährigen Ackerbrache diskutierte Ammoniakbildung und -verflüchtigung zu erwarten. Die Ursache für den hohen Ammoniumgehalt dürfte vielmehr der niedrige pH-Wert der Flächen zu sein. Die Nitrifikation, das heißt die mikrobielle Umwandlung von Ammonium zu Nitrat erfolgt in Böden vorwiegend durch die chemoautotrophen Bakterien *Nitrosomonas* (Ammoniumoxidierer) und *Nitrobacter* (Nitritoxidierer). Diese Nitrifikation hat ihr Optimum bei neutralen bis leicht alkalischen Boden-pH-Werten von 6 - 9 und kommt bei zu niedrigem pH völlig zum Erliegen (HAYNES 1986, SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1992). Als kritische untere Grenze werden dabei pH-Werte von 4,5 bis 4,1 angesehen. Bereits bei Werten unterhalb pH 6 verlangsamt sich die Oxidation zunehmend (MENGEL 1991, LINDENHOVEN-FRÖLICH 1993). Die hier untersuchten Grünlandflächen weisen überwiegend wesentlich niedrige pH-(CaCl₂)-Werte auf. Sie liegen bei nur durchschnittlich 4,6 auf der Weide, 4,1 auf dem anschließenden Brachehang und

erreichen auf der Mähwiese und der darunterliegenden Brachfläche sogar nur Werte von 3,8. Es kann daher davon ausgegangen werden, daß hier nur noch eine stark gehemmte bzw. keine Nitrifikation mehr durch die beiden Mikroorganismen *Nitrosomonas* und *Nitrobacter* stattfindet. Bei Böden mit niedrigen pH-Werten übernehmen vermutlich heterotrophe Bakterien oder Pilze die Nitrifikation als gemeinsame Oxidation von Ammonium und organischer Substanz. Der biochemische Ablauf der heterotrophen Nitrifikation konnte bisher jedoch noch nicht eindeutig geklärt werden (SCHLEGEL 1985, LINDENHOVEN-FRÖLICH 1993). Durch einen niedrigen pH-Wert werden aus Tonmineralen und Hydroxiden auch verstärkt Aluminiumionen freigesetzt, die toxisch auf die Pflanzen sowie Bodenflora und -fauna wirken. Dadurch verringert sich die Arten- und Individuenzahl der Bodentiere und die Aktivität der Mikroorganismen, was wiederum eine verminderte Nitrifikationsrate zur Folge hat (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1992). Auch die Durchlüftungsverhältnisse, die Bodenfeuchte und der Kohlenstoffgehalt der Böden können die Nitrifikationsrate und damit den Ammoniumgehalt beeinflussen.

Der Nitratgehalt und die Nitrat-Ammoniumsumme bei den Grünländereien ist in der Mähwiese deutlich höher als in der Weide, was auf die intensivere Düngung der Wiese zurückzuführen ist. Die Summe von Nitrat und Ammonium der Grünlandbrache ist jedoch, bedingt durch den hohen Ammoniumanteil, teilweise höher als auf den übrigen Untersuchungsflächen. Pflanzen können Stickstoff in Form von Ammonium und Nitrat aufnehmen. Beide sind für die Pflanzen vollwertige Stickstoffquellen, es hängt von den jeweiligen standörtlichen Gegebenheiten und der Pflanzenart ab, welche Stickstoffform am besten verwertet werden kann (SIX 1983, MARSCHNER 1995). Entscheidender Faktor für die Ansiedlung stickstoffliebender Pflanzen ist bei der hier untersuchten Brachfläche offenbar der Bodengehalt an Nitrat und nicht der Anteil an Ammonium. Dies belegen auch die N-Zeigerwerte der Brache (s. Tab. 6). Stickstoffliebende Pflanzen hatten sich vor allem auf der brachliegenden Hangfläche unterhalb der Mähwiese angesiedelt, die sich gegenüber dem anderen Brachehang durch höhere Nitratanteile bei teilweise gleicher Summe von Nitrat und Ammonium auszeichnet.

Für die insgesamt hohen Stickstoffgehalte der stillgelegten Grünlandfläche, auf der keine Nutzung und damit auch keine Düngung mehr erfolgt, erscheinen Verlagerungen mit dem Bodenwasser und dem hangabwärts fließenden Niederschlagswasser ursächlich. Wie auch schon bei entsprechenden Untersuchungen von BÜRING (1970) konnte eine Aushagerung der brachliegenden Fläche im Vergleich mit den beiden bewirtschafteten Grünlandflächen nicht festgestellt werden.

Eine Abhängigkeit der Vegetationsbedeckung der Acker- und Grünlandbrachen von den untersuchten Bodenparametern kann nur bedingt gesehen werden. Der Nährstoffreichtum der Böden ist zwar ursächlich für die Ansiedlung nährstoffliebender Pflanzen, doch ist der Sukzessionsablauf auf den Brachen weitgehend unabhängig vom Nährstoffgehalt der Böden. Die starke Überdüngung landwirtschaftlicher Nutzflächen ist eine Folge der heutigen Intensivlandwirtschaft. Sie hat

Tabelle 6. Durchschnittliche mittlere Zeigerwerte nach ELLENBERG et al. (1992) der vegetationskundlich untersuchten Flächen

Zeigerwerte:	L	T	K	F	R	N
Acker	6,7	5,6	4,0	5,4	6,3	6,3
1jährige Ackerbrache	6,8	5,8	3,7	5,3	6,4	6,3
2jährige Ackerbrache	7,0	5,6	3,7	5,7	6,4	6,2
4jährige Ackerbrache	7,2	5,7	3,7	5,6	6,5	6,6
3jährige Grünlandbrache	6,7	5,2	3,6	5,8	4,6	4,8

einen deutlichen Rückgang der Artenzahlen und eine Uniformierung des Artenspektrums zur Folge. „Anspruchsvolle“, eigentlich magerkeitsbedürftige Arten gehen zurück oder sterben ganz aus, während sich nährstoffliebende Arten zunehmend ausbreiten. Ganze Pflanzengesellschaften sind durch die Intensivbewirtschaftung in ihrer Existenz bedroht. Nach den vorliegenden Ergebnissen ist bei den untersuchten stillliegenden Flächen unter den bisherigen Bedingungen eine Aushagerung nicht oder in nur sehr geringem Maße eingetreten. Hierfür wird eine Änderung der Bewirtschaftungsform aus ökologischen Aspekten bei Flächen nötig, die zur Extensivierung vorgesehen sind. Dann sollte schon in der Endphase der Nutzung auf düngende Maßnahmen verzichtet werden und eine konsequente Abfuhr von Biomasse erfolgen. Damit könnte langfristig eine Aushagerung der Flächen und eine Erhöhung der Artenvielfalt sowie eine Ansiedlung magerkeitsliebender Arten erreicht werden. Grundsätzlich sollte die Frage geklärt werden, ob weitere Aufforstungen von Brachflächen erforderlich sind. In waldarmen Gegenden ist eine Aufforstung brachliegender Flächen zur Vergrößerung des Waldbestandes und zum Erhalt des Artenschutzes sicherlich sinnvoll, sofern diese mit standorttypischen Strauch- und Baumarten erfolgt. Im waldreichen Bergischen Land erscheint es hingegen sinnvoller, auf weitere Aufforstungen zu verzichten und stattdessen langfristig den Erhalt artenreicher Brachflächen zu fördern. Auf diese Weise kann zu einer Erhöhung der Biotopvielfalt beigetragen und ein Mosaik vielgestaltiger Lebensräume geschaffen werden, die den verschiedenen Pflanzen- und Tierarten eine Lebensgrundlage bieten.

Danksagung

Der Stiftung zum Schutz von Tier und Natur Solingen e.V. danken wir für die Erlaubnis zum Betreten der Untersuchungsflächen, die Gesprächsbereitschaft der Mitglieder und die finanzielle Unterstützung.

Literatur

- BAUMEISTER, W. & ERNST, W. (1978): Mineralstoffe und Pflanzenwachstum. - Stuttgart (G. Fischer).
- BIERHALS, E. & SCHARPF, H. (1975): Zur ökologischen und gestalterischen Beurteilung von Brachflächen. - *Nat. Landsch.* **46**, 31-34.
- BORSTEL, U.-O. von (1974): Untersuchungen zur Vegetationsentwicklung auf ökologisch verschiedenen Grünland- und Ackerbrachen hessischer Mittelgebirge. - Diss. Univ. Gießen.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1964): Pflanzensoziologie. - Wien (Springer).
- BÖRING, H. (1970): Sozialbrache auf Äckern und Wiesen in pflanzensoziologischer und ökologischer Sicht. - Diss. Univ. Gießen.
- ELLENBERG, H., WEBER, H. E., DÜLL, R., WIRTH, V., WERNER, W. & PAULISSEN, D. (1992): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. - *Scripta Geobot.* **18**, 1-258.
- GERLACH, A. (1973): Methodische Untersuchungen zur Bestimmung der Stickstoffnettomineralisation. - *Scripta Geobot.* **5**, 1-115.
- GISI, U. & OERTLI, J. (1981a): Oekologische Entwicklung in Brachland verglichen mit Kulturwiesen. I. Physikalisch-chemische Veränderungen im Boden. - *Acta Oecol.* **2**, 7-21.
- GISI, U. & OERTLI, J. (1981b): Oekologische Entwicklung in Brachland verglichen mit Kulturwiesen. IV. Veränderungen im Mikroklima. - *Acta Oecol.* **2**, 233-249.
- HARD, G. (1976): Vegetationsentwicklung auf Brachflächen, in: BIERHALS, E., GEKLE, L., HARD G. & NOHL, W., Brachflächen in der Landschaft. KTBL-Schrift 195, Kap. 4, 1-195. - Kuratorium f. Technik u. Bauwesen i. d. Landw., Münster-Hiltrup (Landwirtschaftsverlag).
- HAYNES, R. J. (1986): Nitrification, in: Mineral nitrogen in the plant-soil system, 17-65. - Orlando (Academic Press).
- KARRER, M. (1996): Flora, Vegetation und Makroelementverteilung auf stillgelegten Agrarflächen in Solingen (Bergisches Land). - Diplomarb. Univ. Düsseldorf.
- KLINK, H.-J. (1990): Landesnatur, in: Geographie Deutschlands, 111-350. - Berlin (Gebr. Bornträger).
- KRETZSCHMAR, R. (1991): Kulturtechnisch-bodenkundliches Praktikum. Ausgewählte Laboratoriumsmethoden. Eine Anleitung zum selbständigen Arbeiten an Böden. - 7. Aufl., Univ. Kiel (Selbstverl.).
- LINDENHOVEN-FRÖLICH, P. (1993): Stickstoff-Mineralisation im Boden, in: ZAKOSEK H. (Hrsg.), Nitrat in Boden und Pflanze, 55-81. - Stuttgart (Eugen Ulmer).
- MARSCHNER, H. (1995): Mineral Nutrition of Higher Plants. - 2. ed., London (Academic Press).
- MEISEL, K. (1972): Brachflächen und Erholungslandschaft. - *Neue Landsch.* **1972**, 697-703

- MEISEL, K. & HÜBSCHMANN, A. von (1973): Grundzüge der Vegetationsentwicklung auf Brachflächen. - Nat. Landsch. **48**, 70-74.
- MENGEL (1991): Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. - 7. Aufl., Stuttgart (G. Fischer).
- MURL (Minister für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft NRW) (1989): Klima-Atlas von Nordrhein-Westfalen. - Düsseldorf (MURL).
- OESAU, A. (1992): Erhebungen zur Verunkrautungsgefährdung bewirtschafteter Äcker durch stillgelegte Nachbarflächen. - Z. Pflanzenkr. Pflanzensch., Sonderh. **13**, 61-68.
- OPITZ VON BOBERFELD, W. (1994): Grünlandlehre. - Stuttgart (Eugen Ulmer).
- PETER, M. & HARRACH, T. (1992): Dreijährige Untersuchungen der Stickstoffdynamik stillgelegter Ackerflächen und bewirtschafteter Vergleichsflächen. - Verh. Ges. Ökol. **21**, 431-435.
- POTT, R. (1992): Die Pflanzengesellschaften Deutschlands. - Stuttgart (Eugen Ulmer).
- REIF, A. & LÖSCH, R. (1979): Sukzessionen auf Sozialbrachflächen und in Jungfichtenpflanzungen im nördlichen Spessart. - Mitt. Flor.-soz. Arbeitsgem., N. F. **21**, 75-96.
- RICHTER, D. (1977): Ruhrgebiet und Bergisches Land. - Berlin (Gebr. Bornträger).
- ROSENTHAL, H. (1969): Solingen. Geschichte einer Stadt. - Duisburg (W. Braun).
- SCHAEFFER, F. & SCHACHTSCHABEL, P. (1992): Lehrbuch der Bodenkunde. - 13. Aufl., Stuttgart (F. Enke).
- SCHLEGEL, H. G. (1985): Allgemeine Mikrobiologie. - Stuttgart (Thieme).
- SCHMIDT, W. (1978): Änderungen in der Stickstoffversorgung auf Dauerflächen im Brachland. - Vegetatio **36**, 105-113.
- SCHMIDT, W. (1981): Ungestörte und gelenkte Sukzession auf Brachäckern. - Scripta Geobot. **15**, 1-199.
- SCHÜLLER, H. (1969): Die CAL-Methode, eine neue Methode zur Bestimmung des pflanzenverfügbaren Phosphats in Böden. - Z. Pflanzenern. Bodenk. **123**, 48-63.
- SCHÜTTLER, A. (1952): Das Bergische Land. - Landesvermessungsamt Düsseldorf, Topogr. Atlas NRW **27**, IV, 76-79.
- SIX, R. (1983): Einflüsse von Ammonium und Nitrat auf Bestandesentwicklung und Ertrag bei Wintergerste sowie Auswirkungen von Niederschlägen während der Abreife. - Diss. Univ. Bonn.
- STÄHLIN, A., STÄHLIN, L. & SCHÄFER, K. (1975): Zur Frage der Sukzessionslenkung auf aufgelassenem Kulturland. - Ber. Symp. Int. Verein. Vegetationsk. Vaduz, 471-492.
- STEBING, L. & FANGMEIER, A. (1992): Pflanzenökologisches Praktikum. - Stuttgart (Eugen Ulmer).
- STÖCKLIN, J. & GISI, U. (1989): Veränderungen der Versorgung der Vegetation mit Stickstoff, Phosphor und Kalium nach Brachlegung von Magerwiesen. - Acta Oecol. **10**, 397-410.
- VDLUFA (Verein Deutscher Landwirtschaftl. Unters.- u. Forschungsanstalten) (1991): Methodenbuch I. Die Untersuchung von Böden. - Frankfurt a. Mn. (DLG-Verl.).
- WOLF, G. (1979): Veränderungen der Vegetation und Abbau der organischen Substanz in aufgegebenen Wiesen des Westerwaldes. - Schriftenr. Vegetationsk. **13**, 1-117.
- ZAKOSEK, H. & ZEPP, H. (1993): Nitratbewegung im Boden und Untergrund, in: ZAKOSEK H. (Hrsg.), Nitrat in Boden und Pflanze, 21-36. - Stuttgart (Eugen Ulmer).
- ZOLDAN J.-W. (1981): Zur Ökologie, insbesondere zur Stickstoffversorgung von Ackerunkrautgemeinschaften in Südniedersachsen und Nordhessen. - Diss. Univ. Göttingen.
- ZSCHOCKE, R. (1958): Vergrünlandung, Vergetreidung, Aufforstung und Sozialbrache in Nordrhein, in: OTREMBBA, E. (Hrsg.), Bericht über die Arbeitstagung der landwirtschaftsgeographischen Arbeitsgemeinschaft im Zentralausschuß für deutsche Landeskunde in Donaueschingen vom 6. bis 8. März 1958, Ber. z. Deut. Landesk. **21**, 137-149.

Anschrift der Verfasser: Margit Karrer, Dr. Bruno Mies und Prof. Dr. Rainer Lösch, Abt. Geobotanik, Institut für Ökologische Pflanzenphysiologie u. Geobotanik, Geb. 26.13 Eb. U1, Universität Düsseldorf, 40225 Düsseldorf

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Decheniana](#)

Jahr/Year: 1997

Band/Volume: [150](#)

Autor(en)/Author(s): Mies Bruno A., Lösch Rainer, Karrer Margit

Artikel/Article: [Boden- und vegetationskundliche Untersuchungen auf Acker- und Grünlandbrachen in Solingen \(Bergisches Land\): Nährstoffdynamik und Vegetationsmosaik 191-218](#)