

FID Biodiversitätsforschung

Decheniana

Verhandlungen des Naturhistorischen Vereins der Rheinlande und
Westfalens

Zusammensetzung, Biomasse und Inhaltsstoffe der Vegetation während
zehnjähriger Sukzession auf Gartenboden in Köln - mit 8 Tabellen und 6
Abbildungen

Bornkamm, Reinhard

1981

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:30:4-189930](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hebis:30:4-189930)

Zusammensetzung, Biomasse und Inhaltsstoffe der Vegetation während zehnjähriger Sukzession auf Gartenboden in Köln

Reinhard Bornkamm

Mit 8 Tabellen und 6 Abbildungen

(Eingegangen am 24. 3. 1980)

Kurzfassung

Auf einer 10 m² großen Versuchsfläche entwickelte sich über ein Therophytenstadium im ersten und zweiten Jahr ein Bestand mehrjähriger Arten, in dem *Urtica dioica* und stellenweise *Symphytum officinale* dominierten. Dieser Bestand blieb vom dritten bis zehnten Jahr (Versuchsende) relativ stabil, so daß noch kein Gebüschstadium entstand. Auf den 10 Teilflächen von je 1 m² Größe wurde jährlich der Deckungsgrad der Arten sowie die maximale Höhe der Vegetation ermittelt. Jedes Jahr wurde eine Fläche geerntet und auf oberirdische und unterirdische Biomasse (Trockengewicht) sowie auf Gehalt an Asche, löslichem Stickstoff und Protein-Stickstoff, Kohlenstoff und Zellwandsubstanz untersucht. Während die Gesamtbiomasse während der Versuchszeit relativ konstant blieb, nahm die unterirdische Biomasse und damit die Menge der in ihr inkorporierten Inhaltsstoffe zu, so daß das Verhältnis oberirdische zu unterirdische Biomasse („Sproß : Wurzel-Verhältnis“) auf unter 1 absank.

Abstract

At an experimental plot (of 10 m² size) on horticultural soil an annual stage of the vegetation developed in the first two years and was followed by a perennial stage. This stage, dominated by *Urtica dioica* and *Symphytum officinale*, was quite stable and lasted from the third to the tenth year, where the experiment ended. There was no development of a shrub stage. Species cover and maximum vegetation height were recorded annually in all 10 subplots (size 1 m²). Year by year one subplot was harvested. The samples were divided into above ground and below ground fractions. Biomass (dry weight), and its contents of ash, soluble nitrogen and total nitrogen, carbon and cell wall material were measured. Throughout the experiment total biomass did not show a successional trend, whereas below ground biomass and chemical constituents within this biomass fraction increased. Thus the „shoot : root-ratio“ fell below unity.

1. Einleitung

Im Jahre 1967 wurde auf dem Gelände des Botanischen Instituts der Universität Köln ein Sukzessionsversuch angelegt und bis 1977 fortgeführt¹⁾. Er steht in Zusammenhang mit einer größeren Versuchsserie, die unter gleichen makroklimatischen, aber völlig anderen mesoklimatischen und Bodenverhältnissen im Tagebau Fortuna seit 1967 läuft (über das Untersuchungsgebiet s. WOLF 1977). Er soll Auskunft geben über die ersten Phasen der Vegetationsentwicklung auf nährstoffreichem Gartenboden in innerstädtischer Lage.

2. Material und Methoden

Die Versuchsfläche umfaßte nur 10 m² am Rande des Gartens des Botanischen Instituts in Köln-Lindenthal auf einem tiefgründigen Hortisol auf Talsedimenten. Als potentiell natürliche Vegetation wäre ein Maiglöckchen-Perlgras-Buchenwald (*Convallaria*-Rasse des Melico-Fagetum) auf Parabraunerde zu erwarten (TRAUTMANN 1973). Sie empfing wegen der unmittelbar benachbarten gärtnerischen Kulturen eine Nährstoff- und Wasserzufuhr in nicht bekannter Höhe. Es ist daher davon auszugehen, daß die Flächen gut mit Wasser und Nährstoffen versorgt waren, wie auch die hohen R-, F- und N-Werte zeigen. Unmittelbar südlich der Versuchsfläche wurde bei Versuchsbeginn im Zuge der Grundstücksbegrenzung wegen eines Wegebauwerks ein Zaun gezogen. Ein vor diesem Zaun emporwachsendes Gebüsch beschattete die Fläche in zunehmendem Maße. Die Beschattung war offenbar jedoch noch nicht so stark, daß Zusammensetzung und damit L-Indikatorwert, Produktion und Höhenentwicklung der Vegetation beeinträchtigt worden wären.

¹⁾ Herrn Prof. Dr. L. BERGMANN und Herrn Prof. Dr. H. REZNIK danke ich für die Erlaubnis zur Benutzung des Geländes und von Institutseinrichtungen, Herrn Gartenmeister ZIMMER für seine Unterstützung der Freilandarbeiten, Frau U. HENNIG für sorgfältige Ausführung der Analysen.

Die Gesamtfläche wurde im Jahre 1967 durch Entfernen der Vegetation freigelegt. In allen Teilflächen wurden jährlich Bestandsaufnahmen vorgenommen, wobei die Deckung in $1/10 \text{ m}^2$ geschätzt wurde. In jedem Jahre wurde eine der in einer Reihe liegenden, 1 m^2 großen Flächen zu einem Zeitpunkt nahe der Maximalentwicklung der Biomasse (Juli-August) geerntet, in oberirdische und unterirdische Biomasse der einzelnen Arten getrennt und hitzegetrocknet. Das Trockenmaterial wurde gewogen und nach BENNERT 1973 auf Asche, in Trichloressigsäure löslichen Stickstoff, unlöslichen Stickstoff (Protein-Stickstoff), Hemicellulose, Cellulose und Lignin untersucht. Außerdem wurde mit einem WÖSTHOFF-Carmhographen der C-Gehalt bestimmt.

Die Benennung der Arten folgt soweit wie möglich ELLENBERG 1979.

3. Ergebnisse

3.1. Zusammensetzung der Bestände

Die Zusammensetzung der Bestände soll aus Raumgründen nicht für alle Flächen einzeln, sondern nur für die Sukzessionsjahre insgesamt betrachtet werden. Dabei werden sowohl die am Versuchsbeginn einsetzenden als auch die nach einer Ernte in einem späteren Jahr anfangenden Sukzessionen berücksichtigt. Sukzessions- und Kalenderjahre sind also nicht identisch; ihr Zusammenhang geht aus Tab. 1 hervor. Dabei ergeben sich für das 1. Sukzessionsjahr 19 Parallelen, für die folgenden Jahre eine immer geringere Anzahl bis hin zu nur einer Fläche, die 10 Sukzessionsjahre aufweist.

Dieses Verfahren wurde angewandt, da es die Ergebnisse gedrängter wiederzugeben gestattet und durch die Bildung von Mittelwerten aus einer größeren Zahl von Einzelwerten eine sicherere Aussage über das Verhalten der häufigeren Arten ermöglicht wird. In Kauf genommen wurde dabei der Nachteil, daß eine Reihe weniger häufiger Arten entweder durch die Ernte einer Fläche oder durch das Versuchsende aus der Tabelle eliminiert werden, also scheinbar aus der Sukzession verschwinden. Sofern dies bei mehrjährigen Arten offensichtlich war, ist es in den Tabellen vermerkt. Aus Platzgründen wurden die Werte für die Flächen, deren Sukzession mit dem Versuch begann, und für die Flächen, deren Sukzession nach einer Ernte neu begann, zusammengefaßt, obwohl zwischen diesen beiden Gruppen kleinere Unterschiede bestehen (s. Abb. 3).

Die mittleren Deckungswerte für die einzelnen Sukzessionsjahre sind in Tab. 2 zusammengestellt. Fläche 9 wurde, da sie durch die alleinige Dominanz von *Symphytum officinale* von den anderen Flächen entscheidend abweicht, aus der Mittelwertbildung herausgenommen und in Tab. 3 getrennt dargestellt. Tab. 3 ist zugleich ein Beispiel für die Sukzessionsentwicklung einer Einzelfläche. Wie die Tab. 3 zeigt, dominieren im ersten Jahr einjährige Garten- und Hackunkräuter, so daß wir hier von einem *Chenopodium-Sonchus*-Stadium sprechen können. Es sind aber auch bereits zahlreiche mehrjährige Arten in relativ geringer Menge vorhanden, die die weitere Entwicklung tragen. Pflanzensoziologisch gesehen sind insbesondere die Arten der Ordnung Polygono-Chenopodietalia charakteristisch vertreten. Schon im ersten Jahr ist *Urtica dioica*, z. T. wohl aus der (nicht abgegrenzten) Nachbarschaft vegetativ eindringend, die Art mit dem höchsten Deckungswert und deckt im 2. Jahr schon mehr als $\frac{1}{3}$ der Fläche. Neben ihr sind eine größere Zahl mehrjähriger Stauden und Gräser beteiligt. Wir können hier

Fläche	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1968	<u>1</u>	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1969	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
1970	2	<u>1</u>	3	3	3	3	3	3	3	3
1971	3	2	<u>1</u>	4	4	4	4	4	4	4
1972	4	3	2	<u>1</u>	5	5	5	5	5	5
1973	5	4	3	2	<u>1</u>	6	6	6	6	6
1974	6	5	4	3	2	<u>1</u>	7	7	7	7
1975	7	6	5	4	3	2	<u>1</u>	8	8	8
1976	8	7	6	5	4	3	2	<u>1</u>	9	9
1977	9	8	7	6	5	4	3	2	1	<u>10</u>

Tabelle 1. Zusammenhang zwischen Kalenderjahren und Sukzessionsjahren. — = Ernte, d. h. Neubeginn der Sukzession.

Sukzessionsjahre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Anzahl der Flächen	17	16	14	12	10	8	6	4	2	1
Chenopodium album	<u>10,9</u>									
Solanum nigrum	<u>6,5</u>									
Poa annua	<u>7,8</u>	2,2	0,3	0,2						
Ranunculus repens	<u>13,1</u>	7,5	4,5	1,4	0,2 ^{o)}	0,3		0,6		
Epilobium montanum	<u>0,4</u>	0,4	0,4	0,2	0,2 ^{o)}					
Sonchus oleraceus	<u>11,5</u>	0,3	0,7 ^{o)}	0,2	0,2			0,6		
Silene alba	<u>0,8</u>	<u>2,0</u>	0,2							
Poa pratensis	<u>0,1</u>	<u>0,4</u>	0,3							
Rumex obtusifolius	<u>11,8</u>	<u>15,8</u>	3,4	0,2						
Poa trivialis	<u>5,0</u>	<u>12,6</u>	4,8	1,1	2,0	0,7 ^{o)}		0,6		
Polygonum amphibium	<u>0,6</u>	<u>1,8</u>	0,9	1,1	1,0	0,9 ^{o)}		0,6		
Chaerophyllum temulum	<u>5,7</u>	<u>8,3</u>	2,5	2,7	1,0	1,9	4,1	6,3	1,3	2,5
Euphorbia peplus	<u>0,7</u>	<u>0,4</u>	0,2				0,8			
Lamium album	<u>0,1</u>	<u>0,4</u>	0,2				0,5			
Convolvulus tricolor	<u>0,1</u>	<u>0,3</u>	0,5							
Geum urbanum	<u>0,3</u>	<u>3,0</u>	<u>5,7</u>	3,6	2,2	1,6	0,8	0,6 ^{o)}		
Agrostis stolonifera	<u>7,4</u>	<u>7,5</u>	<u>9,6</u>	<u>15,8</u>	13,5	7,5	5,4 ^{o)}	3,1	1,2 ^{o)}	
Artemisia vulgaris	<u>1,5</u>	<u>7,7</u>	<u>7,9</u>	<u>9,4</u>	11,2	6,3	0,8 ^{o)}			
Urtica dioica	<u>13,9</u>	<u>38,9</u>	<u>63,7</u>	<u>62,5</u>	<u>64,0</u>	66,2	63,3	38,1	45,1	30,0
Acer negundo	<u>0,1</u>	<u>0,2</u>	0,2			0,3	+			
Bryonia dioica	<u>3,8</u>	<u>2,8</u>	1,3	0,9	1,0	1,9	7,1	<u>10,0</u>	3,3 ^{o)}	
Alliaria officinalis	<u>0,9</u>	<u>0,7</u>				0,3	2,1	<u>7,5</u>	5,0	
Agropyron repens	<u>0,3</u>	<u>1,3</u>	2,7	6,8	5,3	6,2	11,7	<u>12,5</u>		
Ligustrum vulgare	<u>0,1</u>	<u>0,2</u>	0,2	0,2	0,2 ^{o)}		0,8	<u>1,3</u>		
Calystegia sepium	<u>7,9</u>	<u>12,2</u>	<u>20,4</u>	<u>22,1</u>	<u>27,0</u>	14,4	12,1	26,6	35,0 ^{o)}	2,5
Poa nemoralis	<u>0,1</u>	<u>0,3</u>						0,6	1,2 ^{o)}	
Acer pseudoplatanus							0,5	0,6	10,0 ^{o)}	
Galium aparine	<u>0,8</u>	<u>5,1</u>	0,7	2,7	2,0	3,2	5,0	1,3	2,5	<u>10,0</u>
Symphytum officinale	<u>2,4</u>	<u>8,3</u>	<u>4,6</u>	<u>10,1</u>	<u>9,3</u>	<u>12,5</u>	<u>20,0</u>	<u>25,0</u>	<u>45,0</u>	<u>80,0</u>

Tabelle 2. Mittlere Deckungswerte der Arten in den einzelnen Sukzessionsjahren (in %). Ausgenommen ist Fläche 9 (s. Tab. 3).

Nur in zwei Jahren traten auf: *Rorippa silvestris* 1,9 in 1 und 0,4 in 2; *Epilobium adenocaulon* 0,7 in 1 und 2,8 in 2°; *Prunella vulgaris* 0,6 in 1 und 0,6 in 2*; *Aethusa cynapium* 0,4 in 1 und 0,3 in 2; *Coryza canadensis* 1,8 in 1 und 0,3 in 2; *Fallopia convolvulus* 0,4 in 1 und 0,3 in 2; *Clematis vitalba* 0,1 in 1 und 0,1 in 2*; *Asparagus officinalis* 0,1 in 1 und 0,3 in 2; *Mercurialis annua* 0,2 in 1 und 0,1 in 2; *Papaver rhoeas* 0,1 in 1 und 0,1 in 2; *Plantago major* 3,0 in 1 und 0,2 in 3; *Taraxacum officinale* 0,1 in 1 und 0,2 in 3; *Stellaria media* 0,4 in 1 und 0,2 in 4; *Sambucus nigra* 0,1 in 2 und 2,1 in 3*; *Epilobium parviflorum* 0,3 in 2 und 0,3 in 3**); *Hedera helix* 0,1 in 2 und 0,2 in 3; *Helianthus tuberosus* 0,8 in 1 und 0,2 in 5*; *Cotoneaster* spec. 0,1 in 2 und 0,6 in 8; *Acer campestre* 0,1 in 2 und 0,6 in 8; *Rosa* spec. 0,5 in 7 und 0,6 in 8; *Viburnum lantana* 0,5 in 7 und 0,5 in 8.

Nur im ersten Jahr traten auf: *Galinsoga ciliata* 3,7; *Sonchus asper* 0,5; *Albersia blitum* 1,6; *Chrysanthemum leucanthemum* 0,1; *Festuca pratensis* 0,1; *Trifolium repens* 2,2; *Galinsoga parviflora* 1,5; *Oxalis stricta* 0,1; *Polygonum lapathifolium* 0,1; *Anagallis arvensis* 0,1; *Bellis perennis* 0,1; *Polygonum aviculare* 1,8; *Senecio vulgaris* 0,1; *Cerastium holosteoides* 0,1.

Ferner traten nur einmal auf: *Galeopsis tetrahit* 0,1 in 2; *Crepis capillaris* 0,2 in 3; *Prunus serotina* 0,2 in 5; *Chaenomeles japonica* 0,6 in 7; *Quercus cerris* 2,5 in 10.

*) Art durch Ernte eliminiert

**) Art durch Versuchsende eliminiert.

von einem *Urtica-Rumex obtusifolius* (-*Poa trivialis*)-Stadium sprechen. Als soziologische Zeigerarten sind einerseits Arction-Arten vertreten, die in den Folgejahren verschwinden (z. B. *Silene alba*, *Rumex obtusifolius*, *Lamium album*), die Polygono-Chenopodietalia-Arten sind sehr stark zurückgegangen. Hinzugekommen sind einige Arten der Saumgesellschaften (Calystegio-Alliarietalia), von denen die kurzlebigen im 2. Jahr ihr Maximum zeigen (*Chaerophyllum temulum*, *Galium aparine*, nicht jedoch *Alliaria petiolata*). In den Folgejahren dominiert *Urtica*, und in einem Teil der Flächen *Symphytum officinale* vollständig. Durch eine ganze Reihe von Arten ist der Charakter der nitrophilen Saumgesellschaften stark ausgeprägt, wobei die mehrjährigen Arten mit unterirdischen Speicherorganen (*Bryonia dioica*, *Calystegia sepium*, aber auch die beiden dominierenden Arten selbst) eine besondere Rolle spielen. Dieses *Urtica-Symphytum* (-*Calystegia*)-Stadium läßt sich in einen 1. Teil mit *Artemisia* (Jahre 4—6) und einen 2. Teil ohne *Artemisia* (Jahre 7—10) gliedern. Es bleibt bis Versuchsende bestehen. Diese vitale Hochstaudengesellschaft verhindert offensichtlich ein rasches Aufkommen von

	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
<i>Sisymbrium officinale</i>	20									
<i>Chenopodium album</i>	10									
<i>Galinsoga ciliata</i>	10									
<i>Polygonum persicaria</i>	10									
<i>Poa annua</i>	2,5									
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	2,5									
<i>Plantago major</i>	2,5									
<i>Mercurialis annua</i>	2,5									
<i>Fallopia convolvulus</i>	2,5									
<i>Lolium perenne</i>	2,5									
<i>Matricaria chamomilla</i>	2,5									
<i>Euphorbia peplus</i>	2,5									
<i>Artemisia vulgaris</i>	20	10	2,5							
<i>Chaerophyllum temulum</i>	2,5			2,5			2,5	2,5	2,5	2,5
<i>Rumex obtusifolius</i>	30	20								
<i>Urtica dioica</i>	2,5	20	20	20	30	20	20	2,5	20	
<i>Symphytum officinale</i>	30	70	90	90	80	90	90	100	100	
<i>Poa trivialis</i>		10								
<i>Polygonum amphibium</i>	2,5	2,5			2,5	2,5			2,5	
<i>Galium aparine</i>	2,5			2,5	2,5	2,5	2,5		2,5	10
<i>Calystegia sepium</i>	2,5	2,5			30	2,5		2,5	2,5	10
<i>Agrostis stolonifera</i>		2,5								
<i>Agropyron repens</i>				2,5		2,5	2,5		2,5	
<i>Epilobium adenocaulon</i>										30

Tabelle 3. Deckungsanteile der Arten auf Fläche 9 im Verlaufe der Sukzession (in %). Die Fläche wurde 1976 geerntet.

Holzgewächsen. Durch eine Reihe von Arten ist die Weiterentwicklung zu späteren nährstoffreichen Gebüschern (etwa frischen Ausbildungen des Verbandes Berberidion) bisher nur angedeutet (vgl. *Ligustrum vulgare*, *Viburnum lantana*, *Acer*-Arten).

3.3. Lebensformen

Betrachtet man den Anteil der Lebensformen an der Gesamtdeckung der Vegetation, so werden die gleichen Phasen erkennbar (Abb. 1): Im 1. Jahr sind die Therophyten am stärksten vertreten, im 2. Jahr erreichen die Hemikryptophyten ihr Maximum, ab dem 3. Jahr dominieren *Urtica dioica* und *Symphytum officinale*. Die sonstigen Hemikryptophyten erreichen ihr Maximum im 2. Jahr, doch bleibt in den Jahren 3—6 noch ein erheblicher Anteil bestehen. Dieser Anteil geht in den Jahren 7—9 stark zurück, während die Geophyten fast ständig zunehmen und wenigstens geringe Anteile an Phanerophyten auftreten.

3.4. Artenzahl

Die Zahl der Arten je Versuchsfläche (1 m²) ändert sich in den ersten Sukzessionsjahren sehr stark (Abb. 2 unten): Sie nimmt im Mittel aller Einzelflächen von rund 14 im 1. Jahr statistisch gesichert ab und stabilisiert sich dann bei etwa 6. Dabei tritt, wie eine genaue Betrachtung der Tab. 2 zeigt, in den ersten drei Jahren eine Umschichtung der Artengarnitur durch Zu- und Abgänge ein. Vom 3. Jahr an wandern nur noch wenige Arten ein, und zwar fast ausnahmslos Holzgewächse. Ein direkter Vergleich der Artenzahlen in der Sammeltabelle (Tab. 2) für die Sukzessionsjahre ist nicht möglich, da es sich jeweils um unterschiedliche Bezugs-Flächengrößen handelt. Immerhin ist zu erkennen, daß 8 der Arten in allen Sukzessionsjahren (1—9) auftreten, wenn auch nicht auf allen Teilflächen.

3.5. Gemeinschaftskoeffizienten als Maß der Veränderung

In seinen umfangreichen rechnerischen Auswirkungen von Versuchen zur Sukzession auf Brachäckern bei unterschiedlichem Management hat SCHMIDT (1976) gezeigt, daß für die Messung der Veränderungen von Jahr zu Jahr zwei Koeffizienten besonders geeignet sind. Der

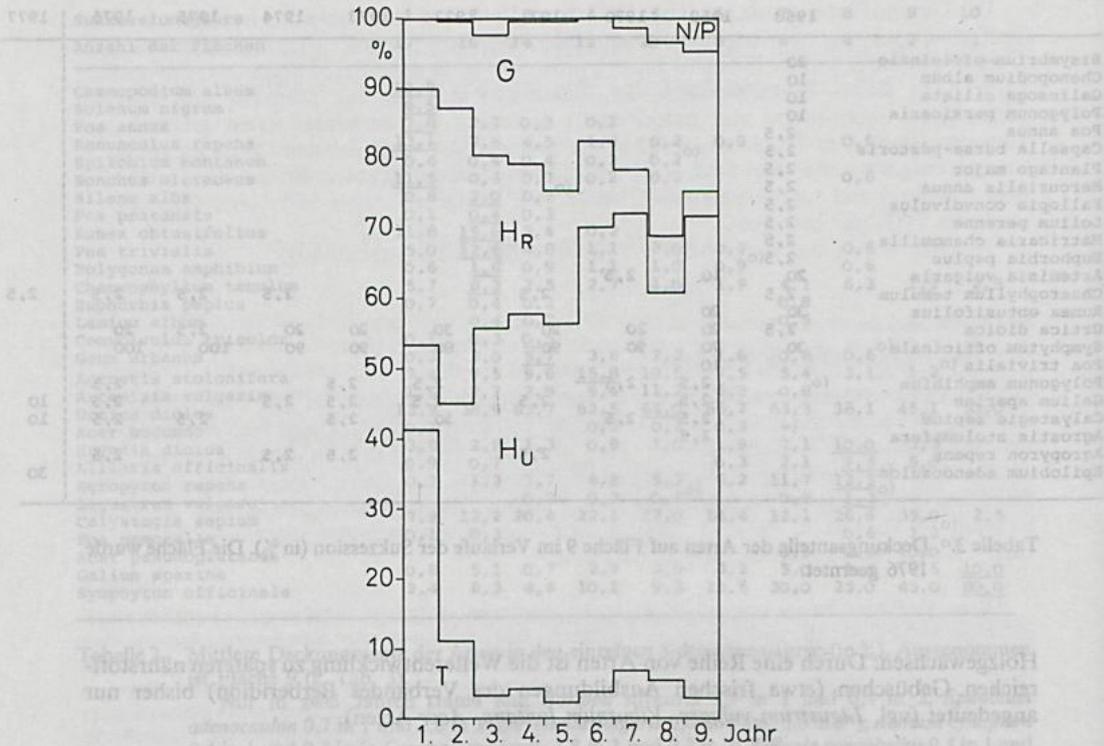


Abbildung 1. Anteil der Lebensformen an der Vegetation in % des Gesamtdeckungsgrades im Verlaufe der Sukzession. T = Therophyten, H_U = *Urtica dioica* und *Symphytum officinale*, H_R = restliche Hemikryptophyten, G = Geophyten, N/P = Nanophanerophyten und Phanerophyten.

Gemeinschaftskoeffizient (CC = coefficient of community) nach SØRENSEN (1948) gibt den Wechsel des Vorkommens der Arten wieder und wird folgendermaßen berechnet:

$$CC = \frac{2a}{2a + b + c} \times 100 [\%]$$

a = Zahl der gemeinsamen Arten in den Aufnahmen A und B

b = Zahl der Arten, die nur in Aufnahme A vorkommen

c = Zahl der Arten, die nur in Aufnahme B vorkommen.

Der Gemeinschaftskoeffizient nach DAHL & HADAC (1941) ergibt die prozentuale Ähnlichkeit (PS, percentage similarity) unter Berücksichtigung der Deckungswerte gemäß folgender Formel:

$$PS = \frac{2 \sum \min(x_i, y_i)}{\sum (x_i + y_i)} \times 100 [\%]$$

$\min(x_i, y_i)$ = kleinerer Deckungsgrad der Art, die den Aufnahmen x und y gemeinsam ist.

Im vorliegenden Falle wurden die Gemeinschaftskoeffizienten für das Jahr n unter Bezug auf das 1. Sukzessionsjahr einerseits und auf das jeweils vorhergehende Jahr (n - 1) andererseits für alle Einzelflächen berechnet und als Mittelwerte in Abb. 3 dargestellt. Dabei wurde getrennt zwischen den zu Versuchsbeginn anlaufenden Sukzessionen und den nach einer Ernte neu beginnenden Sukzessionen.

Der CC sinkt bis zum 4. Jahr des Versuchs rasch auf rund 15% ab und steigt erst gegen Versuchsende geringfügig wieder an. Die in einem Jahr ablaufenden Veränderungen sind in den ersten beiden Jahren besonders stark, dann folgt eine Phase starker Stabilität (besonders 5.—7. Jahr); erst in den letzten Jahren gibt es wieder etwas größere Verschiebungen. Bei den

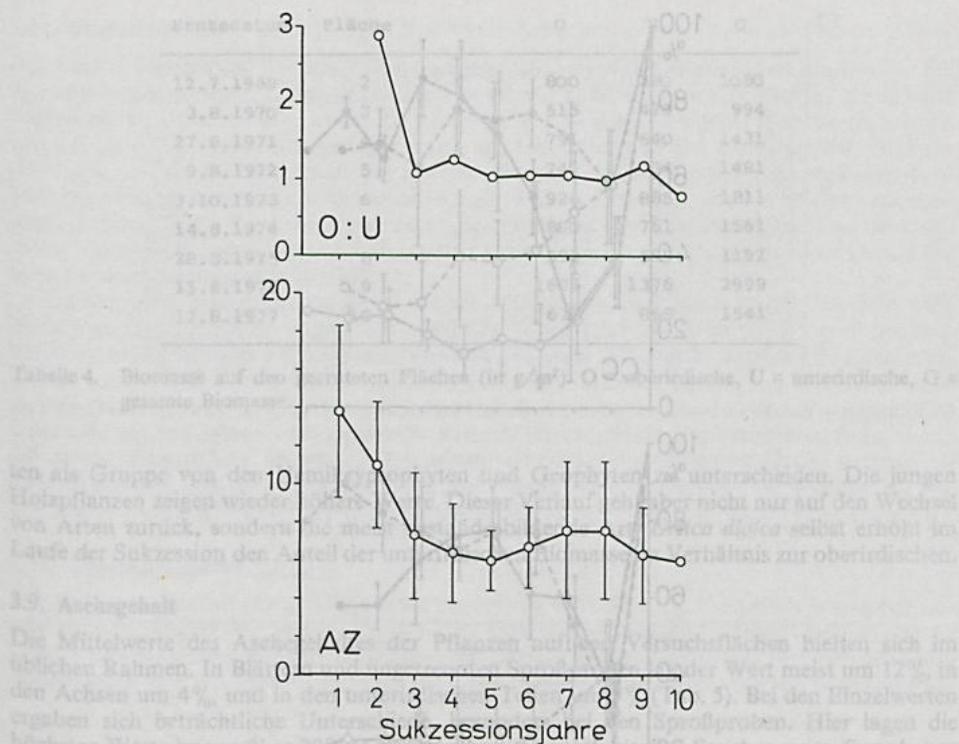


Abbildung 2. Mittlere Artenzahl (AZ) der Flächen (unten) und Verhältnis von oberirdischer zu unterirdischer Biomasse (O : U) der geernteten Flächen (oben) im Verlaufe der Sukzession.

geernteten Flächen treten aus den unmittelbar benachbarten, nicht geernteten Flächen schneller die Arten hervor, die die Sukzession dauerhaft tragen (besonders *Urtica dioica*). Die Veränderungen von Beginn an erfolgen daher langsamer, die stabile Phase liegt früher (3. Jahr) und endet eher (6. Jahr).

Ein ähnliches Bild bieten die Werte des PS-Koeffizienten: Im Vergleich mit dem 1. Jahr gibt es eine rasche Absenkung auf um 10–15% und erst in den letzten Jahren einen leichten Anstieg auf über 20%. Die jährlichen Veränderungen sind nach dem 4. Jahr nur noch gering — die Stabilität ist hier noch ausgeprägter. Auf den geernteten Flächen geht die Verschiebung der Deckungswerte zunächst langsamer, hält aber länger an. Die stabile Phase der jährlichen Veränderungen liegt auch hier früher und endet eher.

3.6. Gesamtdeckung und Höhe

Die Versuchsfelder waren vom 1. Jahr an nahezu vollständig von Vegetation bedeckt. Die mittlere Summe der Deckungswerte lag bei 139% und änderte sich während der 10 Sukzessionsjahre nicht. Auch die Höhenentwicklung der höchsten Sproßspitzen in der Vegetation ist im 1. Jahr mit 130 cm bereits voll ausgebildet; sie schwankt in den Folgejahren ohne ansteigende Tendenz zwischen 128 und 164 cm. In den meisten Fällen war *Urtica dioica* die höchste Art.

3.7. Biomasse

Während die Ernteproben der Fläche 1 von 1968 durch den technischen Defekt eines Gerätes verloren gingen, liegen Proben aus den Flächen 2–10 aus den Jahren 1969–1977 vor (Tab. 4). Die Biomasse nimmt bis zum 4. Jahr auf etwa 1400 g/m² zu (entsprechend etwa 14 t/ha). In den Folgejahren schwankt die Biomasse in weitem Rahmen, unterschreitet diesen

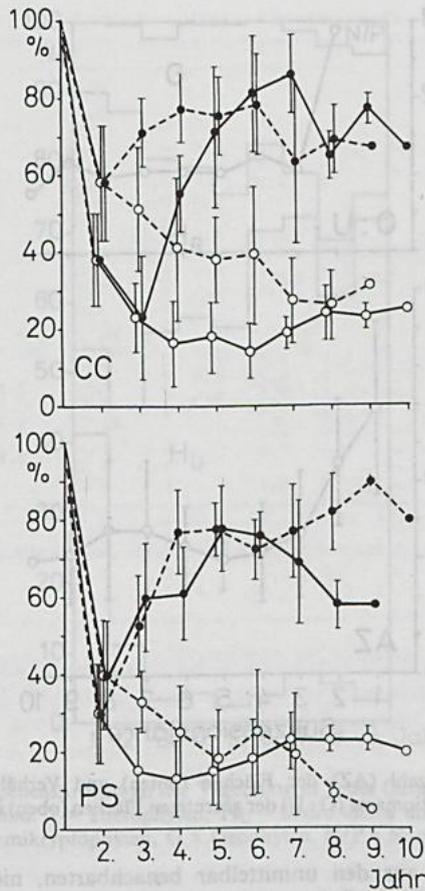


Abbildung 3. Mittelwerte der Ähnlichkeit der Vegetation in den Sukzessionsjahren beurteilt nach dem Artengehalt (CC = community coefficient, oben) sowie nach dem Deckungsgrad (PS = percentage similarity, unten). Kreise: Vergleich des jeweiligen Jahres mit dem 1. Jahr; Punkte: Vergleich des jeweiligen Jahres mit dem vorhergehenden Jahr. Ausgezogene Linien: Ungeerntete Flächen; gestrichelte Flächen: Geerntete Flächen.

Wert aber nur noch einmal. Der Maximalwert liegt mit 3 kg/m^2 ($\approx 30 \text{ t/ha}$) sehr hoch; er wird durch die großen Blattmassen von *Symphytum officinale* auf Fläche 9 bedingt.

Von den beteiligten Arten (Abb. 4) ist *Urtica dioica* die mit Abstand wichtigste. Nur dort, wo eine andere krautige Art dominiert (*Symphytum officinale* in Flächen 9 + 10) oder ein Gebüsch aufkommt (*Sambucus nigra* in Fläche 3), tritt sie zurück.

3.8. Verhältnis Sproß zu Wurzel

Während die Gesamtbiomasse keine nachweisbare Tendenz zeigt, verändert sich das Verhältnis von oberirdischer zu unterirdischer Biomasse. Das Verhältnis, hier abgekürzt als Verhältnis Sproß : Wurzel bezeichnet, beginnt mit hohen Werten, wie sie für Bestände mit kurzlebigen Arten typisch sind. Im dritten Jahr sinkt der Wert auf 1, wo er während der übrigen Zeit verbleibt (Abb. 2 oben). Die Veränderung des Sproß : Wurzel-Verhältnisses beruht vornehmlich auf der Veränderung der unterirdischen Biomasse, die während der Versuchszeit (schwach signifikant, $p < 0,05$) zunahm. Für eine Reihe von Arten, die in den Flächen typischer ausgebildet waren, sind Sproß : Wurzel-Verhältnisse (bei mehrfachem Auftreten als Verhältnisse der Mittelwerte an Biomasse) in Abb. 5 zusammengestellt. Deutlich sind die Therophy-

Erntedatum	Fläche	O	U	G
12.7.1969	2	800	280	1080
3.8.1970	3	515	479	994
27.8.1971	4	791	640	1431
9.8.1972	5	747	734	1481
3.10.1973	6	926	885	1811
14.8.1974	7	800	761	1561
28.8.1975	8	593	599	1192
15.8.1976	9	1623	1376	2999
17.8.1977	10	673	868	1541

Tabelle 4. Biomasse auf den geernteten Flächen (in g/m²). O = oberirdische, U = unterirdische, G = gesamte Biomasse.

ten als Gruppe von den Hemikryptophyten und Geophyten zu unterscheiden. Die jungen Holzpflanzen zeigen wieder höhere Werte. Dieser Verlauf geht aber nicht nur auf den Wechsel von Arten zurück, sondern die meist bestandesbildende Art, *Urtica dioica* selbst erhöht im Laufe der Sukzession den Anteil der unterirdischen Biomasse im Verhältnis zur oberirdischen.

3.9. Aschegehalt

Die Mittelwerte des Aschegehaltes der Pflanzen auf den Versuchsflächen hielten sich im üblichen Rahmen. In Blättern und ungetrennten Sproßproben lag der Wert meist um 12%, in den Achsen um 4%, und in den unterirdischen Teilen um 9% (Tab. 5). Bei den Einzelwerten ergaben sich beträchtliche Unterschiede, besonders bei den Sproßproben. Hier lagen die höchsten Werte knapp über 20% (*Lamium album*, *Clematis vitalba*, *Sonchus asper*, *Symphytum officinale* und *Chaerophyllum temulum*), während einige Pflanzen nur 6–10% aufwiesen (*Polygonum amphibium*, *Alliaria petiolata*, *Rumex obtusifolius*).

Der Aschegehalt pro Versuchsfläche (Tab. 7) lag meist zwischen 100 und 200 g/m², der Gehalt in % des Trockengewichts (ohne 1976!) relativ gleichbleibend bei rund 11% (9,5–12,8%). Da *Symphytum officinale* sehr aschereich ist (Sprosse 21,6%, Wurzeln 12,5%), fällt der flächenbezogene N-Gehalt im Jahre 1976 mit nahezu 500 g/m² extrem hoch aus.

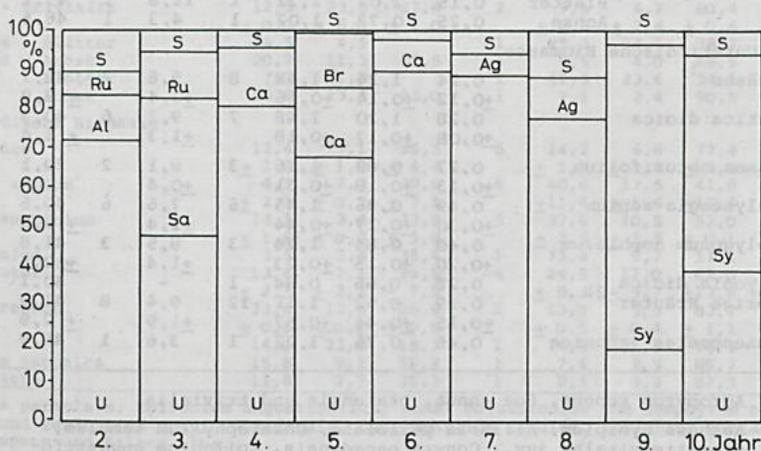


Abbildung 4. Anteile der Arten an der Biomasse der geernteten Flächen in %. Ag = *Agropyron repens*, Al = *Alliaria petiolata*, Br = *Bryonia dioica*, Ca = *Calystegia sepium*, Ru = *Rumex obtusifolius*, S = Sonstige, Sy = *Symphytum officinale*, U = *Urtica dioica*.

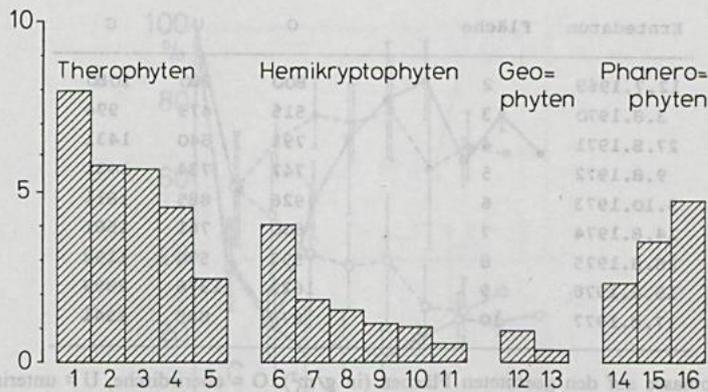


Abbildung 5. Verhältnis von oberirdischer zu unterirdischer Biomasse („Sproß : Wurzel-Verhältnis“) bei wichtigen Arten der geernteten Flächen. 1 = *Chaerophyllum temulum*, 2 = *Geum urbanum*, 3 = *Alliaria petiolata*, 4 = *Euphorbia pepus*, 5 = *Poa annua*, 6 = *Ranunculus repens*, 7 = *Agropyron repens*, 8 = *Lamium album*, 9 = *Symphytum officinale*, 10 = *Urtica dioica*, 11 = *Rumex obtusifolius*; 12 = *Calystegia sepium*, 13 = *Polygonum amphibium*; 14 = *Sambucus nigra*, 15 = *Chaenomeles japonica*, 16 = *Acer pseudoplatanus*.

	Stickstoff			n	Asche	Kohlenstoff		n
	LN	PN	GN			n	n	
a) Oberirdische Biomasse								
Gräser 1)	0,26	1,28	1,54	9	11,8	4	40,0	4
	+0,06	+0,20	+0,24		+ 0,7		+ 2,8	
<i>Urtica dioica</i>	0,34	1,52	1,86	7	12,7	6	39,3	7
	+0,08	+0,28	+0,32		+ 1,1		+ 1,8	
<i>Rumex obtusifolius</i>	0,21	1,71	1,92	3	11,9	3	41,7	2
	+0,11	+0,75	+0,86		+ 3,0		+ 2,6	
<i>Calystegia sepium</i>	0,73	1,61	1,94	6	12,5	4	40,5	4
	+0,10	+0,30	+0,35		+ 0,8		+ 1,9	
<i>Polygonum amphibium</i>	0,36	1,83	2,19	3	7,6	3	44,0	2
	+0,15	+0,15	+0,28		+ 1,5		+ 3,3	
<i>Bryonia dioica</i>	0,67	2,77	3,44	3	14,6	3	39,7	1
	+0,16	+0,89	+1,04		+ 2,3			
übrige Kräuter 2)	0,32	1,58	1,90	16	16,9	15	36,6	6
	+0,16	+0,44	+0,54		+ 5,0		+ 2,9	
<i>Sambucus nigra</i> , Blätter	0,49	2,66	3,15	1	13,3	1	41,8	1
Achse	0,10	0,65	0,75	1	3,5	1	46,1	1
<i>Chaenomeles japonica</i> , Blätter	0,15	2,07	2,22	1	11,8	1	45,1	1
Achse	0,25	0,77	1,02	1	4,3	1	46,5	1
b) Unterirdische Biomasse								
Gräser 1)	0,24	1,24	1,48	8	9,6	2	42,7	3
	+0,12	+0,14	+0,16		+3,4		+ 2,9	
<i>Urtica dioica</i>	0,28	1,20	1,48	7	9,3	6	40,3	7
	+0,08	+0,17	+0,18		+1,3		+ 1,4	
<i>Rumex obtusifolius</i>	0,27	0,89	1,16	3	8,1	2	39,1	1
	+0,13	+0,18	+0,31		+0,4			
<i>Calystegia sepium</i>	0,49	0,96	1,45	6	7,6	6	40,6	5
	+0,30	+0,27	+0,44		+1,4		+ 2,6	
<i>Polygonum amphibium</i>	0,40	0,84	1,24	3	8,5	3	41,8	2
	+0,20	+0,15	+0,23		+1,4		+ 2,5	
<i>Bryonia dioica</i> 2)	0,28	0,66	0,94	1	-		40,1	1
übrige Kräuter	0,19	0,92	1,11	12	9,4	8	41,0	5
	+0,15	+0,44	+0,57		+1,9		+ 2,9	
<i>Chaenomeles japonica</i>	0,46	0,76	1,22	1	3,6	1	45,9	1

1) *Agropyron repens*, *Poa annua*, *pratensis* und *trivialis*

2) *Aethusa cynapium*, *Alliaria petiolata*, *Chaerophyllum temulum*, *Clematis vitalba* juv., *Conyza canadensis*, *Epilobium angustifolium* und *montanum*, *Geum urbanum*, *Ranunculus repens*, *Silene alba* und *Sonchus asper*.

Tabelle 5. Gehalte an Stickstoff (LN = löslicher Stickstoff, PN = Protein-, GN = Gesamt-Stickstoff), Asche und Kohlenstoff (in % der Trockensubstanz), n = Anzahl der Werte.

3.10. Stickstoffgehalt

Der Stickstoffgehalt lag bei den Achsenproben um 1%, bei den Blattproben um 2–3%. Bei den ungetrennten Sproßproben lagen die Gräser mit rund 1,5% relativ niedrig, die Kräuter zeigten starke Unterschiede, wobei die Mittelwerte 1,8–3,4% betragen; Einzelwerte reichen von 1,0 bis 4,8%. Wesentlich geringer waren die Differenzen in den unterirdischen Organen (1–1,5%, s. Tab. 5). Der Anteil des löslichen N am Gesamt-N lag bei den Sproßproben-Mittelwerten fast ausnahmslos zwischen 16 und 19%, ähnlich lag er auch bei vielen unterirdischen Proben. Eine Ausnahme machten die unterirdischen Speicherorgane von *Bryonia dioica*, *Polygonum amphibium* und *Calystegia sepium*, wo der lösliche N etwa ein Drittel der Gesamtmenge ausmachte (30–34%).

Da *Symphytum officinale* zu den N-reichen Pflanzen gehört (Sprosse 2,4%, Wurzeln 1,4% N) fällt auch der flächenbezogene N-Gehalt (Tab. 7) des Jahres 1976 mit 57,5 g/m² aus dem Rahmen; in den übrigen Jahren bewegte er sich zwischen 17,1 und 30,3 g/m². Der Gesamt-N-Gehalt in % des Trockengewichtes ist 1976 und 1977 durch die Beteiligung von *Symphytum* sehr hoch, das gleiche gilt für den Anteil des löslichen N am Gesamt-N, der sonst zwischen 15 und 20% liegt. Im Jahre 1972 liegt der N-Wert sehr niedrig, bedingt durch *Urtica dioica*, das in diesem Jahre nur relativ geringe N-Gehalte aufweist. Eine regelmäßige Tendenz im Zuge der Sukzession läßt sich nicht erkennen, jedoch nimmt auch hier wieder der Protein-N- und Gesamt-N-Gehalt der unterirdischen Biomasse im Verlaufe der Sukzession (signifikant) zu.

3.11. Kohlenstoffgehalt

Der Kohlenstoffgehalt (Tab. 5) liegt meist im Bereich von 40–45%. Eine Reihe von Sproßproben weist niedrigere Werte auf, Proben von Holzpflanzen liegen vereinzelt höher. Der C-Gehalt der Biomasse der Versuchsflächen beträgt durchschnittlich rund 40%, er zeigt also ebensowenig wie die anderen Größen einen Sukzessionstrend. Dementsprechend bleibt das

	L	H	C	n	A	G	X	M	n
a) Oberirdische Biomasse									
<i>Urtica dioica</i>	10,9 ± 0,7	7,0 ± 0,8	31,1 ± 3,1	5	13,8 ± 3,4	10,0 ± 1,6	73,3 ± 7,0	2,9 ± 6,5	6
<i>Calystegia sepium</i>	12,2 ± 3,6	7,1 ± 1,9	32,1 ± 3,3	5	16,4 ± 3,0	14,6 ± 2,6	63,7 ± 3,4	5,3 ± 6,5	5
<i>Polygonum amphibium</i>	18,8 ± 3,8	6,8 ± 0,1	24,1 ± 2,5	3	17,8 ± 3,3	10,2 ± 1,0	69,1 ± 5,2	3,0 ± 4,2	3
übrige Kräuter 2)	12,1 ± 4,2	8,4 ± 4,5	22,8 ± 4,2	11	15,9 ± 9,3	14,1 ± 8,0	61,8 ± 15,7	8,1 ± 8,2	12
<i>Agropyron repens</i>	20,4 ± 1,4	16,6 ± 1,7	32,2 ± 4,6	2	12,4 ± 0,1	2,3 ± 0,1	85,3 ± 0,0	-	2
<i>Poa annua</i> + <i>trivialis</i>	12,5 ± 0,0	23,8 ± 6,0	27,4 ± 1,0	2	9,6 ± 2,8	4,7 ± 2,4	80,4 ± 0,4	5,5 ± 5,5	2
<i>Chaenomeles japonica</i> Blätter	14,5	4,5		1	29,3	24,1	38,7	7,9	1
<i>Chaenomeles japonica</i> Achse	20,2	11,3	39,5	1	9,5	4,0	86,5	-	1
<i>Sambucus nigra</i> Blätter	7,7	1,8		1	42,3	23,6	34,1	-	1
<i>Sambucus nigra</i> Achse	20,9	13,4	33,0	1	7,1	2,4	90,5	-	1
b) Unterirdische Biomasse									
<i>Urtica dioica</i>	12,4 ± 1,9	7,1 ± 1,0	35,5 ± 4,4	6	14,2 ± 1,7	6,6 ± 1,7	77,4 ± 4,4	1,8 ± 4,5	7
<i>Calystegia sepium</i>	4,9 ± 2,1	2,3 ± 0,7	39,6 ± 7,5	5	40,6 ± 11,6	17,5 ± 5,6	41,8 ± 15,4	-	5
<i>Polygonum amphibium</i>	14,1 ± 1,8	3,4 ± 0,9	37,9 ± 3,8	3	37,6 ± 2,5	10,5 ± 2,5	52,0 ± 0,1	-	2
<i>Bryonia dioica</i> 1)	3,5	3,4	35,4	1	73,2	9,7	17,1	-	1
übrige Kräuter 1)	13,6 ± 2,5	7,1 ± 2,2	29,5 ± 7,8	4	24,5 ± 8,3	12,0 ± 9,7	62,0 ± 13,8	1,5 ± 3,0	5
<i>Agropyron repens</i>	23,6 ± 0,5	12,6 ± 0,1	26,4 ± 0,8	2	13,0 ± 0,5	3,3 ± 0,4	83,7 ± 1,1	-	2
<i>Poa annua</i>	14,0	23,9	19,2	1	14,1	11,6	74,3	-	1
<i>Chaenomeles japonica</i>	15,8	9,1	56,2	1	7,4	2,9	89,7	-	1
<i>Sambucus nigra</i>	11,8	7,7	35,7	1	9,5	3,2	87,3	-	1

1) *Alliaria petiolata*, *Epilobium angustifolium*, *Rumex obtusifolius* und *Symphytum officinale*

2) wie 1) und zusätzlich *Coryza canadensis*, *Chaerophyllum temulum*, *Epilobium montanum*, *Ranunculus repens* und *Silene alba*.

Tabelle 6. Gehalte an Lignin (L), Hemicellulose (H) und Cellulose (C) in % der Trockensubstanz, sowie Anteil von Arabinose (A), Galaktose (G), Xylose (X) und Mannose (M) in % der Hemicellulose-Zucker. n = Anzahl der Werte.

Verhältnis C : N innerhalb enger Grenzen (23 : 1 bis 25 : 1). Ausnahmen finden sich 1972 mit 28,5 : 1, was durch den niedrigeren N-Gehalt bedingt ist, sowie 1976 mit 20 : 1, was durch den hohen N-Gehalt und relativ niedrigen C-Gehalt bedingt ist.

3.12. Zellwandsubstanzen

In einem großen Teil der Proben wurden auch die Zellwandsubstanzen bestimmt, da anzunehmen war, daß sie den größten Teil der Trockenmasse ausmachen. Die Ligningehalte (Tab. 6) liegen in der Regel zwischen 10 und 20%. Besonders hohe Werte zeigt *Agropyron repens*, besonders niedrige Werte besitzen die unterirdischen Organe von *Bryonia dioica* und *Calystegia sepium*. Die Werte des Cellulosegehaltes liegen meist zwischen 25 und 40% und zeigen große Streuungen, wobei methodische Gründe mitsprechen dürften. Einheitlicher sind die Gehalte an Hemicellulose. Bei den meisten Kräutern liegen sie um 7–8%, niedriger in den unterirdischen Speicherorganen, höher bei den oberirdischen wie den unterirdischen Grasproben. Dabei verschiebt sich auch der Anteil der einzelnen Zucker an der Gesamtmenge der Hemicellulose-Zucker. Der Xylose-Anteil liegt in den oberirdischen Organen der Kräuter im Mittel zwischen 60 und 75%, bei den Gräsern über 80%. Auch in den unterirdischen Organen der Gräser finden sich hohe Xylose-Werte, während sie in den Speicherorganen besonders niedrig liegen. Wo Xylose zurückgeht, nimmt Arabinose zu, während Galaktose sich weniger verändert (zu beachten sind allerdings die niedrigen Werte bei Gräsern!) und Mannose nur eine geringe Rolle spielt. Insbesondere bei der heterogenen Gruppe der „übrigen Kräuter“ gibt der Mittelwert nur ein vorläufiges Bild, jedoch war es nicht Zielrichtung der vorliegenden Arbeit, die Unterschiede zwischen den Arten herauszuarbeiten.

Für die Jahre 1969–1975 liegen ausreichend Werte vor, um den Gehalt an Zellwandsubstanzen pro Fläche zu errechnen. Die Zahlen sind Tab. 7 zu entnehmen, wobei Cellulose und Lignin nur als Summe wiedergegeben sind. Auch hier zeigt sich ein Pendeln um einen Wert bei den oberirdischen Organen. Bei den unterirdischen Organen ist ein Anstieg der Summe von Cellulose und Lignin statistisch schwach gesichert, bei der Hemicellulose ist eine entsprechende Tendenz angedeutet, aber wegen der geringen Anzahl von Werten nicht gesichert.

4. Diskussion

Der vorliegende Versuch umfaßt mit seiner Dauer von 10 Jahren nur einen kleinen Ausschnitt aus der Vegetationsentwicklung bei sekundärer Sukzession. Es lassen sich im wesentlichen 2 Stadien erkennen: Das Therophyten-Stadium des ersten Jahres und das Perennen-Stadium

Jahr Fläche		1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
		2	3	4	5	6	7	8	9	10
Asche	O	103	52	91	92	117	101	71	330	105
	U	25	43	49	52	80	85	51	159	92
	G	128	95	140	144	197	186	122	489	197
lösl. Stickstoff	O	2,1	1,8	3,4	2,3	3,1	2,4	1,5	9,5	3,0
	U	0,4	1,5	2,7	2,6	2,7	1,5	1,6	8,1	4,1
	G	2,5	3,3	6,1	4,3	5,8	3,9	3,1	17,6	7,1
Protein-Stickstoff	O	12,0	8,9	10,7	9,3	14,1	11,1	8,5	27,6	10,9
	U	2,6	4,9	6,4	6,6	10,4	9,7	9,0	12,3	8,7
	G	14,6	13,8	17,1	15,9	24,5	20,8	17,5	39,9	19,6
Gesamt-Stickstoff	O	14,1	10,7	14,1	11,6	17,2	13,5	10,0	37,1	19,6
	U	3,0	6,4	9,1	8,6	13,1	11,2	10,6	20,4	12,8
	G	17,1	17,1	23,2	20,2	30,3	24,7	20,6	57,5	32,4
Kohlenstoff	O	318	210	298	286	368	306	254	599	260
	U	108	195	252	299	358	304	264	541	345
	G	426	405	550	575	726	610	518	1140	605
Hemicellulose	O	65,5	43,3	55,4	60,0	66,3	55,0	47,2	83,0	43,5
	U	16,8	33,3	41,0	45,8	58,4	57,5	38,9	63,5	33,1
	G	82,3	76,6	96,4	105,8	124,7	112,5	86,1	146,5	76,6
Cellulose + Lignin	O	345	210	281	283	385	369	241	487	247
	U	123	212	247	328	421	393	330	329	298
	G	468	422	528	606	806	762	571	816	545

Tabelle 7. Flächenbezogene Gehalte der Vegetation an Inhaltsstoffen (in g/m²). O = oberirdische, U = unterirdische, G = gesamte Gehalte.

vom 3. Jahr an. Das 2. Stadium läßt sich in zwei Teile (Jahre 3—6 und 7—10) untergliedern und wird durch das Übergangsstadium des 2. Jahres eingeleitet. Zahlreiche Arten haben ihr maximales oder gar ihr alleiniges Vorkommen im 1. Jahr und verschwinden dann mehr oder weniger rasch. Hierbei handelt es sich nicht nur um einjährige, sondern auch um lichtliebende mehrjährige Arten (wie *Ranunculus repens*). Maßgebend dürften daher die zunehmende Bestandesdichte und Beschattung sein, die sowohl die Keimung als auch die weitere Entwicklung der Unterwuchsarten behindert. Auch im 2. Jahr ist ein Teil dieser Arten noch vertreten, es erreichen sogar Arten noch ein Maximum, die wie *Rumex obtusifolius* eigene Bestände bilden können (HÜLBUSCH 1969) oder wie *Chaerophyllum temulum* und *Galium aparine* alle ein bis zwei Jahre neu auskeimen müssen. Die Artenzahl ist aber schon reduziert.

Bereits im 1. Jahr tritt *Urtica dioica* auf, wird im 2. Jahr die häufigste Art und dominiert nach Maßgabe der Deckungswerte vom 3. Jahr an. Nach Maßgabe der Biomasse auf den geernteten Flächen ist sie schon im ersten Jahr die wichtigste Art. Eine Ausnahme machen die Flächen 9 bzw. 10, wo *Symphytum officinale* dominiert bzw. stark beteiligt ist. Diese beiden Flächen wurden als letzte geerntet, blieben also bei den ungeernteten Flächen als letzte übrig. Die in Tab. 2 zu beobachtende Verschiebung von *Urtica* zu *Symphytum* ist daher nur scheinbar, sie ist methodisch bedingt. Die Gesamtentwicklung der Flächen ist daher in engem Zusammenhang mit *Urtica dioica* zu diskutieren, wobei Fläche 9 ausgenommen und gesondert betrachtet werden muß (s. u.). Das lange *Urtica*-Stadium gliedert sich insofern in zwei Teile, als in den Jahren 3 bis 6/7 noch einige mehrjährige Kräuter wie z. B. *Artemisia vulgaris*, *Calystegia sepium*, *Geum urbanum* und *Polygonum amphibium* stärker am Deckungsgrad der Vegetation beteiligt sind als in den Folgejahren, in denen Schatten ertragende Arten wie *Alliaria petiolata*, Gräser und Gehölzjungpflanzen einen etwas größeren Anteil besitzen (Tab. 2). Das ist auch in den Biomassewerten der geernteten Flächen (Ab. 4) und dem Lebensformenspektrum (Abb. 1) zu erkennen. Ähnliche, von *Urtica dioica* dominierte Bestände treten in Köln an vielen Stellen auf (BORNKAMM 1974a, b).

Es ist auffällig, daß Gesamtbiomasse, Höhenentwicklung und flächenbezogene Werte der Inhaltsstoffe (Asche, Stickstoff-Fractionen, Zellwandsubstanzen) zwar stark schwanken, aber keine allgemeine Tendenz zeigen. Die Schwankung dürfte wenigstens teilweise auf die geringe Größe der Versuchsflächen zurückzuführen sein. Sie zeigen weder einen Zusammenhang mit dem Sukzessionsverlauf, dem Zeitpunkt der Ernte noch — wie geprüft wurde — mit den mittleren Temperaturen der Sommermonate oder den Niederschlägen. Letzteres ist dadurch erklärlich, daß die Versuchsflächen an der Bewässerung des benachbarten Gartenlandes teilhaben. Die Regelung der Biomasse-Produktion erfolgt offenbar vorrangig durch andere Faktoren. Ein Hinweis ist der Zusammenhang zwischen Biomasse und der Zahl der Sprosse je Fläche, wie er bei *Urtica dioica* festzustellen ist: Mit zunehmender Sproßdichte nimmt zwar die Gesamtbiomasse zu (Abb. 6 unten), das Gewicht der Einzelsprosse und der auf einen Sproß entfallenden unterirdischen Biomasse hingegen ab (Abb. 6 unten). Dies ist vereinbar mit der Annahme der Konkurrenz der Sprosse um gemeinsame Ressourcen.

Die oberirdische Biomasse mit im Mittel 731 g/m^2 liegt in der Größenordnung, wie sie auch sonst für krautige Bestände der ersten Sukzessionsdekade angegeben wird, nämlich meist $500\text{—}1000 \text{ g/m}^2$ (LIETH 1974). In Brennessel-Reinbeständen in Berlin fand DAPPER 1966 909 g/m^2 als maximale Biomasse, während Bestände von Zuchtbrennesseln meist niedrigere Werte aufweisen (BREDEMANN 1959). Der Mittelwert für die Gesamtbiomasse liegt mit 1487 g/m^2 in derselben Größenordnung wie sie GOLLEY 1960 als Primärproduktion für Oldfield-succession in Michigan angibt, nämlich ca. $1300\text{—}1400 \text{ g/m}^2$.

Wenn auch die Gesamtbiomasse keine deutliche Tendenz zeigt, so gibt es doch eine Verschiebung des Verhältnisses von oberirdischer zu unterirdischer Biomasse („Sproß : Wurzel-Verhältnis“). Für die Gesamtfläche liegt es erwartungsgemäß zu Anfang entsprechend dem hohen Therophytenanteil hoch, sinkt dann auf den Bereich unter 1 ab. Dieser Wert kann sowohl für Stauden- als auch für Rasenbestände als typisch angesehen werden, und es wäre zu erwarten, daß es erst mit dem stärkeren Aufkommen von Holzgewächsen wieder steigen würde. Die Verschiebung des Verhältnisses beruht nicht nur auf einer Veränderung der Artengarnitur, sondern Arten wie *Urtica* selbst intensivieren ihr unterirdisches System. Dies könnte zur Eliminierung von Konkurrenten und zum beobachteten Rückgang der Artenzahl beitragen (vgl. Abb. 2). Ob daneben auch allelopathische Wirkungen vorkommen, wie das für *Calystegia sepium* vermutet wird (QUINN 1974), ist aus unseren Versuchen nicht zu erschließen.

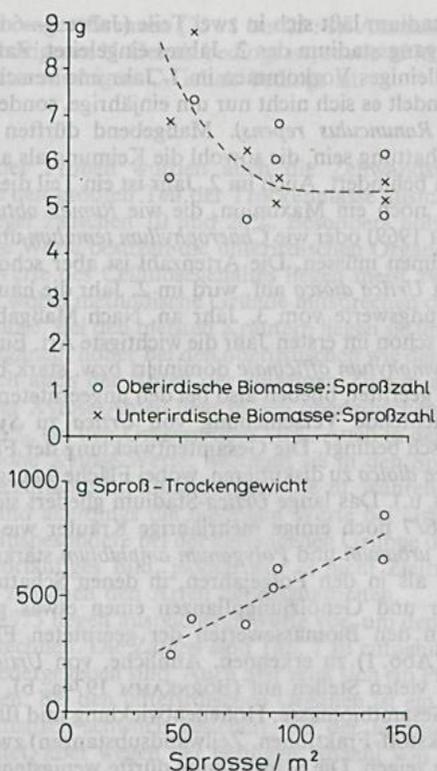


Abbildung 6. Zusammenhang zwischen der Sproßdichte (in Sprosse/m²) und dem Gesamt-Trockengewicht der Sprosse (unten) sowie dem Gewicht der Einzelsprosse bzw. dem auf den einzelnen Sproß im Mittel entfallenden unterirdischen Biomasse-Anteil (oben) bei *Urtica dioica*.

Ursache der Verschiebung ist im wesentlichen die Tatsache, daß die oberirdische Biomasse im Verlauf der Sukzession (ohne Fläche 9) zunimmt. Dasselbe gilt für die flächenbezogenen Werte von Asche, Protein-N, Gesamt-N, Kohlenstoff, Hemicellulose sowie Cellulose + Lignin in der unterirdischen Biomasse, wobei hier wegen der andersartigen Zusammensetzung von *Symphytum* die Flächen 9 und 10 ausgenommen werden müssen. Besonders deutlich ist diese Entwicklung bis zum 7. Jahr. Für diesen Zeitraum lassen sich Akkumulationsraten von Trockenmasse und Inhaltsstoffen der unterirdischen Biomasse errechnen (Tab. 8). Sowohl für Stickstoff (MAJOR 1974a) als auch für Asche (MAJOR 1974b) liegen diese Raten in Größenordnungen, wie sie auch von anderen Ökosystemen berichtet werden.

Nur kurz seien die chemischen Unterschiede zwischen den untersuchten Biomasse-Proben erwähnt. Sie werden offenbar wesentlich durch die Geweorausstattung dieser Proben bestimmt. Der Unterschied zwischen Blättern und Achsen der Holzgewächse spricht für sich. Stets haben die oberirdischen Organe, bedingt durch die Blätter, einen höheren Gehalt an den Stickstoff-Fractionen und Asche, während bei den Zellwandsubstanzen ein solcher Unterschied nicht besteht. Besonders hohe N- und Asche-Werte erreichen manche groß- und weichblättrigen Kräuter. Für *Urtica dioica* gibt BREDEMANN 1959 als mittleren Aschegehalt der Blätter bzw. Stengel 19,4 bzw. 7,7%, als mittleren Stickstoffgehalt 5,1 bzw. 1,5% an. Schon bei WOLFF 1871 finden sich ähnliche Daten: 17,8% Asche in den Blättern, 9,3% in den Stengeln. Brennesselkulturen werden nach BREDEMANN 1959 6–10 g/m² Stickstoff durch die Ernte entzogen (vgl. 10–20 gN/m² in unseren Sukzessionsbeständen, Tab. 7). Die hohen Nährstoffgehalte der Brennessel sind Ausgangspunkt kräftiger tierischer Nahrungsketten (BURTON 1975). Niedrige Stickstoff-Werte besitzen die Gräser; hierfür dürften die stärkeren Halmanteile samt Blattscheiden mit verantwortlich sein, die sich auch in hohem Gehalt an

Trockenmasse	106	+
Asche	7,6	
löslicher Stickstoff	0,2	
Protein-Stickstoff	1,5	++
Gesamt-Stickstoff	1,7	++
Kohlenstoff	43	+
Hemicellulose	8	++
Cellulose + Lignin	59	++

Tabelle 8. Akkumulationsraten von Trockenmasse und Inhaltsstoffen der unterirdischen Biomasse in den Jahren 2—7 (in $\text{g}/\text{m}^2 \times \text{Jahr}$). Signifikanz: + $p < 0,05$; ++ $p < 0,01$.

Zellwandmaterial und einem hohen Anteil von Xylose an den Hemicellulose-Zuckern ausdrücken. Ähnliche Werte für Zellwandmaterial von *Phragmites communis* finden sich bei RAGHI-ATRI & BORNKAMM 1979, wobei der Xylose-Anteil 85% (RAGHI-ATRI 1976) beträgt. Ähnliche Werte des Stickstoffgehaltes geben HAHN, WOLF & SCHMIDT 1979 für *Agropyron repens* an. Bei den unterirdischen Teilen fallen die unterirdischen Speicherorgane (besonders *Calystegia sepium* und *Bryonia dioica*) durch extrem niedrige Ligninwerte, allgemein geringe Mengen an Zellwandmaterial und geringe Xylose-Anteile auf, während sich die Werte für Stickstoff und Asche im üblichen Rahmen bewegen.

Abschließend sei noch kurz auf die Besonderheiten der Fläche 9 eingegangen, die sich durch den dichten Bestand von *Symphytum officinale* auszeichnet. Der Wert der oberirdischen Biomasse von $1600 \text{ g}/\text{m}^2$ bzw. der Gesamtbiomasse von $3000 \text{ g}/\text{m}^2$ ist in Relation zu allen Daten aus vergleichbaren Ökosystemen (LIETH 1962, 1975) sehr hoch. Da die oberirdische Masse weitgehend aus an Asche und Stickstoff reichen Blättern besteht, kann der Wert von fast $500 \text{ g Asche}/\text{m}^2$ und fast $60 \text{ g Stickstoff}/\text{m}^2$ sogar als extrem angesehen werden.

5. Zusammenfassung

Auf einer 10 m^2 großen Fläche auf dem Gelände des Botanischen Instituts der Universität Köln in Köln-Lindenthal wurde die floristische Zusammensetzung der Vegetation über 10 Jahre hin beobachtet. Alljährlich wurde 1 m^2 geerntet und auf Biomasse sowie Gehalt an Asche, Stickstoff, Kohlenstoff und Zellwandsubstanzen untersucht.

Auf ein *Chenopodium-Sonchus*-Stadium im 1. Jahr folgte im 2. Jahr ein *Urtica-Rumex obtusifolius*-Übergangsstadium, das zu einem relativ stabilen *Urtica-Symphytum*-Stadium überleitete (3.—10. Jahr).

Die flächenbezogenen Werte der Gesamtbiomasse (im Mittel ca. $1500 \text{ g}/\text{m}^2$) sowie der Inhaltsstoffe schwankten, zeigten aber keinen Trend. Allerdings nahmen die unterirdischen Biomasse-Teile, und damit die flächenbezogenen Werte für die Inhaltsstoffe in der unterirdischen Biomasse-Fraktion zu. Die Akkumulationsraten liegen in den ersten Jahren bei $106 \text{ g Trockensubstanz}$, $67 \text{ g Zellwandmaterial}$, $1,7 \text{ g Stickstoff}$ bzw. $7,6 \text{ g Asche}$ je m^2 und Jahr.

Die von *Symphytum* beherrschte Teilfläche wies mit $3000 \text{ g}/\text{m}^2$ eine sehr hohe Biomasse und extrem hohe flächenbezogene Werte an Inhaltsstoffen auf.

Literatur

- BENNERT, W. (1973): Chemisch-ökologische Untersuchungen an Arten der Krautschicht eines montanen Hainsimsem-Buchenwaldes (Luzulo-Fagetum). — Diss. FU Berlin. 216 S.
- BORNKAMM, R. (1974a): Die Unkrautvegetation im Bereich der Stadt Köln. I. Die Pflanzengesellschaften. — Decheniana (Bonn) 126, 267—306.
- (1974b): Die Unkrautvegetation im Bereich der Stadt Köln. II. Der soziologische Zeigerwert der Arten. — Decheniana (Bonn) 126, 307—332.
- BREDEMANN, G. (1959): Die Große Brennessel *Urtica dioica* L. 137 S. — Berlin (Akademie-Verlag).
- BURTON, J. F. (1975): Spare the nettlebed. — Country Life (London) 4067, 1566—1567.
- DAHL, E. & E. HADAC (1941): Strandgesellschaften der Insel Ostoy im Oslofjord. — Nytt. Mag. Naturv. (Oslo) 82, 251—312.
- DAPPER, H. (1966): Zur Stoffproduktion der Großen Brennessel (*Urtica dioica* L.) an einem Ruderalstandort. — Verh. Bot. Ver. Prov. Brandenburg (Berlin) 103, 54—64.

- ELLENBERG, H. (1979): Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. — Scripta Geobotanica 9 (Göttingen), 1—122. 2. Aufl.
- GOLLEY, F. B. (1960): Energy dynamics of a food chain of an oldfield community. — Ecol. Monogr. (Durham, N. C.) 30, 187—206.
- HAHN, W., WOLF, A. & SCHMIDT, W. (1979): Untersuchungen zum Stickstoff-Umsatz von *Tussilago farfara*- und *Agropyron repens*-Beständen. — Verh. Ges. f. Ökol. (Göttingen) 7, 369—380.
- HÜLBUSCH, K.-H. (1969): *Rumex obtusifolius* in einer neuen Flutrasen-Gesellschaft an Flußufern Nordwest- und Westdeutschlands. — Mitt. Flor.-soz. Arbeitsgem. (Göttingen) N.F. 14, 169—178.
- LIETH, H. (Hrsg.) (1962): Die Stoffproduktion der Pflanzendecke. 156 S. — Stuttgart (G. Fischer).
- (1974): Primary productivity of successional stages. — Handbook of veget. sci. (The Hague) 8 (ed. by R. KNAPP), 185—193.
- (1975): Primary productivity of the major vegetation units of the world. — Ecol. Studies (New York-Heidelberg-Berlin) 14 (ed. by H. LIETH & R. WHITTAKER), 203—215.
- MAJOR, J. (1974a): Nitrogen Accumulation in Successions. — Handbook of Veget. Sci. (The Hague) 8 (ed. by R. KNAPP), 195—203.
- (1974b): Accumulation of ash elements and pH changes. — Handbook of Vegetation Sci. (The Hague) 8 (ed. by R. KNAPP), 205—213.
- QUINN, J. A. (1974): *Convolvulus sepium* in an old field succession on the New Jersey piedmont. — Bull. Torrey Bot. Club (Lancaster Pa.) 101, 89—95.
- RAGHI-ATRI, F. (1976): Ökologische Untersuchungen an *Phragmites communis* TRINIUS in Berlin unter Berücksichtigung des Eutrophierungseinflusses. — Diss. TU Berlin.
- RAGHI-ATRI, F. & BORNKAMM, R. (1979): Wachstum und chemische Zusammensetzung von Schilf (*Phragmites australis*) in Abhängigkeit von der Gewässereutrophierung. — Arch. Hydrobiol. (Stuttgart) 85, 192—228.
- SCHMIDT, W. (1976): Ungestörte und gelenkte Sukzession auf Brachäckern. — Habil. Schr. Univ. Göttingen. 276 S.
- SØRENSEN, T. (1948): A method of establishing groups of equal amplitude in plant-sociology based on similarity of species content. — Biol. Skr. K. danske Vidensk.Selsk. (Kopenhagen) 5, 1—34.
- TRAUTMANN, W. (1973): Vegetationskarte der Bundesrepublik Deutschland 1:200000 — Potentielle natürliche Vegetation — Blatt CC 5502 Köln. — Schriftenr. f. Vegetationskunde (Bonn-Bad Godesberg) 6, 1—172.
- WOLF, G. (1977): Zum Geländeklima einer Grube des Großtagebaues Fortuna im Rheinischen Braunkohlenrevier. — Natur u. Landschaft (Köln) 52, 174—178.
- WOLFF, E. (1871): Aschenanalysen von landwirtschaftlichen Producten, Fabrik-Abfällen und wildwachsenden Pflanzen. 194 S. — Berlin (Wiegandt & Hempel).

Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. Reinhard Bornkamm, Institut für Ökologie der TU Berlin, Rothenburgstraße 12, D-1000 Berlin 41.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Decheniana](#)

Jahr/Year: 1981

Band/Volume: [134](#)

Autor(en)/Author(s): Bornkamm Reinhard

Artikel/Article: [Zusammensetzung, Biomasse und Inhaltsstoffe der Vegetation während zehnjähriger Sukzession auf Gartenboden in Köln 34-48](#)