



Brandes, Dietmar

## **Breiten sich die C4-Pflanzen in Mitteleuropa aus?**

URL: <http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00021587>

Zuerst erschienen in:

Schriftenreihe für Vegetationskunde : Sukopp-Festschrift. – Bonn-Bad Godesberg, 1995. - S. 365 - 372

### *HINWEIS:*

Dieser elektronische Text wird hier nicht in der offiziellen Form wiedergegeben, in der er in der Originalversion erschienen ist. Es gibt keine inhaltlichen Unterschiede zwischen den beiden Erscheinungsformen des Aufsatzes; es kann aber Unterschiede in den Zeilen- und Seitenumbrüchen geben.

Schr.-R. f. Vegetationskde., Sukopp-Festschrift	H. 27	365–372	BfN, Bonn-Bad Godesberg 1995
---	-------	---------	------------------------------

## Breiten sich die C<sub>4</sub>-Pflanzen in Mitteleuropa aus?

DIETMAR BRANDES

### Abstract

C<sub>4</sub> species have been spreading in Central Europe for the last two decades. At present there are 67 species to be found. 48 C<sub>4</sub> species are growing in Germany, most of them are annuals. Their habitats are characterized by high light intensity and low competition, e. g. railway stations, maize fields or banks of large rivers. Alien C<sub>4</sub> plants have become established as agriophytes only on the banks of some rivers like Rhine, Ill, Elbe or Ticino. At present there is no danger to the indigenous flora. A long-time monitoring is proposed to watch the further spreading.

### 1. Einleitung

Bei der CO<sub>2</sub>-Aufnahme erleiden Pflanzen zwangsläufig transpirationsbedingte Wasserverluste. „Biochemische Auswege aus diesem Dilemma“ (LÜTGE, KLUGE & BAUER 1994) sind der Crassulaceen-Säurestoffwechsel (CAM) und die C<sub>4</sub>-Photosynthese, bei denen dem CALVIN-Zyklus eine zeitlich bzw. räumlich getrennte CO<sub>2</sub>-Fixierung vorgeschaltet ist. Hier soll nur die C<sub>4</sub>-Photosynthese interessieren. Charakteristisch für C<sub>4</sub>-Pflanzen sind kranzförmige Leitbündelscheiden (sog. „Kranz-Typ“) in den Blättern. Die primäre CO<sub>2</sub>-Fixierung erfolgt in den Mesophyllzellen mit Hilfe von PEP-Carboxylase, die eine wesentlich höhere Affinität zu CO<sub>2</sub> aufweist als RUBISCO. Erstes stabiles Zwischenprodukt bei der vorgeschalteten CO<sub>2</sub>-Fixierung ist eine C<sub>4</sub>-Dicarbonsäure, weswegen man von der C<sub>4</sub>-Photosynthese spricht. Die C<sub>4</sub>-Dicarbonsäuren werden sofort in die Leitbündelscheidenzellen transportiert und dort decarboxyliert. Das hierbei entstehende CO<sub>2</sub> wird anschließend im CALVIN-Zyklus fixiert. Mit dem C<sub>4</sub>-Weg wurde ein Mechanismus für die CO<sub>2</sub>-Konzentrierung entwickelt, infolge dessen am Ort der endgültigen CO<sub>2</sub>-Fixierung durch die RudP-Carboxylase eine hohe stationäre CO<sub>2</sub>-Konzentration aufrechterhalten wird.

Da bei fossilen Gramineenblättern aus dem Miozän Kranzanatomie nachgewiesen werden konnte (ZIEGLER 1991), ist zu vermuten, daß es bereits vor 5–7 Millionen Jahren C<sub>4</sub>-Pflanzen gab. Die Fähigkeit, den C<sub>4</sub>-Weg zu beschreiten, findet sich nur bei Angiospermen, ist dort aber bei verschiedensten Familien vorhanden, wobei deutliche Häufungen des Auftretens bei den *Poaceae*, den *Amaranthaceae* und den *Chenopodiaceae* zu erkennen sind. Mitunter umfassen Gattungen sowohl C<sub>3</sub>- als auch C<sub>4</sub>-Pflanzen. Es gibt sogar Arten, „deren untere Blätter nach dem einen, die oberen nach dem anderen Schema organisiert sind und dementsprechend einen unterschiedlichen Effizienzgrad der Photosynthese aufweisen“ (SENGBUSCH 1988).

Wo liegen nun die ökologischen Vorteile des C<sub>4</sub>-Weges der Photosynthese? Man kann den C<sub>4</sub>-Weg als Anpassung an warme, stark besonnte – jedoch nicht unbedingt trockene – Standorte ansehen. Bei C<sub>4</sub>-Pflanzen fehlt die Photorespiration oder ist zumindest weitestgehend

unterdrückt. Infolge der Kohlendioxidanreicherung in den Bündelscheiden wird die CO<sub>2</sub>-Konzentration auch bei hoher Lichtintensität nicht zum begrenzenden Faktor, während C<sub>3</sub>-Pflanzen durch die Photorespiration bekanntlich bis zu 20 % des fixierten Kohlendioxids wieder verlieren können. Die Nettophotosyntheserate ist bei großen Lichtintensitäten bei C<sub>4</sub>-Pflanzen somit wesentlich höher als bei C<sub>3</sub>-Pflanzen. Zudem liegt der Transpirationskoeffizient bei den C<sub>4</sub>-Pflanzen etwa um den Faktor 0,5 niedriger als bei den C<sub>3</sub>-Pflanzen. Bei guter Wasserversorgung erreichen C<sub>4</sub>-Pflanzen eine sehr hohe Produktivität, bekannte Beispiele hierfür sind Mais (*Zea mays*) und Zuckerrohr (*Saccharum officinarum*). Bei geringer Strahlungsintensität und/oder niedrigeren Temperaturen sind C<sub>3</sub>-Pflanzen den C<sub>4</sub>-Pflanzen hingegen überlegen.

## 2. C<sub>4</sub>-Pflanzen in Mitteleuropa

Einen Überblick über die C<sub>4</sub>-Pflanzen Mitteleuropas (in der Abgrenzung von EHRENDORFER 1975) gibt Tab. 1. Grundlage für die Einstufung war v. a. die Liste der C<sub>4</sub>-Pflanzen von COLLINS & JONES (1985). Tab. 2 zeigt deutlich, daß im Süden Mitteleuropas die absolute Zahl von C<sub>4</sub>-Arten der *Poaceae* bereits beachtlich groß ist. Nach eigener Zählung treten in Deutschland derzeit mindestens 48 C<sub>4</sub>-Pflanzen wildwachsend oder verwildernd auf. Bei einigen weiteren Ankömmlingen der jüngsten Zeit besteht zumindest ein Verdacht, daß es sich um C<sub>4</sub>-Pflanzen handeln könnte. Als einheimisch können lediglich *Atriplex glabriuscula*, *Atriplex laciniata*, *Atriplex rosea*, *Bothriochloa ischaemum*, *Cyperus longus* und *Salsola kali* gelten.

Weitere 16,7 % sind Archäophyten, während die Neophyten mit 70,8 % den größten Anteil stellen. Mindestens ein Drittel der 48 C<sub>4</sub>-Arten Deutschlands sind als unbeständig einzustufen. Diese Sippen sind oft nur vorübergehend eingeschleppt, sie finden sich an Umschlagplätzen (Häfen, Bahnhöfen), vor allem in warmen Tieflagen Südwestdeutschlands.

## 3. Welche Habitate besiedeln die C<sub>4</sub>-Pflanzen in Mitteleuropa?

Nach der oben gegebenen Charakterisierung versteht es sich von selbst, daß C<sub>4</sub>-Pflanzen stark besonnte und offene Habitate besiedeln. In solche Habitate erscheinen die zumeist einjährigen (sommerannuellen) Arten auch wegen ihrer Empfindlichkeit gegenüber niedrigen Temperaturen gut eingepaßt. Fast alle sind als Ruderalstrategen im weiteren Sinne einzustufen.

### 3.1 Meeresküste

Die vier einheimischen Chenopodiaceen *Atriplex glabriuscula*, *Atriplex laciniata*, *Atriplex rosea* und *Salsola kali* wachsen an der Nord- und/oder Ostseeküste in Spülsaumgesellschaften der Klasse *Cakiletea*. *Atriplex laciniata* (= *A. sabulosa*) ist Kennart des *Betopolygonum sabulosae* Tx. (1950) 1967, *Atriplex glabriuscula* ist Kennart des *Polygonum raii-Atriplicetum glabriusculae* Tx. 1950 [Nordsee] bzw. des *Atriplicetum glabriusculae-calothecae* Tx. 1950 [Ostsee]. In den Watten der Nordseeküste verdrängt die zunächst angepflanzte C<sub>4</sub>-Pflanze *Spartina anglica* einheimische Arten in der Queller- und der Anedelzone (KÖNIG 1948 u. 1960; zusammenfassende Diskussion bei LOHMEYER & SUKOPP 1992).

Tab. 1: C<sub>4</sub>-Pflanzen in Mitteleuropa

<i>Amaranthus albus</i>	<i>Eragrostis barrelieri</i>
<i>Amaranthus blitoides</i>	<i>Eragrostis cilianensis</i>
* <i>Amaranthus bouchonii</i>	<i>Eragrostis pilosa</i>
<i>Amaranthus caudatus</i>	<i>Eragrostis poaeoides</i>
<i>Amaranthus cruentus</i>	<i>Eragrostis tef</i>
<i>Amaranthus deflexus</i>	* <i>Eragrostis multicaulis</i>
* <i>Amaranthus emarginatus</i>	<i>Euphorbia chamaesyce</i>
<i>Amaranthus graecizans</i>	<i>Euphorbia maculata</i>
<i>Amaranthus lividus</i>	<i>Euphorbia nutans</i>
<i>Amaranthus paniculatus</i>	<i>Euphorbia peplis</i>
<i>Amaranthus patulus</i>	<i>Heteropogon contortus</i>
<i>Amaranthus powellii</i>	<i>Kochia scoparia</i>
<i>Amaranthus retroflexus</i>	<i>Mollugo verticillata</i>
<i>Atriplex glabriuscula</i>	<i>Panicum capillare</i>
<i>Atriplex laciniata</i>	<i>Panicum dichotomiflorum</i>
<i>Atriplex rosea</i>	<i>Panicum miliaceum</i>
<i>Atriplex tatarica</i>	<i>Paspalum dilatatum</i>
<i>Bothriochloa ischaemum</i>	<i>Paspalum distichum</i>
<i>Cenchrus incertus</i>	<i>Pennisetum villosum</i>
<i>Chrysopogon gryllus</i>	<i>Portulaca oleracea</i>
<i>Cynodon dactylon</i>	<i>Salsola kali</i>
<i>Cyperus capitatus</i>	<i>Setaria pumila</i>
<i>Cyperus eragrostis</i>	<i>Setaria italica</i>
<i>Cyperus esculentus</i>	<i>Setaria verticillata</i>
<i>Cyperus glomeratus</i>	<i>Setaria viridis</i>
<i>Cyperus longus</i>	<i>Sorghum bicolor</i>
<i>Cyperus rotundus</i>	<i>Sorghum halepense</i>
<i>Cyperus serotinus</i>	<i>Spartina patens</i>
<i>Dactyloctenium aegyptiacum</i>	<i>Spartina maritima</i>
<i>Digitaria ischaemum</i>	<i>Spartina anglica</i>
<i>Digitaria sanguinalis</i>	<i>Spartina x townsendii</i>
<i>Echinochloa colonum</i>	<i>Sporobolus poiretii</i>
<i>Echinochloa crus-galli</i>	<i>Suaeda fruticosa</i>
<i>Eleusine indica</i>	<i>Tribulus terrestris</i>

\* vermutliche C<sub>4</sub>-Pflanze

**Tab. 2: Anzahl von C<sub>4</sub>-Pflanzenarten in Mitteleuropa**

Gebiet	Anzahl C <sub>4</sub> -Arten	davon Poaceae
Deutschland	48	23
Österreich	40	20
Norditalien (nördlich des Po)	54	28
Mitteleuropa	67	33

### 3.2 Ufer von Binnengewässern

Der paläotropische *Cyperus longus* (*Magnocaricion*-Verbandskeennart) erreicht am bayerischen Bodenseeufer seinen nördlichsten Wuchsort in Mitteleuropa. LOHMEYER & SUKOPP (1992) wiesen als erste auf Vorkommen von C<sub>4</sub>-Pflanzen an Flußufern sowie auf die mögliche Etablierung weiterer solcher Arten bei zunehmender Erwärmung des Klimas hin. Notwendige Voraussetzung hierfür sind flache, im (Früh-)Sommer rechtzeitig trockenfallende Sand- oder Kiesufer. Dies ist z. B. bei Elbe (Tab. 3), Rhein, Ill, Ahr (Mündungsgebiet) sowie bei verschiedenen Südalpenflüssen der Fall. Nördlich der Alpen weisen kleinere und/oder stärker ausgebauten Flüsse dagegen kaum Nischen für C<sub>4</sub>-Pflanzen auf (vgl. Tab. 3).

Für die Diskussion der Ausbreitungs- und Etablierungschancen von C<sub>4</sub>-Arten sind Flußufer deswegen besonders interessant, weil dort adventive C<sub>4</sub>-Pflanzen zu festen Bestandtei-

**Tab. 3: C<sub>4</sub>-Pflanzenarten an Flußufern (eigene Beobachtungen 1983–1994)**

Fluß	Länge	Anzahl C <sub>4</sub> -Pflanzen
obere und mittlere Elbe	582 km	17
Lago Maggiore (Ticino)	100 km	14
obere und mittlere Weser	359 km	2
Oker	125 km	1
Ilse	42 km	0

len der heutigen natürlichen Vegetation werden können. Nach LOHMEYER & SUKOPP (1992) sind bereits mindestens 12 agriophytische C<sub>4</sub>-Pflanzen in der flußbegleitenden Annuellenvegetation vertreten.

### 3.3 Xerothermrassen

*Bothriochloa ischaemum* findet sich in Xerothermrassen der Verbände *Xerobromion*, *Koelerio-Phleion phleoidis* sowie *Festucion valesiacae* im Oberrhein-, Neckar- und Donaugebiet. Im Norden geht diese Art bis nach Bonn bzw. bis in das Halberstädter Florenggebiet.

### 3.4 Äcker

Äcker stellen den ältesten und von der Fläche her bedeutendsten Lebensraum für adventive C<sub>4</sub>-Pflanzen dar. Im Hackfruchtanbau auf sandigen Böden (v. a. Kartoffel, aber auch Rüben und Spargel) spielen seit langem die folgenden archäophytischen (!) C<sub>4</sub>-Pflanzen eine große Rolle: *Digitaria ischaemum*, *Digitaria sanguinalis*, *Echinochloa crus-galli*, *Setaria pumila* und *Setaria viridis*. Diese hirseartigen Gräser sind weit verbreitet, wobei *Setaria pumila* und *Digitaria sanguinalis* stärker in Oberitalien bzw. Süddeutschland vertreten sind. In Norddeutschland finden sich diese Arten gemäß der Regel der nach Norden zunehmenden Synanthropie (TISCHLER 1980) nur auf Umschlagplätzen oder in Siedlungsnähe. In warmen Tieflagen sind *Amaranthus retroflexus* und zunehmend auch *Amaranthus powellii* regelmäßig in Hackfruchtkulturen anzutreffen. In Mitteleuropa dürfte die starke Ausbreitung von *Amaranthus retroflexus* durch Bildung triazinresistenter Sippen sehr begünstigt worden sein. Die meisten dieser Arten werden durch den Maisanbau stark gefördert, wobei sich zusätzlich die folgenden C<sub>4</sub>-Pflanzenarten finden: *Panicum capillare*, *Panicum dichotomiflorum* und *Cyperus esculentus*.

*Panicum dichotomiflorum* spielt in den Maiskulturen der Po-Ebene eine große Rolle (FENAROLI 1964; LORENZONI 1964). Nach BRAUN (1986) gelangte *Panicum dichotomiflorum* nach Bayern mit Saatgutimporten, worauf auch die Vorkommen auf Bahnhöfen hinweisen. Nach der Aussaat war *Panicum dichotomiflorum* vermutlich zunächst nur in geringen Mengen vorhanden, wobei sicher eine Selektion durch Herbizide erfolgte, so daß Massenvermehrung dort stattfinden kann, wo mehrere Jahre hintereinander Mais angebaut wird. In Niedersachsen konnte sich die Art in Süddoldenburg auf Maisäckern etablieren (WEBER 1990), wo sich stellenweise auch *Cyperus esculentus* findet (SCHROEDER & WOLKEN 1989). HÜGIN (1986), der die Verbreitung von *Amaranthus*-Arten in der Oberrheinebene untersuchte, gibt *Amaranthus blitum* für Gärten, *Amaranthus graecizans* hingegen für Rebärten als typisch an. In beiden Biotoptypen tritt auch die archäophytische *Setaria verticillata* auf. Im Gegensatz zu Spargeläckern sind C<sub>4</sub>-Pflanzen in den Hopfengärten Bayerns selten (BRANDES 1988, HILBIG 1993). Sie fehlen erwartungsgemäß in den meisten Getreideäckern völlig. HÜGIN (1986) fand allerdings *Amaranthus*-Pflanzen auf Sommergetreideäckern in der Oberrheinebene, die im Unterstand bis zur Ernte überdauert hatten und erst auf den Stoppelfeldern zu größeren Individuen heranwachsen. Sofern die Stoppel entsprechend lange stehen bleibt, ist allerdings eine Entwicklung von der Keimung bis zur Samenreife möglich.

### 3.5 Verkehrsanlagen (Bahnhöfe und Häfen)

Die größte Zunahme an Wuchsfläche der C<sub>4</sub>-Pflanzen erfolgte in den letzten zwei Jahrzehnten auf Verkehrsanlagen, insbesondere auf Bahnhöfen und in Häfen, aber auch auf ge-

pflasterten bzw. gekiesten Fußwegen. Auf Bahnhöfen am insubrischen Alpenstüdrand findet sich auf Gleisschotter die *Euphorbia maculata*-*Portulaca oleracea*-Gesellschaft (BRANDES 1993). Sie beherbergt außer den beiden namengebenden Arten mit *Eragrostis minor*, *Setaria viridis*, *Panicum capillare* und *Amaranthus retroflexus* insgesamt 6 C<sub>4</sub>-Pflanzenarten. In nicht so reicher Artenzusammensetzung findet sie sich auch als Trittgemeinschaft im Kleinpflaster vieler Städte dieses Gebietes. In der Poebene wird sie zumindest teilweise vom *Euphorbia (chamaesyce)-Oxalidetum corniculatae*, das bereits zum mediterranen *Polycarpon tetraphyllae* gehört, abgelöst. *Euphorbia chamaesyce* ist eine mediterrane C<sub>4</sub>-Pflanze.

*Euphorbia maculata* läßt in den letzten Jahren in Südwestdeutschland eine Ausbreitung auf Friedhöfen erkennen, wo sich mit *Eragrostis minor*, *Eragrostis pilosa*, *Eragrostis multicaulis* (C<sub>4</sub> ??) sowie *Portulaca oleracea* auch andere C<sub>4</sub>-Pflanzen ansiedeln konnten (z. B. KOCH 1992). Im warmen Sommer 1994 wurde in Braunschweig erstmals die *Euphorbia maculata*-*Portulaca oleracea*-Gesellschaft beobachtet, und zwar auf dunkelbraunem Rindenmulch in Neuanlagen von Gehölzrabatten.

Konnte *Eragrostis minor* vor 10–15 Jahren noch mit Fug und Recht als „Eisenbahn-pflanze“ bezeichnet werden, so hat sich diese Art inzwischen, oft von den Bahnhöfen ausgehend, in zahlreichen Städten einbürgern können. Neben ihr gehören *Amaranthus albus*, *Amaranthus retroflexus*, *Digitaria ischaemum*, *Digitaria sanguinalis*, *Setaria viridis* und *Setaria pumila* zu den häufigsten C<sub>4</sub>-Pflanzen der Bahnhöfe. MUCINA (1993) faßt die durch *Amaranthus*-Arten, panicoide Gräser und prostrate Therophyten charakterisierten Hackfrucht-, Ruderal- und Trittgemeinschaften zur Ordnung *Eragrostietalia* J.Tx. ex Poli 1966 zusammen und weist ausdrücklich auf die starke Beteiligung von C<sub>4</sub>-Arten hin. Ihren Schwerpunkt hat diese Ordnung in subkontinentalen Gebieten des (süd)östlichen Europa. In Mitteleuropa finden sich ihre Gesellschaften im nordöstlichen Österreich, in den anderen Trockengebieten sowie in Norditalien.

In jüngster Zeit haben sich *Salsola kali* ssp. *ruthenica*, *Atriplex rosea* und *Kochia scoparia* [zumeist ssp. *densiflora*] stark auf Bahnhöfen ausgebreitet (BRANDES 1993). In Niedersachsen erfolgte die Ausbreitung wellenförmig vom Mitteldeutschen Trockengebiet her: nach *Atriplex rosea* kam *Salsola kali* ssp. *ruthenica*, danach *Kochia scoparia* ssp. *densiflora*. Inzwischen bilden diese drei Arten auf vielen Bahnhöfen jeweils große Dominanzbestände, im Falle von *Kochia scoparia* vor allem im Aktionsbereich von Triebfahrzeugen der ehemaligen Deutschen Reichsbahn (DR). Auf Häfen und Bahnhöfen, aber auch auf Trümmerschutt und Deponien wächst in Wärme- bzw. Trockengebieten das 1971 von SUKOPP beschriebene *Chenopodietum botryos*. Von staubigen Straßenrändern des östlichen Österreich (z. B. RAA-BE & BRANDES 1988), aber auch des mitteldeutschen Trockengebietes (z. B. GUTTE 1972) sind *Atriplex tatarica*-Dominanzbestände seit langem bekannt. Auch sie breiten sich in jüngster Zeit aus. In Rasen-Neuansaat u. a. an Straßenböschungen tritt mitunter als weitere C<sub>4</sub>-Art *Eragrostis tef* auf (z. B. HETZEL et al. 1992), allerdings wohl nur unbeständig (z. B. LA-DEWIG 1976, OBERDORFER 1990).

### 3.6 Abraumhalden und Deponien

Salzbeeinflusste Halden stellen weitere Wuchsorte von C<sub>4</sub>-Pflanzen dar. KIESEL et al. (1985) beschrieben von Kommunalmülldeponien der wärmsten Bereiche des mitteldeutschen Trockengebietes das *Atriplici tataricae-Diplo-taxietum tenuifoliae* mit den C<sub>4</sub>-Pflanzen *Atriplex tatarica* und *Salsola kali*. GUTTE & KLOTZ (1985) beschrieben das *Kochietum densiflorae* von Müllhalden. Neuerdings (seit 1993) treten *Atriplex rosea*, *Atriplex tatarica* sowie *Kochia scoparia* ssp. *densiflora* auch auf Abraumhalden des niedersächsischen Kali-

bergbaus auf (z. B. BRANDES 1994). Naturgemäß finden sich an den Rändern von Müllhal- den immer wieder verschiedene C<sub>4</sub>-Pflanzen, während sie bei einem geordneten Deponiebe- trieb kaum eine Chance haben.

#### 4. Fazit und Ausblick

Breiten sich die C<sub>4</sub>-Pflanzen nun in Mitteleuropa aus? Die eingangs gestellte Frage ist un- eingeschränkt zu bejahen. C<sub>4</sub>-Pflanzen konnten sich in den letzten 20–30 Jahren insbeson- dere auf Verkehrsflächen und Äckern in Mitteleuropa stark ausbreiten. Die Ausbreitungsg- schwindigkeit mag durch die folgenden Angaben verdeutlicht werden: während 1908 auf dem 192 km<sup>2</sup> großen Stadtgebiet von Braunschweig 7 C<sub>4</sub>-Arten vorkamen, waren es 1976 9 Arten und 1987 bereits 13. 1994 fanden sich 16 C<sub>4</sub>-Arten.

Die Ursachen für diese rasche Ausbreitung in der jüngsten Zeit können vielfältig sein, wo- bei unser Kenntnisstand für eine eingehende Diskussion noch zu gering ist: (1) unbeabsich- tigte Bereitstellung zusagender Wuchsplätze auf Äckern und Verkehrsanlagen; (2) mögliche Klimaerwärmung; (3) verzögertes Ausfüllen des synanthropen Areals u.a. dadurch, daß zunächst eine kritische Populationsgröße erreicht werden mußte; (4) spontane Neubildung von Genotypen in jüngster Zeit, die den hiesigen Standortbedingungen besser gewachsen sind.

Stellen die C<sub>4</sub>-Pflanzen nun eine Gefahr für die einheimische Flora dar? Derzeit sicherlich nicht – mit Ausnahme von *Spartina anglica*. Die Vorkommen auf Äckern und Verkehrsanla- gen sind erst durch spezifische Bewirtschaftung ermöglicht, die annuelle Wärmekeimer be- günstigt. Änderungen in der Wirtschaftsweise können rasch zu einem Rückgang von C<sub>4</sub>-Ar- ten führen. So verschwinden diese auf aufgelassenem Bahngelände als erste wieder. Auch die Etablierung an einigen Flüssen kann m. E. nicht als Gefahr bewertet werden, wenn sie auch aufmerksam verfolgt werden sollte. Anders sieht es hingegen im Falle von *Spartina anglica* in den Watten der Nordsee aus, wo die Verdrängung einheimischer Arten belegt ist.

Das weitere Verhalten von C<sub>4</sub>-Pflanzenarten in Mitteleuropa sollte genau beobachtet wer- den, auch im Hinblick auf ihre mögliche Eignung als Bioindikator. Hierfür ist ein Langzeit- monitoring an Flußufem, auf Äckern und Verkehrsanlagen notwendig. Großer Nachholbe- darf besteht bei ökophysiologischen Untersuchungen, um zu klären, in welchem Ausmaße die „C<sub>4</sub>-Pflanzen“ an ihrem mitteleuropäischen Standort wirklich den C<sub>4</sub>-Weg der Photosyn- these beschreiten.

#### 5. Literatur

- BRANDES, D. (1988): Über die Unkrautvegetation der Hopfengärten in der nördlichen Hallertau. – Ber. Bayer. Bot. Ges., **59**, 23-26.
- BRANDES, D. (1993): Eisenbahnanlagen als Untersuchungsgegenstand der Geobotanik. – *Tuexenia*, **13**, 425-444.
- BRANDES, D. (1994): Verbreitung, Ökologie und Soziologie von *Scorzonera laciniata* L. in Nordwest- deutschland. – *Tuexenia*, **14**, 415-425.
- BRAUN, W. (1986): Die Gabelästige Hirse, *Panicum dichotomiflorum* Michx., eine neue Art der bayeri- schen Flora. – Ber. Bayer. Bot. Ges., **57**, 75-80.
- COLLINS, R. P. & JONES, M.B. (1985): The influence of climatic factors on the distribution of C<sub>4</sub> species in Europe. – *Vegetatio*, **64**, 121-129.
- EHRENDORFER, F. (1975): Liste der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. – XII, 318 S., Stuttgart (Fischer).
- FENAROLI, L. (1964): Il *Panicum dichotomiflorum* MICHX. nuova infestante delle colture di Mais in Ita- lia. I. Origine, descrizione e avventiziato. – *Maydica*, **9**, 34-40.

- GUTTE, P. (1972): Ruderalpflanzengesellschaften West- und Mittelsachsens. – Feddes Repert., **83**, 11-122.
- GUTTE, P., KLOTZ, S. (1985): Zur Soziologie einiger urbaner Neophyten. – *Hercynia N.F.*, **22**, 25-36.
- HETZEL, G., MEIEROTT, L. & ULLMANN, I. (1992): Beobachtungen zu Konstanz und Dynamik in der Anthropochoren-Flora des Stadtgebietes von Würzburg. – *Tuexenia*, **12**, 341-360.
- HILBIG, W. (1993): Die Unkrautvegetation der Hopfengärten und Spargelkulturen in Bayern. – *Hoppea*, **54**, 483-497.
- HÜGIN, G. (1986): Die Verbreitung von *Amaranthus*-Arten in der südlichen und mittleren Oberrheinebene sowie einigen angrenzenden Gebieten. – *Phytocoenologia*, **14**, 289-379.
- HÜPPE, J. & HOFMEISTER, H. (1990): Syntaxonomische Fassung und Übersicht über die Ackerunkrautgesellschaften der Bundesrepublik Deutschland. – *Ber. Reinh. Tüxen-Ges.*, **2**, 61-81.
- KIESEL, G., MAHN, E.-G. & TAUCHNITZ, J. G. (1985): Zum Einfluß des Deponiestandortes auf die Vegetationsstruktur und Verlauf der Sekundärsukzession. T.1. – *Hercynia N.F.*, **22**, 72-102.
- KOCH, U. (1992): *Eragrostis multicaulis* STEUDEL, ein Neophyt auf Friedhöfen in Deutschland. – *Flor. Rundbr.*, **26**, 110-111.
- KÖNIG, D. (1948): *Spartina townsendii* an der Westküste von Schleswig-Holstein. – *Planta* **36**, 37-70.
- KÖNIG, D. (1960): Beiträge zur Kenntnis der deutschen Salicornien. – *Mitt. Flor.-soz. Arb.gem. N.F.*, **8**, 5-58.
- LADIEWIG, K. (1976): *Eragrostis tef* (ZUCCAGNI) TROTTER in der BRD. – *Gött. Flor. Rundbr.*, **10**, 21-40.
- LOHMEYER, W. & SUKOPP, H. (1992): Agriophyten in der Vegetation Mitteleuropas. – *Schr. Reihe Vegetationskde.*, **25**, 185 S.
- LORENZONI, G. G. (1964): Il *Panicum dichotomiflorum* MICHX. nuova infestante delle colture di Mais in Italia. II. Soziologia ed ecologia. – *Maydica*, **9**, 67-76.
- LÜTTGE, U., KLUGE, M., & BAUER, G. (1994): Botanik. – 2. Aufl., XVIII, 600 S., Weinheim (VCH).
- MUCINA, L. (1993): Stellarietea mediae. – In: MUCINA, L., GRABHERR, G. & ELLMAUER, T. (Hrsg.): Die Pflanzengesellschaften Österreichs. T.1. Anthropogene Vegetation, S. 110-168, Jena (FISCHER).
- OBERDORFER, E. (1990): Pflanzensoziologische Exkursionsflora. – 6. Aufl., 1050 S., Stuttgart (Ulmer).
- RAABE, U. & BRANDES, D. (1988): Flora und Vegetation der Dörfer im nordöstlichen Burgenland. – *Phytocoenologia*, **16**, 225-258.
- SCHROEDER, C. & WOLKEN, M. (1989): Die Erdmandel (*Cyperus esculentus* L.) – ein neues Unkraut im Mais. – *Osnabrücker Naturwiss. Mitt.*, **15**, 83-104.
- VON SENGBUSCH, P. (1988): Botanik. – X, 864 S., Hamburg (Wiley).
- SEBALD, O., SEYBOLD, S. & PHILIPPI, G. (Hrsg.) (1990): Die Farn- und Blütenpflanzen Baden-Württembergs. Bd. 1. – 613 S., Stuttgart (Ulmer).
- SUKOPP, H. (1971): Beiträge zur Ökologie von *Chenopodium botrys* L. I. Verbreitung und Vergesellschaftung. – *Verh. Bot. Ver. Prov. Brandenburg*, **108**, 3-25.
- TISCHLER, W. (1980): Biologie der Kulturlandschaft. – IX, 253 S., Stuttgart (Fischer).
- ULLMANN, I. & BANNISTER, P. (1991): Zur Vergesellschaftung von *Atriplex rosea* L. in Europa und Neuseeland. – *Tuexenia*, **11**, 67-72.
- ULLMANN, I. & HETZEL, G. (1990): *Conyzo-Panicetum capillaris*. Eine „moderne“ Anthropochorengesellschaft des südlichen Mitteleuropa. – *Phytocoenologia*, **18**, 371-386.
- WEBER, H. E. (1990): *Panicum dichotomiflorum* MICHX, ein neues Unkraut der Maisäcker in Nordwestdeutschland. – *Flor. Rundbr.*, **24**, 13-18.
- ZIEGLER, H. (1991): Physiologie. – In: STRASBURGER, E. (Begr.): Lehrbuch der Botanik., 33. Aufl. neubearb. v. P. SITTE, H. ZIEGLER, F. EHRENDORFER & A. BRESINSKY, S. 277-284, Stuttgart (Fischer).

Prof. Dr. Dietmar Brandes  
 Botanisches Institut und Botanischer Garten der TU  
 Arbeitsgruppe Geobotanik  
 Gaußstraße 7  
 D-38106 Braunschweig

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Brandes Dietmar\\_ diverse botanische Arbeiten](#)

Jahr/Year: 1995

Band/Volume: [4\\_1995](#)

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

Artikel/Article: [Breiten sich die C4-Pflanzen in Mitteleuropa aus? 1-9](#)