

ANNETTE OTTE

Veränderungen im Keimungs- und Auflaufverhalten bei *Chenopodium ficifolium* im Vergleich von 1950 zu 1985-88

#### Summary

Changes in germination-behaviour and shooting-time by *Chenopodium ficifolium* - a comparison between 1950 and 1985-88

Weed communities are in a steady process of adaption to changing methods in plant production.

In 1954 the weed communities north of Freising (Upper Bavaria) were described in detail and several weeds were tested about their germination-behaviour (1953). In the meantime, species composition of these weed communities has changed markedly.

Species favoured by crop rotations with maize, such as *Amaranthus retroflexus*, *Atriplex patula*, *Chenopodium album*, *C. ficifolium*, *C. polyspermum*, *Digitaria ischaemum*, *Echinochloa crus-galli*, *Polygonum lapathifolium* and *Setaria viridis* have spread.

New observations under laboratory conditions with seeds of *Chenopodium ficifolium* (collected from fields north of Freising) show, that they can germinate at lower temperatures than in the investigations of 1953. The populations of *Chenopodium ficifolium* have spread enormously in the past ten years and they were all identified as triazine-resistant biotypes. In 1953 *Chenopodium ficifolium* was classified as "a plant with highest soil temperature requirements in germination (between 30 and 40 °C)" and therefore it could only rarely be found near Freising in 1953. Now it starts germination in the field at 2 °C and is one of the most abundant species in the crop rotations with maize in the southern "Donau-Isar-Hügelland".

#### 1 Einführung

Seit der Mensch Ackerbau betreibt, hat sich die damit konkurrierende Ackerwildkraut-Vegetation immer wieder an veränderte Kulturartenspektren und Anbaumethoden anpassen müssen (ELLENBERG 1950). In der Entwicklung bis zu den heutigen Ackerwildkrautgemeinschaften in Mitteleuropa hat es unterschiedliche Phasen mit charakteristischen Artengruppen gegeben. Über die Veränderungsprozesse in der Ackerwildkrautvegetation seit ihrer Formierung schreiben BACHTHALER (1968, 1985), EGGERS (1984), HOLZ (1988), HÜPPE (1987), KOCH (1980), KORNAS (1988), RADEMACHER (1960) und WILLERDING (1980a, 1980b, 1981).

Die drei großen Phasen in der Entwicklung bis zu den heutigen Ackerwildkrautgesellschaften waren:

- Die Dreifelderwirtschaft (Mittelalter bis Mitte des 19. Jh.),
- die verbesserte Dreifelderwirtschaft (Mitte des 19. Jh. bis 1950) und
- die moderne Intensivwirtschaft (ab 1950).

Alle diese Phasen waren bzw. sind durch eine spezifische Ackerwildkrautvegetation gekennzeichnet.

2 Veränderungen im Artenspektrum auf Äckern in der Umgebung von Freising (Vergleich 1950 zu 1985-88)

Seit 1985 beobachtet die Autorin die phänologische Entwicklung von Ackerwildkrautgesellschaften des Alchemillo-Matricarietum nach dem Aussetzen von Herbiziden (OTTE 1990). Das Forschungsprojekt wurde vom Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten finanziell unterstützt. Die untersuchten Ackerflächen liegen nw von Freising/Oberbayern in der lößlehmbeeinflussten Zone des Tertiären Hügellandes (500 m üNN, Ø 800 mm Niederschlag, Jahresmitteltemperatur 7,5 °C; nähere Angaben bei OTTE (1990)). Auf den untersuchten Flächen und in deren Umgebung wurden schon 1950 und 1951 von SCHRAMM (1954) und LAUER (1953) pflanzensoziologische Bestandsaufnahmen erhoben.

Ein Vergleich der aktuellen Untersuchungen mit den "historischen" zeigte, daß sich mittlerweile gravierende floristische

Veränderungen vollzogen haben. Zu den inzwischen nicht mehr nachgewiesenen Arten zählen u.a. großsamige und kleinfrüchtige Spezies, die bei der Saatgutreinigung ausgesiebt werden wie *Agrostemma githago*, *Ranunculus arvensis*, *Buglossoides arvensis*, *Vicia tetrasperma* und *Centaurea cyanus*. Eine andere Artengruppe, die auf den untersuchten Äckern nicht mehr vorkommt, enthält *Veronica triphyllos*, *Legousia speculum-veneris*, *Geranium dissectum*, *Medicago lupulina*, *Sedum telephium* und *Cerastium glomeratum*. Diese Arten sind kennzeichnend für nährstoffärmere Standorte, wie sie früher weit verbreitet waren. Diese skizzierten Entwicklungen in der Vegetation auf Äckern werden aus vielen Gegenden mit wechselnden Arten beschrieben (BRAUN 1988, KÖCK 1984, MEISEL 1979, 1983, MITTNACHT 1980, NEZADAL 1980, SCHUMACHER 1980).

Gefördert werden derzeit vor allem nährstoffbedürftige Arten, deren Verbreitungsschwergewicht früher in Hackfruchtkulturen lag. Kennzeichnend für diese Arten ist, daß sie eine weite Amplitude bei den Keimungstemperaturen haben und deshalb mehrere Generationen im Verlauf einer Anbauperiode bilden können wie *Stellaria media*, *Capsella bursa-pastoris*, *Veronica persica*, *Poa annua*, *Lamium amplexicaule* und *L. purpureum*. Weiterhin werden durch den hohen Maisanteil in der Fruchtfolge (1/4 bis 1/3) nährstoffbedürftige Chenopodiaceen gefördert wie *Chenopodium ficifolium*, *Ch. album*, *Ch. polyspermum*, *Atriplex patula* und *Amaranthus retroflexus* (Tab.1). Wodurch werden die Arten gefördert, die als typische Maisunkräuter gelten? AMMON & BEURET (1984) erörtern die Ursachen dieses Prozesses und beschreiben, wie sich im Zeitraum von 1968 bis 1983 nach regelmäßigem hohen Atrazin-Einsatz im Maisanbau chloroplastisch triazin-resistente Populationen von *Amaranthus retroflexus*, *A. lividus*, *A. bouchonii*, *Chenopodium album*, *Ch. polyspermum*, *Ch. ficifolium*, *Senecio vulgaris*, *Conyza canadensis* und *Stellaria media* herausselektiert und in der Schweiz verbreitet haben. Sie wiesen nach, daß schon nach fünfjähriger Bekämpfung der atrazin-sensible Biotyp von *Chenopodium album* weitgehend aus den Versuchspartellen (mit Maisanbau) verdrängt worden war. Auch in der Umgebung von Freising wurden inzwischen triazin-resistente Chenopodiaceen nachgewiesen. In einer 1981 er-

schienenen Arbeit berichtet KEES über das Vorherrschen triazin-resistenter Biotypen von *Chenopodium ficifolium*, *Ch. album* und *Atriplex patula* auf vom Maisanbau beherrschten Flächen des Schlüterhofes, am südlichen Stadtrand von Freising. Vor allem die schnelle Ausbreitung von *Chenopodium ficifolium* in der Umgebung von Freising ist bemerkenswert! In der Arbeit von SCHRAMM (1954) wurde die Art nicht nachgewiesen und LAUER (1953) dokumentierte sie nur auf den Niedermoorböden des Versuchsgutes Oberschleißheim. AELLEN (1979) in HEGI (1979) streicht das hohe Wärmebedürfnis der Art heraus und begründet damit ihr Vorkommen in der Oberrheinischen Tiefebene.

Wie läßt sich nun die aktuelle Häufigkeit von *Chenopodium ficifolium* in collinen bis submontanen Höhenlagen des Tertiären Hügellandes (bis 550 m üNN) mit dem ursprünglichen, das Vorkommen einschränkenden, hohen Wärmebedürfnis der Art erklären?

### 3 Veränderte Temperaturansprüche von Ackerwildkräutern bei der Keimung (Vergleich 1950 zu 1985-88)

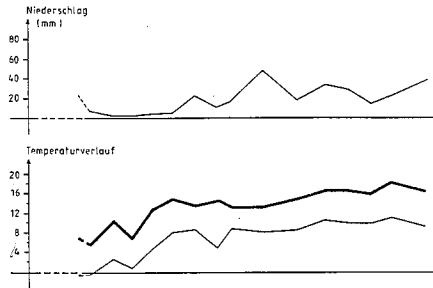
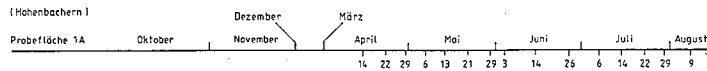
In frühen Arbeiten von ELLENBERG (1950) und LAUER (1953) wird beschrieben, wie differenziert der Ablauf des Lebenszyklus annueller Arten von der Keimung bis zur Samenreife in die Aussaat-, Pflege- und Erntetermine landwirtschaftlicher Kulturarten eingepaßt ist (Abb.1).

Bei einem Vergleich der Auflaufphasen von Ackerwildkräutern aus der beobachteten Kamillengesellschaft mit den Daten, die LAUER (1953) ebenfalls bei Freising erhoben hat, wurde festgestellt, daß das derzeitige Auftreten der Keimlingsgenerationen von *Chenopodium ficifolium*, von den früheren Geländebeobachtungen abweicht (vgl. Abb.2). Die von LAUER beobachtete Population (Niedermoor, Versuchsgut Oberschleißheim) keimte nur in einem kurzen Zeitraum in der zweiten Juni-Dekade (bei einer Tagesmitteltemperatur zwischen 14 und 16 °C). Derzeit kann man die Art schon ab Ende Februar (bei einer Tagesmitteltemperatur ab 2 °C) im Freiland beobachten - allerdings ist sie nicht frost-resistent. In der letzten April-Dekade hat die Art ihre Hauptkeimperiode (Tagesmitteltemperatur 11 °C); die letzten aufgelaufenen Keimlinge wurden noch Ende November registriert, dann

Tab. 1: Arten, die durch Maisanbau gefördert werden, im Stetigkeitsvergleich (1950/51 zu 1988)  
-Bestandsaufnahmen aus dem Tertiären Hügelland nw von Freising/Oberbayern-

Quellen für den Vergleich Arten, die durch Maisanbau gefördert werden	gesamtes Aufnahme-material		Vergleichs-paare		Vergleichs-paare	
	LAUER (1953) 1950	SCHRAMM (1954) 1951	SCHRAMM (1954) 1951	ALBRECHT (1989) 1988	SCHRAMM (1954) 1951	OTTE (1990) 1988
Amaranthus retroflexus	--	--	--	8%	--	1
Atriplex patula	20%	11%	4%	38%	--	3
Chenopodium album	78%	73%	52%	56%	2	3
Chenopodium ficifolium	--	--	--	43%	--	3
Chenopodium polyspermum	37%	25%	19%	44%	1	3
Digitaria ischaemum	--	--	--	27%	--	2
Echinochloa crus-galli	--	--	--	35%	--	3
Polygonum lapathifolium	56%	61%	52%	60%	2	3
Setaria viridis	7,5%	0,6%	--	--	--	3
Anzahl der Vegetationsaufn.	67	169	27	27	3	3
	±100%	±100%	±100%	±100%	--	--

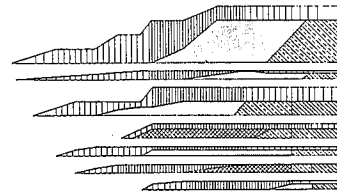
Hafer 1988, unreguliert



Hafer

Sommer - Gerste

Chenopodium ficifolium  
Polygonum persicaria  
Chenopodium album  
Polygonum lapathifolium ssp. tomentosum  
Chenopodium polyspermum



Blütenfarben:  
grün, unscheinbar  
rot  
verblüht / fruchtend  
Samen ausstreugend

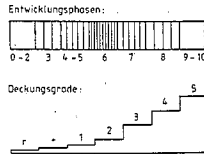


Abb. 1: Phänologischer Entwicklungsgang von sommerneuellen Ackerwildkräutern in einem Hafer-Sommergerste-Gemenge

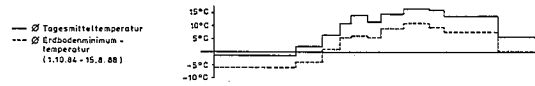
setzte die beginnenden Frostperiode dem Wachstum von *Chenopodium ficifolium* ein Ende (OTTE 1990).

Um zu überprüfen, ob die Geländebeobachtungen auch von den durch LAUER in Laborversuchen ermittelten Keimtemperaturanforderungen von Ackerwildkräutern abweichen, wurden analog zu diesen Versuchen Samen von *Chenopodium ficifolium* geerntet (von der Versuchsfäche Hohenbachern; vgl. OTTE 1990) und nach sechsmonatiger trockener Lagerung in Klimaschränken zum Keimen angesetzt \*1 (Abb.3).

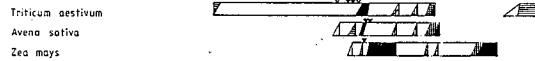
Dabei zeigen sich Unterschiede gegenüber den von LAUER (1953) ermittelten Temperaturanforderungen bei der Keimung. Offensichtlich können die unter den derzeitigen Ackerbaubedingungen aufgewachsenen *Chenopodium-ficifolium*-Individuen in einem weiteren Temperaturbereich keimen als früher. Daraus erklärt sich ihre schnelle Ausbreitung, denn LAUER stufte das Optimum bei der Keimung der Art zwischen 35 und 40 °C (100% Keimrate) ein. Hingegen keimten 1988 gesammelte Samen schon ab 2 °C (12% Keimrate) und hatten ihr Keimungsoptimum zwischen 10 und 20 °C (max. 58% Keimrate). Daraus folgt, daß es derzeit keine klimatisch bedingte Verbreitungsgrenze für die Art in ackerbaulich genutzten Landschaften Mitteleuropas gibt. Auffällig ist auch, daß das 1988 gesammelte Saatgut weniger gut keimte, als die 1949 von LAUER geernteten Samen. Interessant ist in diesem Zusammenhang eine Arbeit von UDWAL (1989); bei Konkurrenzversuchen zwischen *Chenopodium album* und *Ch. ficifolium* stellte sie fest, daß bei trockenerem und wärmerem Klima, *Ch. ficifolium* die konkurrenzschwächere Art ist, die sich nicht gegenüber der weniger feuchtigkeitsbedürftigen Art *Ch. album* durchsetzen kann.

\*1 Versuchsdurchführung: Je Temperaturstufe 5 Parallelen à 50 Samen in Petrischalen auf angefeuchtetem Filterpapier, keine Stratifizierung; Tag- und Nachtrhythmus im Klimaschrank: 16 Std. hell, 8 Std. dunkel; Temperaturstufen kontinuierlich: 3, 7, 10, 15, 20, 25, 30 und 35°C.

Monat	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Oktober	Nov.
Aufaufphase	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Ø Dauer (Tage)	90	21	21	19	18	15	26	28	16	60		47

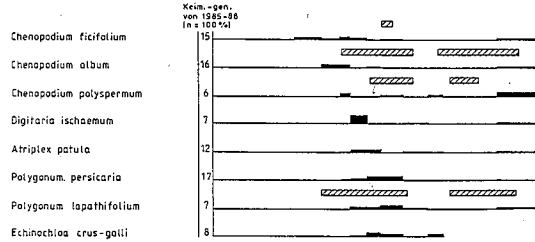


PHÄNOLOGISCHE PHASEN IM BEOBSCHTUNGS-ZEITRAUM (1.10.84 - 15.8.89) VON:



**Vegetative Phasen:**  
 Aussaat  
 Aufgang  
 Schossen  
**Generative Phasen:**  
 erste Blüte  
 Vollblüte  
 fruchtend  
 Ernte  
 Herbizide  
 Striegeln

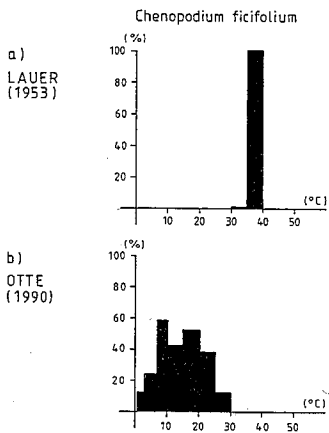
Typische Mais - Ackerwildkräuter:



Auftratsrate:

zu 40, 60, 80%  
 der gekeimten Ackerwildkräuter (2-4 -Blattstadium), 1985-88 (OTTE 1990) (Keim.-gen. 2 Keimlingsgenerationen im Beobachtungszeitraum)  
 Beobachtungen der Keimungszeit von Ackerwildkräutern von LAUER (1953)

Abb. 2: Freilandbeobachtungen zum Auftreten von Keim- und Jungpflanzen bei Ackerwildkräutern, die durch Maisanbau begünstigt werden. (Den Beobachtungen des Zeitraumes 1985-88 wurden -soweit vorhanden- diejenigen von LAUER (1953) hinzugefügt).



a): 100(%) (LAUER 1953) = Mittelwert aus 3 Parallelen à 100 Samen, getestet wurde der Temperaturbereich 2-40°C  
 b): 100(%) (OTTE 1990) = Mittelwert aus 5 Parallelen à 50 Samen, getestet wurde der Temperaturbereich 3-35°C

Abb. 3: Veränderungen in den Keimungstemperaturen von *Chenopodium ficifolium*:  
 - Vergleich einer Untersuchung von 1953 (LAUER) mit einer aktuellen von 1990 -

#### 4 Auswirkungen veränderter Temperaturansprüche von Arten bei der Keimung auf die Agrarphytozönosen

Nicht nur die Ausmerzungen von Arten durch Herbizide und Saatgutreinigung oder ihre Verdrängung durch verstärkten Düngemittelleinsatz führen zur Umstrukturierung des Artengefüges in Äckern, sondern auch Verschiebungen in den Temperaturansprüchen bei der Keimung können die Artenkombinationen auf Äckern verändern. Dies kann die in älteren Arbeiten beschriebenen deutlichen Unterschiede zwischen den Secalietea- und Chenopodietea-Gesellschaften (vgl. OBERDORFER 1983) schwierig bzw. unmöglich machen (WILMANN 1989).

Da das Vorkommen triazinresistenter Biotypen in einer Agrarphytozönose sehr schnell zur Verdrängung der sensiblen Biotypen der betreffenden Art führt, ergibt sich für ihre Population gleichzeitig eine genetische Vereinheitlichung, die die Gefahr in sich birgt, daß bei Einsatz eines spezifischen Präparates gegen die triazinresistente Population einer Art, diese sehr schnell zu verdrängen ist. Bei triazinresistenten Chenopodiaceen wird allerdings der langlebige Samenvorrat diesen Prozeß verlangsamen.

#### 5 Zusammenfassung

Ackerwildkrautgesellschaften befinden sich seit dem Beginn des Ackerbaus in einem kontinuierlichen Anpassungsprozeß an sich wandelnde Pflanzenproduktionsmethoden. In den frühen fünfziger Jahren wurden die Ackerwildkrautgesellschaften in der Umgebung von Freising (Oberbayern) detailliert beschrieben und diagnostisch wichtige Arten aus diesem Gebiet hinsichtlich der Temperaturansprüche bei der Keimung untersucht. Inzwischen haben sich in den dortigen Ackerwildkrautgesellschaften große Veränderungen vollzogen. So hat sich dort mit der Ausweitung des Maisanbaus *Chenopodium ficifolium* sehr stark ausgebreitet. Die Art profitiert von einer Wirkungslücke bei triazinhaltigen Herbiziden (Triazin-Resistenz), die im Maisanbau verwendet werden (bzw. wurden). Auffällig ist, daß *Chenopodium ficifolium* heute bei kühleren

Temperaturen aufläuft als bei den Beobachtungen aus den fünfziger Jahren. Eine Wiederholung der Laborversuche zeigte, daß sich die Temperaturansprüche bei der Keimung von einem Optimum zwischen 35 und 40 °C auf ein Optimum zwischen 20 und 25 °C verschoben haben mit einer Keimungsbereitschaft schon ab 2 °C! Daraus erklärt sich die aktuelle Allgegenwart von *Chenopodium ficifolium* auf lehmigen Böden mit maisstarken Fruchtfolgen, wie sie in Teilen des oberbayerischen Tertiären Hügellandes vorherrschen.

**Danksagungen:** Die für die Arbeit verwendeten Klimaschränke wurden von der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau zur Verfügung gestellt. Herrn Dr. Fuchs danke ich dabei für seine überaus freundliche Unterstützung und fachliche Beratung. Frau Heidemarie Pellmeier sei an dieser Stelle ebenfalls gedankt; sie erstellte die Zeichnungen.

#### 6 Literatur

- AELLEN, P.: Familie *Chenopodiaceae*. In: HEGI, G.: Illustrierte Flora von Mitteleuropa Bd. III. Teil 2: 533-612. 2. Aufl.. Parey-Verl. Hamburg/Berlin 1960.
- ALBRECHT, H.: Untersuchungen zur Veränderung der Segetalflora an sieben bayerischen Ackerstandorten zwischen den Erhebungszeiträumen 1951/68 und 1986/88. Dissertationes Botanicae 141 Cramer in Borntraeger-Verl. Berlin/ Stuttgart, 1989.
- AMMON, H.U. and BEURET, E.: Verbreitung triazin-resistenter Unkräuter in der Schweiz und bisherige Bekämpfungserfahrungen. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft 10, 1984, 183-191.
- BACHTHALER, G.: Die Entwicklung der Ackerunkrautflora in Abhängigkeit von veränderten Feldbaumethoden.  
I. Der Einfluß einer veränderten Feldbautechnik auf den Ackerunkrautbesatz. Z. Acker- u. Pflanzenbau 127, 1968, 149-170.  
II. Untersuchungen über die Ausbreitung grasartiger Unkräuter und ihre Bekämpfung. Ibid 127, 1968, 326-358.
- BACHTHALER, G.: Veränderungen der Ackerunkrautvegetation in Bayern. Bayer. Landw. Jahrbuch 62 (1), 1985, 60-75.

- BRAUN, W.: Auswirkungen der modernen Landwirtschaft auf die Vegetation von Grün- und Ackerland in Bayern. Wiss. Z. Univ. Halle, math.-nat. Reihe 37, 1988, 82-92.
- EGGERS, Th.: Wandel der Unkrautvegetation der Äcker. Schweiz. Landw. Fo. Recherche agronom. en Suisse 23 (1/2), 1984, 47-61.
- ELLENBERG, H.: Landwirtschaftliche Pflanzensoziologie. I. Unkrautgemeinschaften als Zeiger für Klima und Boden. 131 S., Ulmer-Verl. Stuttgart 1950.
- HOLZ, B.: Die landschaftsökologische Bedeutung der Ackerrandstreifenprogramme. Schriftenreihe des Bayer. Landesamtes für Umweltschutz 84, 1988, 245-261.
- HÜPPE, J.: Zur Entwicklung der Ackerunkrautvegetation seit dem Neolithikum. Natur- und Landschaftskunde 23, 1987, 25-33.
- KES, H.: Zum Auftreten atrazin-resistenter Samenunkräuter in Bayern. Bayer. Landw. Jahrbuch 6, 1981, 657-668.
- KOCH, W.: Die Segetalflora in Abhängigkeit von Bewirtschaftungsmaßnahmen. Daten u. Dokumente zum Umweltschutz 30, 1980, 43-60.
- KÖCK, U.-V.: Intensivierungsbedingte Veränderungen der Segetalvegetation des mittleren Erzgebirges. Archiv. Naturschutz und Landschaftsforsch. 24 (2). 1984, 93-152.
- KORNAS, J.: Speirochore Ackerwildkräuter: Von ökologischer Spezialisierung zum Aussterben. Flora 180, 1988, 83-91.
- LAUER, E.: Über die Keimtemperaturen von Ackerunkräutern und deren Einfluß auf die Zusammensetzung von Unkrautgesellschaften. Flora 140, 1953, 551-595.
- MEISEL, K.: Veränderungen der Segetalvegetation in der Stolzenauer Wesermarsch seit 1945. Phytocoenologia 6, 1979, 118-130.
- MEISEL, K.: Veränderungen der Ackerunkraut- und Grünlandvegetation in den landwirtschaftlichen Intensivgebieten. Schriftenreihe des Deutschen Rates für Landespflege 42, 1983, 168-173.
- MITTNACHT, A.: Segetalflora der Gemarkung Mehrstetten 1975-1978 im Vergleich zu 1948/49. Diss. Hohenheim, 1980.
- NEZADAL, W.: Naturschutz für Unkräuter? Zur Gefährdung der Ackerunkräuter in Bayern. Schriftenr. Naturschutz und Landschaftspflege 12, 1980, 17-27.

- OBERDORFER, E.: Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil III. 2. Aufl., 455 S., Fischer-Verl. Stuttgart 1983.
- OTTE, A.: Die Entwicklung von Ackerwildkraut-Gesellschaften auf Böden mit guter Ertragsfähigkeit nach dem Aussetzen von Unkrautregulierungsmaßnahmen. Phytocoenologia 19 (1), 1990, 43-92.
- RADEMACHER, B.: Traditionelle und moderne Verfahren in der Unkrautbekämpfung. Schweizerische Landwirtschaftliche Monatshefte 38, 1960, 159-188.
- SCHRAMM, G.: Die Beziehungen der Ackerunkräuter und ihrer Gemeinschaften zum Reaktionszustand und zur Struktur des Ackerlandes im Gebiet des Tertiären Hügellandes. Diss. Weihenstephan 1954.
- SCHUMACHER, W.: Schutz und Erhaltung gefährdeter Ackerwildkräuter durch Integration von landwirtschaftlicher Nutzung und Naturschutz. Natur und Landschaft, 55. Jg., 12, 1980, 447-453.
- UDWAL, L.: Phänotypische Plastizität bei Populationen von *Chenopodium album* L. und *Chenopodium ficifolium* SMITH unter dem Einfluß von Konkurrenz, Stickstoff- und Lichtangebot. (Diss. Halle, 1989.
- WILMANN, O.: Ökologische Pflanzensoziologie. 4. Aufl., 96-111, Quelle- & Meyer-Verl. Heidelberg/Wiesbaden 1989.
- WILLERDING, U.: Anbaufrüchte der Eisenzeit und des frühen Mittelalters, ihre Anbauformen, Standortverhältnisse und Erntemethoden. Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften in Göttingen, Philologisch-Historische Klasse (3. Folge) 116, 1980a, 126-196.
- WILLERDING, U.: Zum Ackerbau der Bandkeramiker. Beiträge zu Archäologie Nordwestdeutschlands und Mitteleuropas 16, 1980b, 421-456.
- WILLERDING, U.: Ur- und frühgeschichtliche sowie mittelalterliche Unkrautfunde in Mitteleuropa. Z.Pfl.-krankh., Pfl.-schutz, Sonderheft 9, 1981, 65-74.

Dr. Annette Otte  
Lehrgebiet Geobotanik der  
Technischen Universität München  
8050 Freising-Weihenstephan