

# Die Entwicklung von Ackerwildkraut-Gesellschaften auf Böden mit guter Ertragsfähigkeit nach dem Aussetzen von Unkrautregulierungsmaßnahmen

von A. OTTE, Freising-Weihenstephan

mit 7 Figuren und 5 Tabellen

**Abstract.** The development of chamomile-weed communities (*Alchemillo arvensis*-*Matricarietum chamomillae*, mountain form of *Galeopsis tetrahit* Tx. 37 em. Oberd. 58; OBERDORFER 1983) following the cessation of weed regulation steps was investigated on three fields north of Freising (Upper-Bavaria, 490 m asl.) from 1985 to 1988.

The vegetation development was depicted by phenological diagrams (DIERSCHKE 1972). Additionally, soil parameters such as nitrogen mineralization, soil-acidity, organic carbon, total phosphate, total potassium) were repeatedly analysed during this period. At the start of the experiment the seed bank in the soil was counted as well.

Compared to an investigation that was conducted at the same field localities in 1951 (SCHRAMM 1954), species composition has changed markedly, 23 species disappeared and 36 species appeared that were not present prior.

The declining species can be characterized by

- low temperatures during the germination,
- high temperatures during vegetation period and
- calcareous soils.

The new species, however, prefer

- fertile soils,
- humid conditions during the vegetation period and
- indifferent soil acidity.

The interruption of weed regulation without reduction of fertilizer prolongs the seed production phases (with a higher seed production) and/or an increasing ground-cover. In some species no visible changes in population structure were detected.

The most obvious changes were documented for *Stellaria media*, *Capsella bursa-pastoris*, *Veronica persica*, *Galium aparine* and *Spergula arvensis* and to a lesser extent for *Veronica polita*. These species show a prolonged phase of seed production and a considerable increase of their ground-cover after the four years of observations.

The phase of seed production was prolonged merely for *Veronica arvensis*, *Thlaspi arvense*, *Chenopodium album*, *Raphanus raphanistrum*, *Arabidopsis thaliana*, *Anagallis arvensis* and *Fallopia convolvulus*. At the beginning (1985) of the experiment the seed bank of these species in the soil (except *Chenopodium album*) was insignificant. It is suggested that it will take longer than four vegetation periods to fill up the seed bank of these species, which then resulted in increasing ground-cover. A significant increase of ground-cover - without a prolonged seed production phase - was documented for *Chenopodium polyspermum*, *Lamium amplexicaule*, *Erophila verna* and *Veronica hederifolia*.

No changes in ground-cover were registered by relative small species that occur on moist and wet soils like *Sagina procumbens*, *Tuncus bufonius*, *Polygonum tomentosum*, *Plantago*

*intermedia*, *Matricaria matricarioides*, and by species restricted to cornfields like *Tripleurospermum inodorum*, *Apera spica-venti*, *Viola arvensis*, *Anthemis arvensis*, *Myosotis arvensis* and *Matricaria chamomilla*, although their seed bank in the soil was (considerably) high. Their development was depressed by dense crops and fast-growing species of nutrient-rich sites.

The analysis of the phenological data showed, that some weeds have changed their strategy in germination-behaviour. In comparison to prior investigations on the germination of weeds near Freising (LAUER 1953), the results described above show that the variability in germination phases has increased. This means, that the survival of many weeds depends on their capacity to compensate weed control measures with repeated generations of seedlings.

Especially *Chenopodium ficifolium* has shown good adaptation to these new conditions. Together with *Chenopodium rubrum* this species was classified by LAUER as "the plant with highest soil temperature requirements in germination (between 30 and 40 °C)" and therefore it could rarely be found near Freising in 1951. Now *Chenopodium ficifolium* germinates together with *Chenopodium album* and *Atriplex patula* as early as April. Today it is one of the most abundant species in the crop rotations with maize in the southern "Donau-Isar-Hügelland".

## Inhalt

1	Einleitung	45
2	Untersuchungsgebiet	46
2.1	Lage, Klima, Böden, Probeflächen	46
2.2	Betriebe	50
3	Methoden	50
3.1	Versuchsanlage	50
3.2	Bestimmung der Bodennährstoffversorgung	50
3.3	Bestimmung des Samenvorrats im Boden	51
3.4	Phänologische Dokumentation der Probeflächen	51
3.5	Biomassebestimmung	52
4	Ergebnisse	52
4.1	Artenpotential und Ackerwildkraut-Gesellschaften der Probeflächen	52
4.1.1	Veränderungen von 1951 bis 1988	52
4.1.2	Veränderungen im Zeigerwertespektrum der Probeflächen (1951 und 1985-1988)	59
4.2	Entwicklung von Beständen der Kamillen-Gesellschaft nach dem Aussetzen von Unkrautregulierungsmaßnahmen (1985-1988)	63
4.2.1	Vollständige phänologische Diagramme	63
4.2.2	Länge von Samenphasen und Zunahme von Artmächtigkeiten (1985-1988)	65
4.3	Auflaufphasen von Ackerwildkräutern (1985-1988)	75
4.3.1	Jahreszeitlicher Rhythmus im Aufgang von Kenn- und Trennartengruppen der Kamillen-Gesellschaft	76
4.3.2	Auswirkungen des Auflaufrhythmus annualer Ackerwildkräuter auf das aktuelle Artenspektrum von Äckern	80
5	Konkurrenzvor- und -nachteile annualer Arten im <i>Alchemillo arvensis</i> - <i>Matricarietum chamomillae</i> nach dem Aussetzen von Regulierungsmaßnahmen	81
5.1	Folgen ausgesetzter Regulierungsmaßnahmen (ohne Reduzierung der Düngung) auf Artengruppen	82
5.2	Zusammenfassende Beurteilung	86
	Danksagungen	87
	Zusammenfassung	88
	Literatur	89

## 1 Einleitung

Die seit 1950 stetig angestiegene Intensivierung der ackerbaulichen Produktionsweisen hat zu starken Veränderungen in den konkurrierenden Ackerwildkraut-Gesellschaften geführt. Dieser Prozeß wird durch viele Untersuchungen beschrieben (ALBRECHT & BACHTHALER 1988; BACHTHALER 1968, 1985; BRAUN 1981, 1988; HILBIG 1987; MEISEL 1979, 1983, 1985; MITTNACHT 1980; NEZADAL 1980; OTTE 1984; TÜXEN 1962; WAGENITZ & MEYER 1981 u.a.).

Den Rückgang annualer Arten der traditionellen, vorindustriell entstandenen Ackerwildkraut-Gesellschaften belegen die „Roten Listen“ der gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen der BRD (KORNECK & SUKOPP 1988). Bei diesen rückläufigen Arten handelt es sich vorwiegend um Spezialisten, die u.a. durch besondere Bodeneigenschaften begünstigt worden sind, oder um anbauspezifische Arten, die durch Maßnahmen während des Ernte- oder Reinigungsverfahrens ausgebreitet wurden.

Um diesen selten gewordenen Ackerwildkräutern wieder eine Entwicklungschance zu geben, wurden inzwischen bundesweit Artenhilfsprogramme zu ihrem Schutz eingeleitet (HELFRICH 1988, MAY-DIDION 1987, OESAU 1987, OTTE, ZWINGEL, NAAB & PFADENHAUER 1988, SCHUMACHER 1984, WOLFF-STRAUB 1985 u.a.). Landwirten wird dabei eine Entschädigung gezahlt (0,10 DM/m<sup>2</sup>), wenn sie Randstreifen ihrer Äcker nicht düngen und keine Pestizide einsetzen. Denn wie schnell sich Populationen von seltenen Ackerwildkräutern regenerieren können, sobald man die Produktionsintensität reduziert, beschreibt SCHUMACHER (1981) in einer Pilotuntersuchung auf Kalkscherbenäckern in der Eifel. In den dort vorherrschenden skelettreichen Ackerböden, wo eine Optimierung der Pflanzenproduktion aus betriebswirtschaftlichen Gründen nicht in dem Maße wie in ertragreicheren Lagen stattfand (bzw. stattfindet), konnten bei extensivem Ackerbau viele seltene Standortspezialisten überdauern und sich nach Aussetzen des Herbizideinsatzes und reduzierter Düngung wieder vermehren. Allerdings sind die Erfolge von Extensivierungsmaßnahmen in ertragreichen Lagen weniger augenfällig (OTTE, ZWINGEL, NAAB & PFADENHAUER 1988). Im Samenvorrat dieser Äcker sind Arten der „Roten Listen“ sehr selten; es herrschen vielmehr diejenigen vor, die durch den schon langfristig vorausgegangenen intensiven Ackerbau begünstigt worden sind (z.B. *Atriplex* spp., *Chenopodium* spp., *Echinochloa crus-galli* nach Mais-starken Fruchtfolgen).

Welche Nutzungseinflüsse und welche artspezifischen Eigenschaften die Entwicklung und Vermehrung unserer häufigen Ackerwildkräuter begünstigen oder einschränken können, wird im Folgenden aufgezeigt.

In der Lößlehm-Landschaft nördlich von Freising (Oberbayern) ist die Kamillen-Gesellschaft (*Alchemillo arvensis*-*Matricarietum chamomillae* Tx. 37 em. Oberd. 58) die vorherrschende Ackerwildkraut-Gesellschaft. Auf verschiedenen Ackerschlägen wurde die Entwicklung dieser Gesellschaften auf regulierten<sup>1</sup> und nicht regulierten Parzellen im Zeitraum 1985-1988 speziell untersucht im Hinblick auf:

- Veränderungen ihrer Artenspektren,
  - Unterschiede in der Länge der generativen Phasen aller Arten,
  - Zunahme von Artmächtigkeiten,
  - Variabilität in den Auflaufphasen von Keimpflanzen und
  - das Samenpotential im Boden bei Versuchsbeginn,
- um die Entwicklung von Ackerwildkraut-Gesellschaften interpretieren zu können und Voraussagen über ihre zukünftigen Veränderungen nach Aussetzen von Regulierungsmaßnahmen treffen zu können.

## 2 Untersuchungsgebiet

### 2.1 Lage, Klima, Böden, Probeflächen

Das Untersuchungsgebiet liegt in der lößlehmreichen Zone des Donau-Isar-Hügellandes (ca. 500 müNN, Obere Süßwassermolasse, Tertiär) nw von Freising (Oberbayern, Fig. 1, Tab. 1). Die untersuchten Probeflächen liegen in den Gemarkungen von Hohenbachern (1), Eberspoint (2) und Schönbichl (3).

VAN EIMERN (in BRUNNACKER 1963) bezeichnet das Klima von Freising als stark kontinental getönt mit sehr niedrigen Temperaturen im Winter, niederschlagsarmen Spätwintern und niederschlagsreichen Sommermonaten. Die Abweichungen der Jahre 1985 bis 1988 vom normalen Witterungsverlauf (1951-1980) sind schon aus den Durchschnittswerten in Tab. 1 ersichtlich. So war der Beginn der Vegetationsperiode in allen beobachteten Jahren relativ spät - wie aus den Aussaatterminen für Hafer am 4.4.1985, 2.4.1986, 15.4.1987 und 6.4.1988 (10.3.1989) ersichtlich ist. Denn das langjährige Mittel (1955 bis 1987) liegt schon am 28.3. (AGRARMETEOROLOGISCHE FORSCHUNGSSTELLE DES DEUTSCHEN WETTERDIENSTES WEIHENSTEPHAN). Da die Anbauperioden 1985 und 1987 sehr kühl und feucht waren, erreichte der Hafer erst in der zweiten Augustdekade das Vollreifstadium (10.8.85, 17.8.87; Ø 1955-1987: 11.8.). Etwas trockener und wärmer war die Witterung 1986 und 1988, die Haferernte konnte schon in der ersten Augustdekade beginnen (4.8.86, 9.8.88).

Die Böden des Untersuchungsgebietes sind auf den standortkundlichen Bodenkarten Freising-Nord (7536) und Allershausen (7535) abgegrenzt (BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT 1963, 1983). Dabei handelt es sich im Einzelnen um eine Braunerde geringer Basensättigung (in Hohenbachern), eine Parabraunerde aus Löß (in Eberspoint) und um eine Braunerde aus Löß-

<sup>1</sup> Die Begriffe „chemische und mechanische Unkraut-Bekämpfung“ werden im vorliegenden Text durch den übergeordneten Terminus „Unkraut-Regulierung“ ersetzt, der schon 1986 von HERRMANN, HAMPL & BACHTHALER benutzt wurde. Die Autoren kennzeichnen damit eine langfristig ausgerichtete, abgestufte Intensität bei der chemischen und mechanischen Unterdrückung von Ackerwildkräutern im Ablauf einer gesamten Fruchtfolge. Der Begriff „Regulierung“ schließt biologische Regulationsmechanismen beim Auf- und Abbau von Wildkrautpopulationen mit ein, wie sie beispielsweise durch unkrauthemmende oder -fördernde Fruchtfolgeglieder ausgelöst werden. Diese Vorgänge werden neben mechanischen Maßnahmen zur Eindämmung des Wildkrautaufwuchses im alternativen Landbau benutzt.

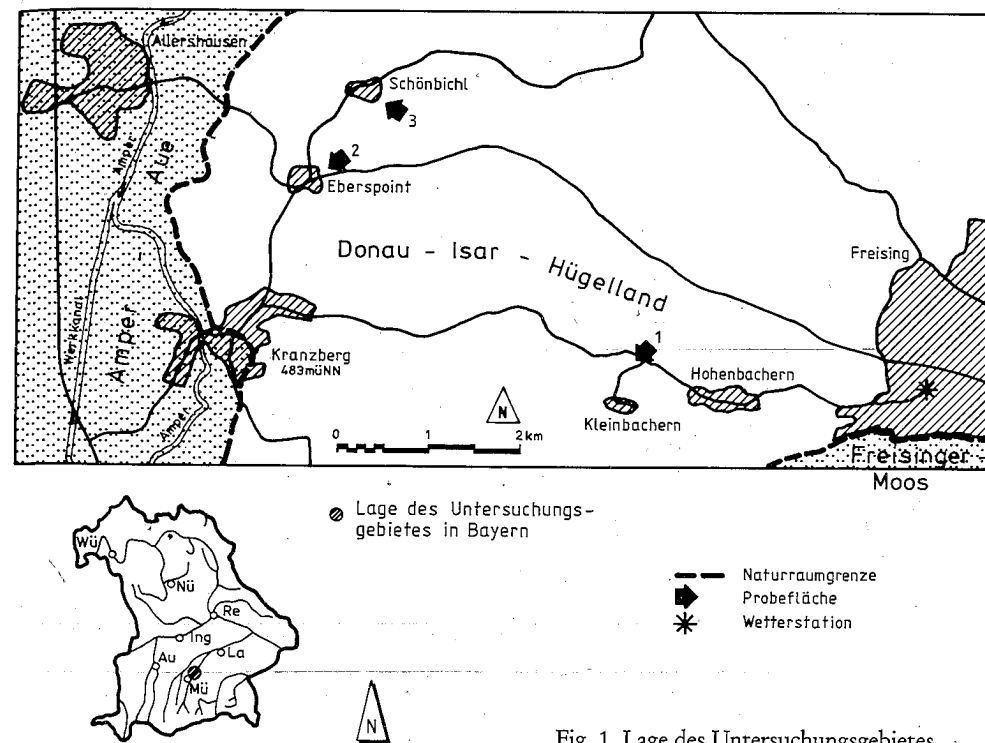


Fig. 1. Lage des Untersuchungsgebietes.

lehm mit Beimengungen von sandigem Molassematerial (in Schönbichl). Die potentiellen Erträge dieser Böden werden als mittel bis gut eingestuft. Die Beurteilungen der standortkundlichen Bodenkarten entsprechen den chemischen Bodenanalysen vom November 1984 (Tab. 1).

Die Probefläche Hohenbachern (1) liegt unterhalb einer mit Intensiv-Grünland bewachsenen Kuppe und ist schwach nach SW geneigt. In ca. 90 cm Tiefe wurde eine wasserstauende Schicht festgestellt. Da der Oberboden (bis in 30 cm Bodentiefe) völlig entkalkt ist, ist der pH-Wert des Bodens entsprechend niedrig (5,6 in CaCl<sub>2</sub>; 6,2 in H<sub>2</sub>O). Beeinträchtigt wird die Probefläche durch regelmäßig seitlich zufließende Gülle vom angrenzenden Grünland.

Die Probefläche Eberspoint (2) ist auf einer flachen, fast ebenen Kuppe in der Nähe einer aufgelassenen Ziegelei gelegen. Aufgrund des schluffigen Löß-Ausgangsmaterials sind noch Karbonate im Oberboden vorhanden (1,3%), die den pH-Wert im Basischen abpuffern (7,1 in CaCl<sub>2</sub>; 7,3 in H<sub>2</sub>O).

Die Probefläche Schönbichl (3) liegt am Hangfuß eines langgezogenen, SW-exponierten Ackerschlaes neben einem grasbewachsenen Feldweg. Der Boden dieser Fläche hat einen hohen Sandanteil (>50%) mit einem sehr geringen Karbonatgehalt (<0,1%). Aufgrund von Aufkalkungsmaßnahmen liegt der pH-Wert im schwach sauren Bereich (6,2 in CaCl<sub>2</sub>; 6,6 in H<sub>2</sub>O).

Tabelle 1. Kenngrößen der Probeflächen.

kung	1 HOHENBACHERN	2 EBERSPOINT	3 SCHÖNBRICHL
nale Daten:			
raum	Donau - Isar - Hügelland, Lößlehmbeeinflusste Zone		
(m ü NN)	495	500	500
rschlag (Ø mm)	1985: 860 mm, 1986: 717 mm, 1987: 847 mm, 1988: 764 mm; 1951-80: 793 mm 1985: 6,9 °C, 1986: 7,9 °C, 1987: 7,0 °C, 1988: 8,2 °C; 1951-80: 7,5 °C		
absdaten:			
weise	konventionell	Umstellung a-biolog.-Anbau	konventionell
absgröße (ha LF)	15	17,7	34
and (ha)	7	1,3	11
fläche (ha)	8	16,4	23
ssatz (GV/ha LF)	2,3	2,25	2,3
*1 (Oberboden):			
typ	Braunerde (aus Lößlehm)	Parabraunerde (aus L86)	Braunerde (aus Lößlehm)
art, -dichte	sl	sl	st-LS
Ion, <2 µm, %)	20	18	12
Schluff, 2-65 µm, %)	46	58	33
Sand; 0,63-2 mm; %)	34	24	56
t (CaCl <sub>2</sub> )	5,6	7,1	6,2
(H <sub>2</sub> O)	6,2	7,3	6,6
(%)	-	1,3	< 0,1
ges, %)	1,38	1,17	0,75
s, %)	0,16	0,14	0,09
	8,8	8,6	8,3

Lysen Nov. 1984

chsparzelle	unreguliert	reguliert	unreguliert	reguliert	unreguliert	reguliert
4 (Ertrag dt/ha) (Vorrucht)						
5	WW (32)	(53)	Mais (46)	(47)	Mais (56)	(46)
6	SG (154)	(133)	WW (55)	(43)	WW (50)	(50)
7	Mais (36)	(32)	KG (53)		Ha (50)	(26)
8	Ha (46)	(35)	WW (53)		KG (50)	
Korn-Gewicht (g)						
5	33,00	33,40	36,30	35,30	32,20	32,20
6	-	-	-	-	33,50	29,60
7	31,65	32,50	-	-	35,95	35,58
8	29,15	29,11	29,92	29,75	-	-
zidwirkstoffe (Vorrucht)						
4	Macroprop (fl.) Dinosebacetat	Macroprop (fl.) Dinosebacetat	Atrazin	Atrazin	Atrazin	Atrazin
5	-	-	-	-	-	MCPA
6	-	-	-	-	-	Macroprop
7	-	-	-	-	-	Bentazon, Dichlorprof
8	-	-	-	-	-	Isoproturon
schicht (Biomasse, dt/ha)						
5	7,7	1,81	0,5	0,6	1,4	0,93
6	9,03	1,57	-	-	0,89	0,17
7	0,87	0,73	-	-	0,87	0,47
8	4,3	1,7	1,5	1,06	-	-
potential/m <sup>2</sup> • 30 cm	20.510	Samen	13.796	Samen	29.826	Samen

## 2.2 Betriebe

Im Untersuchungsgebiet sind Winter-Weizen und Mais die vorherrschenden Kulturarten. Auf dem Standort Eberspoint hat zu intensiver und zu häufiger Maisanbau (bis 1984 Bullenmastbetrieb) zu langfristigen Ertragsseinbußen geführt, so daß eine andere Bewirtschaftungsform für eine weitere bäuerliche Existenz gewählt werden mußte. 1985 stellte der Betrieb auf biologische Anbauweise mit vielgliedriger Fruchtfolge um. Bewirtschaftet werden derzeit 17,7 ha, und der Viehbesatz beträgt 2,25 GV (Rinder); die Regulierung der Ackerwildkräuter erfolgt nur mechanisch und durch weite Fruchtfolgen. Konventionell werden die Probeflächen in Hohenbachern und Schönbichl bearbeitet. Der Betrieb Hohenbachern bewirtschaftet relativ viel Grünland (47% von 15 ha); von 2,3 GV sind 85% Milchkühe. Der Agrochemikalien-einsatz ist hoch, und der Wechsel in den Herbizidwirkstoffen gering. Der Betrieb Schönbichl hat ebenfalls einen Viehbesatz von 2,3 GV. Im Verlaufe von sehr ausgefeilten Fruchtfolgen wird ca. alle 5 Jahre Silomais angebaut. Die Ausbringung chemischer Unkrautbekämpfungsmittel erfolgt wechselnd differenziert nach Kulturarten, so daß die jeweils durch die Kultur begünstigten Ackerwildkräuter gezielt bekämpft werden und keine Selektion aufgrund der Verwendung von nur wenigen Wirkstoffen stattfindet.

## 3 Methoden

### 3.1 Versuchsanlage

1985 wurden am Rand von drei Ackerschlägen (der in Kap. 2.2 beschriebenen Betriebe) 15 x 5 m<sup>2</sup> große Dauerbeobachtungsflächen eingerichtet, die durch eine Fahrgasse in eine unkrautregulierte und eine nicht regulierte Hälfte getrennt waren (je 15 x 2,5 m<sup>2</sup>). Für die wöchentliche vegetationskundliche Bestandsaufnahme und die in vierwöchigem Abstand erfolgende Bodenprobenentnahme (Bestimmung von Mineralstickstoffgehalten, pH-Werten) wurden diese Streifen in zwei Parzellen zu je 7,5 x 2,5 m<sup>2</sup> aufgeteilt, um die Entwicklung der Krautschicht nicht durch Probeentnahmen zu beeinträchtigen.

### 3.2 Bestimmung der Bodennährstoffversorgung

Zu Beginn des Versuchs wurden die Oberböden der Probeflächen (0–30 cm Tiefe) hinsichtlich Bodenarten, pH-Werten (H<sub>2</sub>O, CaCl<sub>2</sub>), Phosphorsäuregehalten (CAL-Methode), Kaligehalten (CAL-Methode), Karbonatgehalten, Gesamtkohlenstoff- und Gesamt-Stickstoffgehalten von der Bayerischen Hauptversuchsanstalt für Landwirtschaft (HVA) in Freising nach den dort üblichen Verfahren analysiert (Tab. 1).

Von 1985–1988 wurde im monatlichen Abstand während der Vegetationszeit der Mineralstickstoffgehalt (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N) in drei Horizonttiefen (0–30, 31–60, 61–90 cm) bestimmt. Die Bodenprobeentnahme erfolgte mit dem Pirkhauer-Bohrstock, wobei aus 5 Parallelen eine Mischprobe hergestellt wurde; hiervon wurden auch die pH-Werte (in H<sub>2</sub>O) gemessen.

### 3.3 Bestimmung des Samenvorrats im Boden

Um den Samenvorrat lebensfähiger Diasporen bei Versuchsbeginn zu bestimmen, wurden je Probefläche 10 Bodenvolumenproben mit einem Stahlrohr (Ø: 7,82 cm, Tiefe: 30 cm) entnommen. Die darin enthaltene Erde (ca. 1900 g) wurde auf 2 Töpfe verteilt und zum Keimen in einer offenen Halle aufgestellt. Die Keimpflanzen wurden bis zum Nachlassen der Keimungsrate in monatlichem Abstand bestimmt. Die Beobachtung erstreckte sich über 3 Jahre, dabei wurden die Proben insgesamt 19mal gewendet.

Die hier benutzte Methode beruht auf den Vorschlägen von KROPAČ (1966) und wird derzeit von vielen Autoren angewendet (HURLE 1974, HURLE, MAIER, AMANN, WEISHAAR, MOZER & PULCHER-HÄUSSLING 1988, ALBRECHT & BACHTHALER 1988, ALBRECHT 1989, HERRMANN 1989), um vergleichbare Angaben zum Samenvorrat in Ackerböden zu gewinnen.

### 3.4 Phänologische Dokumentation der Probeflächen

Die Aufnahme der vegetationskundlichen Daten erfolgte vom Aussaat- bis Erntetermin einmal in der Woche nach dem von DIERSCHKE (1972) vorgeschlagenen „Phänologischen Aufnahmeschlüssel“. Der Schätzung der Artmächtigkeit lag die Skala von BRAUN-BLANQUET (1964) zugrunde, die jedoch in den unteren Bereichen verfeinert wurde, um geringere Schwankungen in den Deckungsgraden seltenerer Arten auch erfassen zu können. Dabei bedeutet r = 1–2 Exemplare, + = 1%, 1 = > 1–5%, 2a = > 5–15%, 2b = > 15–25%, 3 = > 25–50%, 4 = > 50–75% und 5 = > 75–100% der Aufnahmefläche bedeckend! Die Erstellung der phänologischen Diagramme erfolgte ebenfalls nach dem Empfehlungen von DIERSCHKE (1972).

### Phänologischer Aufnahmeschlüssel für Laubhölzer, Kräuter und Gräser (aus Dierschke 1972)

vegetativ

generativ

a Kräuter

- 0 ohne oberirdische Triebe
- 1 Triebe ohne entfaltete Blätter
- 2 erstes Blatt entfaltet
- 3 2–3 Blätter entfaltet
- 4 mehrere Blätter entfaltet
- 5 fast alle Blätter entfaltet
- 6 Pflanze voll entwickelt
- 7 Stengel und/oder erste Blätter vergilbend
- 8 Vergilbung bis 50%
- 9 Vergilbung über 50%
- 10 abgestorben

- 0 ohne Blütenknospen
- 1 Blütenknospen erkennbar
- 2 Blütenknospen stark geschwollen
- 3 kurz vor der Blüte
- 4 beginnende Blüte
- 5 bis 25% erblüht
- 6 bis 50% erblüht
- 7 Vollblüte
- 8 abblühend
- 9 völlig verblüht
- 10 fruchtend
- 11 Ausstreuen der Diasporen

## b Gräser

0 ohne oberirdische Triebe	0 ohne erkennbaren Blütenstand
1 Triebe ohne entfaltete Blätter	1 Blütenstand erkennbar, eingeschlossen
2 erstes Blatt entfaltet	2 Blütenstand teilweise sichtbar
3 2-3 Blätter entfaltet	3 Blütenstand vollsichtbar, nicht entfaltet
4 beginnende Halmentwicklung	4 Blütenstand entfaltet
5 Halme teilweise ausgebildet	5 erste Blüte stäubend
6 Pflanze voll entwickelt	6 bis 50 % stäubend
7 Halme und/oder erste Blätter vergilbend	7 Vollblüte
8 Vergilbung bis 50 %	8 abblühend
9 Vergilbung über 50 %	9 völlig verblüht
10 abgestorben	10 fruchtend
	11 Ausstreuen der Diasporen

### 3.5 Biomassebestimmung

Zum Erntetermin wurden die Parzellen der phänologischen Beobachtungen (je 7,5 x 2,5 m<sup>2</sup>) vollständig abgeerntet und das gesamte Trockengewicht der oberirdischen Biomasse von Kulturart und Krautschicht bestimmt. Bei Getreide wurde noch zusätzlich das 1000-Korn-Gewicht (g) festgestellt; hier erfolgte die Bestimmung aus dem Mittelwert von jeweils drei Parallelwägungen.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Artenpotential und Ackerwildkraut-Gesellschaften der Probestflächen

#### 4.1.1 Veränderungen von 1951 bis 1988

Die Ackerwildkraut-Gesellschaften in der Umgebung von Freising wurden 1951 von SCHRAMM (1954) im Rahmen einer Dissertation dokumentiert und hinsichtlich ihrer Beziehungen zu Bodenreaktion und Bodenfeuchtigkeit untersucht. Diesem günstigen Umstand ist es zu verdanken, daß von den Ackerflächen der 1984 eingerichteten Probestflächen historische Vegetationsaufnahmen vorliegen. Für den Vergleich wurden jeweils zwei aktuelle Aufnahmepeare aus Sommer- und Wintergetreide zusammengestellt, um sie mit der Erstaufnahme vergleichbar zu machen (Tab. 2). Insgesamt wurden von SCHRAMM (1954) in den drei Gemarkungen der Probestflächen 63 Vegetationsaufnahmen erhoben. Leider hat er nur die Schlagnummern seiner Vegetationsaufnahmen angegeben und nicht die Größe der Aufnahmeflächen, so daß diese nicht exakt lokalisiert werden können. Für die Gegenüberstellung der historischen mit der aktuellen Situation wurden die Vegetationsaufnahmen benutzt, die von der Ackerparzelle der heutigen Probestflächen stammen und eine weitere, nächstliegende Getreide-Vegetationsaufnahme, um die Entwicklungstendenzen deutlicher aufzuzeigen. Ein Vergleich aller historischen Vegetationsaufnahmen der Gemarkungen mit den aktuellen Ackerwildkraut-Gesellschaften wird hier nicht durchgeführt. Die aufgezeigten Artenveränderungen haben sich jedoch

auch auf den anderen Aufnahmeflächen vollzogen, wie eine Diplomarbeit in der Auswertungsphase und die Arbeit von ALBRECHT (1989) zeigen.

Die standortgerechte Ackerwildkraut-Gesellschaft auf den Parabraunerden der Probestflächen war und ist in Getreidekulturen die Kamillen-Gesellschaft in der montanen Form des Stechenden Hohlzahns (*Alchemilla arvensis-Matricarietum chamomillae* Tx. 37 em. Oberd. 58, montane *Galeopsis tetrahit*-Form). Die Gesellschaft kam und kommt sowohl in einer basischen Subassoziation (Probestfläche Eberspoint) als auch einer schwach sauren Subassoziation (Probestflächen Hohenbachern, Schönbichl) jeweils mit krumenfeuchten Varianten vor und kann mühelos in das System von OBERDOREFER (1983), NEZADAL (1975) und das Material von OTTE et al. (1988) eingegliedert werden. Allerdings haben in den kennzeichnenden Zeigerartengruppen, bei den Verbands-, Klassen- und begleitenden (Kenn-)Artengruppen seit 1951 enorme floristische Veränderungen stattgefunden. Ebenso sind die Artmächtigkeiten gemeinsamer Arten stark zurückgegangen (*Matricaria chamomilla*, *Galeopsis tetrahit*, *Euphorbia helioscopia*, *Sherardia arvensis* u.v.a.). Möglicherweise wurden die Deckungsgrade von SCHRAMM (1954) zu hoch geschätzt – wie auch ALBRECHT (1989) anmerkte; aber auch wenn man diese Unstimmigkeiten in den Vergleich mit einbezieht, ist der Rückgang in den Artmächtigkeiten bei den heute noch vorkommenden Arten deutlich!

#### 4.1.1.1 Artenrückgang seit 1951

Die Gesamtartenliste der 3 Probestflächen (Tab. 2) umfaßt 106 Arten (100 %), von denen 70 Arten (66 %) 1951 vorkamen und 83 Arten (78 %) im Zeitraum 1985–1988 nachgewiesen wurden; 49 Arten (46 %) konnten sowohl bei der Erstaufnahme als auch 1985–1988 festgestellt werden.

Bei den seit 1951 ausgefallenen Arten (mit damals hohen Deckungsgraden) handelt es sich zum einen um lichtbedürftige Herbst- und Vorfrühlingskeimer wie *Papaver rhoeas*, *Veronica triphyllos* und *Legousia speculum-veneris*, zum anderen um Arten mit zusätzlich relativ großen Samen oder kleinen Früchten (*Vicia tetrasperma*, *Vicia hirsuta*, *Ranunculus arvensis*, *Sinapis arvensis*; *Agrostemma githago*, *Buglossoides arvensis*, *Centaurea cyanus* und *Valerianella locusta*), die durch Herbizideinsatz im Herbst und Frühjahr und verbesserte Saatgutreinigung sehr wirksam bekämpfbar sind; darauf weisen auch BRAUN (1981, 1984) und ALBRECHT (1989) hin. Nicht mehr gefunden wurden die im Frühsommer auflaufenden, lichtliebenden Arten *Polygonum hydropiper* und *Euphorbia exigua*, die in dichten, modernen Kulturen stark beschattet werden und deshalb rückläufig sind. Auffällig ist auch der Ausfall von basiphilen Ausdauernden (*Sonchus arvensis*, *Convolvulus arvensis*), von Arten des mageren Grünlandes (*Daucus carota*, *Achillea millefolium*, *Medicago lupulina*, *Prunella vulgaris*, *Cerastium vulgatum*, *Cerastium glomeratum*, *Sedum telephium*) und von ausdauernden Feuchtezeigern (*Stachys palustris*, *Symphytum officinale*, *Rumex crispus*). Dies entspricht Veränderungen, die BRAUN 1986 auf Ackerland bei Neustadt/Donau und Schrobenuhausen registriert hat, allerdings sind seine Flächen weniger artenreich.

Tabelle 2. Veränderungen in Beständen des *Alchemillo arvensis-Matricarietum chamomillae* Tx. 37 em. Oberd. 58, submontane *Galeopsis tetrahit*-Form, im Donau-Isar-Hügelland nw von Freising/Obb. von 1951 bis 1985-1988.

Laufende Nr. Gemarkung	1 2 3 4 5 6						7 8 9 10 11 12			VERBREITUNGS- SCHWERPUNKT (OBERDORFER 1979)
	Eb. Ho. Sc. Sc						Eb. Eb. Ho. Ho. Sc. Sc			
Aufnahme - Jahr (19..)	51 51 51 51 51 51						85 88 85 88 85 86			ZEIGERWERTE (ELLENBERG 1974)
Aufnahme - Nr. / Proberfläche	1 1 0 0 1 1 9 9 7 8 8 8 3 4 8 0 4 1 34 35 38 29 33 33 44 46 51						0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 2 2 1 1 3 3 41 37 45 31 44 50 61 55 66			
Artenzahl der Vegetationsaufnahme	x						x x x			L T K F R N Leb.
Artenzahl des Standortes	x						x x x			
Anbau:	x						x x x			Krautschicht:
<i>Triticum aestivum</i>	x						x x x			
<i>Secale cereale</i>	x						x			
<i>Hordeum distichon</i>	x						x			
<i>Avena sativa</i>	x x x						x x x			
Krautschicht:	2 2 1 3						1 1 r 1 1 2			7 5 5 6 5 5 T
<i>Matricaria chamomilla</i>	2 1						2 1			6 5 5 5 3 4 T
<i>Vicia tetrasperma</i>	3 2 2 3 2 3						1 1 + 1 + 1			7 x 3 5 x 7 T
<i>Galeopsis tetrahit</i>	2						+			5 x 3 5 x 7 T
<i>Lepus communis</i>	2						+			7 x 3 x 6 6 T
<i>Tripleurospermum inodorum</i>	2						+			7 7 4 4 8 3 T
d <sub>1</sub> Trennarten basischer Böden	2						+			6 6 2 4 8 4 T
<i>Legosia speculum-veneris</i>	2 1 2 1						+			6 x 3 5 7 7 T
<i>Euphorbia exigua</i>	3 4 2 3						r			6 6 3 5 8 5 T
<i>Euphorbia helioscopia</i>	2						+			6 x 6 6 7 x T
<i>Sherardia arvensis</i>	1						r			6 x 3 5 6 7 T
<i>Avena fatua</i>	1						r			6 5 x 5 7 6 T
<i>Fumaria officinale</i>	1						r			5 6 3 4 8 7 T
<i>Thlaspi arvense</i>	1						r			0 med(-gem.kont)
<i>Veronica polita</i>	1						r			eurassuboz-med
d <sub>2</sub> Trennarten saurer Böden	2						1 2			med-smed
<i>Veronica triphylos</i>	1						r			med-smed-aurassub-oz.
<i>Anthemis arvensis</i>	1						r			med-smed
<i>Raphanus raphanistrum</i>	1						r			0 med
<i>Spergula arvensis</i>	1						r			eurassuboz-smed
<i>Arabisidopsis thaliana</i>	1						r			euras-smed
<i>Erophila verna</i>	1						r			smed-med

d<sub>5</sub> Krumenfeuchte-, Frische-u-Staunässezeiger

<i>Polygonum hydropiper</i>	3 1 4 3	+	r	7 5 x 8 4 8 T
<i>Ranunculus repens</i>	3 1 4 3	+ 1 2 2 + 2	r	6 x x 7 x x H
<i>Polygonum persicaria</i>	3 1 4 3	+ + r 1 r 2	r	6 5 3 8 x 7 T
<i>Plantago intermedia</i>	3 1 4 3	+ + 1 + + 1	r	6 x x 7 5 4 T
<i>Matricaria matricarioides</i>	3 1 4 3	+ + + + + 1	r	8 5 3 5 7 8 T
<i>Juncus bufonius</i>	3 1 4 3	r r r r +	r	7 x x 7 3 x T
<i>Sagina procumbens</i>	3 1 4 3	* + + r +	r	6 x 3 6 7 6 H
<i>Gnaphalium uliginosum</i>	3 1 4 3	1 1 1	r	7 x x 7 4 4 T
<i>Polygonum tomentosum</i>	3 1 4 3		r	- - - - - T
<i>Potentilla anserina</i>	3 1 4 3		r	7 5 x 6 x 7 H
V <sub>1</sub> -Aperion	2 3 2 1	r + r r 1	r	6 5 2 6 x 5 T
<i>Aphanes arvensis</i>	2 3 2 1	+ 1 + 1 +	r	6 x 4 6 x x T
<i>Apera spica-venti</i>	2 3 2 1		r	
K <sub>1</sub> Secalietea	2 3 2 1		r	
<i>Buglossoides arvensis</i>	2 2 2 2	r	r	5 x 5 x 7 5 T
<i>Papaver rhoeas</i>	2 1 3 2		r	6 6 3 5 7 6 H
<i>Ranunculus arvensis</i>	2 3 2 2		r	6 6 3 4 8 x T
<i>Valerianaella locusta</i>	2 2 2 2		r	7 5 3 5 7 x T
<i>Centaurea cyanus</i>	2 2 2 3		r	7 x 5 x x x T
<i>Agrostemma githago</i>	2 2 2 1		r	7 x x x x x T
<i>Vicia hirsuta</i>	2 3 2 2		r	6 6 5 4 7 7 T
<i>Veronica hederifolia</i>	3 2 2 2 2	r + + + +	r	6 6 3 5 7 7 T
<i>Fallopia convolvulus</i>	3 3 2 3 2	+ 1 2 2 + 2	r	7 x x x x x T
<i>Myosotis arvensis</i>	2 2 3 2 4 1	+ 2 2 2 r 1	r	6 5 5 5 x 6 T
<i>Viola arvensis</i>	1 1 1 1 2	+ 1 + 2 1 2	r	5 5 3 x x x T
<i>Alopecurus myosuroides</i>	1 1 1 1 2	* + + + +	r	6 6 3 6 7 7 T
<i>Vicia sativa</i>	1 1 1 1 2		r	5 5 3 x x x T

euras-smed  
no-euras-smed  
euras  
Subatl.  
NO-Asien  
no-eurassuboz-smed  
no-eurassuboz  
eurassuboz-smed  
suboz  
no-euras  
smed-subatl.  
euras  
0 med(-gem.kont)  
euras-med  
med-smed  
smed-med  
no-euras-smed  
0 med  
euras-smed-med  
euras-suboz-smed  
no-euras  
no-euras  
eurassuboz  
no-euras-smed  
med

Tabelle 2. (Fortsetzung)

laufende Nr. Gemarkung	ZEIGERWERTE (ELLENBERG 1974)												VERBREITUNGS- SCHWERPUNKT (OBERDORFER 1979)
	1 Eb	2 Ho	3 Ho	4 Ho	5 Sc	6 Sc	7 Eb	8 Ho	9 Ho	10 Ho	11 Sc	12 Sc	
Aufnahme - Jahr (19..)	51	51	51	51	51	51	85	88	85	88	85	86	
Aufnahme - Nr. / Probestfläche	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	
	9	9	7	8	8	8	0	0	0	0	0	0	
Artenzahl der Vegetationsaufnahme	3	4	8	0	4	1	2	2	1	1	3	3	
Artenzahl des Standort	44	35	38	29	33	33	41	37	45	31	44	50	
	4	4	4	6	5	1	61	55	55	66			
							L	T	K	F	R	N	Leb.
<b>k2 Chenopodietea</b>	2	2	1	1	1	1	7	5	3	x	6	6	T
<i>Sinapis arvensis</i>	3	1	1	1	5		7	5	x	5	7	x	6
<i>Sonchus arvensis</i>						1	6	6	3	5	5	5	T
<i>Geranium dissectum</i>	3	3	3	3	2	3	6	x	x	4	7	8	T
<i>Stellaria media</i>	1	1	1	1	3	2	7	x	x	x	5	7	T
<i>Veronica persica</i>	2	3	3		3		6	x	3	6	7	7	T
<i>Lamium amplexicaule</i>	2	1	1				6	6	5	4	7	7	T
<i>Chenopodium album</i>	2	2	2				x	x	x	4	x	7	T
<i>Anagallis arvensis</i>	3	2	1				6	6	3	5	x	6	T
<i>Sonchus oleraceus</i>	2	1	2				7	5	x	4	8	8	T
<i>Lamium purpureum</i>	2	1	2	2			6	5	4	6	x	8	T
<i>Chenopodium polyspermum</i>					2		5	5	3	5	6	x	T
<i>Veronica arvensis</i>							7	5	x	6	7	7	T
<i>Sonchus asper</i>							6	5	x	5	7	7	T
<i>Atriplex patula</i>							6	7	5	x	7	7	T
<i>Echinochloa crus-galli</i>							6	7	5	x	8	7	T
<i>Echinochloa crus-galli</i>							6	7	5	x	8	7	T
<i>Chenopodium ficifolium</i>							7	7	7	6	x	7	T
<i>Setaria viridis</i>							7	6	x	4	x	7	T
<i>Digitaria ischaemum</i>							7	6	4	5	2	3	T
<i>Veronica agrestis</i>							5	4	2	6	7	7	T
<i>Amaranthus retroflexus</i>							9	9	7	4	x	9	T
<i>Amaranthus retroflexus</i>							7	7	4	4	5	7	T
<i>Galinsoga ciliata</i>							7	6	6				T
<i>Anchusa arvensis</i>							7	6	6	4	x	4	T
<b>B1 Bezeichnende Begleiter</b>													
<i>Convolvulus arvensis</i>	3	2	3	2	1		7	6	x	4	7	x	G
<i>Galium aparine</i>	4	3	3	4	4		7	5	3	x	6	8	T
<i>Polygonum aviculare</i>	3	1	2	3	3		8	x	x	x	x	7	T
<i>Cirsium arvense</i>	4	4	3	3	1	3	6	x	x	6	x	3	G
<i>Equisetum arvense</i>	3	1	3	2	2		7	x	7	5	x	8	G
<i>Agropyron repens</i>					4		7	x	7	5	x	8	G
<i>Poa annua</i>	3	3	3	1			7	x	5	7	x	8	T
<i>Polygonum lapathifolium</i>	3	4					6	6	4	7	x	8	T

**B2 Begleiter Molinio-Arrhenatheretea**

<i>Daucus carota</i>	1	3					8	6	5	4	x	4	H
<i>Achillea millefolium</i>	2				2		8	x	x	4	x	5	H
<i>Plantago major</i>	4	3	1	1	1		8	x	x	5	x	6	H
<i>Teraxacum officinale</i>	2	2	2	2			7	x	x	7	x	7	H
<i>Poa trivialis</i>	5				4		6	x	3	7	x	7	H
<i>Plantago lanceolata</i>							6	x	3	x	x	7	H
<i>Agrostis stolonifera</i>					1		8	x	x	6	x	5	H
<i>Trifolium repens</i>					2		7	x	7	5	x	8	G
<i>Rumex obtusifolius</i>							7	x	3	x	x	8	T
<b>Sonstige Arten</b>							7	1	5	3	6	x	9
<i>Rumex crispus</i>					2		7	1	5	3	6	x	9
<i>Artemisia vulgaris</i>							7	5	3	6	x	5	H
<i>Sedum telephium</i>	2						7	x	x	6	x	8	H, C
<i>Medicago lupulina</i>							7	6	x	4	7	x	C
<i>Prunella vulgaris</i>					2		7	5	x	4	8	x	T
<i>Cerastium vulgatum</i>					1		7	x	3	x	4	x	H
<i>Cerastium glomeratum</i>							6	x	x	5	5	C, H	
<i>Equisetum sylvaticum</i>							7	x	3	5	5	T	
<i>Stachys palustris</i>					3		3	4	x	7	7	6	
<i>Symphytum officinale</i>							7	5	x	7	7	6	
<i>Tussilago farfara</i>							7	6	3	8	x	8	
<i>Acer platanoides (juv.)</i>					3		8	x	3	6	8	6	
<i>Bromus sterilis</i>							4	6	4	x	x	x	
<i>Acer pseudoplatanus (juv.)</i>							7	7	4	4	x	5	
<i>Galium mollugo</i>							(4)	x	4	6	x	7	
<i>Bromus hordeaceus</i>							7	x	3	5	x	5	
<i>Stellaria graminea</i>							7	6	3	x	x	3	
<i>Veronica serpyllifolia</i>							6	x	x	4	x	4	
<i>Lamium album</i>							x	x	3	3	5	x	
<i>Urtica dioica</i>							7	x	3	5	x	9	
<i>Cirsium vulgare</i>							x	x	x	6	6	8	
<i>Bromus commutatus</i>							8	5	3	5	x	8	

Symbole

• = Art auf der Fläche vorhanden,  
aber nicht im Jahr der Bestandsaufnahme

Eb = Eberspoint, Ho = Hohenbachern, Sc = Schönbichl

#### 4.1.1.2 Artenaustausch seit 1951

Neben dem Ausfall von Arten hat ein Austausch durch früher seltene oder noch nicht vorhandene Spezies zu Veränderungen in den Ackerwildkraut-Gesellschaften geführt. Es ist daher nicht immer gerechtfertigt, pauschal von „Artenverarmung“ zu sprechen (EGGERS 1979; KOJIC 1978; MEISEL 1979, 1983; MITTNACHT 1980; OTTE 1984); denn im vorliegenden Fall sind die Artenzahlen der Probeflächen – trotz des Ausfalls von 23 Arten – seit 1951 stark angestiegen (Tab. 2)!

Hinzugekommen sind vorwiegend Halbschatten ertragende, sommerannuelle Arten, die nach den Herbizidapplikationen im Frühjahr (wieder) auflaufen (können). Dazu zählen Trennarten basischer Böden (*Veronica polita*), Trennarten schwach saurer Böden (*Spergula arvensis*, *Arabidopsis thaliana*), Krümenfeuchte-, Frische- und Stauwasserzeiger (*Plantago intermedia*, *Matricaria matricarioides*, *Juncus bufonius*, *Sagina procumbens*, *Gnaphalium uliginosum*, *Polygonum tomentosum*, *Potentilla anserina*) und Kennarten nährstoffreicher Blattfruchtkulturen. (Chenopodieta: *Sonchus asper*, *Atriplex patula*, *Echinochloa crus-galli*, *Chenopodium ficifolium*, *Setaria viridis*, *Digitaria ischaemum*, *Amaranthus retroflexus*, *Galinsoga ciliata* u.a.).

Aber auch Nährstoffzeiger des Intensiv-Grünlandes (*Rumex obtusifolius*) und Fruchtfolgereste aus Klee-Gras-Ansaaten (*Trifolium repens*, *Bromus hordeaceus*, *Bromus sterilis*, *Bromus commutatus*, *Galium mollugo*, *Stellaria graminea*, *Veronica serpyllifolia*) sind derzeit häufig. Auf verunreinigtes Klee-Gras-Saatgut ist das Aufkommen von *Alopecurus myosuroides* und *Anchusa arvensis* zurückzuführen; vielleicht wurde auf diese Weise auch *Tripleurospermum inodorum* ausgebreitet. Die Zunahme von *Echinochloa crus-galli* und *Matricaria matricarioides* beobachtete auch BRAUN (1988). BACHTHALER (1985) ermittelte in Bayern Zunahmen im Vorkommen von *Agropyron repens*, bei *Atriplex*- und *Chenopodium*-Spezies. Die Zunahme von *Agropyron repens* beruht auf dem Fehlen eines selektiven Mittels, das diese Art während der Vegetationszeit im Getreide eindämmen könnte (ALBRECHT 1989 zitiert HACKER & HESS 1986). Auch *Amaranthus retroflexus*, der als typisch für Mais-starke Fruchtfolgen anzusehen ist, wurde mit den Atrazin- und Simazin-behandlungen nur ungenügend bekämpft, wie BACHTHALER (1985) und KOCH & HURLE (1978) feststellten. *Chenopodium ficifolium* wurde von LAUER (1953) als selten (in der Nähe von Freising) eingestuft. Dies bestätigt auch KEES noch 1981; allerdings weist er darauf hin, daß *Chenopodium ficifolium* schon auf einigen Maisäckern bestandsbildend auftaucht. Inzwischen ist der Feigenblättrige Gänsefuß im Donau-Isar-Hügelland nördlich von Freising allgegenwärtig. ALBRECHT (1989) führt die Ausbreitung der Art auf eine Wirkungslücke in der Unkrautregulierung mit Atrazin im Maisanbau zurück – dem dort am häufigsten verwendeten Herbizid.

#### 4.1.1.3 Gemeinsame Arten seit 1951

46 % der Arten der Probeflächen (106 Arten  $\hat{=}$  100 %) wurden schon 1951 erfaßt – allerdings damals mit erheblich höheren Deckungsgraden. Es handelt sich um weitverbreitete, nährstoffliebende Arten, die in neueren Beschreibungen

von Ackerwildkraut-Gesellschaften (seit 1975) hochstet und häufig auch dominant sind. Zu ihnen zählen die Arten von Getreideäckern (Secalietea, OBERDORFER 1983) *Matricaria chamomilla*, *Aphanes arvensis*, *Veronica bederifolia*, *Fallopia convolvulus*, *Myosotis arvensis* und *Viola arvensis*, sommerannuelle Arten aus Blattfruchtkulturen (= Hackfrüchte und Mais) (Chenopodieta, OBERDORFER 1983) wie *Stellaria media*, *Capsella bursa-pastoris*, *Veronica persica* und *Chenopodium album* und nitrophile Begleiter (OBERDORFER 1983) wie *Galium aparine*, *Polygonum aviculare* und *Poa annua*. Die genannten Arten können Unkrautregulierungsmaßnahmen im Herbst und Frühjahr kompensieren, da sie nach Störungen erneut auflaufen können – also imstande sind, mehrere Keimlingsgenerationen innerhalb einer Anbauperiode hervorzubringen. Zusätzlich verwerten sie Düngergaben während der Bestockungsphasen des Getreides sehr gut; in besonderem Maße gilt dies für *Stellaria media* und *Galium aparine* wie MAHN (1984), HELMECKE & MAHN (1984) und MAHN & MARSCHAT (1985) in Versuchen in der DDR nachwiesen.

Mit erheblich geringeren Deckungsgraden seit 1951 sind Basenzeiger wie *Euphorbia helioscopia*, *Sherardia arvensis*, *Fumaria officinalis* und *Thlaspi arvense* zu finden. Schwachsäurezeiger wie *Anthemis arvensis*, *Raphanus raphanistrum* und *Erophila verna* haben in ihrer Stetigkeit dagegen zugenommen. Möglicherweise ist das auf Änderungen in der Bodenreaktion zurückzuführen. Die Probefläche Hohenbachern hatte 1951 einen pH-Wert ( $\text{CaCl}_2$ ) von 6,1 und 1984 von 5,6; der pH-Wert der Probefläche Schönbichl ist unverändert im schwach sauren Bereich geblieben (1951: 6,3; 1984: 6,2). Ein pH-Wert-Anstieg ist dagegen bei der Fläche Eberspoint zu verzeichnen (1951: 6,3; 1984: 7,1), wo die Gruppe der Basenzeiger noch die höchste Stetigkeit hat. Ubiquitäre Grünlandarten wie *Taraxacum officinale*, *Poa trivialis*, *Plantago lanceolata* und *Agrostis stolonifera* sind unverändert präsent.

#### 4.1.2 Veränderungen im Zeigerwertespektrum (Ellenberg 1974) der Probeflächen (1951 und 1985–1988)

Die Verschiebungen im Artenspektrum des *Alchemillo arvensis*-*Matricarietum chamomillae* sind eine Reaktion auf veränderte landwirtschaftliche Produktionsweisen seit den sechziger Jahren, die die ursprünglichen nicht optimalen ackerbaulichen Standortvoraussetzungen durch eine technisierte Pflanzenproduktion ausgleichen konnten (vgl. dazu OTTE 1984, S. 48), wodurch sich auch die Standortverhältnisse für die an traditionelle Pflanzenbaumethoden angepaßten Ackerwildkräuter veränderten. In den Verschiebungen der Zeigerwertespektren der Kamillen-Gesellschaft spiegeln sich diese Maßnahmen wider (Fig. 2a-f).

Die Ansprüche der Ackerwildkraut-Gesellschaften von 1951 und 1985–1988 haben sich gegenüber den Lichtverhältnissen (Fig. 2a) nur unwesentlich verändert. Der größte Teil der Arten (75–80 %) gedeiht sowohl im vollen Licht als auch im Halbschatten. Nur wenige Arten (< 5 %) verhalten sich dem Faktor Licht gegenüber indifferent (vgl. dazu OTTE 1984, ALBRECHT 1989).

Die derzeitige Bewirtschaftung begünstigt Arten mit höheren Ansprüchen gegenüber der Bodenfeuchtigkeit (Fig. 2b) momentan wesentlich stärker als

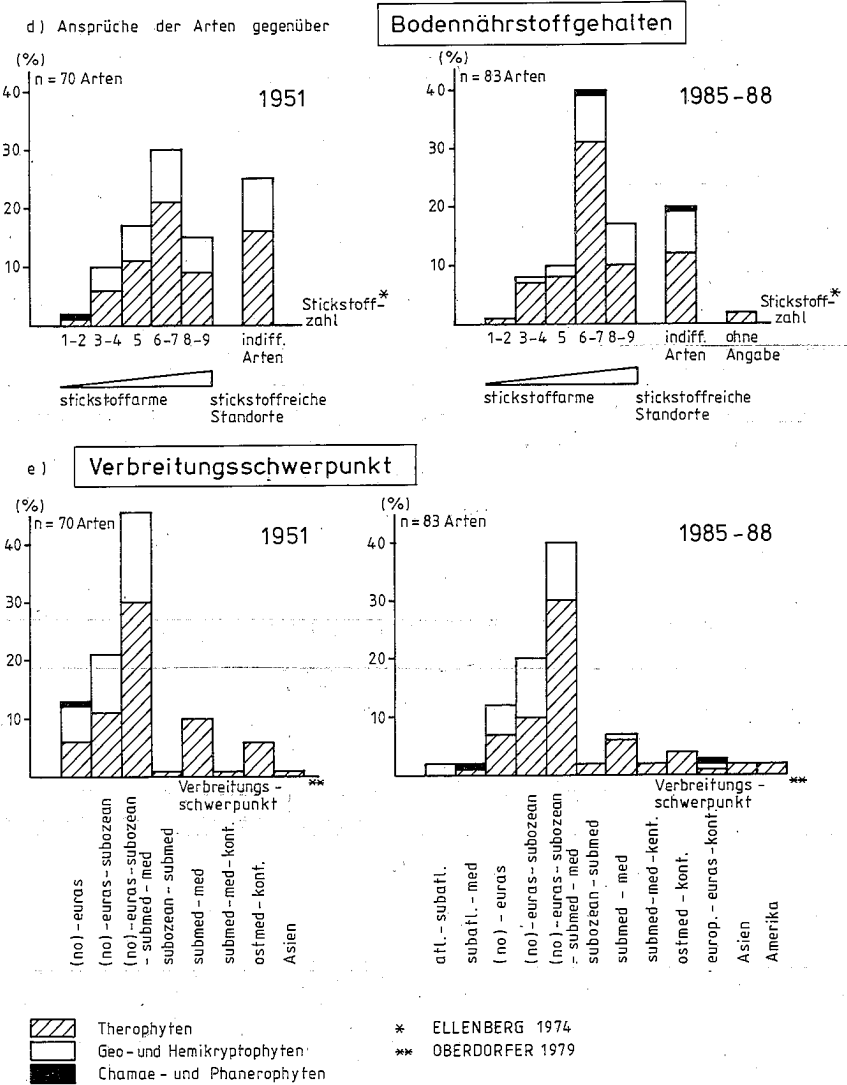
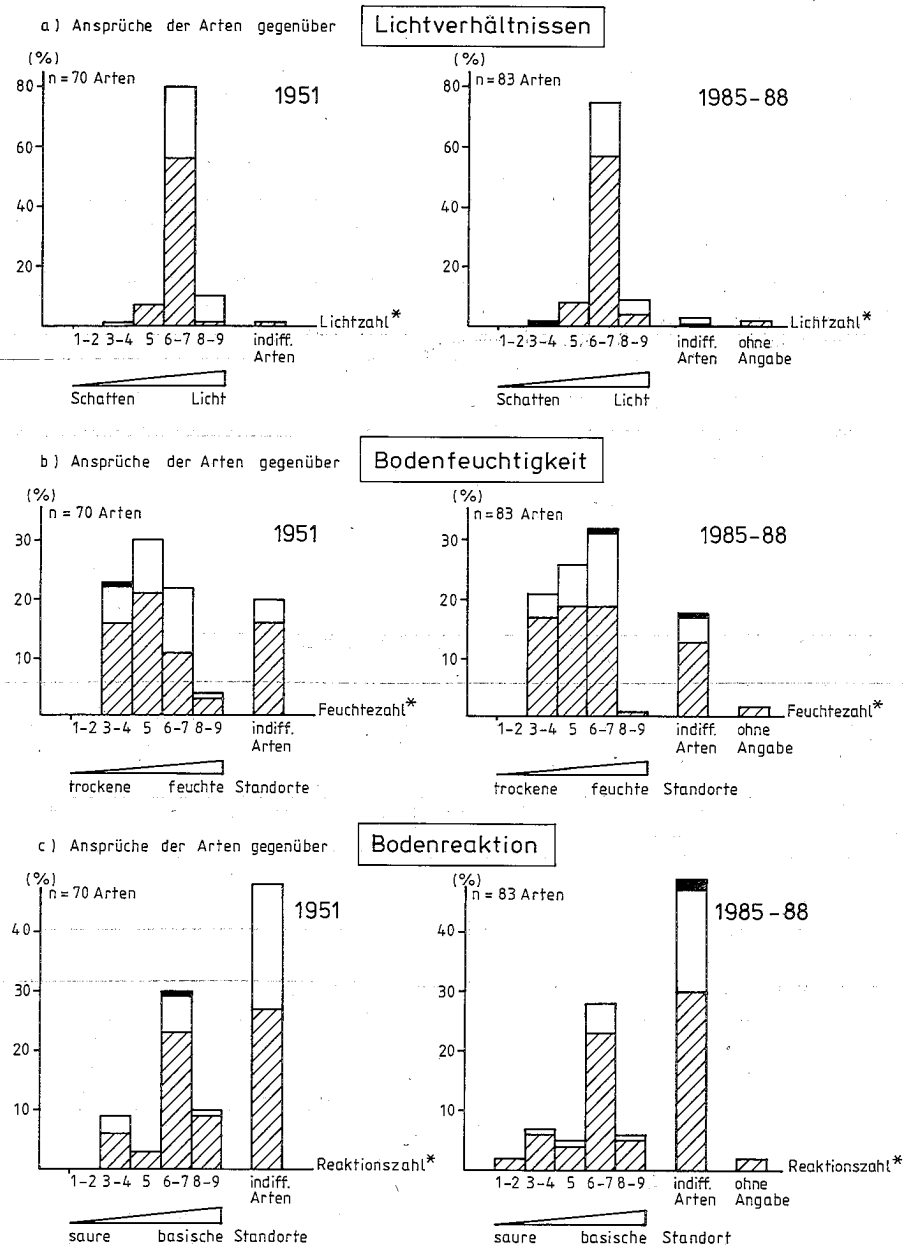


Fig. 2. (Fortsetzung)

Fig. 2a-e. Veränderungen im Spektrum der Zeigerwerte von Beständen des *Alchemillo arvensis*-*Matricarietum chamomillae* auf den Probestellen im Vergleich von 1951 und 1985-1988.

1951. Damals setzte sich das Artenspektrum zu ca. 30 % aus Frischezeigern zusammen, heute sind 30 % der Arten kennzeichnend für frische bis feuchte Standorte. Die dichten, zeitgemäß geführten Kulturpflanzen-Bestände sind an der Erdoberfläche feuchter als früher, da sie oberflächlich nicht mehr so schnell abtrocknen können. Deshalb können sich flachwurzelnde Krumenfeuchtezeiger, die Halbschatten ertragen (vgl. Tab. 2), zur Zeit gut entwickeln. Ein

weiterer Indikator für eine gleichmäßige, oberflächennahe Feuchtigkeit ist *Riccia glauca*. Dieses kurzlebige Lebermoos tritt mit gleichmäßiger Stetigkeit jährlich ab Ende Juni in Sommer- und Wintergetreidefeldern auf, wo es Artmächtigkeiten bis 1 (<5 %) erreicht. Auffällig ist, daß sich ca. 20 % der Arten der Probeflächen dem Wasserfaktor gegenüber indifferent verhalten.

Auf den Anstieg von Arten schwach saurer Böden und den Rückgang von basiphilen Arten wurde schon in Kap. 4.1.1.3 hingewiesen. Möglicherweise hängt ihre Zunahme auch mit der größeren Feuchtigkeit auf der heute stärker beschatteten Bodenoberfläche zusammen; denn die dort im Frühjahr auflaufenden Krumenfeuchtezeiger sind gleichzeitig Säurezeiger (Fig. 2c). Hinzu kommt, daß durch verstärkten Klee-Gras-Anbau (Schönbichl, Eberspoint) mit hohem Luzerneanteil dem Boden viel  $\text{CaCO}_3$  entzogen wird, was zu einer allmählichen, oberflächennahen Versauerung führen kann, wenn nicht regelmäßig nachgekalkt wird (LÜTKE-ENTRUP in OEHMICHEN 1986, S. 533f.).

Weiterhin ist bemerkenswert, daß sich fast 50 % der Arten – sowohl 1951 als auch 1985–1988 der Bodenreaktion gegenüber indifferent verhalten!

Die größten Veränderungen haben sich in den Ansprüchen der Arten gegenüber den Nährstoffen vollzogen (Fig. 2d). 57 % der Arten der Kamillen-Gesellschaft sind kennzeichnend für stickstoffreiche und -reichste Standorte. Die Arten stickstoffärmerer Standorte (Zeigerwertspanne 1–5) sind von 30 % auf 20 % zurückgegangen. Heute verhalten sich nur noch 20 % der Arten indifferent gegenüber der Nährstoffversorgung (1951: 25 %). Die Zunahme nährstoffliebender Ackerwildkräuter ist auf gleichmäßig hohe Mineraldüngergaben im Getreideanbau und die hohe organische und mineralische Düngung im Maisanbau zurückzuführen. Hinzu kommt noch, daß die weniger nährstoffbedürftigen Arten Herbst- und Vorfrühlingskeimer sind, die durch Regulierungsmaßnahmen stärker beeinträchtigt werden als Arten mit flexiblen Keimbedingungen. Von den freiwerdenden Wuchsorten profitieren nährstoffliebende sommerannuelle Arten, die nach Abklingen der Herbizidwirksamkeit auch noch Anfang Juni auflaufen können. Die gleichen Ergebnisse findet auch ALBRECHT (1989) auf benachbarten Ackerflächen bei Freising; auch Untersuchungen von MITTNACHT (1980), KÖCK (1984), KUTZELNIGG (1984) und KULP & PREUSCHOFF (1985) belegen diese Tendenz.

Die Umstrukturierung der Arten der Kamillen-Gesellschaft wird auch deutlich, wenn man die Veränderungen im Verbreitungsschwerpunkt betrachtet (Fig. 2e). 1951 konnten 45 % der Arten dem europaweiten Areal (no-eurasub-oz-submed-med, OBERDORFER 1979) zugeordnet werden, 1985–1988 waren es nur noch 40 %. Angestiegen ist dafür der Artanteil mit atlantisch-ozeanischer Verbreitung (atl.-subatl., subatl.-med.) um 7 %. Diese mehr „ozeanischen Standortansprüche“ moderner Ackerwildkraut-Gesellschaften wurden bei ihren Feuchtigkeitsansprüchen erläutert. Konstant geblieben (20 %) ist die Artenzahl mit ursprünglichem Verbreitungsschwerpunkt in mediterran-kontinentalen Klimazonen.

Zusammenfassend ist zu sagen, daß die aktuellen Artenspektren der drei beobachteten Bestände des *Alchemilla arvensis*-*Matricarietum chamomillae* nährstoffreiche, frisch-feuchte Ackerstandorte basischer (Probefläche Eberspoint) und schwach saurer Bodenreaktion (Probeflächen

Hohenbachern, Schönbichl) charakterisieren. Das Gesamtartenspektrum ist typisch für kühle, dichte Kulturpflanzen-Bestände, die ein sehr gemäßigtes, „mitteleuropäisches“ Mikroklima für die Konkurrenten schaffen. Daher findet hier momentan ein großes Reservoir an einheimischen Arten einen üppigen Lebensraum (vgl. Tab. 2). Vor 40 Jahren, als die Kulturen aufgrund extensiverer Bewirtschaftungsweisen lückiger waren, war hier mehr Raum für wärmebedürftigere und weniger nitrophile Arten.

Trotz der enormen Artenveränderungen innerhalb der Gesellschaften seit 1951 hat die Charakterart *Matricaria chamomilla* ihre Präsenz bewahrt. Die Rolle der früher hochsteten Basenzeiger hat sich zugunsten von Schwachsäurezeigern und (Krumen-)Feuchtezeigern verschoben. Die ökologischen Veränderungen der Ackerstandorte (s.o.) werden durch sich neu formierende Zeigerartengruppen erkennbar. Es muß allerdings berücksichtigt werden, daß aufgrund der sehr stark vereinheitlichten modernen Bewirtschaftung kleinräumige Standortunterschiede weitgehend nivelliert worden sind und die Ackerwildkrautgemeinschaften heute deshalb weniger differenziert sind als früher. Hinzu kommt, daß bei Arten mit hoher Samenproduktion und Förderung durch die derzeitigen Anbaubedingungen (z.B. *Chenopodium ficifolium*, *Stellaria media*, *Viola arvensis*) Rassen selektiert werden, deren ökologisches Verhalten den intensiven landwirtschaftlichen Nutzungsweisen besser angepaßt sind als die ursprünglich untersuchten Rassen der Sippen bei LAUER (1953), ELLENBERG (1950) oder ELLENBERG & SNOY (1957).

## 4.2 Entwicklung von Beständen der Kamillen-Gesellschaft nach dem Aussetzen von Unkrautregulierungsmaßnahmen (1985–1988)

### 4.2.1 Vollständige phänologische Diagramme (Fig. 3–5)

Entscheidend für die Zunahme von Individuendichte und Artmächtigkeit bei annuellen Ackerwildkräutern ist, in welchem Umfang sie ihre Samenphase beenden können. Denn die Menge produzierter Samen bestimmt ihre Überlebens- und Ausbreitungschancen. Deshalb wurde bei der Dokumentation phänologischer Daten der Erfassung von Samenreifestadien (fruchtend und Ausstreuen der Diasporen, Kap. 3.4) und dem Absterben der Individuen (Vergilbung über 50 % und abgestorben) besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Die Dauer des Lebenszyklus der Annuellen auf Äckern wird vom Witterungsverlauf, den Unkrautregulierungsmaßnahmen, der Düngung und dem Zeitpunkt der Ernte beeinflusst. Beispielhaft werden von den erhobenen phänologischen Daten diejenigen des ersten (1985) und letzten Versuchsjahres (1988) aufgeführt und ihre Entwicklung und Veränderung diskutiert.

In den Diagrammen (Fig. 3–5) sind jeweils die nicht regulierte und die regulierte Parzelle der Vergleichsjahre nebeneinander aufgetragen; dabei wurden die Arten nach dem Beginn ihrer Blühphasen angeordnet. In allen Vergleichspaaren ist erwartungsgemäß zu beobachten, daß die Artmächtigkeiten der nicht regulierten Parzellen (A) nach vier (bzw. drei) Vegetationsperioden erheblich zugenommen haben. Dadurch wird der Effekt der Unkrautregulierungsmaßnahmen (Parzellen B) besonders deutlich sichtbar. Er zeigt

sich einerseits im Abbruch bzw. in einer Depression des Wachstums empfindlicher Arten und andererseits im höheren Anteil nicht zur Blüte gelangter Arten auf den regulierten Parzellen.

#### 4.2.1.1 Phänologische Entwicklung der Probefläche Hohenbachern (Fig. 3a-d)

Auf der Probefläche Hohenbachern wurde im ersten (1985) und letzten Beobachtungsjahr (1988) Sommergetreide angebaut, daher ist die Entwicklung der Krautschicht vergleichbar. Dabei ist deutlich erkennbar, daß das Artenspektrum der unregulierten Parzelle (1A) nach vier Vegetationsperioden erheblich höhere Artenzahlen und Deckungsgrade erreicht als die regulierte (1B). Die größten Zunahmen in der Artmächtigkeit (Parzelle A) wurden bei *Stellaria media*, *Chenopodium ficifolium*, *Tripleurospermum inodorum*, *Viola arvensis* und *Polygonum aviculare* beobachtet. Am stärksten durch den Herbizideinsatz (Parzelle B, Mecroprop-flüssig) zurückgedrängt wurden *Lamium amplexicaule*, *Chenopodium ficifolium*, *Viola arvensis*, *Fallopia convolvulus* und *Sonchus asper*. Der Wirkstoff wird ab dem Vier-Blatt-Stadium des Getreides eingesetzt; d.h., wenn der überwiegende Anteil des Artenpotentials auf dem Acker als Jungpflanzen entwickelt ist, ist die Bekämpfung am effektivsten. Allerdings war die Applikation gegen *Matricaria chamomilla*, *Tripleurospermum inodorum* und *Anthemis arvensis* wenig wirksam.

Zu bemerken ist, daß es auf der Probefläche Hohenbachern 1988 durch seitlichen Gülleeintrag zu einem reichlichen Nährstoffeintrag kam, weshalb die Krautschicht in der unbehandelten Parzelle schon am 29.5. 30 % Deckung erreichte; die Kulturart Hafer hatte zum gleichen Zeitpunkt nur 45 % Bodenbedeckung. Die dichte Krautschicht unterdrückte deshalb in der unregulierten Parzelle das Aufkommen niedrigwüchsiger Arten (*Juncus bufonius*, *Gnaphalium uliginosum*, *Sagina procumbens*). Von 1985-1988 wurden auf der unregulierten Parzelle 52 und auf der regulierten 41 Ackerwildkräuter registriert.

#### 4.2.1.2 Phänologische Entwicklungen der Probefläche Eberspoint (Fig. 4a-d)

Die Probefläche Eberspoint wird von einem in Umstellung auf biologischem Landbau begriffenen Betrieb bewirtschaftet (vgl. Kap. 2.2). Seit 1985 wird dort auf chemische Unkrautregulierung und mineralische Düngung verzichtet; sowohl 1985 als auch 1988 wurde Winter-Weizen angebaut. Deutlich erkennbar ist hier, daß die Artmächtigkeiten der Krautschicht sowohl auf der unregulierten als auch auf der regulierten (= gestriegelten) Erhebungsfläche zugenommen haben.

Erwartungsgemäß ist die unregulierte Parzelle artenreicher als die regulierte. Zwischen 1985 und 1988 wurden auf ersterer 55 und auf der anderen 45 Ackerwildkräuter dokumentiert. Im Vergleich zur chemischen Unkrautregulierung der beiden anderen Probeflächen ist die mechanische weniger effektiv, denn die Artmächtigkeiten der Krautschichtarten haben auf beiden Parzellen stark zugenommen (vgl. Fig. 4b+d). Empfindlich gegenüber der mechanischen Re-





gulation verhalten sich *Medicago sativa* (Fruchtfolgerest vom Klee-Gras-Anbau 1986/87), *Fallopia convolvulus* und *Lamium amplexicaule*, bei denen eine Depression der Artmächtigkeiten nach dem Striegeln zu verzeichnen ist. Dies beobachteten auch HERRMANN, HAMPL & BACHTHALER (1986) auf Probestellen in der Nähe von Freising.

#### 4.2.1.3 Phänologische Entwicklungen der Probestelle Schönbichl (Fig. 5a-d)

Zu Versuchsbeginn war die Probestelle Schönbichl mit Winter-Weizen bestellt. Da am Versuchsende (1988) dort Klee-Gras eingesät war, wurde für die Gegenüberstellung der Winter-Gerste-Anbau von 1987 verwendet.

Erkennbar ist wieder, daß die Artmächtigkeiten und die Artenzahlen auf der unregulierten Parzelle höher sind als auf der regulierten (62 bzw. 53 Ackerwildkräuter von 1985-1988). Die chemische Regulierung mit MCPA im Winter-Weizen (1985) bremste die Entwicklung von *Erophila verna*, *Capsella bursa-pastoris*, *Stellaria media*, *Matricaria chamomilla*, *Equisetum arvense* u.a. Das Mittel wirkt besonders bei einer Mischverunkrautung (HEDDERGOTT 1983) mit *Raphanus raphanistrum*, *Capsella bursa-pastoris*, *Thlaspi arvense*, *Sinapis arvensis*, *Spergula arvensis*, *Vicia*- und *Atriplex*-Spezies. Die Arten *Matricaria chamomilla*, *Fallopia convolvulus* und *Galeopsis tetrahit* werden weniger gut erfaßt.

#### 4.2.2 Länge von Samenphasen und Zunahme von Artmächtigkeiten (1985-1988)

Für das Überleben und die Ausbreitung von annuellen Ackerwildkräutern ist die Menge der produzierten Samen entscheidend. Daher wird bei ihnen fast die gesamte produzierte Biomasse für die Erzeugung von Samen verwendet. In diesem Zusammenhang stellen sich folgende Fragen, die anhand der phänologischen Aufzeichnungen ausgewertet werden können:

- Wie lange dauert die Samenphase der annuellen Arten bis zum Absterben bzw. welche Differenzen bestehen zwischen denjenigen, die sowohl auf unregulierten als auch auf regulierten Parzellen vorkommen und
- bei welchen Arten hat die Länge der Samenphase Auswirkungen auf die Zunahme ihrer Individuenzahlen und Artmächtigkeiten innerhalb des Beobachtungszeitraumes?

Mit dem Ausdruck „Samenphase“ bezeichnen wir hier den Zeitraum, in welchem die betreffende Pflanze reife Samen freigibt; es ist mit anderen Worten die Phase des Fruchtens.

##### 4.2.2.1 Unterschiede in der Länge von Samenphasen auf nicht regulierten und regulierten Parzellen (Tab. 3)

Um die Länge der Samenphasen der einzelnen Arten zu ermitteln, wurden diese Tage gezählt (entnommen den phänologischen Aufzeichnungen) und pro Parzelle für die vier beobachteten Vegetationsperioden aufaddiert. Dieje-

nigen Arten, die beiden Parzellen (A und B) gemeinsam sind, können nach der Differenz in der Dauer ihrer Samenphasen eingestuft werden in (Tab. 3):

- A) Arten mit deutlich verlängerter Samenphase auf der nicht regulierten Parzelle (25–88 Tage). Dazu zählen Arten, die schon im zeitigen Frühjahr blühen und die, wegen den in dieser Zeit stattfindenden Regulierungsmaßnahmen, ihre generative Phase im Normalfall nicht vollständig beenden können (wie *Stellaria media*, *Veronica persica*, *Capsella bursa-pastoris*, *Veronica arvensis*, *Thlaspi arvense*, *Spergula arvensis* und *Arabidopsis thaliana*). Hinzu kommt noch, daß diese Arten mehrere Generationen in einer Anbauperiode bilden können (LAUER 1953) und deshalb stark vom Aussetzen der Regulierungsmaßnahmen profitieren.

- B) Arten mit verlängerter Samenphase auf der nicht regulierten Parzelle (10–24 Tage) sind die im zeitigen Frühjahr (oder noch im Herbst) auflaufenden klimmenden Arten *Fallopia convolvulus* und *Galium aparine* und früh auflaufende Chenopodieta-Arten wie *Chenopodium album*, *Anagallis arvensis* und *Veronica polita*, die sonst häufig den Frühjahrspflegemaßnahmen zum Opfer fallen. *Anagallis arvensis* und *Veronica polita* können jedoch aufgrund ihrer variablen Auflaufzeit nach dem Abklingen der Maßnahmen erneut keimen und innerhalb der kurzen Spanne von Ende Mai bis Ende Juli doch noch Samen produzieren; darauf weist auch ALBRECHT (1989) hin.

- C) Zu den Arten mit gleichlanger Samenphase auf beiden Parzellen ( $\pm 10$  Tage) werden die kennzeichnenden Arten der Gesellschaft (*Matricaria chamomilla*, *Aphanes arvensis*, *Galeopsis tetrahit* und *Tripleurospermum inodorum*) eingereiht. Da diese Arten mit den verwendeten Chemikalien und durch Striegeln nicht ausreichend unterdrückt wurden, konnten etliche Individuen ihren Generationswechsel mit verminderter Vitalität beenden. Die später auflaufenden sommerannuellen Arten (*Avena fatua*, *Viola arvensis*, *Lamium purpureum*, *Sonchus asper*, *Chenopodium ficifolium*) und die Krumenfeuchtezeiger (*Juncus bufonius*, *Sagina procumbens*, *Polygonum persicaria*) keimen erst im Spätfrühling, wenn die Wirksamkeit der Herbizide nachläßt. Trotz der Konkurrenz um Licht und Nährstoffe können diese Arten auch in dichten Getreidebeständen Samen produzieren. Allerdings erreichen sie dort keine hohen Artmächtigkeiten.

- D) Wenige Arten (*Myosotis arvensis*, *Polygonum aviculare*) haben auf der regulierten Parzelle eine verlängerte Samenphase ( $> 10$  Tage). Möglicherweise hängt dies mit der schnellen Regenerierung von *Myosotis* und *Polygonum* nach dem Abklingen der Wirksamkeit der Regulierungsmaßnahmen zusammen. Weitgehend von der Konkurrenz durch andere Wildkräuter befreit, blühten und fruchteten sie länger als diejenigen Arten, die ihre Entwicklung ohne Eingriffe beenden konnten.

- E) Bei den Arten ohne Abschluß der Samenphase (= Absterben) bzw. ohne eine generative Phase können die Frühblüher *Erophila verna* und *Anthemis arvensis* eingereiht werden. Nach Unterbrechung ihres Lebenszyklus keimten

Die Einsaat von Winter-Weizen läßt sich bis Mitte November hinausschieben, so daß vor Wintereinbruch nur noch wenige Wildkräuter auflaufen und deren Keimlinge erst im darauffolgenden Frühjahr in Erscheinung treten. Im 2- bis 6-Blatt-Stadium des Getreides ist im Frühjahr sowohl eine effektive chemische als auch mechanische Unkrautregulierung durchführbar, da dann auch die Ackerwildkräuter noch sehr junge Entwicklungsstadien haben. Anders sind die Wuchsbedingungen für Ackerwildkräuter im Winter-Gerste-Anbau (1987). Hier bedingt der zeitige Aussaattermin (22.9.1986), daß relativ viele Annuelle schon im Herbst fortgeschrittene Entwicklungsstadien erreichen können (vgl. Fig. 5c+d) und den Winter über dem Erdboden überdauern können (*Theropyta bivernalia*). Daher werden zu ihrer Bekämpfung im Frühjahr Mittel eingesetzt, die auch noch bei fortgeschritteneren Entwicklungsstadien wirksam sind, wie z.B. die Wirkstoffkombination von Bentazon, Dichlorprop und Isoproturon (= Herbattox) am Standort Schönbichl, die vor allem den Besatz mit *Apera spica-venti*, *Matricaria chamomilla* und *Stellaria media* verringern sollte, aber auch *Veronicahederifolia*, *Erophila verna*, *Capsella bursa-pastoris*, *Poa annua* und *Aphanes arvensis* stark dezimierte.

Zusammenfassend ist zu bemerken, daß Winter-Gerste-Anbau die Entwicklung der „Kältekeimer“ (LAUER 1953) fördert. Zu ihnen zählen Arten wie *Centaurea cyanus*, *Papaver rhoeas*, *Ranunculus arvensis*, *Buglossoides arvensis*, ferner *Adonis aestivalis* und *Delphinium consolida*, die inzwischen selten geworden sind. Da deren enge Bindung an spezielle niedrige Bodentemperaturen bei der Keimung ihre Auflaufphasen begrenzt, ist ihre Unterdrückung durch die Frühjahrs- und/oder Herbstanwendungen von Herbiziden sehr effektiv, denn nach dem Abklingen der Maßnahmen keimen sie nur in seltenen Einzelfällen erneut. Dies belegte ALBRECHT (1989) durch Auszählen von *Adonis aestivalis*-, *Legousia speculum-veneris*-Individuen u.a. Arten vor und nach der chemischen Unkrautbekämpfung im Frühjahr.

Dagegen keimen die annuellen Krumenfeuchtezeiger *Gnaphalium uliginosum* (vgl. dazu PÖTSCH 1972) und *Polygonum tomentosum* so spät im Jahr (vgl. Fig. 5), daß sie ebenfalls nicht zum vollständigen Absterben und Absamen kommen, denn die Getreideernten liegen vor ihrem endgültigen Niedergang. Im Getreideanbau trifft das auch für die Chenopodieta-Arten *Sonchus oleraceus*, *Chenopodium polyspermum*, *Atriplex patula*, *Setaria viridis* und *Digitaria ischaemum* zu. Dagegen finden die genannten Arten in Maisbeständen – aufgrund des späteren Erntetermins (Ende August bis Anfang Oktober) – sehr günstige Lebensbedingungen, so daß sie sich in Mais-starken Fruchtfolgen schnell vermehren können.

Arten, die ihren Generationswechsel auf Äckern nur selten beenden können, sind die Grünlandarten *Taraxacum officinale*, *Plantago lanceolata*, *Agrostis stolonifera*, *Trifolium repens* und *Rumex obtusifolius* oder Arten der Wegränder/Straßen wie *Equisetum arvense* und Gehölzkeimlinge.

#### 4.2.2.2 Veränderungen in den Artmächtigkeiten der Spezies auf den unregulierten Parzellen

In Tab. 4 ist die prozentuale Zu- und Abnahme der Artmächtigkeiten aufgelistet. Für die Berechnung der Differenzen ( $\Delta\%$ ) wurde der höchste erreichte

Tabelle 3. Unterschiede in der Länge der Samenphase (bis zum Absterben der Art) zwischen unregulierten und regulierten Parzellen im Zeitraum 1985 bis 1988.

Krautschicht (vgl. Tab. 2)	Proberfläche Parzelle Vergleichsjahre	Eb	Ho	Sch	Ebers- point				Hohen- bachern				Schön- bichl		
					1985 bis 1988	1985 bis 1988	1985 bis 1988	1985 bis 1988	A	B	A	B	A	B	1985 + 1988
A	Matricaria chamomilla	C	D	C	0	0	5	5	10	0					
	Galeopsis tetrahit	C	C	A	0	14	4	1	-1	-1					
	Lapsana communis				0	4	0	1	5	5					
	Tripleurospermum inodorum		C	C	1	-1	-1	-1	1	0					
d <sub>1</sub>	Trennarten basischer Böden				0	0	8	0	-2	-1					
	Euphorbia helioscopia	-	C	C	0	-	-	-1	1	0					
	Sherardia arvensis	C	C	C	0	-1	-	-	-	-					
	Avena fatua	C			0	0	4	0	-5	-1					
	Fumaria officinale	C		A	0	0	4	-	1	1					
	Thlaspi arvense	A		A	0	-	-	-	1	0					
	Veronica polita	B		E	1	-	-	-	1	0					
d <sub>2</sub>	Trennarten saurer Böden		E	E	0	0	8	0	-2	-1					
	Anthemis arvensis	E	E	E	-	0	-	-	-	-1					
	Raphanus raphanistrum	-	A	A	-	4	0	-5	-1						
	Spergula arvensis	-	-	A	0	0	4	-	1	1					
	Arabidopsis thaliana	-		A	0	-	-	-	1	0					
	Erophila verna			E	1	-	-	-	1	0					
d <sub>3</sub>	Krumenfeuchte-, Frische-, Stau- nässezeiger				6	7	1	-1	15	9					
	Ranunculus repens		C	C	-1	1	0	0	4	-1					
	Polygonum persicaria	D	E	C	0	1	4	0	0	5					
	Plantago intermedia	-	E	C	0	1	4	0	0	5					

Deckungsgrad der Arten während der Anbauperioden 1985 und 1988 (bzw. 1987 Schönbichl) verwendet. Die Reihenfolge der Arten folgte der Auflistung in Tab. 2, um die Entwicklung in den Kenn- und Trennartengruppen hervorzuheben.

Tabelle 4. Entwicklungen in den Artmächtigkeiten (max. Differenz %) zwischen unregulierten (A) und regulierten Parzellen (B) im Zeitraum 1985 bis 1988.

Krautschicht (vgl. Tab. 2)	Proberfläche Parzelle Vergleichsjahre	Eb	Ho	Sch	Ebers- point				Hohen- bachern				Schön- bichl		
					1985 bis 1988	1985 bis 1988	1985 bis 1988	1985 bis 1988	A	B	A	B	1985 + 1988	1985 + 1988	
A	Matricaria chamomilla	C	D	C	0	0	5	5	10	0					
	Galeopsis tetrahit	C	C	A	0	14	4	1	-1	-1					
	Lapsana communis				0	4	0	1	5	5					
	Tripleurospermum inodorum		C	C	1	-1	-1	-1	1	0					
d <sub>1</sub>	Trennarten basischer Böden				0	0	8	0	-2	-1					
	Euphorbia helioscopia	-	C	C	0	-	-	-	1	0					
	Sherardia arvensis	C	C	C	0	-1	-	-	-	-					
	Avena fatua	C			0	0	4	0	-5	-1					
	Fumaria officinale	C		A	0	0	4	-	1	1					
	Thlaspi arvense	A		A	0	-	-	-	1	0					
	Veronica polita	B		E	1	-	-	-	1	0					
d <sub>2</sub>	Trennarten saurer Böden		E	E	0	0	8	0	-2	-1					
	Anthemis arvensis	E	E	E	-	0	-	-	-	-1					
	Raphanus raphanistrum	-	A	A	-	4	0	-5	-1						
	Spergula arvensis	-	-	A	0	0	4	-	1	1					
	Arabidopsis thaliana	-		A	0	-	-	-	1	0					
	Erophila verna			E	1	-	-	-	1	0					
d <sub>3</sub>	Krumenfeuchte-, Frische-, Stau- nässezeiger				6	7	1	-1	15	9					
	Ranunculus repens		C	C	-1	1	0	0	4	-1					
	Polygonum persicaria	D	E	C	0	1	4	0	0	5					
	Plantago intermedia	-	E	C	0	1	4	0	0	5					
	Matricaria matricarioides	D		B	4	5	-	-	-1	0					
	Juncus bufonius	-	C	C	-1	-	-1	-	5	4					
	Sagina procumbens	-	-	C	0	-	-	0	-5	1					
	Gnaphalium uliginosum	E	E	E	4	0	-1	-1	0	0					
	Polygonum tomentosum	E			4	0	-	-	-	-					
	Potentilla anserina			E	-	-	-	-	0	0					
V <sub>1</sub>	Apertion				27	38	13	6	29	35					
	Aphanes arvensis	C	C	B	0	0	-1	0	5	4					
	Apera spica-venti	D	B	D	4	14	0	5	0	10					
	Veronica hederifolia	B	-	C	1	0	0	-	5	4					
K <sub>1</sub>	Fallopia convolvulus	C	B	B	4	5	0	0	0	-1					
	Myosotis arvensis	D	A	D	14	14	0	0	5	4					
	Viola arvensis	C	B	C	4	5	14	1	14	14					
	Alopecurus myosuroides	C			-	-	-	-	-	0					
	Vicia hirsuta	-			-	-	-	0	-	0					
	Buglossoides arvensis	-			-	-	-	0	-	0					
K <sub>2</sub>	Chenopodieta				45	29	86	40	38	8					
	Stellaria media	A	A	A	14	5	25	14	14	4					
	Capsella bursa-pastoris	A	D	A	5	5	0	5	14	4					
	Veronica persica	A	B	A	5	0	0	0	5	1					
	Lamium amplexicaule	B	D	C	1	1	4	4	0	-					
	Chenopodium album	B	B	C	4	4	4	4	5	0					
	Anagallis arvensis	A	E	B	0	0	-1	-1	-1	-1					
	Sonchus oleraceus	-	-	E	-	-	-	0	-	-					
	Lamium purpureum	C	E	B	-1	0	0	0	-	1					
	Chenopodium polyspermum	E	-	E	0	-	-	5	0	-					
	Veronica arvensis	-	B	A	0	-	-1	-1	1	0					
	Sonchus asper	C	B	E	1	0	4	1	0	0					
	Atriplex patula	-	-	E	0	0	0	0	4	-1					
	Echinochloa crus-galli	D	B	C	-	-	-1	-1	-1	-1					
	Chenopodium ficifolium	D	B	C	15	15	49	14	1	1					
	Setaria viridis	-	E	E	1	-	1	-	-	-					
	Digitaria ischaemum	-	E	E	0	0	1	-	-	-					
	Veronica agrestis	-	E	E	-	-	-	-	-	-					
	Amaranthus retroflexus	-	-		-	-	-	-	-	-					
	Galinsoga ciliata	-	-		-	-	-	-	-	-					
	Anchusa arvensis	-	-		-	-	-	-	-	-					
	Sinepis arvensis	-	-		-	-	-	-	-	-					

#### 4.2.2.2.1 Allgemeine Veränderungen

Am Tabellenende sind die Summen der Artmächtigkeitszunahmen aufaddiert. Auffallend ist, daß sie sowohl auf den regulierten als auch auf den unregulierten Parzellen angestiegen ist. Dies beschreiben auch HURLE, MAIER, AMANN,



zurückzuführen. Denn Atrazin wirkt auch in der Folgekultur noch dämpfend auf die Entwicklung von Ackerwildkraut-Gesellschaften, wie es von OTTE auch 1984 (S. 55) im Raum Ingolstadt beobachtet wurde. 1988 dagegen herrschte ein warmes, trockeneres Klima und in dem nicht mehr mineralisch gedüngten Winter-Weizen (nur 90 % Deckung) erreichte die Krautschicht 55 % (Parzelle A) und 60 % (Parzelle B) Deckung, denn die mechanische Regulierung erfolgte erst relativ spät (6. Mai) und führte zu keiner wesentlichen Unterdrückung der Krautschicht.

Auf der Probefläche Hohenbachern hat die Artmächtigkeit der Krautschicht die geringste Zunahme erfahren (+ 99 bzw. + 72 %), denn sie erreichte schon bei Versuchsbeginn (1985) auf der unregulierten Parzelle A in einer lückigen Sommer-Gerste (75 % Deckung) 60%! Auf der mit Herbiziden behandelten Parzelle B entwickelte die Krautschicht nur 10 %. Im letzten Versuchsjahr (1988) stieg die Deckung der Krautschicht auf Parzelle A noch auf 75 % an, obwohl das angebaute Hafer-Sommer-Gerste-Gemenge sehr dicht war (A: 90 %, B: 95 % Deckung). Parzelle B hatte dagegen nur 7 % Deckung.

Für die Gegenüberstellung wurden bei der Probefläche Schönbichl die beiden kühlen, feuchten Anbauperioden 1985 und 1987 verwendet (vgl. Kap. 4.2.1.3). Im ersten Versuchsjahr war in der Entwicklung der Krautschicht ebenfalls noch die Auswirkung des Atrazineinsatzes in der Vorfrucht Mais zu beobachten. Auf beiden Parzellen entwickelte die Krautschicht im Winter-Weizen (A und B 90 % Deckung) nur 15 %. 1987 lag das Deckungsgradmaximum der unbehandelten Parzelle A in Winter-Gerste (A und B 95 % Deckung) mit 35 % deutlich über der Herbizid-behandelten mit nur 10 %. Die Summe der Deckungsgraddifferenzen zwischen 1985 und 1987 beträgt 129 bzw. 59 %. Die unterlassene Unkrautregulierung ist eindeutig erkennbar.

#### 4.2.2.2.2 Veränderungen von Artmächtigkeiten bei Einzelarten (Tab. 4)

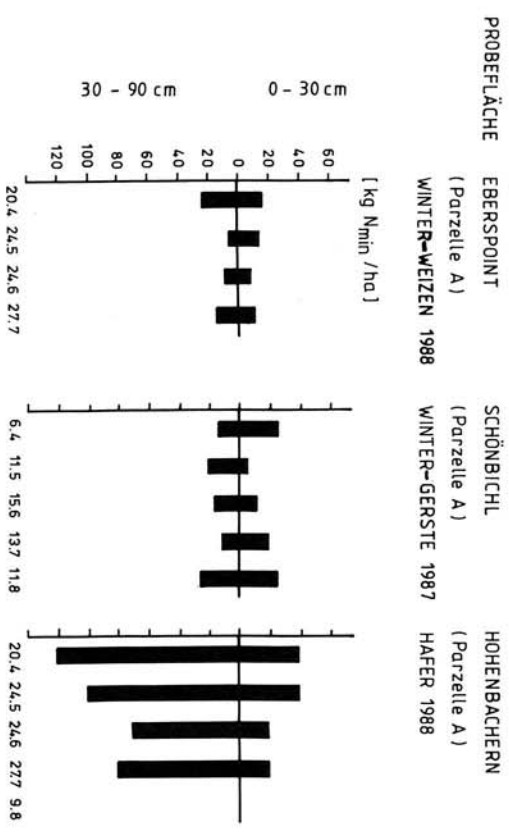
Vom Aussetzen der Regulierungsmaßnahmen (A-Parzellen) haben nicht alle Ackerwildkräuter in gleicher Weise profitiert.

Am deutlichsten angestiegen sind die Artmächtigkeiten bei den Chenopodieta-Arten *Stellaria media*, *Capsella bursa-pastoris*, *Veronica persica*, *Chenopodium polypermum*, *Ch. ficifolium*, *Sonchus asper*, *Atriplex patula*, *Setaria viridis* und dem Begleiter *Galium aparine*. Gefördert wurden auch einige ausdauernde Begleiter wie *Cirsium arvense*, *Agropyron repens* und *Poa trivialis*. Die Zunahme der konkurrenzstarken Nitrophilen *Galium aparine*, *Stellaria media*, *Cirsium arvense* und *Agropyron repens* auf nicht Herbizid-behandelten – aber gedüngten – Probeflächen beschreiben auch HURLE et al. (1988). Aus Tab. 3 geht hervor, daß *Stellaria media*, *Capsella bursa-pastoris*, *Veronica persica*, *Galium aparine*, *Cirsium arvense* und *Agropyron repens* zu denjenigen Arten zählen, die mit (deutlich) verlängerter Samenreifephase auf die unterlassenen Maßnahmen reagiert haben. Der daraus resultierende Konkurrenzvorteil liegt bei den genannten Annuellen in einer Erhöhung ihres Samenvorrats im Boden und bei den Geophyten in einer Steigerung ihrer



Fig. 6. Gegenüberstellung von aktuellen Mineralstickstoffgehalten ( $\text{kg N}_{\text{min}}/\text{ha}$ ), Samenzahl/ $[\text{m}^2]$  zu Versuchsbeginn und Deckungsgradentwicklung ausgewählter Arten im letzten Beobachtungsjahr.

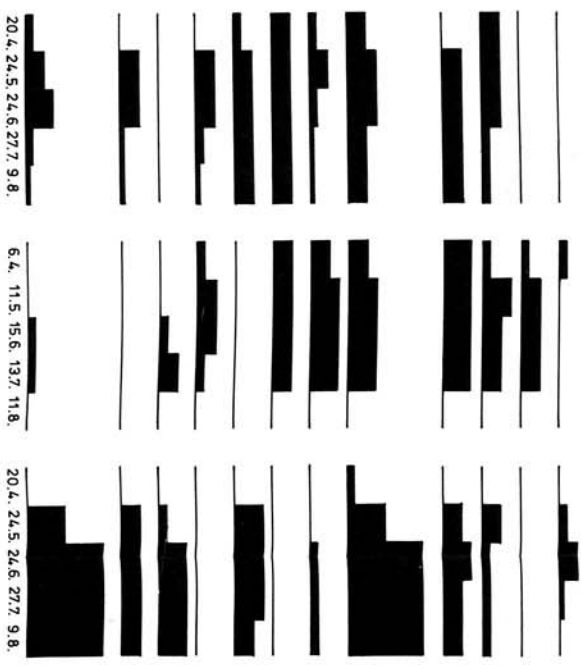
b) Aktuelle Mineralstickstoffgehalte ( $\text{kg N}_{\text{min}}/\text{ha}$ ) im Verlauf der Anbauperiode :



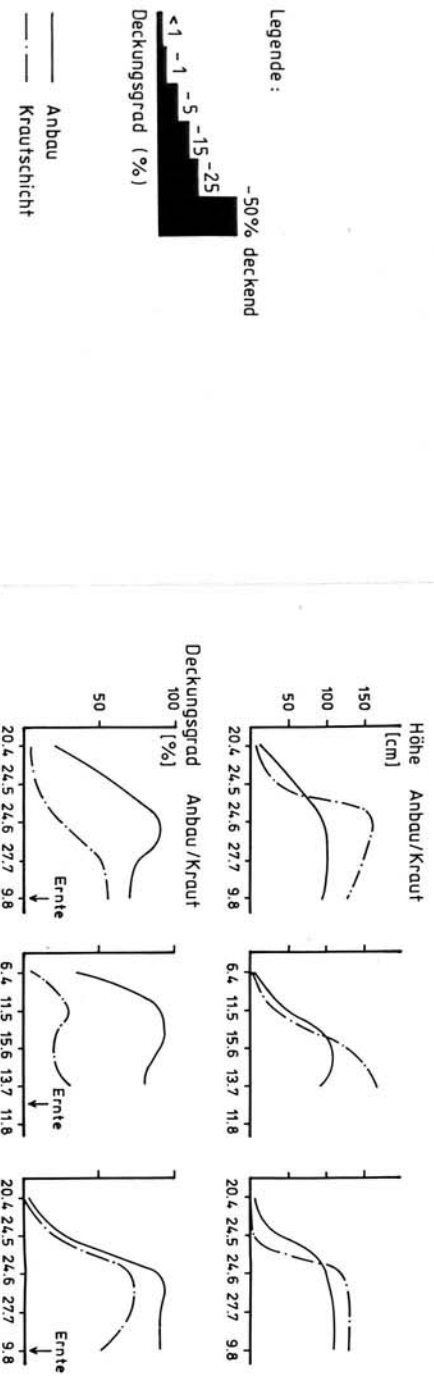
a)  $\emptyset$  Samenzahl /  $[\text{m}^2 \cdot 30 \text{ cm Tiefe}]$  zu Versuchsbeginn :

Arten	* Samen/ Proberflächen	Ebers-point	Schön-bichl	Hohen-bachern
Spergula arvensis			134	52
Aphanes arvensis			136	79
Matricaria chamomilla		421	174.2	525
Viola arvensis		127	255	358
Stellaria media		282	136	9505
Capsetta bursa-pastoris			4.36	
Poa annua		740	2063	27
Polygonum aviculare		180	79	435
Veronica persica		71		28
Polygonum persicaria u.P. tomentosum				253
Chenopodium album		1444	1065	167
Chenopodium ficifolium		1256	2298	52
sonstige Arten		9.272	21.482	9.024
gesamt		13.796	29.826	20.510

c) Deckungsgradentwicklung ausgewählter Arten :



d) Höhen- und Deckungsgradentwicklung von Anbau- und Krautschicht :



\* Probeaufnahme Sept. 1985

unterirdischen Biomasse aufgrund der verlängerten Vegetationszeit (vgl. dazu KOCH 1970).

Bemerkenswert ist, daß bei den „eigentlichen Getreidewildkrautarten“ (*Matricaria chamomilla*, *Tripleurospermum inodorum*, *Aphanes arvensis*, *Apera spica-venti*, *Fallopia convolvulus*, *Viola arvensis*, *Myosotis arvensis*, *Alopecurus myosuroides*, *Vicia hirsuta* und *Buglossoides arvensis*) keine eindeutigen Zunahmen festzustellen sind. Lediglich *Veronica hederifolia* profitierte geringfügig vom Aussetzen der Regulierungsmaßnahmen, da ohne Regulierung ihre Samen abreifen können. Da sie genetisch fixiert ausschließlich im Herbst aufläuft (HELMECKE & MAHN 1984), wird sie ohne Regulierung stark gefördert. Der Deckungsgrad von *Matricaria chamomilla* ist auf Probefläche Schönbichl um 10 % (Parzelle A) angestiegen. Hierfür ist ihr hoher Samenvorrat im Oberboden verantwortlich; er lag dort schon bei Versuchsbeginn drei- bzw. viermal höher als in Hohenbachern und Eberspoint<sup>2</sup> (vgl. Fig. 6).

Gering und ohne Tendenz sind die Artmächtigkeitsveränderungen in der Zeigerartengruppe der relativ kleinwüchsigen und spät auflaufenden Krümenfeuchte-, Frische- und Staunässezeiger, obwohl ihr Anteil am Vorrat lebensfähiger Samen im Oberboden von Probefläche Eberspoint und Schönbichl schon 1985 21,3 bzw. 16,4 % betrug (vgl. Fig. 6).

Die Krümenfeuchtezeiger *Juncus bufonius*, *Sagina procumbens* und *Plantago intermedia* bilden zwar viele Individuen aus, aber sie werden durch stark gedüngte Getreidebestände und höherwüchsige Arten der Krautschicht so sehr beschattet, daß sie häufig nur kümmerliche Formen bilden. Erst wenn das Getreide abreift, erreichen sie eine höhere Vitalität. Allerdings beendet die bald einsetzende Ernte mit anschließendem Stoppelumbbruch den Lebenszyklus dieser Arten, wie auch ALBRECHT (1989), KOCH & RADEMACHER (1966) und MEISEL (1985) beschreiben. Daher sind die Lebensbedingungen o.g. Arten in länger stehenden Blattfruchtkulturen (Mais; früher Kartoffeln) günstiger.

#### 4.2.2.2.3 Einfluß von Samenvorrat und Stickstoffversorgung auf die Deckungsgradentwicklung von Arten im Verlauf einer Anbauphase

Der Anstieg von Artmächtigkeiten auf den unregulierten Parzellen wird neben dem ursprünglichen Samenvorrat im Boden auch durch die Nährstoffversorgung des Standortes und von der Fähigkeit der Einzelarten, aktuelle Nährstoffgehalte auszunutzen, bestimmt.

Um die Zusammenhänge zwischen der Deckungsgradentwicklung nitrophiler Arten und der Mineralstickstoffversorgung (kg N/ha, 0–90 cm Bodentiefe) während des Verlaufs der Anbauperioden aufzuzeigen, wurde beispielhaft für jede Probefläche wieder das letzte Beobachtungsjahr dargestellt (vgl. Fig. 3c, 4c, 5c). Voranzustellen ist, daß die Mineralstickstoffnachlieferung (kg N/ha) der Ackerböden den Beobachtungen von DIETZ & SOMMER (1978) analog

<sup>2</sup> Vergleichsuntersuchungen (1985 und 1988) zum Anstieg des Samenvorrats auf den nicht regulierten Parzellen werden derzeit bearbeitet.

verlief. Bis zum Ende der Anbauperiode waren die Stickstoffvorräte stark abgebaut (bis in 0,90 cm Bodentiefe), um dann nach der Ernte wieder etwas anzusteigen. (Die Aufzeichnungen sämtlicher Mineralstickstoff-Jahresgänge liegen bei der Autorin vor).

Die geringsten Mineralstickstoffgehalte (Fig. 6) hatte erwartungsgemäß die Probefläche Eberspoint (Umsteller: Höchstwert 15.4.85 im Winter-Weizen 82 kg N/ha; Höchstwert 20.4.88 im Winter-Weizen 40 kg N/ha). Probefläche Schönbichl wurde bewußt auf mittlerem Niveau gehalten (Höchstwert 15.4.85 im Winter-Weizen 180 kg N/ha; Höchstwert 6.4.87 in Winter-Gerste 40 kg N/ha). Demgegenüber hatte Probefläche Hohenbachern während des gesamten Beobachtungszeitraumes sehr hohe Mineralstickstoffgehalte aufzuweisen, die durch seitlichen Güllezufluß von einem angrenzenden Intensiv-Grünland verursacht wurden. Der Höchstwert wurde im Mais am 6.5.86 mit 1.734 kg Na/ha bestimmt; im Hafer betrug der maximale Mineralstickstoffgehalt am 20.4.88 162 kg N/ha.

Dargestellt wurde die Deckungsgradentwicklung annueller Arten, die den drei Probeflächen gemeinsam waren – ausgenommen Trennarten für Bodenverhältnisse. Nach dem Zeitraum, in dem die Ackerwildkräuter ihre höchsten Deckungsgrade in der Ackerbauperiode erreichen, können sie in drei Gruppen eingestuft werden (Fig. 6):

Arten mit höchstem Deckungsgrad

- a) zu Beginn der Vegetationsperiode  
(zu ihnen zählen die Frühjahrspflanzen *Veronica hederifolia*, *Arabidopsis thaliana* und *Spergula arvensis*),
- b) während der optimalen Bestandsdichte des Getreides  
(zu ihnen zählen *Matricaria chamomilla*, *Apera spica-venti*, *Aphanes arvensis*, *Veronica persica*) und
- c) erst am Ende der Getreideanbauperiode und darüber hinaus  
(zu diesen Arten zählen *Chenopodium album*, *Ch. ficifolium*, *Polygonum persicaria*, *Viola arvensis*, *Poa annua*, *Polygonum aviculare*, *Atriplex patula*, *Stellaria media*).

Die Arten der Gruppe a) haben ihre optimale Entfaltung während der günstigen Nährstoffversorgung und Lichtverhältnisse im Bestand vor dem Schossen des Getreides. Mit zunehmender Konkurrenz des Getreides um Nährstoffe und Licht beginnt das Abblühen und Absterben dieser Arten (vgl. Fig. 3c, 4c, 5c).

Anders ist der Entwicklungsrhythmus der Arten von Gruppe b); sie verhalten sich in ihrem Wachstum ähnlich wie das angebaute Getreide. Sie nutzen die Frühjahrsdüngergaben und erreichen mit der maximalen Bestandsdichte ebenfalls falls ihren „Höchststand“. Mit dem Abreifen des Getreides setzt auch bei ihnen Abreifen und Ausstreuen der Samen ein.

Die Arten der Gruppe c) entwickeln sich spät (vgl. Kap. 4.3). In Getreidebeständen, die Mitte Juni ihre maximale Bestandsdichte erreichen und wo das Angebot an mineralisiertem Stickstoff im Boden zu diesem Zeitpunkt sehr gering ist, sind diese nährstoff- und lichtbedürftigen Arten im Konkurrenznachteil. Erheblich bessere Entwicklungsbedingungen finden solche Spezies in

Blattfrüchten, wo die Lichtkonkurrenz durch die Kultur noch gering und das Nährstoffangebot im Boden Mitte Juni noch reichlich ist. Solange Nährstoffverhältnisse und Witterung günstig sind, wachsen diese Arten bis Mitte September weiter. Im (sehr reichlich gedüngten) Hafer der Probefläche Hohenbachern erkennt man deutlich, daß besonders *Stellaria media*, *Chenopodium ficifolium*, *Myosotis arvensis* und *Polygonum aviculare* durch eine gute Stickstoffversorgung gefördert werden. Wenn solche Arten zudem über einen großen Samenvorrat im Boden verfügen, vergrößern sich deren Populationen – wie bei *Stellaria media* (46 %), *Myosotis arvensis* (14 %) und *Polygonum aviculare* (2,1 %) in Hohenbachern – explosionsartig! Die Entwicklung von *Stellaria media* bei abgestufter Düngung beobachteten auch MAHN (1984), MAHN & MARSCHAT (1985) und HELMECKE & MAHN (1984) und kamen zum gleichen Ergebnis. Außerdem weisen HELMECKE & MAHN (1984) auf ein großes Samenreservoir von *Stellaria media* in ihren untersuchten Böden hin, aus dessen Samenbank sie mehrere Keimlingsgenerationen pro Jahr bilden kann. Lediglich *Galium aparine* kann noch besser Stickstoff verwerten, wie o.g. Autoren beobachten konnten.

#### 4.3 Auflaufphasen von Ackerwildkräutern (1985–1988) (Fig. 7)

Aus dem phänologischen Entwicklungsgang der beobachteten Kamillen-Gesellschaften (vgl. dazu auch Fig. 3, 4, 5) können auch die Auflaufphasen ihrer annuellen Arten entnommen werden. Der Zeitraum, in dem sie keimen und aufgehen können, ist für ihr Überleben von besonderer Bedeutung, da die optimale Bekämpfung von Ackerwildkräutern in der Regel erst nach der Bildung von Laubblättern erfolgt (KOCH 1969, HEDDERGOTT 1983). Arten mit sehr enger Bindung an bestimmte – vor allem niedrige – Bodentemperaturen bei der Keimung sind stärker gefährdet (weil wirksamer bekämpfbar) als solche mit indifferenten Temperaturansprüchen, welche nach dem Abklingen der Herbizidwirkung/Unkrautregulierung erneut auflaufen können.

1953 veröffentlichte LAUER Ergebnisse von Laborversuchen über die ökologischen Ansprüche von Ackerwildkräutern bei der Keimung. Für die Versuche verwendete sie auch Saatgut, das 1949 in der Umgebung von Freising gesammelt worden war. LAUER stufte die Arten in fünf Gruppen von „Arten mit hohen Ansprüchen an die Keimtemperatur“ bis zu „Arten mit niederem Anspruch an die Keimtemperatur“ ein. An dieser Stelle soll überprüft werden, wie flexibel die Arten der beobachteten Kamillen-Gesellschaften in ihren Auflaufphasen sind und wie weit sie (noch?) mit den Einstufungen von LAUER übereinstimmen. Ausgewertet werden diejenigen Arten, die auf allen beobachteten Parzellen im Zeitraum vom 1.10.84 bis 15.8.88 in insgesamt 24 aufgezeichneten phänologischen Diagrammen mindestens 5 mal (Ausnahme *Polygonum persicaria* nur 4 mal) aufliefen. Da die Keimung und das Auflaufen der Arten vom Witterungsverlauf bestimmt wird und dieser in den vier Anbauperioden unterschiedlich war (Kap. 2.1), wurden die Klimabedingungen während der Auflaufphasen den phänologischen Entwicklungsstadien von Winter-Weizen, Hafer und Mais zugeordnet (Fig. 7), da sich in ihnen vor allem die Temperaturverhältnisse im Boden widerspiegeln (SCHNELLE 1955, S. 247). Man

erhält auf diese Weise auch übertragbare, über die beobachtete Vegetationsperiode hinaus gültige Angaben zum Auflaufverhalten von Ackerwildkräutern im Freiland. Über den abgegrenzten 11 phänologischen Phasen der Kulturarten wurden die durchschnittlichen Tagesmittel- und Erdbodenminimumtemperaturen vom 1.10.84 bis 15.8.88 der Wetterstation Weißenstephan aufgetragen, die sich in 3–5 km Entfernung von Probeflächen befindet.

Der Aufgang der Ackerwildkräuter in den Kulturpflanzen-Beständen wurde mit dem der auskeimenden Samenproben in der offenen Halle verglichen (100 m SE der Wetterstation Weißenstephan) und eine Übereinstimmung zwischen Topf- und Freilandversuch festgestellt.

#### 4.3.1 Jahreszeitlicher Rhythmus im Aufgang von Kenn- und Trennartengruppen der Kamillen-Gesellschaft

Der jahreszeitliche Rhythmus des Aufgangs der Ackerwildkräuter wird zum einen durch die Ansprüche der Arten an bestimmte Keimungstemperaturen (LAUER 1953) und durch den Anbauzeitpunkt der Kulturart bestimmt (KOCH 1969), denn im Zeitraum zwischen Aufgang und Schossen der verschiedenen Getreidearten und des Mais laufen die Keimlinge bevorzugt auf (vgl. auch BEURET 1982). Aus den Versuchen von LAUER ist ersichtlich, daß die meisten der von ihr untersuchten Arten zwar Optima bezüglich spezieller Keimungstemperaturen besitzen, daß sie darüber hinaus aber noch eine von Art zu Art unterschiedlich weite Amplitude zu niedrigeren bzw. höheren Temperaturen haben. Ähnliche Ergebnisse belegt auch BEURET (1986) aus der Schweiz. Die Variabilität der Keimungstemperaturen der Arten macht verständlich, warum viele so allgegenwärtig in allen Kulturarten sind. Nach dem Rhythmus in den Auflaufphasen können aus Fig. 7 folgende Artengruppen ausgegliedert werden:

a) **Überwinternde Arten** (Auflaufphasen 1–5; Dezember bis Mitte Mai)  
Ihre Auflaufzeit beginnt mit dem Aufgang und endet mit dem Schossen des Wintergetreides (hier: Beispiel Winter-Weizen).

Zu ihnen zählen die *Secalietea*-Arten *Matricaria chamomilla*, *Aphanes arvensis*, *Apera spica-venti*, *Veronica hederifolia*, *Myosotis arvensis*, *Viola arvensis*, *Vicia hirsuta*, *Raphanus raphanistrum*, *Anthemis arvensis*; die *Chenopodietea*-Arten *Lamium amplexicaule*, *L. purpureum*, *Arabidopsis thaliana*, *Stellaria media*, *Capsella bursa-pastoris*, *Veronica persica*, *Poa annua*, *Spergula arvensis* und die Begleiter *Galium aparine* und *Tripleurospermum inodorum*.

Bei folgenden Arten stimmen diese Beobachtungen mit LAUER (1953: Fig. 4) überein: *Galium aparine*, *Veronica hederifolia*, *Aphanes arvensis*, *Lamium amplexicaule* und *L. purpureum*. Abweichend davon dokumentierte sie spätere Auflaufzeiten für *Matricaria chamomilla*, *Anthemis arvensis* und *Myosotis arvensis*.

HELMECKE & MAHN (1984) berichten für *Lamium amplexicaule* von einem normalen winterannuellen Zyklus und darüber hinaus von einem verkürzten sommerannuellen Populationszyklus der Art, den sie nach Störungen im Frühjahr durchlaufen kann.

b) **Sommerannuelle Arten** (Auflaufphasen (2)3–11; Beginn bis Ende der Vegetationszeit, (März) April bis November)  
Sie sind empfindlich gegenüber Frostperioden und sie können sich ab der Hafer-Aussaat bis zum Ende der Vegetationsperiode (Mitte November) entwickeln. Zu unterscheiden sind frühauflaufende von später kommenden sommerannualen Ackerwildkräutern:

b<sub>1</sub>) **Frühauf laufende Sommerannuelle** (Auflaufphasen (2)3–4; (März) April bis Anfang Mai)

Die Hauptauflaufphase dieser Arten ist phänologisch zwischen Aussaat und Aufgangphase des Hafers einzugliedern.

Es sind die *Secalietea*-Arten *Fallopia convolvulus*, *Avena fatua*, *Erophila verna*; die *Chenopodietea*-Arten *Veronica arvensis*, *V. polita* und der Begleiter *Galeopsis tetrahit*. Einen früh einsetzenden Auflaufrhythmus haben auch die *Chenopodietea*-Arten *Chenopodium ficifolium*, *Ch. album*, *Polygonum aviculare*, *Chenopodium polyspermum* und *Thlaspi arvense*, der sich jedoch bis zum Ende der Vegetationsperiode hinziehen kann, wie im Klee-Gras-Anbau beobachtet wurde.

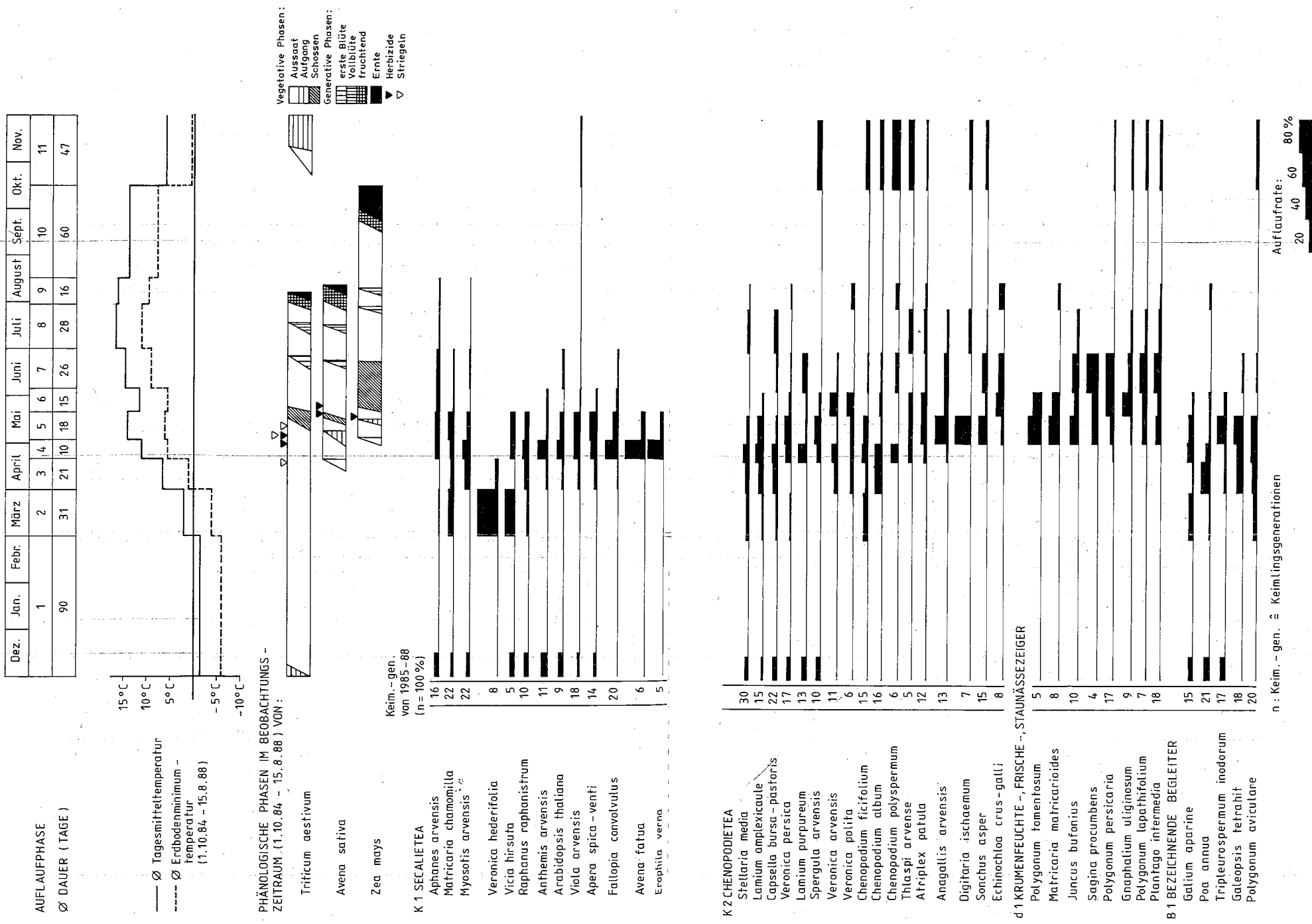
Auffällig sind hier wiederum abweichende Beobachtungen zu LAUER (1953). *Chenopodium album*, *Ch. polyspermum* und *Ch. ficifolium* sind von ihr im Freiland als spätauf laufende Sommerannuelle beobachtet worden; dies bestätigen bei *Chenopodium ficifolium* und *Ch. polyspermum* auch ihre Laborversuche, nach denen sie diese als „Arten mit hohen Ansprüchen an die Keimtemperatur (Optimum zwischen 40 und 25 °C)“ einstuft. Gemeinsam mit *Chenopodium rubrum* stellte *Chenopodium ficifolium* damals die höchsten Ansprüche an die Keimtemperatur! Aufgrund der aktuellen hohen Stetigkeit von *Ch. ficifolium* auf allen Äckern mit Mais-starken Fruchtfolgen im südlichen Donau-Isar-Hügelland scheint sich eine weniger temperaturanspruchsvolle Population dieser Art ausgebreitet zu haben, denn sie läuft inzwischen gemeinsam mit *Chenopodium album* auf (Beobachtungen auch aus der offenen Halle in Freising-Weißenstephan vom 20.3.1989). Nach LAUER (1953) wird *Chenopodium album* aufgrund der Laborversuche zu den „Arten mit mittleren Temperaturansprüchen (Optimum zwischen 10 und 20 °C)“ gestellt.

b<sub>2</sub>) **Spätauf laufende Sommerannuelle** (Auflaufphasen 5–7 (bis 11), Anfang Mai bis Ende Juni (bis Ende der Vegetationsperiode))  
Ihre Hauptkeimphase fällt in die Aussaat-, Aufgangs- und Bestockungsphase des Mais.

Zu ihnen zählen folgende *Chenopodietea*-Arten: *Atriplex patula*, *Digitaria ischaemum*, *Sonchus asper*, *Anagallis arvensis*, *Echinochloa crus-galli* und die Krümenfeuchte- und Frischezeiger *Gnaphalium uliginosum*, *Sagina procumbens*, *Juncus bufonius*, *Plantago intermedia*, *Matricaria matricarioides*, *Polygonum lapathifolium*, *P. persicaria* und *P. tomentosum*.

Übereinstimmungen mit den Einstufungen bei LAUER zu den „Arten mit hohen Ansprüchen an die Keimtemperatur“ bestehen bei *Echinochloa crus-galli*, *Polygonum persicaria* und *Gnaphalium uliginosum*. Starke Unterschiede im Verhalten zeigen *Juncus bufonius* und *Anagallis arvensis*, die von LAUER aufgrund der Laborversuche bei den „Arten mit großem Temperaturbereich

Fig. 7. Aufbauphasen annueller Ackerwildkräuter (Keim- und Jungpflanzen, 2-4Blatt-Stadium) während der Anbauperioden 1985-1988.



aber niederem Optimum“ eingestuft wurden; aufgrund ihrer Freilandbeobachtungen (1953) kommt *Anagallis arvensis* jedoch erst ab Mai verstärkt auf, wie auch 1985–1988 festgestellt wurde. *Juncus bufonius* wurde 1953 in ihren Freilanduntersuchungen nicht festgestellt!

c) Arten mit geringer Temperaturabhängigkeit bei der Keimung (Auflaufphasen 1–11; Dezember bis November)

*Viola arvensis* und *Spergula arvensis* sind während allen phänologischen Phasen als Keimpflanzen registriert worden. LAUER stuft *Spergula* als Art mit sehr weiter Keimspanne und Optimum zwischen 20 und 25 °C ein; das Optimum der Keimung von *Viola arvensis* lag in ihren Proben bei 13 °C. Aufgrund der vorliegenden aktuellen Beobachtungen konnten für diese Arten keine bevorzugten Aufgangszeiten festgestellt werden.

#### 4.3.2 Auswirkungen des Auflaufrhythmus annualer Ackerwildkräuter auf das aktuelle Artenspektrum von Äckern (vgl. Tab. 2, Fig. 7)

Im Zeitraum von 1953 bis 1985–1988 sind auf den beobachteten Probeflächen die Ackerwildkräuter des Wintergetreides (*Secalietea*-Arten) mit enger Bindung an kühle Keimungstemperaturen und entsprechend kurzer Auflaufphase ausgefallen! Zu diesen Arten zählen die noch von SCHRAMM 1954 dokumentierten Herbst- und Frühjahrskeimer (Auflaufzeit Oktober bis April) *Buglossoides arvensis*, *Veronica triphyllos*, *Centaurea cyanus*, *Papaver rhoeas*, *Valerianella locusta* und *Ranunculus arvensis* (vgl. Kap. 4.1.1.1), die LAUER (1953) als „Arten mit niederem Anspruch an die Keimtemperatur“ (Optimum zwischen 13 und 25 °C) eingestuft hat. Zu den inzwischen verschwundenen Arten der Probeflächen zählen weiterhin ausgesprochene Frühjahrskeimer (Januar bis April) wie *Legousia speculum-veneris* und *Neslia paniculata*; *Sherardia arvensis* kommt derzeit nur noch mit geringen Deckungsgraden vor, es ist jedoch bekannt, daß sie im späteren Frühjahr keimt. Die genannten Arten werden durch die Herbizidapplikationen im Herbst und vor allem im Frühjahr sehr wirksam unterdrückt, da sie nach den Frühjahrsregulierungen nur in seltenen Einzelfällen wieder keimen können. Dies bestätigen auch Auszählungen von Keimpflanzen, die ALBRECHT (1989) vor und nach Herbizidapplikationen im Wintergetreide durchführte.

Im Konkurrenzvorteil und daher derzeit in Ausbreitung begriffen sind Arten mit indifferenten Temperaturansprüchen während der Keimung und spätauflaufende Arten mit hohen Ansprüchen an die Keimungstemperaturen. Nach den Unkrautregulierungsmaßnahmen, die während der Hauptauflaufphasen (Fig. 7) der Ackerwildkräuter (Phase 4 und 5, April bis Mitte Mai) durchgeführt werden, können sich vor allem sommerannuelle Arten (*Chenopodieta*-Arten, Krumenfeuchte- und Frischezeiger) und jederzeit keimfähige Arten (*Viola arvensis*, *Spergula arvensis*) noch entwickeln.

Die frühauflaufenden Sommerannualen haben z.T. sehr weite Auflaufphasen, die es ihnen ermöglichen, nach dem Abklingen der Regulierungsmaßnahmen erneut zu keimen wie z.B. *Polygonum aviculare*, *Chenopodium album*, *Ch. ficifolium*, *Ch. polyspermum*, *Veronica polita* und *Thlaspi arvense*. Eng an

das zeitigere Frühjahr (April bis Mitte Mai) gebunden sind dagegen die Auflaufphasen von *Fallopia convolvulus*, *Avena fatua*, *Erophila verna* und *Veronica arvensis*, die deshalb im Sommer- und Wintergetreide ihre Hauptverbreitung haben (vgl. dazu BACHTHALER 1966, 1968). Im Maisanbau mit seinem späten Herbizideinsatz können sich diese nur noch in Ausnahmefällen entwickeln.

Zu den spätauflaufenden Sommerannualen (ab Mitte Mai bis Ende Juni) zählen zum einen die typischen Maiswildkräuter *Atriplex patula*, *Digitaria ischaemum* und *Echinochloa crus-galli* und zum anderen die Krumenfeuchte- und Frischezeiger *Gnaphalium uliginosum*, *Plantago intermedia*, *Sagina procumbens*, *Juncus bufonius* und *Polygonum persicaria*. Die letzteren finden bevorzugte Keimbedingungen während und nach der als „Schafskälte“ bezeichneten kühlen, feuchten Periode Ende Mai/Anfang Juni. Über die späte Entwicklung von *Gnaphalium uliginosum* schreibt auch PÖTSCH (1972).

Beim Vergleich mit den Beobachtungen von LAUER (1953) wird sichtbar, daß u.a. *Chenopodium ficifolium*, *Matricaria chamomilla*, *Anthemis arvensis*, *Myosotis arvensis*, *Chenopodium album*, *Ch. polyspermum*, *Anagallis arvensis*, *Juncus bufonius*, *Viola arvensis* und *Spergula arvensis* ihre Variabilität in den Temperaturansprüchen bei der Keimung erweitert haben. Die Bestätigung dieser Beobachtungen durch Laborversuche ist in Vorbereitung.

Bei der Ergänzung pflanzensoziologischer Aufnahmen in Äckern muß in Zukunft berücksichtigt werden, daß mehr Arten später im Jahr dazu kommen können als früher. Aus den hier vorliegenden Erfahrungen schlagen wir daher als Aufnahmezeitpunkte in Winter- und Sommergetreide drei Termine vor: Anfang bis Mitte April, Ende Juni und Ende Juli.

Die allgemein beobachtete Verschiebung der Artenspektren der Getreideäcker von *Secalietea*- zu *Chenopodieta*-Gesellschaften (HILBIG 1987; KULP & CORDES 1986; MEISEL 1966, 1979; MEISEL & v. HÜBSCHMANN 1976; OBERDORFER 1983; TÜXEN 1962 u.a.) ist auf die Förderung sommerannualer Arten und jederzeit keimfähiger Ubiquisten zuungunsten Winterannualer zurückzuführen. Dabei sollte allerdings nicht übersehen werden, daß die heutigen *Chenopodieta*-Gesellschaften der Blattfruchtkulturen (= Hackfrüchte und Mais) durch andere Kenn- und Trennarten charakterisiert werden (z.B. durch *Echinochloa crus-galli*, *Digitaria ischaemum*, *D. sanguinalis*, *Amaranthus retroflexus*, *A. chlorostachys*) als die traditionellen Hackfrucht-Ackerwildkraut-Gesellschaften der fünfziger Jahre (vgl. dazu OBERDORFER 1983, PASSARGE 1964, J. TÜXEN 1958, R. TÜXEN 1950), die in der beschriebenen Form ebenfalls nicht mehr aktuell sind!

## 5 Konkurrenzvor- und -nachteile annualer Arten im *Alchemillo arvensis*-*Matricarietum chamomillae* nach dem Aussetzen von Regulierungsmaßnahmen

Um Populationsentwicklungen in Beständen der Kamillen-Gesellschaft nach dem Aussetzen von Regulierungsmaßnahmen voraussagen zu können, sollten

diejenigen Eigenschaften und Faktoren zusammengestellt und diskutiert werden, die bei den derzeitigen Pflanzenproduktionsbedingungen die schnelle Ausbreitung annueller Ackerwildkräuter begünstigen oder einschränken.

In Tab. 5 sind diejenigen Arten zusammengestellt worden, die auf den untersuchten Probestellen schon 1951 nachgewiesen wurden (SCHRAMM 1954) und die in neuerer Zeit verstärkt oder neu aufgekommen sind (vgl. Kap. 4). Dabei sind diejenigen Artengruppen vorangestellt worden, die momentan am stärksten gefördert werden bzw. sich nach dem Aussetzen von Regulierungsmaßnahmen am schnellsten vermehren (Gruppe A und B). Die Ursachen für dieses Verhalten sollen hier vergleichend interpretiert werden. Folgende Eigenschaften verschaffen Ackerwildkräutern derzeit Konkurrenzvorteile, wenn die Regulierungsmaßnahmen ausgesetzt werden und die Düngung nicht reduziert wird:

- Die Fähigkeit, hohe Nährstoffgehalte im Boden für den eigenen Biomasseaufbau kontinuierlich zu verwerten zu können („*Cucumis*-Typ“, JANSEN, BACHTHALER, FÖLSTER & SCHARPF 1984, S. 128),
- eine hohe Variabilität in der Zeitspanne der Aufgangphase der Keimlinge, die kombiniert ist mit der Eigenschaft, den Winter als Jungpflanze zu überdauern, und
- eine hohe Samenproduktion/Individuum ( $> 1000$  Samen/Ind., HANF 1982), die mit einem hohen Samenvorrat ( $> 1000$  Samen/m<sup>2</sup> · Art) im Boden gekoppelt ist.

Nachteilig erweisen sich derzeit folgende Eigenschaften beim Aufkommen und bei der Ausbreitung von Arten auf ertragreichen Äckern:

- Eine eingeschränkte Fähigkeit, hohe Nährstoffgehalte (vor allem während der Bestockungsphase des Getreides) für einen schnellen Biomasseaufbau auszunutzen zu können („*Sinapis*-Typ“, JANSEN et al. 1984, S. 128),
- eine enge Variabilität im Zeitraum der Aufgangphase (vor allem bei Herbst- und Vorfrühlingskeimern, LAUER 1953) und
- eine geringe Samenproduktion/Individuum und geringer Samengehalt im Boden ( $\leq 100$  Samen/m<sup>2</sup>) der Art im Boden.

### 5.1 Folgen ausgesetzter Regulierungsmaßnahmen (ohne Reduzierung der Düngung) auf Artengruppen

In Abhängigkeit von Bodennährstoffversorgung und Aufgangverhalten können fünf Artengruppen unterschiedlichen Verhaltens ausgegliedert werden (Tab. 5):

Gruppe A wird von überwiegend nährstoffbedürftigen, überwinterten Arten mit weiten Aufgangsphasen gebildet. Sie sind allgemein verbreitet, häufig auf allen Äckern, und waren schon 1951 auf den Beobachtungsflächen präsent (nur *Spergula arvensis* ist dazugekommen); allerdings haben die Artmächtigkeiten von *Stellaria media*, *Veronica persica*, *Galium aparine* und *Lamium purpureum* seit damals abgenommen. Über die höchste Samenbank ( $> 1000$  Samen/m<sup>2</sup>) verfügten 1985 *Stellaria media*, *Capsella bursa-pastoris* und *Poa annua*; die Samenzahl von *Veronica persica*, *Spergula arvensis*, *Lamium amplexicaule* und *L. purpureum* lag unter 100 Samen/m<sup>2</sup>.

Nicht nachgewiesen wurde *Galium aparine* im Samenvorrat des Bodens, da diese Art auf den beobachteten Flächen eine zu geringe Samendichte aufwies, obwohl die einzelne Pflanze große Individuen ausbilden kann. Bei Samenmengen, die unter 50 Samenkörnern/m<sup>2</sup> liegen, ist der Nachweis nur möglich, wenn das Probenvolumen größer als 10 kg/100 m<sup>2</sup> ist; zum Problem der Probenahme nehmen BAUERMEISTER (1983), FISCHER (1987) und ALBRECHT (1989) ausführlich Stellung.

Vom Aussetzen der Unkrautregulierungsmaßnahmen (Herbizidanwendung, Striegeln) haben *Stellaria media*, *Capsella bursa-pastoris*, *Veronica persica*, *Galium aparine* und *Spergula arvensis* am stärksten und schnellsten profitiert (vgl. HELMECKE & MAHN 1984, MAHN 1984). Sie reagierten mit der Verlängerung ihrer Samenphasen und der Zunahme ihrer Artmächtigkeiten. Der Konkurrenzvorteil dieser Arten besteht in der Verwertung von hohen Nährstoffvorräten im Boden für ein üppiges vegetatives und generatives Wachstum und der Fähigkeit, mehrere fruchtende Generationen pro Jahr bilden zu können, da sie bei Keimung und Auflaufen nicht an eine spezielle Jahreszeit gebunden sind. Deshalb können die Arten der Gruppe A unabhängig von Unkrautregulierungsmaßnahmen (Herbiziden, Striegeln) in jedem Jahr mindestens eine Generation fruchtender Individuen ausbilden; die meisten Samen in Gruppe A kann *Stellaria media* ausbilden: bis zu 15000 je Einzelpflanze (KORSMO 1930, HANF 1982).

Gruppe B wird von überwiegend nährstoffbedürftigen, bevorzugt im zeitigen Frühjahr auflaufenden Arten gebildet. Bei *Chenopodium ficifolium*, *Atriplex patula*, *Sonchus asper* und *Veronica polita* handelt es sich um Spezies, die erst nach 1951 verstärkt auf den beobachteten Ackerflächen aufgekommen sind. Eine optimale Nährstoffversorgung – vor allem im Maisanbau – fördert die Samenbildung bei den Chenopodiaceen und von *Sonchus asper*, da sie ohne Regulierung zwischen 3000 und 20000 Samen pro Pflanze ausbilden können (KORSMO 1930, HANF 1982). Von Nachteil ist für diese Arten der zeitige Aufgang ihrer Keimpflanzen vor den Frühjahrsregulierungen (April bis Anfang Mai), den sie allerdings durch das erneute Aufkommen einer weiteren Keimpflanzengeneration kompensieren können, wenn die Kulturart eine lange Anbauperiode hat (wie z. B. Mais). Auf unterlassene Regulierungsmaßnahmen haben *Chenopodium ficifolium*, *Ch. polyspermum*, *Atriplex patula*, *Sonchus asper* und *Veronica polita* mit (deutlichem) Anstieg der Artmächtigkeiten reagiert; nur eine Verlängerung der Samenphase wurde bei *Veronica arvensis*, *Thlaspi arvense* und *Chenopodium album* beobachtet. Da vor allem *Chenopodium album* große Samenmengen produziert, ist mit dem Anstieg der Populationsdichte dieser Art zu rechnen, da sie ihre Samenbank sehr schnell auffüllen kann.

Gruppe C besteht aus Arten, die nährstoffbedürftig oder nur nährstoffliebend sind und die in einem engen Zeitraum im späten Frühjahr (ab Mitte Mai, vgl. Fig. 7) aufkommen. Es handelt sich um vorwiegend krumenfeuchte oder frisch-feuchte Äcker bevorzugende Arten und um Arten der Blattfruchtkulturen (*Digitaria ischaemum*, *Anagallis arvensis*). Die Stetigkeiten und Artmächtigkeiten sind in dieser Gruppe im Vergleich zu 1951 erheblich angestiegen (vgl. Kap. 4.1). Bemerkenswert ist der hohe Samenvorrat der Krumenfeuchte-

Tabelle 5. Eigenschaften von annuellen Arten in *Alchemillo arvensis*-*Matricarium chamomillae* und ihre Gegenüberstellung mit langfristigen (1951-1988) und kurzfristigen (1985-1988) Gesellschaftsveränderungen.

Datenzusammenstellung aus:  Differenzierende Parameter  Artengruppen	Eigenschaften von Arten				Veränderungen in der Gesellschaft				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Literatur	Aufgangsphase aus Kap. 4.3	Verträglichkeit in der Aufgangsphase	Samenzahl pro Individuum (HANF 1982) (KORSMO 1930)	Stetigkeitsvergleich 1951 bis 1988	Armäßlichkeitsvergleich 1951 bis 1988	Samenzahl/m <sup>2</sup> (1985)	Verlängerung der Samenphase 1984-1988	Zunahme der Armäßlichkeit-keiten 1984-1988
<b>A nährstoffbedürftige, überwinternde Arten mit weiten Aufgangsphasen:</b>									
<i>Stellaria media</i>	8	a	w	15.000	0	+	++	++	++
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	5	a	w	2.-4.000	0	0	+	++	++
<i>Veronica persica</i>	7	a	w	50-100	0	0	0	++	++
<i>Galium aparine</i>	8	a	w	300-400	0	-	+	+	++
<i>Spergula arvensis</i>	6	a	w	3.-10.000	0	+	0	+	+
<i>Lamium amplexicaule</i>	7	a	(w)	200	0	0	0	?	+
<i>Poa annua</i>	8	a	w	100-800	0	0	0	?	0
<i>Lamium purpureum</i>	x	a	w	200	0	-	0	0	0
<i>Chenopodium ficifolium</i>	7	b1	w	3.- (20.000)	+	+	++	0	++
<i>Atriplex patula</i>	7	b2	(w)	100-6.000	+	+	+	~	++
<i>Sonchus asper</i>	7	b2	e	5.000	+	+	+	0	++
<i>Veronica polita</i>	7	b1	e	50-100	+	+	0	0	++
<i>Chenopodium polyspermum</i>	8	b1	(w)	4.000	0	-	0	~	++
<i>Veronica arvensis</i>	x	b1	e	50-100	0	-	0	~	++
<i>Chenopodium album</i>	7	b1	e	3.-20.000	+	+	++	++	0
<i>Thlaspi arvense</i>	6	b1	(w)	900	0	0	0	0	0
<i>Polygonum aviculare</i>	x	b1	w	125-200	0	0	0	++	~
<b>B nährstoffbedürftige, bevorzugt im zeitigen Frühjahr auflaufende Arten:</b>									
<i>Sagina procumbens</i>	6	b2	e	-	+	+	++	0	0
<i>Juncus bufonius</i>	x	b2	e	-	+	+	++	0	0
<i>Digitaria ischaemum</i>	7	b2	e	-	+	+	++	~	0
<i>Polygonum tomentosum</i>	4	b2	e	800-850	+	+	+	~	0
<i>Plantago intermedia</i>	4	b2	e	3.-15.000	+	+	+	?	0
<i>Matricaria matricarioides</i>	8	b2	e	5.000	+	+	+	?	0
<i>Gnaphalium uliginosum</i>	4	b2	e	100-500	+	+	+	~	0
<i>Polygonum persicaria</i>	7	b2	e	200-800	0	0	0	0	0
<i>Anagallis arvensis</i>	6	b2	e	100-300	0	-	+	+	~
<i>Polygonum lapathifolium</i>	8	b2	e	800-850	0	-	+	-	0
<i>Raphanus raphanistrum</i>	5	a	(w)	150	+	+	+	++	~
<i>Arabisopsis thaliana</i>	4	a	w	-	+	+	0	++	0
<i>Tripleurospermum inodorum</i>	6	a	w	10.-200.000	+	+	+	0	0
<i>Apera spica-venti</i>	x	a	(w)	1.-12.000	+	+	+	-	0
<i>Viola arvensis</i>	x	a	w	2.500	0	0	+	0	0
<i>Anthemis arvensis</i>	6	a	(w)	4.-5.000	0	0	+	~	~
<i>Myosotis arvensis</i>	6	a	w	700	0	0	+	-	0
<i>Matricaria chamomilla</i>	5	a	w	5.000	0	-	+	0	0
<b>E nährstoffliebende, überwinternde oder im zeitigen Frühjahr auflaufende Arten mit engen Aufgangsphasen:</b>									
<i>Erophila verna</i>	2	b1	e	-	0	0	0	~	+
<i>Fallopia convolvulus</i>	x	b1	e	100.-1.000	0	-	0	+	0
<i>Aphanes arvensis</i>	5	a	w	-	0	-	0	0	0
<i>Veronica hederifolia</i>	7	a	e	200	0	-	0	?	+
<i>Galeopsis tetrahit</i>	7	b1	e	2.800	0	-	+	0	0
<i>Avena fatua</i>	x	b1	e	20-100	0	-	+	0	0
<i>Vicia hirsuta</i>	7	a	(w)	40-600	0	-	+	?	0

Zeichenerklärung

Spalte 1: Stickstoffzeigerwerte (ELLENBERG 1974)

Spalte 5, 6, 8, 9:

8 nährstoffreichste Standorte bevorzugende Arten  
nährstoffärmste

Spalte 2: überwinternde Art

b1 frühe, sommerannuelle Art

b2 späte, sommerannuelle Art

Spalte 3: e enge Variabilität der Aufgangsphase

w weite Variabilität der Aufgangsphase

(w) auf eine bestimmte Jahreszeit beschränkte weite Variabilität der Aufgangsphase

Spalte 7, 8, 9:

starke Zunahme

Zunahme

keine Veränderung

Abnahme

vage, keine Tendenz

ungeklärt

Samenzahl  $\leq$  10.000/m<sup>2</sup> 30cm Tiefe

Samenzahl  $\leq$  1.000/m<sup>2</sup> 30cm Tiefe

Samenzahl  $\leq$  100/m<sup>2</sup> 30cm Tiefe

nicht nachgewiesen

zeiger *Sagina procumbens*, *Juncus bufonius*, *Polygonum tomentosum*, *Plantago intermedia* und *Matricaria matricarioides*. Er scheint typisch für alle neutralen bis sauren Böden zu sein, wie Beobachtungen von JENSEN (1969) aus Däne-

mark, BUCHLI (1936), FOSSATI & BEURET (1984) aus der Schweiz, GOYEAU & FABLET (1982), BARRALIS & CHADOEUF (1987) aus Frankreich, FISCHER (1987) aus Hessen und aus Bayern ALBRECHT (1989) und HERRMANN (unveröff.)

belegen. Bemerkenswert ist, daß trotz dieser günstigen Voraussetzungen kein deutlicher Anstieg in der Länge der Samenphase und der Artmächtigkeit im Beobachtungszeitraum (1985–1988) festzustellen ist. Für die größere Biomasseentwicklung dieser Arten ist eine lückigere Kulturpflanzenschicht Voraussetzung, die jedoch derzeit aufgrund der nicht reduzierten Düngung die relativ kleinwüchsigen Arten noch zu sehr beschattet.

Gruppe D besteht aus nährstoffliebenden, überwinternden Arten mit ( $\pm$ ) weiten Aufgangsphasen, deren Verbreitungsschwerpunkt im (Winter-)Getreideanbau ist. Seit 1951 sind die Stetigkeiten und Artmächtigkeiten dieser Arten angestiegen. Abgesehen von *Raphanus raphanistrum* konnten alle Arten im Samenpotential nachgewiesen werden – trotzdem haben sie vom Aussetzen der Regulierungsmaßnahmen offensichtlich nur wenig profitiert. Vorteile hat das Aussetzen der Regulierungsmaßnahmen für die beiden Cruciferen *Raphanus raphanistrum* und *Arabidopsis thaliana* gebracht, denn normalerweise fallen sie den Regulierungsmaßnahmen im Frühjahr zum Opfer. Sie konnten ihren Generationszyklus vollenden und ihre Samen freisetzen. Da sie aber nur relativ wenige Samen/Individuum bilden, dauert es einige Jahre, bis ihre Samenbank soweit aufgebaut ist, daß sie mit höheren Artmächtigkeiten in Erscheinung treten.

Die Arten der Gruppe E sind noch enger an den Anbau von Getreide gebunden als die von Gruppe D. Bedingt ist dies durch eine geringere Variabilität in den Auflaufphasen im Herbst oder zeitigen Frühling. Auffallend ist, daß – obwohl die Präsenz (= Stetigkeit) der Arten gleich geblieben ist – die Artmächtigkeiten in dieser Gruppe seit 1951 stark rückläufig sind. Nur geringe Samenvorräte konnten für *Erophila verna*, *Fallopia convolvulus* und *Aphanes arvensis* ermittelt werden (vgl. Fig. 6); nicht nachgewiesen wurden Samen von *Veronica hederifolia*, *Galeopsis tetrabit*, *Avena fatua* und *Vicia hirsuta*. *Erophila verna* und *Veronica hederifolia* haben vom Aussetzen der Regulierungsmaßnahmen profitiert, da sie schon im zeitigen Frühjahr blühen und fruchten und ansonsten durch Herbizideinsatz oder Striegeln (im April) ausgemerzt werden. Bei den übrigen Arten der Gruppe E wurde keine eindeutige Veränderung in den Artmächtigkeiten festgestellt.

## 5.2 Zusammenfassende Beurteilung

Zusammenfassend ist festzustellen, daß bei Aussetzen von Regulierungsmaßnahmen im Getreideanbau ohne gleichzeitige Reduktion oder Verringerung der Düngung, vor allem nährstoffbedürftige Arten gefördert werden, deren Verbreitungsschwergewicht früher in Blattfruchtkulturen lag. Es handelt sich dabei um jederzeit keim- und aufgangsbereite Arten, die mehrere Generationen im Verlauf einer Anbauperiode bilden können wie *Stellaria media*, *Capsella bursa-pastoris*, *Veronica persica*, *Galium aparine*, *Poa annua*, *Lamium amplexicaule* und *Lamium purpureum*. Weiterhin werden nährstoffbedürftige Chenopodiaceen (*Chenopodium ficifolium*, *Ch. album*, *Ch. polyspermum*, *Atriplex patula*) gefördert, die ab dem zeitigen Frühjahr auflaufen, deren Individuen eine lange Lebensspanne haben und die als  $C_4$ -Pflanzen sehr effektiv mit Wasser- und Bodennährstoffen haushalten können (STRASBURGER 1983). Auf-

grund einer hohen Samenproduktion sind sie innerhalb weniger Jahre in der Lage, eine riesige Samenbank langlebiger Samen aufzubauen (ODUM 1965, AELLEN 1979 in HEGI 1979). Auch *Thlaspi arvense* und *Sonchus asper* sind bei den sich schnell vermehrenden nährstoffbedürftigen Arten einzureihen; mit den o.g. Arten bilden sie Dominanzbestände aus.

Zurückgedrängt werden dabei weniger nährstoffbedürftige Arten mit ursprünglichem Verbreitungsschwergewicht in Getreidekulturen (*Raphanus raphanistrum*, *Arabidopsis thaliana*, *Tripleurospermum inodorum*, *Viola arvensis*, *Anthemis arvensis*, *Fallopia convolvulus*, *Matricaria chamomilla* und *Aphanes arvensis*; weitere Arten s. Tab. 5). Unterdrückt werden auch relativ kleinwüchsige, spätauflaufende Sommerannuelle (*Sagina procumbens*, *Juncus bufonius*, *Gnaphalium uliginosum* und *Anagallis arvensis*; Tab. 5).

Mit einer Verlängerung der generativen Phase und einer geringfügigen Zunahme in der Artmächtigkeit reagieren auf das Aussetzen von Regulierungsmaßnahmen (innerhalb der weniger nährstoffbedürftigen Arten) nur frühblühende und -fruchtende Cruciferen (*Erophila verna*, *Raphanus raphanistrum*), *Spergula arvensis* und *Veronica hederifolia*, deren Entwicklung mit dem Schossen des Getreides zu Ende geht.

In ertragreichen Ackerbaugebieten, in denen die Kamillen-Gesellschaft (*Alchemillo arvensis*-*Matricarietum chamomillae*) die vorherrschende Ackerwildkraut-Gesellschaft ist, kann die Artenvielfalt sehr hoch sein (68 Arten/15 m<sup>2</sup>, vgl. Kap. 4.1.1), auch wenn spektakuläre Arten der „Roten Listen“ (SCHÖNFELDER 1987, NEZADAL 1980) inzwischen verschwunden sind. Von diesem Artenpotential kann sich bei herkömmlichen Bewirtschaftungsformen (mit Herbizideinsatz, hoher Düngung und enger Fruchtfolge) jährlich nur ein geringer Teil entwickeln und vermehren. Es ist daher dringend notwendig, in ertragreichen Lagen, Äcker in „Ackerrandstreifenprogramme“ (des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen) oder in das „Kulturlandschaftsprogramm“ (des Bayerischen Staatsministeriums für Landwirtschaft und Forsten) aufzunehmen, wo die Ackerflächen ohne Regulierungsmaßnahmen und Düngemitelesatz bewirtschaftet werden, da die potentiell artenreichen Agrarphytozönosen aus relativ häufigen Arten immer seltener zur Entwicklung kommen. Bei längerfristiger (> 5 Jahre) Bewirtschaftung ohne Düngemitelesatz werden Dominanzbestände aus nährstoffbedürftigen Arten abgebaut (da sie unter diesen Voraussetzungen weniger Biomasse und Samen produzieren). Infolgedessen nimmt die Artenvielfalt zu, da auch Arten mit anderen ökologischen Ansprüchen (vgl. Tab. 5, C–E) eine Entwicklungschance bekommen!

**Danksagungen.** Die Durchführung des Projektes wurde aus Mitteln des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten gefördert, deren Bereitstellung aufgrund des Interesses an dem Projekt von Dr. MOSER und Dr. HEUSER ermöglicht wurde. Es halfen Dipl.-Ing. Michael NAAB und Dipl.-Ing. Klaus BLIEFFERT bei den Gelände- und Auswertungsarbeiten; Frau Heidemarie PELLMAIER fertigte die Zeichnungen an, die Reinschrift des Manuskriptes besorgte Frau Eva HUFSCHMID, die Tabellen schrieb Frau Henriette MAUDER; die kritische Durchsicht des Manuskriptes übernahm Dipl.-Ing. Dr. Harald ALBRECHT. Ihnen allen sei an dieser Stelle herzlich gedankt!

**Zusammenfassung.** Von 1985 bis 1988 wurde auf drei Ackerschlägen nördlich von Freising (Oberbayern, 490 m üNN) die Entwicklung von Beständen des *Alchemilla arvensis*-*Matricarietum chamomillae*, montane *Galeopsis tetrabit*-Form; Tx. 37 em. Oberd. 58; OBERDORFER 1983) nach dem Aussetzen von Unkrautregulierungsmaßnahmen beobachtet. Die Vegetationsentwicklung wurde in vollständigen phänologischen Diagrammen dokumentiert (DIERSCHKE 1972); außerdem wurden Bodenparameter (Mineralstickstoffversorgung und pH-Wert-Entwicklung während der vier Anbauperioden; Bodenkenngrößen: Korngrößenverteilung, organischer Kohlenstoffgehalt, Gesamt-Phosphat- und Kaliumvorräte) und der Samenvorrat/m<sup>2</sup>. 30 cm Bodentiefe zu Versuchsbeginn bestimmt.

Durch den Vergleich mit einer Untersuchung von 1951 (SCHRAMM 1954) konnten Veränderungen im Artenspektrum der Probeflächen seit der Erstaufnahme aufgezeigt werden. Seit 1951 konnten 23 Arten nicht mehr nachgewiesen werden, allerdings sind 36 Arten neu dazugekommen. Die rückläufigen Arten können durch folgende Eigenschaften gekennzeichnet werden:

- Niedere Temperaturansprüche bei der Keimung,
  - relativ hohes Wärmebedürfnis während der Vegetationszeit und
  - Bevorzugung basischer Böden;
- die neu dazugekommenen Arten sind durch
- höheres Nährstoffbedürfnis,
  - höhere Ansprüche an die Bodenfeuchtigkeit und
  - geringere Ansprüche gegenüber dem Säuregrad des Bodens
- ausgezeichnet.

Auf das Aussetzen von Regulierungsmaßnahmen (Herbizide oder Striegeln; 1985–1988) ohne Reduzierung der Düngung reagieren Ackerwildkräuter mit einer Verlängerung der samenbildenden Phase (= höhere Samenproduktion) und/oder mit dem Anstieg ihrer Artmächtigkeiten oder ohne derzeit erkennbare Veränderungen in ihrem Populationsaufbau.

Am stärksten von den ausgesetzten Regulierungsmaßnahmen haben *Stellaria media*, *Capsella bursa-pastoris*, *Veronica persica*, *Galium aparine* und *Spergula arvensis* profitiert, in geringerem Ausmaß *Veronica polita*. Bei den genannten Arten verlängerte sich die Phase der Samenbildung, und die Artmächtigkeit war nach vier Beobachtungsjahren deutlich angestiegen. Nur eine Verlängerung in der Samenphase war bei *Veronica arvensis*, *Thlaspi arvense*, *Chenopodium album*, *Raphanus raphanistrum*, *Arabidopsis thaliana*, *Anagallis arvensis* und *Fallopia convolvulus* zu verzeichnen. Bei diesen Arten (Ausnahme *Chenopodium album*) war die Samenbank im Boden zu Versuchsbeginn gering oder nicht nachweisbar, so daß es länger als vier Anbauperioden dauerte, bis der Samenvorrat soweit angereichert war, daß er sich auch in einem Anstieg der Artmächtigkeit (= Populationsdichte) bemerkbar machte. Eine deutliche Zunahme der Artmächtigkeit – ohne Verlängerung der samenbildenden Phase – würde bei *Chenopodium ficifolium*, *Atriplex patula*, *Sonchus asper*, *Chenopodium polyspermum*, *Lamium amplexicaule*, *Erophila verna* und *Veronica hederifolia* registriert.

Keine Veränderungen in den Artmächtigkeiten wurden u. a. bei den relativ kleinwüchsigen Krumenfeuchte- und Frischezeigern *Sagina procumbens*, *Juncus bufonius*, *Polygonum tomentosum*, *Plantago intermedia*, *Matricaria matricaroides* und den Getreidearten *Tripleurospermum inodorum*, *Apera spica-venti*, *Viola arvensis*, *Antibemis arvensis*, *Myosotis arvensis* und *Matricaria chamomilla* festgestellt, obwohl deren Samenbank im Boden (sehr) hoch ist. Ihre Entwicklung wurde durch dichte Kulturpflanzen-Bestände und die wüchsigen Nährstoffzeiger (s. o.) unterdrückt.

Bei der Auswertung der phänologischen Diagramme wurde festgestellt, daß sich bei Ackerwildkräutern eine neue Strategie im Aufgangsverhalten durchsetzt (bzw. durchgesetzt hat). Im Vergleich zu Untersuchungen, die LAUER (1953) zum Keimverhalten von Ackerwildkräutern durchgeführt hat (an Saatgut an der Umgebung von Freising), zeigt es sich, daß die Variabilität vieler Arten in ihren Aufgangsphasen (-zeiten) heute größer ist als früher. D.h., daß das Überleben vieler Arten heute von der Fähigkeit abhängt, mehrmals nach Regulierungsmaßnahmen wieder aufzugehen. Besonders deutlich zeigt sich diese Anpassung

bei *Chenopodium ficifolium*; die Art wurde gemeinsam mit *Chenopodium rubrum* von LAUER als Art mit „höchsten Ansprüchen an die Temperatur bei der Keimung“ (zwischen 30 und 40 °C) eingestuft und galt 1953 in der Gegend von Freising als selten. Heute läuft *Chenopodium ficifolium* gemeinsam mit *Chenopodium album* und *Atriplex patula* ab April auf und ist eine der häufigsten Arten in den Mais-betonten Fruchtfolgen des südlichen Donau-Isar-Hügellandes.

## Literatur

- Aellen, P. (1960): Familie Chenopodiaceae. – In: Hegi, G. (1979): Illustrierte Flora von Mitteleuropa Bd. III. Teil 2: 533–612. 2. Aufl. Berlin/Hamburg (Parey).
- Albrecht, H. (1989): Untersuchungen zur Veränderung der Segeltalflora an sieben bayerischen Ackerstandorten zwischen den Erhebungszeiträumen 1951/68 und 1986/88. – Diss. Weihenstephan. 201 S.
- Albrecht, H. & Bachthaler, G. (1988): Die Segeltalflora zweier bayerischer Ackerstandorte 1986/87 im Vergleich zu Untersuchungsergebnissen von 1955/56 bzw. 1965. – Z. Pfl. Krankh. Pfl. Schutz, Sonderh. 11: 163–174.
- Bachthaler, G. (1966): Der gegenwärtige Verbreitungsstand von Flughafer (*Avena fatua* L.) in der Bundesrepublik Deutschland. – Weed Res. 6: 193–202.
- (1968): Die Entwicklung der Unkrautflora in Abhängigkeit von veränderten Feldbaumethoden. I. Der Einfluß einer veränderten Feldbautechnik auf den Ackerunkrautbesatz. – Z. Acker Pflanzenbau 127: 149–170. II. Untersuchungen über die Ausbreitung grasartiger Unkräuter und ihre Bekämpfung. – Ibid. 127: 326–358.
- (1985): Veränderungen der Ackerunkrautvegetation in Bayern. – Bayer. Landw. Jahrb. 62: 60–75.
- Barralis, G. & Chadoeuf, R. (1987): Potentiel semencier des terres arables. – Weed Res. 27: 417–424.
- Bauermeister, W. (1983): Modelluntersuchungen zur Erfassung des Unkrautsamenvorrats im Ackerboden und zur Verlagerung der Samen durch Bodenbearbeitung. – Wiss. Z. Päd. Hochsch. Potsdam 27: 147–156.
- Bayerisches Geologisches Landesamt (1963): Bodenkarte von Bayern 1 : 25 000. Blatt Nr. 7536 Freising Nord. – Mit Erläuterungen von Brunnacker, K., 132 S. München (Selbstverlag).
- (1983): Standortkundliche Bodenkarte von Bayern 1 : 50 000. Blatt Nr. L 7736 Erding. – Mit Erläuterungen von Wittmann, O., 146 S. München (Selbstverlag).
- Beuret, E. (1982): Auswirkungen der Bodenbearbeitung auf den Unkrautsamenvorrat im Boden. – Mitt. Schweiz. Landw. 30: 5–11.
- (1986): Integrierter Pflanzenschutz und Unkrautsamenvorrat im Boden. – Mitt. Schweiz. Landw. 34: 22–26.
- Braun, W. (1981): Auswirkungen unterschiedlicher Bewirtschaftungsmaßnahmen auf die Zusammensetzung der Wildkrautflora. – Bayer. Landw. Jahrb. 58: 300–313.
- (1984): Auswirkungen abgestufter Intensitäten im Pflanzenbau auf die Zusammensetzung der Wildkrautflora. – Bayer. Landw. Jahrb. 61: 41–56.
- (1988): Auswirkungen der modernen Landbewirtschaftung auf die Vegetation von Grün- und Ackerland in Bayern. – Wiss. Z. Univ. Halle, math.-nat. Reihe, 37: 82–92.
- Braun-Blanquet, J. (1964): Pflanzensoziologie, 3. Aufl. – 865 S. Springer, Wien/New York.
- Buchli, M. (1936): Ökologie der Ackerunkräuter der Nordostschweiz. – Beitr. geobot. Landesaufn. Schweiz 19: 3–153.
- Dierschke, H. (1972): Zur Aufnahme und Darstellung phänologischer Erscheinungen in Pflanzengesellschaften. – In: Tüxen, R. (Red.): Grundfragen und Methoden in der Pflanzensoziologie. – Ber. Internat. Sympos. IVV Rinteln 1970: 291–311. Junk, Den Haag.

- Dietz, Th. & Sommer, G. (1979): Veränderungen des Gehaltes an löslichem Bodenstickstoff ( $N_{min}$ ) im Jahresablauf. – Bayer. Landw. Jahrb. 56: 350–363.
- Eggers, Th. (1979): Werden und Wandel der Ackerunkraut-Vegetation. – In: Wilmanns, O. & Tüxen, R. (Red.): Werden und Vergehen von Pflanzengesellschaften. – Ber. Internat. Sympos. IVV Rinteln 1978: 503–527. Cramer, Vaduz.
- Ellenberg, H. (1950): Landwirtschaftliche Pflanzensoziologie. I. Unkrautgemeinschaften als Zeiger für Klima und Boden. – 131 S. Ulmer, Stuttgart.
- (1974): Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. – Scripta Geobot. 9, 1. Aufl. 122 S. Goltze, Göttingen.
- Ellenberg, H. & Snoy, M.-L. (1957): Physiologisches und ökologisches Verhalten von Ackerunkräutern gegenüber der Bodenfeuchtigkeit. – Mitt. Staatsinst. allg. Bot. Hamburg 11: 47–87.
- Fischer, A. (1987): Untersuchungen zur Populationsdynamik am Beginn von Sekundär-sukzessionen. Die Bedeutung von Samenbank und Samenniederschlag für die Wiederbesiedlung vegetationsfreier Flächen in Wald- und Grünlandgesellschaften. – Diss. Bot. 110: 234 S. Cramer, Stuttgart/Berlin.
- Fossati, J. & Beuret, E. (1984): Quelques résultats sur la flore adventice de l'enquête Vaud. – Schweiz. Landw. Forsch. 23: 99–107.
- Goyeau, H. & Fablet, G. (1982): Étude du stock de semences de mauvaises herbes dans le sol: le problème de l'échantillonnage. – Agronomie 2: 545–552.
- Hacker, E. & Hess, M. (1986): Befallsprognosen für Queckenpopulationen (*Agropyron repens* (L.) P.B.) auf praxisüblich bewirtschafteten Ackerflächen mit Hilfe eines Simulationsmodells. – Proc. EWRS Symposium 1986 (Stuttgart-Hohenheim), Economic Weed Control: 285–292.
- Hanf, M. (1982): Ackerunkräuter Europas. – 496 S. BASF, Ludwigshafen.
- Heddergött, H. (1983): Taschenbuch des Pflanzenarztes, 32. Aufl. – 721 S. Landwirtschaftsverlag, Münster.
- Helfrich, R. (1988): Das „Acker- und Wiesenrandstreifenprogramm“ in Bayern – ein Programm zur Verbesserung der gesamtökologischen Situation in der Feldflur. – Schriftenr. Bayer. Landesamt Umweltschutz 84: 155–160.
- Helmecke, K. & Mahn, E.-G. (1984): Veränderungen der Populationsdynamik ausgewählter Segetalarten in Agrophytozönosen durch Herbizide. – Wiss. Z. Univ. Halle, math.-nat. Reihe, 33: 3–20.
- Herrmann, G. (1989): Die Entwicklung der Getreide-Ackerwildkrautgesellschaften bei Betriebspaaren der konventionellen und ökologischen Bewirtschaftungsweise. Ein Beitrag zum Artenschutzprogramm „Ackerwildkräuter“ in Südbayern. – Forschungsvorhaben des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen am Lehrgebiet Geobotanik TUM. Abschlußbericht in Vorbereitung.
- Herrmann, G., Hampl, U. & Bachthaler, G. (1986): Unkrautbesatz und Unkrautentwicklung, Ergebnisvergleich von Regulierungsmaßnahmen bei ökologischer und konventioneller Wirtschaftsweise in Winterweizen, Futterrüben, Kartoffeln und Mais. – Bayer. Landw. Jahrb. 63: 795–805.
- Hilbig, W. (1987): Wandlungen der Segetalvegetation unter den Bedingungen der industriemäßigen Landwirtschaft. – Arch. Natursch. Landsch.Forsch. 27: 229–249.
- Hurle, K. (1974): Effect of long-term weed control measures on viable weed seeds in the soil. – Proc. 12th Brit. Weed Control Conf. (1974): 1145–1152.
- Hurle, K., Maier, J., Amann, Th., Weishaar, Th., Mozer, B. & Pulcher-Häussling, M. (1988): Auswirkungen unterlassener Pflanzenschutz- und Düngungsmaßnahmen auf die Unkrautflora. Erste Ergebnisse aus einem mehrjährigen Versuchsprogramm. – Z. Pfl.Krankh. Pfl.Schutz, Sonderh. 9: 175–187.
- Jansen, H., Bachthaler, E., Fölster, E. & Scharpf, H.-Ch. (1984): Gärtnerischer Pflanzenbau. Grundlagen des Anbaues unter Glas und Kunststoffen, 1. Aufl. – 450 S. Ulmer, Stuttgart.
- Jensen, H.A. (1969): Content of buried seeds in arable soil in Denmark and its relation to the weed population. – Dansk bot. Arkiv 27: 1–56.
- Kees, H. (1981): Zum Auftreten atrazinresistenter Samenunkräuter in Bayern. – Bayer. Landw. Jb. 58: 657–668.
- Koch, W. (1969): Einfluß von Umweltfaktoren auf die Samenphase annualer Unkräuter insbesondere unter dem Gesichtspunkt der Unkrautbekämpfung. – Arb. Univ. Hohenheim 50: 204 S. Ulmer, Stuttgart.
- (1974): Unkrautbekämpfung. 342 S. Ulmer, Stuttgart.
- Koch, W. & Hurle, K. (1978): Grundlagen der Unkrautbekämpfung. 320 S. Ulmer, Stuttgart.
- Koch, W. & Rademacher, B. (1966): Untersuchungen zur Konkurrenzwirkung von Kulturpflanzen und Unkräutern aufeinander. I. Absolute und relative Entwicklung von Getreide und einigen Unkrautarten. – Weed Res. 6: 243–253.
- Köck, U. (1984): Intensivierungsbedingte Veränderungen der Segetalvegetation des mittleren Erzgebirges. – Arch. Natursch. Landsch.Forsch. 24: 105–133.
- Kojic, M. (1978): Über die Entwicklungstendenz der Ackerwildkrautgesellschaften. – Ber. Deutsch. Bot. Ges. 91: 657–663.
- Korneck, D. & Sukopp, H. (1988): Rote Liste der in der Bundesrepublik Deutschland ausgestorbenen, verschollenen und gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen und ihre Auswertung für den Arten- und Biotopschutz. – Schriftenr. Vegetationskde 19: 210 S.
- Korsmo, E. (1930): Unkräuter im Ackerbau der Neuzeit. – 580 S. Springer, Berlin.
- Kropac, Z. (1966): Estimation of weed seeds in arable soil. – Pedobiologia 6: 105–128.
- Kulp, H.-G. & Cordes, H. (1986): Veränderung der soziologischen Bindung in Ackerwildkrautgesellschaften auf Sandböden. – Tuexenia 6: 25–36.
- Kulp, H.-G. & Preuschoff, B. (1985): Untersuchungen zum Rückgang von Ackerwildkräutern im Raum Bremen. – Verhandl. Ges. Ökologie 13: 689–692.
- Kutzelnigg, H. (1984): Veränderungen der Ackerwildkrautflora im Gebiet Moers/Niederrhein und ihre Ursachen. – Tuexenia 4: 81–102.
- Lauer, E. (1953): Über die Keimtemperaturen von Ackerwildkräutern und deren Einfluß auf die Zusammensetzung von Unkrautgesellschaften. – Flora 140: 551–595.
- Lütke-Entrup, N. (1986) in Oehmichen, J. (Hrsg.): Pflanzenproduktion, Bd. 2 (Produktionstechnik). – S. 533 f. Parey, Berlin/Hamburg.
- Mahn, E.G. (1984): Structural changes of weed communities and populations. – Vegetatio 58: 79–85.
- Mahn, E.G. & Martschat, S. (1985): Vergleich des Einflusses mehrjähriger mechanischer und chemischer Behandlungsmaßnahmen auf Populationsdynamik und Struktur von Agrophytozönosen. – Wiss. Z. Univ. Halle, math.-nat. Reihe, 34: 45–55.
- May-Didion, H. (1987): Schutzprogramm für Ackerwildkräuter – Ergebnisse 1986. – Hrsg.: Saar-Pfalz-Kreis, Amt für Landwirtschaft und Gartenbau, 24 S.
- Meisel, K. (1966): Ergebnisse von Daueruntersuchungen in nordwestdeutschen Ackerunkrautgesellschaften. – In: Tüxen, R. (Red.): Anthropogene Vegetation. – Ber. Internat. Sympos. IVV Stolzenau 1961: 86–96. Junk, Den Haag.
- (1979): Veränderungen der Segetalvegetation in der Stolzenauer Wesermarsch seit 1945. – Phytocoenologia 6: 118–130.
- (1983): Veränderungen der Ackerunkraut- und Grünlandvegetation in den landwirtschaftlichen Intensivgebieten. – Schriftenr. Deutschen Rates Landespflege 42: 168–173.
- (1985): Gefährdete Ackerwildkräuter – historisch gesehen. – Natur und Landschaft 60: 62–66.
- Meisel, K. & Hübschmann, A. von (1976): Veränderungen der Acker- und Grünlandvegetation im norddeutschen Flachland in jüngerer Zeit. – Schriftenr. Veget.Kde. 10: 109–124.
- Mittnacht, A. (1980): Segetalflora der Gemarkung Mehrstetten 1975–1978 im Vergleich zu 1948/49. – Diss. Hohenheim. 105 S.
- Nezadal, W. (1975): Unkrautgesellschaften Nordostbayerns. – Hoppea, Denkschr. Regensb. Bot. Ges. 34: 17–149.

- (1980): Naturschutz für Unkräuter? Zur Gefährdung der Ackerunkräuter in Bayern. – Schriftenr. Natursch. Landschaftspfl. 12: 17–27.
- Oberdorfer, E. (1983): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil III. – 2. Aufl., S. 15–115. Fischer, Stuttgart.
- Ødum, S. (1965): Germination of ancient seeds; floristical observations and experiments with archaeological dated soil samples. – Dansk Bot. Arkiv 24 (2): 705.
- Oesau, A. (1987): Ackerrandstreifenprogramm des Landespflanzenschutzdienstes. Ergebnisse 1984–1986. – Mainz Landespflanzenschutzdienst Rheinland-Pfalz, 27 S.
- Otte, A. (1984): Änderungen in Ackerwildkraut-Gesellschaften als Folge sich wandelnder Feldbaumethoden in den letzten drei Jahrzehnten – dargestellt an Beispielen aus dem Raum Ingolstadt. – Diss. Bot. 78: 165 S.
- Otte, A., Zwingel, W., Naab, M. & Pfadenhauer, J. (1988): „Ergebnisse der Erfolgskontrolle zum Ackerrandstreifenprogramm“ aus den Regierungsbezirken Oberbayern und Schwaben (Jahre 1986 und 1987). – Schriftenr. Bayer. Landesamt Umweltschutz 84: 161–206.
- Passarge, H. (1964): Pflanzengesellschaften des nordostdeutschen Flachlandes I. – Pflanzensoziologie 13: 298 S. Fischer, Jena.
- Pötsch, J. (1972): Untersuchungen über die Entwicklung der Ackerunkrautflora nach Herbizideinsatz. – Wiss. Z. Päd. Hochsch. Potsdam 16: 101–110.
- Schnelle, F. (1955): Pflanzen-Phänologie. – In: de Rudder, B., Ruttner, F. & Steinhauser, F.: Probleme der Bioklimatologie III, 1. Aufl., 299 S. Geest u. Portig, Leipzig.
- Schönfelder, P. (1987): Rote Liste gefährdeter Farn- und Blütenpflanzen Bayerns. – Schriftenr. Bayer. Landesamt Umweltschutz 72: 77 S.
- Schramm, G. (1954): Die Beziehungen der Ackerunkräuter und ihrer Gemeinschaften zum Reaktionszustand und zur Struktur des Ackerlandes im Gebiet des Tertiären Hügellandes. – Diss. Weihenstephan. 210 S.
- Schumacher, W. (1981): Artenschutz für Kalkackerunkräuter. – Z.-Pfl.Krankh. Pfl.Schutz, Sonderh. 9: 95–100.
- (1984): Gefährdete Ackerwildkräuter können auf ungespritzten Feldrändern erhalten werden. Dreijährige Modelluntersuchung liefert Beweis. – Mitt. Landesanst. Ökol., Landschaftsentwicklung u. Forstplanung Nordrhein-Westfalen (LÖLF-Mitt.) 9: 14–20.
- Strasburger, E. (1983): Lehrbuch der Botanik für Hochschulen, 32. Aufl. – 1161 S. Fischer, Stuttgart/New York.
- Tüxen, J. (1958): Stufen, Standorte und Entwicklung von Hackfrucht- und Garten-Unkrautgesellschaften und deren Bedeutung für Ur- und Siedlungsgeschichte. – Angew. Pfl.Soz. 16: 164 S.
- Tüxen, R. (1950): Grundriß einer Systematik der nitrophilen Unkrautgesellschaften in der Eurosibirischen Region Europas. – Mitt. Flor.-Soz. Arbeitsgem. N.F. 2: 94–176.
- (1960): Über Bildung und Vergehen von Pflanzengesellschaften. – Mitt. Flor.-Soz. Arbeitsgem. N.F. 8: 342–344.
- (1962): Gedanken zur Zerstörung der mitteleuropäischen Ackerbiozosen. – Mitt. Flor.-Soz. Arbeitsgem. N.F. 9: 60–61.
- Van Eimern, J. (1963), in: Brunnacker, K.: Erläuterungen zur Bodenkarte von Bayern 1: 25 000, Blatt Nr. 7536 Freising Nord, S. 13 f. – Bayer. Geol. Landesamt, München (Selbstverlag).
- Wagenitz, G. & Meyer, G. (1981): Die Unkrautflora der Kalkäcker bei Göttingen und im Meißnervorland und ihre Veränderungen. – Tuexenia 1: 7–25.
- Wolff-Straub, R. (1985): Schutzprogramm für Ackerwildkräuter. – Umweltschutz und Landwirtschaft: Schrift. Min. f. Umwelt, Raumordn. u. Landwirtsch. d. Landes Nordrhein-Westfalen, 47 S.

Anschrift der Autorin:

Dr. Annette OTTE, Lehrgebiet Geobotanik, Institut für Landespflege und Botanik,  
D-8050 Freising-Weihenstephan