

LEHRSTUHL FÜR VEGETATIONSÖKOLOGIE  
DEPARTMENT FÜR ÖKOLOGIE

POPULATIONSDYNAMIK VON ACKERWILDPFLANZEN IM  
INTEGRIERTEN UND ORGANISCHEN ANBAUSYSTEM

Barbara Sprenger

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.) genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr. Ludwig Trepl  
Prüfer der Dissertation: 1. Univ.-Prof. Dr. Jörg Pfadenhauer  
2. Univ.-Prof. Dr. Kurt-Jürgen Hülsbergen

Die Dissertation wurde am 01.07.2004 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt am 04.11.2004 angenommen

<b>1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1	Populationsökologie von Ackerwildpflanzen.....	1
1.2	Anbausysteme und Bewirtschaftung.....	5
1.3	Fragestellung.....	9
<b>2</b>	<b>Hintergrund und Methoden der Untersuchung .....</b>	<b>13</b>
2.1	Forschungsverbund Agrarökosysteme München (FAM) – Das Untersuchungsgebiet.....	13
2.2	Anlage und Bewirtschaftung der Versuchsfelder .....	14
2.2.1	Bewirtschaftung im integrierten Anbausystem.....	15
2.2.2	Bewirtschaftung im organischen Anbausystem .....	17
2.3	Untersuchungsmethoden und Auswertung .....	18
2.3.1	Diasporenbankanalysen.....	19
2.3.2	Untersuchung der Vegetation im Bestand .....	19
2.3.3	Prozentualer Auflauf.....	21
2.3.4	Auswertung der Vegetationsdaten .....	21
2.3.5	Erhebung der Bodenfeuchte in den Parzellenversuchsfelder.....	23
2.3.6	Datenauswertung und Darstellung .....	23
<b>3</b>	<b>Vegetations- und Populationsentwicklung im integrierten Anbau .....</b>	<b>25</b>
3.1	Diasporenbank .....	25
3.1.1	Diasporendichten der Versuchspartien .....	25
3.1.2	Vertikale Verteilung der Diasporen im Boden.....	27
3.1.3	Artenzusammensetzung der Diasporenbank.....	28
3.1.4	Diasporendichte einzelner Arten .....	29
3.2	Individuendichte während der Anbauperiode .....	32
3.2.1	Individuendichten im Frühjahr .....	32
3.2.2	Individuendichte vor der Ernte.....	36
3.2.3	Gesamtindividuendichte einer Vegetationsperiode.....	37
3.2.4	Artenzusammensetzung der Vegetation im Bestand .....	39
3.2.5	Individuendichten von dikotylen und monokotylen Arten in den Bearbeitungsvarianten .....	40
3.2.6	Individuendichten einzelner Arten .....	41
3.2.7	Populationswachstum während der Vegetationsperiode .....	44
3.3	Generative Phase und Phytomasseproduktion .....	46
3.3.1	Dichte blühender Individuen.....	46
3.3.2	Anteil blühender Individuen an der Gesamtindividuendichte.....	47

3.3.3	Anzahl blühender Individuen einzelner Arten.....	47
3.3.4	Oberirdische Phytomasse.....	48
3.4	Beziehungen zwischen Diasporenbank und Vegetation im Bestand.....	50
3.4.1	Prozentualer Auflauf im Frühjahr vor der Regulierung .....	50
3.4.2	Prozentualer Gesamtauflauf .....	53
3.4.3	Prozentualer Auflauf einzelner Arten .....	55
3.4.4	Artenzusammensetzung von Diasporenbank und Vegetation im Bestand bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung .....	56
3.4.5	Beziehungen zwischen den populationsbiologischen Parametern .....	57
<b>4</b>	<b>Vegetations- und Populationsentwicklung im organischen Anbau .....</b>	<b>59</b>
4.1	Diasporenbank.....	59
4.1.1	Diasporendichten.....	59
4.1.2	Vertikale Verteilung der Diasporen im Boden .....	60
4.1.3	Artenzusammensetzung der Diasporenbank .....	60
4.1.4	Diasporendichten einzelner Arten.....	62
4.2	Individuendichte während der Anbauperiode.....	65
4.2.1	Individuendichten im Frühjahr.....	65
4.2.2	Individuendichte vor der Ernte .....	66
4.2.3	Gesamtindividuendichte einer Vegetationsperiode .....	67
4.2.4	Artenzusammensetzung der Vegetation im Bestand.....	68
4.2.5	Individuendichten einzelner Arten.....	70
4.3	Generative Phase und oberirdische Phytomasse .....	72
4.3.1	Dichte blühender Individuen .....	72
4.3.2	Anzahl blühender Individuen einzelner Arten.....	73
4.3.3	Oberirdische Phytomasse.....	74
4.4	Beziehungen zwischen Diasporenbank und Vegetation im Bestand.....	74
4.4.1	Prozentualer Auflauf im Frühjahr vor der Regulierung .....	74
4.4.2	Prozentualer Auflauf über die gesamte Vegetationsperiode.....	75
4.4.3	Prozentualer Auflauf einzelner Arten .....	77
4.4.4	Artenzusammensetzung von Diasporenbank und Vegetation im Bestand.....	78
4.4.5	Beziehungen zwischen den populationsbiologischen Parametern .....	78
<b>5</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>80</b>
5.1	Populationsdynamik im integrierten Anbausystem .....	80
5.1.1	Einfluss reduzierter Bodenbearbeitung auf die Lebensphasen der Ackerwildpflanzen.....	80
5.1.1.2	Dichte und vertikale Verteilung der Diasporenbank .....	91

5.1.1.3	Vegetation im Bestand.....	94
5.1.2.	Artenzusammensetzung der Wildpflanzenvegetation .....	98
5.1.2.1	Gesamtpopulationen von Diasporenbank und Vegetation im Bestand .....	99
5.1.2.2	Einzelne Arten.....	104
5.1.3	Beziehungen zwischen den Lebensphasen der Ackerwildpflanzen .....	112
5.1.3.1	Prozentualer Aufruf aus der Diasporenbank .....	112
5.1.3.2	Möglichkeiten und Grenzen der Prognose des Frühjahrsauflaufes.....	118
5.1.3.3	Beziehungen zwischen Diasporenbank und Individuendichte vor der Ernte..	122
5.1.3.4	Beziehungen zwischen blühenden Individuen und Diasporenbank nach der Vegetationsperiode .....	122
5.2	Populationsdynamik im organischen Anbausystem .....	124
5.2.1	Einfluss reduzierter Bodenbearbeitung auf die Wildpflanzenpopulationen .....	124
5.2.2	Einfluss des Luzerne-Kleegrasanbaus auf die Vegetationsentwicklung in Weizen .....	126
5.2.3	Beziehungen zwischen den Populationsstadien.....	128
5.3	Vergleich der Ackerwildpflanzenvegetation bei integriertem und organischem Anbau .....	130
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>134</b>
<b>7</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>137</b>
<b>8</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>147</b>

## 1 Einleitung

Ackerwildpflanzen konkurrieren mit den Kulturpflanzen um Nährstoffe, Licht und Wasser und können dadurch zu Ertragseinbußen führen. Die jährlichen Ernteverluste durch Ackerwildpflanzen werden auf 10-15 % beziffert (HOLM et al. 1977). Aus diesem Grund werden Arten, die auf Ackerflächen wachsen und keine Kulturarten sind, als Unkraut bezeichnet. Viele Organismen der Agrarökosysteme (Bodenorganismen, Insekten, Vögel) sind abhängig von der Stoffproduktion der Ackerwildpflanzen als Primärproduzenten und sind über Nahrungsnetze miteinander verknüpft (NENTWIG 1994, PFIFFNER 1997). Viele Ackerwildpflanzenarten sind als Heilpflanzen bekannt (z.B. *Matricaria recutita*, *Capsella bursa-pastoris*) und einige tragen durch attraktive Blütenstände (z.B. *Papaver rhoeas*, *Centaurea cyanus*) zum Erholungswert der Agrarlandschaft bei (WILSON 1991, HALD 1999). Obwohl ca. 55 % der Fläche der Bundesrepublik landwirtschaftlich genutzt werden und somit potenziellen Lebensraum für Ackerwildpflanzen bieten, hat ihre Gefährdung in Europa in den letzten Jahrzehnten zugenommen (BISCHOFF & MAHN 2000). Vor allem die Vereinheitlichung der Standorte und eine effiziente Wildpflanzenregulierung, aber auch die Nutzungsaufgabe von Sonderstandorten wie Sand- und Kalkscherbenäcker (VAN ELSEN 2000) sind dafür verantwortlich, dass Arten, die empfindlich auf Herbizide reagieren oder unter speziellen Standortbedingungen vorkommen, in ihrer Verbreitung rückläufig sind. Die Agrarlandschaft in Mitteleuropa hat neben der Produktionsfunktion auch eine Erholungs- und Artenschutzfunktion (GEROWITT et al. 2003, WALDHARDT et al. 2003). Um dieser „Multifunktionalität“ der Agrarlandschaft gerecht zu werden, müssen die Wildpflanzenbestände wegen ihrer ökonomischen Bedeutung durch die Beeinträchtigung der Pflanzenproduktion auf ein unschädliches Maß reduziert, für die Biodiversität des Ökosystems und für das Landschaftsbild aber auch erhalten und wenn nötig gefördert werden.

### 1.1 Populationsökologie von Ackerwildpflanzen

Die Vegetation der Äcker wird im Vergleich zu der natürlicher und halbnatürlicher Lebensräume stark durch Bewirtschaftungseingriffe gestört. Ackerwildpflanzen sind durch Eigenschaften charakterisiert, die ihnen das Überleben in diesen durch menschliche Nutzung geprägten Habitaten ermöglichen. Zu diesen Eigenschaften gehören ein schnelles Keimlingsaufkommen, effiziente Ressourcenaneignung im Wachstum der Jungpflanzen und eine hohe Samenproduktion unter optimalen Bedingungen (BAKER 1974, HOLZNER 1982). Die Populationsökologie beschreibt diese Beziehungen der Populationen zu ihrer abiotischen Umwelt und den Populationen untereinander. Mit der Populationsdynamik werden die Veränderungen von Populationen in Zeit und Raum erfasst (URBANSKA 1992, S. 21, 295).

Der Klassifizierung in Strategietypen nach GRIME (2001) folgend, lassen sich viele samenbildende Arten der Ackerwildpflanzengemeinschaften als „competitive ruderals“ bezeichnen (RADOSEVICH et al. 1997, BOOTH et al. 2003). Ausdauernde Arten mit überwiegend vegetativem Wachstum sind in der Lage, in kürzester Zeit große Flächen zu besiedeln. Durch vegetative Ausbreitung kann ein einziges Knotenstück von *Elymus*

*repens* z.B. eine Fläche von 10 m<sup>2</sup> pro Jahr durchwachsen (KÄSTNER et al. 2001). Ausdauernde Arten überstehen Phasen ungünstiger Lebensbedingungen mit vegetativen Überdauerungsorganen. Diese speichern Reservestoffe aus der vorangegangenen Vegetationsperiode und verschaffen diesen Pflanzen einen Wachstumsvorsprung vor solchen Pflanzen, die sich aus Samen regenerieren. Viele erfolgreiche Ackerwildpflanzen (z.B. *Cirsium arvense*, *Elymus repens*) besitzen die Fähigkeit zu generativer und vegetativer Vermehrung. So können diese Arten beide Ausbreitungsarten zur Besiedelung neuer Standorte nutzen.

Eine besondere Eigenschaft der Ackerwildpflanzen ist es, sich in jeder Vegetationsperiode aus der **Diasporenbank** zu regenerieren (YENISH et al. 1992). Die Diasporenbank umfasst vegetative (Wurzel-, Rhizom- und Sprossstücke) und generative Vermehrungseinheiten (Samen, Früchte) im oder auf dem Ackerboden. Sie ist aus lebensfähigen Diasporen vergangener Jahre mit unterschiedlicher Keimbereitschaft zusammengesetzt.

Die Diasporenbanken von Ackerböden sind u.a. wegen ihrer Bedeutung für die landwirtschaftliche Praxis besser untersucht als die anderer Habitats (BAKER 1989). Vielfältige Unterschiede bei der Datenerhebung und Analyse des Diasporenpotenzials von Ackerböden erschweren jedoch oft den Vergleich der Ergebnisse. Zur Erfassung und Auswertung von Diasporenbanken der Ackerböden liegen einige Beschreibungen von Methoden vor (HARPER 1977, ROBERTS 1981, TER HEERDT et al. 1996, THOMPSON et al. 1997). Zur Ermittlung der Diasporendichten kommen im Allgemeinen die Extraktions- und die Auflaufmethode zum Einsatz (THOMPSON et al. 1997).

- Mit der Extraktionsmethode werden die Diasporen vom Boden, Steinen und organischer Substanz getrennt und identifiziert. Anschließend muss die Keimfähigkeit der Diasporen durch den Tetrazolium-Test oder visuelle und taktile Einschätzung ermittelt werden.
- Bei der Auflauf- oder Kultivierungsmethode werden die Bodenproben über einen bestimmten Zeitraum unter geeigneten Bedingungen aufgestellt. Auflaufende Keimpflanzen und Pflanzen aus vegetativen Vermehrungseinheiten werden bestimmt und gezählt.

Die Nachteile der Extraktionsmethode sind der Verlust von Diasporen beim Extraktionsvorgang (GROSS 1990), ein hoher Zeitaufwand für kleinsamige Arten (THOMPSON et al. 1997) und die fehlende Möglichkeit der Quantifizierung von generativen Vermehrungseinheiten. Bei Vergleichen dieser beiden Analysemethoden wurden mit der Auflaufmethode geringere Diasporendichten der Gesamtpopulationen und einzelner Arten aber höhere Artenzahlen gefunden (MARSHALL & ARNOLD 1994, MIELE et al. 1998).

Die Fähigkeit zur Bildung einer kurzlebigen (Diasporen keimen innerhalb eines Jahres nach der Bildung) oder persistenten (Diasporen können länger als ein Jahr im Boden überdauern) Diasporenbank ist abhängig vom Strategietyp und der Samenmorphologie der einzelnen Art (THOMPSON et al. 1993). Die Diasporen einjähriger Ackerwildpflanzen bilden den überwiegenden Anteil der Diasporenbank von Ackerböden (JENSEN 1969). Es sind aber auch Diasporen mehrjähriger Arten und vegetative Vermehrungseinheiten ausdauernder Arten vorhanden.

Die Größe und Artenzusammensetzung der Diasporenbank wird durch biotische und abiotische Faktoren direkt oder indirekt beeinflusst (Tab. 1.1.1). Unter diesen Einflussfaktoren ist die Art der Bodenbearbeitung von besonderer Bedeutung für die Diasporen-

bank, weil sie als regelmäßig wiederkehrende Störung auftritt. Unter Störung wird jedes Ereignis verstanden, das die bestehenden Strukturen zerstört und Funktionen der Umwelt unterbricht (BOOTH et al. 2003). Beim Pflügen werden die frisch ausgestreuten Diasporen in tiefere Bodenschichten verfrachtet. Dies führt u.a. dazu, dass die meisten Diasporen in den Dormanzzustand übergehen und nicht sofort keimen. Diasporen aus vorangegangenen Jahren werden gleichzeitig wieder an die Bodenoberfläche verbracht. Durch den besseren Gasaustausch in den oberen Bodenschichten, durch größere Temperaturschwankungen und für manche Arten auch durch den Lichteinfluss wird die Dormanz gebrochen und die Keimung dieser Diasporen gefördert (HAKANSSON 2003). Das Pflügen fördert aber ebenso die Mortalität der Diasporen durch fatale Keimung d.h. die Diasporen keimen in einer Tiefe, aus der die Keimlinge nicht die Bodenoberfläche erreichen können und absterben (HAKANSSON 2003).

**Tab. 1.1.1: Direkte und indirekte Einflussfaktoren auf die Diasporenbank im Agrarökosystem**

indirekte Faktoren	direkte Faktoren	
	Verminderung durch	Erhöhung durch
Anbausystem	Keimung	Diasporenproduktion
Fruchtfolge	fatale Keimung	Zuflug von Diasporen aus der Umgebung
Bodenbearbeitung	Prädation	Eintrag durch Bodenbearbeitungsgeräte
Regulierungsmaßnahmen	Infektion durch Pathogene (Pilze, Bakterien)	Eintrag durch Saatgutverunreinigung
Nutzungsgeschichte	Austrag durch Bearbeitungsgeräte	Eintrag durch Diasporen in organischem Dünger
Bodenart	Alterung, Tod	
Artenpool des Naturraumes		
Witterung		

Die Diasporenbank repräsentiert das gesamte Artenspektrum einer Ackerfläche. Die Vegetation im Bestand (Individuendichte, oberirdische Phytomasse) wird dagegen vor allem durch die angebaute Kulturart und direkt vorangegangene Bewirtschaftungsmaßnahmen beeinflusst. Die Diasporenbank ist daher als Indikator für Veränderungen der Ackerflora nach einem Wechsel des Anbausystems oder der Bodenbearbeitung besser geeignet als die Vegetation im Bestand (BARRALIS & CHADOEUF 1987, ZWERGER 1993). Die Diasporenbank reflektiert die vorangegangene Nutzung (Bodenbearbeitung, Fruchtfolge, Sonderkulturen etc.) und wird daher auch als "memory in soil" bezeichnet (CAVERS 1995).

Ackerwildpflanzen laufen zu unterschiedlichen Zeitpunkten während der Vegetationsperiode auf. KOCH (1969) gruppierte die wichtigsten Unkrautarten nach ihrer Keimzeit in sechs Kategorien.

- Keimung ganzjährig ohne Keimungshöhepunkt: *Anagallis arvensis*, *Myosotis arvensis*, *Stellaria media*, *Veronica persica*, *Capsella bursa-pastoris*, *Thlaspi arvense*, *Lamium purpureum*, *L. amplexicaule*, *Poa annua*.
- Vorwiegend Herbstkeimer: *Apera spica-venti*, *Veronica hederifolia*, *Anthemis arvensis*, *Lapsana communis*.
- Vorwiegend Winterkeimer: *Ranunculus arvensis*.
- Vorwiegend Herbst und Frühjahrskeimer: *Galium aparine*, *Matricaria recutita*.

- Vorwiegend Frühjahrskeimer: *Vicia hirsuta*, *V. tetrasperma*, *Fallopia convolvulus*, *Polygonum persicaria*, *P. aviculare*, *Chenopodium album*.
- Vorwiegend Spätfrühjahrskeimer: *Galinsoga ciliata*, *Amaranthus retroflexus*, *Sonchus asper*, *S. oleraceus*, *Echinochloa crus galli*, *Chenopodium polyspermum*, *Solanum nigrum*.

Diese Einteilung der Arten beruht auf der Ermittlung von Keimtemperaturen, wie sie von LAUER (1953) und später von OTTE (1996) durchgeführt wurden. Die Herbst- und Frühjahrskeimer sind in der Regel in Winterfrüchten zu finden, Sommer- oder Wärmekeimer vorwiegend in den Blattfrüchten Kartoffel und Mais (HOFMEISETER & GARVE 1998). Für die Zusammensetzung der Wildpflanzenvegetation ist außerdem ausschlaggebend, dass die Arten bereits in der Diasporenbank vorkommen oder durch Ausbreitungsmedien (Wind, organischer Dünger, Bearbeitungsgeräte) auf die Fläche gelangen können.

Die **Individuendichte** der Unkrautvegetation im Frühjahr ist eine entscheidende Größe im Pflanzenschutzkonzept des integrierten Pflanzenbaus. Nach der Bestimmung von Art und Umfang des Wildpflanzenaufkommens in den Kulturen werden im integrierten Pflanzenbau die Pflanzenschutzmaßnahmen nach dem Schadenschwellenprinzip geplant und durchgeführt.

Der **prozentuale Auflauf aus der Diasporenbank** beschreibt die Beziehung zwischen dem Diasporenpotenzial einer Ackerfläche und den tatsächlich gekeimten und etablierten Individuen im Bestand. Vor dem Erscheinen der Keimlinge an der Bodenoberfläche findet die Keimung der Samen im Boden statt. Die Keimung erfolgt, wenn die Feldtemperaturen mit dem Bereich der Keimungstemperatur einer bestimmten Art übereinstimmen. Sowohl die Länge der Keimungsphase als auch der zeitliche Verlauf ist temperaturabhängig (VLEESHOUWERS 1997). Weitere Umweltfaktoren, die auf das Keimlingswachstum vor dem Erscheinen an der Oberfläche einwirken, sind die Lagerungstiefe des Samens im Boden, die Bodenfeuchte und Bodenstruktur (VAN DER WEIDE 1993). Bei der Entwicklung von der Samenpopulation zur Keimungspopulation spielt die Keimruhe eine besonders wichtige Rolle (URBANSKA 1992). Im Stadium der Keimruhe oder Dormanz überdauern Diasporen die für das Wachstum ungünstigen Zeiträume im Jahresverlauf (Kälteperioden im Winter, Sommertrockenheit) lebensfähig im Boden. Die Dormanz reguliert die Zeitspanne, in der die Keimung erfolgt und ermöglicht die Persistenz der Diasporen im Boden (ROBERTS 1982). Man unterscheidet zwischen angeborener, induzierter und aufgezwungener Dormanz (HARPER 1977).

- Angeborene Keimruhe (innate dormancy) wird Samen zugeschrieben, die trotz günstiger Bedingungen zunächst nicht keimen. Die Gründe für diese Spanne zwischen Samenfreisetzung und Keimung sind die morphologische Unreife des Embryos (z.B. *Heracleum sphondylium*), die Notwendigkeit zur Auslösung biochemischer Prozesse (*Papaver rhoeas*) und genetische Determination (HARPER 1977).
- Die induzierte Keimruhe (induced dormancy) wird durch ungünstige Umweltfaktoren ausgelöst. Auch wenn zu einem späteren Zeitpunkt wieder gute Keimungsbedingungen vorherrschen, keimen solche Samen erst, wenn bestimmte Auslösefaktoren (z.B. Lichtreiz, chemische Faktoren) die Keimung einleiten. Frisch geerntete Samen von *Persicaria maculata* zeigen z.B. keine Keimruhe. Im Boden vergraben bleiben sie jedoch dormant und sind erst keimungsfähig, wenn sie durch Bodenstörungen unter Lichteinfluss geraten (URBANSKA 1992).
- Auch die aufgezwungene Keimruhe (enforced dormancy) wird durch ungünstige Umweltfaktoren ausgelöst. Sobald die Samen in geeignete Umgebung gelangen, können sie im Gegensatz zur induzierten Keimruhe ohne weitere auslösende Faktoren keimen.

Der Prozess des Auflaufens einer Pflanze kann in die Stadien Verlust der Dormanz, Keimung und Wachstum im Boden unterteilt werden (VLEESHOUWERS 1997).

Die meisten Keimlinge laufen aus den Diasporen in den obersten 5 cm des Bodens auf (KOCH 1969, GRUNDY et al. 2003 b). Nur wenige Ackerwildpflanzenarten verfügen über Diasporen mit ausreichenden Reserven, um aus größeren Tiefen erfolgreich zu keimen. *Veronica hederifolia* und *Galium aparine* konnten z. B. noch aus Tiefen bis 8 bzw. 10 cm auflaufen (BENVENUTI et al. 2001, GRUNDY et al. 2003 b). Die optimale Auflauftiefe ist positiv mit dem Samengewicht ( $r= 0,64$ ) und negativ mit der Samenform ( $r= -0,783$ ) korreliert (Grundy et al. 2003 b). Das bedeutet, dass schwere bzw. runde Samen besser aus tieferen Bodenschichten keimen können als leichte bzw. längliche Samen. Als Verlustrate der im Boden abgestorbenen Keimlinge ermittelten Koch (1969) 44,4 % und GRUNDY et al. (2003 b) Werte über 50 %, wenn die Samen von *Veronica arvensis* und *Tripleurospermum inodorum* mehr als 1 cm tief im Boden vergraben waren.

Nur ein geringer Teil der Diasporenbank kann sich als Keimpflanze etablieren. Die Werte für den prozentualen Auflauf der Gesamtpopulation sind in den meisten Untersuchungen (Tab. 5.1.5) kleiner als 30 % (ROBERTS & DAWKINS 1967, AMANN 1991, DESSAINT et al. 1997, TØRRESEN 2003). Der prozentuale Auflauf einzelner Arten kann jedoch höhere Werte einnehmen (CARDINA et al. 1996, FELDMAN et al. 1997). Dieses Verhältnis ist nicht stabil, sondern es variiert je nach Pflanzenart, Kultur und Anbaumaßnahmen. Der prozentuale Auflauf aus der Diasporenbank ist außerdem abhängig von den Witterungsbedingungen (TØRRESEN 2003, GRUNDY & MEAD 2000), was sich in der Variation von Jahr zu Jahr niederschlägt (DESSAINT et al. 1997, FORCELLA 1992, AMANN 1991).

## 1.2 Anbausysteme und Bewirtschaftung

Die Anbausysteme des integrierten und organischen Landbaus verfolgen u.a. das Ziel einer produktiven und nachhaltigen Landwirtschaft, die zugleich Umweltbeeinträchtigungen vermindert (GLEN et al. 1995, LAMPKIN et al. 1999). Im Rahmen des Forschungsverbundes Agrarökosysteme München (FAM) wurden in der vorliegenden Studie die Auswirkungen dieser beiden Anbausysteme und spezieller Anbauverfahren (reduzierte Bodenbearbeitung, Klee-grasanbau) auf die Ackerwildpflanzenvegetation untersucht (Kap. 2.1).

Die Überproduktion, sinkende Einkommen und die Auswirkungen von intensivem Düngemittel- und Pestizideinsatz, die mit intensiver Landbewirtschaftung einhergehen, haben dazu geführt, dass die Landwirtschaft in den letzten Jahrzehnten unter wachsenden ökonomischen und umweltpolitischen Druck geriet (HOLLAND et al. 1994). Dies führte Ende der 70er Jahre zur Entwicklung von Anbausystemen und -maßnahmen, deren Ziel eine nachhaltige Landwirtschaft ist. Diese werden als „**integrierter Anbau**“ bezeichnet.

Integrierter Landbau wurde durch die „Internationale Organisation für biologische und integrierte Kontrolle (IOBC)“ als Anbausystem definiert, das:

- natürliche Ressourcen und Regulationsmechanismen in die Bewirtschaftung integriert, um die Zufuhr von Außen zu ersetzen,
- eine nachhaltige Produktion von qualitativ hochwertigen Nahrungsmitteln und anderen Produkten durch ökologisch geförderte Technologien sicherstellt,

- Erlöse erzielt,
- Umweltbeeinträchtigung, die durch die Landwirtschaft entstehen, vermindert oder vermeidet,
- die vielfältigen Funktionen der Landwirtschaft langfristig erhält (EL TITI et al. 1993 zitiert in GLEN et al. 1995).

In Abhängigkeit von den Produktionszielen und -schwerpunkten werden reduzierte Bodenbearbeitung, ein reduzierter Einsatz von Düngern und Pflanzenschutzmitteln, der Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten (HOLLAND et al. 1994) und die Anreicherung der Landschaft mit Strukturelementen als Maßnahmen des Integrierten Anbaus durchgeführt (EL TITI 1999). Pflanzenschutz wird nach dem Prinzip der wirtschaftlichen Schadschwellen angewandt. Das bedeutet, Maßnahmen zur Regulierung von Schadorganismen werden erst ergriffen, wenn der Verlust durch die Nichtbekämpfung die Kosten für die Bekämpfungsmaßnahme übersteigen (HEITEFUSS 1990).

Um die ökonomischen, agronomischen und ökologischen Auswirkungen integrierter Anbausysteme zu untersuchen, wurden in Europa eine Reihe von Forschungsprojekten initiiert (Review in HOLLAND et al. 1994). In Deutschland wurden im Jahr 1977 das Lautenbach-Projekt (EL TITI 1991) und im Jahr 1989 das Projekt INTEX (WILDENHAYN 1991) gestartet. Im Rahmen des Forschungsverbundes Agrarökosysteme München (FAM), der 1992 mit den Forschungsaktivitäten zum integrierten Anbau begann (PFADENHAUER et al. 1996), fanden die hier vorgestellten Untersuchungen statt.

- In fast allen genannten Forschungsprojekten werden größere Wildpflanzenspopulationen erfasst als in konventionellen Anbausystemen. Die Ackerwildpflanzen werden daher als die größten Hindernisse für die Entwicklung von Integrierten Anbausystemen identifiziert (GLEN 1995).
- Die Populationen von Arthropoden und Lumbriciden werden bei integrierter Wirtschaftsweise gefördert. Die größeren Populationen von Invertebraten können auf geringeren Pestizideinsatz, höhere Diversität und Abundanz von Ackerwildpflanzengemeinschaften, verbessertes Management der Randstrukturen und den Wechsel zu nichtwendender Bodenbearbeitung zurückgeführt werden (Holland et al. 1994). Als Prädatoren wirken sich höhere Populationen von Invertebraten wiederum auf die Wildpflanzenvegetation aus.

Neuere Konzepte für ein integriertes Unkrautmanagement sind z.B. das „site specific weed management“, bei dem die räumlich heterogene Verteilung der Wildpflanzen bei der Regulierung berücksichtigt wird (AMON 1994, NORDBO et al. 1995, GERHARDS et al. 2002). Das Ziel dieser Methode ist es, die aktuelle Verunkrautung standortgetreu zu bestimmen und je nach Erfordernis zu bekämpfen.

**Organische Landwirtschaft** lässt sich darüber definieren, dass sie den landwirtschaftlichen Betrieb als Organismus versteht, in dem die einzelnen Teile – Boden, Pflanzen, Tiere und Menschen interagieren und eine stabile, sich selbst regulierende Gesamtheit bilden (LAMPKIN et al. 1999). Obwohl sich im allgemeinen Sprachgebrauch der Begriff „ökologische Landwirtschaft“ mittlerweile etabliert hat, wird in der vorliegenden Arbeit die Benennung dieses Anbausystems als „organischer Landbau“ vorgezogen.

Dieser Begriff beschreibt präzise das „holistische“ Verständnis des Systems (WILLER et al. 2002, PACINI et al. 2003).

Die Grundprinzipien des organischen Anbaus sind in den „Basic Standards for Organic Agriculture and Processing“ der International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM) festgelegt (STOLZE et al. 2000). Diese bilden einen Rahmen für regionale und nationale Standards. In Europa werden diese Standards durch die Richtlinie EC Reg. 2092/91 implementiert. Nationale Richtlinien bewegen sich in diesem Rahmen und gehen in einzelnen Punkten oft weit darüber hinaus (AGÖL 1996).

Der organische Landbau ist durch das Bestreben charakterisiert, den Betrieb zu einem Organismus mit weitgehend geschlossenem Stoffkreislauf zu entwickeln (ANL 1994). Dies ist nur durch die langfristige Sicherung der Bodenfruchtbarkeit erreichbar. Durch Rückfuhr von organischer Substanz, die Förderung von Bodenlebewesen und den Anbau von weiten Fruchtfolgen wird die Anregung bodenbiologischer Prozesse angestrebt (MÄDER 1997).

Der Verzicht auf synthetische Pflanzenschutz- und Düngemittel gehört ebenfalls zu den Grundprinzipien der organischen Pflanzenproduktion (STOLZE et al. 2000). Die stickstofffixierende Leistung der Leguminosen und organischer Dünger ersetzen im organischen Anbau die im konventionellen oder integrierten Anbau zugeführten synthetischen Düngemittel (KAHNT 1986). Thermische oder mechanische Verfahren zur Unkrautregulierung werden als direkte Regulierungsmaßnahmen anstelle von Herbiziden eingesetzt (HAMPL et al. 1995, BOND & GRUNDY 2001). Zusätzlich wird im organischen Anbau verstärkt die Wirkung indirekter Maßnahmen zur Wildpflanzenregulierung genutzt. Solche Maßnahmen sind z.B. die Gestaltung der Fruchtfolge (LIEBMAN & OHNO 1998, YOUNIE 2002), der Anbau von Deckfrüchten (LIEBMANN & DAVIES 2000) und die Wahl von konkurrenzstarken bzw. beschattenden Kultursorten (KORR 1997, KÖPKE 2000).

Auf den Ackerflächen der FAM-Versuchsstation wurden in beiden Anbausystemen Formen **reduzierter Bodenbearbeitung** durchgeführt (vgl. Kap. 2.2).

Der Pflug ist seit ca. 2000 Jahren das wichtigste Gerät zur Bodenbearbeitung. Durch das Wenden des Bodens werden die Diasporen der Unkräuter vergraben und somit wirkungsvoll bekämpft. Mit der Einführung wirksamer Herbizide verlor dieser Aspekt der Bodenbearbeitung an Bedeutung und das Interesse an pflugloser Bodenbearbeitung stieg (BUHLER 1998). Die Nachteile des Pflügens sind zum Einen, dass es zeitaufwendig ist und Energie verbraucht, und zum Anderen, dass der offene Boden anfällig für Erosion ist. Unter reduzierter Bodenbearbeitung werden pfluglose Bearbeitungssysteme zusammengefasst. Dazu gehören Systeme, bei denen entweder der Boden tiefgründig gelockert aber nicht gewendet wird, mindestens die tiefere Hälfte der Krume unbearbeitet bleibt oder der Boden bis auf den Saatvorgang (Direktsaat) überhaupt nicht bearbeitet wird (PEKRUN & CLAUPEIN 1998).

In der vorliegenden Arbeit werden die im Zusammenhang mit der Bodenbearbeitung genannten Begriffe folgendermaßen verwendet.

Reduzierte Bodenbearbeitung Nichtwendende Bodenbearbeitung	Die Bodenbearbeitung erfolgt ohne Pflug. Der Boden wird nicht gewendet
Wendende Bodenbearbeitung	Bodenbearbeitung mit dem Pflug. Der Boden wird gewendet
Minimale Bodenbearbeitung	Die Bodenbearbeitung beschränkt sich auf den Saatvorgang
Direktsaat	Die Aussaat erfolgt ohne vorherige Bodenbearbeitung
Rotogrubber Flügelscharrgrubber Grubber Scheibenegge Fräse Rotoregge Schichtengrubber Schichtenpflug Kultivator Zinkenrotor	Bodenbearbeitungsgeräte, mit denen der Boden nicht wendend bearbeitet wird = reduzierte Bodenbearbeitung

Erhebungen der Regenwurmdichte auf den Versuchsflächen der vorliegenden Untersuchung wiesen bei minimaler Bodenbearbeitung 31 Individuen/m<sup>2</sup> im Vergleich zu 7 Individuen/m<sup>2</sup> bei Pflugbearbeitung auf (BRUCKMEIER 2001). Die größeren Regenwurmpopulationen sorgen dafür, dass ein erhöhter Anteil vertikaler Grobporen zu finden sind. Bei Starkregenereignissen kann so eine größere Wassermenge vom Boden aufgenommen werden, statt oberflächlich abzufließen und den Boden abzuschwemmen (PEKRUN & CLAUPEIN 1998). Mit der Förderung der Regenwürmer sind erhöhte Infiltrabilität, verbesserte Durchlüftung des Unterbodens und erhöhte Aggregatstabilität verbunden (PEKRUN & CLAUPEIN 1998). Zusätzlich vermindert die bei reduzierter Bodenbearbeitung auf dem Boden verbleibende Mulchdecke die Evaporation, so dass eine bessere Wasserverfügbarkeit im Wurzelraum besteht (LOWERY & STOLTENBERG 1998). Pflanzenkrankheiten wie die Halmbasiskrankheit werden durch reduzierte Bodenbearbeitung verringert (FRIEBE et al. 1991). Durch die erosionsmindernde Wirkung der reduzierten Bodenbearbeitung werden auch die Stoffausträge von Düngemitteln und Pestiziden vermindert (PEKRUN & CLAUPEIN 1998). Reduzierte Bodenbearbeitung ist jedoch auch mit Nachteilen verbunden. In weizenreichen Fruchtfolgen wurde ein vermehrtes Auftreten von *Helminthosporium tritici-repentis* und Fusarien festgestellt (PEKRUN & CLAUPEIN 1998). Schädlinge wie Mäuse, Nacktschnecken oder der Maiszünsler können durch reduzierte Bodenbearbeitung stark gefördert werden (GARBE 1994).

Der Erfolg von Anbausystemen mit reduzierter Bodenbearbeitung ist abhängig von Boden, Klima und der angebauten Kultur (PEKRUN & CLAUPEIN 1998). Ökonomisch wird die reduzierte Bodenbearbeitung zumeist als positiv bewertet und ihre Bedeutung wird in Mitteleuropa in Zukunft vermutlich steigen (PEKRUN & CLAUPEIN 1998). Untersuchungen der Auswirkungen reduzierter Bodenbearbeitung auf die Ackerwildpflanzenvegetation sind notwendig, um einerseits die Unkrautbekämpfung an das veränderte Bearbeitungssystem anzupassen (BUHLER 1998) und andererseits Veränderungen in der Artenzusammensetzung der Ackerwildpflanzengemeinschaften prognostizieren zu können.

### 1.3 Fragestellung

Die Lebensphasen der Ackerwildpflanzen als Diasporen, Keimlinge, vegetative und generative Individuen im Bestand bilden die Grundlage populationsbiologischer Studien. Diese Lebensphasen werden durch die produktionstechnischen Maßnahmen der Fruchtfolge, Unkrautregulierung und Bodenbearbeitung beeinflusst. Reduzierte Bodenbearbeitung wird in Europa zukünftig an Bedeutung gewinnen (PEKRUN & CLAUPEIN 1998, HOLLAND 2004). Untersuchungen der Wildpflanzenvegetation zeigen, dass die Diasporendichte, Individuendichte und Artenzusammensetzung bei reduzierter Bodenbearbeitung gegenüber der Pflugbearbeitung verändert wird (SWANTON et al. 1993). Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind jedoch nicht konsistent und zum Teil widersprüchlich (SWANTON et al. 1993, MENALLED et al. 2001) (vgl. Tab 5.1.2 und 5.1.3). Im Forschungsverbund Agrarökosysteme München (FAM) wurde seit 1992 im integrierten und organischen Anbau reduzierte Bodenbearbeitung durchgeführt (vgl. Kap. 2.2). Im integrierten Anbau wurde die im FAM übliche Bodenbearbeitung mit dem Rotogrubber mit Pflugbearbeitung und minimaler Bodenbearbeitung verglichen. Im organisch bewirtschafteten Betriebsteil der FAM-Versuchsstation wurde ein Bodenbearbeitungssystem entwickelt, bei dem in fünf von sieben Jahren auf den Einsatz des Pfluges verzichtet wird. Diese reduzierte Bearbeitung wurde mit jährlichem Pflugeinsatz verglichen. Dadurch wird die Beurteilung der betriebsüblichen Bearbeitung im FAM im Vergleich zu intensiverer (Pflug) oder stärker reduzierter (minimale) Bodenbearbeitung ermöglicht. Ein Ziel dieser Untersuchung ist es, die Auswirkungen der im FAM angewandten Bodenbearbeitung auf die Ackerwildpflanzen zu untersuchen und mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen in Bezug zu setzen.

Bisherige Untersuchungen zur Änderung der Artenzusammensetzung bei reduzierter Bodenbearbeitung fokussierten den agronomisch wichtigen Aspekt der Zunahme von Arten, die als „Problemarten“ zu erheblichen Ertragseinbußen führen (SCHWERDTLE 1977 a, KNAB & HURLE 1986, BUHLER 1994). Aus diesen Untersuchungen geht hervor, dass vor allem Gräser und ausdauernde Arten bei reduzierter Bodenbearbeitung zunehmen. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Auswirkung reduzierter Bodenbearbeitung auf die Artendiversität der Pflanzengemeinschaften, die allerdings nur in vergleichsweise wenigen Studien untersucht wurde (s. CLEMENTS et al. 1996, ZANIN et al. 1997, DERKSEN et al. 1998, MENALLED et al. 2001). Ergebnisse dieser Studien weisen auf eine Verschiebung der Dominanz der Arten bei reduzierter im Vergleich zu Pflugbearbeitung hin. Häufig werden Zunahmen von wenigen Arten beobachtet, die dann in der Vegetation dominieren. Mit der Analyse der Artenzusammensetzung (Evenness, „relative abundance index“) der Vegetation soll untersucht werden, ob sich solche Veränderungen auch im Bearbeitungssystem der FAM-Versuchsstation nachweisen lassen und gegebenenfalls welche Ursachen dafür verantwortlich sind. Um die Artenschutzfunktion der Bearbeitungssysteme beurteilen zu können, wurden die Auswirkungen der Bodenbearbeitung auf die Artenzusammensetzung der Wildpflanzenvegetation (Artendichte, Charakterarten der Ackerwildpflanzengemeinschaften) untersucht. Dieser Aspekt reduzierter Bodenbearbeitung ist bisher noch nicht herausgearbeitet worden.

Untersuchungen zum prozentualen Auflauf aus der Diasporenbank wurden vor allem durchgeführt, um zu prüfen, ob sich aus der Diasporenbank die künftige Verunkrautung prognostizieren lässt (vgl. WILSON et al. 1985, FORCELLA 1992, DESSAINT et al. 1997). Auf solchen Untersuchungen basierend, wurden Populationsmodelle entwickelt, mit deren Hilfe die Keimlingspopulationen im Frühjahr prognostiziert werden (MORTIMER 1989, ALM et al. 1993, ZWERTGER 1993, FORCELLA et al. 2000, VLEESHOUWERS & KROPFF 2000). Die Prognose des Frühljahrsauflaufs bietet im integrierten Anbau die Möglichkeit, die Aufwandmenge und den Zeitpunkt für die Applikation der Herbizide zu optimieren (GRUNDY 2003). Besonders bei der Anwendung von Herbiziden im Voraufbau müssen die Mittelauswahl und die Aufwandmengen für einen Ackerstandort im Voraus abgeschätzt werden (ROBERTS & RICKETTS 1979). Bei reduzierter Bodenbearbeitung sind die Diasporen in der Nähe der Bodenoberfläche angereichert, bei Bearbeitung mit dem Pflug dagegen gleichmäßig im Bearbeitungshorizont verteilt (STARICKA et al. 1990, BUHLER et al. 1997). Die meisten Diasporen liegen bei reduzierter Bodenbearbeitung also in einem Bereich des Bodens, aus dem sie keimen und auflaufen können. Dadurch wird der prozentuale Auflauf aus der Diasporenbank gefördert (AMANN 1991, CARDINA et al. 1996, PEKRUN et al. 2000, TØRRESEN 2003). Aus diesen Untersuchungsergebnissen leitet sich die Hypothese ab, dass die Prognose der Vegetation im Bestand bei reduzierter Bodenbearbeitung eher möglich ist als bei Bearbeitung mit dem Pflug. Diese Annahme sollte mit der Untersuchung der Beziehungen zwischen Diasporenbank und Vegetation im Bestand bei unterschiedlicher Bodenbearbeitungsintensität überprüft werden. Darüber hinaus sollte geklärt werden, wie stark die Bodenbearbeitung im Vergleich zu anderen Bewirtschaftungsfaktoren (Kultur, Vorfrucht) den prozentualen Auflauf aus der Diasporenbank beeinflusst.

Die Phytomasseproduktion der Ackerwildpflanzen wird in Untersuchungen zur Konkurrenz zwischen Kultur und Ackerwildpflanzen häufig untersucht, weil dieser Parameter die Populationsdichte und die Phytomassevariation einzelner Individuen integriert (STEVENSON et al. 1998). Untersuchungen belegen, dass die Samenproduktion pro Pflanze tendenziell mit zunehmender Biomasse steigt (SENSEMAN & OLIVER 1993, MERTENS & JANSEN 2002). Die oberirdische Phytomasse ist daher auch ein Indikator für die Samenproduktion der Ackerwildpflanzen. Anhand der Individuendichte blühender Ackerwildpflanzen und der Samenmengen pro Individuum ist es möglich, den Diasporeneintrag einjähriger Pflanzen in den Diasporenvorrat des Bodens zu ermitteln (OTTE 1996). Diese Untersuchungen zeigen, dass die Lebensphasen der Ackerwildpflanzen untereinander in Beziehungen stehen und als Indikator für die Entwicklung der Population verwendet werden können. Ein Ziel der eigenen Untersuchung ist es, die Eingangsgrößen für Populationsmodelle, (Diasporenbank, prozentualer Auflauf aus der Diasporenbank, Individuendichten im Bestand, blühende Individuen, Phytomasse) der Wildpflanzen zu bestimmen und den Einfluss der Bodenbearbeitung auf diese zu quantifizieren. Im Unterschied zu bisherigen Studien wurden innerhalb eines lange etablierten Anbausystems mit unterschiedlicher Bodenbearbeitungsintensität alle populationsbiologischen Entwicklungsphasen (Diasporenbank, Individuendichten zu verschiedenen Zeitpunkten der Vegetationsperiode, Anzahl blühender Individuen, oberirdische Phytomasse) der

Ackerwildpflanzen berücksichtigt. Dadurch werden die Wechselbeziehungen zwischen den einzelnen Lebensphasen deutlich und zugrunde liegende Prozesse lassen sich ableiten.

Die Bundesregierung strebt die Erhöhung des Anteils der nach EU-Richtlinie organisch bewirtschafteten Fläche von 3,2 % im Jahr 2000 auf 20 % im Jahr 2010 an. Um dieses Ziel zu erreichen, müsste das jährliche Wachstum 20 % betragen (WILLER et al. 2002). Forschungsergebnisse zu den Auswirkungen des organischen Landbaus auf die Ackerwildpflanzenvegetation sind daher für die Landbewirtschaftung von steigendem Interesse. Zur Populationsdynamik von Ackerwildpflanzen unter den Bedingungen des organischen Anbaus sind bisher nur wenige Untersuchungen durchgeführt worden. Im Fokus dieser Untersuchungen standen die Auswirkungen der mechanischen Regulierungsmaßnahmen (HAMPL 1995), der Bodenbearbeitung (EYSEL 2001) und des Anbaus von Futterleguminosen (SJRUSEN 2001, YOUNIE et al. 2002) auf einzelne Lebensphasen. Diasporenbankuntersuchungen in organischen Anbausystemen wurden im Vergleich zu konventionellen oder integrierten Anbausystemen selten durchgeführt (s. RAUPP et al. 1998, DUBOIS et al. 1998, WITTMANN & HINTZSCHE 2000, SJRUSEN 2001, YOUNIE 2002). Daraus leitet sich ein Forschungsbedarf zum Einfluss von Bewirtschaftungsmaßnahmen des organischen Anbaus auf die Diasporenbank ab (ZINATI 2002). Die quantitativen Beziehungen zwischen Diasporenbank und oberirdischer Vegetation wurden bisher lediglich in der Umstellungsphase eines organischen Anbausystems untersucht (s. SJRUSEN 2001). Eine Prognose des Wildpflanzenauflaufs im Frühjahr kann auch im organischen Anbau dazu genutzt werden, die Regulierungsmaßnahmen gezielt einzusetzen (KROPFF et al. 2000). Daher wurde der prozentuale Auflauf aus der Diasporenbank auch im organischen Anbau untersucht.

Im ökologisch wirtschaftenden Betrieb wird durch eine Anregung bodenbiologischer Prozesse die Pflanzenverfügbarkeit der Nährstoffe aus organischen und mineralischen Quellen angestrebt (KÖPKE 1994). Die Bodenbearbeitung mit dem Pflug stellt einen Konflikt mit diesem Ziel dar, da diese Art der Bearbeitung das natürliche Bodengefüge stört und Bodenlebewesen beeinträchtigt (SCHLEUB 2003). Obwohl die Möglichkeiten zur Anwendung reduzierter Bodenbearbeitung im organischen Anbau gering eingeschätzt wurden (PEKRUN & CLAUPEIN 1998), zeigen Untersuchungsergebnisse der FAM-Versuchsstation (KAINZ et al. 2003), des Projektes Ökologische Bodenbearbeitung (EYSEL 2001) und Erfahrungsberichte von Landwirten (BRAUN 2002), dass auch im organischen Anbau Alternativen zum intensiven Pflugeinsatz bestehen. Das im FAM entwickelte Bodenbearbeitungssystem sollte auf seine Wirkung bezüglich der Entwicklung und Artenzusammensetzung der Ackerwildpflanzenvegetation untersucht werden.

Der Feldfutteranbau wird im organischen Landbau als indirekte Regulierungsmaßnahme genutzt (BOND & GRUNDY 2001). Studien belegen, dass die Diasporenbank nach Luzerne-Klee grasanbau reduziert wird (TYSER 1998, SJRUSEN 2001, YOUNIE et al. 2002, ALBRECHT 2002). In den vorliegenden Untersuchungen sollte die Wirkung des Luzerne-Klee grasanbaus auf den prozentualen Auflauf aus der Diasporenbank und die Individuendichten und Phytomasse der Ackerwildpflanzen untersucht werden.

Vergleichsuntersuchungen zwischen integriert und organisch bewirtschafteten Äckern zeigen, dass die Dichte der Wildpflanzen und die Artendichte bei organischem Anbau höher ist als bei integriertem Anbau (FRIEBEN 1990, HYVONEN & SALONEN 2003). Die unterschiedliche Bewirtschaftung und verschiedene Standortverhältnisse der untersuchten Betriebe erschweren jedoch die Interpretation der Ergebnisse. Die Versuchsfelder der FAM-Versuchsstation ermöglichen einen Vergleich der Anbausysteme in Bezug auf die Populationsdynamik der Ackerwildpflanzen aufgrund der räumlichen Nähe, ähnlicher Bodenbedingungen, gleicher Bewirtschaftung und der langjährigen Etablierung (sieben Jahre vor Beginn der Untersuchung) der Versuchsvarianten.

## 2 Hintergrund und Methoden der Untersuchung

### 2.1 Forschungsverbund Agrarökosysteme München (FAM) – Das Untersuchungsgebiet

Die Untersuchungen zur Populationsdynamik von Ackerwildpflanzen wurden im Rahmen des Verbundprojektes Forschungsverbund Agrarökosysteme München (FAM) durchgeführt. Dieses Projekt untersuchte im Zeitraum von 1990 bis 2002 die ökologischen Folgen eines integrierten und eines organischen Bewirtschaftungssystems.

Der Forschungsverbund Agrarökosysteme München (FAM) hat das Gesamtziel, eine umweltschonende, standortangepasste und nachhaltige Landbewirtschaftung zu entwickeln und zu etablieren (JIMENEZ et al. 2000). Ein breites Spektrum von Untersuchungen verschiedener Forschungsdisziplinen fanden im ehemaligen Klostergut Scheyern im Tertiärhügelland 40 km nördlich von München statt. Dabei wurden alle Skalenebenen von Laborsystemen über Modellökosystemen, Parzellen, Schlägen, Betriebssystemen, dem Landschaftsausschnitt und der umgebenden Agrarlandschaft berücksichtigt. Nach einer zweijährigen Vorphase (1990-1992) mit einheitlicher konventioneller Bewirtschaftung wurden Ende des Jahres 1992 ein ökologisches sowie ein integriertes Betriebssystem und Parzellenversuchsflächen für die beiden Anbausysteme etabliert.

**Tab. 2.1.1: Beschreibung der FAM-Versuchsstation**

Naturraum	Bayerisches Tertiärhügelland
Relief	hügelig, Reliefenergie 32 m*km <sup>-1</sup>
Höhenamplitude	445-498 m über N.N
Hangneigung	5-9 % (ost und nordostexponiert) bis zu 39 % (süd, west- und nordexponiert)
Bodentypen	Braunerden aus Lößlehm Braunerden aus Ablagerungen der Oberen Süßwassermolasse Kolluvien
Ackerzahlen	25-65
mittlerer Jahresniederschlag	833 mm, wovon 590 mm in der Vegetationsperiode von Mai bis Oktober fallen
mittlere Jahrestemperatur	7,4 °C
Flächengröße	
- Forschungsstation	ca. 150 ha
- integriertes Betriebssystem	46 ha
- ökologisches Betriebssystem	68 ha
- Parzellenversuche integriert	4 x 4300 m <sup>2</sup> (17,2 ha)
- Parzellenversuche organisch	7 x 3000 m <sup>2</sup> (21,0 ha)

Der Betriebsteil im **integrierten Anbausystem** ist ein Marktfrucht-Gemischtbetrieb mit 45 ha Fläche, davon 66 % Ackerland. Bei der Bewirtschaftung der Betriebsflächen werden die Ziele des Boden-, Luft- und Gewässerschutzes berücksichtigt, indem die Bodenbearbeitung reduziert wird, Pflanzenrückstände an der Oberfläche verbleiben, Breitreifen verwendet und Pflanzenschutzmittel nach Schadenschwellen eingesetzt werden. Stickstoff wird entsprechend dem Pflanzenentzug gedüngt. Die Fruchtfolge besteht aus Kartoffeln, Winterweizen, Mais und Winterweizen.

68,5 ha der Versuchsstation werden im **organischen Anbausystem** entsprechend der Verordnung 2092/91/EWG bewirtschaftet. Dieser Betriebsteil ist Mitglied bei den Verbänden Bioland und Naturland. Die Produktionsschwerpunkte des organischen Anbausystems sind die Pflanzkartoffelerzeugung, Getreidevermehrung und Mutterkuhhaltung mit einem Ackerflächenanteil von 46 % der Gesamtfläche. Die 7-feldrige Fruchtfolge weist Luzerne-Klee gras, Kartoffeln, Winterweizen, Sonnenblumen, Luzerne-Klee gras, Weizen und Winterroggen auf.

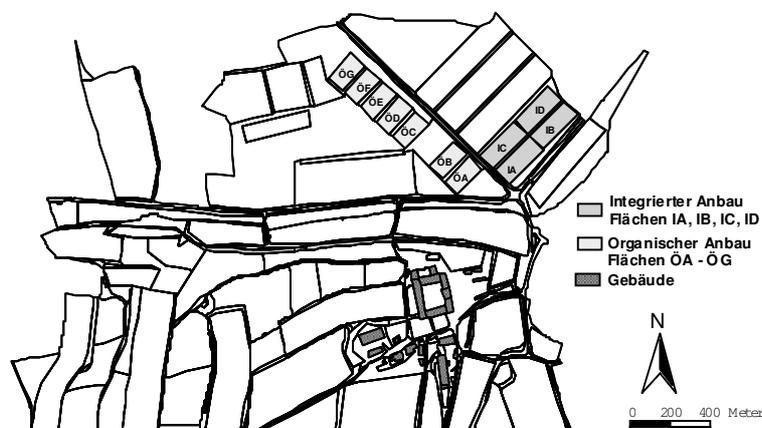
Die **Parzellenversuchsflächen** für den integrierten und organischen Anbau wurden angelegt, um die betriebsübliche Bewirtschaftung mit einer Bewirtschaftung in höherer und niedrigerer Intensität vergleichen zu können. Dazu wurde die Düngung und die Bodenbearbeitung variiert (vgl. Kap. 2.2.). Auf diesen Flächen fanden die Untersuchungen der vorliegenden Arbeit statt.

Auf dem Gelände der FAM-Versuchsstation werden zwei Wetterstationen betrieben. Graphiken der Datenauswertung der Wetterstation „Oberes Hohlfeld“ sind im Anhang dargestellt (Kap. 8.3).

Die Vegetation der Parzellenversuchsflächen gehört zur Unterklasse der Ackerstiefmütterchen-Gesellschaften (*Violenea arvensis*) HÜPPE & HOFMEISTER (1990). Die Halmfruchtbestände lassen sich als Kamillen-Gesellschaft (*Aphano-Matricarietum chamomillae*) aus dem Verband der Windhalm-Gesellschaften (*Aperion spicae-venti*) bezeichnen. Die Hackfruchtbestände gehören der Franzosenkraut-Gesellschaft (*Setario-Galinsogetum parviflorae*) aus dem Verband der Fingerhirsen-Borstenhirsen-Gesellschaften (*Digitario-Setarion*) an.

## 2.2 Anlage und Bewirtschaftung der Versuchsflächen

Die Parzellenversuchsflächen der FAM Forschungsstation wurden im Jahr 1992 eingerichtet, um den Einfluss der Bodenbearbeitung und Düngung auf Parameter der Pflanzenproduktion und Bodenqualität zu ermitteln. Dazu wurden im nördlichen Teil der Versuchsstation Parzellenversuche mit den Faktoren Bodenbearbeitung und Düngung im integrierten und im organischen Anbausystem angelegt (Abb. 2.2.1).



**Abb. 2.2.1:** Parzellenversuchsflächen für den integrierten und organischen Anbau. Bezeichnung der Flächen: IA, IB, IC, ID Flächen für den integrierten Anbau; OA, OB, OC, OD, OF, OG Flächen für den organischen Anbau.

### 2.2.1 Bewirtschaftung im integrierten Anbausystem

Auf vier Teilflächen von je 4300 m<sup>2</sup> Größe (Flächen IA, IB, IC, ID) wurde die viergliedrige Fruchtfolge aus Winterweizen, Kartoffeln, Winterweizen und Mais angebaut (Abb.2.2.1). Dabei wurde die jährliche Bodenbearbeitung in drei Varianten als Streifenanlage mit je drei Wiederholungen durchgeführt. Die Bearbeitungstreifen wurden in Blöcken randomisiert (Abb. 2.2.2). Die populationsbiologischen Untersuchungen fanden von 1999 bis 2002 in den Parzellen mit betriebsüblicher Düngungsstufe statt. Diese entspricht 135 kg N/ha, die in Form von Ammoniumharnstofflösung in drei Gaben pro Jahr appliziert wurden. Eine der Wiederholungen mit einer Fläche von 144 m<sup>2</sup> wird im folgenden Parzelle, alle drei Wiederholungen werden Bearbeitungsvariante genannt.

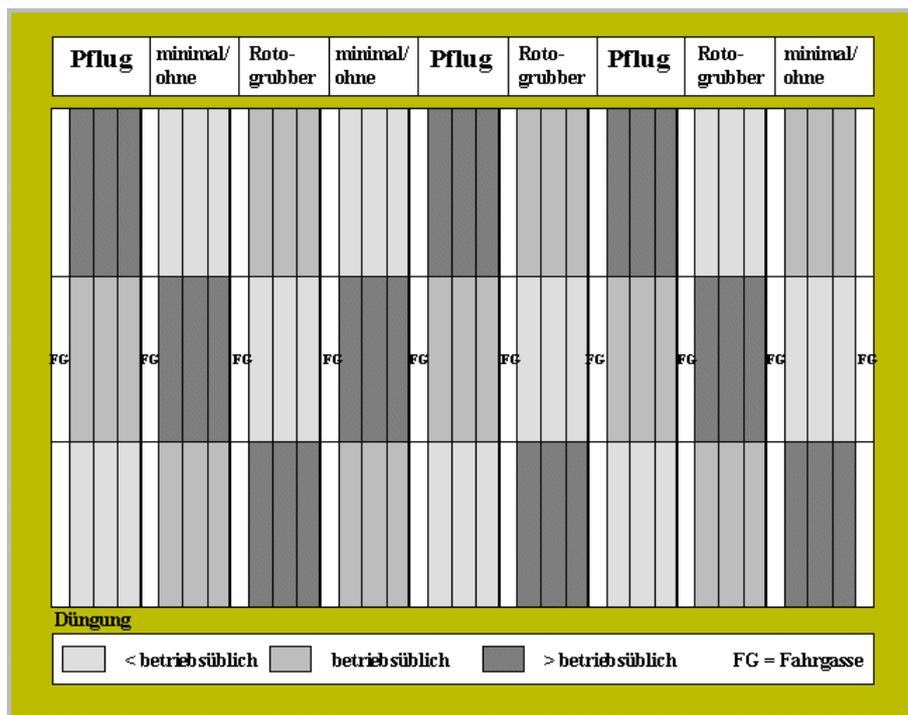


Abb. 2.2.2 Bearbeitungsvarianten der Parzellenversuchsflächen im integrierten Versuchsteil

Im integrierten Versuchsteil wurden folgende Varianten der Bodenbearbeitung durchgeführt:

#### Variante minimal:

Die Aussaat von Winterweizen (Sommerweizen) erfolgte ohne vorherige Bodenbearbeitung in einem kombinierten Arbeitsgang aus Kreiselegge und Sämaschine. Auch vor Kartoffel fand im Winter keine Bodenbearbeitung statt. Vor dem Pflanzen der Kartoffeln erfolgte im Frühjahr ein Arbeitsgang mit der Kreiselegge (Tiefe 7cm). Mais wurde direkt ohne jegliche Bodenbearbeitung ausgesät. Nach der Ernte fand keine Stoppelbearbeitung statt.

#### Variante Rotogrubber:

Nach der Bodenbearbeitung mit dem Zinkenrotor (ab 1999 Flügelschargrubber ca. 15 cm tief) erfolgte die Aussaat von Winterweizen in einem kombinierten Arbeitsgang aus Kreiselegge und Sämaschine. Vor Kartoffelanbau fand eine Bodenbearbeitung im Winter statt. Im Frühjahr erfolgte ein Arbeitsgang mit der Kreiselegge (Tiefe 7cm) vor dem Pflanzen der Kartoffeln. Auch vor Maisanbau wurde im Winter eine Bodenbearbeitung durchgeführt. Vor der Maissaat im Frühjahr wurde der Boden ca. 5 cm tief mit der Kreiselegge bearbeitet. Zur Stoppelbearbeitung wurde nach der Ernte ca. 5-8 cm flach gegrubbert.

**Tab. 2.2.1: Bewirtschaftungstermine im integrierten Versuchsteil**

	Bodenbearbeitung	Aussaat (Sorte) Saatstärke	Unkrautregulierung		Aufwandmenge	Ernte
<b>Weizen</b>			Datum	Herbizid / mechanisch		Datum
1999/2000	12.10. Bodenbearbeitung (Pflug, Grubber)	13.10. (Petrus) 195 kg/ha	24.03 17.04 21.05.	Azur Starane M-Wuchsstoff Starane	2,4l/ha 0,5l/ha 1l/ha 0,5l/ha	14.08.
2000/2001	21.12. Fräsen 29.01. Bodenbearbeitung (Pflug, Grubber)	28.04. (Thasos) 226 kg/ha	22.05.	Wuchsstoff MCPA Starane	1l/ha 0,3l/ha	14.08.
2001/2002	16.11 Grubber 15 cm 16.11. Pflug 20 cm	16.11. (Petrus) 225 kg/ha	12.04.	IPU Loredo (Diflufenikan, MCPP) CCC	2,5 l/ha 1 l/ha 1l/ha	17.08.
<b>Kartoffel</b>						
1999/2000	13.01.00 Pflug 22 cm 29.01.00 Grubber 15 cm	03.05.00 (Solara) 4000 kg/ha	02.05.00 20.05.00 23.05.00	Häufeln Häufeln Boxer Sencor	3,5 l/ha 0,5 l/ha	26.10
2000/2001	13.01.01 Pflug 20 cm 29.01.01 Grubber 15 cm	11.05.01 (Agrida) 41000 Knollen/ha	05.05.01  01.06.01 06.06.01	Touch Down (Glyphosat) Häufeln Cato + FHS Sencor	3 l/ha  30 g 0,3 kg/ha	30.10- 05.11.
<b>Körnermais</b>						
1999/2000	13.01.00 Pflug 22 cm 29.01.00 Grubber 15 cm	06.05.00 (Prinz)	22.04.00 05.06.00	Durano Terano Buctril Gardobuc	3 l/ha 0,2 kg/ha 0,7 l/ha 1 l/ha	19.10.
2000/2001	13.01. Pflug 20 cm 29.01. Grubber 15 cm	30.04.01 (Prinz)	04.04.01  06.06.01	Taifun Mikado Lido SC Cato + FHS	3 l/ha 1 l/ha 1,8 l/ha 30g/ha	31.10.

**Variante Pflug:**

Nach der Bodenbearbeitung mit dem Pflug, (ca. 20 cm tief) erfolgte die Aussaat von Winterweizen in einem kombinierten Arbeitsgang aus Kreiselegge und Sämaschine. Vor Kartoffel fand eine Bodenbearbeitung im Winter statt. Im Frühjahr erfolgte dann ein Arbeitsgang mit der Kreiselegge (Tiefe 7 cm) vor dem Pflanzen der Kartoffeln. Für den Maisanbau wurde eine Grundbodenbearbeitung im Winter durchgeführt. Im Frühjahr wurde der Boden vor der Maissaat ca. 5 cm tief mit der Kreiselegge bearbeitet. Zur Stoppelbearbeitung wurde nach der Ernte ca. 5-8 cm flach gegrubbert.

Der Reihenabstand im Weizen betrug 12,5 cm. Im Jahr 2001 wurde Sommerweizen angebaut, da die Aussaat von Winterweizen wegen zu feuchter Witterung im Herbst 2000 nicht möglich war (Tab. 2.2.1). Der Reihenabstand der Kartoffeln betrug 75 cm.

Die Variante Rotogrubber (15 cm) entspricht der betriebsüblichen Bodenbearbeitung der integriert bewirtschafteten Betriebsflächen der FAM-Versuchsstation.



**Tab. 2.2.2: Bewirtschaftungstermine im organischen Versuchsteil**

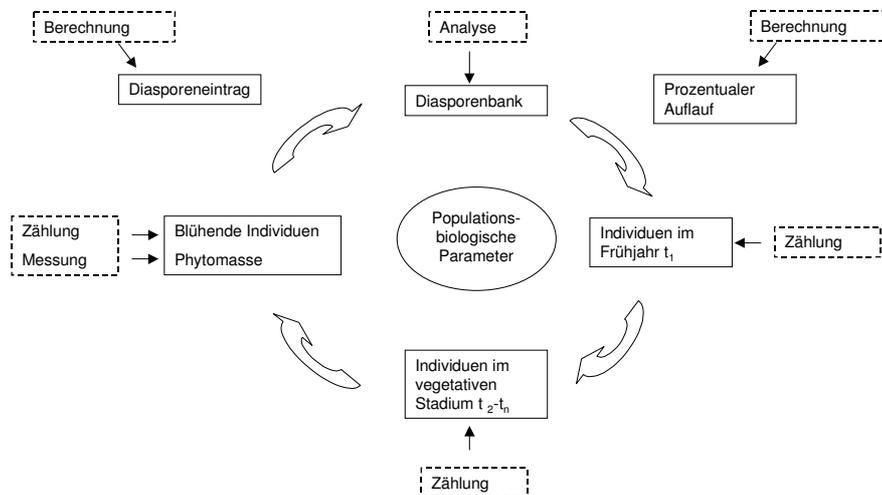
	Bodenbearbeitung	Aussaat (Sorte)	Unkrautregulierung	BBCH*	Ernte
1999/2000	19.10. Fräse (nach LKG) 20.10. Bodenbearbeitung	21.10 (Capo)	23.03. Striegeln 28.04. Striegeln	22-23 30	27.07
2000/2001	17.10.00 Fräse (nach LKG) Anfang Nov. Grubber 7 cm tief 13.01. Pflügen 03.04. Grubbern	03.04. (Thasos)	07.04. Striegeln 12.05. Striegeln 13.05. Distelbekämpfung mit Freischneider 21.05 Striegeln		14.08
2001/2002	16.10. Pflügen und Grubbern	18.01. (Capo)	05.04. Striegeln 19.04. Striegeln 18.05. Striegeln	13 30 32	29.07

\* Entwicklungsstadium des Weizens (MEIER 1997)

Nach der Ernte fand eine Stoppelbearbeitung durch flaches Grubbern in 5-8 cm Tiefe statt. Die Variante mit reduzierter Bodenbearbeitung „betriebsüblich“ entspricht der Bearbeitung, die auf den organisch bewirtschafteten Betriebsflächen der FAM Versuchsstation durchgeführt wird.

### 2.3 Untersuchungsmethoden und Auswertung

Auf den in Kapitel 2.2 beschriebenen Parzellenversuchsflächen für den integrierten Anbau wurden in den Jahren 1999 bis 2002 in allen Kulturen populationsbiologische Parameter der Diasporenbank und Vegetation im Bestand (Individuendichte, blühende Individuen, Phytomasse) der Ackerwildpflanzen erhoben (Abb. 2.3.1).



**Abb.2.3.1: im Zeitraum von 1999 bis 2002 auf den Parzellenversuchsflächen für den integrierten und ökologischen Anbau erhobene populationsbiologische Parameter**

Auf den Parzellenversuchsflächen für den organischen Anbau wurden diese Untersuchungen jeweils in der Weizenkultur durchgeführt. Die beiden Flächen mit Weizenanbau unterschieden sich durch die Stellung in der Fruchtfolge voneinander. Auf einer Fläche erfolgten die Untersuchungen nach Kartoffelanbau, auf der anderen nach der Einsaat einer Luzerne-Kleegrass Mischung.

Die Nomenklatur der Pflanzenarten folgt der Standardliste der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands (WISSKIRCHEN & HÄUPLER 1998).

### 2.3.1 Diasporenbankanalysen

Für die vorliegende Untersuchung wurde die Auflaufmethode nach THOMPSON et al. (1997) gewählt. Vor der Aussaat oder dem Pflanzen der Kulturarten (Tab. 2.3.1) wurden mit einem Stechzylinder von 7,7 cm Durchmesser in jeder Parzelle 5 Bodenproben entnommen. Um die Tiefenverteilung der Diasporen im Boden zu ermitteln, erfolgte die Entnahme der Proben in den Tiefenklassen A (0-5 cm), B (6-10 cm) und C (11-20 cm).

Entlang eines Transekts in der Mitte jeder Parzelle wurden die Bodenproben im Abstand von ca. 1,5 m mit räumlichem Bezug zu den Aufnahmeflächen der Individuenzählung (Kap. 2.3.2) genommen. Für die Proben der Klassen A und B wurden jeweils zwei Einstiche vereinigt, um ein gleiches Probevolumen wie in Klasse C zu erzielen.

Die Proben wurden nach der Entnahme durch ein Sieb mit der Maschenweite 2 cm grob zerkleinert, vermischt und in mit Gaze abgedeckten Styroporschalen in einem frostfreien Gewächshaus ausgebracht. Die Bewässerung der Proben erfolgte nach Bedarf. Auflaufende Keimlinge wurden, sobald sie sich identifizieren ließen, bestimmt, gezählt und aus den Schalen entfernt. Die Bestimmung der Wildpflanzen erfolgte nach KLAPP (1990) und HANF (1999). Sobald keine neuen Keimlinge mehr aufliefen, wurden die Proben erneut gesiebt und gewendet, um weiteren Diasporen günstige Keimungsbedingungen zu schaffen. Dieses Verfahren wurde über einen Zeitraum von 1,5 Jahren fortgesetzt. Innerhalb des Untersuchungszeitraums wurden die Proben einer Frostperiode im Freien ausgesetzt.

Das Aufstellen von Schalen mit sterilem Torf (Nullproben) zeigte, dass Diasporen aus der Umgebung der Freifläche trotz der Abdeckung mit Gaze in die Proben gelangten. Deshalb wurden diese Arten mit flugfähigen Diasporen (*Taraxacum officinalis*, *Epilobium ciliatum*, *Salix spec.*, *Betula pendula*, *Conyza canadensis*) nach dem Aufstellen der Proben in der Freifläche nicht mehr in die Auswertung der Diasporendichte einbezogen. Aus den Diasporendichten pro Probe wurde die Anzahl der Diasporen pro m<sup>2</sup> errechnet. Eine Diaspore in der Probe entspricht 215 Diasporen/m<sup>2</sup>.

**Tab. 2.3.1: Untersuchungstermine der Diasporenbankanalyse. Flächen IA-ID und ÖA-ÖF s. Abb. 2.2.1**

Flächen	Kultur	Zeitpunkt	Datum	Anzahl der Proben	
				integriert	ökologisch
IA, IC, ÖC, ÖF	Winterweizen	vor Aussaat	Oktober 1999	270	120
IB, ID	Kartoffel, Mais	vor Pflanzung, Aussaat	Mai 2000	270	
IB, ID, ÖB, ÖE	Sommerweizen	vor Aussaat	07.-30. November 2000	270	120
IA, IC	Kartoffel, Mais	vor Pflanzung, Aussaat	Mai 2001	270	
IA, IC, ÖA, ÖD	Winterweizen	vor Aussaat	22.-29. Oktober 2001	270	120

Die Auflaufmethode wurde zur Bestimmung der Diasporendichte gewählt, weil sie sich besser als die Extraktionsmethode eignet, wenn man die Beziehung zur aktuellen Vegetation erfassen will (FORCELLA 1992).

### 2.3.2 Untersuchung der Vegetation im Bestand

Für die Wildpflanzenaufnahme wurden in jede Parzelle sechs Aufnahmeflächen von 0,05 m<sup>2</sup> Größe eingemessen und markiert (N = 18 pro Bearbeitungsvariante im integrierten Anbau, N = 12 pro Bearbeitungsvariante im organischen Anbau). Diese wurden in zwei bis vier

wöchigem Abstand zu mehreren Zeitpunkten ( $t_1-t_n$ ) während der Vegetationsperiode aufgesucht (Tab. 2.3.2). Dabei wurde der Fundort jeder Wildpflanze auf einen Kartierbogen übertragen, so dass sie bei allen folgenden Durchgängen wiedergefunden werden konnten (BIEWER & POSCHLOD 1997). Bei Arten mit generativer Ausbreitung wurden Individuen und bei Arten mit vegetativer Ausbreitung die Sprosse gezählt. Aus diesen Zählungen wurde die Abundanz jeder Art als Individuendichte pro  $m^2$  berechnet. Zu jedem Aufnahmezeitpunkt wurde die Entwicklungsstufe der Kulturart nach der erweiterten BBCH-Skala (MEIER 1997) bestimmt.

Mit der wiederholten Aufnahme einzelner Individuen wird sichergestellt, dass kein Individuum doppelt gezählt wird. Zunahmen und Abnahmen können präzise quantifiziert werden und die Berechnung der Individuenzahlen, die innerhalb einer Vegetationsperiode aufgelaufen sind, ist möglich. Individuenverluste durch inter- und intraspezifische Konkurrenz werden erfasst. Dadurch ist die angewandte Methodik präziser, als die bei Keimlingserhebungen übliche Markierung der einzelnen Auflaufkohorten, wie sie u.a. von AMANN (1991) und MOHLER & CALLAWAY (1995) durchgeführt wurde, und praxisnäher als die Entfernung aufgelaufener Individuen aus den Zählflächen.

**Tab. 2.3.2: Untersuchungstermine der Wildpflanzenzählung während der Vegetationsperiode**

Jahr	Fläche	Kultur	Zeitspanne	Entwicklungsstadien der Kultur *	Anzahl der Aufnahmen in der Vegetationsperiode
2000	IA	Winterweizen	22.03.-02.08	13-87	8
	IB	Kartoffel	24.05.-09.09.	21-97	6
	IC	Winterweizen	23.03.-01.08.	21-87	7
	ID	Mais	25.05.-24.08.	14-90	6
	ÖC	Winterweizen	29.03.-29.06.	21-77	3
	ÖF	Winterweizen	06.03.-25.07.	13-87	4
2001	IA	Kartoffel	05.06.-27.09.	20-97	4
	IB	Sommerweizen	17.05.-09.08.	12-85	4
	IC	Mais	23.05.-02.10.	11-97	4
	ID	Sommerweizen	17.05.-10.08.	12-85	4
	ÖB	Sommerweizen	09.05.-11.08.	13-89	3
	ÖE	Sommerweizen	10.05.-07.08.	13-85	3
2002	IA	Winterweizen	18.03.-31.07.	13-89	4
	IC	Winterweizen	18.03.-30.07.	13-89	4
	ÖA	Winterweizen	28.03.-24.07.	22-89	3
	ÖD	Winterweizen	28.03.-22.07.	22-87	3

\* nach MEIER (1997)

Erreichte eine Pflanze das generative Stadium (Erscheinen der Blütenanlage BBCH code 51 nach MEIER 1997) wurde dies in den Vegetationsperioden 2001 und 2002 zusätzlich vermerkt. Diese Vorgehensweise ermöglichte es, die Keimung, das Absterben oder den Eintritt in das generative Stadium individueller Pflanzen einer bestimmten Zeitspanne zuzuordnen. So können zu jedem Aufnahmezeitpunkt Aussagen über die Anzahl der neu aufgelaufenen, abgestorbenen oder blühenden Pflanzen getroffen werden. Am Ende der Vegetationsperiode lässt sich die genaue Anzahl aller aufgelaufenen Pflanzen bestimmen, indem die Anzahl aller seit der letzten Aufnahme neu aufgetretenen Keimpflanzen und Sprosse summiert werden.

In den Vegetationsperioden 2000 und 2002 wurden in je einer Parzelle pro Bearbeitungsvariante untersucht, wieviele Individuen sich ohne regulierende Eingriffe durch Herbizide oder mechanische Unkrautbekämpfung entwickelten. Dazu wurden in den Parzellen des integrierten Anbaus die Aufnahme­flächen vor der Herbizidanwendung mit durchsichtiger Folie abgedeckt und direkt nach der Applikation wieder entfernt. In den entsprechenden Parzellen des organischen Anbaus wurde der Striegel angehoben, wodurch auf 9 m Arbeitsbreite keine mechanische Unkrautregulierung stattfand. Da alle in den Aufnahme­flächen wachsenden Wildpflanzen vor der Ernte zur Phytomasseermittlung entfernt wurden, konnte die Beeinflussung der Diasporenbanken durch vermehrte Anzahl von fruchtenden Pflanzen in den unregulierten Flächen minimiert werden.

Nach der letzten Wildpflanzenzählung vor der Ernte wurde in jedem Jahr die Trockenmasse der oberirdischen Phytomasse der Wildpflanzen bestimmt. Dazu wurden die oberirdischen Pflanzenteile der Wildpflanzen jeder Aufnahme­fläche unmittelbar an der Bodenoberfläche abgeschnitten und in Papiertüten eingesammelt. Dadurch wurden auch die Diasporen aus der Versuchsfläche entfernt. Die Proben wurden für mindestens 3 Tage im Trockenschrank bei 60°C getrocknet und danach ausgewogen.

Nach der Ernte oder nach der Aussaat im Herbst gekeimte und aufgelaufene Wildpflanzen wurden nicht berücksichtigt.

### **2.3.3 Prozentualer Auflauf**

Zur Berechnung des prozentualen Auflaufs aus der Diasporenbank wurde der Quotient aus der Pflanzendichte im Bestand und der Diasporendichte des Bodens aus der vorangegangenen Diasporenbankanalyse gebildet. Durch die Aufnahmemethodik der Individuenzählungen war es möglich, den prozentualen Auflauf im Frühjahr (Frühjahrsauf­lauf) und kumulativ für alle im Beobachtungszeitraum aufgelaufenen Pflanzen (Gesamtauf­lauf) zu bestimmen.

### **2.3.4 Auswertung der Vegetationsdaten**

Die Daten aus den Diasporenbankanalysen und den Pflanzenzählungen wurden zur Beschreibung der Vegetationszusammensetzung nach folgenden Parametern ausgewertet (Tab. 2.3.3).

Tab. 2.3.3 Parameter der Datenauswertung

	Beschreibung	Formel <sup>1</sup>
Artenzahl	Zahl der Arten	n
Artendichte	Anzahl der Arten/100m <sup>2</sup>	n / 100m <sup>2</sup>
Abundanz	Individuen pro m <sup>2</sup> oder Individuendichte	P <sub>i</sub>
Dominanz	Anteil der Pflanzendichte einer Art an der Summe der Dichte aller Arten	P <sub>i</sub> / $\Sigma$ (P <sub>i</sub> )
Frequenz	Anteil von Flächen mit einer bestimmten Art an der Gesamtzahl der untersuchten Flächen	N <sub>i</sub> / N
Relative Frequenz	Anteil der Anzahl von Funden einer Art an der Gesamtanzahl der Funde aller Arten	N <sub>i</sub> / $\Sigma$ (N <sub>i</sub> )
„relative abundance index“	Aus Dominanz und relativer Frequenz zusammengesetzter Wertigkeitsindex (DERKSEN et al. 1993)	$[(P_i / \Sigma (P_i)) + (N_i / \Sigma (N_i))] / 2$
Diversitätsindex Evenness E	Beschreibung der Verteilung von Arten innerhalb einer Gemeinschaft	E = H' / H <sub>max</sub> * 100
Ähnlichkeitsindex nach Sørensen	Beschreibung der Ähnlichkeit von zwei Artengemeinschaften qualitativ: Arten werden über Präsenz/Absenz berücksichtigt quantitativ: Die Dichte der Arten wird berücksichtigt	$[2 G_t / (n_a + n_b)] * 100$ $[2 P_t / (P_a + P_b)] * 100$

<sup>1</sup> n = Artenzahl	N = Anzahl untersuchter Flächen
P <sub>i</sub> = Dichte der i-ten Art aus einer Gruppe	G <sub>t</sub> = Anzahl gemeinsamer Arten in Variante a und b
N <sub>i</sub> = Anzahl Flächen mit einer bestimmten Art	P <sub>t</sub> = Summe der niedrigsten Dichten der gemeinsamen Arten
H' = - $\Sigma$ P <sub>i</sub> Log (P <sub>i</sub> )	P <sub>a</sub> = Summe der Dichte aller Arten in der Variante a
H <sub>max</sub> = log n	P <sub>b</sub> = Summe der Dichte aller Arten in der Variante b

Für die Diasporenbankanalysen wurde das mittlere Samengewicht und der „longevity index“ der Arten in den Bearbeitungsvarianten berechnet. Für die Berechnung des mittleren Samengewichtes wurde die Summe der Samengewichte der beteiligten Arten (BFN 2002) durch die Anzahl der Arten geteilt. Für die Berechnung des „longevity index“ werden Untersuchungen zur Persistenz von Arten (THOMPSON et al. 1997) ausgewertet, indem die Summe der Nachweise persistenter Diasporenbanken durch die Summe der Nachweise kurzlebiger und persistenter Diasporenbanken geteilt wird. Der „longevity index“ nach THOMPSON et al. (1998) ist ein Maß für die Fähigkeit der Arten persistente Diasporenbanken aufzubauen. Er kann Werte zwischen 0 (kein Nachweis) und 1 (ausschließlich Nachweise persistenter Diasporenbanken) einnehmen.

Die Artenzusammensetzung der Diasporenbank und Vegetation im Bestand wird durch die Angaben zur Gesamtartenzahl und Artendichte sowie der Abundanz, Dominanz und Frequenz von Arten beschrieben. Der „relative abundance index“ ist ein Ausdruck für die Bedeutung einer Art innerhalb der betrachteten Gemeinschaft. Die Berechnung des „relative abundance index“ für jede Art hat den Vorteil, dass die nichthomogene Verteilung der Arten in Ackerflächen ausgeglichen wird (DERKSEN et al. 1993, STREIT et al. 2003).

Eine Gemeinschaft von Arten wird um so höher bewertet, je mehr Arten anzutreffen sind und je gleichmäßiger die Anteile von Individuen einer Art an der Gesamtheit der Individuen verteilt sind. Ackerwildpflanzengemeinschaften zeichnen sich allgemein durch aggregierte Verteilung der Arten aus. Die Evenness ermöglicht den Vergleich von Beständen mit unterschiedlicher Artenzahl hinsichtlich ihrer Dominanzstruktur (HAEUPLER 1982, CLEMENTS et al. 1994) und wurde deshalb zur Beschreibung der Artenzusammensetzung der Diasporenbank

und oberirdischen Vegetation herangezogen. Sie gibt an, welchen Grad der Gleichverteilung die Arten im System erreicht haben. Die Evenness kann Werte von 0 % (minimale Gleichverteilung) bis 100 % (maximale Gleichverteilung) einnehmen.

Der Sørensen-Index beschreibt die Ähnlichkeit zweier Pflanzengemeinschaften bezüglich ihrer Artenzusammensetzung. Der Vergleich kann qualitativ über das Vorkommen der Arten und quantitativ durch die Abundanz erfolgen. Je höher die Werte sind, um so größer ist die Ähnlichkeit zwischen den Varianten. Durch den Sørensen-Index kann die Artenzusammensetzung der Bearbeitungsvarianten qualitativ und quantitativ miteinander verglichen werden. Die Ähnlichkeit von Diasporenbank und oberirdischer Vegetation wird qualitativ beschrieben.

Der Korrelationskoeffizient eignet sich zur Beschreibung der quantitativen Beziehungen zwischen Diasporenbank und Keimlingspopulationen (CARDINA & SPARROW 1996) und wird deshalb zur Beurteilung der Relation zwischen den Lebensphasen der Ackerwildpflanzen herangezogen.

### **2.3.5 Erhebung der Bodenfeuchte in den Parzellenversuchsflächen**

Die Bestimmung der Bodenfeuchte erfolgte gravimetrisch. Dazu wurde am 21.06.2001 in den Bearbeitungsvarianten der Fläche ID, am 19.07.2001 in allen Bearbeitungsvarianten der integriert bewirtschafteten Versuchsflächen (IA - ID) und am 22.10.2001 in den Flächen IA und IC Bodenproben der obersten 5 cm entnommen und im Trockenschrank bei 60 °C bis zur Gewichtskonstanz gelagert. Danach wurden die Proben ausgewogen und der Trocknungsverlust (=Wassergehalt) wurde berechnet.

### **2.3.6 Datenauswertung und Darstellung**

Die Niederschlags- und Temperaturdaten der Wetterstation „Oberes Hohlfeld“ während der untersuchten Vegetationsperioden wurden ausgewertet.

Die statistische Aufbereitung und Auswertung der im Feld erhobenen Daten erfolgte mit dem Programm Statistica (STATSOFT 1999).

- deskriptive Methoden und Verfahren: Berechnung von Median, Mittelwert, Quartilen, Maximum, Minimum. Die Abbildungen stellen Median oder Mittelwerte der untransformierten Daten mit den Quartilen, Maxima und Minima in Form von Box & Whisker Plots dar. Die Darstellung der Ergebnisse als Box & Whisker Plots wurde gewählt, um die Variabilität der Daten wiederzugeben. Diese Art der Darstellung enthält mehr Informationen und ist angemessener, als die Angabe der Mittelwerte und Standardabweichungen (GIBSON 2002).
- Varianzanalyse (ANOVA), wenn die numerischen Daten die Voraussetzungen - Normalverteilung, Varianzhomogenität und Unabhängigkeit der Standardabweichung vom Mittelwert - erfüllten oder durch Winkel- oder Logtransformation der Originaldaten erfüllen konnten. Die Varianzanalyse ermöglicht es, signifikante Unterschiede zwischen mehr als zwei Gruppen zu ermitteln. Nach der Analyse auf signifikante Einflussfaktoren wurde mit dem „least significant difference test“ (LSD-test) überprüft, welche der Varianten signifikante Unterschiede bezüglich dieser Faktoren aufweisen.

- nichtparametrische Tests (Kruskal–Wallis-ANOVA und Mann-Whitney-U-Test), wenn die Voraussetzungen für die Anwendung parametrischer Tests und Verfahren nicht erfüllt wurden.
- Wilcoxon-Test für gepaarte Stichproben
- Berechnung der Korrelation zwischen zwei Variablen nach Spearman

Für die Ermittlung der Signifikanzen für die verschiedenen Einflussfaktoren wurden bei Verwendung der Varianzanalyse die transformierten Daten analysiert.

### 3 Vegetations- und Populationsentwicklung im integrierten Anbau

#### 3.1 Diasporenbank

In den 450 Proben aus den Jahren 1999, 2000 und 2001 wurde ein Artenspektrum von insgesamt 78 Arten (inklusive 4 Kulturarten) gefunden. Der Median der Diasporendichte im integrierten Anbausystem betrug 3655 Diasporen/m<sup>2</sup>.

##### 3.1.1 Diasporendichten der Versuchspartzen

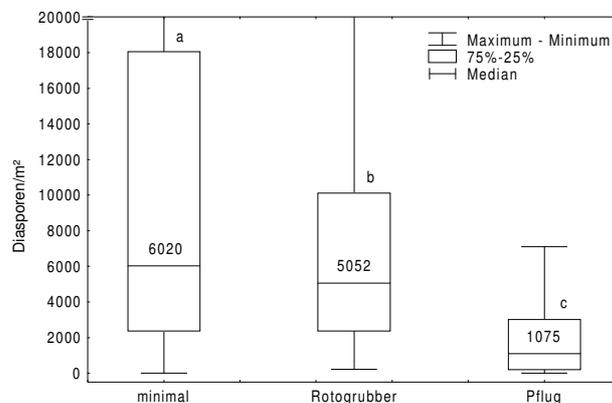
In Tabelle 3.1.1 sind die Ergebnisse der Varianzanalyse der Diasporendichten in der insgesamt analysierten Bodenschicht von 0-20 cm dargestellt.

**Tab. 3.1.1: Diasporenbankuntersuchungen (0-20 cm). F-Werte der Varianzanalyse (ANOVA) der. FG = Freiheitsgrade, Signifikanzniveau nach Least significant difference test: p<0,01 \*\*, p<0,05\*, n.s. nicht signifikant**

Faktor	FG	F	p
Bodenbearbeitung	2	85	**
Vorfrucht	2	20	**
Jahr	2	43	**

Die Ergebnisse dieser Analysen zeigen, dass die Bodenbearbeitung den stärksten Einfluss auf die Gesamtdiasporendichte hatte.

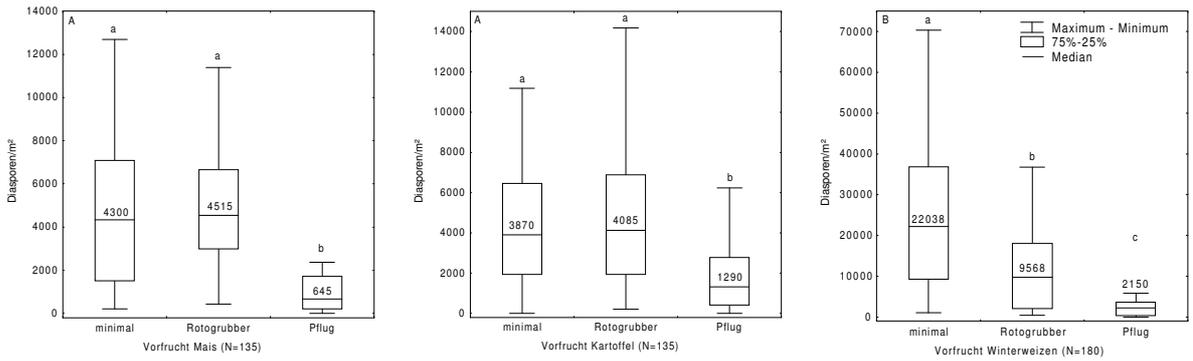
Im Vergleich zur wendenden Bearbeitung mit dem Pflug (1075 Diasporen/m<sup>2</sup>) sind im Mittel in der Variante mit minimaler Bodenbearbeitung ca. sechsfache Diasporendichten (6020 Diasporen/m<sup>2</sup>) und in der Rotogrubbervariante ca. fünffache Diasporendichten (5052 Diasporen/m<sup>2</sup>) vorhanden (Abb. 3.1.1).



**Abb. 3.1.1: Diasporendichten bei minimaler Bodenbearbeitung, Bearbeitung mit dem Rotogrubber und dem Pflug. Analysen der Diasporengehalte in 0-20 cm Bodentiefe aus den Jahren 2000-2002 (N=450). Signifikante Unterschiede (LSD-test) werden durch unterschiedliche Buchstaben angezeigt.**

Der LSD-Test zeigt, dass sich alle Bearbeitungsvarianten bezüglich der Diasporendichte signifikant voneinander unterscheiden. Sie nahm mit zunehmender Bearbeitungstiefe von 10 cm in der Variante mit minimaler Bodenbearbeitung, über 15 cm in der Rotogrubbervariante und 20 cm Eingriffstiefe bei der Bearbeitung mit dem Pflug ab.

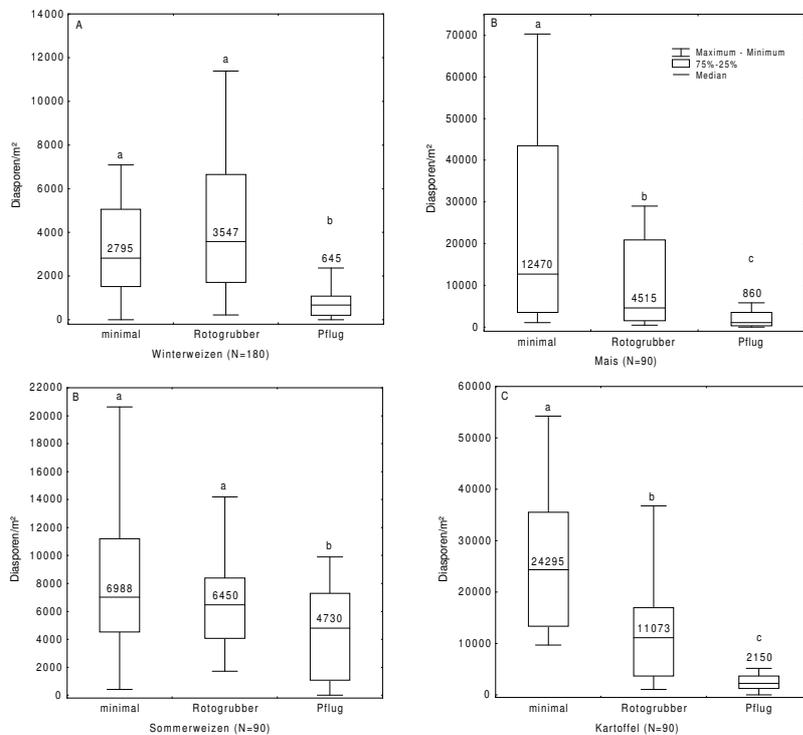
Auch die Vorfrucht hatte einen signifikanten Einfluss auf das Diasporenpotenzial für die Folgekultur (Abb. 3.1.2).



**Abb. 3.1.2: Diasporendichten in Abhängigkeit von der Vorfrucht. Analysen der Jahre 2000-2002. Signifikante Unterschiede zwischen der Vorfrucht sind durch verschiedenen Großbuchstaben (A, B, C) zwischen den Bearbeitungsvarianten durch Kleinbuchstaben (a, b, c) gekennzeichnet.**

Die Varianzanalyse mit anschließendem LSD-test zeigt, dass nach den Vorfrüchten Mais (Median 3010 Diasporen/m<sup>2</sup>) und Kartoffeln (Median 2800 Diasporen/m<sup>2</sup>) signifikant geringere Diasporendichten im Boden vorhanden waren als nach dem Anbau von Winterweizen (Median 5480 Diasporen/m<sup>2</sup>). Nach Mais und Kartoffel unterschieden sich die Bearbeitungsvarianten minimal und Rotogrubber nicht, wiesen aber signifikant höhere Diasporendichten auf, als die gepflügte Variante (Abb. 3.1.2). Nach Winterweizen unterschieden sich alle Bearbeitungsvarianten signifikant in der Diasporendichte.

Durch den Einfluss der Vorfrucht war das Diasporenpotenzial für den Vegetationsbestand in den nachfolgend angebauten Kulturen unterschiedlich groß (Abb. 3.1.3). Das Diasporenpotenzial wird dargestellt, um den Vergleich mit den daraus aufgelaufenen Individuen (Kap. 3.2) zu ermöglichen.



**Abb. 3.1.3: Diasporendichte in den Kulturen und Bearbeitungsvarianten. Analysen der Jahre 2000-2002. Signifikante Unterschiede zwischen den Kulturen sind durch verschiedenen Großbuchstaben (A, B, C) zwischen den Bearbeitungsvarianten durch Kleinbuchstaben (a, b, c) gekennzeichnet.**

Für den Winterweizenanbau wurde das geringste Diasporenpotenzial (1720 Diasporen/m<sup>2</sup>) ermittelt. In der Reihenfolge der Kulturen Mais (3440 Diasporen/m<sup>2</sup>), Sommerweizen (5913 Diasporen/m<sup>2</sup>) und Kartoffeln (9998 Diasporen/m<sup>2</sup>) nahm das Diasporenpotenzial des Bodens zu. Für Mais und Sommerweizen unterschied sich das Diasporenpotenzial nicht signifikant. Die höchsten Diasporendichten wurden mit 24295 Diasporen/m<sup>2</sup> vor Kartoffelanbau in der Variante mit minimaler Bodenbearbeitung erfasst. Die niedrigsten Diasporendichten (645 Diasporen/m<sup>2</sup>) waren vor Winterweizenanbau in der Pflugvariante zu finden. Bei Betrachtung des Diasporenpotenzials für die angebauten Kulturen Winterweizen, Kartoffel, Mais und Sommerweizen fällt die signifikant niedrigere Diasporendichte der Pflugvariante in allen Kulturen auf (Abb.3.1.3).

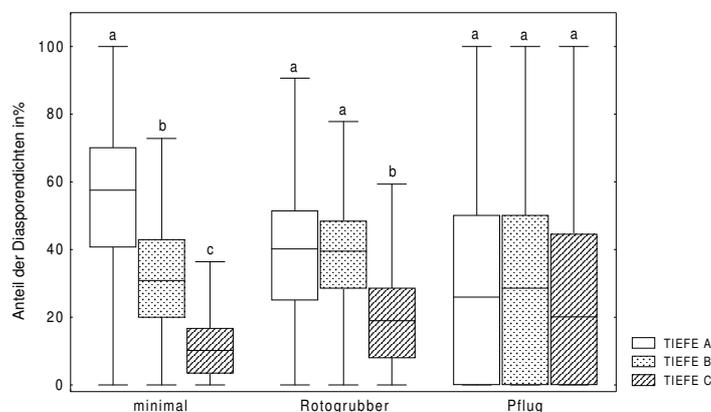
Bei den Blattfrüchten Kartoffel und Mais unterschieden sich die beiden Varianten mit reduzierter Bearbeitung minimal und Rotogrubber signifikant. Bei den Halmfrüchten Winterweizen und Sommerweizen unterschieden sich diese Varianten dagegen nicht.

Für das Jahr 2001 wurde ein signifikant höheres Diasporenpotenzial ermittelt als für die Jahre 2000 und 2002.

### 3.1.2 Vertikale Verteilung der Diasporen im Boden

Die Bearbeitungsvarianten unterschieden sich signifikant hinsichtlich der vertikalen Verteilung der Diasporen über verschiedene Bodentiefen (Abb.3.1.4).

Die Diasporen waren in beiden Varianten mit reduzierter Bodenbearbeitung (minimal und Rotogrubber) ungleichmäßig über den Pflughorizont verteilt.



**Abb. 3.1.4:** Tiefenverteilung der Diasporen in den Bodenproben. Tiefe A= 0-5 cm, Tiefe B= 5-10 cm, Tiefe C= 10-20 cm. Box & Whisker Plots (Median) der Diasporendichten aus den Jahren 2000 bis 2002. Unterschiedliche Buchstaben (a, b, c) kennzeichnen signifikante Unterschiede nach dem Wilcoxon Test für gepaarte Stichproben innerhalb einer Bearbeitungsvariante.

Die abnehmende Anzahl der Diasporen mit zunehmender Bodentiefe war am deutlichsten in der Variante mit minimaler Bodenbearbeitung ausgeprägt. 57 % der Diasporen befanden sich in den obersten 5 cm, 31 % in der Tiefenklasse von 5-10 cm und nur 4 % in der untersten Tiefenklasse. Bei Bearbeitung mit dem Rotogrubber sind in den beiden oberflächennahen Tiefenklasse je 40 % der Diasporen zu finden und 20 % in der unteren Tiefenklasse. In der Pflugvariante liegen die Medianwerte der Prozentanteile der Diasporendichten nahe beieinander. 26 % aller Diasporen waren in der Tiefe bis 5 cm, 29 % und 20 % in den Tiefen bis 10 cm und 20 cm nachzuweisen. Die Diasporen im Profil

der Bodenproben sind bei der Bodenbearbeitung mit dem Pflug gleichförmiger verteilt als bei reduzierter Bodenbearbeitung.

### 3.1.3 Artenzusammensetzung der Diasporenbank

Die Auswirkungen der unterschiedlichen Verfahren der Bodenbearbeitung auf die Artenzusammensetzung der Diasporenbank sind in Tab. 3.1.2 dargestellt.

Mit 59 Arten wies die Variante mit minimaler Bearbeitung die größte Gesamtartenzahl auf. In der Rotogrubbervariante wurden 56 Arten nachgewiesen. Die Pflugvariante war mit 42 Arten deutlich artenärmer als die beiden Varianten mit reduzierter Bodenbearbeitung. Die mittlere Artendichte betrug bei Pflugbearbeitung durchschnittlich 9,1 Arten/100 m<sup>2</sup>, bei minimaler Bearbeitung 15,0 Arten/100 m<sup>2</sup> und bei Bearbeitung mit dem Rotogrubber 15,6 Arten/100 m<sup>2</sup>. Bei reduzierter Bodenbearbeitung wurden höhere Artendichten erfasst.

Vollständige Artenlisten mit Angabe der Klasse (Dikotyledoneae, Monokotyledoneae), Lebensform, Dominanz, Frequenz und des „relative abundance index“ der einzelnen Arten in den Bearbeitungsvarianten befinden sich im Anhang (Kap. 8.1).

33 Arten kamen gemeinsam in allen drei Bearbeitungsvarianten vor. Ausschließlich in der Variante mit minimaler Bodenbearbeitung waren *Anagallis arvensis*, *Artemisia vulgaris*, *Epilobium hirsutum*, *Equisetum arvense*, *Euphorbia helioscopia*, *Lapsana communis*, *Lotus corniculatus* und *Sagina procumbens* vertreten.

**Tab. 3.1.2: Kennzahlen der Artenzusammensetzung der Bearbeitungsvarianten ermittelt aus den Diasporenbankanalysen der Jahre 2000-2002. Die Gesamtartenzahlen beziehen sich auf eine Flächengröße von je 1500 m<sup>2</sup>. Die soziologische Einordnung der Arten erfolgte nach HOFMEISTER & GARVE (1998).**

	minimal	Rotogrubber	Pflug
Gesamtartenzahl ohne Kulturarten	59	56	42
Kulturarten	3	3	5
Artendichte/100m <sup>2</sup> *	15,0 a	15,6 a	9,1 b
Evenness	61	62	70
mittleres Samengewicht (mg)	0,33	1,12	0,74
longevity index	0,86	0,78	0,73

	N	% <sup>1</sup>	N	% <sup>1</sup>	N	% <sup>1</sup>
Anzahl Charakter- und Differentialarten von Ackerwildpflanzengesellschaften ( <i>Violenae arvensis</i> )	33	56	33	59	23	55
Anzahl Begleiter und Arten anderer Gesellschaften	26	44	23	41	19	45
Anzahl dikotyle Arten	49	82	49	84	9	21
Anzahl monokotyle Arten	10	17	9	16	34	79
Anzahl Pteridophyten	1	1	-	-	-	-
Anzahl Therophyten	38	64	39	69	29	69
Anzahl Hemikryptophyten	16	27	14	25	10	24
Anzahl Geophyten	4	7	3	5	3	7
Anzahl Chamaephyten	1	2	1	1	-	-

\* Mittelwert der Wiederholungen und Aufnahmejahre. Signifikante Unterschiede sind durch Buchstaben gekennzeichnet

<sup>1</sup> prozentualer Anteil an der Gesamtartenzahl

Nur in der Rotogrubbervariante vorhanden waren *Chelidonium majus*, *Gnaphalium uliginosum*, *Plantago lanceolata*, *Rumex obtusifolius*, *Sinapis arvensis* und *Stellaria graminea*. Ausschließlich in der Pflugvariante wurden Diasporen der Arten *Achillea*

*millefolium*, *Anthoxanthum odoratum*, *Arrhenatherum elatius*, *Daucus carota* und *Rorippa palustris* nachgewiesen.

Mit steigender Bodenbearbeitungsintensität stieg auch die Evenness der Diasporenbank an. Der größte Grad an Gleichverteilung der Arten innerhalb des Bearbeitungssystems wurde mit 70 % in der Pflugvariante erreicht. In der Rotogrubbervariante betrug die Evenness 62 % und in der Variante mit minimaler Bodenbearbeitung 61 %. In dieser Variante waren die meisten Arten vertreten, allein 16 davon stellten aber einen Mengenanteil von 95 % aller Diasporen. In der Rotogrubbervariante und der Pflugvariante waren 20 Arten zu 95 % am Diasporenvorrat beteiligt.

Über alle Arten der Bearbeitungsvarianten gemittelt war das Samengewicht in der Variante mit minimaler Bodenbearbeitung mit 0,33 mg am geringsten. Bei der Bearbeitung mit dem Pflug betrug das mittlere Samengewicht 0,74 mg. Das höchste Samengewicht wurde mit 1,12 mg in der Rotogrubbervariante ermittelt. Der „longevity index“ nahm mit zunehmender Bodenbearbeitungsintensität ab.

Die Unterschiede in der Artenzusammensetzung der Diasporenbank zwischen den Bearbeitungsvarianten werden durch den Sørensen Index deutlich (Tab. 3.1.3). Die größte Übereinstimmung in der Artenzusammensetzung wiesen mit 83 im qualitativen Vergleich die Variante mit minimaler Bodenbearbeitung und die Variante Rotogrubber auf.

**Tab. 3.1.3: Vergleich der Bearbeitungsvarianten bezüglich der Artenzusammensetzung der Diasporenbank. Ähnlichkeitsindex nach Sørensen**

Bearbeitungsvariante	Rotogrubber		Pflug	
	qualitativ	quantitativ	qualitativ	quantitativ
Minimal	83	28	70	25
Rotogrubber			70	62

Die Pflugvariante ähnelte beiden Varianten mit reduzierter Bodenbearbeitung zu 70 % in der Artenausstattung. Bei Berücksichtigung der Abundanzen, der in den Varianten vorkommenden Arten (quantitativer Vergleich) reduzierte sich die Ähnlichkeit auf 25 % - 62 %.

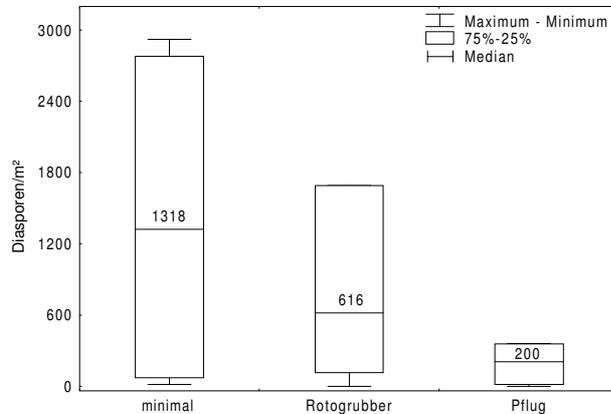
### 3.1.4 Diasporendichte einzelner Arten

Für *Chenopodium album*, *Epilobium ciliatum*, *Galium aparine*, *Matricaria recutita* und *Poa annua* konnten signifikante Unterschiede in der Diasporendichte zwischen den verschiedenen Bodenbearbeitungsvarianten nachgewiesen werden (Abb. 3.1.5 – 3.1.9). Die Dominanz und Frequenz dieser Arten in den Varianten ist in den Artenlisten im Anhang aufgeführt (Tab. 8.1.1) und wird im Text erläutert, wenn signifikante Unterschiede ermittelt wurden.

#### *Chenopodium album*

Die Diasporendichte von *Chenopodium album* nahm mit zunehmender Bearbeitungstiefe ab (Abb. 3.1.5). Der Mediantest zeigte einen signifikanten Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Diasporendichten an. Mit dem U-Test nach Man-Whitney konnten jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten belegt werden. In der Variante mit minimaler Bodenbearbeitung wurde *Chenopodium album* in 77 % aller Proben nach-

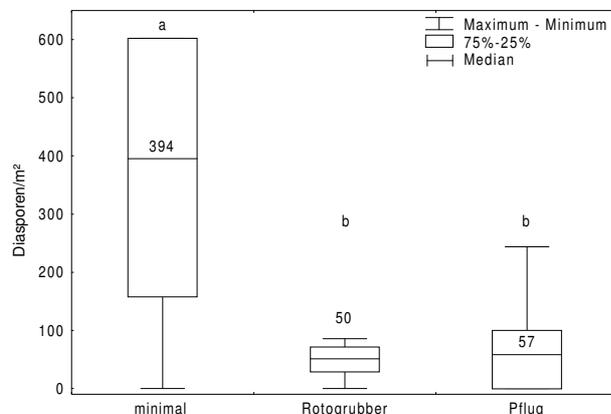
gewiesen. In der Rotogrubbervariante waren in 80 % der Proben Diasporen dieser Art zu finden. In der Pflugvariante war dies nur in 43 % der Proben der Fall. Ein Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Dominanz und Frequenz von *Chenopodium album* in den Bearbeitungsvarianten konnte statistisch nicht nachgewiesen werden.



**Abb. 3.1.5: Diasporendichte von *Chenopodium album* in den Bearbeitungsvarianten. Diasporenbankanalysen der Jahre 2000-2002 (N=450).**

### *Epilobium ciliatum*

Vergleichsweise hohe Diasporendichten (Median 394 Diasporen/m²) von *Epilobium ciliatum* wurden in der Variante mit minimaler Bodenbearbeitung ermittelt. Diese Variante unterschied sich signifikant von den beiden anderen Bearbeitungsvarianten (Abb. 3.1.6).



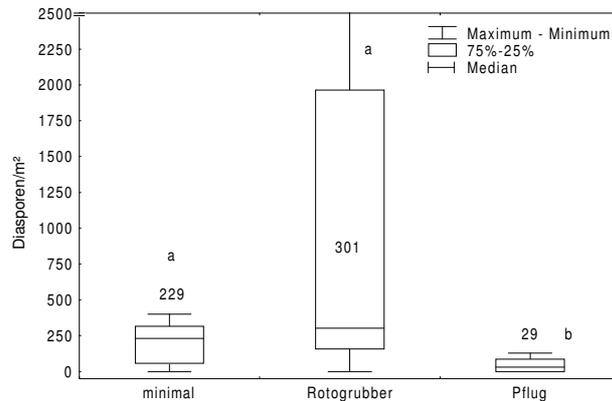
**Abb. 3.1.6 Diasporendichte von *Epilobium ciliatum* in den Bearbeitungsvarianten. Diasporenbankanalysen der Jahre 2000-2002 (N=450). Signifikante Unterschiede nach dem Mann-Whitney U-Test sind durch verschiedene Buchstaben gekennzeichnet.**

Auch die Dominanz und Frequenz dieser Art ist in der Minimalbearbeitungsvariante signifikant höher, als bei Bearbeitung mit dem Rotogrubber oder Pflug.

### *Galium aparine*

Die größte Diasporendichte (Median 301 Diasporen/m²) von *Galium aparine* wurde in der Rotogrubbervariante nachgewiesen. Die Bearbeitungsvarianten mit reduzierter Bodenbearbeitung (minimal und Rotogrubber) unterschieden sich untereinander nicht signifikant (Abb.3.1.7). Von der gepflügten Variante unterschieden sich beide Varianten jedoch durch

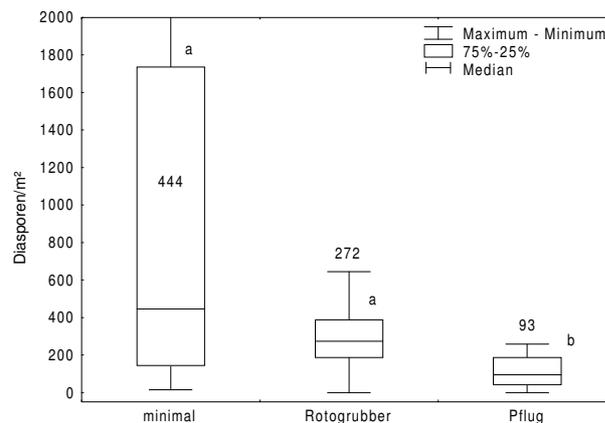
höhere Diasporendichten und eine größere Stetigkeit mit der *Galium aparine* in den Proben nachgewiesen wurde.



**Abb. 3.1.7:** Diasporendichte von *Galium aparine* in den Bearbeitungsvarianten. Diasporenbankanalysen der Jahre 2000-2002 (N=450). Signifikante Unterschiede nach dem Mann-Whitney U-Test sind durch verschiedene Buchstaben gekennzeichnet.

### *Matricaria recutita*

In der Pflugvariante waren die Diasporendichten von *Matricaria recutita* signifikant niedriger als in den Varianten mit reduzierter Bodenbearbeitung (Abb.3.1.8).



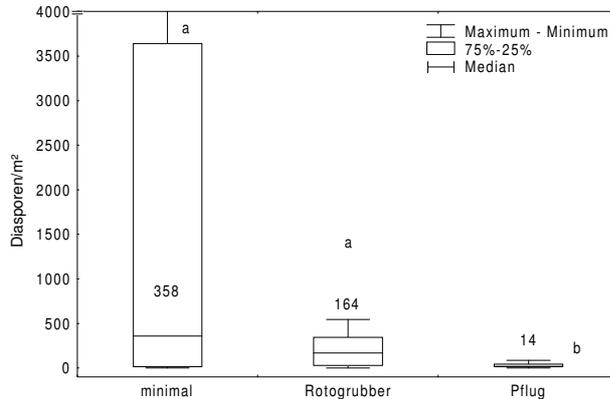
**Abb. 3.1.8:** Diasporendichte von *Matricaria recutita* in den Bearbeitungsvarianten. Diasporenbankanalysen der Jahre 2000-2002 (N=450). Signifikante Unterschiede nach dem Mann-Whitney U-Test sind durch verschiedene Buchstaben gekennzeichnet.

Die Pflugvariante wies mit 93 Diasporen/m<sup>2</sup> die geringste Diasporendichte auf. Die Dominanz von *Matricaria recutita* unterschied sich nicht zwischen den Bearbeitungsvarianten. In der Pflugvariante war die Art mit geringerer Stetigkeit in den Proben zu finden als in den beiden Varianten mit reduzierter Bearbeitung.

### *Poa annua*

Die Varianten mit reduzierter Bearbeitung zeigten signifikant höhere Diasporendichten von *Poa annua* als die Variante mit Pflugbearbeitung (Abb. 3.1.9). Die Diasporendichten von *Poa annua* erreichten Medianwerte von 358 Diasporen/m<sup>2</sup> in der Variante mit minimaler Bearbeitung, 164 Diasporen/m<sup>2</sup> in der Rotogrubbervariante und 14 Diasporen/m<sup>2</sup> in der gepflügten Variante. Maximalwerte von über 8000 Diasporen/m<sup>2</sup> wurden in der Variante mit minimaler Bearbeitung erfasst. Bei reduzierter

Bodenbearbeitung wurden signifikant höhere Dominanzwerte und Stetigkeiten von *Poa annua* erreicht.



**Abb. 3.1.9:** Diasporendichte von *Poa annua* in den Bearbeitungsvarianten. Diasporenbankanalysen der Jahre 2000-2002 (N=450). Signifikante Unterschiede nach dem Mann-Whitney U-Test sind durch verschiedene Buchstaben gekennzeichnet.

Für die meisten der in Kap. 3.1.4 dargestellten Arten gilt, dass bei reduzierter Bodenbearbeitungsintensität (Varianten minimal und Rotogrubber) signifikant höhere Diasporendichten zu finden waren als bei der Bearbeitung mit dem Pflug. Dabei war die Streuung der Werte in der Regel in der Variante mit minimaler Bearbeitung am größten. Ausnahmen bildeten die Arten *Epilobium ciliatum* und *Galium aparine*. *Epilobium ciliatum* kam in der Minimalbearbeitungsvariante mit höherer Dichte vor als in den beiden anderen Varianten. Die Diasporendichten von *Galium aparine* und die Streuung der Werte waren in der Rotogrubbervariante am größten.

## 3.2 Individuendichte während der Anbauperiode

### 3.2.1 Individuendichten im Frühjahr

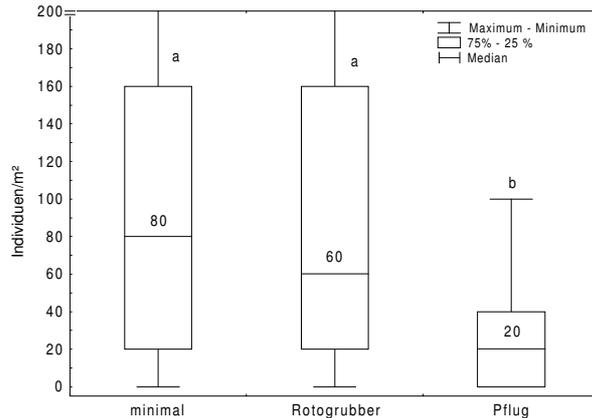
In Tabelle 3.2.1 sind die Ergebnisse der Varianzanalyse der Einflussfaktoren auf die Individuendichte im Frühjahr dargestellt.

**Tab. 3.2.1:** F-Werte der Varianzanalyse (ANOVA) der Individuendichte im Frühjahr. FG = Freiheitsgrade, Signifikanzniveau des LSD-Test:  $p < 0,01$  \*\*,  $p < 0,05$  \*, n.s. nicht signifikant

Faktor	FG	F	p
Bodenbearbeitung	2	38,5	**
Kultur	3	26,1	**
Vorfrucht	2	12,1	**
Jahr	2	18,1	**

Die Bodenbearbeitung hatte unter den untersuchten Variablen den stärksten Einfluss ( $p=0,000$ ,  $F=38,5$ ) auf die Individuendichte im Frühjahr (Tab. 3.2.1).

Bei unterschiedlicher Bearbeitungsintensität traten im Frühjahr vor der Regulierung durch Herbizide verschiedene Individuendichten auf (Abb. 3.2.1). Die Pflanzendichten im Frühjahr nahmen im Mittel aller Aufnahmen mit zunehmender Bearbeitungsintensität ab. Bei minimaler Bearbeitung wurden vor der Regulierung viermal so viele Individuen gezählt wie bei Pflugbodenbearbeitung. Bei der Bodenbearbeitung mit dem Rotogrubber wurde im Vergleich zur Pflugvariante die dreifache Individuendichte ermittelt.

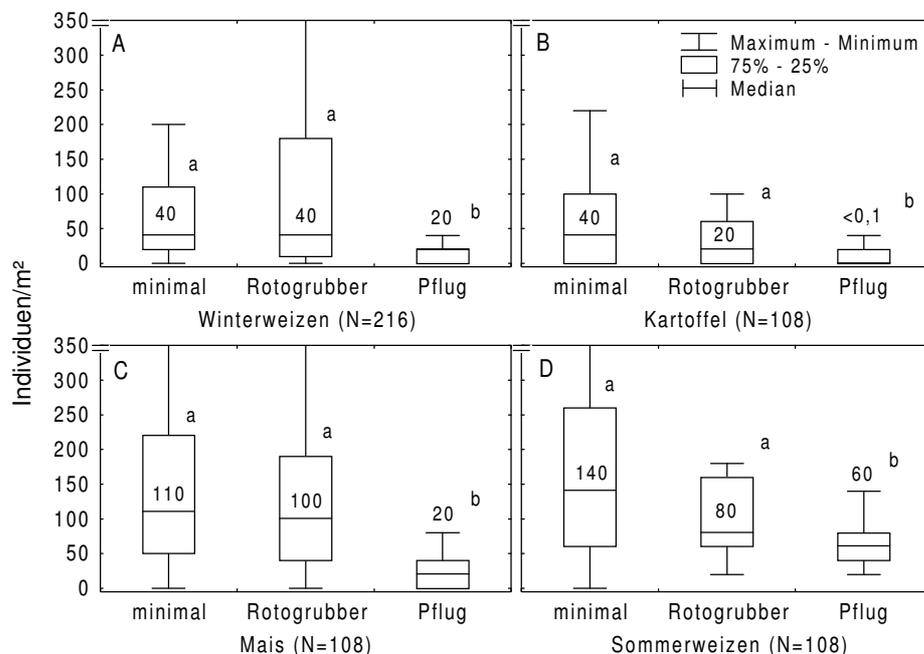


**Abb. 3.2.1: Individuendichten im Frühjahr vor der Herbizidanwendung in den Bearbeitungsvarianten. Aufnahmen gemittelt aus den Jahren 2000-2002 in allen Kulturen. (N=540). Signifikante Unterschiede (LSD-test) werden durch unterschiedliche Buchstaben angezeigt.**

In allen Kulturen waren die Individuendichten in den Varianten minimal und Rotogrubber höher als bei Pflugbearbeitung (Abb.3.2.2). Die Pflanzendichte im Frühjahr unterschied sich zwischen den Kulturen ( $F=26,1$ ;  $p<0,01$ ) signifikant. Sie nahm in der Reihenfolge Kartoffel, Winterweizen, Mais und Sommerweizen zu.

Die Medianwerte der Individuendichten vor der Regulierung lagen in den Kulturen Winterweizen und Kartoffel bei allen Bearbeitungsvarianten unterhalb von 50 Individuen/m<sup>2</sup>. In den Kulturen Mais und Sommerweizen wurden bei reduzierter Bodenbearbeitung mit Individuendichten von 80 bis 140 Individuen/m<sup>2</sup> deutlich höhere Dichten erfasst.

**Abb. 3.2.2: Individuendichte vor der Herbizidanwendung in den Kulturen und Bearbeitungsvarianten.**



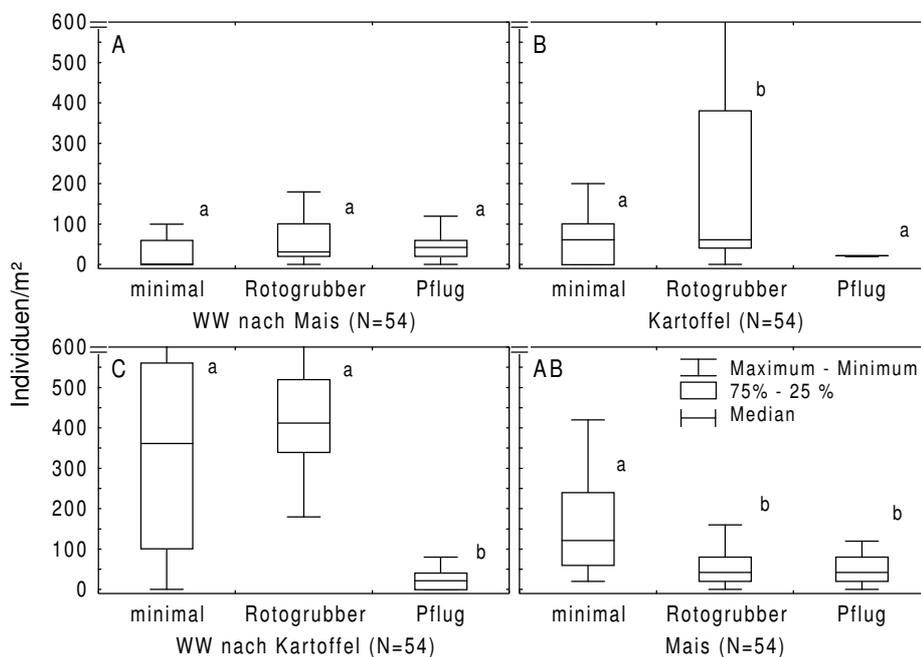
**Aufnahmen der Jahre 2000-2002. Signifikante Unterschiede (LSD-Test) zwischen der Kultur sind durch verschiedenen Großbuchstaben (A, B, C, D) zwischen den Bearbeitungsvarianten durch Kleinbuchstaben (a, b) gekennzeichnet.**

Im Jahr 2002 liefen signifikant ( $F=18,1$ ;  $p<0,01$ ) weniger Individuen auf, als in den Jahren 2000 und 2001. Auch die Vorfrucht hatte einen signifikanten Einfluss ( $F=12,1$ ;  $p<0,01$ ) auf die Individuendichte vor der Herbizidanwendung. Nach Kartoffel liefen mehr Individuen

auf als nach Winterweizen oder Mais. Da die Unterschiede im Frühjahrsaufbau der untersuchten Vegetationsperioden und Vorfrüchte zum Teil erheblich waren, werden in den Abbildungen 3.2.3 – 3.2.5 die Ergebnisse getrennt nach einzelnen Jahren und untersuchten Flächen dargestellt.

In der Vegetationsperiode 2000 zeigte sich in allen Kulturen ein hochsignifikanter ( $p = 0,01$ ) Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Wildpflanzendichte im Frühjahr vor der Regulierung mit Herbiziden (Abb.3.2.3). Allein im Winterweizen nach Mais konnte kein signifikanter Einfluss der Bodenbearbeitung nachgewiesen werden. Dieses Feld hatte im Vergleich zu den folgenden Jahren ein geringes Wildpflanzenaufkommen.

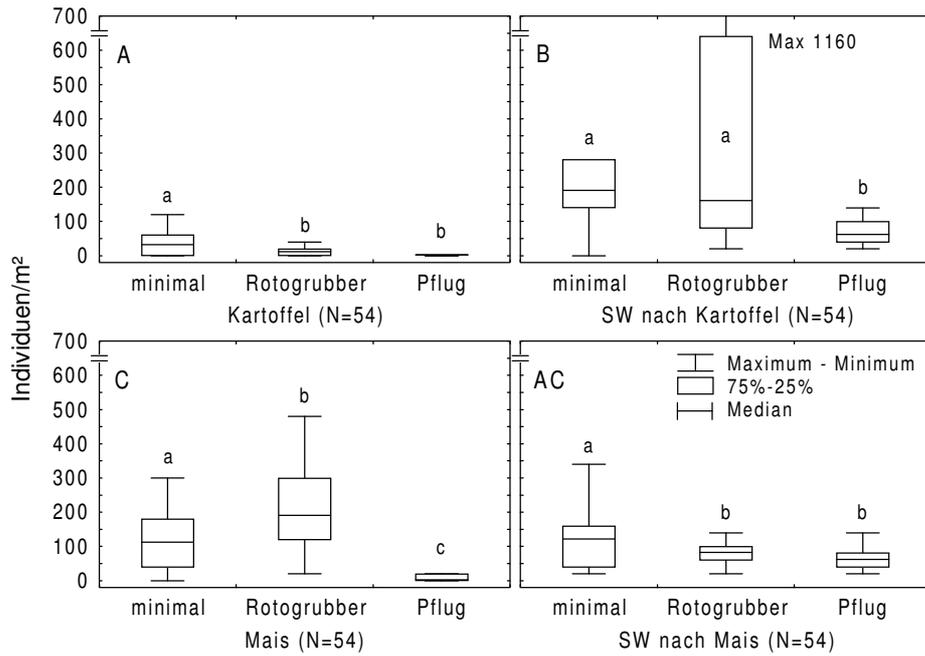
Im Vergleich mit den Varianten mit reduzierten Bodenbearbeitung (Varianten minimal und Rotogrubber) wiesen die gepflügten Parzellen geringere Wildpflanzendichten auf.



**Abb. 3.2.3: Individuendichten vor der Herbizidanwendung im Jahr 2000 (WW=Winterweizen). Signifikante Unterschiede (LSD-Test) zwischen der Kultur sind durch verschiedenen Großbuchstaben (A, B, C) zwischen den Bearbeitungsvarianten durch Kleinbuchstaben (a, b, c) gekennzeichnet.**

In keiner der gepflügten Parzellen war nach dem Schadensschwellenprinzip die Schwelle von 50 Individuen/m² überschritten (Abb.3.2.3).

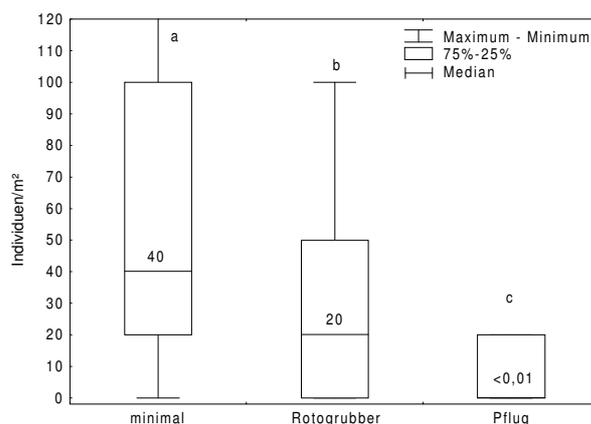
In der Vegetationsperiode 2001 (Abb. 3.2.4) war in allen untersuchten Flächen ein signifikanter Einfluss der Bodenbearbeitung nachzuweisen. Wie schon im Jahr 2000 wurden in den gepflügten Parzellen die geringsten Individuendichten verzeichnet. Der Vergleich der beiden reduzierten Bodenbearbeitungsvarianten zeigte wie schon im Jahr 2000 keine durchgehend konsistenten Unterschiede zwischen der Variante mit Minimalbodenbearbeitung und der Variante Rotogrubber.



**Abb. 3.2.4:** Individuendichten vor der Herbizidanwendung im Jahr 2001 (SW = Sommerweizen). Signifikante Unterschiede (LSD-Test) zwischen der Kultur sind durch verschiedenen Großbuchstaben (A, B, C) zwischen den Bearbeitungsvarianten durch Kleinbuchstaben (a, b, c) gekennzeichnet.

In der Regel wiesen alle Flächen die höchsten Dichten in der Variante minimal, mittlere Dichten in der Variante Rotogrubber und die geringsten Dichten in der Pflugvariante auf. Bis auf wenige Ausnahmen ist mit zunehmender Eingriffstiefe der Bodenbearbeitung die Tendenz zu geringeren Wildpflanzendichten gegeben (vgl. Abb. 3.2.1).

Die im Jahr 2002 untersuchten Flächen mit Winterweizen unterschieden sich trotz unterschiedlicher Vorfrucht nicht signifikant. Die Daten werden daher zusammengefasst analysiert (Abb. 3.2.5).



**Abb. 3.2.5:** Individuendichten vor der Herbizidanwendung im Jahr 2002 in Winterweizen (N = 108). Signifikante Unterschiede (LSD-test) werden durch unterschiedliche Buchstaben angezeigt.

Im Jahr 2002 wies keine der untersuchten Parzellen Individuendichten (Median) von mehr als 50 Individuen/m<sup>2</sup> vor der Herbizidanwendung auf. Es zeichnete sich ein hochsignifikanter ( $p < 0,01$ ) Einfluss der Bodenbearbeitung ab. Mit zunehmender

Bearbeitungstiefe nahm die Zahl der Individuen/m<sup>2</sup> ab. Alle Bearbeitungsvarianten unterschieden sich signifikant.

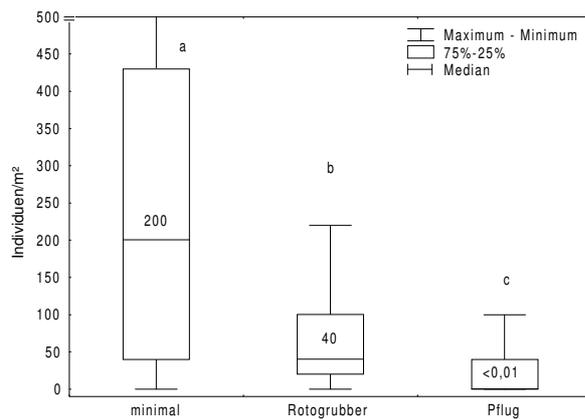
### 3.2.2 Individuendichte vor der Ernte

Die Wildpflanzendichte vor der Ernte setzt sich aus Individuen zusammen, die eine Herbizidanwendung überlebt haben oder nach der Regulierungsmaßnahme aufgelaufen sind. Sie gibt einen Hinweis auf das Samennachlieferungspotenzial der untersuchten Variante. Diese Pflanzen können in die generative Phase eintreten und Samen bilden, die zur Diasporenbank für die nächste Pflanzengeneration beitragen (Kap.3.3.1).

**Tab. 3.2.2: F-Werte der Varianzanalyse (ANOVA) der Individuendichte vor der Ernte. FG = Freiheitsgrade, Signifikanzniveau  $p < 0,01$  \*\*,  $p < 0,05$  \*, n.s. nicht signifikant**

Faktor	FG	F	p
Bodenbearbeitung	2	94,7	**
Kultur	3	21,9	**
Vorfrucht	2	13,2	**
Jahr	2	2,9	n.s.

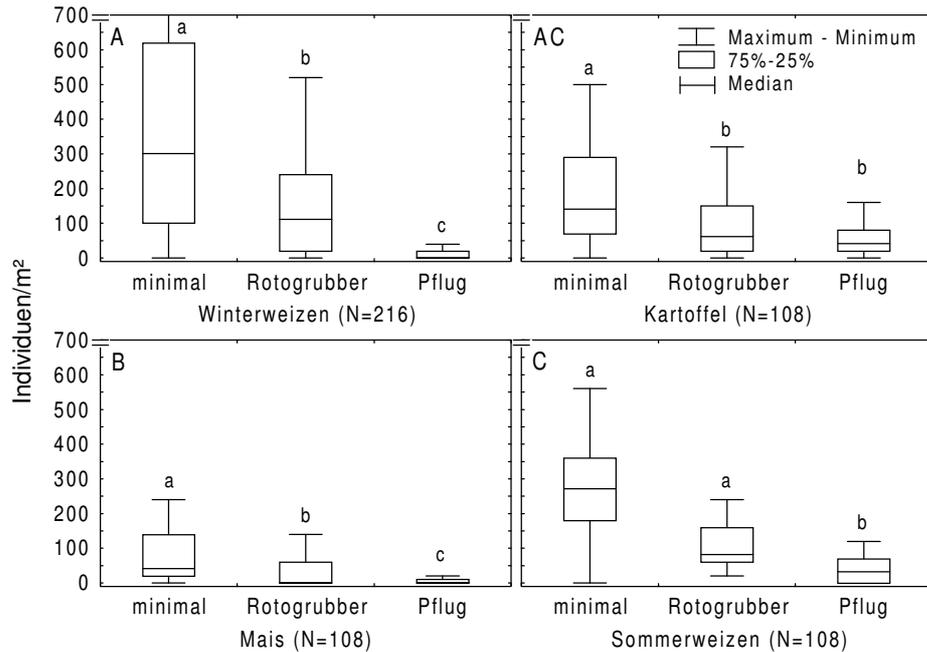
Der Einfluss der Bodenbearbeitung wurde bei der Individuenzählung vor der Ernte besonders deutlich (Abb. 3.2.6).



**Abb.3.2.6: Individuendichten vor der Ernte. Aufnahmen der Jahre 2000-2002 in allen Kulturen mit Herbizideinsatz (N=432). Signifikante Unterschiede (LSD-Test) werden durch unterschiedliche Buchstaben angezeigt.**

Gemittelt über alle Kulturen nahm die Individuenzahl vor der Ernte mit zunehmender Bearbeitungsintensität deutlich ab.

Die Varianzanalyse mit anschließendem LSD-Test ergab, dass sich die Kulturen ( $F=21,9$ ) wie schon im Frühjahr signifikant in der Individuendichte vor der Ernte unterschieden. In Abb. 3.2.7 sind daher die Individuendichten in den Kulturen und Bearbeitungsvarianten dargestellt. Allerdings hat sich die Reihenfolge mit steigenden Individuendichten geändert. In Mais konnten nach der Herbizidanwendung die wenigsten Keimlinge auflaufen. Kartoffel wiesen je nach Bearbeitung 40-140 Individuen/m<sup>2</sup> auf und Sommerweizen 30-270 Individuen/m<sup>2</sup>. In Winterweizen wurden in der Variante mit minimaler Bodenbearbeitung im Median 300 Individuen/m<sup>2</sup> und somit die meisten Individuen vor der Ernte erfasst.



**Abb. 3.2.7:** Individuendichten vor der Ernte in den Bearbeitungsvarianten und Kulturen. Aufnahmen der Jahre 2000-2002. Signifikante Unterschiede (LSD-Test) zwischen der Kultur sind durch verschiedenen Großbuchstaben (A, B, C) zwischen den Bearbeitungsvarianten durch Kleinbuchstaben (a, b, c) gekennzeichnet.

### 3.2.3 Gesamtindividuumdichte einer Vegetationsperiode

Die Gesamtindividuumdichte wurde aus den Individuenzählungen einer Vegetationsperiode berechnet, indem zu den Individuenzahlen der ersten Zählung alle neu aufgelaufenen Individuen der folgenden Zählungen addiert wurden. Dabei wurde jede Pflanze individuell gezählt (Anzahl der Zählungen s. Tab. 2.3.2). Die Gesamtindividuumdichte einer Vegetationsperiode wurde für alle Parzellen mit Herbizideinsatz berechnet. Ohne die Herbizidwirkung wurden zum Teil weit höhere maximale Individuenzahlen ermittelt (nicht dargestellt).

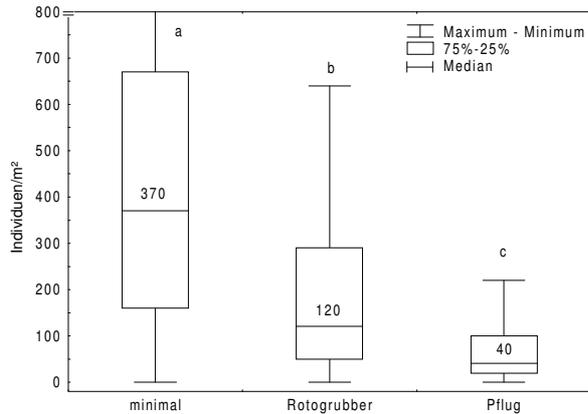
**Tab. 3.2.3:** F-Werte der Varianzanalyse (ANOVA) des Gesamtaufbaus einer Vegetationsperiode Aufnahmen der Flächen mit Herbizideinsatz. FG = Freiheitsgrade, Signifikanzniveau  $p < 0,01$  \*\*,  $p < 0,05$  \*, n.s. nicht signifikant

Faktor	FG	F	p
Bodenbearbeitung	2	69,0	**
Kultur	3	7,5	**
Vorfrucht	2	10,2	**
Jahr	2	6,3	**

Die Bodenbearbeitung erklärt den höchsten Anteil an der Gesamtvarianz ( $F=69,0$ ) und hatte den stärksten Einfluss auf die Anzahl der in einer Vegetationsperiode aufgelaufenen Individuen. In Abb. 3.2.8 sind alle Aufnahmen aus den Jahren 2000 bis 2002 zusammengefasst und in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung dargestellt.

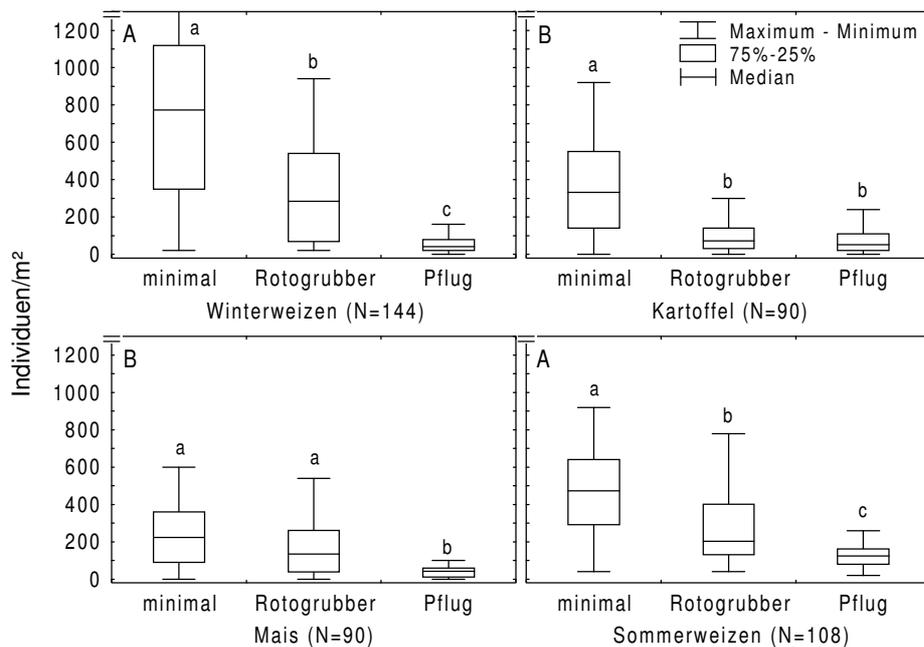
Gemittelt über alle Kulturen liefen im Zeitraum einer Vegetationsperiode bei minimaler Bearbeitung 9-mal mehr Individuen/m<sup>2</sup> auf als bei Pflugbearbeitung (Abb. 3.2.8). Bei Bearbeitung mit dem Rotogrubber war im Vergleich zur Pflugvariante die dreifache

Menge an Wildpflanzen aufgelaufen. Die Wildpflanzendichte stieg also mit abnehmender Tiefe der Bodenbearbeitung an.



**Abb.3.2.8:** Gesamtanzahl aller in der Vegetationsperiode aufgelaufenen Individuen. Aufnahmen in allen Kulturen aus den Jahren 2000-2002 in Parzellen mit Herbizideinsatz (N=432). Signifikante Unterschiede (LSD-test) werden durch unterschiedliche Buchstaben angezeigt.

In den Kulturen nahmen die Individuendichten in der Reihenfolge Kartoffel, Mais, Winterweizen und Sommerweizen zu (Abb. 3.2.9).



**Abb. 3.2.9:** Gesamtanzahl aller in einer Vegetationsperiode aufgelaufenen Individuen in den Bearbeitungsvarianten und Kulturen. Aufnahmen aus den Jahren 2000-2002 in Parzellen mit Herbizideinsatz. Signifikante Unterschiede (LSD-Test) zwischen der Kultur sind durch verschiedenen Großbuchstaben (A, B) zwischen den Bearbeitungsvarianten durch Kleinbuchstaben (a, b, c) gekennzeichnet.

Die Blattfrüchte Mais und Kartoffeln wiesen signifikant niedrigere Gesamtindividuen-dichten auf als die Halmfrüchte Sommer- und Winterweizen.

Die Individuendichten stiegen in Abhängigkeit von der Vorfrucht in der Reihenfolge der Vorfrüchte Winterweizen, Mais und Kartoffel an. In der Fruchtfolge nach Winterweizen wurden signifikant niedrigere Gesamtindividuen-dichten erhoben als nach Mais und Kartoffeln.

Besonders hohe Gesamtindividuedichten von mehr als 10000 Individuen/m<sup>2</sup> innerhalb einer Vegetationsperiode wurden im Jahr 2002 im Winterweizen in der Variante mit minimaler Bodenbearbeitung erfasst (nicht dargestellt). Diese setzten sich vor allem aus den Gräsern *Poa annua* und *P. triviales* zusammen, die zwischen dem dritten Aufnahmezeitpunkt und der Ernte aufgelaufen waren.

Die Individuedichten zeigten signifikante Unterschiede zwischen den drei untersuchten Vegetationsperioden (Tab. 3.2.3). Im Jahr 2001 waren die geringsten Individuedichten zu verzeichnen. Neben dem Jahreseinfluss zeigten sich auch Einflüsse durch die angebaute Kultur, die Vorfrucht und die Bodenbearbeitung auf die Wildpflanzendichte.

### 3.2.4 Artenzusammensetzung der Vegetation im Bestand

Die Bearbeitungsvarianten unterschieden sich in ihrer Artenzahl, der Evenness (Tab. 3.2.4) und der Rangfolge, die einzelne Arten bezogen auf Abundanz und Frequenz einnahmen.

**Tab. 3.2.4: Kennzahlen der Artenzusammensetzung der Bearbeitungsvarianten ermittelt aus den Individuenzählungen der Jahre 2000-2002. Die Gesamtartenzahlen beziehen sich auf eine Flächengröße von je 1500 m<sup>2</sup>. Die soziologische Einordnung der Arten erfolgte nach HOFMEISTER & GARVE (1998).**

	minimal	Rotogrubber	Pflug
Gesamtartenzahl ohne Kulturarten	48	48	32
Kulturarten	1	2	1
Artendichte/100m <sup>2</sup> *	11,4 a	9,9 a	5,2 b
Evenness	55	62	67

	N	% <sup>1</sup>	N	% <sup>1</sup>	N	% <sup>1</sup>
Anzahl Charakter- und Differentialarten von Ackerwildpflanzengesellschaften ( <i>Violenae arvensis</i> )	30	63	30	63	22	69
Anzahl Begleiter und Arten anderer Gesellschaften	18	37	18	37	10	31
Anzahl dikotyle Arten	35	73	38	79	25	78
Anzahl monokotyle Arten	12	25	9	19	6	19
Anzahl Pteridophyten	1	2	1	2	1	3
Anzahl Therophyten	34	71	34	71	25	78
Anzahl Hemikryptophyten	11	23	11	23	5	16
Anzahl Geophyten	3	6	3	6	2	6

\* Mittelwert der drei Wiederholungen und Aufnahmejahre. Signifikante Unterschiede sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet

<sup>1</sup> prozentualer Anteil an der Gesamtartenzahl

Tabellen mit Angaben zu Dominanz, Frequenz und Wertigkeitsindex aller Arten in den drei Bodenbearbeitungsvarianten befinden sich im Anhang.

Beide Varianten mit reduzierter Bearbeitungstiefe wiesen mit 48 Arten im Vergleich zu 32 Arten in der gepflügten Variante eine deutlich höhere Gesamtartenzahl auf. Die Artendichte pro 100 m<sup>2</sup> nahm mit zunehmender Bearbeitungsintensität ab. In der Variante mit minimaler Bodenbearbeitung handelte es sich bei den zusätzlichen Arten um *Conyza canadensis*, *Phleum pratense* agg., *Euphorbia peplus*, *Holcus lanatus*, *Artemisia vulgaris*, *Geranium dissectum*, *Setaria viridis* und *Vicia tetrasperma*. Ausschließlich in der Rotogrubbervariante kamen die Arten *Solanum nigrum*, *Tripleurospermum perforatum*, *Chenopodium polyspermum*, *Plantago media*, *Rumex obtusifolius* und *Urtica dioica* vor. *Lapsana communis* wurde nur in der Pflugvariante erfasst.

Die Evenness stieg mit zunehmender Bearbeitungsintensität an. In der Variante mit minimaler Bearbeitung wurden Werte von 55 %, in der Rotogrubbervariante 62 % und in der Pflugvariante 67 % erreicht. Im Vergleich der beiden Varianten mit reduzierter Bearbeitung waren in der Variante mit minimaler Bearbeitung mehr dominante Arten vertreten, die Arten in der Rotogrubbervariante waren in ihrer Dominanzstruktur gleichmäßiger verteilt.

Bei minimaler Bodenbearbeitung wurde ein höherer Anteil an monokotylen Arten erfasst als bei einer Eingriffstiefe bis 15 cm oder wendender Bearbeitung bis 20 cm Tiefe.

Die Pflugvariante hatte einen größeren Anteil an Therophyten als die beiden Varianten mit reduzierter Bearbeitung. Diese Varianten wiesen mit einem Anteil von 23 % einen höheren Anteil an Hemikryptophyten (Pflugvariante 16 %) auf. Der Anteil an Geophyten (*Cirsium arvense*, *Equisetum arvense*, *Elymus repens*) ist in allen Bearbeitungsvarianten mit 6 % gleich verteilt.

In Tabelle 3.2.5 sind die Unterschiede in der Artenzusammensetzung des Gesamtaufbaus zwischen den Bearbeitungsvarianten durch den Sørensen-Index quantifiziert.

**Tab. 3.2.5: Ähnlichkeit der Artenzusammensetzung des Gesamtaufbaus bei unterschiedlicher Bearbeitung (Sørensen-Index)**

Bearbeitungsvariante	Rotogrubber		Pflug	
	qualitativ	quantitativ	qualitativ	quantitativ
Minimal	83,3	40,5	72,5	14,6
Rotogrubber			77,5	36,4

Der quantitative Vergleich unter Berücksichtigung der Abundanzen zeigt deutliche Unterschiede zwischen den Bearbeitungsvarianten auf. Die Variante mit minimaler Bodenbearbeitung weicht in der Artenzusammensetzung am stärksten von der Pflugvariante ab. Die Artenzusammensetzung der Rotogrubbervariante vermittelt zwischen diesen Varianten. Sie ähnelt eher der Variante mit minimaler Bodenbearbeitung. Die Indexwerte im Vergleich zur Pflugvariante sind aber nur wenig niedriger. Die Bearbeitungsvarianten gleichen sich qualitativ in der Artenzusammensetzung zu 72,5 bis 83,3 %.

### 3.2.5 Individuendichten von dikotylen und monokotylen Arten in den Bearbeitungsvarianten

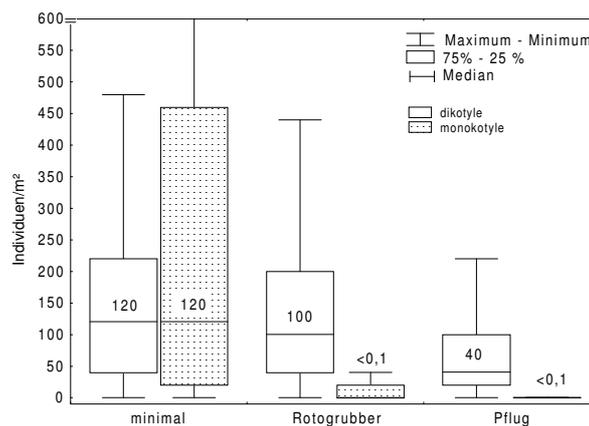
Für die Kontrolle von dikotylen und monokotylen Wildpflanzen werden Herbizide mit unterschiedlichen Wirkstoffen eingesetzt. Die Zusammensetzung der Wildpflanzenpopulationen aus diesen Gruppen ist daher ein Entscheidungskriterium für die Auswahl der Herbizide. In Tab. 3.2.6 werden die Individuendichten von dikotylen und monokotylen Arten in den untersuchten Vegetationsperioden, Kulturen und ihren Vorfrüchten angegeben.

Die höchste Dichte an Gräsern wurde in der Variante mit minimaler Bodenbearbeitung erhoben (Tab. 3.2.6). In der Variante Rotogrubber traten nur in den Halmfrüchten monokotyle Pflanzen auf. In der Pflugvariante wurden kaum Gräser erfasst (Median < 0,1 Individuen/m<sup>2</sup>).

**Tab. 3.2.6: Dichte von dikotylen und monokotylen Individuen/m<sup>2</sup> (Median). Gesamtauflauf der Vegetationsperioden 2000 - 2002**

Kultur	Vorfrucht	Vegetationsperiode 2000						
		minimal		Rotogrubber		Pflug		
		dikotyle	monokotyle	dikotyle	monokotyle	dikotyle	monokotyle	
IA	Winterweizen	Mais	140	330	130	40	80	<0,1
IB	Kartoffel	Winterweizen	180	130	210	<0,1	100	<0,1
IC	Winterweizen	Kartoffel	1010	10	730	<0,1	70	<0,1
ID	Mais	Winterweizen	40	230	50	<0,1	60	<0,1
		Vegetationsperiode 2001						
IA	Kartoffel	Winterweizen	50	40	20	<0,1	20	<0,1
IB	Sommerweizen	Kartoffel	190	250	190	140	120	<0,1
IC	Mais	Winterweizen	130	20	260	<0,1	20	<0,1
ID	Sommerweizen	Mais	190	110	120	10	120	<0,1
		Vegetationsperiode 2002						
IA	Winterweizen	Kartoffel	110	330	40	80	20	<0,1
IC	Winterweizen	Mais	160	70	120	<0,1	40	<0,1

Die Variante mit minimaler Bodenbearbeitung wies über alle Kulturen gemittelt eine deutlich höhere Gesamtzahl monokotyler Individuen als die beiden anderen Bearbeitungsvarianten (Abb. 3.2.10).

**Abb. 3.2.10: Verteilung von dikotylen und monokotylen Individuen in den Bearbeitungsvarianten. Gesamtauflauf der Aufnahmeflächen mit Herbizideinsatz aus den Jahren 2000-2002 (N=432).**

Die Mediane für dikotyle und monokotyle Individuen waren in dieser Variante mit 120 Individuen/m<sup>2</sup> gleich groß. In der Rotogrubbervariante etablierten sich mit maximal 20 monokotylen Individuen/m<sup>2</sup> deutlich weniger. In der Pflugvariante liefen nur vereinzelt monokotyle Individuen auf.

### 3.2.6 Individuendichten einzelner Arten

In Tabelle 3.2.7 ist der „relative abundance index“ (vgl. Tab. 2.3.3) der Arten aufgeführt, für die ein signifikanter Einfluss durch die Bodenbearbeitung nachgewiesen wurde.

Ein durch Varianzanalyse mit anschließendem LSD-Test statistisch abgesicherter Anstieg der Indexwerte bei reduzierter Bearbeitung liess sich für *Galium aparine*, *Poa annua* und *Elymus repens* nachweisen (Tab. 3.2.7). Die aufgelisteten Arten wiesen unterschiedliche Indexwerte in den Bearbeitungsvarianten auf.

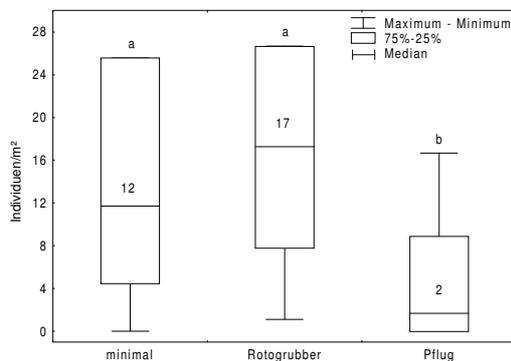
**Tab. 3.2.7: Wertigkeitsindex („relative abundance index“ RAI) der Arten, die durch das Bodenbearbeitungssystem beeinflusst werden. Mittel aller Aufnahmen in den Jahren 2000-2002. Signifikant höherer Indexwert +\*, n.s. keine signifikanten Unterschiede.**

Art	relative abundance index			RAI im Vergleich zur Pflugvariante	
	minimal	Rotogrubber	Pflug	minimal	Rotogrubber
<i>Chenopodium album</i>	11,2	19,2	10,0	n.s.	n.s.
<i>Elymus repens</i>	13,7	4,3	1,4	+*	n.s.
<i>Galium aparine</i>	8,3	17,5	9,9	n.s.	+*
<i>Matricaria recutita</i>	4,3	4,6	9,0	n.s.	n.s.
<i>Poa annua</i>	16,3	6,6	2,4	+*	n.s.
<i>Stellaria media</i>	1,5	3,5	9,0	n.s.	n.s.
<i>Veronica persica</i>	7,0	6,5	9,6	n.s.	n.s.
<i>Viola arvensis</i>	5,2	9,1	4,9	n.s.	n.s.

Alle Arten, die durch die Bodenbearbeitung signifikanten beeinflusst wurden, zeigten eine größere Abundanz und/oder Frequenz bei reduzierter Bearbeitungstiefe. Auch die meisten anderen Arten wiesen eine statistisch nicht abgesicherte Tendenz zu vermehrtem Vorkommen bei reduzierter Bearbeitung auf (vgl. Tab. 8.1.1).

### **Chenopodium album**

In der Rotogrubbervariante liefen über alle Kulturen gemittelt die meisten Individuen/m<sup>2</sup> innerhalb einer Vegetationsperiode auf (Abb. 3.2.11).



**Abb. 3.2.11: Gesamtindividuumdichte von *Chenopodium album* in den Bearbeitungsvarianten. Aufnahmen der Jahre 2000-2002 in allen Kulturen mit Herbizideinsatz. Signifikante Unterschiede (LSD-Test) werden durch unterschiedliche Buchstaben angezeigt.**

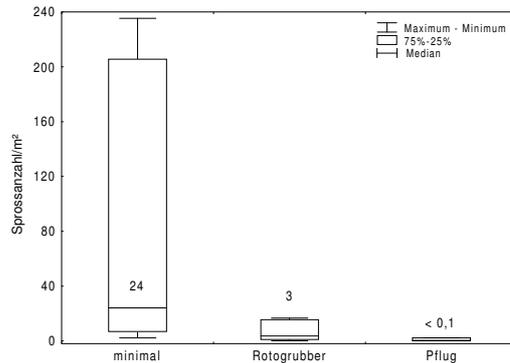
Die Bodenbearbeitung hatte signifikante Auswirkungen auf die Abundanz dieser Art. Die Varianten mit reduzierter Bearbeitung (Minimal, Rotogrubber) wiesen signifikant höhere Dichten auf als die Pflugvariante. Die Individuumdichte von *Chenopodium album* war in allen untersuchten Jahren und angebauten Kulturen vergleichbar groß.

### **Elymus repens**

In der Abb. 3.2.12 sind die Sprosszahlen von *Elymus repens* in den Bearbeitungsvarianten angegeben.

Die Sprosszahl von *Elymus repens* stieg mit abnehmender Bearbeitungsintensität deutlich an. In der Variante mit minimaler Bodenbearbeitung wurden Medianwerte von 24 Sprossen/m<sup>2</sup> erreicht. Während in der Pflugvariante nur einzelne Sprosse gezählt wurden

(Median < 0,1), waren in der Rotogrubbervariante mit einem Median von 3 Sprossen/m<sup>2</sup> höhere Dichten vorhanden.

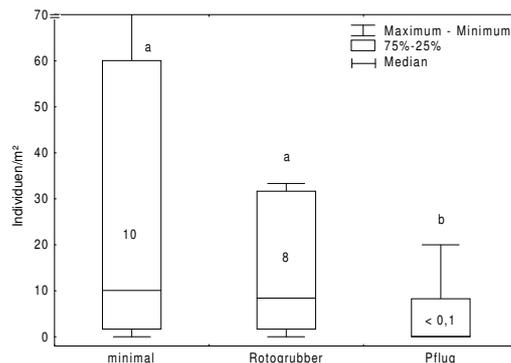


**Abb. 3.2.12:** Gesamte Sprossdichte von *Elymus repens* in den Bearbeitungsvarianten innerhalb einer Vegetationsperiode. Aufnahmen der Jahre 2000-2002 in allen Kulturen mit Herbizideinsatz (N=432).

In einzelnen Parzellen mit minimaler Bodenbearbeitung waren maximale Sprosszahlen von annähernd 240 Sprossen/m<sup>2</sup> zu finden. Mit der Varianzanalyse konnte ein deutlicher Zusammenhang ( $p < 0,001$ ) zwischen der Frequenz von *Elymus repens* und der Art der Bodenbearbeitung nachgewiesen werden (nicht dargestellt).

### *Galium aparine*

Die angebaute Kulturart und die Bodenbearbeitung zeigten signifikante Effekte auf die Abundanz und Frequenz von *Galium aparine*. Mit der Varianzanalyse konnte kein Einfluß des Untersuchungsjahres auf die Individuendichte von *Galium aparine* nachgewiesen werden. Die Aufnahmen der Jahre 2000 bis 2002 können daher zusammen ausgewertet werden. Die Gesamtzahl aller innerhalb einer Vegetationsperiode aufgelaufenen Individuen von *Galium aparine* in den Bodenbearbeitungsvarianten wird in Abb. 3.2.13 dargestellt.



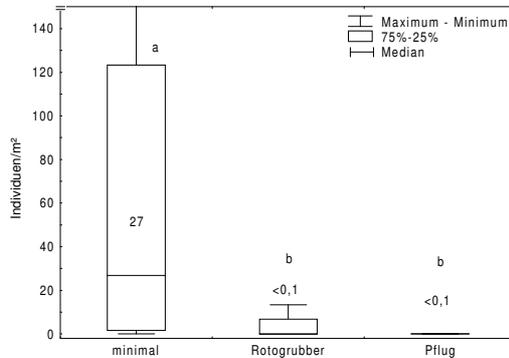
**Abb. 3.2.13:** Gesamtindividuedichte von *Galium aparine* in den Bearbeitungsvarianten. Aufnahmen der Jahre 2000-2002 in allen Kulturen mit Herbizideinsatz (N=432). Signifikante Unterschiede (LSD-test) werden durch unterschiedliche Buchstaben angezeigt.

Bei reduzierter Bodenbearbeitung waren gemittelt über alle Kulturen mehr Individuen/m<sup>2</sup> zu finden als bei wendender Bearbeitung mit dem Pflug.

In Winterweizen waren mit 12 Individuen/m<sup>2</sup> signifikant höhere Individuendichten von *Galium aparine* zu verzeichnen als in den Kulturen Mais (3,5 Individuen/m<sup>2</sup>), Sommerweizen (5,5 Individuen/m<sup>2</sup>) und Kartoffel (6 Individuen/m<sup>2</sup>).

Im Jahr 2000 fiel die Fläche mit Winterweizen nach Kartoffel durch außerordentlich hohe Individuendichten von *G. aparine* auf. In der Variante Rotogrubber waren auf dieser Fläche maximale Individuendichten von mehr als 500 Individuen/m<sup>2</sup> innerhalb einer Vegetationsperiode aufgelaufen (nicht dargestellt).

### **Poa annua**



**Abb. 3.2.14:** Gesamtindividuedichten von *Poa annua* in den Bearbeitungsvarianten. Aufnahmen der Jahre 2000-2002 in allen Kulturen mit Herbizideinsatz (N=432). Signifikante Unterschiede (Man-Whitney U-test) werden durch unterschiedliche Buchstaben angezeigt.

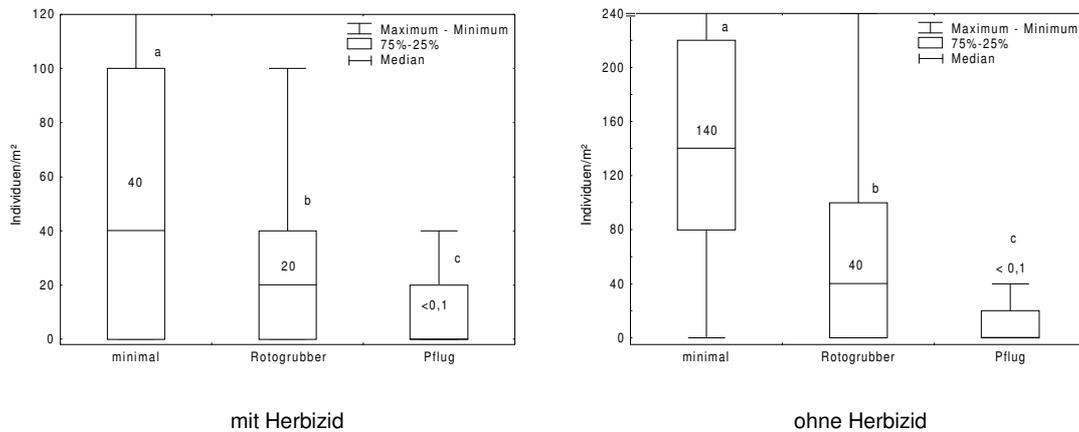
Es konnte eine deutliche Präferenz von *Poa annua* für die Minimalbearbeitungsvariante beobachtet werden (Abb. 3.2.14). Alle Bearbeitungsvarianten unterschieden sich sowohl in der Individuenzahl als auch in der Frequenz signifikant voneinander. Die Anzahl und Frequenz nahm mit zunehmender Bearbeitungsintensität ab. *Poa annua* trat in allen Kulturen auf. Abundanzen von mehr als 10 Individuen/m<sup>2</sup> (Median) wurden jedoch nur in den Varianten mit minimaler Bodenbearbeitung festgestellt. Besonders hohe Individuendichten von 88 Individuen/m<sup>2</sup> wurden im Jahr 2001 in Sommerweizen erhoben.

### **3.2.7 Populationswachstum während der Vegetationsperiode**

Die Darstellung der Gesamtindividuenzahlen zeigt, dass diese erheblich von der Individuendichte im Frühjahr abweicht. Nicht nur im Frühjahr liefen Ackerwildpflanzen aus der Diasporenbank auf, sondern es kamen im gesamten Zeitraum der Anbauperiode neue Individuen hinzu.

In den Winterweizenfeldern im Jahr 2000 und 2002 liefen Pflanzen von 33 Arten nach der ersten Zählung vor der Herbizidanwendung bis zur Ernte auf. In der unbehandelten Variante waren es 40 Arten. In den Varianten mit Herbizidanwendung zeigten die Arten *Poa trivialis*, *Poa annua*, *Elymus repens*, *Galium aparine* und *Chenopodium album* das größte Populationswachstum. In der Variante ohne Herbizidanwendung waren *Poa annua*, *Chenopodium album*, *Galium aparine*, *Matricaria recutita* und *Veronica polita* die Arten mit dem größten Zuwachs.

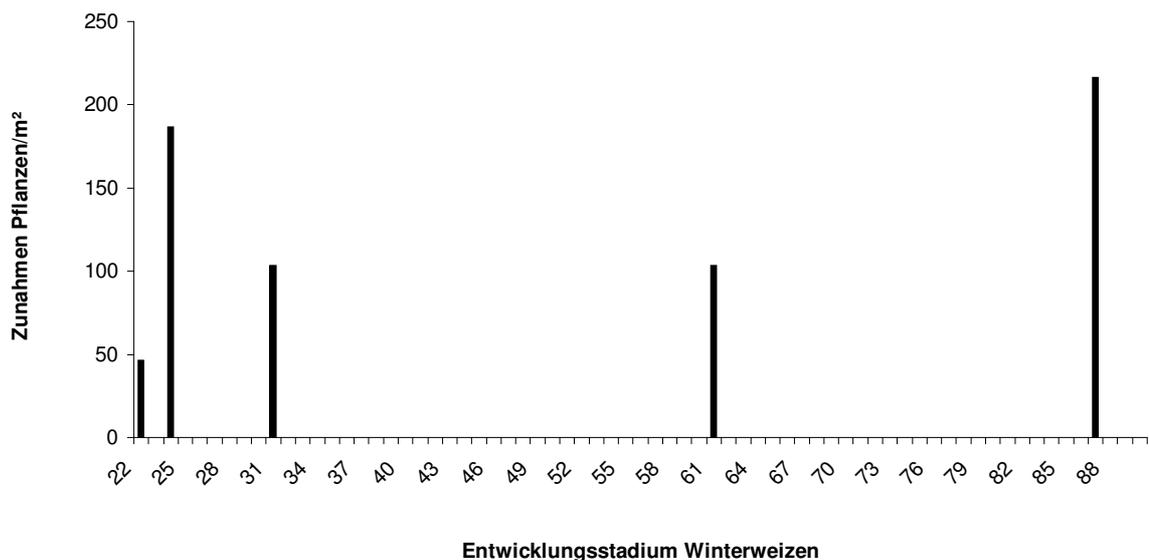
Für die Darstellung des Populationswachstums der Ackerwildpflanzen wurden die Zunahmen aller Individuen seit der vorangegangenen Zählung ausgewertet (Abb. 3.2.15).



**Abb. 3.2.15:** Individuenzunahmen zwischen zwei Zählungen. Aufnahmen in Winterweizen in den Jahren 2000 und 2002. Flächen mit Herbizideinsatz (N=144) und ohne Herbizideinsatz (N=48). Signifikante Unterschiede werden durch unterschiedliche Buchstaben angezeigt.

Der Zuwachs in den Wildpflanzenpopulationen unterschied sich signifikant zwischen den Bearbeitungsvarianten. Die größte Anzahl neu aufgelaufener Individuen zwischen zwei Zählungen wurden bei minimaler Bodenbearbeitung beobachtet. Sie betragen 40 Individuen/m² in Flächen mit Herbizideinsatz und 140 Individuen/m² in den unbehandelten Flächen. In der Rotogrubbervariante betragen die Zuwächse 20 Individuen/m² auf den Flächen mit Herbizideinsatz und 40 Individuen/m² ohne Herbizideinsatz. Bei Pflugbodenbearbeitung wurden nach der ersten Zählung kaum neu aufgelaufene Individuen erhoben, unabhängig davon, ob Herbizide eingesetzt wurden oder nicht.

Abbildung 3.2.16 zeigt ein Beispiel für den Auflauf der Ackerwildpflanzen in Winterweizen bei minimaler Bodenbearbeitung zu den verschiedenen Entwicklungsstadien des Getreides.



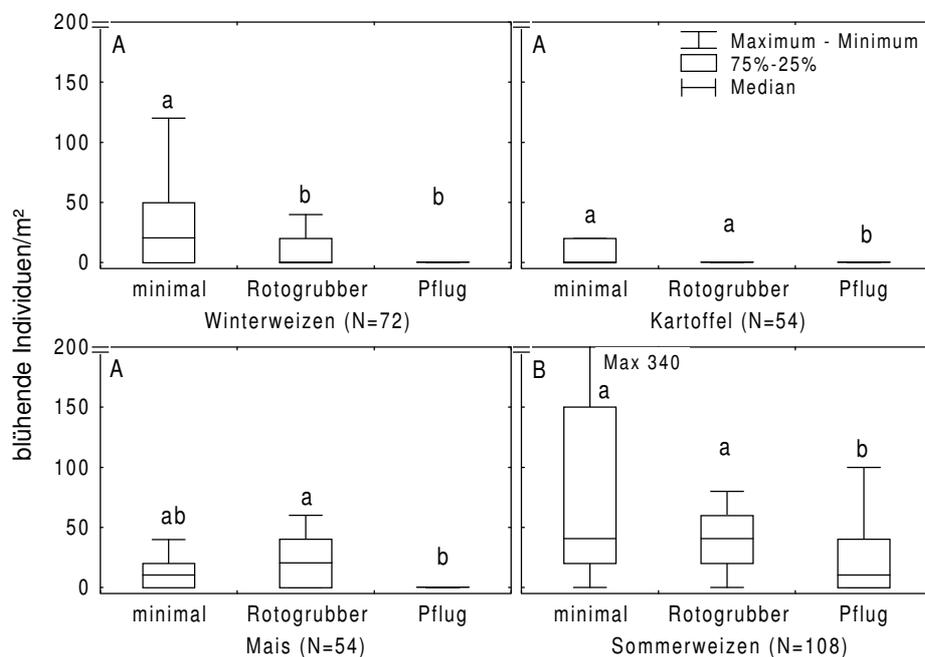
**Abb. 3.2.16:** Keimlingsauflauf von Ackerwildpflanzen während der Anbauperiode in Winterweizen nach Mais im Jahr 2000 bei minimaler Bodenbearbeitung. Mittelwert der Aufnahmeflächen (N=6) ohne Herbizide. (Entwicklungsstadien nach BBCH)

Die größte Anzahl von Keimlingen war erwartungsgemäß zu Beginn (EC 24) und zum Ende der Anbauperiode (EC 87) zu verzeichnen. Aber auch im geschlossenen Bestand (EC 61) konnten im Verlauf von vier Wochen im Mittel 103 Individuen/m<sup>2</sup> neu auflaufen.

### 3.3 Generative Phase und Phytomasseproduktion

#### 3.3.1 Dichte blühender Individuen

Die meisten Individuen im generativen Stadium wurden in Sommerweizen gezählt (Abb.3.3.1). Die Variante mit minimaler Bearbeitung wies im Median 40 blühende Pflanzen/m<sup>2</sup> und Maximalwerte von 340 blühenden Individuen/m<sup>2</sup> auf. In der Rotogrubbervariante wurden ebenfalls 40 Individuen/m<sup>2</sup> im blühenden Stadium erfasst. Bei Bearbeitung mit dem Pflug waren 10 Pflanzen/m<sup>2</sup> im Beobachtungszeitraum zur Blüte gelangt.



**Abb. 3.3.1: Dichte blühender Individuen in den Kulturen und Bearbeitungsvarianten. Gesamtindividuumdichte aus den Jahren 2001 und 2002 in den Aufnahmeflächen mit Herbizid. Signifikante Unterschiede (Man-Whitney U-test) zwischen den Kulturen sind durch verschiedenen Großbuchstaben (A, B) zwischen den Bearbeitungsvarianten durch Kleinbuchstaben (a, b) gekennzeichnet.**

In Winterweizen wurden bei minimaler Bodenbearbeitung Medianwerte von 20 blühenden Pflanzen/m<sup>2</sup> erreicht. In Mais wurden bei minimaler Bearbeitung 10 Pflanzen/m<sup>2</sup>, bei Bearbeitung mit dem Rotogrubber 20 Pflanzen/m<sup>2</sup> gezählt. In den übrigen Varianten lagen die Mediane der blühenden Pflanzen unter der Nachweisgrenze von 0,01 Individuen/m<sup>2</sup>.

Blühende Individuen konnten während der gesamten Vegetationsperiode erhoben werden. Bereits im März blühte die Art *Stellaria media*, die ersten blühenden Individuen von *Poa annua* wurden im April erfasst und ab Mai waren auch die meisten anderen Arten im generativen Stadium zu finden.

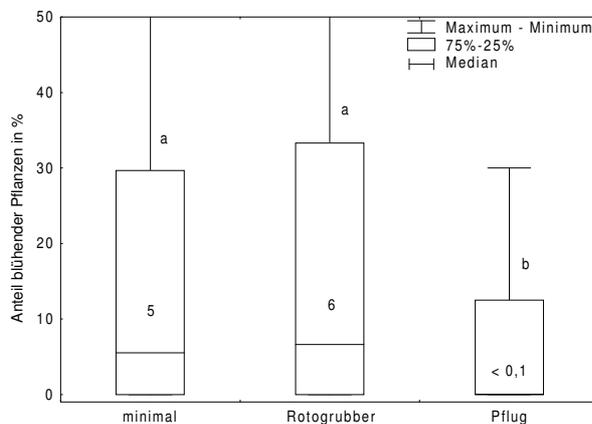
### 3.3.2 Anteil blühender Individuen an der Gesamtindividuedichte

Um die Kulturen und Bearbeitungsvarianten miteinander vergleichen zu können, wurde berechnet, wie hoch der Anteil an blühenden Individuen an der Gesamtindividuedichte in den Bearbeitungsvarianten und Kulturen war.

**Tab. 3.3.1: H-Werte der Kruskal-Wallis-ANOVA des Anteils blühender Individuen. Aufnahmen der Fläche mit Herbizideinsatz. Signifikanzniveau  $p < 0,05$  \*,  $p < 0,01$  \*\*, n.s. = nicht signifikant**

Faktor	FG	H	p
Bodenbearbeitung	2	15,8	**
Kultur	3	30,2	**
Vorfrucht	2	32,1	**
Jahr	2	2,9	n.s.

Die Analyse mit der Kruskal-Wallis-ANOVA zeigt, dass der Anteil blühender Pflanzen an der Gesamtindividuedichte signifikant von der Bodenbearbeitung, Kulturart und der Vorfrucht beeinflusst wurde (Tab. 3.3.1).



**Abb. 3.3.2: Anteil blühender Individuen an der Gesamtindividuedichte in den Bearbeitungsvarianten. Aufnahmen der Jahre 2001 und 2002 in Flächen mit Herbizideinsatz (N=288). Signifikante Unterschiede zwischen den Bearbeitungsvarianten (Man-Whitney U-Test) sind durch verschiedene Buchstaben gekennzeichnet.**

Gemittelt über alle Kulturen war der Anteil an blühenden Individuen an der Gesamtdichte in den Varianten mit reduzierter Bearbeitung signifikant höher als bei Pflugbearbeitung (Abb. 3.3.2). Die Variante Rotogrubber wies mit 6 % den höchsten Anteil blühender Individuen auf. In der Pflugvariante lag der Anteil blühender Individuen unter der Nachweisgrenze.

Gemittelt über alle Bearbeitungsvarianten traten in Sommerweizen 20 % aller aufgelaufenen Pflanzen in das generative Stadium ein. In Kartoffeln erreichten dieses Stadium durchschnittlich 19 % und in Winterweizen und Mais 9 % aller Individuen.

### 3.3.3 Anzahl blühender Individuen einzelner Arten

Insgesamt 26 Arten konnten während der Anbauperiode mit blühenden Individuen erfasst werden (Tabelle 8.2.1).

Die Therophyten *Veronica persica*, *Galium aparine* und *Poa annua* zeigten die meisten blühenden Individuen während des Beobachtungszeitraumes. Aber auch der Geophyt *Elymus repens* bildete zu 1 % generative Sprosse aus.

Die Dichte von blühenden Pflanzen einzelner Arten unterschied sich deutlich zwischen den Kulturen (Tab. 3.3.2). Die höchste Dichte an blühenden Pflanzen/m<sup>2</sup> wies *Veronica persica* mit einem Mittelwert von 42,4 Individuen/m<sup>2</sup> in der Variante mit minimaler Bodenbearbeitung bei Sommerweizenanbau auf. Bei einer durchschnittlichen Diasporenproduktion von 50 - 100 Diasporen pro Pflanze bedeutet das unter diesen Bedingungen ein jährliches Samennachlieferungspotenzial im Bereich von 2120 - 4240 Diasporen/m<sup>2</sup> für *Veronica persica*. *Galium aparine* wies in Winterweizenflächen die höchste Dichte blühender Individuen auf. In dieser Kultur war je nach der Art der Bodenbearbeitung mit einem Eintrag von 990 - 9120 frischen Diasporen/m<sup>2</sup> zu rechnen. Die Art *Chenopodium album* konnte theoretisch in Kartoffelfeldern bis zu 20.000 Diasporen/m<sup>2</sup> produzieren.

**Tab. 3.3.2: Dichte blühender Individuen/m<sup>2</sup> in den Kulturen und Bearbeitungsvarianten (M=minimal, R=Rotogrubber, P=Pflug). Mittelwerte aus den Individuenzählungen der Jahre 2001 und 2002.**

Art	Diasporen/ Pflanze*	Winterweizen			Sommerweizen			Mais			Kartoffel			Ø
		M	R	P	M	R	P	M	R	P	M	R	P	
<i>Chenopodium album</i>	3000- 20000	4,4	5,6					2,2	6,7		6,7	10,0	1,1	2,6
<i>Elymus repens</i>	15-200	2,8	0,6											0,4
<i>Galium aparine</i>	300-400	17,8	22,8	3,3	5,6	14,4	1,1	5,6	14,4	1,1	7,8	6,7		7,2
<i>Matricaria recutita</i>	5000	1,1			3,9	3,9	0,6							1,1
<i>Poa annua</i>	100-1000	10,6		0,6	32,2	3,9								5,3
<i>Stellaria media</i>	15000	1,1	1,1										3,3	0,4
<i>Veronica persica</i>	50-100				42,2	17,2	9,4							8,2
Alle Arten		71,0	33,0	5,6	95,0	48,3	17,2	8,9	25,6	3,3	24,4	23,3	4,4	34,9

\*Anzahl der Diasporen/Pflanze aus HANF (1999)

In Tabelle 3.3.2 ist die durchschnittliche Anzahl blühender Individuen von Arten dargestellt, für die ein Einfluss der Bodenbearbeitung oder angebauten Kultur auf die Diasporendichte oder Individuenzahl nachgewiesen wurde. Die vollständige Tabelle mit den Werten der Arten, die in den untersuchten Kulturen zur Blüte gelangten, befindet sich im Anhang (Tab. 8.2.1).

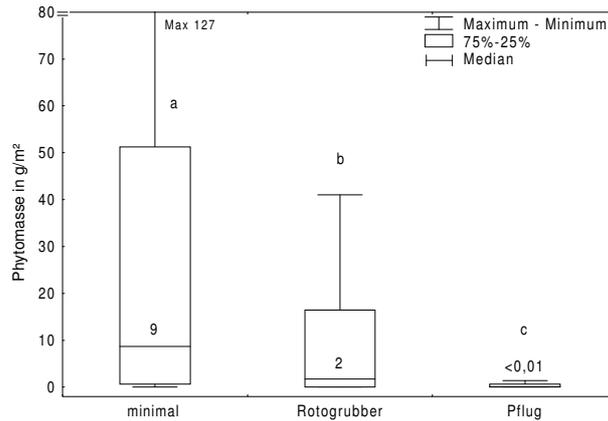
### 3.3.4 Oberirdische Phytomasse

Die Varianzanalyse zeigte einen signifikanten Einfluss der Bodenbearbeitung und der angebauten Kulturart auf die Phytomasse der Wildpflanzen vor der Ernte (Tab. 3.3.3). Das Untersuchungsjahr wirkte sich nicht signifikant auf die Phytomasse aus.

**Tab. 3.3.3: H-Werte der Kruskal–Wallis-ANOVA. Phytomasse vor der Ernte. Aufnahmen der Fläche mit Herbizideinsatz. Signifikanzniveau p<0,05 \*, p< 0,01 \*\*, n.s. = nicht signifikant**

Faktor	FG	H	p
Bodenbearbeitung	2	53,5	**
Kultur	3	24,8	**
Jahr	2	0,9	n.s.

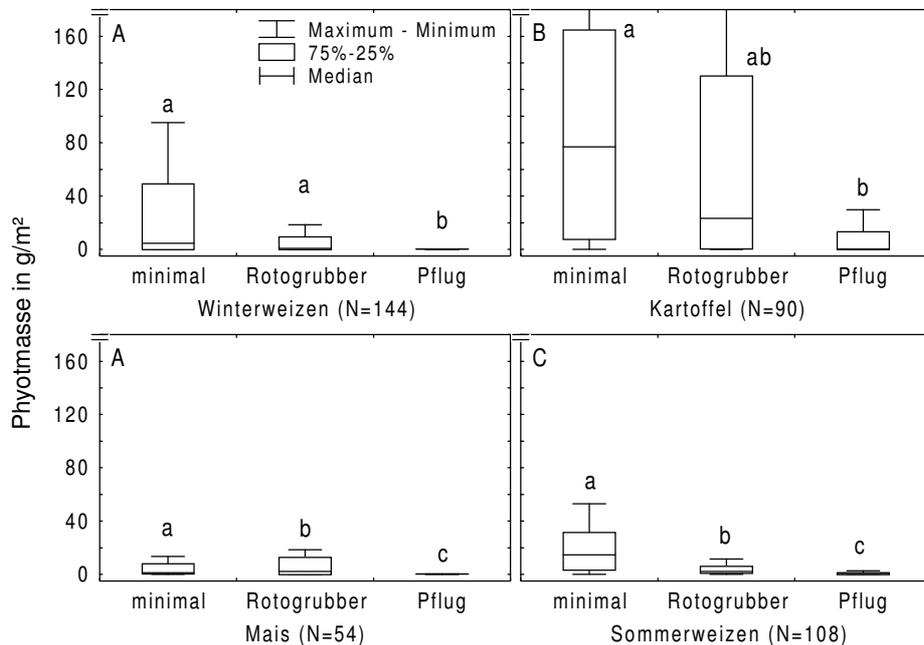
Die Phytomasse der Wildpflanzen nahm gemittelt über alle Kulturen mit zunehmender Bearbeitungsintensität ab (Abb. 3.3.3). Alle Bearbeitungsvarianten unterschieden sich signifikant voneinander in der Phytomasse. Die höchsten Median- und Maximalwerte von über 120 g/m<sup>2</sup> wurden in der Variante mit minimaler Bodenbearbeitung erhoben.



**Abb. 3.3.3: Phytomasse der Ackerwildpflanzen in den Bearbeitungsvarianten. Aufnahmen aus allen Jahren und Kulturen mit Herbizideinsatz (N=396). Signifikante Unterschiede zwischen den Bearbeitungsvarianten (Man-Whitney U-Test) sind durch verschiedene Buchstaben gekennzeichnet.**

Auch die angebauten Kulturen hatten einen signifikanten Einfluss auf die Höhe der Phytomasse der Ackerwildpflanzen (Abb. 3.3.4).

Die Phytomasse nahm gemittelt über die Bearbeitungsvarianten in der Reihenfolge der Kulturen Winterweizen, Mais, Sommerweizen und Kartoffel zu. Mit Ausnahme von Kartoffel war die Phytomasse der Wildpflanzen bei reduzierter Bearbeitung in allen Kulturen signifikant höher als bei Bearbeitung mit dem Pflug.



**Abb. 3.3.4: Phytomasse in den Kulturen und Bearbeitungsvarianten. Aufnahmen aus allen Jahren in Flächen mit Herbizideinsatz. Signifikante Unterschiede zwischen den Kulturen sind durch verschiedene Großbuchstaben (A, B, C) zwischen den Bearbeitungsvarianten durch Kleinbuchstaben (a, b, c) gekennzeichnet.**

### 3.4 Beziehungen zwischen Diasporenbank und Vegetation im Bestand

#### 3.4.1 Prozentualer Auflauf im Frühjahr vor der Regulierung

Der prozentuale Auflauf aus der Diasporenbank im Frühjahr wurden von der Bodenbearbeitung, der angebauten Kultur, der Vorfrucht und dem Aufnahmejahr signifikant beeinflusst (Tab. 3.4.1).

**Tab. 3.4.1: H-Werte der Kruskal-Wallis-ANOVA des prozentualen Auflaufes im Frühjahr. FG= Freiheitsgrade, Signifikanzniveau:  $p < 0,01$  \*\***

Faktor	FG	H	p
Bodenbearbeitung	2	15,6	**
Kultur	3	66,5	**
Vorfrucht	2	39,0	**
Jahr	2	32,8	**

Den stärksten Einfluss hatte die angebaute Kulturart, gefolgt von der Vorfrucht und dem Untersuchungsjahr. Das Bodenbearbeitungssystem hatte den geringsten Einfluss der untersuchten Faktoren auf den prozentualen Auflauf.

In Tabelle 3.4.2 ist der prozentuale Auflauf im Frühjahr und die Korrelation zwischen Diasporenbank und Individuen im Bestand, getrennt nach den Aufnahmejahren, den angebauten Kulturen, der Vorfrucht und den Bodenbearbeitungsvarianten dargestellt.

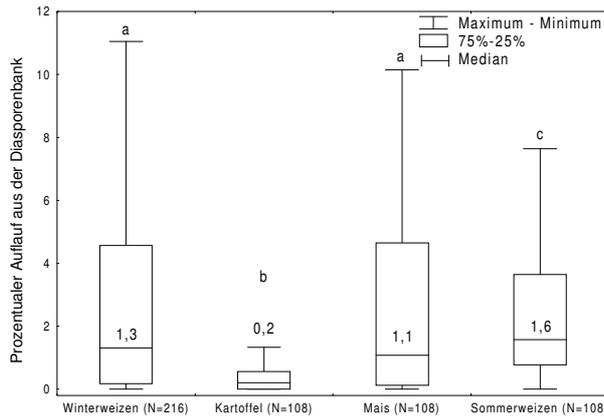
Gemittelt über alle Jahre, Kulturen und Bearbeitungsvarianten liefen 4,5 % (Median 0,8) der Diasporen im Frühjahr auf. Die Werte schwankten je nach Aufnahmejahr, angebaute Kultur und Bodenbearbeitung erheblich zwischen  $<0,01$  % und 25,5 %. Es bestand eine signifikante Korrelation zwischen Diasporenbank und Individuendichte im Frühjahr. Betrachtet man einzelne Jahre, Kulturen und Bearbeitungssysteme sind die Korrelationen nur in neun von 30 untersuchten Varianten also einem Drittel der Fälle signifikant. Die Korrelationskoeffizienten liegen in diesen Fällen zwischen  $R = -0,80$  und  $0,75$ . In den Jahren 2000 und 2001 wurden signifikante Korrelationen in den Blattfrüchten Kartoffel und Mais in unterschiedlichen Bearbeitungsvarianten ermittelt. Im Jahr 2002 wurde in Winterweizen unabhängig von der Vorfrucht eine Korrelation zwischen Diasporenbank und aufgelaufenen Pflanzen im Bestand jeweils in den Bearbeitungsvarianten Rotogrubber und Pflug festgestellt.

Der Jahreseinfluss (Tab. 3.4.1) wurde in den Kulturen Winterweizen, Kartoffel und Mais deutlich. Die Werte für den prozentualen Auflauf waren im ersten Jahr der Erhebung signifikant höher als im folgenden Untersuchungsjahr.

**Tab. 3.4.2: Prozentualer Auflauf im Frühjahr vor der Regulierung. Signifikanzniveau der Korrelation nach Spearman: \*p<0,05, \*\*p<0,01, n.s = nicht signifikant**

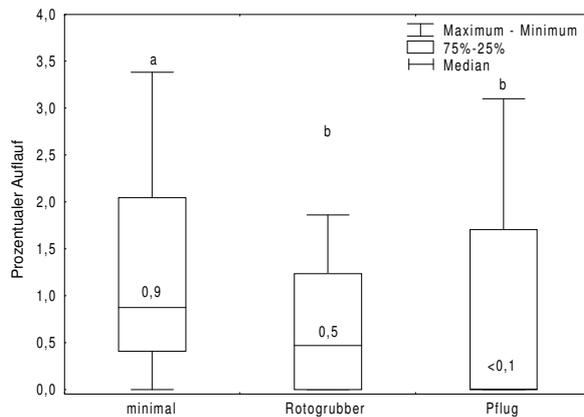
Jahr	Kultur	Vorfrucht	Bodenbear- beitung	Prozentualer Auflauf aus der Diasporenbank			Spearman R Diasporen vs. Pflanzen im Bestand	Signifikanz- niveau
				Diasporen/m <sup>2</sup>	Median	Mittelwert		
2000	Winterweizen	Mais	Minimal	1505	<0,01	3,86	-0,02	n.s.
			Rotogrubber	1720	1,51	3,21	-0,13	n.s.
			Pflug	215	1,16	6,95	-0,09	n.s.
	Kartoffel	Winterweizen	Minimal	31175	0,22	0,32	-0,15	n.s.
			Rotogrubber	13330	0,49	0,94	0,53	*
			Pflug	1935	0,87	1,76	0,63	**
	Winterweizen	Kartoffel	Minimal	1505	25,47	24,68	0,63	n.s.
			Rotogrubber	3655	10,89	14,88	0,33	n.s.
			Pflug	215	0,93	8,24	-0,06	n.s.
	Mais	Winterweizen	Minimal	3440	3,49	8,77	-0,50	*
			Rotogrubber	1505	2,71	3,74	0,42	n.s.
			Pflug	215	7,75	11,71	-0,15	n.s.
2001	Kartoffel	Winterweizen	Minimal	14620	0,15	0,22	0,71	**
			Rotogrubber	3655	0,04	0,25	0,38	n.s.
			Pflug	2580	<0,01	0,06	-0,26	n.s.
	Sommerweizen	Kartoffel	Minimal	11180	1,28	9,41	-0,17	n.s.
			Rotogrubber	6450	2,11	9,01	-0,18	n.s.
			Pflug	4515	2,11	4,05	0,04	n.s.
	Mais	Winterweizen	Minimal	43430	0,27	0,34	0,15	n.s.
			Rotogrubber	20855	1,07	1,16	0,55	*
			Pflug	3440	<0,01	0,21	0,25	n.s.
	Sommerweizen	Mais	Minimal	5375	1,69	10,04	-0,17	n.s.
			Rotogrubber	5805	1,20	1,48	0,18	n.s.
			Pflug	5805	0,79	3,98	0,01	n.s.
2002	Winterweizen	Kartoffel	Minimal	3870	1,23	1,78	0,28	n.s.
			Rotogrubber	1935	0,49	0,89	0,75	**
			Pflug	1505	<0,01	0,99	-0,80	**
	Winterweizen	Mais	Minimal	6880	0,54	0,90	0,41	n.s.
			Rotogrubber	5375	0,46	0,51	0,57	*
			Pflug	645	<0,01	0,55	0,52	*
Gemittelt über alle Jahre, Kulturen und Bearbeitungsvarianten				3655	0,80	4,50	0,29	**

Im Mittel aller Jahre und Bearbeitungsvarianten lag der prozentuale Auflauf in den Kulturen bei 0,2 % in Kartoffeln, 1,1 % in Mais, 1,3 % in Winterweizen und 1,6 % in Sommerweizen (Abb. 3.4.1).



**Abb. 3.4.1:** prozentualer Auflauf aus der Diasporenbank im Frühjahr. Daten der Jahre 2000-2002. Signifikante Unterschiede zwischen den Kulturen (Man-Whitney U-test) werden durch verschiedene Buchstaben angezeigt.

Bei der Analyse des Einflussfaktors Bodenbearbeitung konnten keine konsistenten Wirkungen festgestellt werden. Der Einfluss der Bodenbearbeitung variierte von Jahr zu Jahr und zwischen den Kulturen.



**Abb. 3.4.2:** prozentualer Auflauf im Frühjahr in Winterweizen. Aufnahmen aus dem Jahr 2002 (N=72). Unterschiede zwischen den Bearbeitungsvarianten sind durch verschiedene Buchstaben gekennzeichnet.

In den Winterweizenflächen des Jahres 2002 (Abb. 3.4.2) wurde ein signifikanter Einfluss des Bodenbearbeitungssystems festgestellt. Der prozentuale Auflauf war in der Variante mit minimaler Bodenbearbeitung mit 0,9 % am größten. Mit zunehmender Bearbeitungstiefe nahmen die Werte für den prozentualen Auflauf ab. Die Varianten Rotogrubber und Pflug unterschieden sich jedoch nicht signifikant in der Höhe des prozentualen Auflaufs.

Der prozentuale Auflauf im Frühjahr war abhängig von der Diasporendichte (Abb. 3.4.3). Bei niedrigen Diasporendichten bis ca. 5000 Diasporen/m<sup>2</sup> wurden Auflaufraten bis zu 80 % ermittelt. Bei Diasporendichten über 10000 Diasporen/m<sup>2</sup> sank der prozentuale Auflauf im Frühjahr auf Werte unterhalb von 5 % ab.

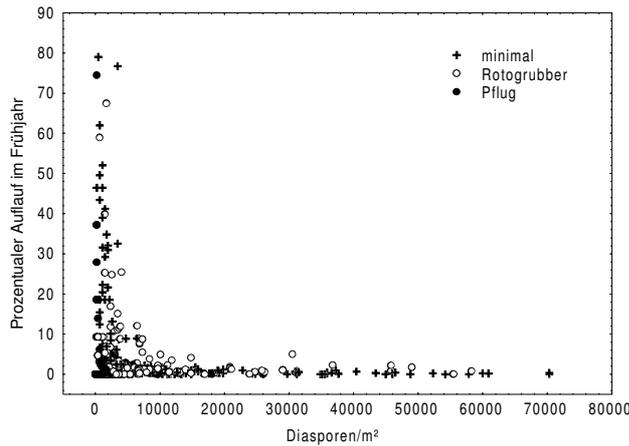


Abb. 3.4.3 Prozentualer Auflauf im Frühjahr in Abhängigkeit von der Diasporenbankdichte. Aufnahmen der Jahre 2000-2002 (N=540).

### 3.4.2 Prozentualer Auflauf der gesamten Vegetationsperiode

Beim prozentualen Auflauf über den Zeitraum der gesamten Vegetationsperiode wurde zwischen Flächen mit und ohne Herbizideinsatz unterschieden.

Tab. 3.4.3: H-Werte der Kruskal-Wallis-ANOVA des prozentualen Auflaufes der gesamten Vegetationsperiode. Daten der Jahre 2000 bis 2002 Aufnahmen der Flächen mit und ohne Herbizideinsatz. Signifikanzniveau:  $p < 0,05$  \*,  $p < 0,01$  \*\* n.s. nicht signifikant

Faktor	mit Herbizid	ohne Herbizid
Bodenbearbeitung	21,8 **	0,2 n.s.
Kultur	48,2 **	64,9 **
Vorfrucht	37,2 **	66,9 **
Jahr	45,5 **	19,5 **

In den Flächen mit Herbizideinsatz wirkten sich die untersuchten Faktoren Bodenbearbeitung, Kultur, Vorfrucht und Untersuchungsyear signifikant auf den Gesamtauflauf aus (Tab. 3.4.3). Wie schon im Frühjahrsauflauf hatte die Kulturart den stärksten und die Bodenbearbeitung den geringsten Einfluss. In den Flächen ohne Unkrautregulierung war dagegen kein signifikanter Einfluss des Bodenbearbeitungssystems nachzuweisen. Die Faktoren Kulturart und Vorfrucht gewannen an Einfluss in diesen Flächen. Die jahresbedingten Unterschiede nahmen in ihrer Wirkung ab, waren jedoch signifikant.

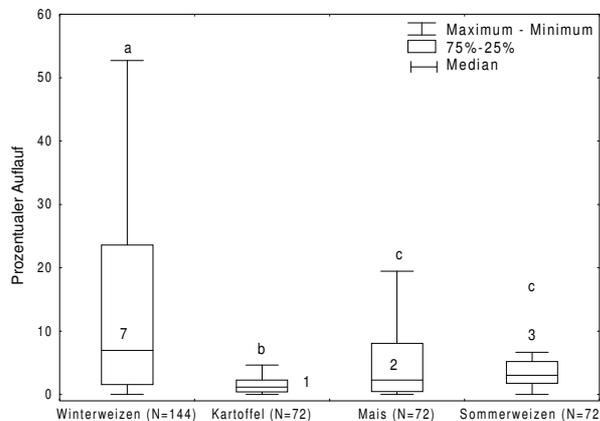
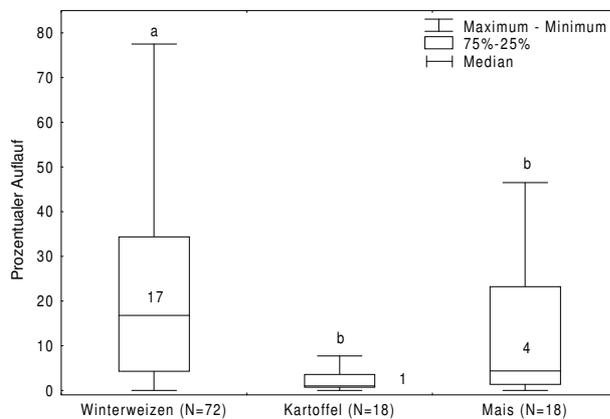


Abb.3.4.4: Prozentualer Auflauf aus der Diasporenbank über die gesamte Vegetationsperiode. Aufnahmen aus den Jahren 2000-2002 der Flächen mit Herbizideinsatz. Signifikante Unterschiede zwischen den Kulturen (Man-Whitney U-test) werden durch verschiedene Buchstaben angezeigt.

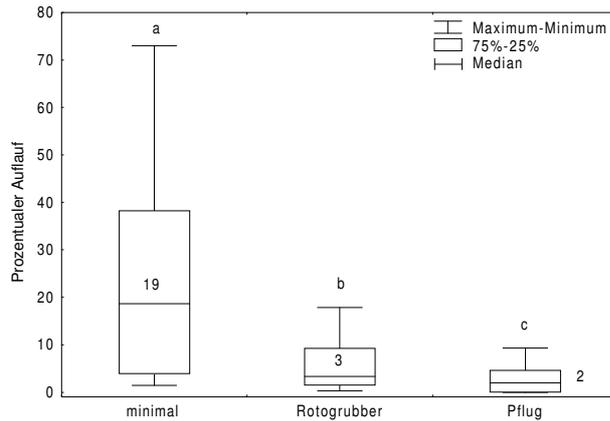
Die höchsten Werte für den prozentualen Gesamtauflauf wurden in Winterweizen (Median 7 %, Mittelwert 27 %) erzielt (Abb. 3.4.4). In allen anderen Kulturen wurden signifikant niedrigere Auflauraten ermittelt. Der Auflauf in Mais und Sommerweizen unterschied sich mit 2 % (Mittelwert 7 %) und 3 % (Mittelwert 12,5%) nicht signifikant voneinander. In Kartoffeln wurden mit 1 % (Mittelwert 3,4 %) Auflauf aus der Diasporenbank die niedrigsten Werte gemessen. Im Vergleich zum Auflauf im Frühjahr steigerte sich der prozentuale Anteil der über die gesamte Vegetationsperiode aufgelaufenen Wildpflanzen erheblich. In Winterweizen konnte eine Steigerung des prozentualen Aufbaus mit dem Faktor 2,4, in Kartoffel mit dem Faktor 5, in Mais mit dem Faktor 1,8 und in Sommerweizen mit dem Faktor 1,9 festgestellt werden. In Kartoffeln lief ein nicht unerheblicher Anteil der Diasporenbank noch nach der Herbizidanwendung auf.



**Abb. 3.4.5: Prozentualer Auflauf aus der Diasporenbank über die gesamte Vegetationsperiode. Aufnahmen aus den Jahren 2000-2002 in Flächen ohne Herbizideinsatz. Signifikante Unterschiede zwischen den Kulturen (Man-Whitney U-test) werden durch verschiedene Buchstaben angezeigt.**

Ohne die Wirkung der Herbizide (Abb. 3.4.5) stieg im Winterweizen der prozentuale Auflauf von 7 % (mit Herbizid) auf 17 % der Diasporenbank an. In Kartoffel wurde keine Steigerung und in Mais eine zweifache Steigerung des prozentualen Aufbaus im Vergleich zu den mit Herbizid behandelten Flächen beobachtet.

Bei der näheren Analyse des prozentualen Aufbaus der Wildpflanzen über die gesamte Vegetationsperiode wurde festgestellt, dass sich die Bearbeitungsvarianten nur in den Halmfrüchten voneinander unterschieden. In Abbildung 3.4.6 ist der prozentuale Gesamtaufbau einer Vegetationsperiode in Winterweizen dargestellt. Im Jahr 2002 konnte in den Winterweizenflächen ein signifikanter Einfluss der Bodenbearbeitung festgestellt werden. Alle Bearbeitungsvarianten unterschieden sich signifikant im prozentualen Gesamtaufbau aus der Diasporenbank. Die höchsten Werte von 19 % Auflauf aus der Diasporenbank wurden bei minimaler Bearbeitung erreicht. Mit zunehmender Bearbeitungstiefe sanken die Auflauraten auf 3 % bei Bearbeitung mit dem Rotogrubber und 2 % bei wendender Bearbeitung mit dem Pflug.



**Abb.3.4.6:** Prozentualer Gesamtauflauf in Winterweizen im Jahr 2002. Aufnahmeflächen mit Herbizideinsatz (N=72). Unterschiede zwischen den Bearbeitungsvarianten (Man-Whitney U-test) sind durch verschiedene Buchstaben gekennzeichnet.

### 3.4.3 Prozentualer Auflauf einzelner Arten

Der prozentuale Auflauf (Tab. 3.4.4) wurde nur für Arten berechnet, die sowohl in der Diasporenbank als auch in den Pflanzenzählungen im Bestand in ausreichender Frequenz auftraten, um eine statistische Auswertung zu ermöglichen. Dies traf für die Arten *Chenopodium album*, *Galium aparine*, *Matricaria recutita* und *Poa annua* zu.

**Tab. 3.4.4:** Prozentualer Auflauf im Frühjahr und Korrelationskoeffizient  $r$  nach Spearman ( $p < 0,05$ ) zwischen Diasporenbank und Individuen im Bestand der wichtigsten Arten und der Gesamtpopulationen (Arten s. Anhang). Gemittelt über alle Jahre. n.s. = Korrelation nicht signifikant; m.d. = zu wenig Daten.

Kultur	Bearbeitung	<i>Chenopodium album</i>		<i>Galium aparine</i>		<i>Matricaria recutita</i>		<i>Poa annua</i>		Gesamt populationen	
		Auflauf in %	r	Auflauf in %	r	Auflauf in %	r	Auflauf in %	r	Auflauf in %	r
Winterweizen	Minimal	1,44	n.s.	17,30	0,60	15,52	n.s.	0,32	n.s.	7,80	n.s.
	Rotogrubber	0,48	n.s.	6,64	0,84	2,77	n.s.	1,31	n.s.	4,88	0,26
	Pflug	0,00	m.d.	3,88	n.s.	2,55	n.s.	0,65	n.s.	4,18	-0,43
Kartoffel	Minimal	0,18	n.s.	1,29	n.s.	0,00	n.s.	0,00	n.s.	0,27	0,36
	Rotogrubber	0,61	n.s.	5,17	n.s.	0,26	n.s.	0,18	n.s.	0,60	0,58
	Pflug	0,00	n.s.	<0,01	m.d.	0,00	n.s.	0,00	n.s.	0,91	n.s.
Mais	Minimal	0,06	n.s.	3,04	n.s.	1,08	n.s.	33,89	n.s.	4,55	n.s.
	Rotogrubber	0,75	0,95	0,13	n.s.	0,12	n.s.	0,00	n.s.	2,45	0,75
	Pflug	0,13	0,95	<0,01	m.d.	1,29	n.s.	0,00	n.s.	5,96	-0,45
Sommerweizen	Minimal	6,06	0,95	0,32	n.s.	1,43	n.s.	4,09	n.s.	9,73	n.s.
	Rotogrubber	3,40	0,89	1,73	0,97	3,22	n.s.	1,72	n.s.	5,25	n.s.
	Pflug	1,29	0,88	<0,01	m.d.	4,28	n.s.	0,00	n.s.	4,02	n.s.
Alle Aufnahmen		1,09	0,49	4,49	0,61	3,56	n.s.	2,96	0,26	4,50	0,29

Im Durchschnitt aller Arten und untersuchten Probeflächen liefen im Frühjahr 4,5 % der Diasporen auf. Alle untersuchten Arten zeigten eine große Variabilität des prozentualen Auflaufs in Abhängigkeit von angebaute Kultur und dem Bearbeitungssystem.

Besonders hohe Korrelationskoeffizienten zeigten sich bei *Chenopodium album* und *Galium aparine*. Die Korrelationskoeffizienten lagen, wenn sie signifikant waren, im Bereich von 0,60 bis 0,95. Für die näher untersuchten Arten mit Ausnahme von *Matricaria recutita* wurden im Mittel aller Aufnahmen positive Koeffizienten von 0,26 bis 0,61 ermittelt. Die Korrelationskoeffizienten zwischen Diasporenbank und Individuendichte der

Gesamtpopulationen im Frühjahr wiesen signifikante Werte von  $-0,45$  bis  $0,75$  auf. Für alle Aufnahmen und über alle Arten berechnet, lag der Korrelationskoeffizient ( $p < 0,05$ ) bei  $0,29$ .

**Tab. 3.4.5: Prozentualer Gesamtauflauf einer Vegetationsperiode und Korrelation (Spearman  $r$ ,  $p < 0,05$ ) zwischen Diasporenbank und Pflanzen der wichtigsten Arten und der Gesamtpopulationen. Gemittelt über alle Jahre. n.s. = Korrelation nicht signifikant; m.d. = zu wenig Daten.**

Kultur	Bearbeitung	<i>Chenopodium album</i>		<i>Galium aparine</i>		<i>Matricaria recutita</i>		<i>Poa annua</i>		Gesamt population	
		Auflauf in %	r	Auflauf in %	r	Auflauf in %	r	Auflauf in %	r	Auflauf in %	r
Winterweizen	Minimal	8,47	0,60	36,75	0,77	42,45	0,62	139,32	n.s.	54,25	n.s.
	Rotogrubber	6,17	n.s.	12,76	0,82	6,40	n.s.	13,69	0,60	13,74	n.s.
	Pflug	3,58	n.s.	10,98	n.s.	6,75	0,64	2,05	0,68	11,74	-0,42
Kartoffel	Minimal	0,40	n.s.	15,91	n.s.	1,94	n.s.	0,34	n.s.	1,27	0,40
	Rotogrubber	0,96	n.s.	13,16	0,91	3,32	n.s.	2,80	n.s.	1,35	0,78
	Pflug	2,58	n.s.	0,00	m.d.	0,18	n.s.	1,94	n.s.	7,63	-0,49
Mais	Minimal	0,09	0,94	5,47	n.s.	1,08	n.s.	36,02	n.s.	7,79	n.s.
	Rotogrubber	0,78	0,95	0,99	0,94	0,35	n.s.	0,00	n.s.	3,67	0,80
	Pflug	0,13	0,95	0,81	n.s.	1,29	n.s.	0,00	n.s.	8,95	-0,45
Sommerweizen	Minimal	6,19	0,95	0,97	n.s.	1,97	n.s.	32,47	n.s.	20,09	n.s.
	Rotogrubber	3,66	0,89	3,31	0,94	4,80	n.s.	13,42	n.s.	8,10	n.s.
	Pflug	1,51	0,90	0,00	m.d.	5,63	n.s.	0,00	n.s.	9,45	n.s.
Alle Aufnahmen		3,52	0,60	10,77	0,71	8,78	0,25	26,47	0,52	15,18	0,29

Über die gesamte Vegetationsperiode betrachtet (Tab. 3.4.5), konnten  $15,2\%$  der Diasporen auflaufen. Der prozentuale Auflauf einzelner Arten stieg zum Teil erheblich an und die Korrelation zwischen Diasporenbank und Pflanzendichte innerhalb einer Vegetationsperiode verbesserte sich gegenüber dem Frühjahr für alle untersuchten Arten deutlich. Für *Chenopodium album* und *Galium aparine* erreichten die Korrelationskoeffizienten Werte über  $0,9$ . Die Korrelation ( $p < 0,05$ ) zwischen Diasporenbank und aller innerhalb einer Vegetationsperiode aufgelaufenen Individuen lag wie schon im Frühjahr bei  $0,29$ .

### 3.4.4 Artenzusammensetzung von Diasporenbank und Vegetation im Bestand bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung

Die Ähnlichkeit in der Artenzusammensetzung von Diasporenbank und oberirdischer Vegetation der Bodenbearbeitungsvarianten wird durch den Sørensen-Index quantifiziert (Tab. 3.4.6). Die höchste Übereinstimmung von Diasporenbank und oberirdischer Vegetation wird in der Rotogrubbervariante erzielt. Die geringste Übereinstimmung der Artenzusammensetzung wurde in der gepflügten Variante beobachtet.

**Tab. 3.4.6: Vergleich der Artenzusammensetzung von Diasporenbank und Vegetation im Bestand (Sørensen-Index)**

	Keimlingspopulationen im Frühjahr	Gesamtauflauf einer Vegetationsperiode
Minimal	60,2	76,4
Rotogrubber	70,2	81,5
Pflug	59,2	62,5

Vergleicht man die Artenzusammensetzung aller aufgelaufenen Individuen mit der Diasporenbank, wurden höhere Ähnlichkeitswerte erzielt als beim Vergleich der Diasporenbank mit den Keimlingspopulationen im Frühjahr.

### 3.4.5 Beziehungen zwischen den populationsbiologischen Parametern

Die Beziehungen der einzelnen Lebensphasen der Ackerwildpflanzenvegetation werden in Tabelle 3.4.7 in Form einer Korrelationsmatrix dargestellt. Die Analyse der Datensätze aus den Jahren 1999 bis 2002 zeigt, dass alle populationsbiologischen Parameter signifikant ( $p < 0,05$ ) miteinander korrelierten.

**Tab. 3.4.7: Korrelationsmatrix der Rangkorrelation nach Spearman ( $p < 0,05$ ) zwischen den Lebensphasen der Ackerwildpflanzenvegetation. Aufnahmen aller Jahre und Kulturen im integrierten Anbausystem (N=108).**

	A Individuendichte vor der Regulierung	B Individuendichte vor der Ernte	C Gesamtindividuen dichte einer Vegetationsperiode	D Gesamtzahl blühender Pflanzen	E Diasporendichte nach der Vegetationsperiode
Diasporen vor der Vegetationsperiode	0,285	0,322	0,290	0,152	0,689
A		0,409	0,699	0,336	0,536
B			0,792	0,573	0,447
C				0,503	0,627
D					0,361

Zwischen der Diasporendichte vor der Vegetationsperiode und der Vegetation im Bestand (A - D) war dieser Zusammenhang mit Koeffizienten von 0,152 bis 0,322 jedoch nur schwach ausgeprägt. Die Korrelation zwischen den Diasporenbanken vor und nach der Vegetationsperiode ist dagegen mit einem Koeffizienten von 0,689 hoch. Die größte Korrelation bestand zwischen der Individuendichte vor der Ernte und der Gesamtindividuenzahl, die innerhalb einer Vegetationsperiode aufgelaufen war.

Korrelationen zwischen der Individuenzahl/m<sup>2</sup> und der Biomasse/m<sup>2</sup> konnten nur für Halmfrüchte ermittelt werden. Im Jahr 2000 war in Winterweizen (N=108) die Biomasse mit der Pflanzendichte korreliert ( $p < 0,05$ , Korrelationskoeffizient 0,51). Im Jahr 2001 war in Sommerweizen (N=108) eine Korrelation zwischen Biomasse und Pflanzendichte ( $p < 0,05$ , Korrelationskoeffizient 0,62) gegeben. Im Jahr 2002 konnte nur in Winterweizen nach Kartoffel (N=54) eine Korrelation zwischen Biomasse und Pflanzendichte ( $p < 0,05$ , Korrelationskoeffizient 0,57) nachgewiesen werden.

Die Korrelationsanalyse für die drei Bodenbearbeitungssysteme, wies deutliche Unterschiede zwischen den Varianten auf (Tab. 3.4.8 - 3.4.10).

Bei minimaler Bodenbearbeitung (Tab. 3.4.8) bestand keine signifikante Korrelation zwischen Diasporenbank und der Individuendichte vor der Herbizidanwendung oder der Ernte. Die Gesamtindividuenzahl einer Vegetationsperiode war negativ mit der Diasporendichte korreliert. Das bedeutet, dass bei hohem Diasporenpotenzial weniger Pflanzen aufliefen als bei geringem. Die Gesamtindividuenzahl wurde stärker von der Individuendichte vor der Ernte beeinflusst, als von der Individuendichte vor der Regulierung. Die Diasporendichte nach der Vegetationsperiode wurde vom Diasporenpotenzial der vorangegangenen Vegetationsperiode bestimmt.

**Tab. 3.4.8: minimale Bodenbearbeitung. Korrelationsmatrix der Rangkorrelation nach Spearman ( $p < 0,05$ ) zwischen den Lebensphasen der Ackerwildpflanzenvegetation. Aufnahmen aller Jahre und Kulturen im integrierten Anbausystem bei (N=36).**

	A Individuendichte vor der Regulierung	B Individuendichte vor der Ernte	C Gesamtindividuen dichte einer Vegetationsperiode	D Gesamtzahl blühender Pflanzen	E Diasporendichte nach der Vegetationsperiode
Diasporen vor der Vegetationsperiode	n.s.	n.s.	-0,345	-0,346	0,392
A		0,165	0,448	n.s.	n.s.
B			0,762	0,334	n.s.
C				0,289	n.s.
D					n.s.

In der Bearbeitungsvariante Rotogrubber (Tab. 3.4.9) bestanden zwischen allen Lebensphasen signifikante Korrelationen. Die Individuendichte im Frühjahr war positiv mit dem Diasporenpotenzial der Flächen korreliert. Die Diasporendichten nach der Vegetationsperiode wurden stärker durch die Anzahl der blühenden Individuen bestimmt als durch die Diasporendichte vor der Vegetationsperiode. Der stärkste Zusammenhang bestand zwischen Individuendichte vor der Regulierung und der Gesamtindividuenzahl.

**Tab. 3.4.9: Bodenbearbeitung mit dem Rotogrubber. Korrelationsmatrix der Rangkorrelation nach Spearman ( $p < 0,05$ ) zwischen den Lebensphasen der Ackerwildpflanzenvegetation. Aufnahmen aller Jahre und Kulturen im integrierten Anbausystem bei (N=36).**

	A Individuendichte vor der Regulierung	B Individuendichte vor der Ernte	C Gesamtindividuen dichte einer Vegetationsperiode	D Gesamtzahl blühender Pflanzen	E Diasporendichte nach der Vegetationsperiode
Diasporen vor der Vegetationsperiode	0,354	0,231	0,317	0,271	0,573
A		0,427	0,766	0,308	0,353
B			0,722	0,491	0,461
C				0,311	0,567
D					0,587

Bei der Bodenbearbeitung mit dem Pflug (Tab. 3.4.10) konnten nur zwischen den Lebensphasen der oberirdischen Vegetation signifikante Korrelationen ermittelt werden. Der stärkste Zusammenhang bestand zwischen Individuendichte vor der Regulierung und der Gesamtindividuenzahl.

**Tab. 3.4.10: Bodenbearbeitung mit dem Pflug. Korrelationsmatrix der Rangkorrelation nach Spearman ( $p < 0,05$ ) zwischen den Lebensphasen der Ackerwildpflanzenvegetation. Aufnahmen aller Jahre und Kulturen im integrierten Anbausystem bei (N=36).**

	A Individuendichte vor der Regulierung	B Individuendichte vor der Ernte	C Gesamtindividuen dichte einer Vegetationsperiode	D Gesamtzahl blühender Pflanzen	E Diasporendichte nach der Vegetationsperiode
Diasporen vor der Vegetationsperiode	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
A		n.s.	0,715	0,315	n.s.
B			0,535	0,544	n.s.
C				0,485	n.s.
D					n.s.

## 4 Vegetations- und Populationsentwicklung im organischen Anbau

### 4.1 Diasporenbank

Als Einflussfaktoren auf die Diasporenbankdichte und Artenzusammensetzung wurden die reduzierte Bodenbearbeitung im Vergleich zur Bearbeitung mit dem Pflug und die Vorfrucht Luzerne-Klee gras im Vergleich zur Vorfrucht Kartoffel und das Beprobungsjahr untersucht.

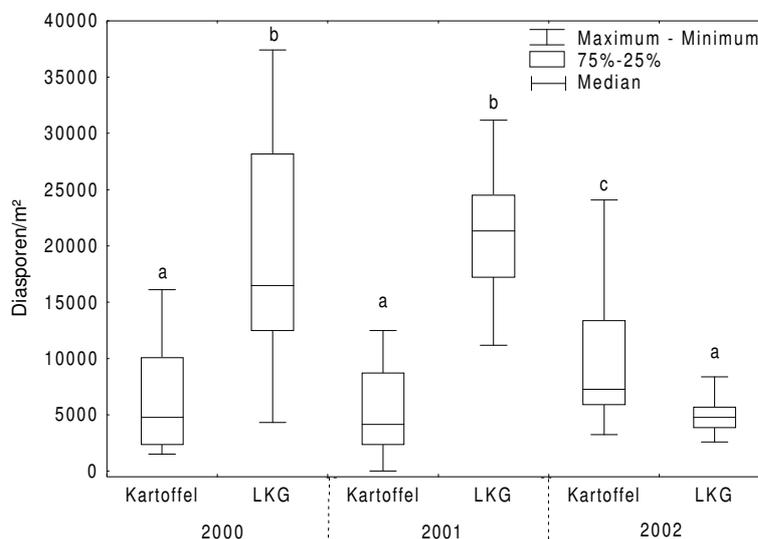
#### 4.1.1 Diasporendichten

In Tabelle 4.1.1 sind die untersuchten Einflussfaktoren auf die Diasporenbank im organischen Anbausystem dargestellt.

**Tab. 4.1.1: F-Werte der Varianzanalyse (ANOVA) der Diasporendichte. FG = Freiheitsgrade, Signifikanzniveau  $p < 0,01$  \*\*,  $p < 0,05$  \*, n.s. nicht signifikant**

Faktor	FG	F	p
Vorfrucht	1	27,4	**
Jahr	2	3,41	*
Bodenbearbeitung	1	1,1	n.s.

Den stärksten Einfluss auf die Diasporenbankdichte hatte die Vorfrucht. Nach dem Anbau von Luzerne-Klee gras wurden signifikant höhere Diasporendichten ermittelt als nach Kartoffelanbau. Die Jahreseinflüsse auf die Diasporenbankdichte waren signifikant, aber nur schwach ausgeprägt. Die untersuchten Bearbeitungsvarianten mit jährlicher und reduzierter Pflugbearbeitung wiesen keine signifikanten Unterschiede in der Diasporendichte auf. Die beiden Varianten wurden deshalb für die folgende Auswertung zusammengefasst.

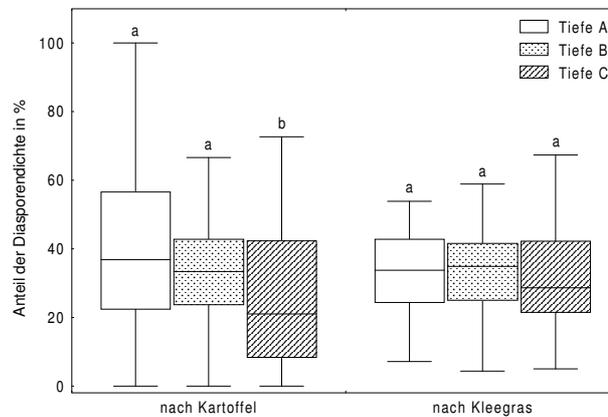


**Abb. 4.1.1: Diasporendichten der Flächen mit Weizenanbau. Aufnahmen der Jahre 2000 bis 2002 nach den Vorfrüchten Kartoffel und Luzerne-Klee gras (LKG). Signifikante Unterschiede sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet**

Die Medianwerte der Diasporendichten von Weizenflächen im organischen Anbau lagen im Bereich von 4000 Diasporen/m<sup>2</sup> bis 21300 Diasporen/m<sup>2</sup> (Abb. 4.1.1). In allen Untersuchungsjahren unterschieden sich die Diasporendichten nach der Vorfrucht Kartoffel von denen nach Luzerne-Klee grasanbau. In den Jahren 2000 und 2001 waren die Diasporendichten nach Feldfutterbau mit der Luzerne-Klee gras Mischung höher als nach Kartoffelanbau, im Jahr 2002 waren sie niedriger.

#### 4.1.2 Vertikale Verteilung der Diasporen im Boden

Die für die Auflaufwahrscheinlichkeit bedeutsame vertikale Verteilung der Diasporen unterschied sich nicht signifikant zwischen den Bearbeitungsvarianten. Bei verschiedener Vorfrucht zeigten sich dagegen Unterschiede in der vertikalen Verteilung der Diasporen im Boden (Abb. 4.1.2).



**Abb. 4.1.2:** Tiefenverteilung der Diasporen in den Bodenproben. Tiefe A= 0-5 cm, Tiefe B= 5-10 cm, Tiefe C= 10-20 cm. Box & Whisker Plots der Diasporendichten aus den Jahren 2000 bis 2002. Unterschiedliche Buchstaben (a, b, c) kennzeichnen signifikante Unterschiede nach dem Wilcoxon Test für gepaarte Stichproben.

Nach Kartoffelanbau waren in den oberen 10 cm signifikant mehr Diasporen zu finden, als in der unteren Bodenschicht. Nach Luzerne-Kleeergrasanbau waren die Diasporen gleichmäßig über die Tiefenklassen verteilt.

#### 4.1.3 Artenzusammensetzung der Diasporenbank

Mit den Diasporenbankanalysen im organisch bewirtschafteten Versuchsteil wurden insgesamt 58 Arten nachgewiesen. Darunter befanden sich 5 Kulturarten. Neben Kartoffel und Weizen wurden *Medicago sativa*, *Trifolium repens* und *Trifolium pratense* als Kulturarten eingestuft, da sie durch den Luzerne-Kleeergrasanbau eingebracht wurden.

Die Bearbeitungsvariante mit reduzierter Bodenbearbeitung wies eine höhere Gesamtartenzahl auf als die Variante mit jährlichem Pflugeinsatz. Auch die Artendichte war mit durchschnittlich 23,8 Arten pro 100 m<sup>2</sup> bei reduzierter Bodenbearbeitung höher als in der Pflugvariante, die im Schnitt 18,6 Arten aufwies. Neben *Sonchus oleraceus* und *Echinochloa crus-galli* als Charakterarten waren Begleitarten und Arten von Saum- und Grünlandgesellschaften (*Lolium multiflorum*, *Plantago media*, *Poa pratensis*) zusätzlich bei reduzierter Bearbeitung in der Diasporenbank nachzuweisen (vgl. Tab 8.1.2). Die reduzierte Bearbeitungsvariante hatte einen höheren Anteil monokotyle Arten. Der Anteil von Therophyten war im Vergleich zur Pflugbearbeitung niedriger. Die Anteile an Hemikryptophyten, Geophyten und Chamaephyten unterschieden sich in den Bearbeitungssystemen nicht wesentlich.

**Tab. 4.1.2: Kennzahlen der Artenzusammensetzung der Bearbeitungsvarianten ermittelt aus den Diasporenbankanalysen der Jahre 2000-2002. Die soziologische Einordnung der Arten erfolgte nach HOFMEISTER & GARVE (1998).**

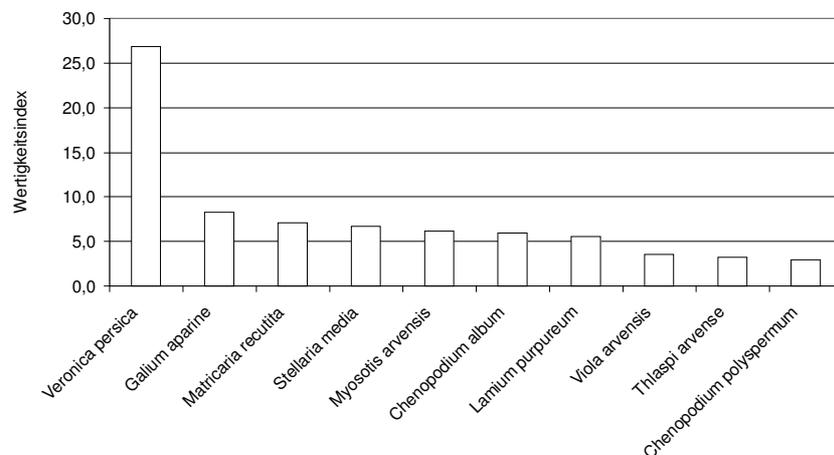
	Pflug		reduziert	
Gesamtartenzahl ohne Kulturarten	41		51	
Kulturarten	3		5	
Artendichte/100 m <sup>2</sup> <sup>a</sup>	18,6 a		23,8 a	
Eveness	65,4		66,7	
	N	% <sup>1</sup>	N	% <sup>1</sup>
Anzahl Charakter- und Differentialarten von Ackerwildpflanzengesellschaften ( <i>Violenea arvensis</i> )	25	61	26	51
Anzahl Begleiter und Arten der Saum- und Grünlandgesellschaften	16	39	25	49
Anzahl dikotyle Arten	35	80	42	75
Anzahl monokotyle Arten	9	20	14	25
Anzahl Therophyten	29	66	35	63
Anzahl Hemikryptophyten	12	27	16	29
Anzahl Geophyten	2	5	3	5
Anzahl Chamaephyten	1	2	2	3

<sup>1</sup> prozentualer Anteil an der Gesamtartenzahl

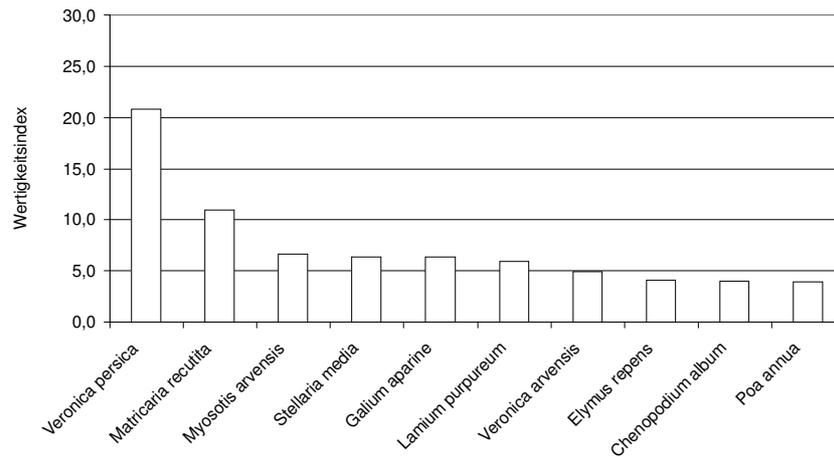
<sup>a</sup> gemittelt über alle Jahre. Signifikante Unterschiede sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet

Die Unterschiede in der Artenzusammensetzung der Diasporenbank wurden durch den Sørensen-Index qualitativ über das Vorkommen der Arten und quantitativ durch die Diasporendichte der einzelnen Arten quantifiziert. Die Bearbeitungsvarianten glichen sich qualitativ in der Artenzusammensetzung zu 86,0 %. Deutlichere Unterschiede zeigte der quantitative Vergleich auf. Die Varianten Pflug und betriebsüblich ähnelten sich nur noch zu 79,5 %.

Diese Unterschiede in der Artenzusammensetzung der beiden Bearbeitungsvarianten wurden auch durch die Rangfolge der zehn wichtigsten Arten deutlich (Abb. 4.1.3, 4.1.4)



**Abb. 4.1.3: Die zehn häufigsten Arten der Diasporenbank bei Bearbeitung mit dem Pflug. Analysen der Jahre 1999 bis 2001 vor Weizenanbau.**



**Abb. 4.1.4:** Die zehn häufigsten Arten der Diasporenbank bei reduzierter Bodenbearbeitung. Analysen der Jahre 1999 bis 2001 vor Weizenanbau.

Der Vergleich der wichtigsten Arten der Diasporenbanken der beiden Bearbeitungssysteme zeigt, dass bei reduziertem Pflugeinsatz die Gräser *Elymus repens* und *Poa annua* häufiger waren als bei jährlicher Bodenbearbeitung mit dem Pflug.

#### 4.1.4 Diasporendichten einzelner Arten

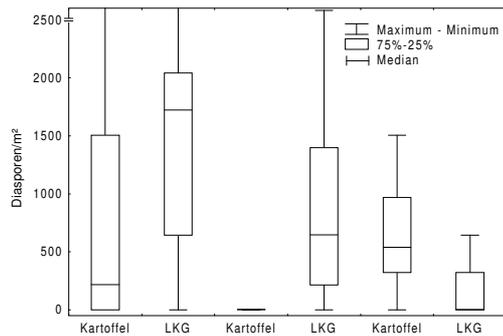
Da einzelne Arten in unterschiedlicher Weise auf die Bewirtschaftung reagieren (Tab. 4.1.3), werden in diesem Kapitel die Diasporenbanken der fünf häufigsten Arten in der Diasporenbank einzeln dargestellt.

**Tab. 4.1.3:** F-Werte und Signifikanzniveau der Einflussfaktoren auf die Diasporendichte einzelner Arten.  $p < 0,05 = *$ ,  $p < 0,01 = **$ , n.s. = nicht signifikant. FG = Freiheitsgrade

Einflussfaktor Art	Jahr (FG = 2)		Vorfrucht (FG = 1)		Bearbeitung (FG = 1)	
	F	p	F	p	F	p
<i>Galium aparine</i>	12,6	**	6,7	*		n.s.
<i>Matricaria recutita</i>	11,0	**	22,5	**	21,6	**
<i>Myosotis arvensis</i>	4,0	*	55,7	**	8,5	**
<i>Stellaria media</i>	11,8	**		n.s.		n.s.
<i>Veronica persica</i>	11,4	**	37,6	**		n.s.

#### *Galium aparine*

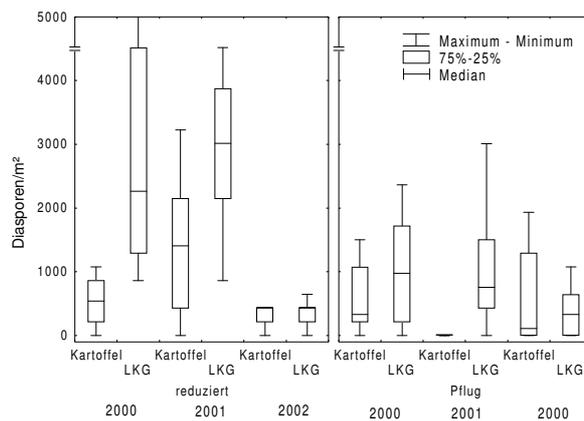
*Galium aparine* kam mit einer Dominanz von 7 % in der Diasporenbank vor. In 45 % aller Proben wurde diese Art nachgewiesen. Durch die Varianzanalyse konnten Einflüsse der Vegetationsperiode (Jahr) und der Vorfrucht nachgewiesen werden. Die Bodenbearbeitung hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Diasporendichte von *Galium aparine*. Während in den Jahren 2000 und 2001 nach Luzerne-Kleegrasanbau höhere Dichten zu finden waren, traf dies im Jahr 2002 für den Anbau von Winterweizen nach Kartoffel zu (Abb. 4.1.5). Im Jahr 2000 waren signifikant höhere Diasporendichten von *Galium aparine* vorhanden als in den beiden darauffolgenden Untersuchungsjahren.



**Abb. 4.1.5:** Diasporendichten von *Galium aparine* nach der Vorfrucht Kartoffel und Luzerne-Klee gras (LKG). Diasporenbankanalysen der Jahre 2000-2002.

### Matricaria recutita

Der Art *Matricaria recutita* gehörten 10 % aller Diasporen an, sie war in 58 % aller Proben enthalten. Die Varianzanalyse wies signifikante Effekte der untersuchten Vegetationsperiode ( $F=11,0$ ), der Vorfrucht ( $F=22,5$ ) und der Bodenbearbeitung ( $F=21,6$ ) auf die Diasporendichte von *Matricaria recutita* aus.



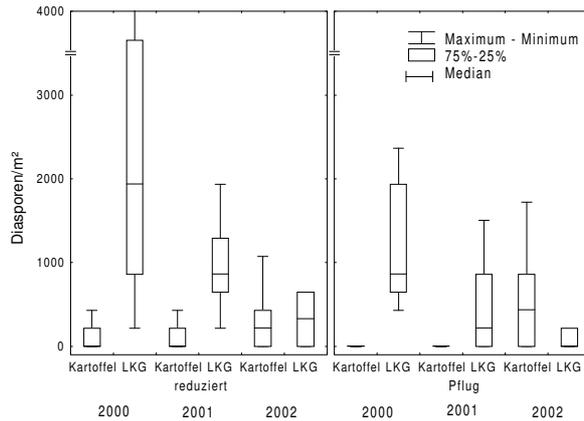
**Abb. 4.1.6:** Diasporendichten von *Matricaria recutita* bei unterschiedlicher Bearbeitung und Vorfrucht. Diasporenbankanalysen der Jahre 2000-2002.

Bei Luzerne-Klee gras als Vorfrucht waren höhere Dichten zu verzeichnen und bei reduzierter Bodenbearbeitung konnte im Vergleich zur Pflugvariante ein höheres Potenzial von *Matricaria recutita* ermittelt werden. Im Jahr 2002 waren niedrigere Diasporendichten vorhanden als in vorherigen Jahren.

### Myosotis arvensis

Vorfrucht und Bodenbearbeitung hatten einen signifikanten Einfluss auf die Diasporendichte von *Myosotis arvensis*. Die untersuchten Vegetationsperioden wiesen keine signifikanten Unterschiede in den Diasporendichten dieser Art auf.

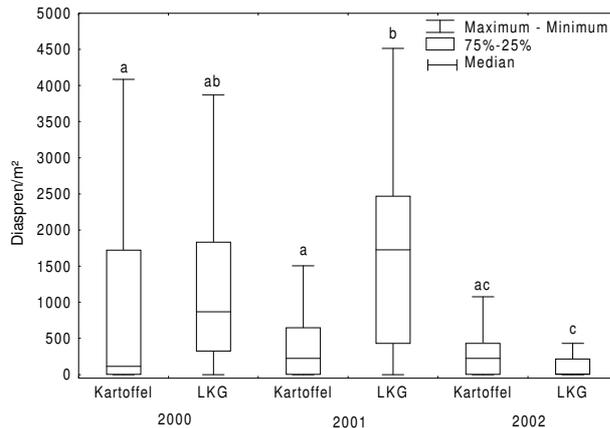
In der Fruchtfolge nach Luzerne-Klee gras waren signifikant höhere Diasporendichten vorhanden als nach Kartoffel (Abb. 4.1.7). Bei reduzierter Bodenbearbeitung war ein größeres Diasporenpotenzial von *Myosotis arvensis* nachzuweisen.



**Abb. 4.1.7: Diasporendichten von *Myosotis arvensis* bei unterschiedlicher Bearbeitung und Vorfrucht. Diasporenbankanalysen der Jahre 2000-2002.**

*Stellaria media*

Für die Art *Stellaria media* konnte mit der Varianzanalyse kein Einfluss der Vorfrucht oder Bodenbearbeitung auf die Diasporendichte nachgewiesen werden.

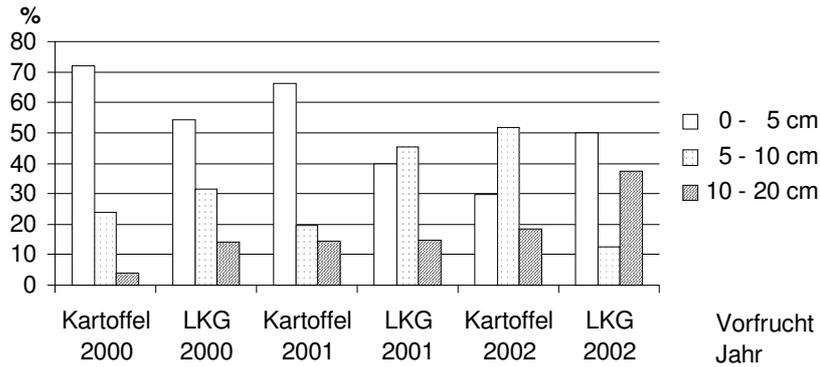


**Abb. 4.1.8: Diasporendichten von *Stellaria media* bei unterschiedlicher Vorfrucht. Diasporenbankanalysen der Jahre 2000-2002. Signifikante Unterschiede sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet.**

Die Diasporendichte im Jahr 2001 bei Sommerweizenanbau in der Fruchtfolge nach Luzerne-Klee-Gras war signifikant größer als die der übrigen Varianten (Abb. 4.1.8).

Die vertikale Verteilung der Diasporen dieser Art war nach den beiden Vorfrüchten unterschiedlich ausgeprägt (Abb. 4.1.9).

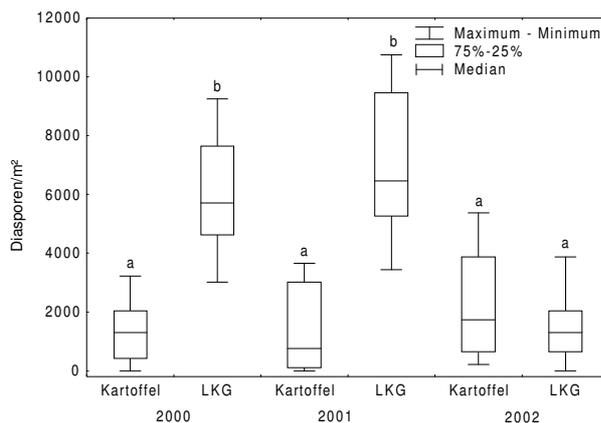
In den Jahren 2000 und 2001 war nach Kartoffelanbau ein größerer Anteil der Diasporen in der obersten Bodenschicht zu finden als nach LKG.



**Abb. 4.1.9.** Vertikale Verteilung der Diasporen von *Stellaria media* im Boden. Prozentualer Anteil der Diasporen in den Tiefenklassen 0-5 cm, 5-10 cm und 10-20 cm. Mittelwerte der Bearbeitungsvarianten (N = 20)

### Veronica persica

*Veronica persica* stellte 32 % der Diasporenbank und wurde in 91 % aller untersuchten Proben nachgewiesen. Das Bearbeitungssystem hatte keinen Einfluss auf die Diasporendichten von *Veronica persica*.



**Abb. 4.1.10:** Diasporendichten von *Veronica persica* in den Jahren 2000 – 2002 nach den Vorfrüchten Kartoffel und Luzerne-Klee gras (LKG). Signifikante Unterschiede sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet.

Die Diasporendichten nach Luzerne-Klee gras waren in den Jahren 2000 und 2001 signifikant höher als nach Kartoffelanbau (Abb. 4.1.10). Im Jahr 2002 unterschieden sich die Dichten dieser Art nicht signifikant voneinander.

## 4.2 Individuendichte während der Anbauperiode

### 4.2.1 Individuendichten im Frühjahr

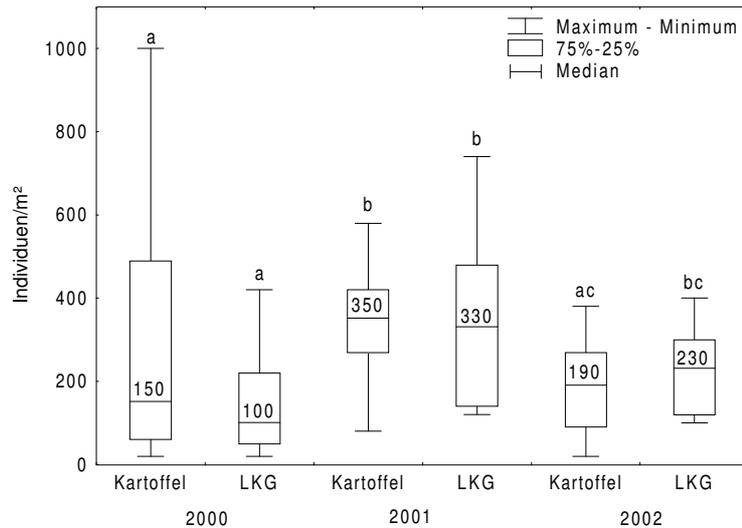
Die varianzanalytischen Ergebnisse der Einflussfaktoren Vorfrucht, Jahr und Bodenbearbeitung auf die Individuendichten im Frühjahr vor der mechanischen Regulierungsmaßnahme werden in Tabelle 4.2.1 dargestellt.

Allein die untersuchten Vegetationsperioden wiesen signifikante Unterschiede in den Individuendichten im Frühjahr vor der Regulierung auf. Vorfrucht und Bodenbearbeitung hatten keinen signifikanten Einfluss.

**Tab. 4.2.1: F-Werte der Varianzanalyse (ANOVA) der Individuendichte im Frühjahr. FG = Freiheitsgrade, Signifikanzniveau  $p < 0,01$  \*\*,  $p < 0,05$  \*, n.s. nicht signifikant**

Faktor	FG	F	p
Vorfrucht	1	0,3	n.s.
Jahr	2	9,0	**
Bodenbearbeitung	1	0,1	n.s.

Die Bearbeitungsvarianten wiesen keine signifikanten Unterschiede auf. Die Werte wurden deshalb für die folgende Auswertung zusammengefasst.

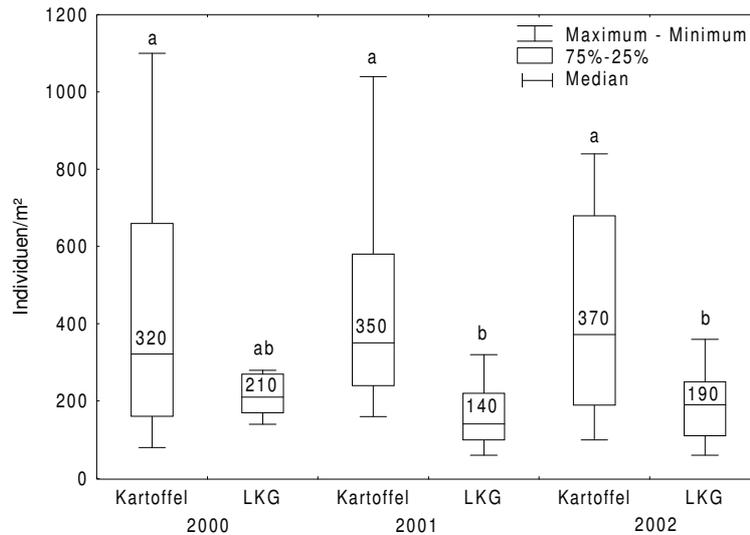
**Abb. 4.2.1: Individuendichte vor der Regulierung in Weizenbeständen mit der Vorfrucht Kartoffel und Luzerne-Kleegras (LKG) der Jahre 2000-2002. Signifikante Unterschiede (LSD-Test) werden durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet.**

Im Frühjahr wurden Individuendichten von durchschnittlich 220 Pflanzen/m<sup>2</sup> erhoben. Vor dem ersten Striegeleinsatz unterschieden sich die Flächen mit unterschiedlicher Vorfrucht nicht signifikant (Abb. 4.2.1). Im Jahr 2001, in dem Sommerweizen angebaut wurde, wurden höhere Individuendichten erfasst als im Jahr 2000. Die Dichten im Jahr 2002 lagen im mittleren Bereich.

#### 4.2.2 Individuendichte vor der Ernte

Zum Zeitpunkt vor der Ernte kann zwischen Flächen mit und ohne Striegeleinsatz unterschieden werden. Zum Aufnahmezeitpunkt vor der Ernte traten bei unterschiedlicher Vorfrucht signifikante Unterschiede in der Pflanzendichte zwischen den Flächen mit Striegeleinsatz auf (Abb. 4.2.2).

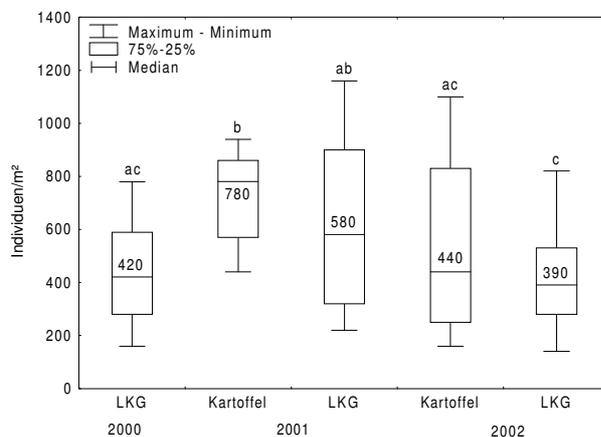
In den Jahren 2001 und 2002 wurden geringere Individuendichten in der Fruchtfolge nach Luzerne-Kleegras ermittelt. Die Parzellen, die nicht gestriegelt wurden (nicht dargestellt), unterschieden sich dagegen bei verschiedener Vorfrucht nicht in der Individuendichte.



**Abb. 4.2.2:** Individuendichte vor der Ernte in Weizenbeständen mit der Vorfrucht Kartoffel und Luzerne-Klee gras (LKG). Aufnahmen der Jahre 2000-2002 in Flächen mit Striegeleinsatz. Signifikante Unterschiede (LSD-Test) werden durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet.

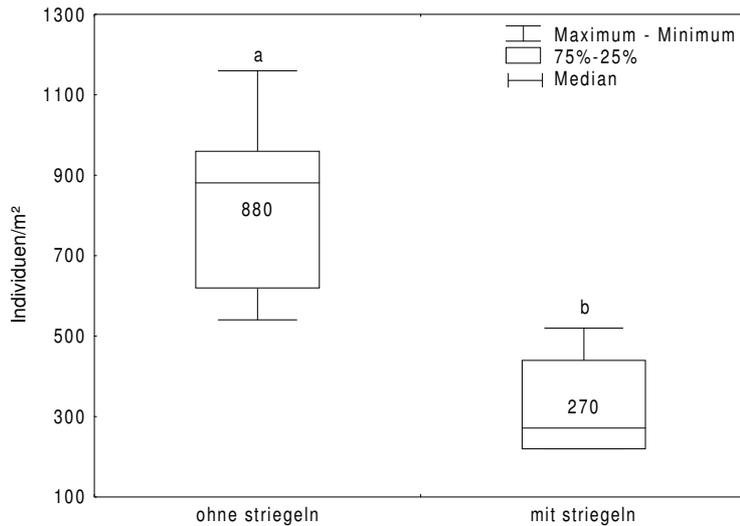
#### 4.2.3 Gesamtindividuumdichte einer Vegetationsperiode

Die Gesamtindividuumdichte wurde berechnet, indem alle Individuen, die innerhalb einer Vegetationsperiode aufgelaufen waren, addiert wurden. Dabei wurde kein Individuum zweimal gezählt. Innerhalb einer Vegetationsperiode liefen durchschnittlich 480 Individuen/m<sup>2</sup> auf. Der geringste Wert wurde mit 390 Individuen/m<sup>2</sup> im Jahr 2002 nach der Vorfrucht Luzerne-Klee gras, der höchste Wert mit 780 Individuen/m<sup>2</sup> im Jahr 2001 nach Kartoffelanbau erfasst (Abb. 4.2.3).



**Abb. 4.2.3:** Gesamtindividuumdichte einer Vegetationsperiode in Weizenbeständen mit der Vorfrucht Kartoffel und Luzerne-Klee gras (LKG). Aufnahmen der Jahre 2000 - 2002. Signifikante Unterschiede (LSD-Test) werden durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet.

Durch Varianzanalyse wurde ein signifikanter Einfluss der untersuchten Vegetationsperiode ( $F = 6,05$ ;  $p = 0,003$ ) ermittelt. Im Jahr 2001 wurden in Sommerweizen signifikant höhere Gesamtindividuumdichten erreicht als in den Jahren 2000 und 2001. Weder die Vorfrucht Kartoffel und Luzerne-Klee gras noch die Bearbeitungsvarianten Pflug und reduzierte Bodenbearbeitung hatten signifikanten Einfluss auf die Höhe der Gesamtindividuumdichte. Der Einsatz des Striegels brachte nur in Sommerweizen nach der Vorfrucht LKG eine nachweisbare Verminderung der Gesamtindividuumzahl (Abb. 4.2.4).



**Abb. 4.2.4:** Gesamtindividuumdichte einer Vegetationsperiode in Sommerweizen mit der Vorfrucht Luzerne-Klee gras mit und ohne Regulierungsmaßnahme. Aufnahmen aus dem Jahr 2001. Signifikante Unterschiede (LSD-Test) werden durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet.

#### 4.2.4 Artenzusammensetzung der Vegetation im Bestand

Im organisch bewirtschafteten Versuchsteil wurden insgesamt 49 Arten von Ackerwildpflanzen erfasst. Die Arten *Trifolium repens*, *Trifolium pratense* und *Medicago sativa* wurden durch den Klee grasanbau eingebracht und werden zu den Kulturarten gezählt.

**Tab. 4.2.2:** Kennzahlen der Artenzusammensetzung ermittelt aus den Individuenzählungen der Jahre 2000-2002. Die soziologische Einordnung der Arten erfolgte nach HOFMEISTER & GARVE (1998).

	Pflug		reduziert	
	N	% <sup>1</sup>	N	% <sup>1</sup>
Gesamtartenzahl ohne Kulturarten	39		40	
Kulturarten	2		3	
Artendichte/100m <sup>2</sup> <sup>a</sup>	19,7 a		18,6 a	
Evenness	78,4		75,5	
Anzahl Charakter- und Differentialarten von Ackerwildpflanzengesellschaften ( <i>Violenea arvensis</i> )	24	61,5	23	57,5
Anzahl Begleiter und Arten anderer Gesellschaften	15	38,5	17	42,5
Anzahl dikotyle Arten	33	80,5	33	77,0
Anzahl monokotyle Arten	7	17,0	9	21,0
Anzahl Pteridophyten	1	2,5	1	2
Anzahl Therophyten	28	68,3	27	62,8
Anzahl Hemikryptophyten	8	19,5	11	25,6
Anzahl Geophyten	3	7,3	3	6,9
Anzahl Chamaephyten	2	4,9	2	4,7

<sup>1</sup> prozentualer Anteil an der Gesamtartenzahl

<sup>a</sup> gemittelt über alle Jahre. Signifikante Unterschiede sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet.

Der Unterschied in der Gesamtartenzahl der beiden Bearbeitungssysteme betrug lediglich eine Art. Bei reduzierter Bodenbearbeitung wurde eine Kulturart mehr erfasst als bei Bearbeitung mit dem Pflug. Die Artendichte pro 100 m<sup>2</sup> war jedoch bei reduzierter

Bodenbearbeitung niedriger als bei Pflugbearbeitung. Auch die Evenness war mit 75,5 in der Variante mit reduzierter Bodenbearbeitung niedriger als in der Pflugvariante. Ebenfalls geringer war die Anzahl der Charakterarten. Monokotyle Arten stellten dagegen bei reduzierter Bearbeitung einen höheren Prozentsatz der Artengemeinschaft als dikotyle Arten. Der Anteil an Therophyten war bei reduzierter Bearbeitung geringer, der Anteil an Hemikryptophyten höher als bei Bearbeitung mit dem Pflug. Geophyten und Chamaephyten stellten vergleichbare Anteile in beiden Bearbeitungssystemen.

Der Sørensen-Index wies eine Übereinstimmung in der Artenzusammensetzung der Bearbeitungsvarianten zu 83,3 % aus. Deutlichere Unterschiede weist der quantitative Vergleich auf. Unter Berücksichtigung der Abundanz der gemeinsamen Arten ähnelten sich die Varianten mit Pflugbearbeitung und reduziertem Pflugeinsatz nur noch zu 70,6 %.

Diese Unterschiede wurden auch in der Rangfolge der zehn wichtigsten Arten der Vegetation im Bestand (Abb.4.2.5 und 4.2.6) deutlich. Die Angaben zu Dominanz, Frequenz und Wertigkeitsindex aller nachgewiesenen Arten befinden sich im Anhang (Tab. 8.1.2).

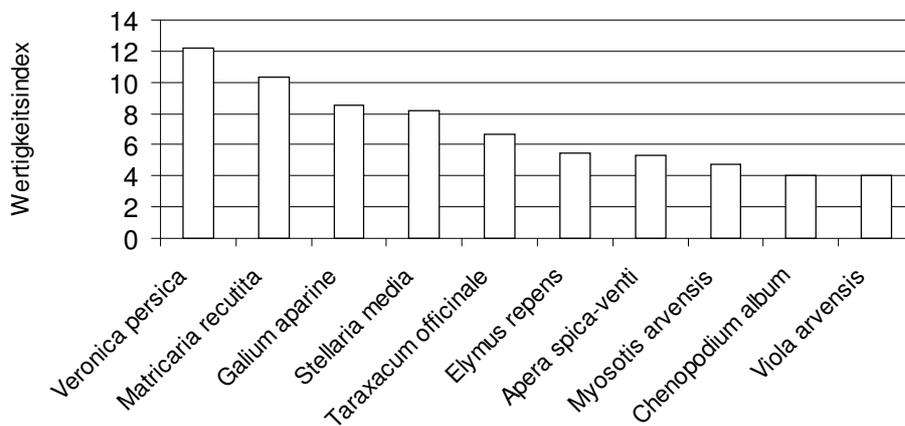


Abb. 4.2.5: Die zehn häufigsten Arten bei Bearbeitung mit dem Pflug. Aufnahmen des Gesamtindividuen einer Vegetationsperiode in den Jahren 2000-2002.

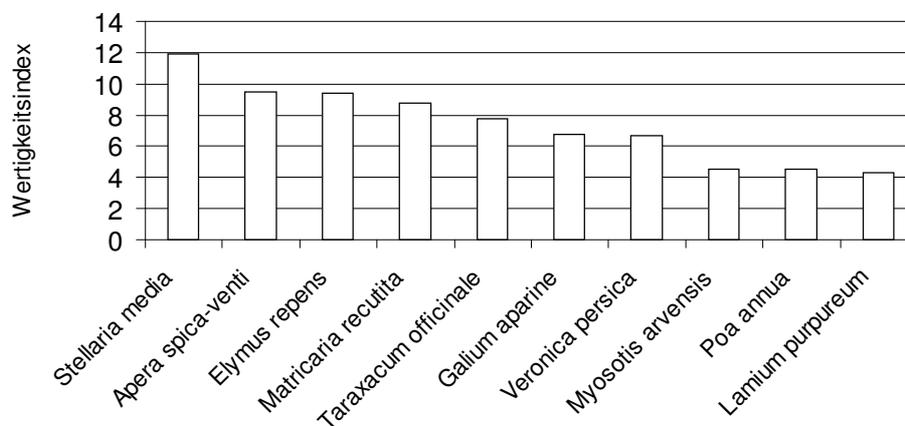


Abb. 4.2.6: Die zehn häufigsten Arten bei reduzierter Bodenbearbeitung. Aufnahmen der Gesamtindividuen einer Vegetationsperiode in den Jahren 2000-2002.

Der Vergleich der Rangfolge der häufigsten Arten in der Vegetation im Bestand zeigt Unterschiede zwischen den Bearbeitungssystemen. Die Gräser *Elymus repens*, *Apera spica-venti* und *Poa annua* gewannen bei reduzierter Bodenbearbeitung an Bedeutung.

*Stellaria media* hat bei reduzierter Bearbeitung ebenfalls an Bedeutung gewonnen. *Veronica persica* verlor dagegen bei reduziertem Pflugeinsatz an Bedeutung.

#### 4.2.5 Individuendichten einzelner Arten

Durch Varianzanalyse wurden die Faktoren Untersuchungsjahr, angebaute Kultur, Vorfrucht und Bodenbearbeitung auf ihren Einfluss auf die Individuendichten einzelner Arten untersucht (Tab. 4.2.3).

**Tab. 4.2.3: Einflussfaktoren auf die Individuendichte einzelner Arten im Frühjahr. F-Werte der (ANOVA). FG = Freiheitsgrad, n.s. = nicht signifikant**

Einflussfaktor Art	Jahr (FG = 2)	Kultur (FG = 1)	Vorfrucht (FG = 1)	Bearbeitung (FG = 1)
<i>Galium aparine</i>	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<i>Matricaria recutita</i>	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<i>Myosotis arvensis</i>	5,0	4,7	n.s.	n.s.
<i>Stellaria media</i>	19,5	68,9	90,7	4,3
<i>Veronica persica</i>	61,3	175,1	8,2	14,1

Bei der Analyse der Faktoren, die sich auf die Gesamtindividudichten einzelner Arten auswirken, konnte als weiterer Einflussfaktor die Regulierungsmaßnahme durch das Striegeln berücksichtigt werden (Tab. 4.2.4).

**Tab. 4.2.4: Einflussfaktoren auf die Gesamtindividudichte einer Vegetationsperiode. F-Werte der (ANOVA). FG = Freiheitsgrad, n.s. = nicht signifikant**

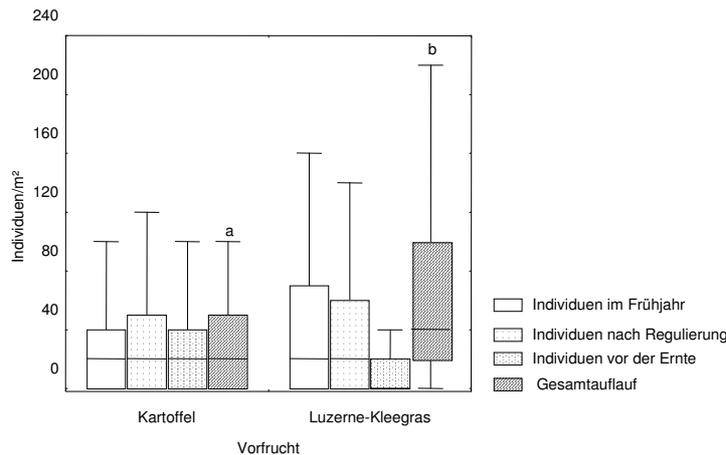
Faktor Art	Jahr (FG = 2)	Kultur (FG = 1)	Vorfrucht (FG = 1)	Bearbeitung (FG = 1)	Regulierung (FG = 1)
<i>Galium aparine</i>	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<i>Matricaria recutita</i>	n.s.	n.s.	11,0	n.s.	n.s.
<i>Myosotis arvensis</i>	6,7	15,6	n.s.	n.s.	n.s.
<i>Stellaria media</i>	13,1	42,9	53,9	5,0	n.s.
<i>Veronica persica</i>	30,9	150,5	112,9	n.s.	n.s.

#### *Galium aparine*

Die Individuendichte von *Galium aparine* wurde von keinem der untersuchten Faktoren beeinflusst (Tab. 4.2.4). Im Frühjahr wurden durchschnittlich 26 Individuen/m<sup>2</sup> erfasst. Der Gesamtauflauf innerhalb einer Vegetationsperiode betrug durchschnittlich 37 Individuen/m<sup>2</sup>.

#### *Matricaria recutita*

Die Individuendichte im Frühjahr wurde durch keinen der untersuchten Faktoren beeinflusst (Tab. 4.2.3). Nur die Vorfrucht hatte einen signifikanten Einfluss auf den Gesamtauflauf von *Matricaria recutita* innerhalb einer Vegetationsperiode (Tab. 4.2.4).

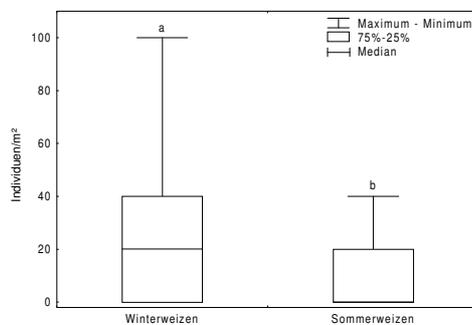


**Abb. 4.2.7:** Individuendichten zu den Untersuchungsterminen und Gesamtauflauf von *Matricaria recutita*. Aufnahmen der Jahre 2000-2002 (N=120) in Weizen mit verschiedener Vorrucht. Verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede.

In Weizen nach der Vorrucht Kartoffel waren zu allen Untersuchungsterminen durchschnittlich 20 Individuen/m<sup>2</sup> vorhanden (Abb. 4.2.7). Nach dem Anbau von Luzerne-Klee gras betrug die Individuendichte in Weizen vor der Ernte nur noch wenige Individuen von *Matricaria recutita*. Während der gesamten Vegetationsperiode konnten nach Luzerne-Klee gras doppelt so viele Individuen auflaufen, wie nach dem Anbau von Kartoffel.

### *Myosotis arvensis*

Die Individuendichte von *Myosotis arvensis* wurde von der angebauten Kultur und dem Untersuchungsjahr beeinflusst (Tab. 4.2.3 und 4.2.4). Vorrucht und Bodenbearbeitung hatten keinen Einfluss auf die Individuendichte im Frühjahr oder den Gesamtauflauf.

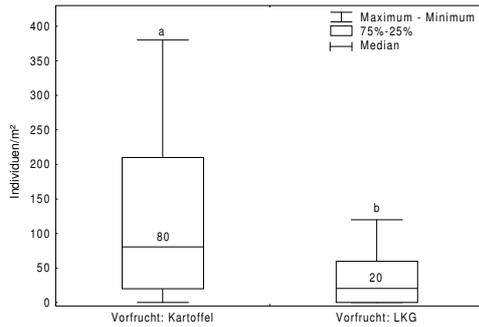


**Abb. 4.2.8:** Gesamtauflauf von *Myosotis arvensis* in den Kulturen Winterweizen und Sommerweizen. Aufnahmen der Jahre 2000 – 2002 (N=120). Verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede.

In Sommerweizen konnten signifikant weniger Individuen/m<sup>2</sup> auflaufen als in Winterweizen (Abb. 4.2.8).

### *Stellaria media*

Den größten Einfluss auf die Gesamtindividuumdichte von *Stellaria media* in Weizen hatte die Vorrucht (Tab. 4.2.4). Bodenbearbeitung und Regulierungsmaßnahmen wirkten sich nicht auf den Gesamtauflauf aus. In Abb. 4.2.9 wird der Gesamtauflauf von *Stellaria media* bei unterschiedlicher Vorrucht dargestellt.

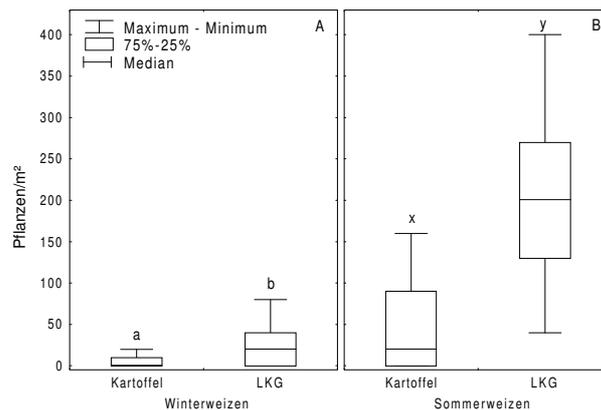


**Abb. 4.2.9:** Gesamtaufbau von *Stellaria media* in Weizen nach der Vorfrucht Kartoffel und Luzerne-Klee gras. Aufnahmen der Jahre 2000-2002 (N=120). Signifikante Unterschiede (Man-Whitney-Test) werden durch unterschiedliche Buchstaben angezeigt.

Nach Luzerne-Klee grasanbau sind innerhalb einer Vegetationsperiode signifikant weniger Individuen/m<sup>2</sup> aufgelaufen als nach Kartoffelanbau.

### Veronica persica

Den stärksten Einfluss auf die Gesamtindividuen dichte von *Veronica persica* hatten die angebaute Kulturart und die Vorfrucht (4.2.4).



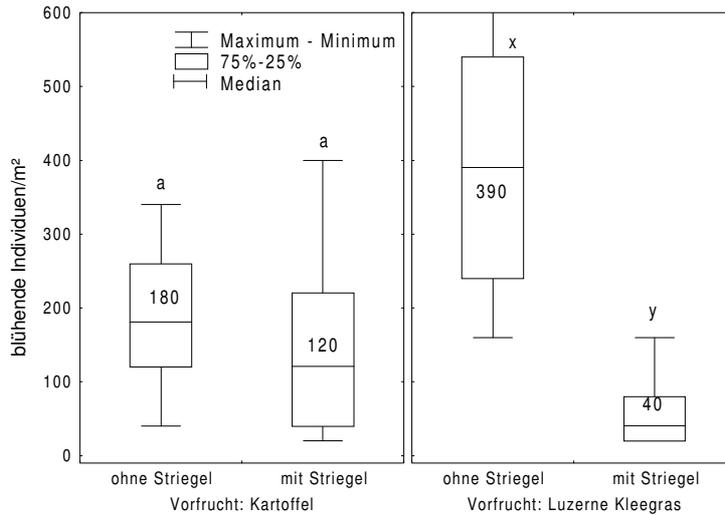
**Abb. 4.2.10:** Gesamtindividuen dichte von *Veronica persica* in Sommerweizen und Winterweizen bei unterschiedlicher Vorfrucht. Signifikante Unterschiede zwischen den Kulturen sind durch verschiedene Großbuchstaben, Unterschiede zwischen der Vorfrucht durch kleine Buchstaben gekennzeichnet.

In Sommerweizen konnten über die gesamte Vegetationsperiode signifikant mehr Individuen auflaufen, als in Winterweizen (Abb. 4.2.10). Nach der Vorfrucht Luzerne-Klee gras liefen signifikant mehr Individuen/m<sup>2</sup> auf als nach Kartoffelanbau.

## 4.3 Generative Phase und oberirdische Phytomasse

### 4.3.1 Dichte blühender Individuen

Durchschnittlich 36 % aller Pflanzen, die während einer Vegetationsperiode aufgelaufen waren, bildeten Blüten aus. Gemittelt über alle Arten, Kulturen und Vorfrüchte konnten innerhalb einer Vegetationsperiode 108,1 blühende Individuen/m<sup>2</sup> erfasst werden (Tab. 4.3.1).



**Abb. 4.3.1: Anzahl blühender Pflanzen im Jahr 2001. Signifikante Unterschiede zwischen den Aufnahmen mit und ohne Striegeleinsatz (LSD-test) werden durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet.**

Die höchste Dichte blühender Pflanzen wurde mit 390 blühenden Individuen/m<sup>2</sup> in Sommerweizen ohne Striegeleinsatz nach der Vorfrucht Luzerne-Klee gras ermittelt (Abb. 4.3.1). Der Einsatz des Striegels führte in beiden Jahren nach Luzerne-Klee gras zu einer signifikanten Reduktion der Anzahl blühender Pflanzen. Die Bodenbearbeitung hatte keinen nachweisbaren Effekt auf die Anzahl blühender Pflanzen.

### 4.3.2 Anzahl blühender Pflanzen einzelner Arten

Blühende Individuen von insgesamt 30 Arten konnten während der Anbauperiode erfasst werden (Tab.8.2.2). Die Arten *Apera spica-venti*, *Matricaria recutita*, *Stellaria media*, *Veronica hederifolia* und *Veronica persica* erreichten im Erhebungszeitraum das Blütenstadium mit mehr als 10 Individuen/m<sup>2</sup>. Diese Arten sind in Tabelle 4.3.1 dargestellt. Die Werte aller weiteren Arten befinden sich im Anhang (Tab. 8.2.2).

**Tab. 4.3.1: Dichte blühender Pflanzen/m<sup>2</sup>. Mittelwerte aus den Erhebungen zum Gesamtauflauf der Jahre 2001 und 2002. Ø = Mittelwert aller Kulturen.**

Art	Diasporen/ Pflanze*	Sommerweizen nach Kartoffel	Sommerweizen nach LKG	Winterweizen nach Kartoffel	Winterweizen nach LKG	Ø
<i>Apera spica-venti</i>	600-2000	–	–	23,3	25,0	12,1
<i>Galium aparine</i>	300-400	–	20,0	7,5	3,3	7,7
<i>Matricaria recutita</i>	5000	2,5	20,0	15,8	24,2	15,6
<i>Stellaria media</i>	15000	26,7	19,2	17,5	1,7	16,3
<i>Veronica hederifolia</i>	200	0,8	–	34,2	7,5	10,6
<i>Veronica persica</i>	50-100	10,0	55,8	0,8	1,7	17,1
Alle Arten		53,3	141,7	154,2	83,3	108,1

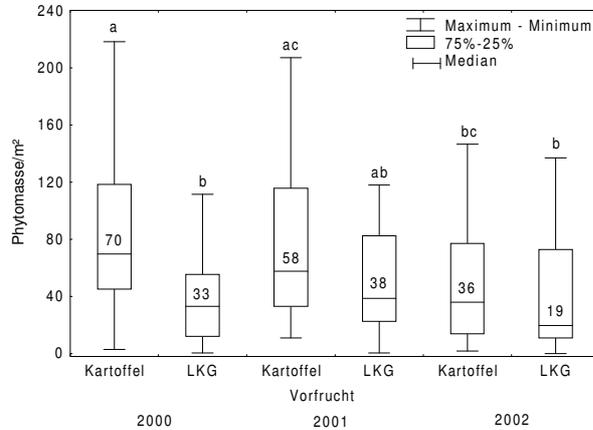
\*Anzahl der Diasporen/Pflanze aus HANF (1999) und KÄSTNER et al. (2001).

Die höchste Dichte an blühenden Individuen wurde in Winterweizenbeständen mit 24,2 Individuen von *Apera spica-venti* erfasst. Diese Art kam als Winterkeimer allerdings nur in Winterweizen vor. Deutlich höhere Dichten blühender Individuen in Sommerweizen als in Winterweizen wies *Veronica persica* auf. Die Arten *Matricaria recutita*, *Stellaria media* und

*Veronica hederifolia* zeigten keine konsistenten Reaktionen auf die angebaute Kulturart oder Vorfrucht.

### 4.3.3 Oberirdische Phytomasse

In Abbildung 4.3.2 ist die Phytomasse der Wildpflanzen in g/m<sup>2</sup> kurz vor der Ernte dargestellt.



**Abb. 4.3.2: Phytomasse von Ackerwildpflanzen in Weizen. Aufnahmen der Jahre 2000 bis 2002 (N=144). Signifikante Unterschiede zwischen den Flächen (LSD-Test) sind durch verschiedene Buchstaben gekennzeichnet.**

Die Ackerwildpflanzen produzierten vor der Ernte durchschnittlich eine Phytomasse von 42 g/m<sup>2</sup> in der Weizenkultur. Mit der Varianzanalyse wurde weder ein Einfluss der Vegetationsperiode, noch der Bearbeitungsvariante oder dem Striegeleinsatz nachgewiesen. Die Phytomasse wies mit Ausnahme der Aufnahmen im Jahr 2000 nach verschiedenen Vorfrüchten keine signifikanten Unterschiede auf.

## 4.4 Beziehungen zwischen Diasporenbank und Vegetation im Bestand

### 4.4.1 Prozentualer Auflauf im Frühjahr vor der Regulierung

Der prozentuale Auflauf im Frühjahr stellt das Verhältnis der im Frühjahr, vor dem Striegeln, aufgelaufenen Individuen zum Diasporenpotenzial des Bodens dar.

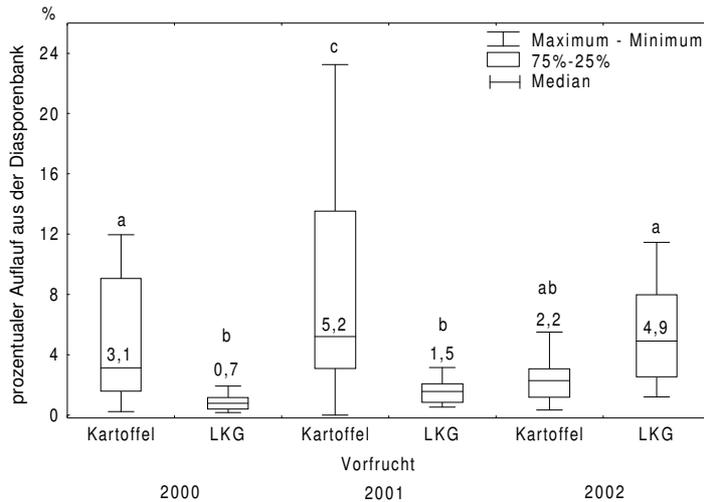
Die Varianzanalyse nach Kruskal-Wallis wies signifikante Einflüsse auf den prozentualen Auflauf durch das untersuchte Jahr und die Vorfrucht aus (Tab. 4.4.1).

**Tab. 4.4.1: H-Werte der Varianzanalyse nach Kruskal-Wallis des prozentualen Auflaufs im Frühjahr. FG = Freiheitsgrade, Signifikanzniveau  $p < 0,01$  \*\*,  $p < 0,05$ \*, n.s. nicht signifikant**

Faktor	FG	H	p
Vorfrucht	1	10,8	**
Jahr	2	11,4	**
Bodenbearbeitung	1	0,5	n.s.

Nach Luzerne-Kleegras war der prozentuale Auflauf aus der Diasporenbank in den Jahren 2000 und 2001 niedriger als nach Kartoffelanbau. Im Jahr 2002 wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Flächen mit verschiedener Vorfrucht ermittelt. Im Jahr 2000 wurden niedrigere Auflaufquoten erfasst als in den folgenden Untersuchungsjahren. Die Bearbeitung hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Höhe des prozentualen Auflaufs.

Im Mittel aller Aufnahmen liefen im Frühjahr 4,5 % (Median 2,3 %) der Diasporen auf (Tab. 4.4.2).



**Abb. 4.4.1: Prozentualer Auflauf aus der Diasporenbank im Frühjahr. Aufnahmen der Jahre 2000-2002 in Weizen. Signifikante Unterschiede (Man-Whitney U-Test) zwischen den Aufnahmen werden durch verschiedene Buchstaben angezeigt.**

Die geringsten Werte wurden im Jahr 2000 nach Luzerne-Klee grasanbau erhoben. Die höchsten Werte wurden in Sommerweizen nach Kartoffelanbau im Jahr 2001 erfasst. In dieser Variante liefen maximal 24 % der im Boden vorhandenen Diasporen auf.

**Tab. 4.4.2 Prozentualer Auflauf der Ackerwildpflanzen in Weizen vor der Regulierung im Frühjahr und Korrelationskoeffizient r zwischen Diasporenbank und Individuendichte. Signifikanzniveau  $p < 0,01$  \*\*,  $p < 0,05$  \*, n.s. nicht signifikant. Stabw = Standardabweichung.**

Jahr	Kultur	Vorfrucht	Diasporen/m <sup>2</sup>	Prozentualer Auflauf aus der Diasporenbank			Spearman r Diasporen vs. Pflanzen im Bestand	p
			Mittelwert	Median	Mittelwert	Stabw		
2000	Winterweizen	Kartoffel	6547	3,10	5,53	5,52	0,34	n.s.
		Luzerne-Klee gras	17705	0,74	0,88	0,72	0,56	**
2001	Sommerweizen	Kartoffel	9525	5,17	10,35	12,94	0,08	n.s.
		Luzerne-Klee gras	21138	1,51	1,52	0,75	0,61	**
2002	Winterweizen	Kartoffel	9299	2,23	2,41	1,61	0,61	**
		Luzerne-Klee gras	4934	4,88	5,48	3,04	-0,115	n.s.
Alle Aufnahmen			11444	2,34	4,49	6,78	0,166.	n.s

Die Korrelationen zwischen Diasporenbankdichte und Individuendichte im Frühjahr waren in allen drei untersuchten Jahren jeweils in der Variante mit den höheren Diasporendichten signifikant und die Koeffizienten betragen 0,56 und 0,61. In diesen Fällen erklärte die Diasporendichte 36 % der Variation der Auflaufraten.

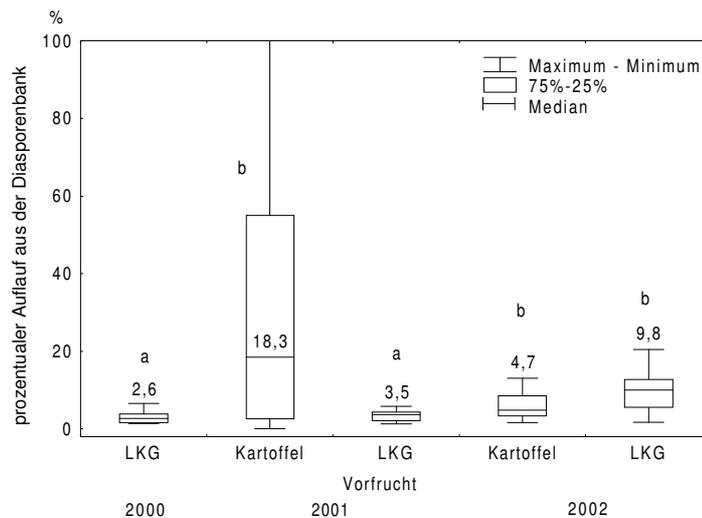
#### 4.4.2 Prozentualer Auflauf über die gesamte Vegetationsperiode

Das Verhältnis aller Individuen, die innerhalb einer Vegetationsperiode aufkamen, zum Diasporenpotenzial wird durch den prozentualen Auflauf über die gesamte Vegetationsperiode dargestellt. Im Jahr 2000 konnte der Gesamtauflauf nur auf der Fläche mit Winterweizenanbau nach der Vorfrucht Luzerne-Klee gras erhoben werden. Wie schon beim Frühjahrsauflauf wirkten sich nur die Vorfrucht und die untersuchte Vegetationsperiode signifikant auf den Gesamtauflauf aus (Tab 4.4.3). Die Regulierungsmaßnahmen hatten keinen Einfluss auf den prozentualen Auflauf.

**Tab. 4.4.3: H-Werte der Varianzanalyse nach Kruskal-Wallis des prozentualen Gesamtaufbaus. FG = Freiheitsgrade, Signifikanzniveau  $p < 0,01$  \*\*,  $p < 0,05$ \*, n.s. nicht signifikant**

Faktor	FG	H	p
Vorfrucht	1	4,8	*
Jahr	2	24,0	**
Bodenbearbeitung	1	0,5	n.s.
Regulierung	1	1,2	n.s.

Die Aufnahmen der Parzellen mit und ohne Striegeleinsatz werden daher zusammengefasst dargestellt (Abb. 4.4.2). Auch die Bearbeitung wirkte sich nicht differenzierend auf die Höhe des prozentualen Aufbaus aus.

**Abb. 4.4.2: Prozentualer Aufbau aus der Diasporenbank über die gesamte Vegetationsperiode. Aufnahmen der Jahre 2000-2002 in Weizen. Signifikante Unterschiede (Mann-Whitney U-Test) zwischen den Aufnahmen werden durch verschiedene Buchstaben angezeigt.**

Im Mittel aller Aufnahmen keimten innerhalb einer Vegetationsperiode insgesamt 9,0 % (Median 4,2 %) der Diasporen im Boden und liefen in Winterweizen auf (Tab. 4.4.4). Im Jahr 2001 wurde der größte Anteil in der Fruchtfolge nach Kartoffel ermittelt. Dieser war signifikant höher als der in der Fruchtfolge nach Luzerne-Klee gras. Im darauffolgenden Jahr unterschieden sich die Weizenflächen nicht signifikant in der Höhe des prozentualen Aufbaus.

**Tab. 4.4.4 Prozentualer Gesamtaufbau aus der Diasporenbank in Weizen über die Vegetationsperiode und Korrelationskoeffizient  $r$  zwischen Diasporenbank und Individuendichte. Signifikanzniveau  $p < 0,01$  \*\*,  $p < 0,05$ \*, n.s. nicht signifikant. Stabw = Standardabweichung.**

Jahr	Kultur	Vorfrucht	Diasporen/m <sup>2</sup> Mittelwert	Prozentualer Aufbau aus der Diasporenbank			Spearman $r$ Diasporen vs. Individuen im Bestand	p
				Median	Mittelwert	Stabw		
2000	Winterweizen	Luzerne-Klee gras	17705	2,55	2,89	1,70	0,691	**
2001	Sommerweizen	Kartoffel	9525	18,32	32,42	37,98	-0,147	n.s.
		Luzerne-Klee gras	21138	3,52	3,30	1,38	0,660	**
2002	Winterweizen	Kartoffel	9299	4,68	6,65	5,28	0,386	n.s.
		Luzerne-Klee gras	4934	9,81	9,23	4,40	-0,007	n.s.
Alle Aufnahmen			11444	4,23	8,98	16,02	0,237	*

Im Vergleich zum Fröhjahrsauflauf verbesserte sich die Korrelation zwischen Diasporenbank und Individuendichte, wenn der Gesamtauflauf innerhalb einer Vegetationsperiode berücksichtigt wurde. Die Korrelationskoeffizienten der signifikanten Korrelationen lagen bei 0,69 und 0,66. In diesen Fällen erklärte die Diasporenbankdichte 48 % bzw. 44 % der Variation des prozentualen Auflaufs

#### 4.4.3 Prozentualer Auflauf einzelner Arten

Die Arten der Ackerwildpflanzenvegetation unterschieden sich hinsichtlich ihres prozentualen Auflaufs aus der Diasporenbank. In diesem Kapitel werden daher die Werte für den prozentualen Auflauf der wichtigsten Arten dargestellt (Tab. 4.4.5). Es wurden solche Arten ausgewählt, die sowohl in der Diasporenbankanalyse als auch bei der Untersuchung der oberirdischen Vegetation mit hoher Abundanz und Frequenz vorkamen, d.h. einen hohen Wertigkeitsindex aufwiesen. Dies traf für die Arten *Galium aparine*, *Matricaria recutita*, *Stellaria media* und *Veronica persica* zu.

**Tab. 4.4.5** Prozentualer Auflauf einzelner Arten aus der Diasporenbank im Fröhjahr. Mittelwerte der Aufnahmen 2000-2002. r = Korrelationskoeffizient der Spearman Rangkorrelation ( $p < 0,05$ ) Diasporenbank vs. Individuen im Fröhjahr. n.s. Korrelation nicht signifikant, m.d. zu wenig Daten. LKG = Luzerne-Klee gras.

Kultur	Vorfrucht	Bearbeitung	<i>Galium aparine</i>		<i>Matricaria recutita</i>		<i>Stellaria media</i>		<i>Veronica persica</i>	
			%	r	%	r	%	r	%	r
Winterweizen	Kartoffel	reduziert	5,6	n.s.	4,2	-0,48	9,3	n.s.	0,8	n.s.
		Pflug	4,0	n.s.	17,3	0,65	1,6	0,8	0,0	0,40
	LKG	reduziert	2,0	0,45	11,9	-0,45	0,9	n.s.	0,1	n.s.
		Pflug	3,2	0,49	11,4	n.s.	0,1	n.s.	0,4	n.s.
Sommerweizen	Kartoffel	reduziert	4,7	n.s.	1,2	n.s.	28,8	n.s.	4,4	n.s.
		Pflug	0,0	m.d.	9,3	n.s.	39,9	n.s.	7,1	n.s.
	LKG	reduziert	5,0	n.s.	3,2	n.s.	1,1	n.s.	3,4	n.s.
		Pflug	2,8	n.s.	2,0	n.s.	0,2	n.s.	0,7	n.s.
Alle Aufnahmen			3,9	0,25	8,5	n.s.	6,3	0,18	1,4	n.s.

Im Mittel aller Aufnahmen betrug der prozentuale Auflauf im Fröhjahr für *Veronica persica* 1,4 %, *Galium aparine* 3,9 % und *Stellaria media* 6,3 % der Diasporenbankdichte. *Matricaria recutita* wies mit einer Auflauftrate von 8,5 % den höchsten Wert auf. Je nach Vorfrucht und Bearbeitung variierten die Werte des prozentualen Auflaufs zum Teil erheblich. Für *Stellaria media* lagen die ermittelten Werte zwischen 0,1 % in Winterweizen nach Luzerne-Klee gras in der Pflugvariante und 39,9 % in Sommerweizen nach Kartoffelanbau in der Pflugvariante. Signifikante Korrelationen zwischen Diasporenbank und Individuendichte im Fröhjahr wurden für die Arten *Galium aparine* und *Stellaria media* ermittelt. Die Korrelationskoeffizienten von 0,25 für *Galium aparine* und 0,18 für *Stellaria media* wiesen jedoch auf einen schwachen Zusammenhang hin.

Der prozentuale Auflauf aus der Diasporenbank über die gesamte Vegetationsperiode betrug im Mittel aller Aufnahmen 1,8 % für *Veronica persica*, 5,1 % für *Galium aparine*, 8,9 % für *Matricaria recutita* und 13,0 % für *Stellaria media*. In den einzelnen Varianten wichen die Werte teilweise jedoch stark von diesem Mittel ab. In Sommerweizen nach Kartoffeln konnten beispielsweise bei Bearbeitung mit dem Pflug bis zu 54,5 % aller Diasporen keimen und sich etablieren.

**Tab. 4.4.6** Prozentualer Auflauf einzelner Arten aus der Diasporenbank über die gesamte Vegetationsperiode. Mittelwerte der Aufnahmen 2000-2002.  $r$  = Korrelationskoeffizient der Spearman Rangkorrelation Diasporenbank vs. Gesamtindividuen, n.s. Korrelation nicht signifikant, m.d. zu wenig Daten. LKG = Luzerne-Klee gras.

Kultur	Vorfrucht	Bearbeitung	<i>Galium aparine</i>		<i>Matricaria recutita</i>		<i>Stellaria media</i>		<i>Veronica persica</i>	
			%	r	%	r	%	r	%	r
Winterweizen	Kartoffel	reduziert	5,7	n.s.	4,7	-0,48	29,2	n.s.	0,2	n.s.
		Pflug	7,5	n.s.	8,0	0,65	4,2	n.s.	1,7	n.s.
	LKG	reduziert	2,6	0,61	14,5	-0,45	3,5	0,50	0,7	0,65
		Pflug	3,9	0,58	13,3	n.s.	2,7	n.s.	1,2	n.s.
Sommerweizen	Kartoffel	reduziert	7,8	n.s.	2,7	n.s.	30,6	0,6	0,2	n.s.
		Pflug	0,0	m.d.	9,3	n.s.	54,5	n.s.	6,9	-0,66
	LKG	reduziert	5,9	n.s.	3,2	n.s.	1,4	n.s.	3,8	n.s.
		Pflug	5,7	n.s.	6,4	n.s.	16,6	n.s.	2,6	n.s.
Alle Aufnahmen			5,1	0,48	8,9	0,20	13,0	n.s.	1,8	0,46

#### 4.4.4 Artenzusammensetzung von Diasporenbank und Vegetation im Bestand

Der Ähnlichkeits-Index zwischen der Diasporenbank und der Keimlingspopulation im Frühjahr bzw. der Gesamtindividuedichte einer Vegetationsperiode ist in Tabelle 4.4.7 dargestellt.

**Tab. 4.4.7:** Vergleich der Artenzusammensetzung von Diasporenbank und oberirdischer Vegetation (Sørensen-Index)

	Keimlingspopulationen im Frühjahr	Gesamtauflauf einer Vegetationsperiode
reduziert	58,2	80,8
Pflug	68,6	80,0

Im Frühjahr war eine bessere Übereinstimmung in der Artenausstattung von Diasporenbank und oberirdischer Vegetation in der Variante Pflug gegeben. Über die gesamte Vegetationsperiode betrachtet, stimmte die Artenzusammensetzung der oberirdischen Vegetation in der Variante mit reduzierter Bodenbearbeitung geringfügig besser mit der Diasporenbank überein. Die Übereinstimmung der Artenzusammensetzung von Diasporenbank und Keimlingspopulationen im Frühjahr betragen 58,2 % bei reduzierter Bodenbearbeitung und 68,6 % bei jährlicher Bearbeitung mit dem Pflug. Der Vergleich der Artenzusammensetzung der Diasporenbank mit der des Gesamtauflaufs wies Übereinstimmungen von 80,8 % bei reduzierter Bodenbearbeitung und 80,0 % in der Bearbeitungsvariante Pflug auf.

#### 4.4.5 Beziehungen zwischen den populationsbiologischen Parametern

Ob und wie stark die untersuchten populationsbiologischen Parameter (Diasporenbank, Individuedichte vor der Regulierung, Individuedichte vor der Ernte, oberirdische Phytomasse, Gesamtindividuedichte und Gesamtzahl blühender Pflanzen) der Ackerwildpflanzenvegetation untereinander in Beziehung stehen, wird durch die Rangkorrelation dargestellt (Tab. 4.4.8).

Alle Lebensphasen der oberirdischen Vegetation standen untereinander in Beziehung. Der stärkste Zusammenhang bestand zwischen der Individuedichte vor der Ernte und der Gesamtindividuedichte einer Vegetationsperiode. Die Phytomasse war positiv mit der Individuedichte vor der Ernte und der Gesamtzahl der blühenden Individuen korreliert. Die

Anzahl blühender Individuen korrelierte am besten mit der Gesamtzahl aller aufgelaufenen Individuen.

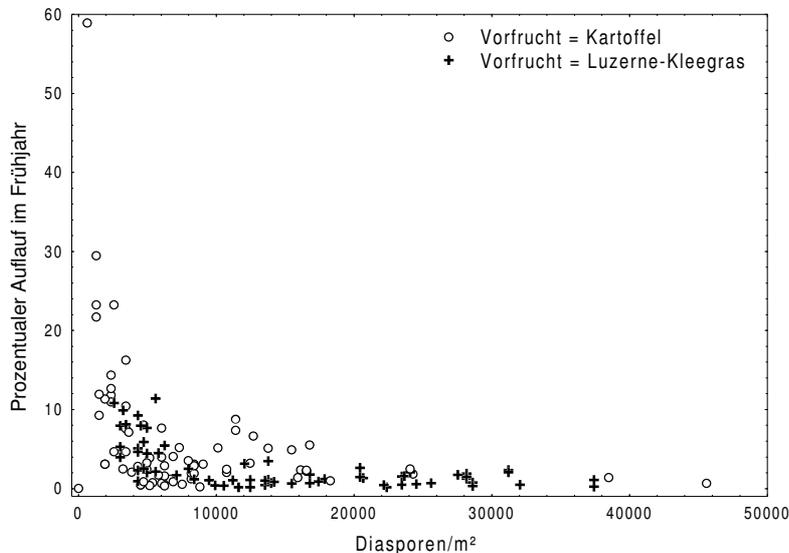
**Tab. 4.4.8: Korrelationsmatrix der Rangkorrelation nach Spearman ( $p < 0,05$ ) zwischen den Lebensphasen der Ackerwildpflanzenv egetation. Aufnahmen der Jahre 1999 bis 2002 im organischen Anbausystem (N=138). n.s. = nicht signifikant.**

	A Individuendichte vor der Regulierung	B Individuendichte vor der Ernte	C Phytomasse	D Gesamt individuendichte	E Gesamtzahl blühender Pflanzen
Diasporendichte *	n.s.	0,22	n.s.	0,24	0,27
A		0,53	0,28	0,78	0,40
B			0,60	0,86	0,38
C				0,49	0,38
D					0,62

\* = vor der Vegetationsperiode

Zwischen der Diasporenbank und der oberirdischen Vegetation bestanden positive Korrelationen mit der Individuendichte vor der Ernte und der Gesamtindividuendichte. Die Individuendichte im Frühjahr korrelierte dagegen nicht signifikant mit dem Diasporenpotenzial.

Die Diasporenbankdichte und der daraus resultierende prozentuale Auflauf im Frühjahr ist in Abb. 4.4.3 dargestellt.



**Abb. 4.4.3: Prozentualer Auflauf im Frühjahr in Abhängigkeit von der Diasporendichte. Aufnahmen aller Flächen bei organischem Anbau.**

Bei Diasporendichten über 5000 Diasporen/m<sup>2</sup> sank der prozentuale Auflauf unter 10 % der Diasporenbankdichte. Mit abnehmender Diasporendichte wurden zunehmende Auflaufraten ermittelt.

## 5 Diskussion

### 5.1 Populationsdynamik im integrierten Anbausystem

#### 5.1.1 Einfluss reduzierter Bodenbearbeitung auf die Lebensphasen der Ackerwildpflanzen

##### 5.1.1.1 Übersicht von Untersuchungen zum Einfluss reduzierter Bodenbearbeitung auf die Populationsdynamik von Ackerwildpflanzen im Vergleich zur Bodenbearbeitung mit dem Pflug

Die Reaktionen der Wildpflanzenvegetation auf die in den FAM-Versuchsflächen untersuchten Formen reduzierter Bodenbearbeitung (minimal, Rotogrubber) sind in Tabelle 5.1.1 im Vergleich zur Bearbeitung mit dem Pflug klassifiziert.

**Tab. 5.1.1: Reaktion der Wildpflanzenvegetation bei reduzierter Bodenbearbeitung (minimal, Rotogrubber) im Vergleich zur Bearbeitung mit dem Pflug. Signifikante ( $p < 0,05$ ) Unterschiede: +: Anstieg, ++: starker Anstieg, -: Abnahme; ^: Anreicherung an der Bodenoberfläche; ^^: starke Anreicherung an der Bodenoberfläche; =: kein Unterschied**

	minimal	Rotogrubber
Diasporenbank		
- Diasporendichte	+	+
- Vertikale Verteilung	^^	^
- Artendichte	+	+
- Evenness	-	-
- Mittleres Samengewicht	-	+
- Longevity-Index	+	+
Vegetation im Bestand		
- Individuendichte vor Herbizidanwendung	+	+
- Individuendichte vor der Ernte	++	+
- Gesamtindividuendichte	++	+
- Blühende Individuen	+	+
- oberirdische Phytomasse vor der Ernte	++	+
- Artendichte	+	+
- Evenness	-	-
Beziehung zwischen Diasporenbank und Vegetation im Bestand		
- Prozentualer Auflauf im Frühjahr	+	=
- Prozentualer Gesamtaufbau	++	+
- Ähnlichkeit der Artenzusammensetzung von Diasporenbank und Vegetation im Bestand	+	++

Die Auswirkungen der reduzierten Bodenbearbeitung auf die Diasporendichte, die vertikale Verteilung der Diasporen im Boden und die Artenzusammensetzung der Diasporenbank wurden in zahlreichen Veröffentlichungen in Europa und v.a. Nordamerika dargestellt. Tabelle 5.1.2 gibt einen Überblick der Ergebnisse der Untersuchungen, die mit der eigenen Untersuchung vergleichbar sind. Der Einfluss der verschiedenen Arten reduzierter Bodenbearbeitung auf die Diasporendichte und vertikale Verteilung, auf die Artenzahl und Diversität der Diasporenbank und auf einzelne Artengruppierungen und Arten wird gekennzeichnet. Die zur Bodenbearbeitung eingesetzten Geräte und die Bearbeitungstiefe sind aufgeführt, soweit sie angegeben wurden.

**Tab. 5.1.2: Untersuchungen zum Diasporengleichgewicht von Ackerböden unter dem Einfluss reduzierter Bodenbearbeitung. Daten aus Tabellen und Grafiken der Veröffentlichungen. +: Zunahme, -: Abnahme, =: kein Einfluss, ^ = Konzentration an der Bodenoberfläche**

Quelle	Angebaute Kultur/ Unkrautkontrolle	Art und Tiefe der Bodenbearbeitung*	Diasporendichte	Artenzahl	Auswirkung reduzierter Bodenbearbeitung auf				
					Dichte	Vertikale Verteilung	Artenzahl/ Diversität	Artengruppen	Arten
<b>SPRENGER eigene Untersuchung</b>	Winterweizen Kartoffel Mais mit	Pflug 20 cm Grubber 15 cm Direktsaat	1075/m <sup>2</sup> 5052/m <sup>2</sup> 6020/m <sup>2</sup>	42 57 59 gesamt 75	+	^	+ Evenness -		<i>Chenopodium album</i> + <i>Epilobium ciliatum</i> + <i>Galium aparine</i> + <i>Matricaria recutita</i> + <i>Poa annua</i> +
<b>ALBRECHT 2004</b>	Winterweizen Kartoffel Mais mit	Grubber 10 cm	3000/m <sup>2</sup>		=			Annuelle -	<i>Anthemis arvensis</i> + <i>Apera spica-venti</i> - <i>Aphanes arvensis</i> - <i>Cirsium arvense</i> + <i>Epilobium ciliatum</i> + <i>Juncus bufonius</i> - <i>Poa annua</i> + <i>Poa trivialis</i> + <i>Stellaria media</i> + <i>Veronica persica</i> +
<b>AMANN 1991</b>	Winterweizen ohne	Pflug 20 cm Fräse 5-6 cm	4613/m <sup>2</sup> 9564/m <sup>2</sup>	46	+	^			<i>Alopecurus myosuroides</i> + <i>Stellaria media</i> + andere Arten =
<b>BALL 1992</b>	Mais mit	Pflug Grubber	230/m <sup>2</sup> 1110/m <sup>2</sup>		+	^			
<b>BARBERI &amp; CASCIO 2001</b>	Winterweizen Bohnen mit	Pflug 45 cm Grubber 45 cm Rotoregge 15 cm Direktsaat	60142/m <sup>2</sup> 60142/m <sup>2</sup> 60142/m <sup>2</sup> 93935/m <sup>2</sup>	gesamt 79 Ø 19,8 - 21,3	=	^	=		<i>Amaranthus retroflexus</i> + <i>Conyza canadensis</i> +
<b>CARDINA et al. 1991</b>	Mais mit	Pflug 25 cm Grubber Direktsaat	400/m <sup>2</sup> 4800/m <sup>2</sup> 8400/m <sup>2</sup>	6,2 8,4 11,3 Gesamt 39	+	^	+ +	Perenne +	<i>C. album</i> +
<b>CARDINA et al. 1998</b>		Pflug 25 cm Grubber Direktsaat	420/m <sup>2</sup> 780/m <sup>2</sup> 1440/m <sup>2</sup>	3,3 4,8 5,4	+		+ =		
<b>CARDINA et al. 2002</b>	Mais mit	Pflug 20-25 cm Grubber Direktsaat	2360/m <sup>2</sup> 5670/m <sup>2</sup> 26850/m <sup>2</sup>	45 - 47	+	^			

Quelle	Angebaute Kultur/ Unkrautkontrolle	Art und Tiefe der Bodenbearbeitung*	Diasporendichte	Artenzahl	Auswirkung reduzierter Bodenbearbeitung auf				
					Dichte	Vertikale Verteilung	Artenzahl/ Diversität	Artengruppen	Arten
<b>CLEMENTS et al. 1996</b>	Mais Soja mit	Pflug Grubber Direktsaat	2667/m <sup>2</sup> 1700/m <sup>2</sup> 1000/m <sup>2</sup>	12	-	^	+	Perenne +	<i>C. album</i> -
<b>FELDMAN et al. 1997</b>	Weizen	Pflug Scheibenegge Grubber Direktsaat	15770/m <sup>2</sup> 22815/m <sup>2</sup> 58932/m <sup>2</sup> 102179/m <sup>2</sup>		+	^	+		
<b>FELIX &amp; OWEN 2001</b>	Mais Soja ohne	Pflug Direktsaat	∅ 90445/m <sup>2</sup>	13	=		= =		
<b>FROUD-WILLIAMS et al. 1983 b</b>	Winterweizen mit	Pflug 20 cm Direktsaat	832/m <sup>2</sup> 1748/m <sup>2</sup>	7 14	+	=	+		
<b>HOFFMAN et al. 1998</b>	Mais Soja mit	Pflug Grubber Direktsaat	500/kg Boden 8000/kg Boden 1200/kg Boden	7	=	^			<i>Setaria</i> spp. +
<b>KNAB 1988</b>	Winterweizen Hafer	Pflug 22 cm Schichtengrubber 22 cm & Rotoregge 10 cm	6760/m <sup>2</sup> 13700/m <sup>2</sup>	40	+	=		Annuelle + Monokotyle + Perenne +	<i>A. myosuroides</i> + <i>A. spica venti</i> + <i>C. album</i> - <i>F. convolvulus</i> - <i>Galium aparine</i> + <i>Matricaria recutita</i> + <i>Stellaria media</i> + <i>Vicia</i> spp. + <i>V. hederifolia</i> -
<b>LACKO-BARTOSOVA et al. 2000</b>	7-gliedrige Fruchtfolge	Pflug 24 cm Grubber 15 cm	9016/m <sup>2</sup> 10557/m <sup>2</sup>	22	=	=	=		
<b>MAYOR &amp; MAILLARD 1995</b>	Winterraps Winterweizen Mais	Pflug 25 cm Grubber 30 cm Kultivator 15 cm Zinkenrotor 10 cm	8620/m <sup>2</sup> 5340/m <sup>2</sup> 5670/m <sup>2</sup> 10100/m <sup>2</sup> ∅ 8000/m <sup>2</sup>	25 21 23 28	=		+	Perenne +	<i>C. arvense</i> + <i>Elymus repens</i> + <i>E. arvensis</i> + <i>F. convolvulus</i> +
<b>MENALLED et al. 2001</b>	Mais Soja Weizen mit	Pflug Direktsaat	7000/m <sup>2</sup> 9000/m <sup>2</sup>	5/m <sup>2</sup> 4,5/m <sup>2</sup>	+		-		
<b>MULUGETA &amp; STOLTENBERG 1997</b>	Mais Soja ohne	Pflug 20 cm Grubber Direktsaat	55200/m <sup>2</sup> 26200/m <sup>2</sup> 51400/m <sup>2</sup>	17	-	^			<i>C. album</i> +

Quelle	Angebaute Kultur/ Unkrautkontrolle	Art und Tiefe der Bodenbearbeitung*	Diasporendichte	Artenzahl	Auswirkung reduzierter Bodenbearbeitung auf				
					Dichte	Vertikale Verteilung	Artenzahl/ Diversität	Artengruppen	Arten
<b>O'DONOVAN &amp; McANDREW 2000</b>	Gerste	4 Bearbeitungsgänge 3 Bearbeitungsgänge 1 Bearbeitungsgang Direktsaat		8	+	^		Winterannuelle +	<i>C. bursa-pastoris</i> + <i>C. album</i> + <i>F. convolvulus</i> + <i>Thlaspi arvense</i> +
<b>PAREJA et al. 1985</b>	Mais Soja	Pflug 20 cm Direktsaat			+	^			
<b>STARICKA et al. 1990</b>	Mais Soja mit	Pflug 30 cm Grubber 10 cm				^			
<b>SWANTON et al. 2000</b>	Winterweizen Mais Soja mit	Pflug 15 cm Grubber 15 cm Direktsaat			-	^			
<b>TOMASONI et al. 2003</b>			21000/m <sup>2</sup>	28					
<b>TØRRESEN &amp; SKUTERUD 2002</b>			5012/m <sup>2</sup> - 21029/m <sup>2</sup>		+	^		Bienne + Winter-annuelle + Monokotyle + Dikotyle +	<i>Poa annua</i> + <i>Stellaria media</i> =
<b>YENISH et al. 1992</b>	Mais Soja mit	Pflug 25 cm Grubber 35 cm Direktsaat	110000/m <sup>2</sup> 183000/m <sup>2</sup> 175000/m <sup>2</sup>		+	^			

\* Pflug: wendende Bodenbearbeitung  
Grubber, Zinkenrotor, Kultivator, Rotoregge: nicht wendende Bodenbearbeitung  
Direktsaat: ohne Bodenbearbeitung

**Tab. 5.1.3: Untersuchungen zu Wildpflanzendichte und Biomasse bei im Vergleich zur Bearbeitung mit dem Pflug reduzierter Bodenbearbeitung.+: höhere Individuendichte, Biomasse oder Assoziation der Art mit reduzierter Bearbeitung, -: niedrigere Dichte oder Biomasse bei reduzierter Bearbeitung oder Assoziation der Art mit Pflugbodenbearbeitung, = keine oder inkonsistente Unterschiede**

Quelle	Gebiet	Kultur	Aufnahmezeitpunkt / Individuendichte/m <sup>2</sup>	Gesamt- artenzahl	Auswirkung reduzierter Bodenbearbeitung auf			
					Individuen- dichte	Biomasse	Artenzahl Diversität	Artengruppen Arten
<b>SPRENGER eigene Untersuchung</b>	GER	Winterweizen Mais Sommerweizen Kartoffel	Vor Herbizid: Pflug (20 cm) 20 Grubber (15 cm) 60 Direktsaat: 80 Vor Ernte: Pflug (20 cm) < 0,01 Grubber (15 cm) 40 Direktsaat: 200 Gesamtauflauf: Pflug (20 cm) 40 Grubber (15 cm) 120 Direktsaat: 370	57      32 48 48	+	+	Artenzahl + Eveness -	Dikotyle + Monokotyle + <i>Chenopodium album</i> + <i>Elymus repens</i> + <i>Galium aparine</i> + <i>Poa annua</i> +
<b>ACCIARESI et al. 2001</b>	ARG	Weizen	Nach Herbizid Pflug (20cm) Direktsaat			+		
<b>ANDERSON 1994</b>	CO USA	Winterweizen Mais	Gesamtauflauf 130 - 1250 Mittel 325	16	+			
<b>ANDERSON et al. 1998</b>	CO USA	Sommerweizen	Vor Herbizid Pflug 62 Direktsaat 292	14	+	(Faktor 5)		<i>Chenopodium album</i> - <i>Sonchus oleraceus</i> -
<b>BACHTHALER 1974</b>	GER	Getreide Mais Zuckerrübe		13-16				Dikotyle annuelle - Monokotyle annuelle + <i>Avena fatua</i> + <i>Elymus repens</i> +
<b>BELDE et al. 2000</b>	GER	Getreide	Vor Herbizid Grubber 89		+	=		Ausdauernde + Monokotyle + Dikotyle - <i>Cirsium arvense</i> + <i>Elymus repens</i> + <i>Epilobium ciliatum</i> + <i>Poa annua</i> + <i>Poa trivialis</i> + <i>Taraxacum officinalis</i> + <i>Veronica persica</i> +

Quelle	Gebiet	Kultur	Aufnahmezeitpunkt / Individuendichte/m <sup>2</sup>		Gesamt- artenzahl	Auswirkung reduzierter Bodenbearbeitung auf			
						Individuen- dichte	Biomasse	Artenzahl Diversität	Artengruppen Arten
<b>BILALIS et al. 2001</b>	GR	Hartweizen Futterwicke Baumwolle Gerste	Pflug 19,6 Grubber 21,6 Direktsaat 27,3		9	-	in Weizen + andere Kulturen -	Artenzahl - Diversität -	Ausdauernde +
<b>BLACKSHAW et al. 2001</b>	CAN	Verschiedene Fruchtfolgen	Pflug 13 Direktsaat 31		22	+			
<b>BOSTRÖM 1999</b>	S	Sommergetreide	Vor Herbizid Pflug 50 Stoppelbearbeitung 75			+	+		
<b>BOSTRÖM &amp; FOGELFORS 1999</b>	S	Sommergetreide	Nach Herbizid		6 - 14		+	Diversität =	<i>Apera spica-venti</i> + <i>Chenopodium album</i> + <i>Galium aparine</i> + <i>Matricaria perforata</i> + <i>Sonchus arvensis</i> +
<b>CARTER et al. 2002</b>	CAN	Mais Roggen	Nach Herbizid 6,7 - 40,9		42	+			Ausdauernde +
<b>DERKSEN et al. 1993</b>	CAN	Verschiedene Fruchtfolgen	Nach Herbizid		55	=			Ausdauernde = Monokotyle Annuelle + Arten mit Windausbreitung +
<b>DERKSEN et al. 1994</b>	CAN	Roggen, Raps, Flachs	Nach Herbizid 10-200			=			Arten mit Windausbreitung +
<b>DERKSEN et al. 1995</b>	CAN	Sommerweizen Sommerroggen Flachs	Vor Herbizid Pflug 2x 572 Pflug 1x 449 Direktsaat 310	36 5,5 8,2 7,5		-		Artenzahl + Eveness =	
<b>FOGELFORS &amp; BOSTRÖM 1998</b>	S	Sommergetreide	Vor Herbizid						Annuelle = <i>Chenopodium album</i> = <i>Cirsium arvense</i> +
<b>FRICK &amp; THOMAS 1992</b>	CAN	Mais, Soja, Winterweizen	Nach Herbizid Pflug 17,0 Grubber 24,7 Direktsaat 31,7		82 6-10 Arten pro Fläche	+		Diversität +	Annuelle + Ausdauernde - <i>Elymus repens</i> + <i>Taraxacum officinale</i> +
<b>FROUD-WILLIAMS et al. 1983 a</b>	UK	Raps, Wintergetreide	Vor Herbizid Pflug (20 cm) 26 Grubber (5 cm) 9,5 Direktsaat 3,2		24 -37	abhängig von dominanten Arten		Artenzahl =	Monokotyle Annuelle + Arten mit Windausbreitung + Ausdauernde + <i>Elymus repens</i> + <i>Poa annua</i> +

Quelle	Gebiet	Kultur	Aufnahmezeitpunkt / Individuendichte/m <sup>2</sup>	Gesamt- artenzahl	Auswirkung reduzierter Bodenbearbeitung auf			
					Individuen- dichte	Biomasse	Artenzahl Diversität	Artengruppen Arten
<b>GEROWITT 2003</b>	GER	Raps, Wintergetreide	Vor Herbizid Pflug 26 Grubber 31	5,5 7,5	+		+	
<b>GILL &amp; ARSHAD 1995</b>	CAN		Nach Herbizid Pflug 2x 78,9 Pflug 1x 116,4 Direktsaat 149,5	5,1 6,3 7,2	+	+	Artenzahl +	Dikotyle – Ausdauernde +
<b>GRUBER et al. 2000</b>	GER	Kleegras, Kartoffel, Sommergerste, Futtererbsen, Wintergetreide, Hafer	Vor Herbizid Pflug Grubber Ø20-100	42	+		Artenzahl +	<i>Apera spica-venti</i> + <i>Chenopodium album</i> + <i>Elymus repens</i> + <i>Stellaria media</i> + <i>Veronica hederifolia</i> +
<b>HUTCHEON et al. 1998</b>	UK	Verschiedene Fruchtfolgen	Im Herbst 100 - 1000					Monokotyle =
<b>KNAB &amp; HURLE 1986</b>	GER	Winterweizen	Vor Herbizid Pflug 127 Grubber 463		+			<i>Alopecurus myosuroides</i> + <i>Matricaria recutita</i> + <i>Stellaria media</i> + <i>Veronica persica</i> +
<b>KOBAYASHI et al. 2003</b>	JAP	Verschiedene Fruchtfolgen		49-50				Ausdauernde + Annuelle = Sommerannuelle Gräser + Arten mit Windausbreitung +
<b>LEGERE &amp; SAMSON 1999</b>	CAN	Roggen	nach Herbizid					Annuelle Monokotyle + <i>Capsella bursa-pastoris</i> + <i>Thlaspi arvense</i> +
<b>LIEBMAN et al. 1996</b>	USA	Kartoffel	Nach Herbizid Pflug (25 cm) 146 Grubber (30 cm) 242		+	+		
<b>McCLOSKEY et al. 1996</b>	UK	Winterweizen		Experimentell 12 Arten	–		Artenzahl – Diversität –	<i>Agrostemma githago</i> + <i>Avena fatua</i> – <i>Bromus sterilis</i> + <i>Galium aparine</i> + <i>Stellaria media</i> – <i>Veronica persica</i> –
<b>MIYAZAWA et al. 2004</b>	JAP	Sommerweizen	Vor Herbizid Pflug (25 cm) Grubber (5 cm)	20	+	+	Artenzahl = Diversität +	

Quelle	Gebiet	Kultur	Aufnahmezeitpunkt / Individuendichte/m <sup>2</sup>	Gesamt- artenzahl	Auswirkung reduzierter Bodenbearbeitung auf			
					Individuen- dichte	Biomasse	Artenzahl Diversität	Artengruppen Arten
<b>MENALLED et al. 2001</b>	USA	Mais, Soja, Weizen	Nach Herbizid Pflug 18,2 Direktsaat 57,8			Biomasse +	Artenzahl + Diversität +	Annuelle Monokotyle +
<b>MULUGETA &amp; STOLTENBERG 1997</b>	USA	Mais, Soja	3, 6, 9 Wochen nach Aussaart	17		Biomasse =		<i>Amaranthus retroflexus</i> <i>Chenopodium album</i> – <i>Setaria viridis</i> +
<b>PALLUT 1999</b>	GER	Getreide	Pflug 383 Grubber 427		+			Dikotyle – <i>Apera spica-venti</i> + <i>Centaurea cyanus</i> + <i>Lamium ssp.</i> – <i>Matricaria ssp.</i> + <i>Stellaria media</i> =
<b>POLLARD &amp; CUSSANS 1981</b>	UK	Wintergetreide	Vor Herbizid Pflug (22cm) 44 Grubber (16cm) 80 Grubber (8cm) 87 Direktsaat 119	30	+			<i>Aphanes arvensis</i> + <i>Cerastium holosteoides</i> + <i>Poa annua</i> + <i>Polygonum aviculare</i> – <i>Matricaria ssp.</i> + <i>Sambucus nigra</i> +
<b>POLLARD et al. 1982</b>	UK	Winterweizen	Nach Bodenherbizid Pflug (22cm) 24,9 Grubber (16cm) 34,6 Grubber (8cm) 21,6 Direktsaat 24,2	25				Dikotyle – <i>Alopecurus myosuroides</i> + <i>Elymus repens</i> + <i>Myosotis arvensis</i> – <i>Polygonum aviculare</i> – <i>Stellaria media</i> – <i>Taraxacum officinalis</i> +
<b>SCHWERDTLE 1977</b>	GER	Getreide, Mais, Ackerbohnen		24				Dikotyle Annuelle – Monokotyle Annuelle + <i>Poa annua</i> in Mais + Ausdauernde +
<b>SHRESTHA et al. 2002</b>	CAN	Winterweizen	Vor Herbizid Pflug (15cm) 36 Direktsaat 36 - 48	23	=	=		Artenzusammensetzung =
<b>SKUTERUD et al. 1996</b>	NOR		22 – 1296	42 Arten im Frühjahr und 62 Arten vor der Ernte	+			Dikotyle + Monokotyle + Winterannuelle + Zweijährige + <i>Polygonum aviculare</i> + <i>Sonchus asper</i> + <i>Spergula arvensis</i> – <i>Thlaspi arvense</i> –

Quelle	Gebiet	Kultur	Aufnahmezeitpunkt / Individuendichte/m <sup>2</sup>	Gesamt- artenzahl	Auswirkung reduzierter Bodenbearbeitung auf			
					Individuen- dichte	Biomasse	Artenzahl Diversität	Artengruppen Arten
<b>STEVENSON et al.1998</b>	CAN	Gerste	Nach Herbizid Pflug (20 cm) Grubber (15 cm)			+		Ausdauernde +
<b>STREIT et al. 2002</b>	CH	Mais	Nach Herbizid Pflug 0-13,1 Grubber 0-4,5 Direktsaat 0-1,0	50	-			Dikotyle annuelle – Monokotyle annuelle + Ausfall – <i>Echinochloa crus-galli</i> + <i>Epilobium ssp.</i> + <i>Gnaphalium uliginosum</i> + <i>Matricaria recutita</i> + <i>Poa annua</i> + <i>Thlaspi arvense</i> +
<b>STREIT et al. 2003</b>	CH	Winterweizen nach Mais  Winterweizen nach Raps	Mit Nachaufpflanzherbizid Pflug (25cm): 0,9 Grubber (15cm): 0,3 Direktsaat: 0  Mit Nachaufpflanzherbizid Pflug (25cm): 0,2 Grubber (15cm): 1,2 Direktsaat: 2,9	36	-  +			<i>Elymus repens</i> – <i>Epilobium ssp.</i> + <i>Galium aparine</i> + <i>Matricaria recutita</i> + <i>Poa annua</i> + <i>Taraxacum officinale</i> +
<b>SWANTON et al. 1999</b>	CAN	Mais	vor Herbizid Pflug 15 cm Direktsaat	23	=			<i>Amaranthus retroflexus</i> – <i>Chenopodium album</i> –
<b>TEASDALE et al. 1991</b>	USA	Mais	nach Herbizid Pflug 150 Direktsaat 291	20	+	-		<i>Chenopodium album</i> –
<b>THOMAS &amp; FRICK 1993</b>	CAN	Mais, Soja, Winterweizen		75				Monokotyle Annuelle + Ausdauernde – <i>Amaranthus retroflexus</i> + <i>Chenopodium album</i> + <i>Taraxacum officinalis</i> +
<b>TØRRESEN &amp; SKUTERUD 2002</b>	NOR	Sommergetreide	Vor Herbizid Pflug (25 cm) 250 Direktsaat 1250		+	+		Sommerannuelle – <i>Chenopodium album</i> – <i>Cirsium arvense</i> + <i>Elymus repens</i> + <i>Galium aparine</i> + <i>Myosotis arvensis</i> + <i>Poa annua</i> + <i>Sonchus asper</i> +

Quelle	Gebiet	Kultur	Aufnahmezeitpunkt / Individuendichte/m <sup>2</sup>	Gesamt- artenzahl	Auswirkung reduzierter Bodenbearbeitung auf			
					Individuen- dichte	Biomasse	Artenzahl Diversität	Artengruppen Arten
<b>TUESCA et al. 2001</b>	ARG	Weizen, Soja	Vor Herbizid Pflug (25 cm) 83 Grubber 52	30	–			Annuelle = Arten mit Windausbreitung + <i>Sonchus oleraceus</i> + <i>Chenopodium album</i> –
<b>VANHALA &amp; PITKÄNEN 1998</b>	FIN	Sommergerste	Vor Herbizid Pflug (25 cm) 130 Pflug (15 cm) 95 Grubber (25 cm) 130 Grubber (15 cm) 90		–			<i>Galium aparine</i> + <i>Lamium purpureum</i> –
<b>WRUCKE &amp; ARNOLD 1985</b>	USA	Mais, Soja	Nach Herbizid Pflug Scheibenegge Direktsaat	15		+		Monokotyle + Dikotyle =
<b>YOUNG et al. 1996</b>	USA	Winterweizen	Vor Herbizid Pflug 19 Grubber 62	>50	+			Dikotyle = Monokotyle +
<b>ZANIN et al. 1997</b>	I	Mais, Soja, Roggen, Winterweizen	Nach Herbizid Pflug (30 cm) Direktsaat	99				Annuelle – Bienne + Geophyten + Hemikryptophyten + Arten mit Windausbreitung + <i>Amaranthus ssp.</i> – <i>Chenopodium album</i> – <i>Echinochloa crus-galli</i> –

\* Pflug: wendende Bodenbearbeitung  
Grubber: nicht wendende Bodenbearbeitung  
Direktsaat: ohne Bodenbearbeitung

Höhere **Diasporendichten** bei reduzierter Bodenbearbeitung wurden in den meisten Untersuchungen (AMANN 1991, BALL 1992, FELDMAN et al. 1997, O'DONOVAN & MCANDREW 2000, CARDINA et al. 2002, TØRRESEN & SKUTERUD 2002) erfasst und für verschiedene Regionen in Europa und Nordamerika beschrieben (Tab. 5.1.2). Einige Autoren konnten keinen Einfluss der Bearbeitung auf die Diasporendichte feststellen (MAYOR & MAILLARD 1995, HOFFMAN et al. 1998, BARBERI & CASCIO 2001, FELIX & OWEN 2001, ALBRECHT 2004) oder ermittelten geringere Diasporengehalte bei reduzierter Bearbeitung (CLEMENTS et al. 1996, MULUGETA & STOLTENBERG 1997, SWANTON et al. 2000).

Die meisten Autoren berichten von einer Anreicherung der Diasporen in der Nähe der Bodenoberfläche, wenn keine wendende Bodenbearbeitung stattfindet. In einigen Untersuchungen waren die Versuche erst seit kurzem angelegt oder die Bodenstruktur wies Risse auf, durch die Diasporen in tiefere Schichten gelangen konnten. In diesen Fällen wurde kein Einfluss der Bearbeitung auf die vertikale Verteilung der Diasporen im Boden festgestellt (KNAB 1988, LACKO-BARTOSOVA et al. 2000).

In Tabelle 5.1.3 sind Ergebnisse aus Untersuchungen zur **Ackerwildpflanzendichte** und deren **Phytomasse** zusammengestellt. Aus der Vielzahl von Arbeiten zu diesem Thema werden solche aufgeführt, die den Schwerpunkt ihrer Untersuchung auf die Auswirkungen reduzierter Bodenbearbeitung auf die Pflanzendichte und Biomasse im Bestand legen.

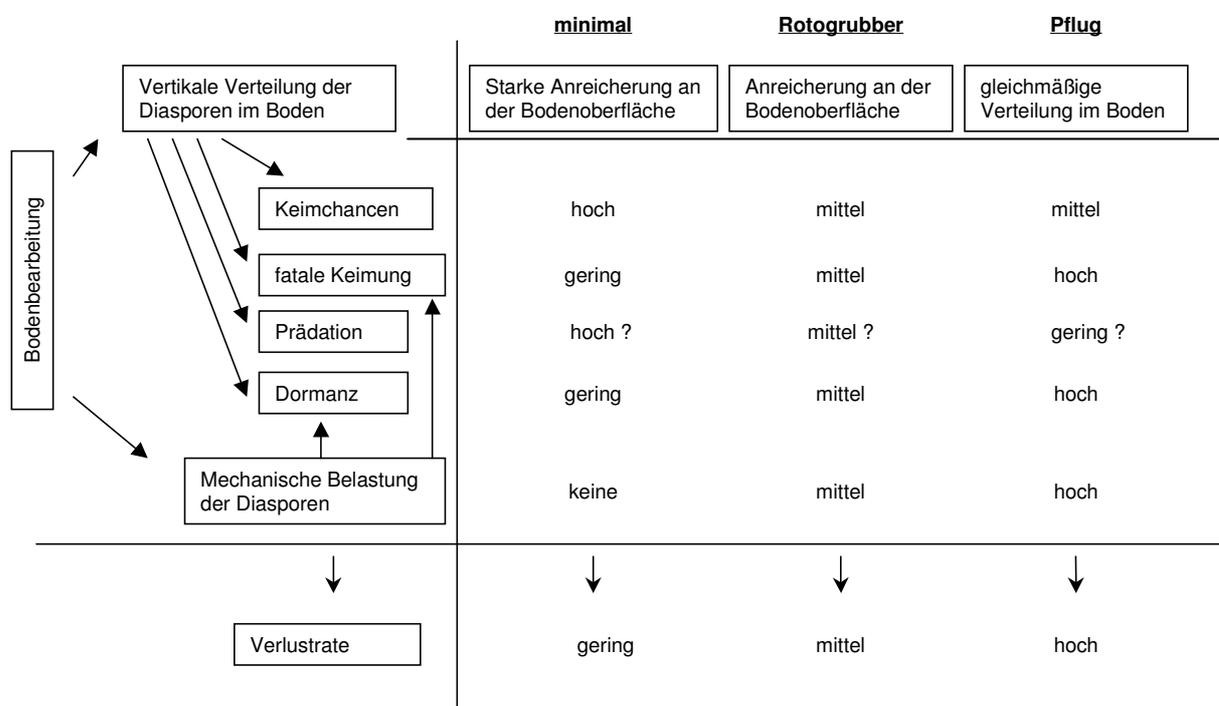
Die beobachteten Pflanzendichten dieser Untersuchungen variieren je nach Untersuchungsregion, Fruchtfolge, angebauter Kulturart und dem Aufnahmezeitpunkt. In einigen Untersuchungen wurden die Keimlingspopulationen vor der Herbizidanwendung (POLLARD & CUSSANS 1981, FROUD-WILLIAMS et al. 1983 a, KNAB & HURLE 1986, ANDERSON et al. 1998, DERKSEN et al. 1995, BOSTRÖM 1999, SWANTON et al. 1999, GRUBER et al. 2000) in anderen die nach der Regulierung verbleibenden Populationen (TEASDALE et al. 1991, FRICK & THOMAS 1992, DERKSEN et al. 1994, STEVENSON et al. 1998, BOSTRÖM & FOGELFORS 1999, LEGERE & SAMSON 1999, MENALLED et al. 2001, CARTER et al. 2002, STREIT et al. 2003) und in einer Untersuchung der Gesamtauflauf innerhalb des Beobachtungszeitraums (ANDERSON 1994) beschrieben. Dabei wurden wie in der vorliegenden Untersuchung maximale Pflanzendichten von über 1000 Individuen/m<sup>2</sup> erhoben (ANDERSON 1994, SKUTERUD et al. 1996, TØRRESEN & SKUTERUD 2002). Die meisten Untersuchungen weisen höhere Individuendichten bei reduzierter Bodenbearbeitung aus (KNAB & HURLE 1986, POLLARD & CUSSANS 1991, TEASDALE et al. 1991, FRICK & THOMAS 1992, SKUTERUD et al. 1996, YOUNG et al. 1996, ANDERSON et al. 1998, BOSTRÖM 1999, GRUBER et al. 2000, BLACKSHAW et al. 2001, CARTER et al. 2002, TØRRESEN 2002). Einige Autoren konnten keinen Einfluss der Bearbeitung auf die Pflanzendichte nachweisen (DERKSEN et al. 1994, SHRESTHA et al. 2002, SWANTON et al. 1999) und andere berichten über geringere Individuendichten bei reduzierter Bearbeitung (DERKSEN et al. 1995, MCCLOSKEY et al. 1996, BILALIS et al. 2001, STREIT et al. 2002 und 2003). Beim Vergleich der Auswirkungen der reduzierten Bodenbearbeitung verschiedener Untersuchungen ist es wichtig festzuhalten, dass das Untersuchungs-

gebiet, die Art der reduzierten Bodenbearbeitung und die Einflüsse des Regulierungsmanagements die Reaktion einzelner Flächen beeinflussen (BUHLER 1995).

### 5.1.1.2 Dichte und vertikale Verteilung der Diasporenbank

Unter den analysierten Faktoren Bodenbearbeitung, Kultur, Vorfrucht und Probejahr der eigenen Untersuchung hatte die Bodenbearbeitung den größten Einfluss auf die Diasporendichte. Bei Bearbeitung mit dem Rotogrubber und minimaler Bodenbearbeitung werden fünf- und sechsfach höhere Diasporendichten erreicht als bei wendender Bearbeitung mit dem Pflug. Diese Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung stimmen mit vielen Untersuchungen, in denen zunehmende Diasporendichten bei reduzierter Bodenbearbeitung erfasst wurden (Tab. 5.1.2), überein.

Die Ergebnisse der Analyse zur Tiefenverteilung der Diasporen zeigen anschaulich den Effekt der verschiedenen Bodenbearbeitungen auf die vertikale Verteilung der Diasporen im Boden. Bei reduzierter Bodenbearbeitung findet eine Akkumulation der Diasporen an der Oberfläche statt; durch wendende Bearbeitung mit dem Pflug wird eine gleichmäßige Verteilung der Diasporen im Bearbeitungshorizont erzielt (Abb. 3.1.4). Dieser Vorgang ist durch andere Untersuchungen (PAREJA et al. 1985, STARICKA et al. 1990, BALL 1992, FELDMAN et al. 1997, O'DONOVAN & MCANDREW 2000) belegt. Das Vergraben der Diasporen ist die Hauptwirkung der Bodenbearbeitung auf die Diasporenbank (GRUNDY & MEAD 1998). Als Grund für die Zunahme der Diasporenbankdichte bei reduzierter Bearbeitung kann daher in erster Linie das Ausbleiben des Vergrabens frischer Diasporen durch die wendende Bearbeitung mit dem Pflug betrachtet werden.



**Abb. 5.1.1: Qualitative Abschätzung des Einflusses der Bodenbearbeitung auf die Diasporenbank. Pfeil = hat Einfluss auf.**

Der Einfluss der Bodenbearbeitung ist in Abb. 5.1.1 schematisch dargestellt. Die Lagerungstiefe der Diasporen im Boden hat Auswirkungen auf ihre Keimfähigkeit. Die

Persistenz der Diasporen im Boden wird durch die Lagerungstiefe folgendermaßen gefördert oder reduziert.

- Während des Pflügens sind die Diasporen einer mechanischen Beeinträchtigung durch die Bewegung im Boden ausgesetzt (KOCH 1969, FELDMAN et al. 1997, BENVENUTI 2003). Durch diese Beeinträchtigung verlieren die Samen ihre Keimfähigkeit oder keimen in einer Tiefe, aus der die Keimlinge nicht die Bodenoberfläche erreichen können und absterben (fatale Keimung). TERPSTRA (1986) beziffert den Anteil der fatalen Keimung auf durchschnittlich 30 % aller gekeimten Samen. In Untersuchungen zur fatalen Keimung bei verschiedenen Ackerwildpflanzen fanden GRUNDY et al. (2003) mit zunehmender Bodentiefe eine Zunahme der Mortalität gekeimter Samen. Die größte Tiefe, aus der ein Samen auflaufen kann, ist dabei abhängig von der Samengröße. Große Samen weisen die Fähigkeit auf, in größerer Tiefe zu keimen und diese Keimlinge können die Oberfläche auch aus größeren Tiefen erreichen als die kleiner Samen (HAKANSSON 2003, S. 162).
- Beim Pflügen werden die Diasporen in größere Bodenaggregate eingeschlossen als bei reduzierter Bodenbearbeitung und können wegen der hohen Feuchtigkeit und geringer Sauerstoffversorgung dort nicht keimen (PAREJA et al. 1985).
- Die Dormanz der Samen wird durch Vergraben gefördert, so dass sie, wenn sie durch erneute wendende Bodenbearbeitung wieder in Oberflächennähe gelangen, unter günstigen Bedingungen keimen und auflaufen können. Die Bodenbearbeitung bewirkt einen Selektionsdruck hin zu persistenten Diasporenbanken (GHERSA & MARTINEZ 2000).
- Die Fähigkeit der Diasporen zum erfolgreichen Auflauf aus unterschiedlichen Bodentiefen ist abhängig von Gewicht und physiologischer Ausstattung der Diasporen und sie ist für jede Art verschieden (WILSON 1988, BENVENUTI et al. 2001).
- Verbleiben die Diasporen bei reduzierter Bodenbearbeitung an oder in der Nähe der Bodenoberfläche haben die Samen bessere Chancen erfolgreich zu keimen und sich als Keimling zu etablieren. Einige Autoren, die höhere Diasporendichten bei reduzierter Bodenbearbeitung feststellten, führen diese auf den verbesserten Keimlingsauflauf aus der an der Oberfläche angereicherten Diasporenbank und den mit erhöhter Individuendichte verbundenen Diasporeneintrag zurück (AMANN 1991, CARDINA et al. 1991).
- Diasporen an oder in der Nähe der Bodenoberfläche sind einem größerem Risiko ausgesetzt, von Edaphon (Bodenorganismen) oder phytophagen Insekten gefressen oder von Pathogenen befallen zu werden (POLLARD & CUSSANS 1981, CLEMENTS et al. 1996, HAKANSSON 2003, S. 194). Dies würde für eine höhere Verlustrate durch Prädation bei reduzierter Bodenbearbeitung sprechen. CARDINA et al. (1996a) und CROMAR et al. (1999) fanden dagegen keinen Einfluss der Bodenbearbeitung auf Verluste von Diasporen durch Prädation und führen diess

darauf zurück, dass Faktoren, welche die Prädation beeinflussen, sich in den Bearbeitungsvarianten gegenseitig aufheben. Beispielsweise könnten die größeren Populationen von samenfressenden Prädatoren in den reduziert bearbeiteten Flächen auch ein ideales Habitat für deren Feinde sein. Ernterückstände in den reduziert bearbeiteten Flächen könnten das Auffinden der Diasporen für die Prädatoren im Vergleich zu den ungeschützt auf der Bodenoberfläche liegenden Diasporen bei Pflugbearbeitung erschweren (CARDINA et al. 1996a).

Die Verluste der Diasporenbank sind aus den oben genannten Gründen nach Untersuchungen verschiedener Autoren in gepflügten Böden größer als in Böden mit geringerer Bearbeitungsintensität (ROBERTS & DAWKINS 1967, ZWERGER 1987, GHERSA & MARTINEZ 2000). FROUD-WILLIAMS et al. (1983 b) wiesen z.B. eine Abnahme der Diasporendichte von 72,4 % in gepflügten Böden nach, bei Direktsaat betrug die Abnahme nur 52,4 % der Diasporendichte. Auch in den Untersuchungen von BALL (1992) waren die Verlustraten bei Pflugbearbeitung höher als bei reduzierter Bodenbearbeitung.

MAYOR & MAILLARD (1995) konnten in ihren Untersuchungen keinen Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Diasporendichten nachweisen und führen dies auf die effektive Unkrautkontrolle durch die Fruchtfolge und den implizierten Wechsel der Herbizidwirkstoffe zurück. Auch auf den Betriebsflächen der FAM Versuchsstation wurde nach der Umstellung auf reduzierte Bodenbearbeitung langfristig kein Anstieg der Diasporendichte verzeichnet. ALBRECHT (2004) begründet dies mit der Anpassung der Herbizidwirkstoffe und der Vorverlegung des Behandlungstermins. In diesen Untersuchungen war der Regulierungserfolg durch Herbizide ausschlaggebend für die Zu- bzw. Abnahmen der Diasporendichte.

Ein höherer prozentualer Auflauf, der in den meisten Untersuchungen bei reduzierter Bodenbearbeitung (Tab. 5.1.7) festgestellt wird, führt zunächst zur Reduktion der Diasporendichte durch Keimung. Dort wo die Samenproduktion durch eine effektive Wildpflanzenkontrolle mit Herbiziden oder durch dichte Kulturpflanzenbestände verhindert wird, steigen daher die Diasporendichten bei reduzierter Bodenbearbeitung nicht an sondern können sogar abnehmen. Unterschiede in der Diasporenproduktion und die damit verbundene Zu- bzw. Abnahme der Diasporendichte sind deshalb vermutlich die Hauptursache für die gegensätzlichen Untersuchungsergebnisse der Studien zur reduzierten Bodenbearbeitung (Tab. 5.1.2).

Die höheren Diasporendichten bei reduzierter Bodenbearbeitung der eigenen Untersuchung resultieren aus der Anreicherung der Diasporen an der Bodenoberfläche und die dadurch verbesserten Auflauf- und Etablierungschancen. Die größere Anzahl blühender Individuen (Abb. 3.3.1), die während der Vegetationsperiode zur Samenreife gelangen konnten (vgl. Kap. 5.1.1.3) führen zu einem höheren Sameneintrag in die Diasporenbank. Diese frischen Diasporen sind vermutlich zusätzlich zur geringeren Verlustrate der Grund für höhere Diasporendichten bei reduzierter Bodenbearbeitung in der eigenen Untersuchung. Der Aspekt verstärkter Prädation bei reduzierter Bodenbearbeitung spielt in Scheyern vermutlich keine große Rolle, weil nach der Bodenbearbeitung im späten Herbst

und Winter wegen zu geringer Temperaturen nicht mehr mit großen Verlusten durch Insekten, die die Hauptprädatoren von Diasporen sind, zu rechnen ist (FORCELLA 2003).

Bei geringen Dichten haben zusätzliche Diasporenverluste größere Auswirkungen auf die nachfolgenden Generationen als bei hohen Dichten (FORCELLA 2003). Diasporenverluste wirken sich unter Pflugbearbeitung also stärker reduzierend auf die Vegetation im Bestand aus.

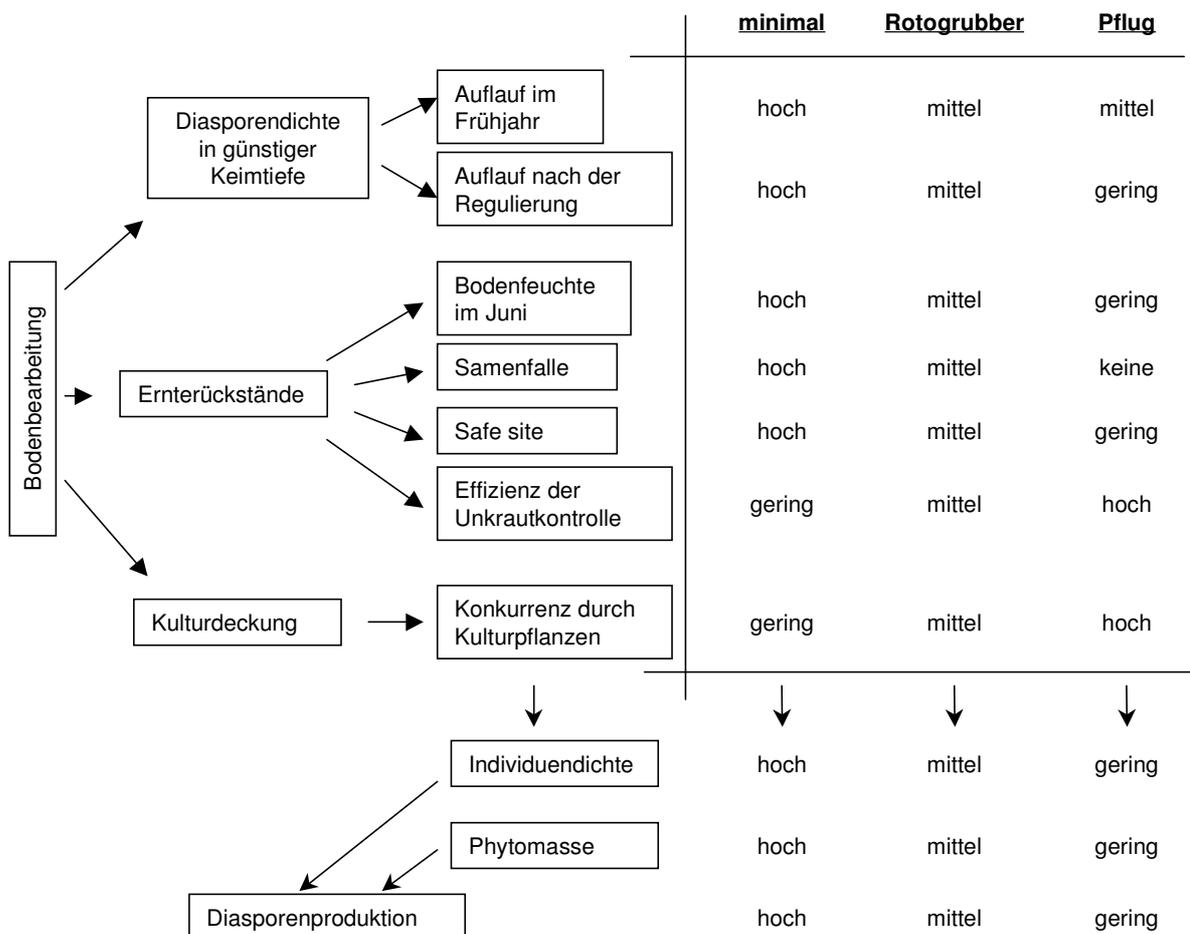
Die Erwartung, dass bei reduzierter Bodenbearbeitung die Persistenz der Diasporenbank abnimmt, wird durch die eigenen Untersuchungen nicht bestätigt. Diese Hypothese von GHERSA & MARTINEZ (2000) beruht auf Schlussfolgerungen aus Untersuchungen zur Persistenz von Diasporenbanken in verschiedenen Habitaten mit unterschiedlicher Störungsintensität (THOMPSON et al. 1998 b) und einer Untersuchung, in der eine Ausbildung von nichtdormanten Genotypen bei *Avena fatua* festgestellt wurde, wenn nur in jedem zweiten Jahr gepflügt wurde (JANA & THAI 1987). Diese Ergebnisse lassen sich offenbar nicht auf Ackerflächen mit unterschiedlicher Bodenbearbeitungsintensität übertragen, denn in der vorliegenden Untersuchung stieg der „longevity-index“ als Maß für die Überdauerungsfähigkeit der Diasporen im Boden mit abnehmender Intensität der Bodenbearbeitung an (Tab. 3.1.1). Dieses Ergebnis lässt sich durch den Effekt einzelner Arten mit einer hohen Persistenz erklären. *Poa annua*, eine Art mit hohem „longevity-index“, dominiert z.B. die Varianten mit reduzierter Bodenbearbeitung und erhöht damit den mittleren Indexwert. Eine mögliche Erklärung für den Anstieg der Persistenz könnte die Selektion durch Prädatoren sein. HULME (1998) fand in Untersuchungen zur Prädation von Samen, dass große Samen mit persistenter Samenbank nicht gefressen wurden. Große Samen mit transienter Diasporenbank hatten dagegen hohe Verlustraten durch Prädation. In der eigenen Untersuchung ist das mittlere Samengewicht der Arten bei minimaler Bodenbearbeitung geringer als das bei Pflugbearbeitung (Tab. 3.1.1). Möglicherweise hat der Selektionsdruck durch Prädation der Diasporen, die bei minimaler Bodenbearbeitung an der Bodenoberfläche verbleiben, dazu geführt, dass nur kleinsamige Arten und Arten mit großen, persistenten Samen überleben konnten. Bei der Bodenbearbeitung mit dem Rotogrubber werden die Diasporen in den Boden eingearbeitet. Die Verluste durch Prädation verringern sich dadurch um 50 % (HULME 1998). Dies könnte erklären, warum in der Rotogrubbervariante das mittlere Diasporengewicht und der „longevity-index“ im Vergleich zur Pflugvariante höher ist. Der Selektionsdruck durch Prädation ist nicht so hoch wie in der Variante mit minimaler Bodenbearbeitung und die Diasporen werden in eine Tiefe verbracht aus der große Samen auflaufen können, kleine jedoch nicht. Arten mit großen Diasporen haben deshalb einen Vorteil bei reduzierter Bodenbearbeitung mit dem Rotogrubber.

#### **5.1.1.3 Vegetation im Bestand**

Die Keimlingspopulationen, die blühenden und fruchtenden Individuen werden als Vegetation im Bestand bezeichnet. Reduzierte Bodenbearbeitung erhöht die Individuendichte der Ackerwildpflanzen im Frühjahr, vor der Ernte und besonders die Gesamtindividuumdichte innerhalb einer Vegetationsperiode (Tab. 5.1.1). Die Bodenbearbeitung hatte einen stärkeren Einfluss auf die Individuumdichten als die Kulturart, die Vorfrucht

oder das Untersuchungsjahr. Diese Ergebnisse stimmen mit den meisten Untersuchungen, in denen die Individuendichten bei reduzierter Bodenbearbeitung mit der bei Pflugbearbeitung verglichen wurden (Tab. 5.1.3), überein. Höhere Individuendichten bei reduzierter Bodenbearbeitung lassen sich vor allem auf höhere Diasporendichten zurückführen (TØRRESEN & SKUTERUD 2002).

Die meisten Diasporen liegen bei reduzierter Bodenbearbeitung in einer Bodentiefe, in der günstige Keimungs- und Etablierungsbedingungen vorherrschen. Der daraus resultierende höhere prozentuale Auflauf ist die Ursache für die drei bis vierfach höheren Individuendichten (Tab. 5.1.1).



**Abb. 5.1.2: Qualitative Abschätzung des Einflusses der Bodenbearbeitung auf die Vegetation im Bestand (Individuendichte, Phytomasse, Diasporenproduktion). Pfeil = hat Einfluss auf.**

Bei Winterweizenanbau liegt der Bearbeitungsgang mindestens fünf Monate vor der ersten Wildpflanzenzählung dieser Untersuchung, während beim Anbau von Kartoffeln, Mais und Sommerweizen vier Monate zwischen der Bodenbearbeitung und dem Beginn der Vegetationsperiode liegen. Die Bodenbearbeitung kann sich also nur indirekt auf die Vegetation auswirken, da sie vor der Wachstumsperiode der Ackerwildpflanzen stattfindet (Abb. 5.1.2). Die Versuchsfelder in Scheyern wiesen im Frühjahr bei Pflugbearbeitung keine Deckung von Ernterückständen, bei Bearbeitung mit dem Rotogrubber eine Deckung von 5 % und bei minimaler Bodenbearbeitung eine Deckung von 12 % auf.

Diese Deckung erhöht die Bodenfeuchte (WRUCKE & ARNOLD 1985, GILL & ARSHAD 1995) und kann als Samenfalle für windausgebreitete Arten wirken (TUESCA et al. 2001). Die Keimungs- und Etablierungsbedingungen der Wildpflanzen werden gefördert, da die Bodendeckung als Schutzstelle „safe site“ wirkt und die Keimlinge vor Austrocknung schützt (VANHALA & PITKÄNEN 1998). Beim Pflügen werden diese Rückstände meist vollständig in den Boden eingearbeitet, bei reduzierter oder unterlassener Bodenbearbeitung verbleibt dagegen ein großer Teil an der Bodenoberfläche. Die unterschiedlich hohe Bodendeckung aus Ernterückständen ist also indirekt am Einfluss der Bodenbearbeitung beteiligt.

Im Frühjahr waren Unterschiede in der Bestandesentwicklung des Winterweizens zwischen den Bearbeitungsvarianten der Versuchsflächen vorhanden. Die geringere Kulturdeckung in den Parzellen mit reduzierter Bodenbearbeitung glich sich im Verlauf der Vegetationsperiode jedoch wieder derjenigen in den gepflügten Parzellen an. Die Etablierung der Kulturpflanzen wird offenbar durch die Ernterückstände behindert. Schwächere Kulturpflanzenbestände bei reduzierter Bodenbearbeitung wurden auch in anderen Untersuchungen festgestellt. Die Autoren führen die daraus resultierenden höheren Individuendichten der Wildpflanzen auf die geringere Konkurrenzkraft solcher Bestände zurück (DERKSEN et al. 1994, PALLUT 1999, SHRESTHA et al. 2002, TØRRESEN & SKUTERUD 2002).

Als weitere Ursache für höhere Individuendichten beim Unterlassen der Bodenbearbeitung im Herbst geben TØRRESEN & SKUTERUD (2002) die höhere Samenproduktion und Überlebenswahrscheinlichkeit von winterannuellen Arten an.

Die Analyse der während der Vegetationsperiode gekeimten Individuen zeigt, dass nicht nur im Frühjahr Keimlinge aus der Diasporenbank auflaufen, sondern im gesamten Zeitraum der Anbauperiode neue Individuen hinzukommen. Mit der Erhebung der Individuen, die innerhalb der Vegetationsperiode auflaufen, kann in der vorliegenden Untersuchung gezeigt werden, dass die Gesamtanzahl aller aufgelaufenen Individuen erheblich von der Pflanzendichte im Frühjahr abweicht. Bei minimaler Bodenbearbeitung macht der Keimlingsauflauf vor der Herbizidanwendung nur einen Anteil von 22 % am Gesamtauflauf aus. Bei Bearbeitung mit dem Rotogrubber und dem Pflug keimen hingegen je 50 % aller während der Vegetationsperiode auflaufenden Individuen bereits im Frühling vor der Herbizidanwendung. Die Gesamtindividuedichte wird also stark vom Bodenbearbeitungssystem beeinflusst. Je geringer die Intensität der Bodenbearbeitung, um so höher ist die Anzahl der Individuen, die nach dem Herbizideinsatz während der Vegetationsperiode keimen und auflaufen können (Abb. 3.2.15).

Die Anreicherung der Diasporen in der Nähe der Bodenoberfläche verbessert deren Chancen, nach der Regulierungsmaßnahme aufzulaufen. Höhere Bodenfeuchte in den Parzellen mit reduzierter Bodenbearbeitung fördert die erfolgreiche Keimung und Etablierung auch nach der Herbizidanwendung unter Konkurrenz mit den Kulturpflanzen. Dies trifft für alle Arten zu. Besonders aber für kleinsamige Arten ist die oberflächennahe Lagerung für eine erfolgreiche Keimung ausschlaggebend. Kleine Diasporen verfügen über geringe Nährstoffspeicher im Samen, so dass der Keimling den Kompensationspunkt

(Stadium eigenständiger positiver Photosyntheserate) rasch erreichen muss. Eine ausreichende Versorgung mit Wasser und Nährstoffen, Licht und Wärme in diesem frühen Etablierungsstadium ist daher für das Überleben der jungen Keimpflanzen notwendig (HAKANSSON 2003, S. 60). Diese Bedingungen sind während der Wachstumsphase im Frühsommer bei reduzierter Bodenbearbeitung besser als bei der Bearbeitung mit dem Pflug (vgl. Kap. 5.1.3.1). Arten mit geringen Samengrößen finden daher bei reduzierter Bodenbearbeitung mehr „safe sites“ vor.

Als Konsequenz aus der hohen Gesamtindividuedichte ist die Dichte der blühenden Individuen bei reduzierter Bodenbearbeitung höher als bei Bearbeitung mit dem Pflug (Tab. 3.4.8 und 3.4.9). Dieser Prozess führt dazu, dass sich über einen längeren Zeitraum ein größeres Diasporenpotenzial ausbilden kann, das wiederum die Vegetation im Bestand fördert.

Reduzierte Bodenbearbeitung führt nicht in allen Vergleichsuntersuchungen zu höheren Individuedichten (Tab. 5.1.3). In Untersuchungen zur Populationsdynamik von Ackerwildpflanzen in verschiedenen Fruchtfolgen, Bodenbearbeitungssystemen und Herbizidvarianten stellte PALLUT (1999) fest, dass der Verzicht auf die Pflugfurche in Abhängigkeit von den jeweiligen Bedingungen eine verminderte, gleichbleibende oder erhöhte Verunkrautung zur Folge haben kann. Das Ansteigen der Populationen von Gräsern und *Galium aparine* wird von LEGERE & SAMSON (1999) und POLLARD et al. (1982) auf die mangelnde Herbizidwirkung der eingesetzten Wirkstoffe zurückgeführt. WRUCKE & ARNOLD (1985) und GILL & ARSHAD (1995) geben eine schlechtere Herbizidwirkung durch die Adsorption der Wirkstoffe an den Ernterückständen als Grund für höhere Individuedichten bei reduzierter Bodenbearbeitung an. Bei effizienter Unkrautkontrolle (VANHALA & PITKÄNEN 1998) oder hoher Konkurrenzkraft in gut entwickelten Kulturpflanzenbeständen (SHRESTHA et al. 2002) sind keine Unterschiede in der Individuedichte gepflügter und reduziert bearbeiteter Flächen zu finden. Die Effizienz der Herbizidanwendung ist also ausschlaggebend dafür, ob die Individuedichten bei reduzierter Bodenbearbeitung ansteigen.

Ernteverluste durch die Konkurrenz mit den Ackerwildpflanzen lassen sich durch die **oberirdische Phytomasse** besser vorhersagen als durch die Individuedichte (TOPHAM & LAWSON 1982, WILSON et al. 1995, STEVENSON et al. 1998).

Eine steigende oberirdische Phytomasse der Wildpflanzen mit abnehmender Bodenbearbeitungsintensität ist wie in der eigenen Untersuchung (Abb. 3.3.3) auch von anderen Autoren festgestellt worden (MULUGETA & STOLTENBERG 1997, BOSTRÖM 1999, BOSTRÖM & FOGELFORS 1999, BILALIS et al. 2001, MENALLED et al. 2001, SHRESTHA et al. 2002, TØRRESEN & SKUTERUD 2002). In der vorliegenden Untersuchung deutet die positive Korrelation zwischen Individuedichte und oberirdischer Phytomasse in Weizen (Kap. 3.4.5) darauf hin, dass die höhere Individuedichte bei reduzierter Bodenbearbeitung auch eine größere Phytomasse produziert. In den Blattfrüchten Mais und Kartoffel besteht diese Beziehung vermutlich nicht, da viele der gekeimten Individuen durch die hohe Konkurrenzkraft der Kulturpflanzen sehr klein bleiben (Mais) oder einzelne Individuen, die sich in Bestandeslücken etablieren konnten sehr hohe Phytomasse produzieren (Kartoffel).

Die Diasporenbank des Bodens wird in jeder Vegetationsperiode durch neue Diasporen der blühenden und fruchtenden Individuen aufgefüllt. In den FAM-Versuchsflächen nimmt die Diasporenbankdichte mit zunehmender Bearbeitungsintensität ab. In diesem Zusammenhang ist zu prüfen, ob auch die Samenproduktion der Ackerwildpflanzen durch die Bodenbearbeitung beeinflusst wird. Tatsächlich ist die Anzahl blühender Individuen (Abb. 3.3.1) und der Anteil der blühenden Individuen an der Gesamtindividuedichte (Abb. 3.3.2) bei reduzierter Bodenbearbeitung höher.

In Konkurrenzexperimenten zwischen Wildpflanzen und Weizen in verschiedenen Saatedichten wurde eine positive Beziehung zwischen der Phytomasse und der Diasporenproduktion festgestellt (WILSON et al. 1988 & 1995). Untersuchungen zum Verhältnis zwischen Phytomasse und reproduktiven Organen (Blüten, Blütenständen, Fruchtständen) zeigen, dass bei höherer Phytomasse der Ackerwildpflanzen eine höhere Anzahl reproduktiver Organe vorhanden sind (KORRES & FROUD-WILLIAMS 2002, LUTMAN 2002, MERTENS & JANSEN 2002). Diese lineare Beziehung zwischen Phytomasse und reproduktiven Organen kann auch für die vorliegende Untersuchung angenommen werden. Daher produziert eine hohe Individuedichte mit einer hohen Anzahl blühender Individuen, die eine größere Anzahl reproduktiver Organe aufweisen, eine größere Diasporenmenge.

Mit der vorliegenden Untersuchung kann gezeigt werden, dass bei minimaler Bodenbearbeitung viele Individuen nach der Unkrautregulierung keimen und sich entwickeln können und dadurch mehr frische Samen gebildet werden als bei der Bearbeitung mit dem Pflug (Abb. 5.1.2). Bei mittlerer Bearbeitungsintensität mit dem Rotogrubber ist der Anteil der nach der Regulierung keimenden Individuen am Gesamtauftrieb etwa gleich hoch wie bei Pflugbearbeitung, aber die Anzahl blühender Individuen ist höher. So muss in beiden Varianten mit reduzierter Bodenbearbeitung durch Maßnahmen zur Wildpflanzenregulierung stärker auf die Verhinderung des Sameneintrags geachtet werden als bei der Bodenbearbeitung mit dem Pflug. Als Konsequenz der höheren Wildpflanzendichte und Phytomasse stellen einige Autoren einen höheren Bedarf an Regulierungsmaßnahmen fest (WRUCKE & ARNOLD 1985, BALL 1992). PEKRUN & CLAUPEIN (1998) streichen jedoch heraus, dass reduzierte Bodenbearbeitung nicht grundsätzlich eine Intensivierung der Unkrautbekämpfung erfordert, sondern dass diese an das System angepasst werden, d.h. in verstärktem Maße auf die Bekämpfung von Gräsern und mehrjährigen Unkräutern ausgerichtet sein muss. Eine mögliche Strategie zur Reduzierung des Sameneintrags in die Diasporenbank ist die Etablierung von dichten und somit konkurrenzstarken Kulturpflanzenbeständen, welche die Phytomasse der Wildpflanzen und somit auch die Samenproduktion vermindern können (WILSON et al. 1995).

### **5.1.2. Artenzusammensetzung der Wildpflanzenvegetation**

Die Analyse der Vegetationsentwicklung ist für die Bewirtschaftung nützlich, um nach der Umstellung auf reduzierte Bodenbearbeitung gegebenenfalls frühzeitig auf die Zunahme von „Problemarten“ reagieren zu können. Das Leitbild einer agrarökologisch nachhaltigen Ackerbewirtschaftung sollte den weitestgehenden Erhalt der typischen Ackerwildkrautflora

beinhalten (FRIEBEN 1998). Für die Bewertung der Bearbeitungssysteme in Hinblick auf ihre Erholungs- und Artenschutzfunktion ist es daher erforderlich, die Veränderungen in der Artenzusammensetzung der Wildpflanzenvegetation bei reduzierter Bodenbearbeitung darzustellen.

Einige der Vegetationsänderungen bei reduzierter Bodenbearbeitungsintensität sind auf der Basis von Informationen über das Vorkommen der Arten in früheren Zeiten, als die Bearbeitung noch nicht so intensiv war, vorherzusehen (HAKANSSON 2003, S. 194). Die Pflanzengemeinschaften der Feldgraswirtschaft enthielten z.B. artenarme Segetalgesellschaften und grünlandähnliche Vegetation mit mehrjährigen Arten und auch die Dreifelderwirtschaft hatte durch das Brachejahr einen hohen Anteil an mehrjährigen Arten (BONN & POSCHLOD 1998, S.128, 135).

Die bei reduzierter Bodenbearbeitung beobachteten Veränderungen der Artenzusammensetzung (Tab. 5.1.2 und 5.1.3) sind jedoch nicht konsistent (MENALLED et al. 2001). Auch SWANTON et al. (1993) konnten in Ihrem Review von Beobachtungen zu Veränderungen der Ackerwildpflanzengemeinschaften bei reduzierter Bodenbearbeitung keine klaren Trends der Zu- oder Abnahmen von Artengruppen feststellen. Mit der Analyse der Faktoren und Eigenschaften, die in der eigenen Untersuchung zum Populationswachstum bestimmter Arten beigetragen haben (Tab. 5.1.6), lassen sich möglicherweise Aussagen über die Reaktion der Arten anderer Standorte treffen.

#### **5.1.2.1 Gesamtpopulationen von Diasporenbank und Vegetation im Bestand**

Die Gesamtartenzahlen der **Diasporenbank** der Parzellenversuchsflächen liegen mit 74 Arten im oberen Bereich der aus der Literatur bekannten Werte. Diasporenbankuntersuchungen bei reduzierter Bodenbearbeitung (Tab.5.1.2) weisen Gesamtartenzahlen mit einer grossen Spanne zwischen lediglich 7 Arten in einer Mais-Soja Fruchtfolge in den USA (HOFFMANN et al. 1998) und 79 Arten in Winterweizen in Italien (BARBERI & CASCIO 2001) auf. Die mit 75 Arten relativ hohen Gesamtartenzahlen der eigenen Untersuchung, die auf einer Gesamtfläche von 17,2 ha erhoben wurden, sind vermutlich auf die viergliedrige Fruchtfolge mit Sommerungen von Mais und Kartoffeln und zweimaligem Winterweizenanbau zurückzuführen. Diese Fruchtfolge ermöglicht es sowohl Sommer- und Winterannuellen als auch den ausdauernden Arten ein Diasporenpotenzial aufzubauen.

In beiden Bearbeitungsvarianten mit reduzierter Bodenbearbeitung war die Diasporenbank mit 59 und 57 Arten artenreicher, als die der gepflügten Parzellen (42 Arten). Das Bodenbearbeitungssystem beeinflusst also neben der Dichte auch die Artenzusammensetzung der Diasporenbank (KNAB & HURLE 1986, CAVERS & BENOIT 1989, BUHLER 1995). Höhere Artenzahlen der Diasporenbank bei reduzierter Bearbeitung wurden wie in der vorliegenden Untersuchung (Tab. 3.1.2) auch in anderen Untersuchungen festgestellt (FROUD-WILLIAMS et al. 1983 b, CARDINA et al. 1991 & 1998, MAYOR & MAILLARD 1995, CLEMENTS et al. 1996, FELDMAN et al. 1997). Andere Autoren konnten keine Unterschiede belegen (BARBERI & CASCIO 2001, LACKO-BARTOSOVA et al. 2000, FELIX & OWEN 2001). MENALLED et al. (2001) fanden geringere Artendichten der Diasporenbank bei unterlassener Bodenbearbeitung. Fehlende Unterschiede in der

Artenzahl der Diasporenbank von unterschiedlich intensiv bearbeiteten Böden führen BARBERI & CASCIO (2001) auf den Puffereffekt der Diasporenbank zurück. Durch die Persistenz der Diasporen im Boden lassen sich Arten nachweisen, die nicht mehr Bestandteil der oberirdischen Vegetation sind. Einflüsse durch Bewirtschaftungsmaßnahmen lassen sich daher kurzfristig eher an der Vegetation im Bestand ablesen.

Auch die Gesamtartenzahl der **Vegetation im Bestand** ist mit 57 Arten für intensiv genutzte Ackerflächen im Vergleich zu anderen Untersuchungen (Tab. 5.1.3) groß. Aus dem Artenpool der Diasporenbank konnten sich in den vier angebauten Kulturen die jeweils charakteristischen Arten (Herbst- und Frühjahrskeimer in den Winterungen, Wärmekeimer in den Sommerungen) etablieren. Dabei ist die Anzahl der Arten in beiden Varianten mit reduzierter Bodenbearbeitung mit 48 Arten im Vergleich zu 32 Arten bei Bearbeitung mit dem Pflug deutlich höher (Tab. 3.2.4). Höhere Artenzahlen bei reduzierter Bearbeitung wurden wie in der eigenen Untersuchung auch von anderen Autoren erfasst (DERKSEN et al. 1995, GILL & ARSHAD 1995, GRUBER et al. 2000, MENALLED et al. 2001, GEROWITT 2003).

Unterschiede in der Artenzusammensetzung der Varianten bestanden vor der Anlage der Versuchspartellen vermutlich nicht, da diese auf einem einheitlich bewirtschafteten Ackerschlag angelegt wurden. Auf den Betriebsflächen der FAM-Versuchsstation hat sich die Artenzahl nach Einführung der Bearbeitung mit dem Rotogrubber nicht verändert (Auerswald et al. 2000). Weil keine Untersuchung des Ausgangszustandes der Versuchspartellen stattgefunden hat, kann letztendlich nur vermutet werden, dass die Artenzahl nach Einrichtung der Versuche durch die fortgesetzte Bearbeitung mit dem Pflug in Verbindung mit einer effektiven Wildpflanzenregulierung abgenommen hat. Eine andere mögliche Erklärung für die unterschiedliche Artendichte der Varianten ist, dass die Arten der Pflugvariante zu Beginn des Versuches in allen Partellen vorhanden waren und weitere Arten sich zusätzlich in den Partellen mit reduzierter Bearbeitung etablieren konnten.

Untersuchungen zur Artendiversität von Ackerwildpflanzengemeinschaften (CARDINA et al. 1991, SQUIRE et al. 2000) zeigen, dass die Zu- oder Abnahmen der Artenzahlen mit Zu- oder Abnahmen der Individuendichte verbunden sind. Dabei waren in der Untersuchung von SQUIRE et al. (2000) die Zunahmen von Arten, die mit geringer Abundanz vorkommen, mit noch stärkeren Zunahmen von häufigeren Arten verbunden. Nach Untersuchungen von CARDINA et al. (1998) sind die Artenzahlen der Flächen mit reduzierter Bodenbearbeitung gegenüber denjenigen mit Pflugbearbeitung zwar erhöht, die zusätzlich vorkommenden Arten sind jedoch nur mit geringen Individuendichten vertreten. Der Grund für höhere Artenzahlen der Wildpflanzenvegetation liegt vermutlich darin, dass bei reduzierter Bodenbearbeitung durch die verringerte Störungsintensität Keimnischen für mehr Arten vorhanden sind als bei Bearbeitung mit dem Pflug (CARDINA et al. 1991). Arten, die in gepflügten Böden normalerweise nicht überleben können, können sich bei reduzierter Bodenbearbeitung permanent etablieren (SWANTON et al. 1993).

Das Ziel eines integrierten Wildpflanzenmanagementes sollte es sein, den Einfluss der Unkräuter auf den Ertrag zu minimieren und gleichzeitig eine diverse Pflanzengemeinschaft von leicht kontrollierbaren Arten zu erhalten (CLEMENTS et al. 1994, DERKSEN et al. 1995). Denn eine möglichst artenreiche und diverse Ackerwildpflanzenvegetation ist nicht nur im Sinne einer generellen Förderung der Biodiversität in Agrarökosystemen wünschenswert (MARSHALL et al. 2003), sondern sie begünstigt auch die Pflanzenproduktion durch die Förderung von Nützlingen (Syrphiden etc.) und durch die Verhinderung der Ausbildung von dominanten „Problem-“ und herbizidresistenten Arten (CLEMENTS et al. 1994).

Die Artendiversität wird durch die Artendichte (Anzahl der Arten pro Fläche) und die Evenness (ein Maß für die Gleichmäßigkeit der Mengenverteilung innerhalb der Artengemeinschaft) definiert. Die Diversität einer Ackerwildpflanzengemeinschaft resultiert aus dem Vorhandensein von „safe sites“ für die Etablierung der Arten, den Bewirtschaftungsmaßnahmen wie Fruchtfolge und Bodenbearbeitung und den angewandten Herbiziden oder anderen Regulierungsmaßnahmen (DERKSEN et al. 1995). Es ist bekannt, dass Störungen die Diversität einer Pflanzengemeinschaft erhöhen und die Dominanz einzelner Arten verhindern (SOUSA 1984).

Angaben zu Diversitätsindices der Diasporenbank (CARDINA et al. 1991 und 1998, FELIX & OWEN 2001) und der Vegetation im Bestand (FRICK & THOMAS 1992, MCCLOSKEY et al. 1996, BOSTRÖM & FOGELFORS 1999, MENALLED et al. 2001) bei reduzierter Bodenbearbeitung werden in nur wenigen Untersuchungen gemacht. Nach Untersuchungen von CARDINA et al. (1991) wird die Diversität der Diasporenbank durch reduzierte Bodenbearbeitung erhöht. FELIX & OWEN (2001) konnten dagegen keinen Einfluss des Bearbeitungssystems feststellen. Diese Untersuchung war vermutlich zu kurzfristig angelegt, um Auswirkungen auf die Diversität der Pflanzengemeinschaften feststellen zu können.

Die oben genannten Beziehungen zwischen Wildpflanzendichte, Artenzahl und Evenness werden auch mit der vorliegenden Untersuchung bestätigt. Das Vorkommen der Arten mit nur geringen Abundanzen führt nicht zu einer Erhöhung der Diversität, da andere Arten gleichzeitig dominant werden. Dies führt wiederum zu einer größeren Abhängigkeit von chemischen Regulierungsmaßnahmen in Bearbeitungssystemen mit reduzierter Bodenbearbeitung.

In einem Vergleich der Evenness von Ackerunkrautgesellschaften unter Herbizideinfluss in drei Intensitätsstufen stellte HAEUPLER (1982) bei zunehmendem Grad der Störung durch den Herbizideinsatz, im ersten Schritt ein Absinken von Artenzahl und Evenness und im zweiten Schritt ein weiteres Absinken der Artenzahl, aber eine Erhöhung der Evenness auf annähernde Gleichverteilung fest. Die wenigen, noch vorhandenen Arten waren also in gleich geringer Menge vertreten. Auch in der eigenen Untersuchung nimmt die Artenzahl mit zunehmender Tiefe der Bodenbearbeitung, also mit zunehmendem Grad der Störung der untersuchten Flächen, ab und die Evenness der Pflanzengemeinschaften nimmt zu. Die Zunahme der Artenzahl unter den Bedingungen der reduzierten Bodenbearbeitung ist vermutlich dadurch bedingt, dass mehr Arten Keimnischen oder

„safe sites“ vorfinden als bei Pflugbearbeitung. Diese neu etablierten Arten kommen nur mit geringen Individuendichten vor, was die Evenness verringert. Gleichzeitig ist die Abundanz von Arten, die besonders von der reduzierten Bearbeitung profitieren (vgl. Tab. 5.1.4), höher als bei Pflugbearbeitung und es kommt zur Ausbildung von Wildpflanzenbeständen, die von wenigen Arten dominiert werden. Dies führt ebenfalls zur Verringerung der Gleichverteilung der Artenanteile in der Pflanzengemeinschaft bei reduzierter Bodenbearbeitung und damit der Evenness.

DERKSEN et al. (1995) konnten nach fünf Jahren noch keine Änderungen der Evenness durch reduzierte Bodenbearbeitung finden und führen das auf die Wirkung der Herbizide zurück. In der genannten Untersuchung stieg die Evenness der Pflanzengemeinschaft bei reduzierter Bodenbearbeitung nach dem Herbizideinsatz an. Die Autoren folgern daraus einen stärkeren Selektionsdruck, der langfristig einerseits zur Einwanderung von Grünlandarten und andererseits zur Abundanzänderung von Arten führen wird. Mit der vorliegenden Untersuchung von Flächen, die sieben Jahre mit reduzierter Bodenbearbeitung bewirtschaftet wurden, können diese Prognosen bestätigt werden.

Bei den Arten, die in den Varianten mit reduzierter Bodenbearbeitung vorkommen, aber nicht bei Pflugbearbeitung auftreten, handelt es sich meist um Begleitarten der Ackerwildpflanzengesellschaften (z.B. *Lapsana communis*) oder Arten der Grünland- und Saumgesellschaften (z.B. *Stellaria graminea*, *Lolium perenne*). Aber auch Charakterarten der Ackerwildpflanzengesellschaften (*Anagallis arvensis*, *Euphorbia helioscopia*) sind als zusätzliche Arten in der Variante mit minimaler Bearbeitung und *Sinapis arvensis* in der Rotogrubbervariante vertreten. Diese zusätzlichen Arten sind jedoch nur mit geringer Abundanz in der Diasporenbank und Vegetation im Bestand vertreten (s. Tab. 8.1.1).

Eine Erklärung für das vermehrte Auftreten von Arten mit einem Verbreitungsschwerpunkt in Grünland- und Ruderalgesellschaften, könnten die besseren Etablierungschancen dieser Arten bei reduzierter Bodenbearbeitung sein. Diasporen, die aus unbewirtschafteten Randstrukturen auf die vegetationsfreie Flächen gelangen, werden nicht durch Pflügen vergraben und können sich daher auch auf die Ackerflächen ausbreiten. *Cirsium arvense* und *Epilobium ciliatum* sind solche Arten, für die eine Einwanderung aus neu angelegten Strukturen der FAM Versuchsstation auf die Ackerflächen mit reduzierter Bodenbearbeitung nachgewiesen wurde (BELDE et al. 2000, BELDE & MAYER 2002). Mit fortschreitender Entwicklung der Brachen und abnehmender Abundanz dieser Arten in den Randstrukturen wird auch deren Vorkommen in den Ackerflächen vermutlich wieder abnehmen.

Die Folge solcher Prozesse ist, dass der Landwirt verstärkt auf das Einwanderungspotenzial unerwünschter Arten aus den Brachen und linearen Strukturen achten und gegebenenfalls auch diese Strukturen in sein Wildpflanzenmanagement integrieren muss (MOYER & Roman 1994, ZANIN et al. 1997). Eine Möglichkeit zur biologischen Kontrolle der Einwanderung von unerwünschten Arten aus Randstrukturen ist die Ansaat von Wiesenarten. Diese Ansaaten reduzieren die Deckung von Ackerwildpflanzen und unterdrücken *Elymus repens* und andere ausdauernde Arten (BOKENSTRAND et al. 2004).

Zunehmende **Diasporendichten** von winterannuellen Arten (O'DONOVAN & MCANDREW 2000, TØRRESEN & SKUTERUD 2002), ausdauernden Arten (KNAB 1988, CARDINA et al. 1991, MAYOR & MAILLARD 1995, CLEMENTS et al. 1996) und annuellen Gräsern (SCHWERDTLE 1977, KNAB 1988, BUHLER 1995) wurden bei reduzierter Bodenbearbeitung beschrieben.

Häufig wurde auch in der **Bestandesvegetation** eine Förderung von Gräsern durch die reduzierte Bodenbearbeitung festgestellt (BACHTHALER 1974, SCHWERDTLE 1977, FROUD-WILLIAMS et al. 1983 a, DERKSEN et al. 1993, THOMAS & FRICK 1993, SKUTERUD et al. 1996, LEGERE & SAMSON 1999, MENALLED et al. 2001, STREIT et al. 2002).

Bei minimaler Eingriffstiefe in den Boden etablieren sich monokotyle Arten deutlich besser als dikotyle (Abb. 3.2.10). Der Grund dafür liegt vermutlich in dem geringen Diasporengewicht und der Diasporengröße der Gräser, die bei minimaler Bearbeitung vermehrt auftraten wie z.B. *Poa annua* und *Poa trivialis* (vgl. Kap. 5.1.1.2). Die Anzahl der nachgewiesenen Gräser verdoppelte sich bei minimaler Bodenbearbeitung im Vergleich zur Variante mit Pflugbearbeitung von 6 auf 12 Arten. Die Beobachtung, dass Gräser von reduzierter Bodenbearbeitung profitieren, kann daher durch die vorliegende Untersuchung bestätigt werden.

Der Anteil monokotyler und dikotyler Pflanzen an der Gesamtverunkrautung in den einzelnen Kulturen wird nicht nur durch die Bodenbearbeitung sondern auch durch den Regulierungserfolg der vorangegangenen Anbauperiode bestimmt. Bei ungenügender Kontrolle der Gräser durch die eingesetzten Herbizide können Diasporen gebildet werden. Diese verbleiben bei minimaler Bodenbearbeitung an der Bodenoberfläche und können in der Folgekultur auflaufen. Bei der Bodenbearbeitung mit dem Rotogrubber oder Pflug werden die Diasporen der Gräser in den Boden eingearbeitet und können schlechter auflaufen. Dieser Zusammenhang verdeutlicht die Abhängigkeit der Bodenbearbeitungssysteme mit reduzierter Bodenbearbeitung von einer effizienten Wildpflanzenregulierung. Je geringer die Bearbeitungsintensität, um so gezielter muss die Regulierungsaufwendung sein. Die Ursache für die oft beschriebene Zunahme der Gräser in Anbausystemen mit reduzierter Bodenbearbeitung ist daher wahrscheinlich eher in der Anwendung von Herbiziden mit Wirkungslücken bei Gräsern als in direkter Einwirkung der Bodenbearbeitung begründet (LEGERE & SAMSON 1999, TØRRESEN & SKUTERUD 2002).

Auch für ausdauernde Arten (SCHWERDTLE 1977, FROUD WILLIAMS et al. 1983 a, GILL & ARSHAD 1995, BILALIS et al. 2001, CARTER et al. 2002, KOBAYASHI et al. 2003) wird eine Zunahme bei verringerter Bodenbearbeitungsintensität festgestellt. Eine generelle Zunahme ausdauernder Arten kann mit der eigenen Untersuchung nicht bestätigt werden. Das verstärkte Auftreten der perennierenden Art *Equisetum arvense* nach langjähriger reduzierter Bodenbearbeitung wurde u.a. auch in den Diasporenbankanalysen von MAYOR & MAILLARD (1995) beobachtet. Diese Art zeigt Staunässe und Bodenverdichtung an und konnte sich vermutlich durch die veränderten Bodeneigenschaften in der Variante mit minimaler Bearbeitung in solchem Ausmaß etablieren, dass sie durch die Diasporenbankanalyse in den Parzellenversuchen nachweisbar wurde.

Einige Autoren beschreiben die Zunahme von Arten, die durch Wind ausgebreitet werden (DERKSEN et al. 1994, FROUD-WILLIAMS et al. 1983 a, ZANIN et al. 1997). Zu den Arten, die durch die Fähigkeit zur Windausbreitung charakterisiert sind und in der eigenen Untersuchung zusätzlich bei reduzierter Bodenbearbeitung vorkommen, gehören *Conyza canadensis* und *Epilobium hirsutum*. Diese Arten besitzen kleine Samen mit einem Gewicht von 0,03 und 0,05 mg und können sich wahrscheinlich nur auf Ackerflächen etablieren, wenn sie nicht vergraben werden. Ein Grund für das vermehrte Vorkommen windausgebreiteter Arten ist die höhere Deckung mit Pflanzenrückständen bei reduzierter und vor allem minimaler Bodenbearbeitung. Diese Pflanzenrückstände können als Samenfallen wirken (FRICK & THOMAS 1992) und dazu führen, dass mehr Diasporen solcher Arten auf diese Flächen gelangen und dort keimen. Zusätzlich schützt die Bodenbedeckung durch Pflanzenrückstände die Keimlinge vor Austrocknung und Wind. Alle anderen windausgebreiteten Arten der vorliegenden Untersuchung kommen auch in den gepflügten Varianten vor.

Phanerophyten wurden weder in der Diasporenbank noch in der Bestandesvegetation gefunden, obwohl in den Vegetationsaufnahmen auf den Betriebsflächen der FAM Versuchsstation vor allem in der Nähe des Waldrandes oder von Gehölzgruppen Phanerophyten erfasst wurden. Die Studie von POLLARD & COUSSANS (1981) lässt ein zunehmendes Auflaufen von Gehölzkeimlingen bei reduzierter Bodenbearbeitung erwarten. Offensichtlich lagen die Parzellenversuchsflächen zu weit von Diasporenquellen entfernt, um einen nennenswerten Eintrag zu erfahren.

Die in vergleichbaren Untersuchungen (Tab. 5.1.2 und 5.1.3) vorgenommenen Gruppierungen zeigen wie in den eigenen Untersuchungen kaum einheitliche Reaktionen auf das Bodenbearbeitungssystem. Dies deutet darauf hin, dass sich bearbeitungsbedingte Änderungen in der Zusammensetzung der Vegetation eher durch Veränderungen in der Abundanz einzelner Arten ablesen lassen, als im Vorkommen bestimmter Artengruppen (ZANIN et al. 1997). Eine Gruppierung von Arten nach Lebensform, Ausbreitungstyp, Zugehörigkeit zu einer Klasse oder soziologischen Einheit ermöglicht keine Prognose der Reaktion dieser Arten auf reduzierte Bodenbearbeitung, weil diese durch die Kombination verschiedener Eigenschaften bedingt wird (SWANTON et al. 1993). Ein weiterer Grund für widersprüchliche Ergebnisse bei der Analyse der Vegetationsänderungen liegt in der Interaktion von Bearbeitungssystem und Herbizidanwendung.

#### **5.1.2.2 einzelne Arten**

Dem Vorschlag von SWANTON et al. (1993) folgend werden die Reaktionen einzelner Arten auf das Bodenbearbeitungssystem vor dem Hintergrund der Ursachen, Prozesse und bestimmender Faktoren diskutiert.

**Tab. 5.1.4: Arten, für die ein Einfluss auf Populationsparameter durch die Bearbeitung statistisch nachgewiesen wurde. Angaben der Diasporendichte, „relative abundance index“ (RAI), Prozentualer Gesamtaufwurf in % und Anzahl blühender Individuen/m<sup>2</sup>.**

	Diasporen/m <sup>2</sup>			Individuen (RAI)			Prozentualer Aufwurf			Blühende Individuen/m <sup>2</sup>		
	M	R	P	M	R	P	M	R	P	M	R	P
<i>Chenopodium album</i>	1318	616	200	11,2	19,2	10,0	3,8	2,9	2,0	3,3	5,6	0,3
<i>Elymus repens</i>				13,7	4,3	1,4				0,7	0,2	0
<i>Epilobium ciliatum</i>	394	50	57									
<i>Galium aparine</i>	229	301	29	8,3	17,5	9,9	14,8	7,6	3,0	9,2	14,6	1,4
<i>Matricaria recutita</i>	444	272	93	4,3	4,6	9,0	11,8	3,7	3,5	1,3	1,0	0,2
<i>Poa annua</i>	358	164	14	16,3	6,6	2,4	52,0	7,5	1,0	10,7	1,0	0,2

M: minimale Bodenbearbeitung, R: Bearbeitung mit dem Rotogrubber, P: Bearbeitung mit dem Pflug

Die Förderung bestimmter Arten bei reduzierter Bodenbearbeitung ist durch eine spezielle Kombination von Eigenschaften bedingt, die ihnen einen Vorteil gegenüber anderen Arten verschaffen. Merkmale der Regenerations- und Keimungsbiologie sowie bewirtschaftungsrelevante Merkmale aus Literaturangaben und der eigenen Untersuchung sind in Tab. 5.1.5 zusammengestellt.

**Tab. 5.1.5: Eigenschaften von Arten, die durch reduzierte Bodenbearbeitung gefördert werden. Angaben aus der Datenbank Bioflor (BfN 2002), soweit nicht anders gekennzeichnet**

	<i>Chenopodium album</i>	<i>Elymus repens</i>	<i>Epilobium ciliatum</i>	<i>Galium aparine</i>	<i>Matricaria recutita</i>	<i>Poa annua</i>
<b>Regenerationsstrategie</b>	g	v	g	g	g	g
- Lebensdauer	a	p	p	a	a	a
- Blattausdauer	sommergrün	sommergrün	immergrün	überwinternd	überwinternd	immergrün
- Lebensform	Th	G / H	H	H / Th	H / Th	Th
- Zeit bis zur Samenbildung	63 d <sup>1</sup>					
- Samenproduktion <sup>3</sup>	3000-20000	15-200	5000 <sup>12</sup>	300-400	5000	100-1000
- Ausbreitungstyp /-medium <sup>6</sup>	Z, B, S	B, S	W	Z, S	M	Z, M
- Samengewicht [mg]	1,5	2,0	0,1	8,3	0,1	0,2
- „longevity-index“ <sup>4</sup>	0,93	0,36	1,0	0,31	0,78	0,89
- Samengröße Länge*Breite*Höhe [mm]	1,2*1,2*0,7	5,8*1,3*1,2	1,1*0,4*0,2	3,2*2,6*2,3	1,0*0,4	1,9*0,7
- „shape-index“ <sup>4</sup>	0,06	0,28	0,19	0,02	0,16	0,20
<b>Keimungsbiologie</b>						
- Keimtemperaturspanne	3 – 35 °C <sup>1</sup>	15 – 25 °C <sup>3</sup>	8 – 36 °C <sup>12</sup>	2 – 20 °C <sup>2</sup>	7 – 30 °C <sup>1</sup>	3 – 30 °C <sup>1</sup>
- Auflaufmonate <sup>5</sup>	3 - 8	3 - 8	3 - 8	3 - 8	3 - 8	3 - 8
- Auflaufmaximum <sup>5</sup>	4 - 5	3; 4; 8	5	3; 4	3 – 4; 8	5; 6 - 8
- Optimale Auflauftiefe [cm]	0,54 <sup>7</sup>	1,6 <sup>11</sup>	0,22 <sup>11</sup>	0,0 – 2,0 <sup>9</sup>	0,6 <sup>8</sup>	0,38 <sup>11</sup>
- Maximale Auflauftiefe [cm]	21,0 <sup>7</sup>			10,0 <sup>9</sup>	21,0 <sup>8</sup>	
<b>Bewirtschaftungsrelevante Eigenschaften</b>						
- Konkurrenzstrategie <sup>12</sup>	cr	c	c	cr	r	r
- Konkurrenzindex <sup>14</sup>	25			1,7	12,5	50,0
- Herbizidtoleranz gegenüber den eingesetzten Wirkstoffen <sup>10</sup>	<sup>x</sup> gering, <sup>y</sup> gering, <sup>z</sup> gering	<sup>x</sup> hoch <sup>y</sup> mittel <sup>z</sup> hoch	<sup>x</sup> mittel, <sup>y</sup> mittel, <sup>z</sup> mittel	<sup>x</sup> mittel, <sup>y</sup> gering, <sup>z</sup> gering	<sup>x</sup> mittel, <sup>y</sup> gering, <sup>z</sup> gering	<sup>x</sup> hoch, <sup>y</sup> gering, <sup>z</sup> hoch

<sup>1</sup> OTTE 1996; <sup>2</sup> LAUER 1953; <sup>3</sup> HANF 1999; <sup>4</sup> berechnet nach THOMPSON et al. 1997 und 1998; <sup>5</sup> eigene Untersuchung; <sup>6</sup> BONN & POSCHLOD 1998 B: Bodenbearbeitung, M: Mähdrusch, S: Saatgut, W: Wind, Z: zoochor; <sup>7</sup> Grundy et al. 2003, <sup>8</sup> Grundy et al. 1996; <sup>9</sup> Benvenuti et al. 2001; <sup>10</sup> eigene Einschätzung: <sup>x</sup> in Winterweizen, <sup>y</sup> in Kartoffel, <sup>z</sup> in Mais; <sup>11</sup> Faustregel nach LAUER 1953; <sup>12</sup> Grime 2001; <sup>13</sup> Werner & Rioux 1977; <sup>14</sup> Anzahl der Individuen/m<sup>2</sup>, die 5 % Ertragsverlust verursachen nach MARSHALL et al. 2003

### ***Chenopodium album***

Zur Abundanz von *Chenopodium album* in der Diasporenbank bei reduzierter Bodenbearbeitung werden in der Literatur gegensätzliche Angaben gemacht. Einige Autoren registrierten vermehrtes Auftreten (CARDINA et al. 1991, MULUGETA & STOLTENBERG 1997, O' DONOVAN & MCANDREW 2000, PEKRUN et al. 2000) wie in der eigenen Untersuchung und andere geringeres Vorkommen (KNAB 1988, CLEMENTS et al. 1996) von *Chenopodium album*.

Höhere Individuendichten von *Chenopodium album* bei reduzierter Bodenbearbeitung wurden von einigen Autoren wie auch in der eigenen Untersuchung erfasst (THOMAS & FRICK 1993, BOSTRÖM & FOGELFORS 1999, GRUBER et al. 2000, PEKRUN et al. 2000). BUHLER (1997) stellte fest, dass die Anzahl der Keimlinge von *Chenopodium album* um bis zu 71 % reduziert wird, wenn die Bodenbearbeitung im Frühjahr unterlassen oder bei Dunkelheit durchgeführt wurde. Die Photosensibilität von *Chenopodium album* kann daher eine Erklärung für gleiche (vgl. FOGELFORS & BOSTRÖM 1998) oder geringere Dichten dieser Art bei Direktsaat im Vergleich zur Bearbeitung mit dem Pflug oder Grubber sein (vgl. TEASDALE et al. 1991, ZANIN et al. 1997, MULUGETA & STOLTENBERG 1997, ANDERSON et al. 1998, SWANTON et al. 1999, TØRRESEN & SKUTERUD 2002). Bei den genannten Untersuchungen fanden die Bearbeitungsgänge während der Vegetationsperiode statt und die Keimung von *Chenopodium album* wurde bei Direktsaat ohne Bearbeitung nicht angeregt bzw. bei Pflug- oder Grubberbearbeitung gefördert. Auf den FAM-Versuchsflächen wurde die Bodenbearbeitung im Herbst oder Winter durchgeführt. Bearbeitungsgänge während der Vegetationsperiode, z.B. das Häufeln der Kartoffeln, wurden in allen Bearbeitungsvarianten zum gleichen Zeitpunkt ausgeführt, so dass dadurch keine Unterschiede zu erwarten sind.

Der prozentuale Gesamtauflauf von 3,5 % ist höher als die aus der Literatur bekannten Werte (Tab. 5.1.7). Die Unterschiede kommen vermutlich dadurch, dass in den angegebenen Untersuchungen der prozentuale Auflauf nur im Frühjahr oder für eine kürzere Zeitspanne als in der vorliegenden Untersuchung ermittelt wurde.

*Chenopodium album* zeichnet sich durch eine hohe Samenproduktion aus. Die Ausbreitung der Diasporen kann über Bodenbearbeitungsgeräte, durch Vögel oder mit dem Saatgut erfolgen. Der „longevity-index“ zeigt eine hohe Persistenz der Diasporen im Boden an. *Chenopodium album* weist eine relativ große Keimtemperaturspanne auf. Die Zeitspanne vom Keimlingsstadium bis zur Samenbildung ist mit 63 Tagen relativ kurz. Diese Fähigkeiten erklären die weltweite Verbreitung dieser Art. Mit zunehmender Anwendung reduzierter Bodenbearbeitung in Kanada stellten THOMAS & FRICK (1993) eine Zunahme dieser Art fest. Für die Förderung der Art bei reduzierter Bodenbearbeitung ist vermutlich die optimale Keimtiefe von 0,5 cm im Boden verantwortlich. Durch die Anreicherung der Diasporen an der Bodenoberfläche ist die Verlustrate im Boden geringer und es können mehr Individuen auflaufen als bei Bearbeitung mit dem Pflug. Auch MAYOR & DESSAINT (1998) fanden höhere Individuendichten von *Chenopodium album* und erklären das damit, dass diese Art nur unter Lichteinfluss keimt, wenn die Diasporen nicht mehr als 2 cm tief im Boden vergraben sind. Durch die hohe Persistenz der Diasporen im

Boden kann ein großes Diasporenpotenzial aufgebaut werden. In Versuchen von GRUNDY et al. (2003) zeigte *Chenopodium album* keine dichteabhängige Reduzierung der Auflauftrate. Dies erklärt vermutlich den höheren prozentualen Auflauf bei minimaler Bodenbearbeitung, der trotz sehr hoher Diasporendichten in der eigenen und in Untersuchungen von PEKRUN et al. (2000) festgestellt wurde. Die große Keimtemperaturspanne und eine kurze Entwicklungsdauer (HUANG et al. 2001) ermöglicht es den Pflanzen, nach der Herbizidanwendung aufzulaufen und Samen zu produzieren. Die Art zeigt unter natürlichen Temperaturverhältnissen die größte Keimbereitschaft Anfang Juni (PEKRUN et al. 2000). Zu dieser Zeit war die Bodenfeuchte in den Parzellen mit reduzierter Bodenbearbeitung höher als die der gepflügten Flächen (Abb. 8.3.1). Es herrschen also günstige Keimungs- und Etablierungsbedingungen in den Flächen mit reduzierter Bodenbearbeitung. Die Bodenbearbeitung bei Dunkelheit (s.o.) könnte eine Möglichkeit der Kontrolle von *Chenopodium album* sein.

### ***Elymus repens***

Unterschiede in der Diasporendichte von *Elymus repens* in den Bearbeitungsvarianten werden mit der vorliegenden Untersuchung nicht nachgewiesen. Eine Zunahme dieser ausdauernden Art in der Diasporenbank von Böden mit reduzierter Bearbeitung wurde von MAYOR & MAILLARD (1995) festgestellt. Bei minimaler Bodenbearbeitung nimmt der Wertigkeitsindex dieser Art in der oberirdischen Vegetation die größten Werte ein, gefolgt von der Rotogrubber- und der Pflugvariante. Eine Zunahme von *Elymus repens* in der oberirdischen Vegetation wird ebenfalls von POLLARD et al. (1982) und TØRRESEN & SKUTERUD (2002) beobachtet. Bei Untersuchungen von STREIT et al. (2003) kam diese Art in der Variante mit reduzierter Bodenbearbeitung in geringerem Ausmaß vor, weil nur dort ein wirksames Herbizid appliziert worden war. Ein prozentualer Auflauf aus der Diasporenbank kann für die eigene Untersuchung nicht berechnet werden, da zu viele der untersuchten Proben keine Rhizomstücke oder Samen dieser Art aufwiesen.

Beim Pflügen werden die Rhizome in tiefe Bodenschichten verbracht und die gespeicherten Reserven sind erschöpft, bevor der Spross die Bodenoberfläche erreicht (CHANDLER et al. 1994). Der Spross stirbt also ab, bevor er eigenständig Photosynthese betreiben kann. Bei reduzierter Bodenbearbeitung wird der Hauptteil der Rhizommasse in die oberen 10 cm verlagert (SCHWERDTLE 1977, CHANDLER et al. 1994). Die Zunahme dieser Art bei verringerter Bodenbearbeitungsintensität kann daher auf das verringerte Vergraben der Rhizome zurückgeführt werden.

*Elymus repens* bildet nur wenig Samen, die geringe Persistenz im Boden aufweisen. Die Ausbreitung erfolgt vegetativ über Rhizomknospen. Ein Spross kann während der Vegetationsperiode bis zu 2000 solcher Knospen produzieren (LEMIEUX et al. 1992). Das klonale Wachstum ist für die Population daher wichtiger als die generative Reproduktion (WERNER & RIOUX 1977). Ein weiterer Ausbreitungsweg ist die Verschleppung der Diasporen an Bodenbearbeitungsgeräten (BONN & POSCHLOD 1998, S. 149). Da die Art auch in Grünland und Ruderalflächen vorkommt (Grime 2001, S. 170), ist die Einwanderung aus ungenutzten Randstrukturen möglich. Die Vorteile dieser Art bei minimaler Bodenbearbeitung beruhen neben der günstigeren Rhizomverteilung vermutlich

auf der langen Phase, in der sich die Rhizome ungestört entwickeln können, da *Elymus repens* auch in den kühlen Perioden des Jahres über eine hohe Wachstumsrate verfügt (WERNER & RIOUX 1977). Bei reduzierter Bodenbearbeitung mit dem Rotogrubber werden die Rhizome durch die Bearbeitung ausgebreitet, verbleiben in den oberen Bodenschichten und können neue Kolonien bilden. Wahrscheinlich profitiert die Art auch von der bei reduzierter Bodenbearbeitung beobachteten Konzentration der Nährstoffe in den oberen Bodenschichten, da sie die Fähigkeit zum Luxuskonsum (Aufnahme von Nährstoffen größer als der aktuelle Verbrauch) der Nährstoffe N, P und K besitzt (WERNER & RIOUX 1977). Die verbesserte Wasserverfügbarkeit bei reduzierter Bodenbearbeitung trägt möglicherweise zusätzlich zum erfolgreichen Etablieren dieser Art bei.

### ***Epilobium ciliatum***

Auf den Parzellenversuchsfächen der FAM Versuchsstation konnte *Epilobium ciliatum* besonders bei minimaler Bodenbearbeitung große Diasporenvorräte aufbauen. Auch in der Vegetation im Bestand war der Wertigkeitsindex bei minimaler Bodenbearbeitung am größten. Auf den Betriebsflächen der FAM Versuchsstation breitete sich *Epilobium ciliatum* nach der Umstellung auf reduzierte Bodenbearbeitung im integrierten Anbausystem stark von den ungenutzten Strukturen in die Ackerflächen aus (BELDE et al. 2000). Höhere Individuendichten von *Epilobium*-Arten bei reduzierter Bodenbearbeitung wurden auch von STREIT et al. (2002, 2003) in Winterweizen und Mais nachgewiesen.

Bei *Epilobium ciliatum* handelt es sich um einen Neophyt, der aus Nordamerika eingewandert und seit 1927 in Deutschland bekannt ist (BFN 2002). Die Samen von *Epilobium ciliatum* sind mit einem Samengewicht von 0,1 mg sehr klein und werden durch Wind ausgebreitet. Sie verfügen über eine sehr hohe Persistenz im Boden. Das Auflaufmaximum dieser Art liegt entsprechend der Keimtemperaturspanne im Mai. Untersuchungen zur optimalen Auflauftiefe dieser Art liegen bisher nicht vor, wegen der geringen Samengröße kann jedoch vermutet werden, dass *Epilobium ciliatum* nur an der Bodenoberfläche erfolgreich keimen kann. Die höheren Individuendichten bei reduzierter Bodenbearbeitung resultieren daher aus der oberflächennahen Lagerung der Diasporen.

Die Populationen von *Epilobium ciliatum* in den Versuchsfächen stammen vermutlich aus der Diasporenbank oder dem Zuflug von Diasporen aus den umgebenden Randstrukturen, da im gesamten Untersuchungszeitraum keine blühenden Individuen erfasst wurden.

### ***Galium aparine***

Die Diasporendichten von *Galium aparine* waren bei der Bearbeitung mit dem Rotogrubber am größten, gefolgt von der minimalen Bodenbearbeitung und der Pflugbearbeitung. Höhere Diasporendichten dieser Art bei reduzierter Bodenbearbeitung wurden bisher noch nicht berichtet. AMANN (1991) fand nach einem Jahr mit nichtwendender Bodenbearbeitung keinen Unterschied in der Diasporendichte von *Galium aparine*. Für die Betriebsflächen der FAM Versuchsstation konnte ALBRECHT (2004) keine signifikanten Änderung in der Diasporenbank dieser Art feststellen. Die meisten Individuen dieser Art keimten in der Variante Rotogrubber, also bei mittlerer

Bodenbearbeitungsintensität. In Vergleichsuntersuchungen von gepflügten und flach bearbeiteten Probeflächen wurden von LUTMAN et al. (2002) in den flach bearbeiteten Flächen signifikant mehr Keimlinge von *Galium aparine* gefunden. Der prozentuale Auflauf steigt in der eigenen Untersuchung mit abnehmender Intensität der Bodenbearbeitung an. Auch FROUD-WILLIAMS et al. (1984) fanden eine Steigerung der Keimrate durch flaches Vergraben.

*Galium aparine* weist eine geringe Samenproduktion auf. Die Samen haben ein hohes Gewicht und können zoochor oder mit dem Saatgut ausgebreitet werden. Die Persistenz der Diasporen im Boden ist gering. Aufgrund ihres relativ niedrigen Keimtemperaturoptimums keimen die meisten Samen dieser Art im Herbst oder Frühjahr. Im Herbst gekeimte Individuen können den Winter überdauern. Durch das hohe Samengewicht ist *Galium aparine* in der Lage aus 10 cm Tiefe aufzulaufen, die optimale Auflauftiefe beträgt jedoch 2 cm.

Durch die flache, nicht wendende Bodenbearbeitung mit dem Rotogrubber werden die Samen in den Boden verbracht. Im Gegensatz dazu verbleiben die frisch ausgestreuten Samen bei Minimalbearbeitung an der Bodenoberfläche und unterliegen dort einem größeren Risiko, aufzulaufen, gefressen oder durch Pilze und Bakterien infiziert zu werden (LUTMAN 2002) als in der Rotogrubbervariante. Durch die Pflugbearbeitung werden größere Mengen in tiefere Bodenschichten bis 20 cm verbracht, aus denen sie nicht erfolgreich keimen können und somit Abbauprozessen unterliegen. Die jährliche Abbaurate von *Galium aparine* ist mit 58 % im Vergleich zu den Abbauraten anderer Arten hoch (LUTMAN et al. 2002).

### ***Matricaria recutita***

Höhere Diasporendichten von *Matricaria recutita* bei reduzierter Bodenbearbeitung sind lediglich durch die Untersuchung von KNAB & HURLE (1986) nachgewiesen worden. Möglicherweise weil die sehr kleinen Diasporen besser mit der Auflaufmethode erfasst werden können. Auf den Betriebsflächen der FAM Versuchsstation nahm der Diasporenvorrat von *Matricaria recutita* nach der Umstellung auf reduzierte Bodenbearbeitung ab. Dies ist vor allem auf die starke Abnahme der Diasporendichte nach Maisanbau zurückzuführen (ALBRECHT 2004). Der prozentuale Auflauf aus der Diasporenbank und die Anzahl blühender Individuen sind bei reduzierter Bodenbearbeitung in den Parzellenversuchsflächen höher als bei Pflugbearbeitung. Dieses Ergebnis deckt sich mit den Untersuchungen anderer Autoren, die *Matricaria* spp. bzw. *Matricaria recutita* vermehrt bei reduzierter Bodenbearbeitung nachweisen konnten (PALLUT 1999, STREIT et al. 2002, 2003). Auch KNAB & HURLE (1986) fanden höhere Auflaufraten von *Matricaria recutita* bei nichtwendender Bodenbearbeitung.

*Matricaria recutita* produziert große Samenmengen. Die leichten Samen werden bei der Ernte durch den Mähdrescher mit der Spreu ausgeblasen und so auf dem Acker ausgebreitet (BONN & POSCHLOD 1998, S. 144). Durch die hohe Samenproduktion vor allem in Sommer- und Winterweizenbeständen bei reduzierter Bodenbearbeitung ist *Matricaria recutita* in der Lage eine persistente Diasporenbank aufzubauen. Wegen der

Anreicherung der kleinen Diasporen an der Bodenoberfläche sind die Keimungsbedingungen bei reduzierter Bodenbearbeitung günstiger als bei Pflugbearbeitung.

### **Poa annua**

Höhere Diasporen- und Individuendichten von *Poa annua* wurden sowohl in den Parzellenversuchen als auch auf den Betriebsflächen (BELDE et al. 2000, ALBRECHT 2004) der FAM Versuchsstation nach der Umstellung von der Pflugbearbeitung auf reduzierte Bodenbearbeitung erfasst. Diese Ergebnisse decken sich mit den Untersuchungen anderer Autoren, die ebenfalls höhere Dichten von *Poa annua* bei reduzierter Bodenbearbeitung nachweisen (SCHWERDTLE 1977, POLLARD & CUSSANS 1981, FROUD-WILLIAMS et al. 1983, TØRRESEN & SKUTERUD 2002, STREIT et al. 2002, STREIT et al. 2003).

Die kleinsamige Art *Poa annua* mit einem Samengewicht von 0,24 mg ist z.B. bei minimaler Bodenbearbeitung in hoher Dichte von 360 Diasporen/m<sup>2</sup> (Abb. 3.1.9) mit deutlicher Anreicherung in den oberen 5 cm des Bodens vorhanden. Sie verfügt über ein weites Keimtemperaturspektrum zwischen 3°C und 30°C sowie eine kurze Zeitspanne von der Keimung bis zur Samenreife (OTTE 1996). Wegen ihres geringen Gewichtes werden die Diasporen von *Poa annua* bei der Ernte durch den Mähdrescher ausgebreitet. Die Diasporenbank weist eine hohe Persistenz auf. Die optimale Auflauftiefe im Boden ist eher gering. Die Pflanzen können den Winter photosynthetisch aktiv überdauern, wenn sie nicht durch eine Bodenbearbeitung gestört werden. Aufgrund dieser Fähigkeiten ist *Poa annua* eine Ackerwildpflanze, die sehr gut an minimale Bodenbearbeitung adaptiert ist (POLLARD & COUSSANS 1981). Die Anwendung von Nachauflaufherbiziden förderte in einer Untersuchung von TØRRESEN (2003) zusätzlich den Auflauf von *Poa annua* bei reduzierter Bodenbearbeitung. Die Autorin vermutet als Ursache dafür die aufgrund der fehlenden Konkurrenz durch dikotyle Pflanzen besseren Wachstums- und Etablierungsbedingungen für *Poa annua*. Dikotyle Wildpflanzen werden durch die Herbizide erfasst, *Poa annua* wird dagegen nicht ausreichend an der Samenproduktion gehindert. Neu gebildete Samen können sofort keimen (GRIME 2001, S. 169) und so können große Populationen aufgebaut werden. Der sehr hohe prozentuale Auflauf von *Poa annua* in den Weizenbeständen der eigenen Untersuchung wurde daher vermutlich durch die Keimung von Samen, die bereits während des Beobachtungszeitraums gebildet worden sind, verursacht.

Die Fähigkeit im Herbst und Winter photosynthetisch aktiv zu sein (Tab. 5.1.6), verschafft einigen Arten einen Entwicklungsvorsprung vor solchen, die sich erst im Frühjahr etablieren können. *Elymus repens*, *Galium aparine*, *Matricaria recutita* und *Poa annua* können daher von der längeren Zeitspanne ohne Störung durch die Bodenbearbeitung profitieren. Eine hohe Samenproduktion, geringe Samengröße und damit verbunden eine geringe optimale Auflauftiefe sind weitere Eigenschaften, die zu Förderung der Arten beitragen.

**Tab. 5.1.6: Ursachen für den Erfolg der Arten, die von der reduzierten Bodenbearbeitung profitieren**

	<i>Chenopodium album</i>	<i>Elymus repens</i>	<i>Epilobium ciliatum</i>	<i>Galium aparine</i>	<i>Matricaria recutita</i>	<i>Poa annua</i>
<b>Regenerationsstrategie</b>						
- Blattausdauer überwinternd		+		+	+	+
- Kurze Zeit von der Keimung bis zur Samenbildung	+					
- Hohe Samenproduktion	+		+			
- Ausbreitung durch Wind			+			
- geringes Samengewicht			+			
- Persistenz			+			
- geringe Samengröße					+	+
<b>Keimungsbiologie</b>						
- geringe optimale Auflauftiefe		+		+		
<b>Bewirtschaftungsrelevante Eigenschaften</b>						
- Herbizidtoleranz		+				+

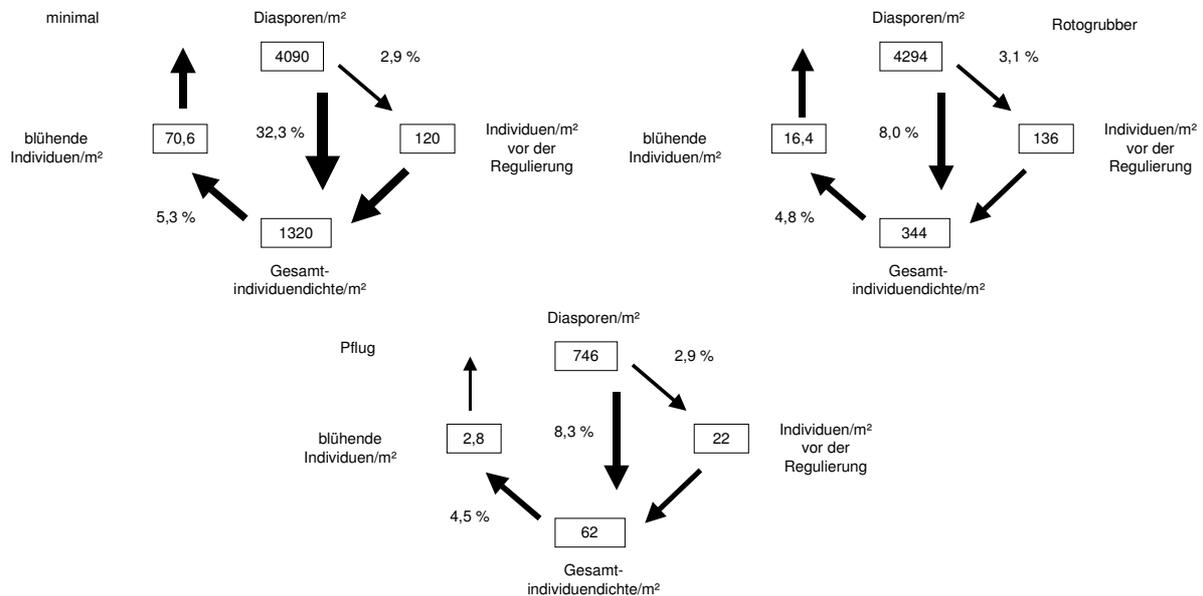
**Fazit:**

Auf den Parzellenversuchflächen mit reduzierter Bodenbearbeitung in Scheyern ist das Ziel einer artenreichen und leicht zu kontrollierenden Unkrautvegetation bisher nicht erreicht worden. Bei reduzierter Bodenbearbeitung besteht daher ein Zielkonflikt zwischen effektiver Wildpflanzenregulierung und dem Schutz der Umwelt vor Herbizideintrag.

Einige der Arten, die bei reduzierter Bodenbearbeitung nicht aber bei Pflugbearbeitung der vorliegenden Untersuchung nachgewiesen werden, haben ihren Schwerpunkt in Grünland- und Ruderalgesellschaften. Die Pflanzengemeinschaft ähnelt eher der von Brachen als der von Äckern. Diese Beobachtung unterstützt die Hypothesen von ZANIN et al. (1997) und HAKANSSON (2003, S. 194), dass durch die Verringerung der Bodenbearbeitungsintensität Vegetationsänderungen in Richtung reiferer Sukzessionsstadien und Pflanzengemeinschaften historischer Bewirtschaftungssysteme zu erwarten sind. Bewirtschaftungssysteme mit reduzierter Bodenbearbeitung sind aus diesem Grund nicht geeignet, eine artenreiche Ackerwildpflanzengemeinschaft mit den Charakterarten der Ackerunkrautgesellschaften zu fördern. Eine Förderung der Diversität auf Ökosystemebene durch höhere Dichten und Artenzahlen der Ackerwildpflanzen bei reduzierter Bodenbearbeitung ist dagegen gegeben. Als Beispiel kann *Poa annua* angeführt werden. Diese Art weist in den Versuchflächen hohe Abundanzen bei minimaler Bodenbearbeitung auf, in der gepflügten Variante ist sie kaum vertreten. MARSHALL et al. (2003) streichen die Bedeutung von *Poa annua* für die Biodiversität in Agrarökosystemen heraus. Mehr als 26 Arten von Invertebraten, drei davon auf der Roten Liste, sind mit *Poa annua* assoziiert und für acht Vogelarten ist sie eine wichtige Nahrungsquelle (MARSHALL et al. 2003).

### 5.1.3 Beziehungen zwischen den Lebensphasen der Ackerwildpflanzen

Die Lebensphasen Diasporen, Keimlingspopulation, vegetative und generative Individuen stehen untereinander in Beziehung und werden durch die Bodenbearbeitung beeinflusst (Abb. 5.1.3).



**Abb.5.1.3: Beziehungen zwischen Diasporenbank und Vegetation im Bestand in Winterweizen. Mittelwerte der Aufnahmen aus den Jahren 2000 bis 2002.**

Die Beziehungen lassen sich durch das Verhältnis von keimfähigen Diasporen zur Individuendichte im Frühjahr vor der Regulierung durch Herbizide (Frühjahrsauflauf) und zur Gesamtindividuenendichte (Gesamtauflauf) beschreiben (Kap. 5.1.3.1). Der Prozentuale Auflauf aus der Diasporenbank kann als Grundlage für eine Prognose der Wildpflanzenendichte dienen (Kap. 5.1.3.2). Die Höhe des Diasporenpotenzials beeinflusst die Individuendichte vor der Ernte (Kap. 5.1.3.3). Die Anzahl der blühenden Individuen beeinflusst die Diasporendichte nach der Vegetationsperiode (Kap. 5.1.3.4).

#### 5.1.3.1 Prozentualer Auflauf aus der Diasporenbank

Das Verhältnis von keimfähigen Diasporen zur Individuendichte (prozentualer Auflauf aus der Diasporenbank) wird berechnet, um kurz- oder langfristige Effekte von Bewirtschaftungsmaßnahmen wie z. B. die reduzierte Bodenbearbeitung auf die Populationsdynamik von Ackerwildpflanzen modellieren zu können. Solche Simulationsstudien wurden z.B. von ZWERTGER (1993), BENECH-ARNOLD (1995) und FORCELLA et al. (2000) durchgeführt.

In der eigenen Untersuchung wurde ein prozentualer Auflauf von 4,5 % im Frühjahr und 15 % für den Gesamtauflauf einer Vegetationsperiode ermittelt. Die Höhe dieser Werte ist mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen (Tab. 5.1.7) vergleichbar. Einzelne Arten z.B. *Poa annua* können deutlich höhere Auflaufsraten aufweisen.

**Tab. 5.1.7: Vergleichsuntersuchungen zum prozentualen Auflauf von Ackerwildpflanzen aus der Diasporenbank bei reduzierter Bodenbearbeitung**

Quelle	Prozentualer Auflauf Gesamtpopulation	Prozentualer Auflauf einzelner Arten	Korrelationskoeffizient $p < 0,05$	Auswirkung reduzierter Bodenbearbeitung auf den prozentualen Auflauf
<b>SPRENGER eigene Untersuchung</b>	Im Frühjahr: Pflug: 3,8 % Grubber: 2,9 % Direktsaat 5,6 % Gesamtauflauf: Pflug: 9,5 % Grubber: 9,9 % Direktsaat: 16,4 %	<i>Chenopodium album</i> Pflug: 2,0 % Grubber: 2,9 % Direktsaat: 3,8 % <i>Galium aparine</i> 10,8 % <i>Matricaria recutita</i> 8,8 % <i>Poa annua</i> 26,5 %	0,29 0,29	Keine Unterschiede im Frühjahr höherer prozentualer Gesamtauflauf
<b>ALBRECHT et al. 2000</b>	7 %			höherer prozentualer Auflauf
<b>AMANN 1991</b>	Winterweizen: Pflug: 4,2 % Grubber: 15,7 % Körnermais: Pflug: 1,6 % Grubber: 2,9 %	<i>Chenopodium album</i> Pflug: 0,3 % Grubber: 1,1 % <i>Galium aparine</i> 2,1 – 18,0 % <i>Stellaria media</i> 0,0 – 7,3 % <i>Veronica persica</i> 0,5 – 18,7 %		höherer prozentualer Auflauf
<b>CARDINA et al. 1996</b>		<i>Chenopodium album</i> 0,1 % Gräser 38 %	0,60 0,32	höherer prozentualer Auflauf bessere Korrelation
<b>DERKSEN et al. 1998</b>				Diasporendichten hatten keinen Indikationswert für Unkrautdichten im folgenden Jahr
<b>DESSAINT et al. 1997</b>	9 % - 28,1 %		Ø0,60 flach gepflügt: 0,46 bis 0,73 stark gepflügt: 0,31 und 0,70	Stärkere Ähnlichkeit von Diasporenbank und Keimlingspopulation
<b>FELDMAN et al. 1997</b>		<i>Chenopodium album</i> 0,1 % <i>Lamium amplexicaule</i> 35,6 % <i>Stellaria media</i> 6,4 %		
<b>KNAB 1988</b>		Im Frühjahr: 0,1 – 8 % <i>Galium aparine</i> 25 % Gesamtauflauf: 1,1 – 12,6 % <i>Galium aparine</i> 34,7 %		höherer prozentualer Auflauf bei Anreicherung der Diasporen in der obersten Bodenschicht Gesamtauflauf von <i>G. aparine</i> 10 x größer
<b>PEKRUN et al. 2000</b>		<i>Chenopodium album</i> : Pflug: 0,02 % Grubber: 0,42 % Direktsaat: 1,25 %		höherer prozentualer Gesamtauflauf
<b>ROBERTS &amp; DAWKINS 1967</b>	10,7 % 4 x graben 7,8 % 2x graben 4,5 % ungestört			niedrigerer prozentualer Auflauf im ungestörten Boden
<b>TØRRESEN 2003</b>	3 – 7 %	0,4 – 31 %		höherer prozentualer Auflauf Arten mit großer Samenbank haben niedrige Auflaufraten

Einflüsse der Bodenbearbeitung, der angebauten Kulturart, der Vorfrucht und jahresbedingte Schwankungen führen in der eigenen Untersuchung dazu, dass das Verhältnis zwischen dem Diasporenpotenzial und den daraus im Frühjahr aufgelaufenen Pflanzen stark variiert. Eine große Spannweite im Verhältnis von Individuen im Bestand zur Diasporenbank des Bodens wurde auch in allen der in Tab. 5.1.7 aufgeführten Untersuchungen zum prozentualen Auflauf festgestellt und beschrieben. Diese Variabilität entsteht dadurch, dass die Höhe des prozentualen Auflaufs durch die Art der Boden-

bearbeitung, die Artenzusammensetzung der Diasporenbank, die Kulturart und Vorfrucht sowie die Witterungsbedingungen beeinflusst wird.

- Einfluss von Art und Intensität der Bodenbearbeitung

In der vorliegenden Untersuchung wirkt sich reduzierte Bodenbearbeitung (minimale Bodenbearbeitung und Bearbeitung mit dem Rotogrubber) im Vergleich zur Bodenbearbeitung mit dem Pflug steigend auf **den prozentualen Auflauf im Frühjahr** aus. Diese Beobachtung deckt sich mit Untersuchungen, bei denen bei reduzierter Bodenbearbeitung in der Regel ein höherer prozentualer Auflauf im Frühjahr festgestellt wurde (KNAB 1988, TØRRESEN 2003).

Die günstigere Ausgangsposition der Diasporen durch die Akkumulation an der Bodenoberfläche bei reduzierter Bodenbearbeitung (Abb. 3.1.4) führt zu höheren Keimlingsdichten. An diesem Effekt sind zwei Faktoren maßgeblich beteiligt. Zum Einen sind in der Nähe der Bodenoberfläche die Keimungsbedingungen besser als in tieferen Bodenschichten. Zum Anderen ist hier die Absterberate der Samen im Boden durch fatale Keimung geringer (vgl. Kap.5.1.1.2). KOCH (1969) konnte für die Arten *Thlaspi arvense*, *Chenopodium album* und *Lamium purpureum* zeigen, dass die Keimung von Samen unterhalb einer Bodentiefe von 5 cm drastisch absinkt. Ein größerer Anteil der bei reduzierter Bodenbearbeitung in günstiger Position im Boden vorhandenen Diasporen kann so im Frühjahr erfolgreich keimen und sich etablieren.

Hohe Diasporendichten vermindern in der Regel die Auflaufraten im Frühjahr (Abb. 3.4.3). FENNER (1995) beschreibt, dass die Samen im Boden Lichteinfluss zur Keimung benötigen. Wenn sie jedoch Licht ausgesetzt sind, das durch eine Pflanzendecke gefiltert wird, keimen sie nicht. Der geringere prozentuale Auflauf bei hohen Diasporendichten kann daher auf die Reduzierung der Keimung durch Beschattung bereits gekeimter Individuen zurückgeführt werden. In Experimenten mit unterschiedlichen Aussaatstärken zeigten *Polygonum aviculare* und *Stellaria media* mit zunehmender Samendichte von 2407 Samen/m<sup>2</sup> bis 154040 Samen/m<sup>2</sup> abnehmende Auflaufraten (GRUNDY et al. 2003). Die Arten *Poa annua* und *Capsella bursa-pastoris* wiesen in Experimenten von BERGELSON & PERRY (1989) ebenfalls abnehmende Auflaufraten mit zunehmender Samendichte auf. Diese direkte, dichteabhängige Keimhemmung ist ebenfalls ein Grund für die Reduktion der Keimung bei hohen Diasporendichten. Inter- und intraspezifische, dichteabhängige Keimhemmung verhindert die Keimung unter Bedingungen, die für die Etablierung des Keimlings wegen der Konkurrenz um limitierte Ressourcen ungünstig wären (GRUNDY et al. 2003). Die fördernden Effekte durch die günstigere Lagerungstiefe der Diasporen und reduzierenden Effekte durch geringere Auflaufraten bei hoher Diasporendichte heben sich bei minimaler Bodenbearbeitung auf, wodurch der prozentuale Auflauf aus der Diasporenbank vergleichbare Werte annimmt, wie die der Flächen mit Rotogrubbereinsatz.

Der **Gesamtauflauf** innerhalb einer Vegetationsperiode wird noch stärker durch die Bodenbearbeitungsintensität beeinflusst als der prozentuale Auflauf im Frühjahr. Ein größerer Gesamtauflauf bei reduzierter Bodenbearbeitung wurde auch von anderen Autoren festgestellt (AMANN 1991, CARDINA et al. 1996, PEKRUN et al. 2000).

Mit der vorliegenden Untersuchung kann gezeigt werden, dass der prozentuale Gesamtauflauf aus der Diasporenbank bei Reduzierung der Bodenbearbeitungsintensität ansteigt, weil bei reduzierter Bodenbearbeitung nach der Regulierung im Frühjahr mehr Individuen keimen können als bei Bearbeitung mit dem Pflug (Kap. 3.2.7). Dieser Effekt kommt vermutlich dadurch zustande, dass die unterschiedliche Bodenfeuchtigkeit in den Parzellen mit verschiedener Bodenbearbeitungsintensität während der Wachstumsphase der Wildpflanzen zum Tragen kommt. In den eigenen Untersuchung zur Bodenfeuchte konnten im Herbst und Frühjahr keine signifikanten Unterschiede zwischen den Bearbeitungsvarianten festgestellt werden. Nur im Juni war der Bodenwassergehalt in den Varianten mit reduzierter Bodenbearbeitung höher als bei Pflugbearbeitung (Abb. 8.3.1). Höhere Wassergehalte bei reduzierter Bodenbearbeitung im Vergleich zu gepflügten Böden sind aus den Untersuchungen von AMANN (1991), CARTER (1994), DERKSEN et al. (1996) und PEKRUN et al. (2000) bekannt. PEKRUN et al. (2000) führen den höheren Gesamtauflauf von *Chenopodium album* auf höhere Bodenwassergehalte bei reduzierter Bodenbearbeitung zurück. Für das Auflaufen und Etablieren der Keimlinge in der Konkurrenzsituation mit den schon weiter entwickelten Kulturpflanzen ist im Sommer mehr Wasser verfügbar als unter den Bedingungen von gepflügten Böden. Die größere Anzahl von Diasporen nahe der Oberfläche in günstiger Position für Keimung und Wachstum trägt ebenfalls dazu bei, dass der prozentuale Gesamtauflauf deutlich erhöht ist.

Die reduzierte Bodenbearbeitung fördert also nicht nur den Auflauf der Wildpflanzen aus der Diasporenbank durch höhere Auflaufwahrscheinlichkeit der Wildpflanzen im Frühjahr, sondern verbessert auch die Keimungs- und Etablierungschancen während der gesamten Vegetationsperiode durch eine bessere Wasserversorgung.

Bei wendender Bodenbearbeitung mit dem Pflug ist die einmalige Regulierung der Wildpflanzen im Frühjahr ausreichend, um die Konkurrenz zu unterdrücken. Die Diasporen sind hier gleichmäßig über die Bodentiefe verteilt (Abb. 3.1.4) und die Diasporen in günstiger Keimposition sind bereits im Frühjahr gekeimt und werden durch die Herbizidanwendung erfasst. Nach dem Herbizideinsatz können daher vermutlich aus dem durch den Frühjahrsauflauf reduzierten Samenvorrat nur noch wenige Individuen auflaufen. Der wichtigste Faktor für die Reduktion der Diasporendichte im Boden ist die Keimung, die entweder zum Auflauf oder Tod des Keimlings führt (ROBERTS 1972). *Chenopodium album* wies mit zunehmendem Keimlingsauflauf wachsende Verluste der Diasporendichte auf (VLEESHOUWERS 1997). Solche Verluste haben bei geringen Diasporendichten größere Folgen auf die Auflaufwahrscheinlichkeit als bei hohen Diasporendichten (FORCELLA 2003). Dieser Autor unterscheidet zwischen samenlimitiertem und standortlimitiertem Populationswachstum. Der Auflauf aus der Diasporenbank bei Pflugbearbeitung ist nach der Herbizidanwendung vermutlich durch die geringe Zahl an keimfähigen Diasporen in günstiger Bodentiefe limitiert.

Bei reduzierter Bodenbearbeitung reicht dagegen die Abnahme der Diasporendichte in der oberen Bodenschicht durch Keimung im Frühjahr nicht aus, um die weitere Keimung und Etablierung von Ackerwildpflanzen zu reduzieren. Die Böden der Parzellen mit reduzierter Bodenbearbeitung weisen im Vergleich zur Pflugvariante fünf- bis sechsfache

Diasporendichten auf, die nahe der Oberfläche angereichert sind. Besonders bei minimaler Bodenbearbeitung können sich daher auch nach der Herbizidanwendung im Frühjahr Keimlinge aus der Diasporenbank etablieren (Abb.3.2.16). Der prozentuale Auflauf aus der Diasporenbank ist bei reduzierter Bodenbearbeitung nicht durch die Anzahl der Diasporen, sondern durch die Standortbedingungen limitiert. Diese nach der Herbizidanwendung auflaufenden Individuen gelangen zur Blüte (Abb.3.3.2) und bilden Diasporen, die wiederum das Samenpotenzial für die folgende Vegetationsperiode vergrößern.

Anbausysteme mit reduzierter Bodenbearbeitung sind daher auf eine effiziente Wildpflanzenregulierung angewiesen, die im Gegensatz zu Anbausystemen mit Pflugeinsatz auch spät keimende Individuen berücksichtigen muss.

#### - Einfluss der Artenzusammensetzung

Die Art der Bodenbearbeitung wirkt sich auf die Artenzusammensetzung der Diasporenbank aus (Kap. 5.1.2). Einzelne Arten weisen unterschiedlichen prozentualen Auflauf aus der Diasporenbank auf. Spezielle Arteigenschaften wie die Höhe der Samenproduktion, der Ausbreitungsmechanismus und die Fähigkeit zur Ausbildung von persistenten Diasporenbanken beeinflussen den prozentualen Auflauf (vgl. Tab. 5.1.5). Daher sind bei reduzierter Bodenbearbeitung andere Werte für den prozentualen Auflauf der Wildpflanzenpopulationen zu erwarten als bei Bearbeitung mit dem Pflug.

Arten, die kaum in der oberirdischen Vegetation auftreten, können mit großen Diasporenvorräten im Boden vorhanden sein (ALBRECHT & PILGRAM 1997). Die großen Unterschiede im Verhältnis von Diasporenbank und oberirdischer Vegetation veranlassten die Autoren zu einer Gruppierung der Arten in drei Klassen (Tab. 5.1.8).

**Tab. 5.1.8: Klassifizierung der Ackerwildpflanzen nach ihrem prozentualen Auflauf nach ALBRECHT & PILGRAM (1997)**

	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
Prozentualer Auflauf	< 1	1 - 10	> 10
Diasporendichte	hoch		gering
Persistenz	hoch		gering
Diasporengröße	gering	klein - mittel	groß
Individuendichte / Phytomasse	gering	mittel	hoch
Artengruppe	Arten gelegentlich überschwemmter Böden	Therophyten	ausdauernde Arten
Beispielarten der Versuchsfelder	<i>Gnaphalium uliginosum</i>	<i>Matricaria recutita</i> <i>Chenopodium album</i>	<i>Cirsium arvense</i> <i>Elymus repens</i>

Die Arten der Pflanzengesellschaften auf gelegentlich überschwemmten Böden (Klasse 1) sind in der Lage in günstigen Jahren ein hohes Samenpotenzial aufzubauen, das lange Zeit im Boden überdauern kann. Viele (aber nicht alle) Arten, die persistente Diasporenbanken aufbauen, haben eine geringe Samengröße als gemeinsames Merkmal (FENNER 1995). *Gnaphalium uliginosum* hat ein geringes Samengewicht von 0,02 mg und wurde in einigen Proben der Versuchsfelder mit hoher Abundanz in der Diasporenbank nachgewiesen, war aber nicht in der oberirdischen Vegetation zu finden. ZWARGER (1993,

S. 28) konnte zeigen, dass mit Zunahme der Samendichte um 1000 Samen, die Auflaufwahrscheinlichkeit je nach Art zwischen 15 und 0,2 % abnimmt. Die Tendenz einiger Arten mit einer hohen Diasporendichte zu geringen Auflaufraten konnte auch in weiteren Untersuchungen nachgewiesen werden (PEKRUN et al. 2000, TØRRESEN 2003). Als Beispiel aus der eigenen Untersuchung lassen sich *Matricaria recutita* und *Chenopodium album* in die zweite Klasse einordnen. Arten, die sich durch eine hohe Phytomasseproduktion während der Vegetationsperiode auszeichnen (Klasse 3) sind nicht immer auch in der Diasporenbank mit hoher Abundanz vertreten (TØRRESEN et al. 2003). Für die FAM-Versuchsflächen sind *Cirsium arvense* und *Elymus repens* Beispielarten dieser Gruppe. Die Zusammensetzung der Diasporenbank aus Arten mit unterschiedlichen Überlebensstrategien hat demzufolge einen großen Einfluss auf den prozentualen Auflauf der Gesamtpopulationen.

#### - Einfluss der Kulturart

Der unterschiedliche prozentuale Auflauf in den verschiedenen Kulturen (Abb. 3.4.1) wird von ZWERGER (1987) und AMANN (1991) auf die jeweiligen Saattermine und die Art und Intensität der Saatbettbereitung zurückgeführt. Mit der eigenen Untersuchung kann ein solcher Einfluss nicht bestätigt werden, da in den Sommerungen mit einer Saatbettbereitung im Frühjahr sowohl die niedrigsten (Kartoffel) als auch die höchsten (Sommerweizen) Werte gefunden werden und sich der prozentuale Auflauf der Ackerwildpflanzen in Winterweizen und Mais nicht signifikant unterscheidet.

Einen starken Einfluss hat die Keimzeit (vgl. Kap. 1.1) der verschiedenen Arten. Zum Zeitpunkt der ersten Individuenzählung in Winterweizen im März waren hauptsächlich Arten wie *Veronica hederifolia* und *Galium aparine*, die im Herbst oder Frühjahr keimen, vertreten. In Sommerweizen fand die erste Erhebung im Mai statt, so dass auch Arten, die erst bei höheren Temperaturen keimen wie *Galinsoga ciliata*, *Solanum nigrum* und *Chenopodium album* vorhanden waren. Die angebaute Kulturart wirkt sich in der eigenen Untersuchung also über die Artenzusammensetzung der Wildpflanzenvegetation mit Arten unterschiedlicher Auflaufmuster aus.

#### - Einfluss der Vorfrucht

Die niedrigen Auflaufwerte von 1 % der Diasporenbankdichte bei Kartoffelanbau nach der Vorfrucht Winterweizen lassen sich durch das hohe Diasporenpotenzial von 5480 Diasporen/m<sup>2</sup> und dichteabhängiger Verminderung des prozentualen Auflaufs erklären. In Sommerweizen konnte dagegen ein höherer Anteil des Diasporenpotenzials, das kleiner ist als das vor Kartoffelanbau, auflaufen. In den verschiedenen Kulturen wird der prozentuale Auflauf indirekt über den Diasporeneintrag in der Vorfrucht beeinflusst.

Vor der Einrichtung der FAM Versuchsstation wurden auf den Ackerflächen ausschließlich Winterungen wie Wintergetreide und Winterraps angebaut. Die Ergänzung der Fruchtfolge durch die Sommerungen Kartoffel und Mais führte auf den Betriebsflächen dazu, dass der Samenvorrat winterannueller Arten stärker zurückgegangen ist als der von sommerannuellen Arten (ALBRECHT 2004). Ein geringer Anteil sommerannueller Arten am Diasporenvorrat führte wahrscheinlich auch in den Versuchspartellen zu geringerem prozentualen Auflauf in den Sommerungen Kartoffel und Mais.

#### - Einfluss der Witterungsbedingungen

Die Wintertemperaturen, Luft- und Bodentemperaturen vor der Aussaat und der Niederschlag sind Faktoren, die den prozentualen Auflauf beeinflussen (FYKSE & WAERHUS 1999, GRUNDY & MEAD 2000, TØRRESEN 2003). Niedrige Wintertemperaturen mit Frost können zum Absterben der Samen führen (TØRRESEN 2003). Bei diesen Untersuchungen waren die Bodentemperaturen für mehr Arten positiv mit dem prozentualen Auflauf korreliert als die Lufttemperaturen. GRUNDY & MEAD (2000) konnten zeigen, dass sich steigende Temperaturen positiv auf die Auflaufwahrscheinlichkeit von *Stellaria media*, *Chenopodium album* und *Capsella bursa-pastoris* auswirken. *Veronica hederifolia* reagierte in dieser Untersuchung auf Temperaturen über 14°C dagegen mit einer verringerten Auflaufwahrscheinlichkeit. Daher sind die im Vergleich zum Winter 1999/2000 niedrigeren Bodentemperaturen in den Wintern 2000/2001 und 2001/2002 (Tab. 8.3.1) vermutlich eine Ursache für den geringeren prozentualen Auflauf aus der Diasporenbank in der eigenen Untersuchung.

#### 5.1.3.2 Möglichkeiten und Grenzen der Prognose des Frühjahrsauflaufes

Im integrierten Anbau sollen Umweltbeeinträchtigungen, die durch die Landwirtschaft entstehen, vermindert oder vermieden werden (vgl. Kap. 1.2). Die Auswahl der Herbizidwirkstoffe und die Bestimmung des optimalen Zeitpunkts für die Regulierung ist daher besonders wichtig, um mit möglichst geringem Mitteleinsatz eine effektive Wildpflanzenkontrolle zu erzielen. Im integrierten Anbau erfolgt die Entscheidung über die Unkrautregulierung aufgrund der Bestimmung der Verunkrautung in den Kulturen nach Schadschwellen. Dazu ist die Begehung der Ackerflächen und die Bestimmung von Art und Häufigkeit der Wildpflanzenarten nötig. Dieses Verfahren ist zeitaufwendig und nicht praktikabel, wenn der Anwendungszeitpunkt vor dem Erscheinen der Ackerwildpflanzen liegt, z.B. wenn Bodenherbizide eingesetzt werden. Die Prognose der zu erwartenden Ackerwildpflanzen im Frühjahr aus der Analyse der Diasporenbank könnte dieses Problem lösen. Sie kann dazu beitragen, Herbizide einzusparen, indem die Zielarten für die Regulierung identifiziert (MIELE et al. 1998) und die Aufwandmengen und der Anwendungszeitpunkt optimiert werden (GRUNDY 2003). Auch bei der Anwendung standortspezifischer Unkrautregulierung ist eine räumlich differenzierte Analyse der Wildpflanzenbestände nötig. Verfahren zur zeitnahen Bestimmung der Verunkrautung z.B. durch an den Bearbeitungsgeräten montierte Aufnahmegeräte sind in der Entwicklung begriffen und noch nicht praxistauglich (SUDDUTH 1998). Daher kann die Erstellung von räumlich differenzierten Prognosemodellen für den prozentualen Auflauf aus der Diasporenbank bei der standortspezifischen Unkrautregulierung eingesetzt werden (CARDINA et al. 1996).

Die Möglichkeiten der quantitativen Prognose des Wildpflanzenaufkommens aus der Diasporenbank werden auf der Grundlage der jeweiligen Untersuchungen von den verschiedenen Autoren unterschiedlich eingeschätzt. Einige Autoren stellten keinen oder einen nur geringen quantitativen Zusammenhang zwischen Diasporenbank und Wildpflanzendichte im Bestand fest (JENSEN 1969, BALL & MILLER 1989, DERKSEN et al.

1998, CAIXINHAS & JERONIMO 1998 und MILLER & LUTMAN 1998). Andere Autoren betonen den Indikationswert der Diasporenbank für die Vegetation während der Anbauphase aufgrund hoher Korrelationskoeffizienten (WILSON et al. 1985, FORCELLA 1992) und großer Ähnlichkeit in der Artenzusammensetzung von Diasporenbank und oberirdischer Vegetation (DESSAINT et al. 1997).

Für die Differenzen zwischen Diasporenbank und oberirdischen Vegetation gibt es vielfältige Gründe. Zum einen spielt die Art der Bodenbearbeitung (ROBERTS & DAWKINS 1967) und der Zeitpunkt der Bodenbearbeitung (ROBERTS & RICKETTS 1979, TØRRESEN 2003) eine wichtige Rolle. Zum anderen beeinflusst die Kombination von Arten unterschiedlicher Eigenschaften (vg. Tab. 5.1.6) wie Samenproduktion und Keimungsbedingungen diese Beziehung (DESSAINT et al. 1997). Dabei wird die Artenzusammensetzung der oberirdischen Vegetation wiederum durch die Anbaubedingungen der Fruchtfolge, Unkrautkontrolle und Bodenbearbeitung beeinflusst. Die aktuelle Vegetation eines Jahres stellt nur einen Teil der tatsächlichen Artenzusammensetzung der gesamten Wildpflanzenvegetation dar (HILL et al. 1989). Diese Faktoren sind für die Unterschiede in der Beziehung zwischen Diasporenbank und oberirdischer Vegetation zwischen einzelnen Jahren und verschiedenen Studien verantwortlich.

Die Untersuchungen von DESSAINT et al. (1997) zur Ähnlichkeit der Diasporenbank mit der Vegetation im Bestand fanden ohne Herbizidanwendung statt und für den Vergleich von Diasporenbank und oberirdischer Vegetation wurde der Gesamtauflauf einer Vegetationsperiode herangezogen. Diese beiden Faktoren führten wahrscheinlich zu der relativ guten Übereinstimmung von Diasporenbank und Keimlingspopulation dieser Untersuchung. Auch in der eigenen Untersuchung wurden für alle untersuchten Arten unter Berücksichtigung des Gesamtaufbaus bessere Korrelationen ermittelt als bei Betrachtung des Frühjahrsaufbaus. Geringere Beziehungen zwischen Diasporenbank und oberirdischer Vegetation werden vor allem in Untersuchungen gefunden, bei denen die Versuchsbedingungen (Bodenbearbeitung, Fruchtfolge) erst neu etabliert wurden wie in den Untersuchungen von BALL & MILLER (1989) und DERKSEN et al. (1998). Die Versuchsflächen von JENSEN (1969) waren Felder, die über ganz Dänemark verteilt lagen. Für die geringe Übereinstimmung von Diasporendichten und Frequenz einzelner Arten dieser Untersuchung sind u.a. die unterschiedlichen Bodenverhältnisse und Bewirtschaftungsgeschichte anzunehmen. MARSHALL UND ARNOLD (1994) führen die geringe Korrelation zwischen Diasporenbank und Keimlingspopulation auf die hohe Variabilität zwischen den Versuchsflächen und die sehr geringen Diasporendichten ihrer Untersuchung zurück. Auch die Methode der Diasporenbankanalyse kann zu unterschiedlichen Ergebnissen führen. Bei einem Vergleich der Extraktions- und Aufbaumethode fanden MIELE et al. (1998) z.B. nur bei Anwendung der Extraktionsmethode signifikante Korrelationen zwischen potenzieller und aktueller Vegetation. Aus den oben genannten Ergebnissen lassen sich Anforderungen ableiten, die für eine Prognose des Wildpflanzenaufkommens erfüllt sein sollten: Die Standorteigenschaften, Nutzungsgeschichte und Artenzusammensetzung der Ackerflächen sollten bekannt sein, das Anbausystem sollte bereits

etabliert sein und die Diasporenbankanalyse muss möglichst viele Arten erfassen und mit hoher Probenanzahl durchgeführt werden.

Bei reduzierter Bodenbearbeitung wurden bessere Korrelationen zwischen Diasporenbank und aktueller Vegetation ermittelt als bei der Bearbeitung mit dem Pflug (CARDINA et al. 1996). Auch in der eigenen Untersuchung waren die Korrelationskoeffizienten zwischen Diasporenbank und der Individuendichte im Frühjahr bei der Bearbeitung mit dem Rotogrubber signifikant. Bei der Bearbeitung mit dem Pflug und bei minimaler Bodenbearbeitung war keine Korrelation zwischen Diasporenbank und Individuendichte nachweisbar. Dennoch ist der Zusammenhang bei der Bearbeitung mit dem Rotogrubber mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,35 ( $p < 0,05$ ) im Vergleich zu den von CARDINA et al. (1996) ermittelten Werten nicht sehr stark. Der Vergleich der Korrelationskoeffizienten in den Kulturen bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung (Tab.3.4.2) zeigt, dass die Stärke des Zusammenhangs zwischen Diasporenbank und Keimlingspopulation variabel ist und damit die Voraussetzung für eine Prognose des Frühjahrsaufbaus auch bei reduzierter Bearbeitung nicht gegeben ist.

Für eine zuverlässige Prognose des Unkrautbestandes im Frühjahr ist eine stabile Korrelation zwischen Diasporenbank und aufgelaufenen Pflanzen nötig. Die Unterschiede zwischen den verschiedenen Jahren sollten durch Witterungsbedingungen erklärbar sein. In den aufeinanderfolgenden Jahren der eigenen Untersuchung unterschieden sich die Werte für den prozentualen Aufwuchs zwischen den Jahren in allen Kulturen signifikant. Die Vorhersage für den Frühjahrsaufwuchs muss daher die Witterungsbedingungen und darunter besonders die Bodentemperaturen berücksichtigen (vgl. Kap. 5.1.3.1).

		minimal	Rotogrubber	Pflug
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;">                     Bodenbearbeitung                      Artenzusammensetzung                      Kulturart                      Vorfrucht                      Witterung                      räumliche Standortvariabilität                      Dauer der vorherrschenden Bewirtschaftung                 </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Aufwuchs im Frühjahr</div>			
	Korrelation zwischen Diasporenbank und Individuendichte im Frühjahr	n.s.	0,35	n.s.
	Ähnlichkeit der Artenzusammensetzung von Diasporenbank und Keimlingspopulation	60,2	70,2	59,2
	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Gesamtaufwuchs</div>			
	Korrelation zwischen Diasporenbank und Gesamtindividuenendichte	- 0,35	0,32	n.s.
	Ähnlichkeit der Artenzusammensetzung von Diasporenbank und Gesamtindividuen	76,4	81,5	62,5
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Voraussetzung für die Prognose des Frühjahrsaufbaus</div>		schlecht	gut	schlecht
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Voraussetzung für die Prognose des Gesamtaufbaus</div>		gut	gut	schlecht

**Abb. 5.1.4: Qualitative Einschätzung der Voraussetzungen für eine Prognose des Frühjahrsaufbaus und des Gesamtaufbaus einer Vegetationsperiode in den Bearbeitungsvarianten. Pfeil = hat Einfluss auf.**

Die Übereinstimmung der Artenzusammensetzung von Diasporenbank und Individuen im Bestand ist in der eigenen Untersuchung bei reduzierter Bodenbearbeitung vor allem bei Bearbeitung mit dem Rotogrubber besser als bei der Bearbeitung mit dem Pflug. Besonders wenn der Gesamtaufbau der Wildpflanzen während der Anbauphase berücksichtigt wird. Dieses Ergebnis widerspricht den Erwartungen, dass mit abnehmender Störung, in diesem Fall durch die Bodenbearbeitungsintensität, die Unterschiede zwischen ober- und unterirdischer Vegetation größer werden (HENDERSON et al. 1988). Die Autoren stellten fest, dass enge Korrelationen zwischen Diasporenbank und der Vegetation im Bestand bestehen, wenn häufige Störungen die Artenzusammensetzung der Pflanzengemeinschaft auf Arten früher Sukzessionsstadien beschränken. Diese Arten sind auf die Regeneration aus persistenten Samenbanken angewiesen. Im Gegensatz dazu besiedeln Arten späterer Sukzessionsstadien ihre Standorte durch Invasion (DESSAINT et al. 1997). Dieser Zusammenhang, der aus dem Vergleich von Pflanzengemeinschaften verschiedener Ökosystemen mit unterschiedlicher Störungsintensität wie z.B. „desert grass land“ (HENDERSON et al. 1988) und mediterranen Wiesen (LEVASSOR et al. 1990) abgeleitet wurde, gilt offensichtlich nicht innerhalb des Agrarökosystems bei unterschiedlicher Bodenbearbeitungsintensität.

Mit Hilfe des prozentualen Aufbaus lässt sich die zu erwartende Verunkrautung im Frühjahr vor allem qualitativ abschätzen (MIELE et al. 1998, CAIXINHAS et al. 1998). Die Genauigkeit reicht jedoch nicht immer aus, um konkrete Entscheidungen für oder gegen einen Herbizideinsatz zu treffen (Abb. 5.1.3). Bei der Erstellung von Prognosemodellen muss daher die angebaute Kultur, die Vorfurcht und das Bodenbearbeitungssystem durch Modulation der Eingangsgrößen berücksichtigt werden. Prognosemodelle müssen in den meisten Fällen jedoch nicht die absolute Anzahl aller Ackerwildpflanzenarten berücksichtigen (GRUNDY 2003). Für die Anwendung solcher Modelle als Entscheidungshilfe für das Regulierungsmanagement kann die Erfassung einzelner ertragsrelevanter Arten, wie z.B. *Galium aparine*, das in der vorliegenden Untersuchung die größte Korrelation zwischen Diasporenbank und Keimlingspopulation im Frühjahr aufwies, ausreichen. Für solche, meist auch dominante Arten sind die Chancen für eine zuverlässige Vorhersage durch bessere Korrelationen zwischen Diasporendichte und Individuendichte im Bestand wesentlich größer als für die Gesamtdichte aller Wildpflanzen. Auch CARDINA et al. (1996) fanden solche guten Korrelationen für *Chenopodium album*, nicht aber für annuelle Gräser. Sie folgern daraus, dass die Erstellung von Karten für ein „site specific weed management“ nur im ersten Fall nützlich sei.

Die Erstellung eines Prognosemodelles für das Unkrautmanagement eines Betriebes könnte folgendermaßen ablaufen. In einem ersten Schritt wird die Artenzusammensetzung der Vegetation analysiert. Arten, die zu Ertragseinbußen führen, werden als Zielarten identifiziert. Diese Arten werden bei der Analyse der Diasporenbank und des prozentualen Aufbaus berücksichtigt. Nach der Modellierung der Populationsdynamik können dann Regulierungsempfehlungen formuliert werden. Im Sinne eines „site specific weed management“ könnten in Ackerflächen Bereiche mit unterschiedlichem Potenzial für die Populationsentwicklung bestimmter Zielarten ausgegrenzt werden. Die Regulierung

dieser Zielartenpopulationen ist dann nur in den Bereichen erforderlich, wo eine Schadenschwelle überschritten wird oder das Populationswachstum zum Überschreiten der Schadenschwelle führen wird. Diese Vorgehensweise hat den Vorteil, dass sich der Aufwand für die Diasporenbankanalyse gegenüber der Bestimmung der Gesamtpopulation erheblich reduziert. Die Regulierungsempfehlungen können gezielt auf die Anforderungen des Betriebes abgestimmt werden.

### 5.1.3.3 Beziehungen zwischen Diasporenbank und Individuendichte vor der Ernte

Es bestehen nicht nur Beziehungen zwischen der Diasporenbank und der daraus auflaufenden Keimlingspopulation im Frühjahr, sondern auch zwischen den späteren Entwicklungsphasen der oberirdischen Vegetation, deren Biomasse und der Diasporendichte nach der Vegetationsperiode (Kap. 3.4.5).

- Bei pflugloser Bodenbearbeitung mit dem Rotogrubber sind die Individuendichten vor der Ernte positiv mit der Diasporendichte der Flächen korreliert.

Auch die Korrelationsanalyse zwischen Diasporenbank und Vegetation im Bestand der Betriebsflächen der FAM Versuchsstation mit vergleichbarer Bodenbearbeitung wies diese Beziehungen nach (ALBRECHT 2004). Der Korrelationskoeffizient dieser Untersuchung von 0,287 stimmt gut mit dem aus den Parzellenversuchen (Tab. 3.4.9) ermittelten Wert von 0,23 ( $p < 0,05$ ) überein. Hohe Diasporendichten führen demnach zu hohen Individuendichten vor der Ernte.

Bei minimaler Bodenbearbeitung und Bearbeitung mit dem Pflug besteht diese Beziehung nicht. Dies kann unterschiedliche Gründe haben. Die Individuendichte der Wildpflanzen bei minimaler Bodenbearbeitung ist wegen der generell hohen Diasporendichten wahrscheinlich nicht samenlimitiert sondern abhängig von der Anzahl und Verfügbarkeit von Keimnischen. Die Steigerung der Diasporendichten hat also keinen Einfluss mehr auf die Anzahl der Individuen, die sich etablieren können, wenn bereits alle Keimnischen besetzt sind. Bei der Bearbeitung mit dem Pflug wird die Beziehung zwischen Diasporenbankdichte und der oberirdischen Vegetation durch die Verlagerung der Diasporen in tiefere Bodenschichten gestört. Durch die wendende Bearbeitung liegen die Diasporen räumlich – sowohl vertikal als auch horizontal – eher zufällig verteilt und nicht so aggregiert wie bei reduzierter Bodenbearbeitung vor (CARDINA et al. 1996). Die Anzahl keimbereiter Diasporen in günstiger Bodentiefe ist daher eher zufallsbedingt als bei Bodenbearbeitung mit dem Rotogrubber.

### 5.1.3.4 Beziehungen zwischen blühenden Individuen und Diasporenbank nach der Vegetationsperiode

Bei reduzierter Bearbeitung mit dem **Rotogrubber** steigern hohe Individuendichten vor der Ernte die Diasporendichte nach der Vegetationsperiode (Tab. 3.4.9). Die Anzahl blühender Pflanzen wurde in der eigenen Untersuchung am stärksten  $r = 0,491$  ( $p < 0,05$ ) von der Individuendichte vor der Ernte bestimmt. Dieser Zusammenhang legt nahe, dass bei hohen Individuendichten auch eine hohe Samenproduktion und somit ein Anwachsen der Diasporenbank zu erwarten ist.

Die hohen Individuendichten vor der Ernte führten auf den Betriebsflächen der FAM-Versuchsstation dagegen nicht zu einem Anstieg der Diasporenvorräte im Boden (ALBRECHT 2004). Der Autor sieht den Grund dafür darin, dass diese Individuen nicht zur Samenreife gelangen konnten.

Diese unterschiedlichen Beobachtungen bei vergleichbarer Bodenbearbeitung deuten darauf hin, dass die Unterschiede durch andere Bewirtschaftungsmaßnahmen verursacht sein könnten. Es ist bekannt, dass die Herbizidempfindlichkeit mit zunehmender Größe der Ackerwildpflanzen abnimmt (SCHWEIZER et al. 1998). Vergleiche der Bewirtschaftungsdaten der Parzellenversuche mit denen der Betriebsflächen zeigen, dass die Herbizidanwendung auf den Parzellenversuchsflächen meist nach der auf den Betriebsflächen erfolgte. Möglicherweise war dann der optimale Zeitpunkt für die Regulierung der Wildpflanzen schon überschritten. Dadurch könnten einzelne Individuen der Herbizidanwendung entgangen und zur Blüte und Samenreife gelangt sein. Die im Vergleich zu den Betriebsflächen verminderte Effizienz der Unkrautregulierung ist daher eine mögliche Erklärung für die Zunahme der Diasporendichte in den Parzellenversuchen. Auch die Krautabtötung bei Kartoffelanbau fand zu einem späteren Zeitpunkt statt, so dass den Wildpflanzen mehr Zeit zur Verfügung stand, ihren Lebenszyklus mit der Samenproduktion abzuschließen. Untersuchungen belegen, dass verschiedene Behandlungstermine mit Herbiziden zu differenzierten Restverunkrautungen, Samenpotenzialen und Verunkrautungen in den nachfolgenden Früchten führen (KAUL & HEYLAND 1992).

In Untersuchungen zu populationsbiologischen Parametern von Ackerwildpflanzen hat OTTE (1996) ermittelt, dass die Arten der vorliegenden Untersuchung vom Erscheinen der ersten Knospen bis zur Samenreife einen Zeitraum von 14 bis 56 Tagen benötigen. Für *Anagallis arvensis* beispielsweise beträgt dieser Zeitraum 14 Tage. Blühende Individuen dieser Art wurden bereits Mitte Juni, also acht Wochen vor der Ernte erfasst. Die höchste Dichte blühender Individuen der eigenen Untersuchung wies *Veronica persica* auf. Diese Art benötigt einen Zeitraum von 28 Tagen, um bis zur Samenreife zu gelangen (OTTE 1996). Ab dem 12. Juli wurden blühende Individuen verzeichnet, so dass bis zur Ernte am 14. August die Samenbildung der meisten Individuen abgeschlossen war. Unter den Bedingungen der vorliegenden Untersuchung ist also davon auszugehen, dass die blühenden Individuen auch zum Sameneintrag in die Diasporenbank beigetragen haben.

Bei **minimaler Bodenbearbeitung** wird die Diasporenbankdichte nach der Vegetationsperiode in erster Linie durch diejenige vor der Vegetationsperiode bestimmt. Zur Anzahl der blühenden Pflanzen besteht keine signifikante Korrelation. Die Zufuhr von frischen Diasporen durch fruchtende Pflanzen hat offensichtlich in Relation zur bereits vorhandenen sehr hohen Diasporendichte einen verhältnismäßig geringen Einfluss auf die Veränderung der Diasporenbank.

Bei Bearbeitung mit dem **Pflug** konnte weder ein Einfluss der oberirdischen Vegetation auf die Diasporendichte nach der Vegetationsperiode nachgewiesen werden, noch stehen die Diasporendichten aufeinanderfolgender Jahre in Beziehung. KAUL & HEYLAND (1992) fanden bei Diasporendichten unterhalb 4000 Diasporen/m<sup>2</sup> ebenfalls keine signifikanten Korrelationen zwischen Diasporenbank und verschiedenen Entwicklungsstadien der

Vegetation im Bestand und führen das auf die geringen Dichten zurück. Der Mangel an nachweisbaren Beziehungen der eigenen Untersuchung liegt daher vermutlich an den geringen Diasporendichten von ca. 1000 Diasporen/m<sup>2</sup> und der relativ großen Anzahl von Proben mit Diasporendichten unterhalb der Nachweisgrenze.

In Untersuchungen zu den Beziehungen zwischen Individuendichte, Samenproduktion und nachfolgender Diasporendichte wies *Chenopodium album* in einem Jahr trotz hoher Samenproduktion von 200000 Samen/m<sup>2</sup> keine ansteigenden Diasporendichten auf (MULUGETA & STOLTENBERG 1997). Die Samenproduktion/m<sup>2</sup> war bei hoher Individuendichte geringer als bei niedrigeren Dichten. In den vier aufeinander folgenden Jahren dieser Untersuchung wurde eine inkonsistente Beziehung zwischen Individuendichte, Samenproduktion und nachfolgender Diasporendichte beobachtet. Die Autoren führen diese Variabilität auf jahresbedingte Unterschiede bei Samenverlusten durch Keimung, Prädation und Verlust der Keimfähigkeit zurück. Auch die interspezifische Konkurrenz wird als wichtiger Einflussfaktor für die Samenproduktion genannt (MULUGETA & STOLTENBERG 1997).

Bei reduzierter Bodenbearbeitung mit dem Rotogrubber (im FAM übliche Bearbeitung) lassen sich Änderungen der Diasporenbanken aufeinanderfolgender Jahre durch die Anzahl blühender Pflanzen vorhersagen. Bei stärker reduzierter Bodenbearbeitung (minimal) und Pflugbearbeitung ist diese Beziehung nicht so stark ausgeprägt.

## 5.2 Populationsdynamik im organischen Anbausystem

### 5.2.1 Einfluss reduzierter Bodenbearbeitung auf die Wildpflanzenpopulationen

Die Untersuchungsergebnisse des integrierten Anbausystems lassen bei reduzierter Bodenbearbeitung auch im organischen Anbau höhere Populationsdichten erwarten. Die reduzierte Bodenbearbeitung im organischen Anbau der FAM-Versuchsflächen hat jedoch keinen Einfluss auf die untersuchten populationsbiologischen Parameter Diasporendichte, Individuendichte, Anzahl blühender Individuen und oberirdische Phytomasse. Obwohl in manchen Fruchtfolgegliedern auf tiefe Bodenbearbeitung verzichtet wird (Kap. 2.2.2), unterscheidet sich die Bodenbearbeitung der Untersuchungsflächen der FAM-Versuchstation offensichtlich nicht so stark von der Pflugbearbeitung, dass die Wildpflanzendichte beeinflusst wird.

Zum Einfluss reduzierter Bodenbearbeitung im organischen Anbau sind bisher nur wenige Untersuchungen durchgeführt worden. Beim Vergleich der Ergebnisse dieser Untersuchungen mit denen aus Scheyern muss berücksichtigt werden, dass dort andere Fruchtfolgen, Bearbeitungsvarianten und Anbaubedingungen herrschten. Ein Vergleich ist jedoch zur Einordnung des Anbauverfahrens der FAM-Versuchstation erforderlich.

LACKO-BARTOSOVA et al. (2000) stellten bei flacher Bodenbearbeitung von 12-15 cm ein im Vergleich zur Pflugbearbeitung höheres Diasporenpotenzial fest. Bei Bodenbearbeitung mit dem Grubber wurden um ein vielfaches höhere Individuendichten als bei Pflugbearbeitung erfasst (GRUBER et al. 2000). Bei reduzierter Bodenbearbeitung mit dem Schichtengrubber wurde ein höherer Deckungsgrad der Ackerwildpflanzen festgestellt als nach Bearbeitung mit dem Pflug oder Schichtenpflug (EYSEL 2001). In den genannten

Untersuchungen erhöhte reduzierte Bodenbearbeitung die Wildpflanzendichte sowohl der Diasporenbank als auch der Vegetation im Bestand. Die Art der reduzierten Bodenbearbeitung der FAM-Versuchsstation ermöglicht also eine effizientere Wildpflanzenregulierung als eine jährliche reduzierte Bodenbearbeitung, wie sie in den genannten Untersuchungen durchgeführt wurde.

Für die Beurteilung des Bearbeitungssystems ist neben der Wildpflanzendichte auch die Artenzusammensetzung der Vegetation zu berücksichtigen.

Die Gesamtartenzahl und Artendichte der Diasporenbank nahm bei reduzierter Bodenbearbeitung durch das Vorkommen von Arten der Grünland- und Saumgesellschaften zu. In der oberirdischen Vegetation sind die Unterschiede nicht so stark ausgeprägt, ein höherer Anteil von Begleitarten der Ackerwildpflanzengesellschaften war aber auch hier festzustellen. Der Anteil der Arten von Ackerwildpflanzengesellschaften (*Violenea arvensis*) geht zurück, weil diese Artengemeinschaft sich unter den Bedingungen regelmäßiger Pflugbearbeitung entwickelt hat. Eine ähnliche Veränderung der Artenzusammensetzung wurde in Scheyern auch im integrierten Anbau bei reduzierter Bodenbearbeitung beobachtet (Kap. 5.1.2). Im organischen Anbau nehmen die Artenzahlen ebenfalls zu, weil bessere Keimungs- und Etablierungschancen für Arten bestehen, die bei Pflugbearbeitung nicht überleben können.

Im Projekt Ökologische Bodenbearbeitung wurde die Bearbeitung mit dem Pflug, Schichtenpflug und Schichtengrubber verglichen. In dieser Untersuchung ließen die Varianten keine einheitlichen Auswirkungen auf die mittlere Artendichte und Evenness (70,3 bis 72,1) der oberirdischen Vegetation erkennen (EYSEL 2001). Die Gesamtartenzahlen nahmen jedoch von der Pflugvariante (55 Arten), gefolgt vom Schichtenpflug (53 Arten) und Schichtengrubber (48 Arten) ab. Der Autor führt diese Beobachtung auf eine größere Vielfalt an Diasporen zurück, die beim Pflügen an die Oberfläche gelangen. Dadurch können wenige Exemplare von Arten keimen, die nicht in den anderen Varianten vorkommen. Die Tatsache, dass die Artenzahlen der genannten Untersuchung von Jahr zu Jahr zunahmen, weist darauf hin, dass der Prozess der Vegetationsveränderung durch die variierte Bodenbearbeitung noch nicht abgeschlossen war. Für die Bewertung von Anbausystemen hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Vegetation ist aus diesem Grund eine lange Versuchsdauer erforderlich. Die Versuchsflächen der FAM-Versuchsstation hatten zu Beginn der Untersuchung, sieben Jahre nach der Anlage, erst eine Fruchtfolge durchlaufen. Es ist daher anzunehmen, dass sich der Prozess der Vegetationsentwicklung noch weiter fortsetzen wird.

Die geringere Evenness bei reduzierter Bearbeitung weist auf eine Verschiebung der Abundanz einzelner Arten der oberirdischen Vegetation hin. Bei vergleichbarer Gesamtartenzahl haben wenige Arten einen höheren Anteil an der Individuendichte. In den Versuchsflächen sind es vor allem die Arten *Elymus repens*, *Poa annua* und *Apera spica-venti*, die ihre Dominanz bei reduzierter Bodenbearbeitung verdoppelten. Für *Elymus repens* lässt sich die Zunahme durch die verminderte Störung der vegetativen Ausbreitung in den Jahren mit reduzierter Bodenbearbeitung erklären (POLLARD et al. 1982, TØRRESEN & SKUTERUD 2002). Die einjährigen Gräser *Poa annua* und *Apera spica-venti*

profitieren bei reduzierter Bodenbearbeitung durch eine günstigere Position der Samen im Boden, wodurch ein größerer Anteil der Samen keimen und sich etablieren kann als bei regelmäßiger Bearbeitung mit dem Pflug. Auch *Stellaria media* wird durch das reduzierte Bodenbearbeitungssystem gefördert. Aus Untersuchungen in integrierten Anbausystemen mit reduzierter Bodenbearbeitung ist bekannt, dass diese Art vor allem in Jahren mit milden Wintern von der reduzierten Bearbeitung profitiert, weil sie auch im Herbst und Winter überdauern und Diasporen produzieren kann (KNAB 1988, AMANN 1991). Für die geringeren Individuendichten von *Veronica persica* ist möglicherweise die Größe der Diasporen mit einem Gewicht von 0,6 mg ausschlaggebend. Diasporen dieser Art sind, wenn sie bei reduzierter Bodenbearbeitung an der Bodenoberfläche bleiben, eine attraktivere Nahrungsquelle für Arthropoden und Vögel als die kleineren Diasporen anderer Arten.

Diese Änderungen in der Artenzusammensetzung führten jedoch bisher nicht zu Ertrags-einbußen; bei reduzierter Bodenbearbeitung wurde ein Mehrerlös von 20 €/ha erzielt (KAINZ et al. 2003). Der Regulierung der Gräser muss jedoch vermehrt Aufmerksamkeit geschenkt werden, damit durch die Konkurrenz dieser Arten mit den Kulturarten keine Ertragseinbußen entstehen. Das Bodenbearbeitungssystem der FAM-Versuchsstation stellt in ökonomischer Hinsicht eine Alternative zur regelmäßigen Pflugbearbeitung dar, weil die Wildpflanzendichte nicht beeinflusst wird und die Vorteile reduzierter Bodenbearbeitung durch die Erosionsminderung und die Einsparung von Energie und Arbeitszeit zum Tragen kommen. Vorteile aus Sicht des Artenschutzes bestehen nicht, weil der Anteil der Arten von Ackerwildpflanzengemeinschaften (*Violenae arvensis* HÜPPE & HOFMEISTER 1998) zurückgeht.

### **5.2.2 Einfluss des Luzerne-Kleegrasanbaus auf die Vegetationsentwicklung in Weizen**

Mit dem Vergleich von Luzerne-Kleegras und Kartoffeln als Vorfrucht kann der Einfluss des Luzerne-Kleegrasanbaus auf die Wildpflanzenentwicklung in Weizen erläutert werden. Luzerne-Kleegras unterscheidet sich von anderen Kulturen durch einen längeren Zeitraum, in dem keine Bodenbearbeitung stattfindet. Nach drei Jahren Kleegrasanbau ohne Bodenbearbeitung konnte wegen geringer Diasporenproduktion der Wildpflanzen eine Reduktion der Diasporendichte um 41 % festgestellt werden (SJRSEN 2001). Auch Diasporenbankanalysen der FAM-Betriebsflächen zeigen, dass die Diasporendichte durch Luzerne-Kleegrasanbau um 39 % reduziert wird (ALBRECHT et al. 2002). In Luzerne-Kleegras wird durch die Entwicklung einer geschlossenen Vegetation, die im Frühjahr durch Beschattung das Keimen von Wildpflanzen unterdrückt und sehr konkurrenzstark ist, die Wildpflanzendichte reduziert. Die geringeren Etablierungschancen der Wildpflanzen lassen nach dem Anbau von Luzerne-Kleegras niedrige Diasporendichten erwarten.

Die höheren Diasporendichten (Abb. 4.1.1) stehen im Gegensatz zu diesen Erwartungen. Luzerne-Kleegras wird ohne vorherige Bodenbearbeitung nach den Sonnenblumen untergesät. Untersuchungen zur Überlebensfähigkeit von Diasporen im Boden integriert bewirtschafteter Flächen haben gezeigt, dass beim Ausbleiben der Bodenbearbeitung die

Überlebensfähigkeit größer ist, als nach Bearbeitung mit dem Pflug (vgl. Kap. 5.1.1.2). Es ist daher wahrscheinlich, dass das vergleichsweise hohe Diasporenpotenzial aus der Vorfrucht Sonnenblume resultiert. Die Bewirtschaftungsmaßnahmen zur Vorfrucht sind daher vermutlich der Grund für die Unterschiede im Diasporenpotenzial der Weizenflächen. YOUNIE et al. (2002) fanden in Untersuchungen zu Fruchtfolgen mit unterschiedlichen Anteilen von Klee gras ebenfalls höhere Diasporendichten in Klee gras- als in Kartoffelbeständen. Über den gesamten Fruchtfolgezyklus gesehen, hatten dabei die Fruchtfolgen mit einem höheren Anteil an Klee gras (50 % gegenüber 38 %) geringere Diasporendichten zur Folge. Eine Steigerung des Anteils an Luzerne-Klee gras könnte demnach die Diasporendichte verringern. Nach Klee gras gemengen sind Getreidekulturen jedoch signifikant ärmer an typischen Ackerwildpflanzenarten (FRIEBEN 1998). In Betrieben mit Hauptnutzung im ersten Jahr der Einsaat kamen bei dieser Untersuchung gefährdete Ackerwildpflanzen zum Aussamen, bei Untersaat in die Vorfrucht dagegen nicht. Die Autorin schlägt daher die Einsaat von Leguminosen-Gras-Gemengen im ersten Hauptnutzungsjahr vor, die dann eine zweite Vegetationsperiode abschließen können.

Die unterschiedliche vertikale Verteilung der Diasporen (Abb. 4.1.2) lassen sich dadurch erklären, dass die Bodenbearbeitung nach Luzerne-Klee gras auf einer Tiefe von 20 cm durch mischende Geräte erfolgt. Die Diasporen werden über die gesamte Bearbeitungstiefe verteilt. Nach Kartoffelanbau findet dagegen nur eine flache Bodenbearbeitung statt. Dadurch verbleiben die im Kartoffelbestand gebildeten Diasporen in den oberen 10 cm des Bodens. Dieser Vorgang zeigt, dass die Wirkung einer Vorfrucht nicht nur von der angebauten Pflanzenart, sondern auch von den Anbaumaßnahmen zur Vor- oder Vorvorfrucht abhängt (KAHNT 1986).

In den Versuchsfeldern kann im Frühjahr kein Einfluss der Vorfrucht auf die Individuendichte festgestellt werden. Unterschiede werden erst im Verlauf der Populationsentwicklung während der Vegetationsperiode deutlich. Nur nach Luzerne-Klee gras vermindert der Striegeleinsatz die Individuendichten vor der Ernte und die Gesamtindividuenzahl (Abb. 4.2.4). Im Jahr 2000 war auch die Phytomasse der Wildpflanzen niedriger. Diese Beobachtung kann dadurch erklärt werden, dass beim Striegeln neue Keimnischen (GRUBB 1977) für bisher nicht gekeimte Diasporen geschaffen werden. Durch Bodenstörungen während der typischen Keimungsperiode verlieren die Diasporen ihre Keimruhe und die Anzahl der Keimlinge wird erhöht (URBANSKA 1992). Die Anzahl keimbereiter Diasporen in Oberflächennähe ist jedoch aufgrund der unterschiedlichen vertikalen Verteilung im Boden nach der Vorfrucht Luzerne-Klee gras geringer. Offensichtlich konnten daher nach dem Striegeleinsatz weniger Individuen auflaufen und die Individuendichten vor der Ernte waren geringer als nach Kartoffelanbau. Darüber hinaus reduzierte der Luzerne-Klee grasanbau die Dichte blühender Pflanzen in der nachfolgend angebauten Weizenkultur. Die geringere Gesamtindividuen dichte vor allem der Arten *Galium aparine*, *Stellaria media* und *Veronica hederifolia* ist die Ursache für die verminderte Anzahl blühender Individuen (Abb. 4.3.1). Dadurch wird der Diasporeneintrag reduziert und das Diasporenpotenzial für die Folgekulturen verringert.

Der niedrigere prozentuale Auflauf von *Stellaria media* (Tab. 4.4.3) und die geringeren Individuendichten im Bestand (Abb. 4.2.9) lassen sich durch die unterschiedliche Lagerungstiefe der Diasporen (Abb. 4.1.9) erklären. Der geringere Anteil von Diasporen in günstiger Lagerungstiefe in der Nähe der Bodenoberfläche führt zu geringerem prozentualen Auflauf. Die Verringerung der Populationsdichte von *Stellaria media* resultiert also nicht nur aus der Unterdrückung in Leguminosen, wie sie von VAN ELSSEN (2000) festgestellt wurde. In der Luzerne-Klee gras Kultur findet über eine längere Zeitspanne keine Bodenbearbeitung statt. Dadurch lässt sich erklären, dass *Veronica persica* und *Matricaria recutita* als Arten, die sich im Herbst etablieren und Diasporen bilden können, wenn sie nicht durch die Bodenbearbeitung vernichtet werden, von Luzerne-Klee grasanbau profitieren. Wahrscheinlich ist es immer der Fall, dass sich einige Individuen in offenen Stellen innerhalb des Klee grasbestandes etablieren und Samen produzieren (VAN ELSSEN 2000).

Sowohl im Labor als auch in Freilandversuchen konnte gezeigt werden, dass einige Wildpflanzenarten durch wässrige Lösungen aus Pflanzenteilen von Kleearten in ihrer Entwicklung gehindert werden (LIEBMAN & OHNO 1998). Die Unterdrückung der Wildpflanzenpopulationen in der Folgekultur nach Luzerne-Klee gras kann daher auch auf allelopathische Wirkungen der Pflanzenrückstände zurückgeführt werden (NGOUAJIO & MCGIFFEN 2002). Die Auswirkungen des Luzerne-Klee grasanbaus reichen also über den unkrautunterdrückenden Effekt in der Kultur selbst auch noch in die nachfolgenden Kulturen hinein.

### 5.2.3 Beziehungen zwischen den Populationsstadien

Der prozentuale Auflauf aus der Diasporenbank der Versuchsflächen im organischen Anbau liegt mit 0,7 % bis 5,2 % im Frühjahr und Werten von 2,6 % bis 18,3 % für den Gesamtaufbau im unteren Bereich der aus der Literatur bekannten Werte für den integrierten bzw. konventionellen Anbau. Die Werte stimmen gut mit denen der organisch bewirtschafteten FAM Betriebsflächen überein (ALBRECHT 2004, unveröffentlichte Daten). Vergleichswerte aus anderen Untersuchungen im organischen Anbau liegen nicht vor. Der niedrigere prozentuale Auflauf resultiert aus den mit durchschnittlich ca. 12000 Diasporen/m<sup>2</sup> vergleichsweise hohen Diasporenbankdichten im organischen Anbau. Wie schon in Kap. 5.1.1. erläutert, führen hohe Diasporendichten zu niedrigem prozentualen Auflauf. Dieser Zusammenhang, der auch von ZWARGER (1993), PEKRUN et al. (2000) und TØRRESEN (2003) beschrieben wurde, wird im organischen Anbausystem besonders deutlich. Es besteht eine signifikante negative Korrelation zwischen der Diasporendichte und dem prozentualen Auflauf im Frühjahr. Bei hohem Diasporenpotenzial werden eher niedrige Werte des prozentualen Auflaufs erzielt. Die niedrigen Werte des prozentualen Auflaufs in Weizen nach Luzerne-Klee grasanbau veranschaulichen diesen Effekt. Hier konnten bei signifikant höheren Diasporendichten nach der Vorfrucht Luzerne-Klee gras eine gleiche Anzahl Individuen auflaufen wie nach der Vorfrucht Kartoffel. Dafür sind vermutlich in erster Linie die Beschattung durch bereits gekeimte Individuen (FENNER 1995) und direkte, dichteabhängige Keimhemmung verantwortlich (GRUNDY et al. 2003). Untersuchungen von LIEBMAN & OHNO (1998) deuten darauf hin, dass die Keimung und

Etablierung einiger Wildpflanzenarten durch allelopathische Wirkung von Leguminosen unterdrückt werden kann. Möglicherweise sind deshalb auch allelopathische Prozesse, die eine Keimung weiterer Individuen unterdrücken, die Ursache für einen geringeren prozentualen Auflauf. Vermehrte Tätigkeit von Pilzen und Bakterien können die Keimfähigkeit der Diasporen im Verlauf des Winters herabsetzen oder zum Absterben der Diasporen führen (NGOUAJIO & GIFFEN 2002). Eine weitere Ursache für geringeren prozentualen Auflauf im organischen Anbausystem könnte daher die höhere biologische Aktivität der Bodenorganismen in organischen Anbausystemen sein.

### **Prognose des Frühjahrsauflaufs**

Im organischen Anbau wäre eine Prognose der im Frühjahr auflaufenden Individuen als Entscheidungshilfe für die Bestimmung des günstigsten Regulierungszeitpunktes bestimmter Problemarten hilfreich (KROPFF et al. 2000). Gute Voraussetzung für eine solche Prognose sind gegeben, wenn die Artenzusammensetzung von Diasporenbank und Vegetation im Bestand gut übereinstimmen und die Diasporendichte mit der Individuendichte korreliert. Die Übereinstimmung in der Artenzusammensetzung von Diasporenbank und Vegetation im Bestand ist bei reduzierter Bearbeitung mit 58 % geringer als bei Bearbeitung mit dem Pflug (69 %). Es bestehen nur für 50 % der untersuchten Aufnahmen signifikante Korrelationen zwischen der Diasporenbankdichte und den im Frühjahr aufgelaufenen Individuendichten. Signifikante Korrelationen konnten nur für wenige Arten (*Galium aparine*, *Stellaria media*) in bestimmten Kulturen ermittelt werden. Anders als im integrierten Anbausystem verbessert die Reduzierung der Bodenbearbeitungsintensität also nicht die Voraussetzungen für eine Prognose des Frühjahrsauflaufs. Die Art der reduzierten Bodenbearbeitung in den beiden Anbausystemen ist jedoch nicht vergleichbar, da im organischen Anbau je nach Fruchtfolgeglied eine Kombination aus Bodenbearbeitungen in unterschiedlicher Tiefe angewandt wird. Auch SJURSEN (2001) konnte nur in 41 % der untersuchten Fälle signifikante Korrelationen zwischen Diasporenbankdichte und Individuendichte im Bestand feststellen. Für *Capsella bursa-pastoris* lagen die Korrelationskoeffizienten seiner Untersuchung im Bereich von  $-0,569$  bis  $+0,950$ . Der Autor folgert daraus, dass ein Anstieg der Diasporendichte nur teilweise einen Anstieg der Individuendichte im Bestand anzeigt.

Auch die Ergebnisse der eigenen Untersuchung legen nahe, dass die Individuendichte im Frühjahr nicht genau genug aus der Diasporendichte prognostizierbar ist, um konkrete Regulierungsentscheidungen zu treffen. Dabei sind die Voraussetzungen für eine Prognose wegen der fehlenden Korrelation zwischen Diasporenbank und Vegetation im Bestand schlechter als im integrierten Anbau.

CLEMENTS et al. (1994) vermuten beim Vorkommen vieler Arten auch mehr Interaktionen der Wildpflanzen untereinander. HALD (1999) fand bei höherer Artendiversität ein besseres und stabileres Nahrungsangebot für Arthropoden in organisch bewirtschafteten Äckern. Mit steigender Artendiversität steigt daher auch die Anzahl der Interaktionen im Ökosystem. Die höhere Artendiversität von Diasporenbank und oberirdischer Vegetation der Ackerwildpflanzengemeinschaften im organischen Anbau verursacht daher vermutlich

den Unterschied zwischen den Systemen. Die Erfassung aller relevanter Faktoren, die die Keimung und Etablierung von einzelnen Individuen beeinflussen (vgl. Kap. 5.1.3.1), wird daher mit zunehmender Komplexität des Systems immer unwahrscheinlicher und erschwert die Prognose der Wildpflanzendichte.

### 5.3 Vergleich der Ackerwildpflanzenvegetation bei integriertem und organischem Anbau

Die Parzellenversuchsflächen der FAM Versuchsstation für den integrierten und organischen Anbau liegen in räumlicher Nähe zueinander, weisen ähnliche Standort-eigenschaften auf, wurden von den gleichen Bewirtschaftern bearbeitet und waren zu Beginn der Untersuchung seit sieben Jahren etabliert. Diese Bedingungen stellen gute Voraussetzung für den Vergleich der beiden Anbausysteme dar. In Tabelle 5.3.1 sind die wichtigsten Untersuchungsergebnisse zur Ackerwildpflanzenvegetation in Winterweizen zusammengefasst.

**Tab. 5.3.1: Vegetationsparameter bei integriertem und organischem Anbau in Winterweizen (Median). Signifikante Unterschiede zwischen den Anbausystemen (ANOVA):  $p < 0,05 = *$ ,  $p < 0,01 = **$ , n.s. = nicht signifikant**

Anbausystem Bodenbearbeitung	integriert			organisch		p
	minimal	Rotogrubber	Pflug	reduziert	Pflug	
Diasporenbank						
- Dichte/m <sup>2</sup>	2795	3547	645	5913	8170	**
- Artendichte/100 m <sup>2</sup>	10,0	13,0	7,0	23,0	20,5	**
Vegetation im Bestand						
- Individuendichte vor der Regulierung/m <sup>2</sup>	40	40	20	170	170	**
- Dichte blühender Individuen/m <sup>2</sup>	40,0	10,0	<0,01	90,0	90,0	**
- Phytomasse vor der Ernte [g/m <sup>2</sup> ]	19	6	<0,01	31	27	**
- Artendichte/100 m <sup>2</sup>	11,0	10,0	4,0	16,0	17,0	**
Beziehung zwischen Diasporenbank und Vegetation im Bestand						
- Prozentualer Auflauf <sup>1</sup> [%]	7,8	4,9	4,2	4,5	4,5	n.s.

<sup>1</sup> vor der Regulierung

Im Vergleich zum integrierten oder konventionellen Anbau höhere Diasporendichten wie in der eigenen Untersuchung wurden in den meisten Vergleichsstudien zum organischen Anbau festgestellt (DAVIES et al. 1997, LACKO-BARTOSOVA et al. 2000, HYVONEN & SALONEN 2003). Diasporenbanken organisch bewirtschafteter Flächen weisen mit Diasporendichten von 10000-40000 Diasporen/m<sup>2</sup> (WITTMANN & HINTZSCHE 2000), 7200-17600 Diasporen/m<sup>2</sup> (SJRSEN 2001) und 11785 bzw. 17083 Diasporen/m<sup>2</sup> (YOUNIE et al. 2002) wesentlich höhere Dichten auf als die integrierter Anbausysteme (Tab. 5.1.2). Auf den Betriebsflächen der FAM Versuchsstation wurden in den ersten Jahren nach der Umstellung von konventionellem auf organischen Anbau nach einem anfänglichen Anstieg von 4500 Diasporen/m<sup>2</sup> auf einen Höchstwert von 16000 Diasporen/m<sup>2</sup> wieder abnehmende Diasporendichten nachgewiesen. Sechs Jahre nach der Umstellung waren hier ca. 12000 Diasporen/m<sup>2</sup> vorhanden. Damit sind die Diasporendichten etwa dreimal so hoch wie vor der Umstellung auf organischen Anbau und liegen über denen des integriert bewirtschafteten Betriebes (BELDE et al. 2000). Nach 18 Jahren biologisch-dynamischen

Anbaus wurden im DOK Langzeitversuch mit 6000 Diasporen/m<sup>2</sup> im Vergleich zu 4200 Diasporen/m<sup>2</sup> bei konventionellem Anbau mittlerer Intensität keine signifikant höheren Dichten erfasst (DUBOIS et al. 1998). Diese Ergebnisse zeigen, dass die Unterschiede zwischen dem Diasporenpotenzial organisch und konventionell bzw. integriert bewirtschafteter Böden langfristig nicht bestehen bleiben müssen. Die Dauer des organischen Anbaus beeinflusst die Höhe des Diasporenpotenzials vermutlich durch den steigenden Anteil an organischer Substanz (STOLZE et al. 2000). Diese führt zum Einen zu einer Entwicklung konkurrenzstarker Kulturpflanzenbestände, welche die Wildpflanzendichte und Samenproduktion unterdrücken können (ALBRECHT 2004). Zum Anderen werden im organischen Anbau bei einem hohen Anteil organischer Substanz im Boden eine hohe Aktivität durch Regenwürmer (KAINZ et al. 2003), Mesofauna (PFIFFNER 1997) und Mikroorganismen (MÄDER 1997) festgestellt. Die Diasporendichte kann über die gesteigerte Aktivität solcher Organismen, die zum Abbau der Diasporenbank beitragen, reduziert werden (NGOUAJIO & MCGIFFEN 2002).

Höhere Dichten der **Wildpflanzenpopulationen im Bestand** bei organisch im Vergleich zu integriert bzw. konventionell bewirtschafteten Ackerflächen sind durch zahlreiche Untersuchungen belegt (FRIEBEN 1998, BELDE et al. 2000, EYSEL 2001, BASEDOW 2002, HYVÖNEN et al. 2003). Aus Parzellenversuchen (RAUPP et al. 1998, PALLUT 1999, GRUBER et al. 2000) liegen Ergebnisse über langjährige Untersuchungen der oberirdischen Vegetation bei organischem Anbau bzw. dem Verzicht auf mineralische Dünge- und Pflanzenschutzmittel (SCHUBOTH & MAHN 1994, HYVÖNEN & SALONEN 2002) vor, die einen Anstieg der Individuendichte oder des Deckungsgrades der Ackerwildpflanzen nach Einführung des organischen Anbaus belegen.

In einem Feldversuch in Michigan, USA wurde die **Phytomasse** der Wildpflanzen bei konventionellem, Anbau mit reduzierter Bodenbearbeitung, extensivem und organischem Anbau erhoben (MENALLED et al. 2001). Die Autoren stellten bei organischem Anbau die höchste Phytomasse fest; bei reduzierter Bodenbearbeitung war die Phytomasse höher als bei konventionellem Anbau mit dem Pflug. Diese Ergebnisse stimmen gut mit denen der eigenen Untersuchung und denen von HALD (1999) überein, die bei organischem Anbau in Dänemark im Vergleich zu konventionellem Anbau eine fünffach höhere Phytomasse erfasste.

Mit der eigenen Untersuchung kann gezeigt werden, dass der **prozentuale Auflauf** aus der Diasporenbank in Weizen in beiden Betriebssystemen ungefähr gleich hoch ist. Die höheren Individuendichten bei organischem Anbau resultieren daher aus den höheren Diasporendichten, die bei vergleichbarem prozentualem Auflauf aus der Diasporenbank zu höheren Individuendichten im Bestand führen. Die höhere **Dichte blühender Individuen** im organischen Anbau sorgt mit der daraus resultierenden höheren Diasporenproduktion für die Aufrechterhaltung des Diasporenpotenzials auf hohem Niveau.

Die im organischen Anbau durchgeführte mechanische Unkrautregulierung erreicht einen Wirkungsgrad von etwa 40 – 70 % (BECKER & HURLE 1998). Verglichen mit dem Einsatz von Herbiziden sind mechanische Maßnahmen der Unkrautkontrolle weniger effektiv

(CLAUPEIN & BAEUMER 1992, BARBERI 2002). Höhere Diasporen- und Individuendichten bei organischem Anbau resultieren daher aus dem Verzicht auf chemische Unkrautregulierung (SCHUBOTH & MAHN 1994, HALD 1999, EYSEL 2001, NGOUAJIO & MCGIFFEN 2002, HYVÖNEN & SALONEN 2003). Untersuchungen von Fruchtfolgen im organischen Anbau mit unterschiedlichem Kleeernteanteil weisen darauf hin, dass ein hoher Anteil an Feldfrüchten (38 %) die Diasporenbank anwachsen lässt, ein hoher Anteil an Kleeernte (67 %) dagegen zur Reduktion der Diasporenbank führt (YOUNIE et al. 2002). Bei einem Kleeernte Anteil von 28 % in der Fruchtfolge der FAM Versuchsstation sind daher hohe Diasporendichten im organischen Anbau zu erwarten. Die Steigerung des Kleeernteanteils in der Fruchtfolge könnte zur Reduktion der Diasporendichten im organischen Anbau beitragen (vgl. Kap. 5.2.2).

Die höheren **Artendichten** bei organischem im Vergleich zu integriertem Anbau in den Parzellenversuchen der FAM Versuchsstation stimmen gut mit den Ergebnissen der Betriebsflächen überein. Im organisch bewirtschafteten Betriebsteil stieg die mittlere Artenzahl der Wildpflanzen nach der Umstellung von konventionellem Landbau signifikant an, während die der integriert bewirtschafteten Äcker keine signifikanten Änderungen aufwies (AUERSWALD et al. 2000). Vergleichsuntersuchungen von organisch und konventionell bewirtschafteten Ackerflächen zeigen, dass die Gesamtartenzahlen bei organischem Anbau meist doppelt so hoch sind wie bei konventionellem oder integriertem Anbau (FRIEBEN 1990, HILBIG 1997, GRUBER et al. 2000, EYSEL 2001, KELLER 2001, HYVÖNEN et al. 2003). Auch die Artendichte pro m<sup>2</sup> war bei den Untersuchungen von MENALLED et al. (2001) im organischen Anbau etwa doppelt so hoch wie bei konventionellem Anbau. Mechanische Unkrautregulierung führt zu Keimungschancen für sommerannuelle Arten, ohne alle im Herbst und Winter gekeimte Arten zu vernichten, (FRIEBEN 1998) und sie wirkt nicht artenspezifisch (HATCHER & MELANDER 2003). Bei chemischer Unkrautregulierung mit Herbiziden werden dagegen herbizidempfindliche Dikotyle reduziert und herbizidtolerante Arten (Gräser) gefördert (MAHN 1984). Beim Aussetzen der Herbizidanwendung werden deshalb vor allem Zunahmen herbizidempfindlicher Arten beobachtet (HALD 1999, HYVÖNEN & SALONEN 2002). Als naheliegender Grund für die höheren Artenzahlen bei organischem Anbau wird daher der Verzicht auf den Herbizideinsatz genannt (Hyvonen & Salonen 2003, Eysel 2001).

RYDBERG & MILBERG (2000) stellten bei Untersuchungen von 31 Äckern in Schweden nach der Umstellung auf organischen Anbau eine Abnahme der Nitrophyten fest; die Anzahl der Arten mit geringen Ansprüchen an die Stickstoffversorgung nahm zu. Sechs Jahre nach der Umstellung von konventionellem auf organischen Anbau wurde in einem Betrieb in Ostdeutschland mit abnehmender Stickstoffverfügbarkeit die Artenzahl der Wildpflanzen leicht erhöht, der Anteil nitrophytischer Arten ging zurück (HEYER et al. 2003). RAUPP et al. (1998) weisen auf die eminente Bedeutung der organischen Düngung im Vergleich zur Mineraldüngung für ein großes Artenspektrum der Wildkräuter hin. In einem langjährigen Feldversuch konnten sie zeigen, dass neben dem Verzicht auf Herbizide auch die Anwendung organischer Dünger zu höheren Artenzahlen führt.

Die höheren Artenzahlen bei organischem Anbau werden auch auf die höhere Kulturartendiversität in organischen Anbausystemen zurückgeführt (STOLZE et al. 2000, EYSEL 2001). Die erst genannten Autoren zitieren eine Untersuchung zur Fruchtfolge bei organischem, integriertem und konventionellem Anbau in 110 Betrieben der Schweiz, bei der für den organischen Anbau durchschnittlich 4,5 und bei integriertem Anbau 3,4 verschiedene Kulturfrüchte ermittelt wurden. Dieses Verhältnis trifft ungefähr für die Fruchtfolgen des organischen (5 Kulturarten) und integrierten (3 Kulturarten) Anbausystems der FAM Versuchsstation zu. Die höhere Diversität der Wildpflanzenvegetation bei organischem im Vergleich zum integrierten Anbau ist auf die mechanische statt chemische Unkrautregulierung, die organische statt mineralische Stickstoffdüngung und die höhere Anzahl der Fruchtfolgeglieder bei organischem Anbau zurückzuführen.

## 6 Zusammenfassung

Agrarökosysteme in Mitteleuropa erfüllen nicht nur eine Produktionsfunktion, sondern sie besitzen auch eine Artenschutz- und Erholungsfunktion. Forschungsergebnisse zur Ackerwildpflanzenvegetation können daher zur Beantwortung agronomischer und ökologischer Fragen beitragen.

Im Forschungsverbund Agrarökosysteme München (FAM) wurde in einem Langzeitversuch die Entwicklung der Ackerwildpflanzenvegetation nach der Umstellung von einem konventionellen auf einen integriert und einen organisch bewirtschafteten Betrieb untersucht. Das Ziel des Projektes ist u.a. die Entwicklung und Etablierung von Anbausystemen, die eine nachhaltige Produktion und die Erhaltung und Entwicklung einer artenreichen Wildpflanzenvegetation ermöglichen. Als produktionstechnische Maßnahmen werden im integrierten und organischen Anbausystem Formen reduzierter Bodenbearbeitung angewandt. Die Quantifizierung der Auswirkungen dieser Maßnahmen auf die Populationsdynamik der Ackerwildpflanzen ermöglicht die Erstellung von Prognosemodellen. Die Analyse der Änderungen in der Artenzusammensetzung ermöglicht die Bewertung der Anbausysteme in Hinblick auf ihre Artenschutzfunktion.

In Parzellenversuchen im integrierten und organischen Anbausystem wurde in drei Vegetationsperioden untersucht, wie sich die Bodenbearbeitung auf die Beziehungen zwischen den Lebensphasen (Diasporenbank, Vegetation im Bestand) sowie die Artenzusammensetzung der Wildpflanzenvegetation auswirkt. Im organischen Anbau wurde zusätzlich der Einfluss des Luzerne-Kleegrasanbaus auf die Vegetation untersucht. Die Bearbeitungsvarianten der Versuchsflächen waren zu Beginn der Untersuchung bereits seit sieben Jahren etabliert. Die Untersuchungsergebnisse ermöglichen den Vergleich zwischen der reduzierten Bodenbearbeitung, wie sie im FAM-Projekt durchgeführt wurde, mit konventioneller Pflugbearbeitung und stärker reduzierter Bodenbearbeitung.

Im **integrierten Anbausystem** nahm die Diasporendichte des Bodens mit abnehmender Intensität der Bodenbearbeitung von Pflugeinsatz über Rotogrubber nach minimaler Bodenbearbeitung zu. Die Individuendichte war im Frühjahr bei reduzierter Bodenbearbeitung höher als bei Pflugbearbeitung. Im Zeitraum einer Vegetationsperiode liefen bei Pflugbearbeitung 40 Individuen/m<sup>2</sup>, bei Bearbeitung mit dem Rotogrubber 120 Individuen/m<sup>2</sup> und bei minimaler Bodenbearbeitung 370 Individuen/m<sup>2</sup> auf. Der Anteil blühender Individuen und die oberirdische Phytomasse war bei reduzierter Bodenbearbeitung höher als bei Pflugbearbeitung. Der prozentuale Gesamtaufbau aus der Diasporenbank war in Winterweizen bei reduzierter Bodenbearbeitung (minimale Bodenbearbeitung 19 %, Rotogrubber 3 %) höher als bei Bearbeitung mit dem Pflug (2 %). Die Art der Bodenbearbeitung hatte unter den untersuchten Faktoren (Bodenbearbeitung, Kulturart, Vorfrucht, Vegetationsperiode) den stärksten Einfluss auf die Populationsdynamik der Ackerwildpflanzen. Hohe Diasporendichten führten zu hohen Individuendichten im Bestand und zu hohen Dichten blühender Individuen, die wiederum das hohe Diasporenpotenzial aufrecht erhielten.

Die mittlere Artendichte von Diasporenbank im Boden und Vegetation im Bestand stieg mit abnehmender Bodenbearbeitungsintensität. Arten, die bei reduzierter Bodenbear-

beitung, aber nicht bei Pflugbodenbearbeitung vorkommen, gehören meist nicht zu den Charakterarten der Ackerwildpflanzengesellschaften. Die Arten *Chenopodium album*, *Elymus repens*, *Epilobium ciliatum*, *Galium aparine*, *Poa annua* und *Matricaria recutita* werden durch reduzierte Bodenbearbeitung gefördert. Reduzierte Bodenbearbeitung trägt durch höhere Wildpflanzendichten und das zusätzliche Vorkommen von Arten anderer Pflanzengesellschaften zur Erhöhung der Diversität auf Ökosystemebene bei. Eine Förderung typischer Ackerwildpflanzengesellschaften ist nicht zu erwarten.

Die quantitativen Beziehungen zwischen den Lebensphasen der Ackerwildpflanzen sind zum Teil sehr stark ausgeprägt. Diasporenbank und Vegetation im Bestand eignen sich daher als Indikator für die langfristige Populationsentwicklung. Bei Bodenbearbeitung mit dem Rotogrubber weisen Diasporenbank und Vegetation im Bestand bessere quantitative Übereinstimmung und eine größere Ähnlichkeit in der Artenzusammensetzung auf als bei minimaler oder Pflug-Bearbeitung. Dadurch werden die Voraussetzungen zur Vorhersage der langfristigen Populationsentwicklung verbessert. Wenn die **Gesamtpopulationen** aller Arten berücksichtigt werden, ist die Beziehung zwischen Diasporenbank und der Keimlingspopulation im Frühjahr dennoch sehr variabel und schwach ausgeprägt. Die Gesamtpopulationen lassen sich also nicht gut prognostizieren. Der prozentuale Auflauf aus der Diasporenbank **einzelner Arten** (z.B. *Galium aparine*, *Chenopodium album*) zeigt eine geringere Variabilität und ist daher für die Prognose des Wildpflanzenaufkommens besser geeignet. Mit der Berechnung des prozentualen Auflaufs aus der Diasporenbank der Arten, die zu erheblicher Beeinträchtigung der Pflanzenproduktion führen (Zielarten des Pflanzenschutzes), lassen sich Entscheidungshilfen für den Pflanzenschutz unter konkreten Anbaubedingungen (Bodenbearbeitung, Kulturart, Vorfrucht) ableiten.

Im **organischen Anbausystem** hatte die Reduzierung der Bodenbearbeitung keinen Einfluss auf die Populationsdynamik der Ackerwildpflanzen. Die Diversität und Artenzusammensetzung wurde dagegen beeinflusst. Die Artendichte war bei reduzierter Bodenbearbeitung etwas geringer als bei Bearbeitung mit dem Pflug. Gräser waren stärker bei reduzierter Bearbeitungsintensität vertreten. *Apera spica-venti*, *Elymus repens* und *Poa annua* wurden durch die Reduzierung der Bodenbearbeitungsintensität gefördert. Die Veränderung der Artenzusammensetzung hatte keinen Einfluss auf den Ertrag. Die reduzierte Bodenbearbeitung im organischen Anbausystem der FAM-Versuchsstation stellt daher in ökologischer und ökonomischer Hinsicht eine Alternative zur regelmäßigen Pflugbearbeitung dar.

Der Luzerne-Klee grasanbau wirkt sich durch die Verminderung der Diasporendichte in der oberen Bodenschicht reduzierend auf die Unkrautdichte in der Folgekultur aus. Die Anzahl blühender Individuen in Winterweizenbeständen und folglich der Eintrag frischer Diasporen in die Diasporenbank waren nach Luzerne-Klee grasanbau geringer als nach Kartoffelanbau. Dadurch wirkt sich der Luzerne-Klee grasanbau nicht nur auf die Folgekultur, sondern auch auf die darauf folgenden Kulturen aus. Mit einer Erhöhung des Anteils an Luzerne-Klee gras in der Fruchtfolge kann daher die Wildpflanzendichte reduziert werden. Die Intensivierung des Klee grasanbaus kann jedoch zum Verlust typischer Ackerwildpflanzen in der Artengemeinschaft der Ackerflächen beitragen.

Im Vergleich zum integrierten Anbau sind bei organischem Anbau eine höhere Diasporendichte, höhere Individuendichten, eine höhere Anzahl blühender Individuen, höhere Phytomasse und eine höhere Artendichte der Ackerwildpflanzen zu finden. Der prozentuale Auflauf aus der Diasporenbank unterscheidet sich nicht zwischen den Anbausystemen.

In beiden Anbausystemen lässt sich die Populationsentwicklung der Ackerwildpflanzen durch die populationsbiologischen Parameter Diasporenbank, Individuendichte, Dichte blühender Individuen und oberirdische Phytomasse prognostizieren.

## 7 Literatur

- Acciaresi, H.A., H.V. Balbi & H.O. Chidichimo (2001): Influence of tillage and management inputs on weed growth and above ground biomass and yields of wheat varieties. In: BCPC-Weeds, Brighton, 657-662.
- AGÖL (1996): Rahmenrichtlinien für den ökologischen Landbau. Deukalion Verlag, Bad Dürkheim. pp 48.
- Albrecht, H. (2004): Langfristige Veränderung des Bodensamenvorrates bei pflugloser Bodenbearbeitung. Z. Pfl.Krankh. Pfl.Schutz Sonderh. XIX, 97-104.
- Albrecht, H. & M. Pilgram (1997): The weed seed bank of soils in a landscape segment in southern Bavaria. *Plant Ecology* 131, 31-43.
- Albrecht, H., M. Belde & B. Sprenger (2002): Nutzungsbedingte Vegetationsveränderungen auf der FAM-Versuchsstation: Ökosystemare Prozesse mit praktischer Bedeutung für Landwirtschaft und Naturschutz. pp. 13-18, In: P. Schröder et al., eds. FAM-Bericht, Nr 55, Neuherberg.
- Albrecht, H., J. Pfadenhauer, M. Belde & B. Sprenger (2000): Bewertung, Prognose und Steuerung der Entwicklung von Ackerwildpflanzen. pp. 77-84, In: M. Jimenez et al., eds. FAM Bericht, Nr 39, Neuherberg.
- Alm, D.M., E.W. Stoller & L.M. Wax (1993): An Index Model for Predicting Seed Germination and Emergence Rates. *Weed Technology* 7, 560-569.
- Amann, A. (1991): Einfluss von Saattermin und Grundbodenbearbeitung auf die Verunkrautung in verschiedenen Kulturen. Dissertation, Universität Hohenheim, Hohenheim.148.
- Amon, H. (1994): Abgrenzung und Bewirtschaftung von Teilschlägen mit Hilfe von Fernerkundung und Elektronik. Dissertation, TU München, Bonn. pp 231.
- Anderson, R.L. (1994): Characterizing weed community seedling emergence for a semiarid site in Colorado. *Weed Technology* 8, 245-249.
- Anderson, R.L., D.L. Tanaka, A.L. Black & E.E. Schweizer (1998): Weed community and species response to crop rotation, tillage, and nitrogen fertility. *Weed Technology* 12, 531-536.
- ANL ed. (1994): Begriffe aus Ökologie, Landnutzung und Umweltschutz. Informationen der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege. Nr. 4, Laufen. pp 139.
- Auerswald, K., H. Albrecht, M. Kainz & J. Pfadenhauer (2000): Principles of sustainable land-use systems developed and evaluated by the Munich Research Alliance on Agro-Ecosystems (FAM). *Petermanns Geographische Mitteilungen* 114, 16-25.
- Bachthaler, G. (1974): The development of the weed flora after several years` direct drilling in cereal rotations on different soil. In: 12th British Weed Control Conference, 1063-1071.
- Baker, H.G. (1974): The evolution of weeds. *Ann.Rev.Ecol.Syst.* 5, 1-24.
- Baker, H.G. (1989): Some aspects of the natural history of seed banks. pp. 9-21, In: M. A. Leck et al., eds. *Ecology of soil seed bank*. Academic Press, Inc., San Diego.
- Ball, D.A. (1992): Weed seedbank response to tillage, herbicides, and crop rotation sequence. *Weed Science* 40, 654-659.
- Ball, D.A. & S.D. Miller (1989): A comparison of techniques for estimation of arable soil seedbanks and their relationship to weed flora. *Weed Research* 29, 365-373.
- Barberi, P. (2002): Weed management in organic agriculture: Are we addressing the right issues? *Weed Research* 42, 177-193.
- Barberi, P. & L.O. Cascio (2001): Long-term tillage and crop rotation effects on weed seedbank size and composition. *Weed Research* 41, 325-340.
- Barralis, G. & R. Chadoeuf (1987): Potentiel semencier des terres arables. *Weed Research* 27, 417-424.
- Basedow, T. (2002): Konventionelle Landwirtschaft (in ihrer gegenwärtigen Ausprägung) oder ökologische Landwirtschaft? - Für die maximale Biodiversität sind beide erforderlich. *Gesunde Pflanze* 54, 177-182.
- Becker, B. & K. Hurle (1998): Unkrautflora auf Feldern mit unterschiedlich langer ökologischer Bewirtschaftung. Z. PflKrankh. PflSchutz Sonderh. XVI, 155-161.
- Belde, M. & F. Mayer (2002): Analyse der räumlichen Verbreitung von *Cirsium arvense* (L.) Scop.: Eine Simulationsstudie. Z. Pfl.Krankh. Pfl.Schutz Sonderh. XVIII, 367-374.
- Belde, M., A. Mattheis, B. Sprenger & H. Albrecht (2000): Langfristige Entwicklung ertragsrelevanter Ackerwildpflanzen nach Umstellung von konventionellem auf integrierten und ökologischen Anbau. Z. Pfl.Krankh. Pfl.Schutz Sonderh. XVII, 291-301.
- Benech-Arnold, R. (1995): Modelling weed seed germination. pp. 545-566, In: J. Kigel, ed. *Seed development and germination*. Marcel Dekker, New York.
- Benvenuti, S. (2003): Soil Texture Involvement in Germination and Emergence of Buried Weed Seeds. *Agron. J.* 95, 191-198.
- Benvenuti, S., M. Macchia & S. Miele (2001): Quantitative analysis of emergence of seedlings from buried weed seeds with increasing soil depth. *Weed Science* 49, 528-535.

- Bergelson, J. & R. Perry (1989): Interspecific Competition Between Seeds: Relative Planting Date and Density affect Seedling Emergence. *Ecology* 70, 1639-1644.
- BfN ed. (2002): BIOLFLOR - Eine Datenbank mit biologisch-ökologischen Merkmalen zur Flora von Deutschland. Schriftenreihe für Vegetationskunde. Nr. 38, Landwirtschaftsverlag GmbH, Bonn - Bad Godesberg. pp 333.
- Biewer, H. & P. Poschlod eds. (1997): Regeneration artenreicher Feuchtwiesen im Federseeried. Projekt "Angewandte Ökologie". Nr. 24, Karlsruhe. pp 344.
- Bilalis, D., P. Efthimiadis & N. Sidiaras (2001): Effect of three tillage systems on weed flora in a 3-Year rotation with four crops. *J. Agronomy & Crop Science* 186, 135-141.
- Bischoff, A. & E.-G. Mahn (2000): The effects of nitrogen and diaspore availability on the regeneration of weed communities following extensification. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 77, 237-246.
- Blackshaw, R.E., F.J. Larney, C.W. Lindwall, P.R. Watson & D.A. Derksen (2001): tillage intensity and crop rotation affect weed community dynamics in a winter wheat cropping system. *Canadian Journal of Plant Science* 81, 805-813.
- Bokenstrand, A., J. Lagerlöf & P.R. Torstensson (2004): Establishment of vegetation in broadened field boundaries in agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 101, 21-29.
- Bond, W. & A.C. Grundy (2001): Non-chemical weed management in organic farming systems. *Weed Research* 41, 383-405.
- Bonn, S. & P. Poschlod (1998): Ausbreitungsbiologie der Pflanzen Mitteleuropas. Quelle & Meyer, Wiesbaden. pp 404.
- Booth, B.D., S.D. Murphy & C.J. Swanton (2003): Weed ecology in natural and agricultural systems. CABI Publishing, Wallingford. pp 303.
- Boström, U. (1999): Type and time of autumn tillage with and without herbicides at reduced rates in southern Sweden 1. Yields and weed quantity. *Soil & Tillage Research* 50, 271-281.
- Boström, U. & H. Fogelfors (1999): Type and time of autumn tillage with and without herbicides at reduced rates in southern Sweden 2. Weed flora and diversity. *Soil & Tillage Research* 50, 283-293.
- Braun, J. (2002): Vom richtigen Umgang mit dem Boden. *Bioland* 1, 6-8.
- Bruckmeier, S. (2001): Einfluss von Bodenbearbeitungsintensität und Düngung auf Parameter der Bodenfruchtbarkeit in dem System "Integrierter Landbau". Diplomarbeit, Fachhochschule Weihenstephan, Weihenstephan
- Buhler, D.D. (1994): Perennial weed populations after 14 Years of Variable Tillage and Cropping Practices. *Weed Science* 42, 205-209.
- Buhler, D.D. (1995): Influence of tillage systems on weed population dynamics and management in corn and soybeans in the Central USA. *Crop Science* 35, 1247-1258.
- Buhler, D.D. (1997): Effects of Tillage and Light Environment on Emergence of 13 Annual Weeds. *Weed Technology*, 496-501.
- Buhler, D.D. (1998): Tillage Systems and Weed Population Dynamics and Management. pp. 223-246, In: J. L. Hatfield et al., eds. *Integrated Weed and Soil Management*. Ann Arbor, Chelsea.
- Buhler, D.D., R.G. Hartzler & F. Forcella (1997): Implications of weed seedbank dynamics to weed management. *Weed Science* 45, 329-336.
- Caixinhas, M.L., A. Jerónimo, F. Rocha & A. Leitao (1998): Relationship between the seedbank and actual weed flora in one agricultural soil in the Tapada da Ajuda (Lisboa). pp. 51-57, In: G. T. Champion et al., eds. *Weed seedbanks: determination, dynamics and manipulation, Aspects of Applied Biology Nr 51*, St. Catherine's College, Oxford.
- Cardina, J. & D.H. Sparrow (1996): A comparison of methods to predict weed seedling populations from the soil seedbank. *Weed science* 44, 46-51.
- Cardina, J., E. Regnier & K. Harrison (1991): Long-Term Tillage Effects on Seed Banks in Three Ohio Soils. *Weed Science* 39, 186-194.
- Cardina, J., D.H. Sparrow & E.L. McCoy (1996a): Spatial Relationships Between Seedbank and Seedling Populations of Common Lambsquarters (*Chenopodium album*) and Annual Grasses. *Weed Science* 44, 298-308.
- Cardina, J., H.M. Norquay, B.R. Stinner & McCartney (1996b): Postdispersal Predation of Velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) Seeds. *Weed Science* 44, 534-539.
- Cardina, J., T.M. Webster & C.P. Herms (1998): Long-term tillage and rotation effects on soil seedbank characteristics. *Aspects of Applied Biology* 51, 213-220.
- Cardina, J., C.P. Herms & D.J. Doorhan (2002): Crop rotation and tillage system effects on weed seedbanks. *Weed Science* 50, 448-460.
- Carter, M.R. (1994): A review of conservation tillage strategies for humid temperate regions. *Soil & Tillage Research* 30, 289-301.

- Carter, M.R., J.B. Sanderson, J.A. Ivany & R.P. White (2002): Influence of rotation and tillage on forage maize productivity, weed species, and soil quality of a fine sandy loam in the cool-humid climate of Atlantic Canada. *Soil & Tillage Research* 67, 85-98.
- Cavers, P.B. (1995): Seed banks: Memory in soil. *Can.J.Soil Sci.* 75, 11-13.
- Cavers, P.B. & D. Benoit (1989): Seed Banks in Arable Land, In: M. A. Leck and V. T. Parker, eds. *Ecology in Soil seed banks*, Academic Press Inc., San Diego.
- Chandler, K., S.D. Murphy & C.J. Swanton (1994): Effect of Tillage and Glyphosate on Control of Quackgrass (*Elytrigia repens*). *Weed Technology* 8, 450-456.
- Claupein, W. & K. Baeumer (1992): Einfluß von Fruchtfolge, chemischem Pflanzenschutz und Stickstoffdüngung auf die Segetalflora eines Dauerversuches auf Lößboden. *Z. Pfl.Krankh. Pfl.Schutz Sonderh.* XIII, 243-251.
- Clements, D.R., S.J. Weise & C.J. Swanton (1994): Integrated weed management and weed species diversity. *Phytoprotection* 75, 1-18.
- Clements, D.R., D.L. Benoit, S.D. Murphy & C.J. Swanton (1996): Tillage Effects on Weed Seed Return and Seedbank Composition. *Weed Science* 44, 314-322.
- Cromar, H.E., S.D. Murphy & C.J. Swanton (1999): Influence of tillage and crop residue on postdispersal predation of weed seeds. *Weed Science* 47, 184-194.
- Davies, D.H.K., A. Christal, M. Talbot, H.M. Lawson & G. McN Wright (1997): Changes in weed populations in the conversion of two arable farms to organic farming. pp. 973-978, In: BCPC, ed. *The 1997 Brighton crop Protection Conference - Weeds Nr. 3*, BCPC, Brighton, UK.
- Derksen, D.A., G.P. Lafond, A.G. Thomas, H.A. Loepky & C.J. Swanton (1993): Impact of agronomic practices on weed communities: Tillage Systems. *Weed Science* 41, 409-417.
- Derksen, D.A., A.G. Thomas, G.P. Lafond, H.A. Loepky & C.J. Swanton (1994): Impact of agronomic practices on weed communities: Fallow within tillage systems. *Weed Science* 42, 184-194.
- Derksen, D.A., A.G. Thomas, G.P. Lafond, H.A. Loepky & C.J. Swanton (1995): Impact of post-emergence herbicides on weed community diversity within conservation-tillage systems. *Weed Research* 35, 311-320.
- Derksen, D.A., R.E. Blackshaw & S.M. Boyetchko (1996): Sustainability, conservation tillage and weeds in Canada. *Can. J. Plant Sci.* 76, 651-659.
- Derksen, D.A., P.R. Watson & H.A. Loepky (1998): Weed community composition in seedbanks, seedling, and mature plant communities in a multi-year trial in western Canada. pp. 43-50, In: G. T. Champion et al., eds. *Weed seedbanks: determination, dynamics and manipulation*, Aspects of Applied Biology Nr. 51, St. Catherine's College, Oxford.
- Dessaint, F., R. Chadoef & G. Barralis (1997): Nine years' soil seed bank and weed vegetation relationship in an arable field without weed control. *Journal of Applied Ecology* 34, 123-130.
- Dubois, D., C. Scherrer, L. Gust, W. Jossi & W. Stauffer (1998): Auswirkungen verschiedener Landbauformen auf den Bodenvorrat an Unkrautsamen in den Langzeitversuchen Chaiblen und DOC. *Z. Pfl.Krankh. Pfl.Schutz XVI*, 67-74.
- Elsen, T. van (2000): Species diversity as a task for organic agriculture in Europe. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 77, 101-109.
- El Titi, A. (1991): The Lautenbach project 1978-89. pp. 399-411, In: L. G. Firebank et al., eds. *The Ecology of Temperate Cereal Fields*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- El Titi, A. (1999): Der Beitrag des integrierten Pflanzenschutzes zur Erhaltung gefährdeter Wildkrautarten. *Gesunde Pflanzen* 51, 226-233.
- Eysel, G. (2001): Diversität ökologischer und integrierter Landwirtschaft. *BfN-Skripten Nr. 41*, BfN, Bonn. pp 150.
- Feldman, S.R., C. Alzugaray, P.S. Torres & P.S. Lewis (1997): The effect of different tillage systems on the composition of the seedbank. *Weed Research* 37, 71-76.
- Felix, J. & M.D.K. Owen (2001): Weed seedbank dynamics in post conservation reserve program land. *Weed Science* 49, 780-787.
- Fenner, M. (1995): Ecology of Seed Banks. pp. 507-528, In: J. G. Kigel & G. Galili, eds. *Seed development and germination*. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Fogelfors, H. & U. Boström (1998): Effects of autumn tillage and reduced herbicide doses on the part of the weed seedbank that produce seedlings. *Aspects of Applied Biology* 51, 229-236.
- Forcella, F. (1992): Prediction of weed seedling densities from buried seed reserves. *Weed Research* 32, 29-38.
- Forcella, F. (2003): Debiting the seedbank: priorities and predictions. *Aspects of Applied Biology* 69, 151-162.
- Forcella, F., R.L. Benesch Arnold, R. Sanchez & C.M. Ghersa (2000): Modelling seedling emergence. *Field crops Research* 67, 123-139.
- Frick, B.L. & A.G. Thomas (1992): Weed surveys in different tillage systems in southwestern Ontario field crops. *Can. J. Plant Sci.* 72, 1337-1347.

- Friebe, B., V. Bräutigam, W. Gruber, W. Henke & F. Tebrügge (1991): Auswirkungen reduzierter Bodenbearbeitung auf biologische und physikalische Parameter von Ackerböden. Verhandlungen der GFÖ 20, 29-39.
- Friebe, B. (1990): Bedeutung des organischen Landbaus für den Erhalt von Ackerwildkräutern. Natur und Landschaft 65, 379-382.
- Friebe, B. (1998): Verfahren zur Bestandsaufnahme und Bewertung von Betrieben des Organischen Landbaus im Hinblick auf Biotop- und Artenschutz und die Stabilisierung des Agrarökosystems. Schriftenreihe Institut für Organischen Landbau Nr. 11, Berlin. pp 330.
- Froud-Williams, R.J., D.S.H. Drennan & R.J. Chancellor (1983a): Influence of cultivation regime on weed floras of arable cropping systems. *Journal of Applied Ecology* 20, 187-197.
- Froud-Williams, R.J., R.J. Chancellor & D.S.H. Drennan (1983b): Influence of cultivation regime upon buried weed seeds in arable cropping systems. *Journal of Applied Ecology* 20, 199-208.
- Froud-Williams, R.J., R.J. Chancellor & D.S.H. Drennan (1984): The effects of seed burial and soil disturbance on emergence and survival of arable weeds in relation to minimal cultivation. *Journal of Applied Ecology* 21, 629-641.
- Fykse, H. & K. Waernhus (1999): Weed development in cereals under different growth conditions and control intensities. *Acta Agric.Scand. Sect B. Soil and Plant Sci* 49, 134-142.
- Garbe, V. (1994): Reduzierte Bodenbearbeitung: Wenig Pflanzenschutzprobleme. *Pflanzenschutz-Praxis* 2, 25-28.
- Gerhards, R., M. Sökefeld, C. Timmermann & M.M. Williams (2002): Site-Specific Weed Control in Maize, Sugar Beet, Winter Wheat, and Winter Barley. *Precision Agriculture* 3, 25-35.
- Gerowitt, B. (2003): Development and control of weeds in arable farming systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 98, 247-254.
- Gerowitt, B., E. Bertke, S.-K. Hespelt & C. Tute (2003): Towards multifunctional agriculture - weeds as ecological goods? *Weed Research* 43, 227-235.
- Ghersa, C.M. & M.A. Martínez-Ghersa (2000): Ecological correlates of weed seed size and persistence in the soil under different tilling systems: implications for weed management. *Field Crops Research* 67, 141-148.
- Gibson, D.J. (2002): *Methods in comparative plant population ecology*. Oxford University Press, Oxford. pp 344.
- Gill, G.S. & M.A. Arshad (1995): Weed flora in the early growth period of spring crops under conventional, reduced, and zero tillage systems on a clay soil in northern Alberta, Canada. *Soil & Tillage Research* 33, 65-79.
- Glen, D.M., M.P. Greaves & H.M. Anderson eds. (1995): *Ecology and Integrated Farming Systems*, John Wiley & Sons, Chichester. pp. 329.
- Grime, J.P. (2001): *Plant strategies, vegetation processes, and ecosystem properties*. Wiley, Chichester. pp 417.
- Grime, J.P., J.G. Hodgson & R. Hunt (1988): *Comparative plant ecology: a functional approach to common British species*. Unwin Hyman Inc., London. pp 742.
- Gross, K.L. (1990): A comparison of methods for estimating seed numbers in the soil. *J. Ecol.* 78, 1079-1093.
- Grubb, P.J. (1977): The maintenance of species-richness in plant communities: the importance of the regeneration niche. *Biological Reviews* 52, 107-145.
- Gruber, H., K. Händel & B. Broschewitz (2000): Einfluss der Wirtschaftsweise auf die Unkrautflora in Mähdruschfrüchten einer sechsfeldrigen Fruchtfolge. *Z. Pfl.Krankh. Pfl.Schutz Sonderh.* XVII, 33-40.
- Grundy, A.C, A. Mead & W. Bond (1996): Modelling the effect of weed-seed distribution in the soil profile on seedling emergence. *Weed Research* 36, 375-384.
- Grundy, A.C. & A. Mead (1998): Modelling the effects of seed depth on weed seedling emergence. *Aspects of Applied Biology* 51, 75-82.
- Grundy, A.C & A. Mead (2000): Modelling weed emergence as a function of meteorological records. *Weed Science* 48, 594-603.
- Grundy, A.C. (2003): Predicting weed emergence: a review of approaches and future challenges. *Weed Research* 43, 1-11.
- Grundy, A.C., A. Mead & S. Burston (2003a): Does weed seed sowing density significantly effect weed emergence response to burial depth? *Aspects of Applied Biology* 69, 39-45.
- Grundy, A.C., A. Mead & S. Burston (2003b): Modelling the emergence response of weed seeds to burial depth: interactions with seed density, weight and shape. *Journal of Applied Ecology* 40, 757-770.
- Haeupler, H. (1982): *Evenness als Ausdruck der Vielfalt in der Vegetation*. Cramer, Vaduz. pp 268.
- Hakansson, S. (2003): *Weeds and weed management on arable land: an ecological approach*. CABI Publishing, Wallingford. pp 268.
- Hald, A.B. (1999): Weed vegetation (wild flora) of long established organic versus conventional cereal fields in Denmark. *Ann. Appl. Biol.* 134, 307-314.

- Hampl, U., M. Hoffmann, B. Kaiser-Heydenreich, W. Kress & J. Markl (1995): Ökologische Bodenbearbeitung und Beikrautregulierung. Deukalion Verlag, Bad Dürkheim. pp 128.
- Hanf, M. (1999): Ackerunkräuter Europas mit ihren Keimlingen und Samen. 4. Aufl. BLV Verlagsgesellschaft, München. pp 496.
- Harper, J.L. (1977): Population Biology of Plants. Academic Press, London. pp 892.
- Hatcher, P.E. & B. Melander (2003): combining physical, cultural and biological methods: prospects for integrated non-chemical weed management strategies. *Weed Research* 43, 303-322.
- Heitefuss, R. (1990): Begriffsbestimmungen zum Integrierten Landbau. pp. 15-18, In: R. Diercks and R. Heitefuss, eds. *Integrierter Landbau*. BLV-Verlag, München.
- Henderson, C.B., K.E. Petersen & R.A. Redak (1988): Spatial and temporal patterns in the seed bank and vegetation of a Desert Grassland Community. *Journal of Ecology* 76, 717-728.
- Heyer, W., K.-J. Hülsbergen, C. Wittman, S. Papaja & O. Christen (2003): Field related organisms as possible indicators for evaluation of land use intensity. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 98, 451-463.
- Hilbig, W. (1997): Auswirkungen von Extensivierungsprogrammen im Ackerbau auf die Segetalvegetation. *Tuexenia* 17, 295-325.
- Hill, N.M., D.G. Patriquin & S.P. Van der Kloet (1989): Weed seed bank and vegetation at the Beginning and End of the first Cycle of an 4-Course crop rotation with minimal Weed Control. *Journal of Applied Ecology* 26, 233-246.
- Hoffman, M.L., M.D.K. Owen & D.D. Buhler (1998): Effects of Crop and Weed Management on Density and Vertical Distribution of Weed Seeds in Soil. *Agron. J.* 90, 793-799.
- Hofmeister, H. & E. Garve (1998): *Lebensraum Acker*. 2. Aufl., Parey, Berlin. pp 322.
- Holland, J.M., G.K. Frampton, T. Cilgi & S.D. Wratten (1994): Arable acronyms analysed - a review of integrated arable farming systems research in Western Europe. *Ann. Appl. Biol.* 125, 399-438.
- Holland, J.M. (2004): The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: Reviewing the evidence. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 103, 1-25.
- Holm, L.G., D.L. Plucknett, J.V. Pancho & J.P. Herberger (1977): *The World's Worst Weeds*. University Press of Hawaii, Honolulu. pp 609.
- Holzner, W. & M. Numata eds. (1982): *Biology and ecology of weeds*. Dr. W. Junk, Boston London. pp. 461.
- Huang, J.Z., A. Shresta, M. Tollenaar, W. Deen, H. Rahimian & C.J. Swanton (2001): Effect of temperature and photoperiod on the phenological development of common lambsquarters. *Weed Science* 49, 500-508.
- Hulme, P.E. (1998): Post-dispersal seed predation and seed bank persistence. *Seed Science Research* 8, 513-519.
- Hüppe, J. & H. Hofmeister (1990): Syntaxonomische Fassung und Übersicht über die Ackerunkrautgesellschaften der Bundesrepublik Deutschland. *Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft* 2, 61-81.
- Hutcheon, J.A., C.D. Stride & K.J. Wright (1998): Manipulation of weed seedbanks in reduced tillage systems for sustainable weed control. *Aspects of Applied Biology* 51, 249-255.
- Hyvoenen, T. & J. Salonen (2002): Weed species diversity and community composition in cropping practices at two intensity levels - a six-year experiment. *Plant Ecology* 159, 73-81.
- Hyvönen, T. & J. Salonen (2003): Weed seedbank development under low-input and conventional cropping practices. *Aspects of Applied Biology* 69, 119-123.
- Hyvönen, T., E. Ketoja, J. Salonen, J. Heikki & J. Tiainen (2003): Weed species diversity and community composition in organic and conventional cropping of spring cereals. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 97, 131-149.
- Jana, S. & K.M. Thai (1987): Patterns of changes of dormant genotypes in *Avena fatua* populations under different agricultural conditions. *Can. J. Bot.* 65, 1741-1745.
- Jensen, H.A. (1969): Content of buried seeds in arable soil in Denmark and its relation to the weed population. *Dan. Bot. Ark.* 27, 1-56.
- Jimenez, M., P. Schröder & J.C. Munch (2000): Ziele, Hypothesen und Arbeitsschritte des Forschungsverbundes Agrarökosysteme München. pp. 1-13, In: M. Jimenez et al., eds. *FAM-Bericht*, Nr 39. GSF, Neuherberg.
- Kahnt, G. (1986): *Biologischer Pflanzenbau*. Eugen Ulmer GmbH, Stuttgart. pp 228.
- Kainz, M., S. Kimmelman & H.-J. Reents (2003): Bodenbearbeitung im Ökolandbau - Ergebnisse und Erfahrungen aus einem langjährigen Feldversuch. pp. 33-36, In: B. Freyer, ed. *Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau: Ökologischer Landbau der Zukunft*. Universität für Bodenkultur, Wien.
- Kästner, A., E.J. Jäger & R. Schubert (2001): *Handbuch der Segetalpflanzen Mitteleuropas*. Springer, Wien New York. pp 609.
- Kaul, H.-P. & K.U. Heyland (1992): Zum Einfluss von Unkraut- und Nutzpflanzendichte auf die Unkraut-Populationsdynamik bei variiertem Herbizideinsatz in Winterweizen. *Z. Pfl.Krankh. Pfl.Schutz Sonderh.* XIII, 171-180.

- Keller, S. (2001): Biodiversität auf Betrieben integrierter und biologischer Bewirtschaftung - Ergebnisse von Betriebsvergleichen. Schriftenreihe der FAL 36, 30-31.
- Klapp, E. (1990): Taschenbuch der Gräser. Parey, Berlin; Hamburg. pp 282.
- Knab, W. (1988): Auswirkung wendender und nichtwendender Grundbodenbearbeitung auf die Verunkrautung in Abhängigkeit von Fruchtfolge und Unkrautbekämpfung. Dissertation, Universität Hohenheim, Hohenheim. pp 144.
- Knab, W. & K. Hurlle (1986): Influence of soil cultivation on weed populatins. In: EWRS Symposium on Economic weed control, Hohenheim, 309-316.
- Kobayashi, H., Y. Nakamura & Y. Watanabe (2003): Analysis of weed vegetation of no-tillage upland fields based on the multiplied dominance ratio. *Weed Biology and Management* 3, 77-92.
- Koch, W. (1969): Einfluss von Umweltfaktoren auf die Samenphase annualer Unkräuter. Dissertation, Universität Hohenheim, Hohenheim. pp 204.
- Köpke, U. (2000): Konzept der Unkrautregulierung im ökologischen Landbau. *Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft* 72, 57-70.
- Köpke, U. (2000): Konzept der Unkrautregulierung im ökologischen Landbau. *Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft* 72, 57-70.
- Korr, V. (1997): Auswirkungen direkter und indirekter Regulierungsmaßnahmen auf Ressourcenkonkurrenz und Artenvielfalt der Unkrautflora in extensiven Landnutzungssystemen. Dissertation, TU München, München. pp 161.
- Korres, N.E. & R.J. Froud-Williams (2002): Effects of winter wheat cultivars and seed rate on the biological characteristics of naturally occurring weed flora. *Weed Research* 42, 417-428.
- Kropff, M.J., D.T. Baumann & L. Bastiaans (2000): Dealing with weeds in organic agriculture - challenge and cutting edge in weed management. In: 13 th IFOAM Scientific Conference, Basel, 175-177.
- Lacko-Bartosova, M., M. Minar, Z. Vransvska & D. Strasser (2000): Weed seed bank in ecological and integrated farming System. *Rostlinna vyroba* 46, 319-324.
- Lampkin, N., C. Foster, S. Padel & P. Midmore (1999): The Policy and Regulatory Environment for Organic Farming in Europe. *Organic Farming in Europe* 1, Universität Hohenheim, Hohenheim. pp 166.
- Lauer, E. (1953): Über die Keimtemperatur von Ackerunkräutern und deren Einfluss auf die Zusammensetzung von Unkrautgesellschaften. *Flora* 140, 551-595.
- Legere, A. & D.N. Samson (1999): Relative influence of crop rotation, tillage, and weed management on weed associations in spring barley cropping systems. *Weed Science* 47, 112-122.
- Lemieux, C., D.C. Cloutier & G.D. Leroux (1992): Sampling Quackgrass (*Elytrigia repens*) Populations. *Weed Science* 40, 534-541.
- Levassor, C., M. Ortega & B. Peco (1990): Seed bank dynamics of Mediterranean pastures subjected to mechanical disturbance. *Journal of Vegetation Science* 1, 339-344.
- Liebman, M. & T. Ohno (1998): Crop Rotation and Legume Residue Effects on Weed Emergence and Growth. pp. 181-221, In: J. L. Hatfield et al., eds. *Integrated Weed and Soil Management*. Ann Arbor Press, Chelsea.
- Liebman, M., F.A. Drummond, S. Corson & J. Zhang (1996): Tillage and Rotation Crop Effects on Weed Dynamics in Potato Production Systems. *Agron. J.* 88, 18-26.
- Liebmann, M. & A.S. Davies (2000): Integration of soil, crop and weed management in low-external-input farming systems. *Weed Research* 40, 27-47.
- Lowery, B. & D.E. Stoltenberg (1998): Tillage Systems and Crop Residue Management Impacts on Soil Physical Properties: Implications for Weed Management. pp. 87-105, In: J. L. Hatfield et al., eds. *Integrated Weed and Soil Management*. Ann Arbor, Chelsea.
- Lutman, P.J.W. (2002): Estimation of seed production by *Stellaria media*, *Sinapis arvensis* and *Tripleurospermum inodorum* in arable crops. *Weed Research* 42, 359-369.
- Lutman, P.J.W., G.W. Cussans, K.J. Wright & B.J. Wilson (2002): The persistence of seeds of 16 weed species over six years in two arable fields. *Weed Research* 42, 231-241.
- Mäder, P. (1997): Erhöhte bodenmikrobiologische Aktivität durch ökologischen Landbau. pp. 49-71, In: H. Weiger and H. Willer, eds. *Ökologische Konzepte*, Nr 95. Deukalion, Holm.
- Mahn, E.-G. (1984): Structural changes of weed communities and populations. *Vegetatio* 58, 79-85.
- Marshall, E.J.P. & G.M. Arnold (1994): Weed seed banks in arabel fields under contrasting pesticide regimes. *Annals of Applied Biology* 125, 349-360.
- Marshall, E.J.P., V.K. Brown, N.D. Boatman, P. Lutman, G. Squire & L.K. Ward (2003): The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. *Weed Research* 43, 77-89.
- Mayor, J.P. & A. Maillard (1995): Results from an over 20-years-old ploughless tillage experiment at changings. IV. Seed bank and weed control. *Revue Suisse d'Agriculture* 27, 229-236.

- Mayor, J.P. & F. Dessaint (1998): Influence of weed management strategies on soil seedbank diversity. *Weed Research* 38, 95-105.
- McCloskey, M., L.G. Firebank, A.R. Watkinson & D.J. Webb (1996): The dynamics of experimental arable weed communities under different management practices. *Journal of Vegetation Science* 7, 799-808.
- Meier, U. (1997): *Growth Stages of Mono- and Dicotyledonous Plants*. Blackwell Wiss.-Verl., Berlin; Wien. pp 622.
- Menalled, F.D., K.L. Gross & M. Hammond (2001): Weed aboveground and seedbank community responses to agricultural management systems. *Ecological Applications* 11, 1586-1601.
- Mertens, S.K. & J. Jansen (2002): Weed seed production, crop planting pattern, and mechanical weeding in wheat. *Weed Science* 50, 748-756.
- Miele, S., M. Macchia & A. Cozzani (1998): Prediction of weed flora emergence from buried seed reserves in sugar beet. *Aspects of Applied Biology* 51, 29-36.
- Miller, A. & P. Lutman (1998): A preliminary report on patterns of seedbank decline and the relationship between seedbank and seedling emergence for seven arable weed species in winter wheat. *Aspects of Applied Biology* 51, 59-66.
- Miyazawa, K., H. Tsuji, M. Yamagata, H. Nakano & T. Nakamoto (2004): Response of weed flora to combinations of reduced tillage, biocide application and fertilization practices in a 3-year crop rotation. *Weed Biology and Management* 4, 24-34.
- Mohler, C.L. & B. Callaway (1995): Effects of tillage and mulch on weed seed production and seed banks in sweet corn. *Journal of Applied Ecology* 32, 627-639.
- Mortimer, A.M. (1989): On robust weed population models. *Weed Research* 29, 229-238.
- Moyer, J.R. & E.S. Roman (1994): Weed management in conservation tillage systems for wheat production in North and South America. *Crop Protection* 13, 243-259.
- Mulugeta, D. & D.E. Stoltenberg (1997): Weed and seedbank management with integrated methods as influenced by tillage. *Weed Science* 45, 706-715.
- Nentwig, W. (1994): Wechselwirkungen zwischen Ackerwildpflanzen und der Entomofauna. pp. 121-135, In: BmE, ed. *Bodennutzung und Bodenfruchtbarkeit, Berichte über Landwirtschaft Nr. 7*, Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup.
- Ngouajio, M. & M.E. McGiffen (2002): Going Organic changes weed population dynamics. *Hort Technology* 12, 590-596.
- Nordbo, E., S. Christensen & K. Kristensen (1995): Teilflächen Unkrautmanagement. *Z. Pfl.Krankh. Pfl.Schutz* 102, 75-85.
- O'Donovan, J.T. & D.W. McAndrew (2000): Effect of Tillage on Weed Populations in continuous Barley (*Hordeum vulgare*). *Weed Technology* 14, 726-733.
- Otte, A. (1996): Populationsbiologische Parameter zur Kennzeichnung von Ackerwildkräutern. *Z. Pfl.Krankh. Pfl.Schutz Sonderh.* XV, 45-60.
- Pacini, C., A. Wossink, G. Giesen, C. Vazzana & R. Huirne (2003): Evaluation of sustainability of organic, integrated and conventional farming systems: A farm and field-scale analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 95, 273-288.
- Pallutt, B. (1999): Einfluß von Fruchtfolge, Bodenbearbeitung und Herbizidanwendung auf Populationsdynamik und Konkurrenz von Unkräutern in Wintergetreide. *Gesunde Pflanzen* 51, 109-120.
- Pareja, M.R., D.W. Staniforth & G.P. Pareja (1985): Distribution of weed seed among soil structural units. *Weed Science* 33, 182-189.
- Pekrun, C. & W. Claupein (1998): Forschung zur reduzierten Bodenbearbeitung in Mitteleuropa: Eine Literaturübersicht. *Pflanzenbauwissenschaften* 2, 160-175.
- Pekrun, C., M. Griesser & W. Claupein (2000): Feldaufgang von *Chenopodium album* L. als Funktion von Samenvorrat, Keimbereitschaft und Umweltbedingungen. *Z. Pfl.Krankh. Pfl.Schutz Sonderh.* XVII, 69-76.
- Pfadenhauer, H., A. Albrecht, G. Anderlik-Wesinger, N. Kühn, A. Mattheis & P. Toetz (1996): Der Forschungsverbund Agrarökosysteme München (FAM): Ein Modell für die umweltschonende Landwirtschaft der Zukunft? *Verhandlungen der GFÖ* 26, 649-661.
- Pfiffner, L. (1997): Welchen Beitrag leistet der ökologische Landbau zur Förderung der Kleintierfauna? pp. 93-120, In: H. Weiger and H. Willer, eds. *Naturschutz durch ökologischen Landbau Nr 95*. Deukalion, Holm.
- Pollard, F. & G.W. Cussans (1981): The influence of tillage on the weed flora in a succession of winter cereal crops on a sandy loam soil. *Weed Research* 21, 185-190.
- Pollard, F., S.R. Moss, G.W. Cussans & R.J. Froud-Williams (1982): The influence of tillage on the weed flora in a succession of winter wheat crops on a clay loam soil and a silt loam soil. *Weed Research* 22, 129-136.
- Radosevich, S., J. Holt & D. Ghersa (1997): *Weed Ecology*. 2. ed., Wiley, New York. pp 589.
- Raupp, J., K. Schnieders & M. Runge (1998): Ackerwildkrautvegetation in Sommerweizen und Winterroggen bei langjähriger Rottemist oder Mineraldüngung. *Z. Pfl.Krankh. Pfl.Schutz Sonderh.* XVI, 57-65.

- Roberts, E.H. (1972): Dormancy: a faktor affecting seed survival in the soil. In: E. H. Roberts, ed. Viability of Seeds. Chapman and Hall, London.
- Roberts, H.A. (1981): Seed banks in soils. pp. 1-55, In: T. H. Coaker, ed. Adv. in Applied Biology, Nr 6. Academic Press, London.
- Roberts, H.A. (1982): Weed control handbook. 7. ed. Blackwell Scientific Publications, Oxford. pp 533.
- Roberts, H.A. & P. Dawkins (1967): Effect of cultivation on the numbers of viable weed seeds in soil. Weed Research 7, 290-301.
- Roberts, H.A. & M.E. Ricketts (1979): Quantitative relationships between the weed flora after cultivation and the seed population in the soil. Weed Research 19, 269-275.
- Röttele, M. & W. Koch (1981): Verteilung von Unkrautsamen im Boden und Konsequenzen für die Bestimmung der Samendichte. Z. Pfl.Krankh. Pfl.Schutz Sonderh. IX, 383-391.
- Rydberg, N.T. & P. Milberg (2000): A Survey of Weeds in Organic Farming in Sweden. Biological Agriculture and Horticulture 18, 175-185.
- Schleuß, U. (2003): Einbau der Unkrautregulierung als Kulturmaßnahme - Arbeitsmaßnahme: Kann die Bodenbearbeitung zur Unkrautregulierung im ökologischen Landbau beitragen? Bauernblatt Landpost für Schleswig-Holstein und Hamburg 1, 36-38.
- Schuboth, J. & E.G. Mahn (1994): Wie veränderlich ist die Diversität von Ackerungrautzönosen - Ergebnisse 10-jähriger Untersuchungen auf einem Schwarzerdestandort. Z. Pfl.Krankh. Pfl.Schutz Sonderh. XIV, 25-36.
- Schweizer, E.E., D.W. Lybecker & L.J. Wiles (1998): Important Biological Information needed for Bioeconomic Weed management Models. pp. 1-24, In: J. L. Hatfield et al., eds. Integrated weed and soil management. Ann Arbor Press, Chelsea.
- Schwerdtle, F. (1977a): Der Einfluss des Direktsäverfahrens auf die Verunkrautung. Z. Pfl.Krankh. Pfl.Schutz 8, 155-163.
- Schwerdtle, F. (1977b): Untersuchungen zur ertragsmindernden Wirkung der Quecke (*Agropyron repens*) in Zwischenfrucht-Sommerraps und Zuckerrüben. Z. Pfl.Krankh. Pfl.Schutz 8, 79-83.
- Senseman, S.A. & L.R. Oliver (1993): Flowering patterns, seed production, and somatic polymorphism of three weed species. Weed Science 41, 418-425.
- Shrestha, A., S.Z. Knezevic, R.C. Roy & B.R. Ball-Coelho (2002): Effect of tillage, cover crop and crop rotation on the composition of weed flora in a sandy soil. Weed Research 42, 76-87.
- Sjursen, H. (2001): Change of the weed Seed Bank during the first Complete Six-Course Crop Rotation after Conversion from Conventional to Organic Farming. Biological Agriculture and Horticulture 19, 71-90.
- Skuterud, R., K. Semb, J. Saur & S. Mygland (1996): Impact of reduced tillage on the weed flora in spring cereals. NJAS 10, 519-532.
- Sousa, W.P. (1984): The Role of Disturbance in Natural Communities. Annual Review of Ecology and Systematics 15, 353-391.
- Squire, G.R., S. Rodger & G. Wright (2000): Community-scale seedbank response to less intense rotation and reduced herbicide input at three sites. Annals of Applied Biology 136, 47-57.
- Staricka, J.A., P.M. Burford, R.R. Allmaras & W.W. Nelson (1990): Tracing the vertical distribution of simulated shattered seed. Agronomy Journal 82, 1131-1134.
- StatSoft.Inc. (1999): STATISTICA für Windows. Release 5.1. StatSoft.Inc, Tulsa.
- Stevenson, F.C., A. Legere, R.R. Simard, D.A. Angers, D. Pageau & G.P. Lafond (1998): Manure, tillage and crop rotation: Effects on Residual Weed Interference in Spring Barley Cropping Systems. Agronomy Journal 90, 496-504.
- Stolze, M., A. Pierr, A. Häring & S. Dabbert (2000): The Environmental Impacts on Organic Farming in Europe. Economics and Policy of Organic Farming in Europe 6, Universität Hohenheim, Stuttgart. pp 127.
- Streit, B., S.B. Rieger, P. Stamp & W. Richner (2002): The effect of tillage intensity and time of herbicide application on weed communities and populations in maize in central Europe. Agriculture, Ecosystems & Environment 92, 211-224.
- Streit, B., R. S.B., P. Stamp & W. Richner (2003): Weed populations in winter wheat as affected by crop sequence, intensity of tillage and time of herbicide application in a cool and humid climate. Weed Research 43, 20-32.
- Sudduth, K.A. (1998): Engineering and Application of Precision Farming Technology. pp. 311-331, In: J. L. Hatfield et al., eds. Integrated weed and soil management. Ann Arbor, Chelsea.
- Swanton, C.J., D.R. Clements & D.A. Derksen (1993): Weed Succession under Conservation Tillage: A Hierarchical Framework for Research and Management. Weed Technology 7, 286-297.
- Swanton, C.J., A. Shresta, R. Roy, B.R. Ball-Coelho & S.Z. Knezevic (1999): Effect of tillage systems, N, and cover crop on the composition of weed flora. Weed Science 47, 454-461.
- Swanton, C.J., A. Shresta, S.Z. Knezevic, R.C. Roy & B.R. Ball-Coelho (2000): Influence of tillage type on vertical weed seedbank distribution in a sandy soil. Can.J. Plant Sci. 80, 455-457.

- Teasdale, J.R., C.E. Beste & W.E. Potts (1991): Response of weeds to tillage and cover crops Residue. *Weed Science* 39, 195-199.
- Ter Heerdt, G.N., G. Verweij, R. Bekker & J. Bakker (1996): An improved method for seed-bank analysis: seedling emergence after removing the soil by sieving. *Functional Ecology* 10, 144-151.
- Terpstra, R. (1986): Behaviour of Weed Seed in Soil Clods. *Weed Science* 34, 889-895.
- Thomas, A.G. & B.L. Frick (1993): Influence of Tillage Systems in Weed Abundance in Southwestern Ontario. *Weed Technology* 7, 699-705.
- Thompson, K., S.R. Band & J.G. Hodgson (1993): Seed size and shape predict persistence in soil. *Functional Ecology* 7, 236-241.
- Thompson, K., J. Bakker & R. Bekker (1997): The soil seed banks of North West Europe: Methodology, density and longevity. 1. ed. Press syndicate of the University of Cambridge, Cambridge. pp 276.
- Thompson, K., R.M. Bekker & J.P. Bakker (1998a): Weed seed banks; evidence from the north-west European seed bank database. *Aspects of Applied Biology* 51, 105-112.
- Thompson, K., J.P. Bakker, R.M. Bekker & J.G. Hodgson (1998b): Ecological correlates of seed persistence in soil in the north-west European flora. *Journal of Ecology* 86, 163-169.
- Tomasoni, C., L. Borrelli & L. Pecetti (2003): Influence of fodder crop rotations on the potential weed flora in the irrigated lowlands of Lombardy, Italy. *European Journal of Agronomy* 19, 439-451.
- Topham, P.B. & H.M. Lawson (1982): Measurement of weed species diversity in crop/weed competition studies. *Weed Research* 22, 285-293.
- Tørresen, K.S. (1998): Emergence and longevity of weed seeds in soil with different tillage treatments. *Aspects of Applied Biology* 51, 197-204.
- Tørresen, K.S. (2003): Relationship between seedbanks and emerged weeds in long-term tillage experiments. *Aspects of Applied Biology* 69, 55-62.
- Tørresen, K.S. & R. Skuterud (2002): Plant protection in spring cereal production with reduced tillage. IV. Changes in the weed flora and weed seedbank. *Crop Protection* 21, 179-193.
- Tørresen, K.S., R. Skuterud, H.J. Tansaether & M. Bredesen Hagemo (2003): Long-term experiments with reduced tillage in spring cereals. I. Effects on weed flora, weed seedbank and grain yield. *Crop Protection* 22, 185-200.
- Tuesca, D., E. Puricelli & P. J.C. (2001): A long-term study of weed flora shifts in different tillage systems. *Weed Research* 41, 369-382.
- Tyser, L. (1998): Einfluß von mehrjährigem Futterbau auf das Samenpotential im Boden. *Z. Pfl.Krankh. Pfl.Schutz Sonderh. XVI*, 173-174.
- Urbanska, K.M. (1992): Populationsbiologie der Pflanzen. Fischer, Stuttgart; Jena. pp 374.
- Vanhala, P. & J. Pitkänen (1998): Long-term effects of primary tillage on above-ground weed flora and on the weed seedbank. *Aspects of Applied Biology* 51, 99-104.
- Vleeshouwers, L.M. (1997): Modelling weed emergence patterns. Dissertation, Agricultural University Wageningen, Wageningen. pp 165.
- Vleeshouwers, L.M. & Kropff (2000): Modelling field emergence patterns in arable weeds. *New Phytologist* 148, 445-457.
- Waldhardt, R., D. Simmering & H. Albrecht (2003): Floristic diversity at the habitat scale in agricultural landscapes of Central Europe - summary, conclusions and perspectives. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 98, 79-85.
- Walter, A.M., S. Christensen & S.E. Simmelsgaard (2002): Spatial correlation between weed species densities and soil properties. *Weed Research* 42, 26-38.
- Weide, R.Y. van der (1993): Population dynamics and population control of *Galium aparine* (L.). Dissertation, Agricultural University Wageningen, Wageningen. pp 141.
- Werner, P.A. & R. Rioux (1977): The biology of Canadian weeds. 24. *Agropyron repens*. (L.) Beauv. *Can. J. Plant Sci.* 57, 905-919.
- Wildenhayn, M. (1991): INTEX - Ein interdisziplinäres Forschungsvorhaben zur Entwicklung integrierter Anbausysteme und zur Erfassung ökologischer Wirkungen von Extensivierungsmaßnahmen. *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften* 4, 37-40.
- Willer, H., I. Künzer & M. Haccius (2002): Ökolandbau in Deutschland. SÖL Sonderausgabe 80, Bad Dürkheim. pp 124.
- Wilson, B.J. (1985): Effect of seed age and cultivation on seedling emergence and seed decline of *Avena fatua* (L.) in winter barley. *Weed Research* 25, 213-219.
- Wilson, B.J., N.C.B. Peters, K.J. Wright & H.A. Atkins (1988): The influence of crop competition on the seed production of *Lamium purpureum*, *Viola arvensis* and *Papaver rhoeas* in winter wheat. *Aspects of Applied Biology* 18, 71-80.

- Wilson, B.J., K.J. Wright, P. Brain, M. Clements & E. Stephens (1995): Predicting the competitive effects of weed and crop density on weed biomass, weed seed production and crop yield in wheat. *Weed Research* 35, 265-278.
- Wilson, P. (1991): Europe's endangered arable weeds. *Shell Agriculture* 10, 4-6.
- Wilson, R.G. (1988): Biology of weed seeds in the soil. pp. 25-39, In: M. A. Altieri and M. Liebman, eds. *Weed Management in Agroecosystems: Ecological Approaches*. CRC Pr., Boca Raton.
- Wilson, R.G., E.D. Kerr & L.A. Nelson (1985): Potential for Using Weed Seed Content in the Soil to Predict Future Weed Problems. *Weed Science* 33, 171-175.
- Wisskirchen, R. & H. Haupepler (1998): *Standardliste der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands*. Ulmer, Stuttgart. pp 765.
- Wittman, C. & E. Hintzsche (2000): Die Entwicklung der Segetalflora nach Umstellung auf ökologischen Landbau. pp. 239-258, In: K.-J. Hülsbergen and W. Diepenbrock, eds. *Die Entwicklung von Fauna, Flora und Boden nach Umstellung auf ökologischen Landbau*. Deutsche Wildtier Stiftung, Halle (Saale).
- Wrucke, M.A. & W.E. Arnold (1985): Weed Species Distribution as Influenced by Tillage and Herbicides. *Weed Science* 33, 853-856.
- Yenish, J.P., J.D. Doll & D.D. Buhler (1992): Effects of Tillage on Vertical Distribution and Viability of Weed Seed in Soil. *Weed Science* 40, 429-433.
- Young, F.L., A.G. Ogg, C. Thill, D.L. Young & R.I. Papendick (1996): Weed management for crop production in the Northwest Wheat (*Triticum aestivum*) Region. *Weed Science* 44, 429-436.
- Younie, D., D. Taylor, M. Coutts, S. Matheson, G. Wright & G. Squire (2002): Effect of organic crop rotations on long-term development of the weed seedbank. pp. 215-220, In: COR Conference UK Organic Research, Aberystwyth.
- Zanin, G., S. Otto, L. Riello & M. Borin (1997): Ecological interpretation of weed flora dynamics under different tillage systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 66, 177-188.
- Zinati, G.M. (2002): Transition from Conventional to Organic Farming Systems: II. Summary of Discussin Session and Recommendations for Future Research. *Hort Technology* 12, 611-612.
- Zwenger, P. (1987): Einfluß der Fruchtfolge, der Pflanzenbau- und Pflanzenschutz-Intensität auf die Populationsdynamik von Unkräutern unter besonderer Berücksichtigung des Windenknöterichs (*Fallopia convolvulus* (L.) A. Löve. Dissertation, Universität Hohenheim, Hohenheim. pp 177.
- Zwenger, P. (1993): Modellierung und Simulation der Populationsdynamik von annuellen Unkräutern. *Habil.-Schrift*, Hohenheim. pp 151.



Tab. 8.1.2 Artenzusammensetzung der Vegetation im organischen Anbau

Art	Abt.	L.form	Soz.Rang	Diasporenbank						Vegetation im Bestand								
				betriebsüblich			Pflug			betriebsüblich			Pflug					
				Dom	Fre	RAI	Dom	Fre	RAI	Dom	Fre	RAI	Dom	Fre	RAI			
Anagallis arvensis	D	T	UKC															
Anthemis arvensis	D	T	OC 1	0,42	15,71	0,62	0,10	4,29	0,20									
Apera spica-venti	M	T	VC 1.1	0,57	18,57	0,96	0,77	21,43	1,22	11,04	66,67	9,47	5,47	50,00	5,30			
Aphanes arvensis	D	T	UVC 1.1	0,27	14,29	0,51	0,24	8,57	0,41	0,49	6,25	0,62	0,16	2,08	0,19			
Arabidopsis thaliana	D	T	DO 1	0,10	5,71	0,20	0,03	1,43	0,07	0,08	2,08	0,16						
Avena fatua	M	T	OC 2	0,05	2,86	0,10	0,03	1,43	0,07									
Capsella bursa-pastoris	D	T	KC	0,22	11,43	0,41	0,24	8,57	0,41	0,74	14,58	1,23	0,90	18,75	1,41			
Cerastium glomeratum	D	T	B							0,08	2,08	0,16						
Chenopodium album	D	T	KC	3,72	42,86	4,04	5,81	48,57	5,96	0,91	14,58	1,32	3,59	43,75	4,04			
Chenopodium ficifolium	D	T	KC				0,03	1,43	0,07	0,25	2,08	0,25						
Chenopodium polyspermum	D	T	AC 1.3.1	1,14	28,57	1,55	2,79	31,43	2,97	0,08	2,08	0,16	0,98	14,58	1,24			
Cirsium arvense	D	G	B	0,52	20,00	0,94	0,03	1,43	0,07	1,57	18,75	1,89	0,25	6,25	0,44			
Clinopodium vulgare	D	H	n	0,12	4,29	0,17							0,74	8,33	0,79			
Conyza canadensis	D	T	KC										0,33	6,25	0,48			
Dactylis glomerata	M	H	n	0,25	8,57	0,39	0,10	4,29	0,20	0,08	2,08	0,16	0,08	2,08	0,15			
Echinochloa crus-galli	M	T	VC 1.2	0,02	1,43	0,05												
Elymus repens	M	G	B	3,62	51,43	4,06	1,95	25,71	2,40	12,69	52,08	9,43	5,96	47,92	5,43			
Epilobium ciliatum	D	H	B	0,20	11,43	0,40	0,10	4,29	0,20	0,08	2,08	0,16	0,16	4,17	0,29			
Equisetum arvense	P	G	B							0,41	4,17	0,45	1,72	18,75	1,82			
Euphorbia peplus	D	T	VC 2.1										0,08	2,08	0,15			
Fallopia convolvulus	D	T	UKC	0,67	20,00	0,94	0,60	15,71	0,99	0,25	6,25	0,49	1,39	29,17	2,19			
Festuca pratensis	M	H	n	0,20	8,57	0,36	0,20	5,71	0,30	0,58	10,42	0,91	0,41	6,25	0,52			
Galeopsis tetrahit	D	T	B	0,05	1,43	0,06												
Galinsoga ciliata	D	T	UKC	0,57	20,00	0,89	0,27	7,14	0,38	0,41	8,33	0,70	0,16	4,17	0,29			
Galium aparine	D	T	B	6,69	70,00	6,39	8,57	62,86	7,08	6,75	54,17	8,99	79,17	8,54				
Geranium dissectum	D	T	OC 2	0,12	5,71	0,21	0,20	5,71	0,41	0,70	8,33	0,08	2,08	0,15				
Gnaphalium uliginosum	D	T	B	0,02	1,43	0,05												
Juncus bufonius	M	T	B	0,02	1,43	0,05												
Lamium amplexicaule	D	T	UKC	0,25	30,00	0,46	0,47	10,00	0,63	0,08	2,08	0,16	0,25	6,25	0,44			
Lamium purpureum	D	T	UKC	5,53	65,71	5,96	4,44	45,71	5,51	2,97	47,92	4,32	2,94	43,75	3,71			
Lolium multiflorum	M	H	B	0,02	1,43	0,05				0,58	4,17	0,54						
Lolium perenne	M	H	B	0,20	8,57	0,32	0,03	1,43	0,07	1,24	8,33	1,11						
Matricaria recutita	D	T	AC 1.1.3	11,80	91,43	10,94	6,59	60,00	7,08	9,31	68,75	8,73	12,58	79,17	10,34			
Medicago sativa agg.	D	H	K	0,15	5,71	0,22	0,47	7,14	0,58	0,74	12,50	1,11	1,80	20,83	1,96			
Myosotis arvensis	D	T	UKC	6,54	70,00	6,62	5,14	54,29	6,16	3,62	45,83	4,53	3,68	56,25	4,72			
Persicaria lapathifolia	D	T	B	0,35	14,29	0,59	0,54	17,14	0,86	0,33	2,08	0,29	0,90	14,58	1,20			
Persicaria maculosa	D	T	UKC	0,07	2,86	0,11	0,03	1,43	0,07									
Phleum pratense agg.	M	H	n	0,02	1,43	0,05	0,17	2,86	0,28	0,41	4,17	0,45	0,16	4,17	0,29			
Plantago major ssp. intermedia	D	H	B	0,62	12,86	0,84	0,30	7,14	0,45									
Plantago media	D	H	n	0,02	1,43	0,05												
Poa annua	M	T	B	3,32	54,29	3,92	1,78	34,29	2,71	3,62	45,83	4,53	1,23	20,83	1,68			
Poa pratensis	M	H	n	0,27	2,86	0,21												
Poa trivialis	M	H	B	0,59	22,86	0,97	0,30	10,00	0,50	1,32	12,50	1,40	0,65	8,33	0,75			
Polygonum aviculare	D	T	B	0,15	8,57	0,30	0,17	5,71	0,33				0,25	4,17	0,34			
Rumex crispus	D	H	B	1,44	18,57	1,51	0,30	5,71	0,40									
Rumex obtusifolius	D	H	B	0,32	8,57	0,42	0,10	4,29	0,20	0,16	4,17	0,33						
Sagina procumbens	D	C	B	0,05	1,43	0,06				0,08	2,08	0,16	0,16	4,17	0,29			
Sinapis alba	D	T	n	0,02	1,43	0,05												
Solanum nigrum	D	T	KC										0,08	2,08	0,15			
Solanum tuberosum	D	G	K	0,05	1,43	0,06												
Sonchus asper	D	T	UKC	1,61	34,29	2,08	1,38	31,43	2,21	0,58	10,42	0,91	0,41	8,33	0,63			
Sonchus oleraceus	D	T	KC	0,05	2,86	0,10				0,66	4,17	0,58						
Stellaria media agg.	D	T	KC	6,89	61,43	6,41	7,56	51,43	6,73	15,24	72,92	11,94	9,72	64,58	8,17			
Taraxacum officinale agg.	D	H	B	0,87	25,71	1,26	0,64	20,00	1,11	8,65	58,33	7,78	6,70	64,58	6,65			
Thlaspi arvense	D	T	OC 2	0,22	10,00	0,41	3,70	20,00	3,28	0,08	2,08	0,16	1,23	18,75	1,57			
Trifolium pratense	D	H	K	0,05	2,86	0,10	0,03	1,43	0,07	0,58	14,58	1,15						
Trifolium repens	D	C	K	0,02	1,43	0,05	0,10	4,29	0,20	0,16	2,08	0,21	0,25	2,08	0,23			
Triticum aestivum	M	T	K	0,02	1,43	0,05												
Veronica arvensis	D	T	UKC	3,97	65,71	4,95	1,95	44,29	2,94	0,82	18,75	1,52	0,90	10,42	0,98			
Veronica hederifolia	D	T	UVC 1.1	1,93	35,71	2,36	1,14	22,86	1,70	1,07	18,75	1,65	3,51	29,17	3,25			
Veronica persica	D	T	OC 2	29,64	92,86	20,80	37,10	95,71	26,91	7,25	52,08	6,71	15,85	83,33	12,19			
Veronica polita	D	T	AC 1.1.2	0,59	18,57	0,94	0,64	15,71	0,96	0,82	16,67	1,40	2,12	35,42	2,87			
Viola arvensis	D	T	UKC	2,75	47,14	3,41	2,86	44,29	3,59	2,39	35,42	3,29	3,10	47,92	4,00			

Abt. Abteilung: D = Dikotyledonae, M = Monokotyledonae, P = Pteridophytae

L.form: T= Therophyten, H = Hemikryptophyten, C = Chamaephyten, G = Geophyten

Soz. Rang Soziologischer Rang nach HOFMEISTER & GARVE (1998), K = Kulturart

Dom Dominanz

Fre Frequenz

RAI „relative abundance index“

## 8.2 Blühende Individuen

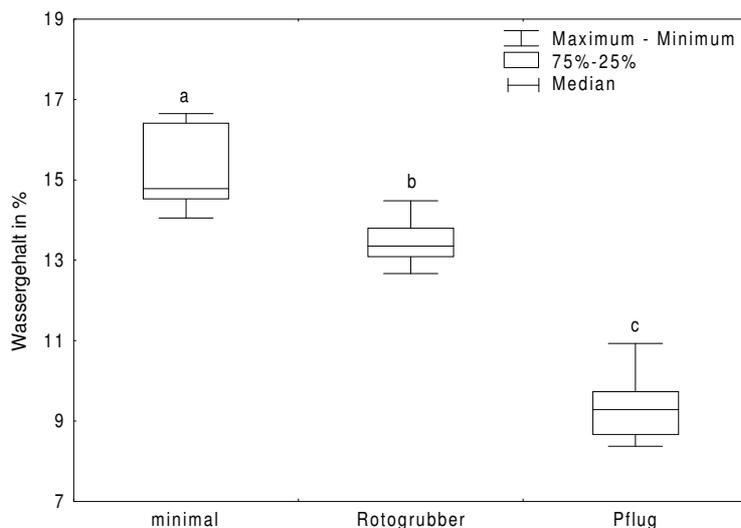
**Tab. 8.2.1 Blühende Individuen im integrierten Anbau**

Art	mittlere Dichte / m <sup>2</sup>	%-Anteil an der Gesamtindividuedichte
Anagallis arvensis	0,6	21,4
Apera spica-venti	0,3	5,4
Capsella bursa-pastoris	0,5	7,7
Chenopodium album	2,6	4,4
Chenopodium ficifolium	0,1	8,3
Dactylis glomerata	0,1	20,0
Echinochloa crus-galli	1,9	22,7
Elymus repens	0,4	0,7
Euphorbia peplus	0,1	66,7
Fallopia convolvulus	0,2	12,9
Galinsoga ciliata	0,2	36,4
Galium aparine	7,2	9,7
Lamium purpureum	0,7	15,0
Lolium perenne	0,4	12,5
Matricaria recutita	1,0	5,4
Poa annua	5,2	4,2
Poa trivialis	0,6	0,7
Polygonum aviculare	0,1	33,3
Sonchus asper	0,2	2,8
Stellaria media agg.	0,4	3,3
Thlaspi arvense	0,3	16,1
Veronica arvensis	0,2	20,0
Veronica hederifolia	0,2	50,0
Veronica persica	8,2	27,0
Veronica polita	2,3	26,8
Viola arvensis	0,8	6,7

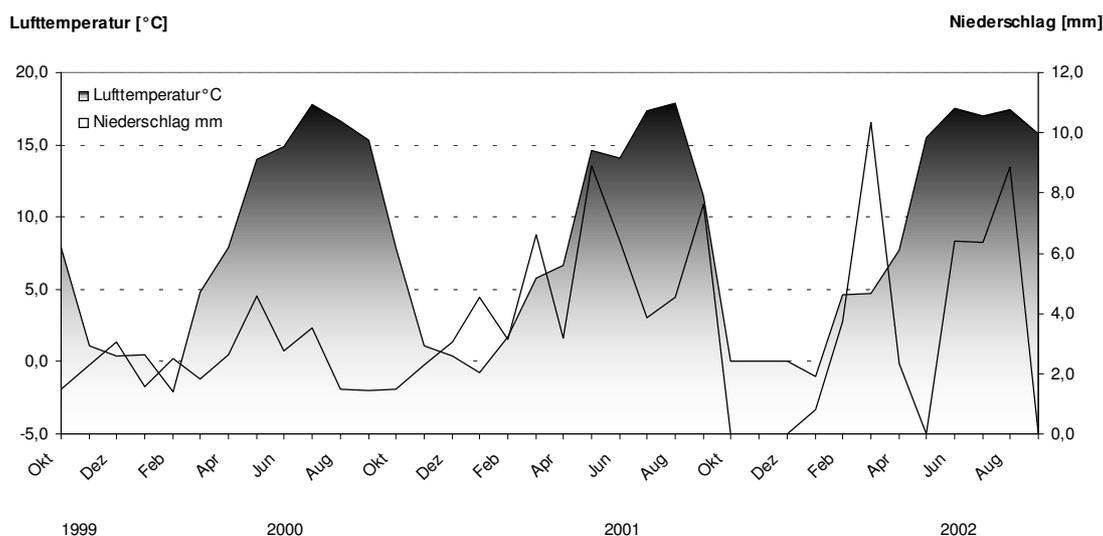
Tab. 8.2.2 Blühende Individuen im organischen Anbau

Art	mittlere Dichte / m <sup>2</sup>	%-Anteil an der Gesamtindividuedichte
Anagallis arvensis	0,2	100,0
Apera spica-venti	12,1	28,9
Aphanes arvensis	0,4	25,0
Capsella bursa-pastoris	0,8	20,0
Cerastium glomeratum	0,2	100,0
Chenopodium album	2,1	18,2
Chenopodium polyspermum	0,2	7,7
Cirsium arvense	0,2	4,5
Clinopodium vulgare	0,4	22,2
Conyza canadensis	0,4	50,0
Elymus repens	1,3	2,6
Fallopia convolvulus	1,5	35,0
Galium aparine	7,7	18,9
Geranium dissectum	0,2	16,7
Lamium purpureum	5,0	33,3
Matricaria recutita	15,6	28,1
Medicago sativa agg.	0,2	3,2
Myosotis arvensis	6,5	34,8
Persicaria lapathifolia	0,2	6,7
Phleum pratense agg.	0,4	28,6
Poa annua	2,3	18,6
Polygonum aviculare	0,4	66,7
Sonchus asper	0,2	8,3
Stellaria media agg.	16,3	25,7
Thlaspi arvense	0,8	25,0
Veronica arvensis	0,4	9,5
Veronica hederifolia	10,6	91,1
Veronica persica	17,1	29,1
Veronica polita	1,9	25,0
Viola arvensis	2,5	17,9

### 8.3 Bodenfeuchte und Auswertung der Witterungsdaten



**Abb. 8.3.1** Wassergehalt der Bearbeitungsvarianten im Juni. Signifikante Unterschiede sind durch verschiedene Buchstaben gekennzeichnet.



**Abb. 8.3.2** Mittlere Lufttemperaturen und Niederschlag im Beobachtungszeitraum

**Tab. 8.3.1** Auswertung der Wetterdaten im Beobachtungszeitraum. Niederschlag, mittlere Lufttemperatur, mittlere Bodentemperatur.

Zeitraum	Mittlerer Niederschlag im Winter in mm	Mittlere Lufttemperatur im Winter in °C	Mittlere Bodentemperatur im Winter in °C
1999/2000	2,1	2,1	3,6
2000/2001*	3,5	2,7	3,5
2001/2002	5,0	2,8	3,3

\*Daten von Januar bis März