

Aus dem Institut für Phytomedizin
der Universität Hohenheim
Fachgebiet Herbologie
Prof. Dr. K. Hurle

***Bromus*-Arten in Winterweizen
Verbreitung, Bedeutung und Populationsdynamik**

Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors
der Agrarwissenschaften

vorgelegt

der Fakultät Agrarwissenschaften
der Universität Hohenheim

von

Dipl. Agr.-Biol.

Ralph Moray

aus Eberbach/Baden

November 2005

Die vorliegende Arbeit wurde am 12.10.2004 von der Fakultät Agrarwissenschaften der Universität Hohenheim als „Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors“ angenommen.

Tag der Mündlichen Prüfung:	09.12.2005
Dekan:	Prof. Dr. K. Stahr
Berichterstatter, 1. Prüfer:	Prof. Dr. K. Hurle
Mitberichterstatter, 2. Prüfer:	Prof. Dr. W. Claupein
3. Prüfer:	Prof. Dr. K. Köller

Inhaltsverzeichnis

		Seite
1	Einleitung	1
1.1	Populationsbiologie von <i>Bromus</i> -Arten	2
1.2	Verbreitung und Bedeutung von <i>Bromus</i> -Arten	5
1.3	Wirkung von <i>Bromus</i> -Arten auf den Ertrag von Winterweizen	9
1.4	Bekämpfung von <i>Bromus</i> -Arten	10
1.5	Fragestellungen	11
2	Material und Methoden	
2.1	Umfrage zur <i>Bromus</i> -Problematik in Deutschland	13
2.2	Untersuchungen zur Wirkung von <i>Bromus</i> -Arten auf den Ertrag von Winterweizen	14
2.2.1	Untersuchungen zur Wirkung von <i>Bromus</i> -Arten auf den Ertrag von Winterweizen in Abhängigkeit von der <i>Bromus</i> -Dichte	14
2.2.2	Untersuchungen zur Wirkung von <i>Bromus</i> -Arten auf den Ertrag von Winterweizen in Abhängigkeit vom Saattermin von Winterweizen	17
2.3	Untersuchungen zur Populationsdynamik von <i>Bromus</i> -Arten in Winterweizen	18
2.3.1	Überleben von <i>Bromus</i> -Samen im Boden	18
2.3.2	Auflauf von <i>Bromus</i> -Arten aus unterschiedlichen Bodentiefen	19
2.3.3	Auflauf von <i>Bromus</i> -Arten in Abhängigkeit vom Saattermin von Winterweizen	19
2.3.4	Überlebensrate von <i>Bromus</i> -Arten vom Herbst ins Frühjahr in Abhängigkeit vom Saattermin von Winterweizen	20
2.3.5	Samenproduktion von <i>Bromus</i> -Arten	20
2.3.5.1	Samenproduktion von <i>Bromus</i> -Arten in Abhängigkeit von ihrer Dichte in Winterweizen	20
2.3.5.2	Samenproduktion in Abhängigkeit vom Saattermin von Winterweizen	20
2.3.6	Einfluss der Temperatur auf die Keimung von <i>Bromus</i> -Arten	21
2.4	Wirkung von Herbiziden auf <i>Bromus</i> -Arten	21
2.4.1	Pflanzenanzucht	22
2.4.2	Herbizidapplikation	22
2.5	Simulation der Populationsentwicklung von <i>B. sterilis</i> und <i>B. secalinus</i>	23
2.6	Statistische Auswertungen	24

3	Ergebnisse	
3.1	Umfrage zur <i>Bromus</i> -Problematik in Deutschland	26
3.2	Wirkung von <i>Bromus</i> -Arten auf den Ertrag von Winterweizen	33
3.2.1	Ertragsverluste in Winterweizen in Abhängigkeit von der <i>Bromus</i> -Dichte	33
3.2.2	Ertragsverluste in Winterweizen in Abhängigkeit vom Saattermin von Winterweizen	36
3.3	Populationsdynamische Parameter von <i>Bromus</i> -Arten	39
3.3.1	Überlebensrate im Boden	39
3.3.2	Auflaufrate aus unterschiedlichen Bodentiefen	42
3.3.3	Auflaufrate in Abhängigkeit vom Saattermin von Winterweizen	44
3.3.4	Überlebensrate vom Herbst ins Frühjahr in Abhängigkeit vom Saattermin von Winterweizen	45
3.3.5	Samenproduktion von <i>Bromus</i> -Arten	47
3.3.5.1	Samenproduktion von <i>Bromus</i> -Arten in Abhängigkeit von ihrer Dichte in Winterweizen	47
3.3.5.2	Samenproduktion in Abhängigkeit vom Saattermin von Winterweizen	48
3.3.6	Einfluss der Temperatur auf die Keimung von <i>Bromus</i> -Arten	50
3.4	Wirkung von Herbiziden auf <i>Bromus</i> -Arten unter Gewächshausbedingungen	54
3.5	Simulation der Populationsentwicklung von <i>B. sterilis</i> und <i>B. secalinus</i>	58
3.5.1	Einfluss von Bodenbearbeitung und Saattermin des Winterweizens	58
3.5.2	Einfluss von Bodenbearbeitung und Herbizidapplikation	61
3.5.3	Einfluss von dikotylen Kulturen und Herbizidanwendung bei Direktsaat und reduzierter Bodenbearbeitung	66
4	Diskussion	
4.1	Umfrage zur <i>Bromus</i> -Problematik in Deutschland	69
4.2	Wirkung von <i>Bromus</i> -Arten auf den Ertrag von Winterweizen	71
4.3	Populationsdynamische Parameter	75
4.4	Wirkung von Herbiziden auf <i>Bromus</i> -Arten	80
4.5	Simulation der Entwicklung einer Population von <i>B. sterilis</i> und <i>B. secalinus</i>	82
4.6	Schlussfolgerungen	86

5	Zusammenfassung	87
6	Summary	90
7	Literatur	93
8	Anhang	102

Liste der im Text genannten Pflanzenarten

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name
<i>Alopecurus myosuroides</i> Huds.	Ackerfuchsschwanz
<i>Apera spica-venti</i> (L.) P. Beauvois	Gemeiner Windhalm
<i>Avena</i> spp.	Hafer-Arten
<i>Avena fatua</i> L.	Flughafer
<i>Beta vulgaris</i> L.	Zuckerrübe
<i>Brassica napus</i> L.	Raps
<i>Bromus diandrus</i> Roth.	Große Trespe
<i>Bromus rigidus</i> Roth	Steife Trespe
<i>Bromus sterilis</i> L.	Taube Trespe
<i>Bromus japonicus</i> Thunb. ex	Japanische Trespe
<i>Bromus tectorum</i> L.	Dachtrespe
<i>Bromus commutatus</i> Schrad.	Wiesentrespe
<i>Bromus secalinus</i> L.	Roggentrespe
<i>Bromus hordeaceus</i> L.	Weiche Trespe
<i>Bromus arvensis</i> L.	Ackertrespe
<i>Bromus rubens</i> L.	Rote Trespe
<i>Galium aparine</i> L.	Klettenlabkraut
<i>Hordeum vulgare</i> L.	Gerste
<i>Lolium rigidum</i> L.	Steifes Weidelgras
<i>Phacelia tanacetifolia</i> Benth.	Büschelschön
<i>Phalaris</i> spp.	Glanzgras
<i>Secale cereale</i> L.	Roggen
<i>Sinapis alba</i> L.	Senf
<i>Triticosecale</i>	Triticale
<i>Triticum aestivum</i> L.	Weizen
<i>Zea mays</i> L.	Mais

1 Einleitung

Die Produktions- und Anbauverfahren der Landwirtschaft unterliegen einem ständigen Wandel. Diese Umstellungen werden bestimmt durch den technischen Fortschritt, aber auch durch umwelt-, sozial- und wirtschaftspolitischen Druck, zunehmende Produktionskosten, Bodenerosion, Verschlechterung der Wasserqualität und der Sorge um den Verlust des ländlichen Lebens (WYSE, 1994). So beeinflussen Veränderungen in den Anbauzeiten (Saat- und Erntetermine), enge Fruchtfolgen, Stilllegung zuvor intensiv genutzter Ackerflächen, Intensivierung der Düngung (besonders des Stickstoffeinsatzes), verbesserte Saatgutreinigung und der großflächige Einsatz selektiver Herbizide die Unkrautflora (MAHN, 2002). Unkrautarten, die sich besser an die neuen Gegebenheiten anpassen können, werden überleben und sich ausdehnen, andere Arten, die weniger anpassungsfähig sind, werden dezimiert oder sogar eliminiert.

Ein wichtiger Einflussfaktor ist die Bodenbearbeitung. Über Jahrzehnte erfolgte eine wendende Bodenbearbeitung durch den Einsatz des kostenintensiven Pfluges, welcher unter anderem eine unkrautbekämpfende Wirkung hat. In den 50er bis 70er Jahren des vergangenen Jahrhunderts veränderte sich die Situation. Durch die gestiegenen Arbeitskosten im Verhältnis zu den erzielten Produktpreisen war es notwendig, Änderungen bei den Bodenbearbeitungsmaßnahmen vorzunehmen. Dies führte zum verstärkten Einsatz von Bodenbearbeitungssystemen mit reduzierter Bodenbearbeitung (FROUD-WILLIAMS et al., 1981). Weitere Gründe, die für den Einsatz der reduzierten, weniger intensiven Bodenbearbeitung sprachen, waren die Minderung der Bodenerosion, die insbesondere in den Getreideanbaugebieten der USA zur nachhaltigen Zerstörung von Ackerflächen führte, sowie die Erkenntnis, dass intensive Bodenbearbeitung die Bodenstruktur erheblich verschlechtern kann und die Gefahr der Bodenverdichtung durch Bildung eines Verdichtungshorizontes direkt unterhalb des Bearbeitungshorizontes (Mittler und Koller, 2011). Weiterhin führte die Entwicklung und Einführung von Herbiziden, insbesondere die Entdeckung des Kontaktherbizids Paraquat aus der Klasse der Bipyridine, der Einführung der Bodenbearbeitungssysteme ohne Pflug in den 60er Jahren weiteren Auftrieb (MEDD, 1987; JEATER und MC ILVENY, 1965). Heute ist der Ackerbau ohne Pflug ein weltweit etabliertes und von vielen Landwirten seit Jahren erfolgreich praktiziertes System (KÖLLER, 1993). Die Einführung dieser reduzierten Bodenbearbeitungssysteme und die intensive

Bekämpfung dikotyler Unkräuter mit Herbiziden führte allerdings zu bedeutenden Veränderungen in der Unkrautflora (FROUD-WILLIAMS, 1981). Dies zeigt sich insbesondere in der Zunahme annueller als auch perennierender Gräser in Getreidekulturen (FROUD-WILLIAMS, 1988). Auch wenn sich von den circa 10.000 Arten aus der Familie der Poaceae nur 40 - 50 Arten als wichtige Ungräser herausgestellt haben, sind sie doch mit Abstand die dominantesten und wichtigsten Unkräuter in der Landwirtschaft (HEYWOOD, 1978). So zum Beispiel *Alopecurus myosuroides* Huds. (Ackerfuchsschwanz), *Apera spica-venti* (L.) P. Beauvois (Gemeiner Windhalm) oder *Avena fatua* L. (Flughafer) (MARTIN et al., 1987; OERKE et al., 1994; H. U. AMMON, 2002).

Aus diesen Gründen hat in vielen Ländern der Welt auch die Ausbreitung verschiedener *Bromus*-Arten auf landwirtschaftlich genutzten Flächen zugenommen (MASSEE, 1976; FROUD-WILLIAMS et al., 1983; CHEAM, 1987; GILL et al., 1987; MEDD, 1987; DOUGLAS et al., 1990).

1.1 Populationsbiologie von *Bromus*-Arten

Der Name *Bromus* leitet sich ab von *bromos*, einem alten griechischen Wort für Hafer und von *broma*, welches Nahrung bedeutet (UPADHYAYA et al., 1986). Dies hängt damit zusammen, dass früher die Karyopsen¹ von *Bromus* zu Mehl gemahlen wurden (HYMAN und PARKHURST, 1995; ZIMDAHL, 1989). Die Gattung *Bromus* L. aus der Familie der Süßgräser (*Poaceae*) beinhaltet etwa 130 annuelle, bienne als auch perennierende Arten (FINNERTY und KLINGMAN, 1962; SMITH, 1970; HYAM und PARKHURST, 1995). Allerdings kommt es bis heute zu Unklarheiten in der Taxonomie (SCHOLZ, 1981).

Bei den in der Landwirtschaft bedeutenden *Bromus*-Arten, auf die sich die folgenden Ausführungen beschränken, handelt es sich überwiegend um winterannuelle Arten (BASKIN und BASKIN, 1981; GLEICHNER et al., 1989; KOSCELNY et al., 1990; ALLEN und MEYER, 2002; ANDERSSON et al., 2002). Die **Keimung** der Samen erfolgt im Spätsommer/Herbst, mit dem Einsetzen ausreichender Niederschläge (KLEMMEDSON und SMITH, 1964; FROUD-WILLIAMS, 1980; KON und BLACKLOW, 1988). In der Regel kommt es dann zu einer konzentrierten Auflaufwelle (FROUD-WILLIAMS, 1980). In Abhängigkeit von der Bodenfeuchte (YOUNG et al., 1971), der Lage der Samen im Boden (KON und BLACKLOW, 1988) und der Temperatur (THILL et al., 1980), kann sich das Auflaufen aber auch über einen längeren Zeitraum hinziehen. Gleichwohl ist ein Auflaufen im Frühling mit

¹ im weiteren Text als Samen bezeichnet

Entwicklung bis zur Samenreife im Sommer ebenfalls möglich (UPADHYAYA et al., 1986; HOWARD, 1991).

Bromus-Arten sind Flachkeimer und sind nicht befähigt aus größeren Bodentiefen aufzulaufen. So zeigten Untersuchungen von FROUD-WILLIAMS (1981) bei *Bromus sterilis* L. (Taubes Trespe) kein Auflaufen aus einer Tiefe von 12,5 cm. HOWARD (1991) verzeichnete bei *B. sterilis* sowie anderen *Bromus*-Arten ein Auflaufen von weniger als 5 % aus einer Tiefe von 10 cm. Aus 15 cm konnte kein Auflaufen festgestellt werden. THILL et al. (1984) und UPADHYAYA et al. (1986) fanden bei *Bromus tectorum* L. (Dachtrespe) kein oder nur sehr geringes Auflaufen aus einer Tiefe von 10 cm, und HARRADINE (1986) für *Bromus diandrus* Roth. (Große Trespe) eine Auflauftrate von weniger als 1 % aus 15 cm.

Bezüglich der **Induktion der Blütenbildung** durch Vernalisation und photoperiodische Einflüsse gibt es unterschiedliche Aussagen. So berichten HULBERT (1955) und GILL und BLACKLOW (1985) von der Notwendigkeit einer Vernalisation bei *B. tectorum* und *B. diandrus*, wohingegen FINERTY und KLINGMAN (1962) entweder eine Vernalisation oder photoperiodische Einflüsse anführen. Untersuchungen von FROUD-WILLIAMS (1983) weisen darauf hin, dass eine Vernalisation von 4 °C die Blütenbildung bei *B. sterilis* wohl begünstige, aber nicht essentiell sei. Ebenso konnte HOWARD (1991) keine Aussage darüber treffen, ob die Blütenbildung bei unterschiedlichen *Bromus*-Arten durch photoperiodische Einflüsse, durch Vernalisation oder durch eine Kombination aus beiden induziert wird. BASKIN und BASKIN (1981) konnten bei *Bromus japonicus* Thunb. ex Murr. (Japanische Trespe) feststellen, dass eine Vernalisationsperiode zwar die Induktion der Blütenbildung deutlich beschleunigte, aber nicht von Notwendigkeit war. Demgegenüber war die Abhängigkeit von photoperiodischen Einflüssen eindeutig. So konnte keine der Pflanzen unter Kurztageinfluss zur Blüte gelangen, im Gegensatz zu Pflanzen unter Langtageinflüssen.

Unter Langtageinflüssen zur **Bestockung** zeigen die immer wieder zu beobachtende hohe morphologische Plastizität der *Bromus*-Arten, welche durch Umweltfaktoren als auch durch inner- und intraspezifische Konkurrenz bestimmt wird (KLEMMEDSON und SMITH, 1964; BURGHARDT und FROUD-WILLIAMS 1995). So erfassten zum Beispiel THILL et al. (1984) bei *Bromus tectorum* 2-13, KON und BLACKLOW (1988) bei *Bromus diandrus* 29-41 und KEES und PFEUFER (1984) bei *Bromus sterilis* 15-20 rispentragende Halme.

Ebenso wie die Bestockung ist die **Samenproduktion** von *Bromus*-Arten dichteabhängig und wird durch inner- und intraspezifische Konkurrenz beeinflusst (HULBERT, 1955; FIRBANK et al., 1985; HOWARD, 1991; BURGHARDT und FROUD-WILLIAMS 1995). So führen FROUD-WILLIAMS (1980), KEES und PFEUFER (1984) sowie MITTNACHT (2003) für *B. sterilis*

in einem Getreidebestand eine durchschnittliche Samenzahl von 200-300 Samen pro Pflanze an, wohingegen BURGHARDT und FROUD-WILLIAMS (1997) sowie AUGUSTIN (1999) die Samenproduktion von Solitärpflanzen im Schnitt auf 2680 beziehungsweise 1000 beziffern. Von ebenfalls großen, dichteabhängigen Unterschieden berichten sowohl YOUNG et al. (1987) bei *B. tectorum* mit 25 bis 5.000 Samen pro Pflanze als auch KON und BLACKLOW (1988) bei *B. diandrus* mit 660 bis 3380 Samen pro Pflanze. Zur Reife weisen die Samen der *Bromus*-Arten eine hohe **Lebensfähigkeit** von 90 % bis 100 % auf (HULBERT, 1955; HARRADINE, 1986; CHEAM, 1987; BURNSIDE et al., 1996; LINTELL SMITH et al., 1999).

Hinsichtlich der **Dormanz** von *Bromus*-Samen spielt die sekundäre (induzierte) Dormanz eine weitaus größere Rolle als die primäre (endogene) Dormanz. So berichten sowohl FROUD-WILLIAMS (1981), PETERS et al. (2000) als auch ANDERSSON et al. (2002) von geringer primärer Dormanz bei *B. sterilis* und *B. tectorum*. Durch lang anhaltende Bestrahlung mit Licht hoher Strahlungsintensität beziehungsweise natürliche Lichteinstrahlung unter Feldbedingungen, konnte jedoch eine sekundäre Dormanz induziert, d.h. eine Reduktion der Keimrate erreicht werden. Vergleichbares berichten BASKIN und BASKIN (1981) bei *B. japonicus*. HARRADINE (1986) stellte bei *B. diandrus* ein fast vollständiges Fehlen der primären Dormanz fest, konnte allerdings für einen Teil der Samen induzierte Dormanz beobachten. GILL und BLACKLOW (1985) stellten sekundäre Dormanz fest, deren Abbau mit der Dauer der niederschlagsfreien Zeit korrelierte. CHEAM (1986) sowie GILL und CARSTAIRS (1988) fanden demgegenüber primäre Dormanz bei *B. diandrus*, die sich in Abhängigkeit von den Standortfaktoren und der Herkunft der Samen über die Sommermonate bis zum Beginn der Vegetationsperiode stufenweise abbaute.

Durch den raschen Abbau der primären und der sekundären Dormanz und den zuvor angesprochenen hohen Keimraten der *Bromus*-Arten kommt es zu einer geringen **Überdauerung der Samen** bis in die nächste Vegetationsperiode, d.h. eine persistente Samenbank im Boden wird nicht ausgebildet (FROUD-WILLIAMS, 1981; LINTELL SMITH et al., 1999). Ein sehr geringer Teil der Samen überdauert maximal ein Jahr im Boden (CHEAM, 1987; HARRADINE, 1986), allerdings wurden auch Überdauerungszeiten im Boden von 3-5 Jahren beobachtet (YOUNG et al., 1969; HULBERT, 1955; CHEAM, 1987; BURNSIDE et al., 1996).

Bromus-Arten weisen interspezifisch als auch intraspezifisch einen unterschiedlichen Grad der **Ploidie** auf. So ergaben Untersuchungen von AINOUCHE und BAYER (1997), OJA (1999) und OJA und LAARMANN (2002) für *B. sterilis* einen diploiden Chromosomensatz ($2n=14$),

wohingegen OVADIAHU-YAVIN (1969) einen tetraploiden Satz von $2n=28$ beschreibt. Auch für *B. secalinus* werden unterschiedliche Ploidien genannt. OVADIAHU-YAVIN (1969) beschreibt *B. secalinus* sowohl als diploid ($2n=14$) als auch tetraploid ($2n=28$). AINOUCHE und BAYER (1997) und OJA (1998) konnten in ihren Untersuchungen nur Tetraploidie feststellen. Bei *B. japonicus* fanden OJA (1998), OJA und JAASKA (1998) wie auch OVADIAHU-YAVIN (1969) ausschließlich diploide Chromosomensätze ($2n=14$), wobei OJA (1998) in ihrer Arbeit andere Veröffentlichungen aufführt, die Tetraploidie feststellten. *B. tectorum* wird von OVADIAHU-YAVIN (1969), PILLAY (1996) und OJA (1999) als ausschließlich diploid ($2n=14$) beschrieben. *B. diandrus* weist mit seinem oktoploiden Chromosomensatz ($2n=56$) den höchsten Grad an Ploidie auf (GILL und CARSTAIRS, 1988; KON und BLACKLOW, 1988; GICQUIAUD et al., 2002).

Betrachtet man die zuvor aufgeführten Eigenschaften der *Bromus*-Arten, wie die relativ hohe Samenproduktion in Verbindung mit einer nicht vorhandenen oder geringen Dormanz sowie ihren kurzen Lebenszyklus, so lassen sie sich aus ökologischer Sicht als so genannte Ruderal-Strategen (R-Strategen) nach der Definition von GRIME et al. (2002) charakterisieren. Dabei handelt es sich meist um Selbstbestäuber und Windausbreiter, um kurzlebige, meist krautige Arten, die einen schnellen Zuwachs haben und die meisten Ressourcen in die generative Reproduktion investieren.

1.2 Verbreitung und Bedeutung von *Bromus*-Arten

Ihren Ursprung haben die *Bromus*-Arten im eurasischen und mediterranen Raum. Mittlerweile haben sich viele der rund 130 Arten in den gemäßigten Zonen weltweit verbreitet (KON und BLACKLOW, 1995). Allerdings haben sich weltweit nur wenige *Bromus*-Arten als Unkraut in den Kulturen, hauptsächlich in Wintergetreide, durchgesetzt, wo sie zu hohen Ertragsverlusten führen können. In den letzten Jahrzehnten hat der Befall von Wintergetreideflächen stark zugenommen (MASSEE, 1976; MEDD, 1987). Im Folgenden sei deshalb das Augenmerk auf das Auftreten von *Bromus*-Arten in Winterweizen (*Triticum aestivum* L.) gelegt. Die Berichte in der Fachliteratur über das Auftreten von *Bromus*-Arten beschränken sich in der Regel auf die großen Getreideanbauggebiete der Welt, weshalb die folgende Aufstellung über die Verbreitung keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt. Soweit möglich wurden die Informationen durch persönliche Mitteilungen von Fachleuten aus den entsprechenden Ländern ergänzt.

Die dominante *Bromus*-Art in **Zentraleuropa** ist *B. sterilis* (Taubes Trespe). In **Großbritannien** war sie ehemals eine weithin bekannte Pflanze der Wegränder und entlang von Hecken (POLLARD, 1982). Die Tatsache, dass zu Beginn der 1970er Jahre die Gewinnmargen beim Anbau von Wintergetreide recht hoch waren und Herbizide zur effektiven Bekämpfung von *A. myosuroides* (Ackerfuchsschwanz) zur Verfügung standen, förderte den Anbau von Wintergetreide in permanentem Anbau in Verbindung mit nichtwendender Bodenbearbeitung (PETERS et al., 1993). Seit dieser Zeit kam es zu einer Ausbreitung von *B. sterilis* im Ackerbau, und die Pflanze gewann mehr und mehr an Bedeutung. Eine von CUSSANS et al. im Jahre 1994 durchgeführte Erhebung auf 733 Wintergetreidefeldern in Großbritannien zeigte, dass 42 % der erfassten Standorte einen Befall mit *Bromus*-Arten aufwiesen, wovon es sich bei 87 % um *B. sterilis* handelte. Weitere in dieser Erhebung erfasste *Bromus*-Arten waren *Bromus hordeaceus* L. (Weiche Trespe) und *Bromus commutatus* Schrad. (Wiesentrespe). Obwohl die Ausbreitung von *B. commutatus* auf Ackerland in den folgenden Jahren weiter zugenommen hat, wird diese Art nicht als bedenkliches Ackerunkraut angesehen (MORTIMER et al., 1993).

In **Deutschland** entwickelte sich zur Mitte der 1980er Jahre ebenfalls *B. sterilis* durch vermehrten Anbau von Winterungen und durch reduzierte Bodenbearbeitung zum Problem. Beschrieben KEES und PFEUFER 1984 diese Art noch als mögliches Problemunkraut der Zukunft, berichtet EGGERS 1990 bereits, dass insbesondere *B. sterilis* als auch *Bromus secalinus* L. (Roggentrespe) eine Bedeutung in Deutschland als Unkraut erlangt haben. Eigene Untersuchungen aus den Jahren 2000 und 2001 ergaben ebenfalls, dass diese zwei Arten die am häufigsten auftretenden *Bromus*-Arten im Ackerbau sind. Weitere Arten, die in Deutschland im Ackerbau nur eine untergeordnete Rolle spielen oder nur lokale Bedeutung haben, sind unter anderem *B. japonicus*, *B. commutatus* und *B. tectorum* (siehe Kapitel 3.1).

ANDERSSON et al. (2002) berichten, dass auch in **Schweden** seit den 1980er Jahren *Bromus*-Arten zunehmen und als Problemunkräuter gesehen werden. Gleichermäßen ist auch hier *B. sterilis* vorherrschend. Weitere aufgeführte Arten sind *B. hordeaceus*, welche erst in jüngster Zeit häufiger anzutreffen ist, und *B. tectorum*. Demgegenüber berichtet FYKSE (2001, persönl. Mitteilung) von keinem nennenswerten Auftreten von *Bromus*-Arten in **Norwegen**, ebenso wie UUSNA (2001, persönl. Mitteilung) aus **Estland** und LAZAUSKAS und STANCEVICIUS (2001, persönl. Mitteilung) aus **Lettland**.

Nach Darstellung von MIHAI (2001, persönl. Mitteilung) hat die Problematik in **Rumänien** bezüglich des Auftretens von *B. secalinus* im Ackerbau in den letzten Jahren stark

abgenommen. In **Serbien und Montenegro** verursachen *Bromus*-Arten laut KONSTANTINOVIC (2001, persönl. Mitteilung) keine Probleme im Ackerbau, wohingegen GÜRISOY (2001, persönl. Mitteilung) schildert, dass *Bromus*-Arten erst in jüngerer Zeit ein Problem im Ackerbau in **Zentral-Anatolien** darstellen und mit einer Zunahme gerechnet wird. Als bedeutende Arten wurden genannt: *B. secalinus*, *B. sterilis* und *B. tectorum*, die ebenfalls von KURCMAN (1987) und OERKE et al. (1994) als bedeutendes Unkraut im Getreidebau der Türkei angeführt werden. *B. diandrus* und *B. japonicus* treten auf, spielen aber aus herbologischer Sicht keine Rolle im Getreidebau.

Aus **Zentral-** und **Südtalien** konnte von keinen Problemen mit *Bromus*-Arten im Ackerbau berichtet werden (VIGGIANI, MONTEMURRO; 2001 persönl. Mitteilung). Anders ist die Situation in **Nord-** und **Ostspanien**. DOMINGUEZ-RODRIGUEZ, TOBALINA-GIL und TARRAGÓ-BLANC (persönl. Mitteilung, 2001) berichten von einem zunehmenden Problem mit *Bromus*-Arten. Die wichtigste im Getreidebau auftretende Art ist demnach *B. diandrus*, wobei auch *B. sterilis* Bedeutung zugemessen wird. Andere Arten wie *B. japonicus*, *B. tectorum* oder *B. secalinus* treten zwar im Getreideanbau auf, werden aber als nicht bedeutend eingestuft. Berichte von SAAVEDRA et al. (1989) über Gräser im Wintergetreideanbau **Südspaniens** stufen das Auftreten von *B. diandrus* im Gegensatz zu FROUD-WILLIAMS (1988) als unbedeutend ein.

Berichte aus **Portugal** (VASCONCELOS und GIZELA, 1995), **Marokko** (TALEB, 1998), **Algerien** (FENNI, 1994) und **Tunesien** (CAREME, 1990) klassifizieren *Bromus rigidus* Roth. (Steife Trespe) und *Bromus rubens* L. (Rote Trespe) als Arten, die beträchtliche Probleme im Weizenanbau verursachen. RUBIN (2001, persönl. Mitteilung) berichtet aus **Israel** vom zunehmenden Auftreten von *B. tectorum*, stuft die Problematik allerdings als noch nicht bedeutend ein.

Weitere Berichte aus Afrika lagen aus der Western Cape Province (**Südafrika**) vor (AGENBAG und CROUS 1999; CUMMING; 2001, persönl. Mitteilung). Auch hier werden die Probleme, die *Bromus*-Arten im Ackerland verursachen, der jüngeren Zeit zugerechnet. Die im Getreidebau auftretenden Arten sind *B. diandrus* sowie die *B. japonicus*, wobei im Gegensatz zur Großen Trespe (*B. diandrus*) der Japanischen Trespe (*B. japonicus*) geringe Bedeutung beigemessen wird.

In **Nordamerika** dominiert *B. tectorum*, welche seit Beginn des 19. Jahrhunderts in den großen Winterweizengebieten der **USA**, den Great Plains, Probleme verursacht (DOUGLAS et al., 1990) und von den Landwirten als das schwierigste Unkrautproblem bezeichnet wird (UPADHYAYA et al., 1986). Zur Mitte des Jahrhunderts verbreitete sich diese Art auch in

Kanada und verursacht auch dort Probleme (DOUGLAS et al., 1990). *B. secalinus* spielt überwiegend eine Rolle im Ackerbau des südlichen Teils der USA, den Southern Great Plains. (CARTER et al., 1957; JUSTICE et al., 1993; SLAGELL-GOSSEN et al., 1998; STAHLMAN, 1998; ROBERTS et al., 1999; STONE et al., 2001) und zählt zu den am schwierigsten zu bekämpfenden Unkräutern (DRIVER et al., 1993).

Andere *Bromus*-Arten wie *B. rigidus* oder *B. japonicus* werden zwar als Problemunkräuter in manchen Fällen beschrieben, spielen aber weniger eine Rolle im Ackerbau als vielmehr auf Weide- und Grünlandflächen (BASKIN und BASKIN, 1981; GLEICHSNER und APPLEBY, 1989).

Im Getreidebau **Australiens**, insbesondere in Weizen, hat der Besatz mit *B. diandrus* und *B. rigidus* in den letzten Jahren zugenommen (GILL und BLACKLOW, 1985; CHEAM, 1987). Bezüglich ihrer Bedeutung im Weizenanbau Südaustraliens stellt MEDD (1987) *Bromus*-Arten gleich mit *Lolium rigidum* L. (Steifes Weidelgras), *Avena* spp. L. (Wild-, Flughafer), *Phalaris* spp. L. (Glanzgras) und *Hordeum* spp. L. (Gerste). In Westaustralien wird die Große Trespe von den Weizenanbauern sogar als schlimmstes monokotyles Unkraut gesehen (CHEAM, 1986). Während die Verbreitung von *B. rigidus* auf die Küstenstreifen beschränkt zu sein scheint (KON und BLACKLOW, 1995), ist *B. diandrus* im gesamten Weizengürtel im Südwesten des Landes zu finden (GILL und BLACKLOW, 1985; CHEAM, 1986; HARRADINE, 1986).

Bezüglich der Taxonomie von *B. rigidus* und *B. diandrus* sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass in den USA beide Arten seit 1984 als synonym eingestuft werden (WEED SCIENCE SOCIETY OF AMERICA, WSSA). Andere Quellen, insbesondere aus Australien, differenzieren hingegen zwischen beiden Arten auf morphologischer, zytologischer und auch ökologischer Ebene (GILL und CARSTAIRS, 1988). KON und BLACKLOW (1995) unterscheiden sogar bei *B. rigidus* zwischen einem kurz-begrannten und ~~einzelnen~~ **einzelnen** **Blüten** für eine **natürliche Verbreitung** von *Bromus*-Arten stellen Wind und Wasser dar. Allerdings beschränkt sich diese Art der Verbreitung auf wenige Meter um die Mutterpflanze. So berichten KLEMMEDSON und SMITH (1964) von 0,5 bis maximal 2 Meter, HOWARD et al. (1991) von 0,5 bis maximal 1 Meter.

Samentransporte über weitere Strecken, bis hin zur transkontinentalen Verbreitung, sind in der Regel nur mit einer durch den Menschen **beeinflussten Verbreitung** möglich. HOWARD et al. (1991) berichtet von einer Verbreitungsdistanz von bis zu 20 Metern innerhalb einer Ackerfläche durch Ernte und Bodenbearbeitungsgeräte. Insbesondere durch Mähdrescher werden die Samen auch regionenübergreifend verbreitet.

Bezüglich der Verbreitung über Ländergrenzen hinweg, finden sich teilweise sehr detaillierte Berichte und Verbreitungskarten bei HULBERT (1955), MOCK und AMOR (1982), MACK (1984), KON und BLACKLOW (1995) für *Bromus tectorum* (USA) und *Bromus diandrus* (Australien), welche die Abhängigkeit zwischen der Siedlungsgeschichte (Transport von Vieh, beziehungsweise dem damit verbundenen Transport von Stroh und Heu) und der Verbreitung der *Bromus*-Arten zeigen.

1.3 Wirkung von *Bromus*-Arten auf den Ertrag von Winterweizen

Unkrautarten, die den Kulturpflanzen in morphologischer, physiologischer und ökologischer Hinsicht am ähnlichsten sind, verursachen in diesen die größten Probleme (GILL und BLACKLOW, 1984). Der Entwicklungszyklus von *Bromus*-Arten und Winterweizen ist sehr ähnlich. Deshalb treten die größten Probleme mit *Bromus*-Arten in Winterweizen auf. Dort verursachen sie neben anderen Problemen insbesondere Verluste im Kornertrag. So zeigten COUSENS et al. (1985) in einem zweijährigen Versuch in Großbritannien die durch die Konkurrenzkraft von *B. sterilis* verursachten Ertragsverluste in Winterweizen und Wintergerste auf. Dabei konnten sie bei 400-450 Pflanzen/m² Verluste von bis zu 71 % feststellen. Die Ertragsverluste in Winterweizen waren größer als in Wintergerste. Bei Dichten von über 1000 *Bromus*-Pflanzen/m² wurden Ertragsverluste von bis zu 85 % erfasst. Ertragsverluste bei diesen *Bromus*-Dichten können allerdings durch eine Erhöhung der Saatkraft des Winterweizens auf bis zu 45 % reduziert werden (GRAY, 1981). Untersuchungen aus den USA zur Konkurrenzkraft von *B. tectorum* in Winterweizen ergaben bei Dichten von 20, 40 und 65 *Bromus*-Pflanzen/m² Ertragsverluste von 10, 15 und 20 % (STAHLMAN und MILLER, 1990). Gleichzeitig wurde in diesen dreijährigen Untersuchungen festgestellt, dass die Konkurrenz zwischen Kulturpflanzen und Unkraut stark vom Auflaufzeitpunkt des Unkrautes im Vergleich zur Kultur abhängt. *Bromus*-Pflanzen, die später als 21 Tage nach dem Winterweizen aufkamen, verursachten keine signifikanten Ertragsverluste mehr. RYDRYCH und MUZIK (1968) untersuchten ebenfalls in den USA die Ertragsverluste bei hohen Dichten von *B. tectorum* über einen Versuchszeitraum von zwei Jahren. Sie ermittelten Kornertragsverluste von 28-92 % bei Dichten von 54 bis 538 Pflanzen/m².

KOSCELNY et al. (1991) untersuchten auf drei unterschiedlichen Standorten in Oklahoma die Schädigung unterschiedlicher Dichten von *B. secalinus* in Winterweizen. Dichten von 33, 67 und 136 Pflanzen/m² ergaben Ertragsreduktionen von 14, 20 und 29 %. Auch hier

wurden durch erhöhte Saatkulturen des Winterweizens die Ertragsverluste durch *B. secalinus* reduziert.

Die mehrjährigen Untersuchungen von GILL und BLACKLOW (1984) und POOLE und GILL (1987) aus Australien zur Schädigung von *B. diandrus* ergaben Ertragsverluste von 30 % bei *Bromus*-Dichten von 100 Pflanzen/m². Bei 600 Pflanzen/m² wurden 80 % Reduktion im Korntrag von Winterweizen festgestellt.

Es zeigt sich, dass *Bromus*-Arten in Winterweizen aufgrund ihrer Konkurrenzfähigkeit starke Ertragsverluste verursachen können. Um diese zu vermeiden, müssen die Unkrautpopulationen unter ein bestimmtes Dichteniveau gesenkt werden.

1.4 Bekämpfung von *Bromus*-Arten

Der Einsatz von Herbiziden bei reduzierter Bodenbearbeitung ist unverzichtbar geworden, um den unkrautbekämpfenden Effekt des Pfluges ausgleichen zu können (WICKS und FENSTER, 1980). In den Kulturen Raps (*Brassica napus* L.), Zuckerrübe (*Beta vulgaris* L.) und Mais (*Zea mays* L.), lassen sich *Bromus*-Arten problemlos mit Herbiziden kontrollieren (FROUD-WILLIAMS, 1980; KEES und PFEUFER, 1984; AUGUSTIN, 1999; MITTNACHT 2003). Die Bekämpfung von *Bromus*-Arten mit Herbiziden in Getreide, insbesondere in Winterweizen, wurde schon früh als Problem erkannt. So stellte PHILLIPS bereits 1953 fest, dass eine erfolgreiche Bekämpfung von *Bromus*-Arten in Weizen nur durch wendende Bodenbearbeitung oder den Einfluss der Fruchtfolge erzielt werden kann.

Von einer Reihe von Herbiziden brachte nur die Applikation von Metribuzin teilweise gute Erfolge in der Bekämpfung von *Bromus*-Arten in Winterweizen (RATLIFF und PEEPER, 1987; BALGHEIM und KIRCHNER, 1998). Allerdings war der Einsatz wegen der hohen Kosten und der möglichen Kulturschädigungen an Winterweizen beschränkt (BLACKSHAW und HAMMAN, 1998). Zur Vermeidung dieser Schäden mussten mehrere Faktoren berücksichtigt werden, u. a. der pH-Wert des Bodens, die richtige Wahl der Weizensorte, keine Applikation vor Bestockungsbeginn und keine Verlagerung des Wirkstoffs in den Wurzelbereich der Kultur durch Beregnung oder Niederschlag (RUNYAN ~~1982~~ ¹⁹⁸⁹). In den 1980er Jahren zur Bekämpfung von *Bromus*-Arten neue chemische Substanzen zur Verfügung wie zum Beispiel Meso- + Iodosulfuron und Sulfosulfuron aus der Gruppe der Sulfonylharnstoffe und Propoxycarbazone aus der Gruppe der Sulfonylamino-carbonyltriazolinone. Diese Verbindungen führen in der Regel nicht zu einer kompletten Bekämpfung, sondern führen zu Wachstumsdepressionen, die aber durch die zusätzliche

Konkurrenzwirkung des Getreides die *Bromus*-Arten ausreichend unterdrücken können. Sie dürfen nicht in Wintergerste eingesetzt werden, da es dort zu Kulturschäden kommt (MITTNACHT, 2003).

Als besonders effektiv zur Bekämpfung von *Bromus*-Arten hat sich eine Kombination von pflanzenbaulichen und chemischen Maßnahmen erwiesen, zum Beispiel eine flache Bodenbearbeitung nach der Ernte in Verbindung mit dem Einsatz eines nicht-selektiven Herbizids, gefolgt vom Anbau von Winterraps oder einer Sommerung.

1.5 Fragestellungen

Um einen Überblick über die aktuelle Verbreitungs- und Befallssituation von *Bromus*-Arten in Deutschland zu erhalten, wurde eine empirische Untersuchung durchgeführt. Bundesweit wurden Experten aus den Bereichen Beratung, Praxis und Wissenschaft befragt. Die Informationen sollten Rückschlüsse zulassen auf die Bedeutung, die Verbreitung und deren Zusammenhänge mit verschiedenen Faktoren sowie die Bekämpfung von *Bromus*-Arten.

Die hohe Schadwirkung von *Bromus*-Arten ist aufgrund verschiedener wissenschaftlicher Arbeiten bekannt. Allerdings wird sie von mehreren Faktoren beeinflusst. Um die Ertragsverluste in Winterweizen unter den in Deutschland gegebenen Standortbedingungen zu untersuchen, wurden im experimentellen Teil der Arbeit Feldversuche über einen Zeitraum von drei Jahren durchgeführt. Untersucht wurde die Schadwirkung von *B. sterilis* und *B. secalinus*, den in Deutschland und Mitteleuropa dominierenden *Bromus*-Arten, und von *B. japonicus*, einer Art, die in Deutschland zwar nur von regionaler Bedeutung ist, über deren Schadwirkung allerdings keine Erkenntnisse vorliegen. Ebenfalls wurde *B. tectorum*, die dominierende *Bromus*-Art in Nordamerika, in die Feldversuche einbezogen, um Informationen darüber zu erhalten, wie sich diese *Bromus*-Art unter den hiesigen Standortbedingungen bezüglich ihrer Konkurrenzkraft in Winterweizen verhält.

Die Vorgänge in einem biologischen System, wie es eine Unkrautpopulation darstellt, sind sehr komplex. Dabei bestimmen mehrere Einflussfaktoren die Übergangswahrscheinlichkeit von einem Entwicklungsstadium zum nächsten. Um den Einfluss von Bodenbearbeitung, Saattermin, Herbizideinsatz und Fruchtfolge auf die Populationen von *B. sterilis* und *B. secalinus* modellieren und daraus

Bekämpfungsstrategien ableiten zu können, wurden populationsdynamische Parameter beider Arten unter Freilandbedingungen und im Gewächshaus untersucht. Weiterhin wurde die Wirksamkeit mehrerer Herbizide zur Bekämpfung von *Bromus*-Arten in Winterweizen in Gewächshausversuchen untersucht. Geprüft wurden die Wirkstoffe Mesosulfuron + Iodosulfuron, Propoxycarbazon und Sulfosulfuron auf ihre Wirksamkeit gegenüber den vier in den Feldversuchen untersuchten *Bromus*-Arten sowie gegenüber *B. diandrus*, der in Australien dominierenden *Bromus*-Art. Ebenfalls wurde die Abhängigkeit der Wirkung vom Entwicklungsstadium von *B. sterilis* untersucht (detaillierte Produktbeschreibung vgl. Seite 21).

2 Material und Methoden

2.1 Umfrage zur *Bromus*-Problematik in Deutschland

Um Informationen über den Status quo der Verbreitung, Bedeutung und Bekämpfung von *Bromus*-Arten in Deutschland zu erhalten, wurde in den Jahren 2000 und 2001 eine schriftliche Umfrage durchgeführt. Bundesweit wurden 61 Experten aus den Bereichen Beratung, Praxis und Wissenschaft, der Ämter für Landwirtschaft, Landschafts- und Bodenkultur sowie der Ämter und Anstalten des amtlichen Pflanzenschutzdienstes, befragt. Auf dieser Basis war eine Einschätzung der Situation in der Bundesrepublik Deutschland möglich.

Inhaltlich gliederte sich der Fragebogen in zwei Teile. Im ersten Teil wurde allgemein nach dem Auftreten der unterschiedlichen *Bromus*-Arten auf ackerbaulichen Nutzflächen, dem prozentualen Anteil der befallenen Flächen, den Befallsmustern und nach möglichen Problemen, die mit dem Auftreten von *Bromus*-Arten auf den genannten Flächen verbunden sind, gefragt. Im zweiten Teil sollte die Bedeutung von *Bromus*-Arten in Getreide und anderen landwirtschaftlichen Kulturen, auf Wiesen und Weiden, Stilllegungsflächen und Ackerrandstreifen bewertet werden. Weiterhin wurden Zusammenhänge zwischen dem Auftreten von *Bromus*-Arten und Standortfaktoren sowie Bodenbearbeitungssystemen ermittelt. Abschließend sollten Bekämpfungsmaßnahmen gegen *Bromus*-Arten und deren Wirksamkeit genannt werden.

Formal lassen sich im vorliegenden Fragebogen geschlossene und offene Fragen unterscheiden, wobei die Zahl der offenen Fragen gering gehalten wurde. Geschlossene Fragen gaben die Antwortmöglichkeiten vor (multiple choice), offene Fragen verlangten von den Befragten eigene Formulierungen. Zum Abschluss des Fragebogens bestand die Möglichkeit, eigene Angaben und Ergänzungen zu machen (Fragebogen siehe Anhang).

2.2 Untersuchungen zur Wirkung von *Bromus*-Arten auf den Ertrag von Winterweizen

2.2.1 Untersuchungen zur Wirkung von *Bromus*-Arten auf den Ertrag von Winterweizen in Abhängigkeit von der *Bromus*-Dichte

Feldversuche zur Untersuchung der Schadwirkung von *Bromus*-Arten in Winterweizen in Abhängigkeit der *Bromus*-Dichte wurden auf der Versuchsstation für Pflanzenzüchtung, Karlshof (Stuttgart-Hohenheim), auf der Versuchsstation für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, Ihinger Hof (Renningen, Nordschwarzwald) und auf Versuchsflächen, beziehungsweise angepachteten Flächen der Firma Aventis CropScience (heute Bayer CropScience) in Hattersheim (Frankfurt) durchgeführt (Tab. 1).

Tab. 1: Charakterisierung der Versuchsstandorte

Standort	Klima		Bodenart
	Niederschlag* [mm/Jahr]	Temperatur* Höhe über NN [m]	
Karlshof	697	8,8 °C 400	uL
Ihinger Hof	690	7,9 °C 450-508	L
Hattersheim	529	10,0 °C 100	sL

*langjähriges Mittel

Es wurde die Konkurrenzkraft von *B. sterilis* und *B. secalinus* untersucht, der in Deutschland am häufigsten auftretenden Arten in Winterweizen, sowie die Konkurrenzkraft von

B. japonicus, einer Art mit regionaler Bedeutung in Deutschland, und *B. tectorum*, der in ~~Abhängigkeit von der Dichte der *Bromus*-Arten~~ ~~untersucht~~ ~~werden~~ ~~und~~ ~~über~~ ~~den~~ ~~gesamten~~ ~~Versuchszeitraum~~ ~~von~~ ~~drei~~ ~~Jahren~~ ~~durchgeführt~~ ~~werden~~ (siehe Tab. 2).

Tab. 2: Untersuchte *Bromus*-Arten

Standorte	Vegetationsperioden		
	1999-2000	2000-2001	2001-2002
Karlshof	<i>B. sterilis</i> <i>B. secalinus</i> <i>B. tectorum</i> <i>B. japonicus</i>	<i>B. sterilis</i> <i>B. secalinus</i> <i>B. tectorum</i> <i>B. japonicus</i>	<i>B. sterilis</i> <i>B. secalinus</i> <i>B. tectorum</i>
Ihinger Hof		<i>B. sterilis</i> <i>B. secalinus</i> <i>B. tectorum</i> <i>B. japonicus</i>	<i>B. sterilis</i> <i>B. secalinus</i>
Hattersheim		<i>B. sterilis</i> <i>B. secalinus</i> <i>B. tectorum</i> <i>B. japonicus</i>	<i>B. sterilis</i> <i>B. secalinus</i>

In einem additiven Ansatz wurden sieben unterschiedliche *Bromus*-Dichten getestet (0-250 Pflanzen/m²). Im Anschluss an die erste Weizensaat (Tab. 3-5) wurden die Parzellen vermessen, ausgesteckt und das entsprechende *Bromus*-Saatgut von Hand eingebracht. Anschließend wurde das Saatgut 2 bis 3 cm mit dem Rechen (Karlshof, Hattersheim) bzw. mit dem Striegel (Ihinger Hof) in den Boden eingearbeitet. Zum Ende der Vegetationsperiode wurde der Kornertrag jeder Parzelle erfasst.

Die Auswahl der Winterweizensorten sowie die pflanzenbaulichen Maßnahmen (Bodenbearbeitung, Düngung) wurden den Standortgegebenheiten angepasst (Tab. 3-5 und Anhang). Details zum Pflanzenschutz sind dem Anhang zu entnehmen.

Das in den Versuchen verwendete *Bromus*-Saatgut stammte aus jeweils einer Herkunft. Die Samen von *B. sterilis* und *B. secalinus* wurden von den Firmen Aventis CropScience¹ und WeedServices², die von *B. tectorum* und *B. japonicus* von der Firma Herbiseed³ bezogen. Eine Beschreibung der in der Arbeit untersuchten *Bromus*-Arten sowie deren Abbildungen sind dem Anhang zu entnehmen.

¹ Heute Bayer CropScience - Hattersheim, Deutschland

² Stuttgart-Hohenheim, Deutschland

³ Twyford, England

Tab. 3: Angaben zu den Feldversuchen Karlshof

Vegetationsperiode	1999-2000	2000-2001	2001-2002
Weizensaat (1. Saattermin)	19.10.1999	29.09.2000	11.10.2001
(2. Saattermin)	-	24.10.2000	29.10.2001
(3. Saattermin)	-	22.11.2000	20.11.2001
Düngung, gesamt N [kg/ha] jeweils im Frühjahr	150	160	165
Erntetermin	03.08.2000	01.08.2001	15.08.2002
Winterweizensorte	Petrus		
Saadichte	400 Körner/m ²		
Versuchsanlage	Parzellengröße 10 m ² , 4 Wdh., komplett random. Anlage		

Tab. 4: Angaben zu den Feldversuchen, Ihinger Hof

Vegetationsperiode	2000-2001	2001-2002
Weizensaat (1. Saattermin)	05.10.2000	15.10.2001
(2. Saattermin)	02.11.2000	30.10.2001
(3. Saattermin)	13.12.2000	14.11.2001
Düngung, gesamt N [kg/ha] jeweils im Frühjahr	100	100
Erntetermin	13.08.2001	15.08.2002
Winterweizensorte	Transit	
Saadichte	400 Körner/m ²	
Versuchsanlage	Parzellengröße 10 m ² , 4 Wdh., komplett random. Anlage	

Tab. 5: Angaben zu den Feldversuchen Hattersheim

Vegetationsperiode	2000-2001	2001-2002
Weizensaat (1. Saattermin)	18.10.2000	17.10.2001
Düngung, gesamt N [kg/ha] jeweils im Frühjahr	185	180
Erntetermin	29.07.2001	30.07.2002
Winterweizensorte	Ritmo	
Saadichte	400 Körner/m ²	
Versuchsanlage	Parzellengröße 10 m ² , 4 Wdh., komplett random. Anlage	

2.2.2 Untersuchungen zur Wirkung von *Bromus*-Arten auf den Ertrag von Winterweizen in Abhängigkeit vom Saattermin von Winterweizen

Die Schadwirkung von *B. sterilis* und *B. secalinus* in Abhängigkeit des Saatzeitpunktes von Winterweizen wurde in Feldversuchen auf den Standorten Karlshof und Ihinger Hof in den Vegetationsperioden 2000-2001 und 2001-2002 untersucht. Für jede *Bromus*-Art und jeden Saatzeitpunkt wurden vier Wiederholungen angelegt. Dazu wurde Winterweizen an drei unterschiedlichen Terminen (Zeitabstand jeweils ca. ein Monat, Tab. 3 und Tab. 4) gedrillt. Direkt im Anschluss an die jeweilige Winterweizensaat wurden auf jede Parzelle (10 m²) 200 keimfähige Samen/m² von Hand ausgebracht. Diese wurden mit dem Rechen (Karlshof) bzw. mit dem Striegel (Ihinger Hof) 2 bis 3 cm in den Boden eingearbeitet. Zum Ende der Vegetationsperiode wurde der Kornertrag jeder Parzelle erfasst. Die Auswahl der Winterweizensorten sowie die pflanzenbaulichen Maßnahmen (Bodenbearbeitung, Düngung) wurden den Standortgegebenheiten angepasst (Tab. 3-5). Details zum Pflanzenschutz sind dem Anhang zu entnehmen.

2.3 Untersuchungen zur Populationsdynamik von *Bromus*-Arten in Winterweizen

Untersuchungen zur Populationsdynamik von *B. sterilis* und *B. secalinus*, den in Deutschland am häufigsten in Winterweizen auftretenden *Bromus*-Arten, wurden unter Freilandbedingungen in Feldversuchen und in Modellversuchen unter kontrollierten Bedingungen im Gewächshaus durchgeführt. Basierend auf diesen Daten und mit Hilfe eines deterministischen, populationsdynamischen Modells sollte der Einfluss unterschiedlicher Bodenbearbeitungsmaßnahmen und Saattermine von Winterweizen auf die Populationen der zwei *Bromus*-Arten vorhergesagt werden.

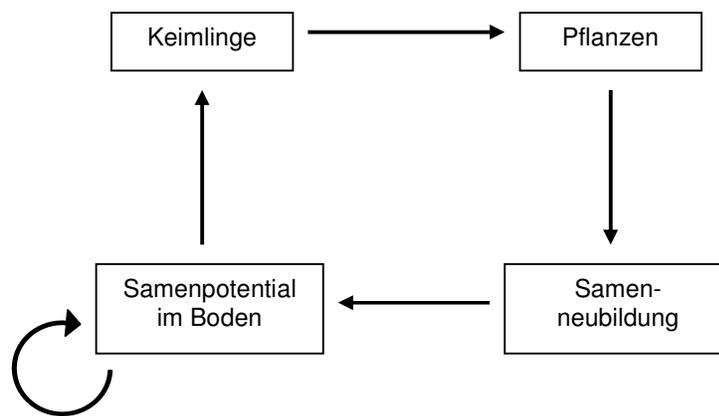


Abb. 6: Lebenszyklus annueller Unkräuter nach COUSENS und MORTIMER (1995)

Entsprechend des Modells des Lebenszyklus annueller Unkräuter von COUSENS und MORTIMER (1995) wurden folgende Parameter erhoben: Überleben von Samen im Boden, Auflauf aus unterschiedlichen Bodentiefen, Auflauf in Abhängigkeit des Saatzeitpunktes, Überleben von Pflanzen Herbst/Frühjahr, Samenproduktion in Abhängigkeit der Dichte in Winterweizen und des Saatzeitpunktes, Einfluss der Temperatur auf die Keimung.

2.3.1 Überleben von *Bromus*-Samen im Boden

In den Vegetationsperioden 1999-2000 und 2001-2002 wurde in Feldversuchen am Standort Karlshof die Überlebensfähigkeit von Samen von *B. sterilis* und *B. secalinus* in Abhängigkeit der Dauer und Tiefe der Samen im Boden untersucht. Hierzu wurden 50 keimfähige Samen der beiden Arten in Nylon-Säckchen (Maschenweite 1 mm x 1 mm)

verpackt. Diese wurden zum Zeitpunkt der Winterweizensaat (Tab. 3) in Bodentiefen von 5, 10, 15 und 20 cm eingebracht und nach 2, 4, 6, 8 und 10 Monaten ausgegraben. Pro Art, Bodentiefe und Dauer wurden drei Wiederholungen gewählt. Nach dem Ausgraben wurden die gekeimten Samen ausgezählt. Die Samen galten als gekeimt, wenn die Koleoptile eine Länge von 5 mm erreicht hatte (HOWARD, 1991). Um festzustellen, ob die nicht gekeimten Samen lebensfähig waren, wurden diese einer biochemischen Prüfung auf Lebensfähigkeit mittels des topographischen Tetrazolium-Tests (TTC-Test) unterzogen (ISTA, 1999).

2.3.2 Auflauftrate von *Bromus*-Arten aus unterschiedlichen Bodentiefen

Um das Auflaufvermögen von *B. sterilis* und *B. secalinus* aus unterschiedlichen Bodentiefen zu erfassen, wurde ein Versuch im Gewächshaus durchgeführt. Dazu wurden jeweils 25 keimfähige Samen der beiden *Bromus*-Arten in unterschiedliche Tiefen von 0 (leichte Abdeckung der Samen durch Substrat), 5, 10, 15 und 20 cm platziert. Je Art und Tiefe wurden drei Wiederholungen angesetzt. Der Versuch wurde in zwei unterschiedlichen Substraten durchgeführt, um den Einfluss unterschiedlicher Bodendichten auf das Auflaufen der Pflanzen zu untersuchen. Zum einen in Komposterde mit einer kompakten Struktur (Dichte $\rho=0,9 \text{ g/cm}^3$), zum anderen in exfoliiertem Vermiculit, das eine sehr lockere Struktur aufweist (Dichte $\rho=0,13 \text{ g/cm}^3$). Durch tägliche Kontrolle wurden die aufgelaufenen *Bromus*-Pflanzen erfasst. Nach Beendigung des Versuches nach 15 Tagen wurde geprüft, ob die Samen, deren Keimlinge nicht aufgelaufen waren, gekeimt hatten.

2.3.3 Auflauftrate von *Bromus*-Arten in Abhängigkeit vom Saattermin von Winterweizen

Das Auflaufen von *B. sterilis* und *B. secalinus* in Abhängigkeit des Saattermins von Winterweizen wurde in den unter Kap. 2.2.2 aufgeführten Feldversuchen in den Vegetationsperioden 2000-2001 und 2001-2002 untersucht. Die *Bromus*-Dichten wurden vor Beginn der Vegetationsruhe im Herbst auf vier zufällig gewählten Flächen von je 0,25 m² für jede Parzelle erfasst. Die Anzahl der aufgelaufenen *Bromus*-Pflanzen konnte somit in Relation zu den 200 keimfähigen Samen/m² gesetzt werden, die zu den entsprechenden Saatterminen des Winterweizens in den Boden eingebracht worden waren.

2.3.4. Überlebensrate von *Bromus*-Arten Herbst/Frühjahr in Abhängigkeit vom Saattermin von Winterweizen

Um die Überlebensrate von *B. sterilis* und *B. secalinus* vom Herbst ins Frühjahr zu erfassen, wurden Untersuchungen in den unter Kapitel 2.2.2 aufgeführten Feldversuchen durchgeführt.

Auf vier markierten Flächen von jeweils 0,25 m² wurden in jeder Parzelle die *Bromus*-Dichten vor Beginn der Vegetationsruhe im Herbst und nach Ende der Vegetationsruhe im Frühjahr erfasst. Damit konnte die Abhängigkeit der Überlebensrate vom Saatzeitpunkt des Winterweizens bestimmt werden.

2.3.5 Samenproduktion von *Bromus*-Arten

2.3.5.1 Samenproduktion von *Bromus*-Arten in Abhängigkeit von ihrer Dichte in Winterweizen

Die Samenproduktion von *B. sterilis* und *B. secalinus* in Abhängigkeit ihrer Dichte in Winterweizen wurde in den in Kap. 2.2.1 aufgeführten Feldversuchen zur Konkurrenzkraft unterschiedlicher *Bromus*-Dichten in Winterweizen untersucht. Die Erhebungen wurden auf den Standorten Karlshof (Vegetationsperiode 1999-2000 und 2001-2002), Ihinger Hof (Vegetationsperiode 2000-2001 und 2001-2002) und am Standort Hattersheim (Vegetationsperiode 2000-2001) durchgeführt. Für jede Art und Wiederholung wurden 10 *Bromus*-Pflanzen im BBCH-Stadium 87-90 geerntet (Skala der BBCH-Stadien siehe Anhang). Diese wurden von Hand gedroschen und nachfolgend die Samenanzahl pro Pflanze bestimmt.

2.3.5.2 Samenproduktion von *Bromus*-Arten in Abhängigkeit vom Saattermin von Winterweizen

Die Untersuchungen der Samenproduktion von *B. sterilis* und *B. secalinus* in Abhängigkeit des Saatzeitpunktes wurden in den unter Kap. 2.2.2 aufgeführten Feldversuchen zur Untersuchung des Auflaufs von *Bromus*-Arten in Abhängigkeit des Saatzeitpunktes von Winterweizen durchgeführt. Diese erfolgten auf den Standorten Karlshof (Vegetationsperiode 2001-2002) und Ihinger Hof (Vegetationsperiode 2000-2001 und

2001-2002). Für jede Art und Wiederholung wurden 10 Pflanzen geerntet. Diese wurden von Hand gedroschen und die Samenanzahl pro Pflanze bestimmt.

2.3.6 Einfluss der Temperatur auf die Keimung von *Bromus*-Arten

Um die Keimung von *B. sterilis* und *B. secalinus* unter konstanten und wechselnden Temperaturführungen zu untersuchen, wurden Keimtests in Klimaschränken durchgeführt. Die konstanten Temperaturen betragen 5, 10, 20 und 30 °C, bei wechselnden Temperaturführung 30/20 °C, 25/15 °C und 20/10 °C in einem 18/6 h Rhythmus. Je Art und Temperatur wurden 50 keimfähige Samen in eine Petrischale (9 cm Durchmesser) mit zweifach ausgelegtem Filterpapier platziert. Temperatur und Feuchtigkeit wurden täglich kontrolliert. Dabei wurden die gekeimten Samen gezählt und anschließend den Petrischalen entnommen. Als gekeimt zählten Samen, deren Koleoptile eine Länge von 5 mm erreicht hatte (HOWARD, 1991). Nach Keimung von 50 % der Samen einer Art wurden die Zählungen für weitere 7 Tage alle 2 Tage durchgeführt.

2.4 Wirkung von Herbiziden auf *Bromus*-Arten

Eine effektive Bekämpfung von *Bromus*-Arten in Getreide war bislang mit den zur Verfügung stehenden Herbiziden nicht möglich. Seit jüngster Zeit stehen jedoch drei Herbizide für die Bekämpfung von *Bromus*-Arten in Winterweizen zur Verfügung. Um ihre Wirksamkeit zu vergleichen, wurden Dosis-Wirkungsexperimente im Gewächshaus durchgeführt. Geprüft wurden **Atlantis WG**[®] 420 g/ha (30g/kg Mesosulfuron-methyl (3 %), 6 g/kg Iodosulfuron-methyl-natrium (0,6 %), 90 g/kg Mefenpyr-diethyl-Safener (9 %)) + Netzmittel (Biopower[®]; 0,2 % der Spritzlösung), **Monitor**[®] 20 g/ha (800 g/kg Sulfosulfuron (80%)) + Netzmittel (MonFast[®] 0,2 % der Spritzlösung) und **Attribut**[®] 60 g/ha (700 g/kg Propoxycarbazone als Na-Salz (70 %) + Netzmittel Marlipal (0,25 % der Spritzlösung)⁴. Dabei handelt es sich um Herbizide mit Wirkstoffen aus der Gruppe der Sulfonylharnstoffe (Atlantis[®] und Monitor[®]) und aus der Gruppe der Sulfonylaminocarbonyltriazolinone (Attribut[®]), die in die Aminosäuresynthese der Pflanzen durch Hemmung der Acetolactat-Synthase (ALS-Hemmer) eingreifen.

⁴ Attribut[®], Atlantis[®], Biopower[®] = reg. Warenzeichen Bayer AG
Monitor[®] = reg. Warenzeichen Monsanto

Untersucht wurde die Sensitivität von *B. sterilis* und *B. secalinus*, den in Deutschland am verbreitetsten *Bromus*-Arten in Winterweizen, gegenüber den drei oben genannten Herbiziden.

Weiterhin wurde die Sensitivität von *B. tectorum*, der in Nordamerika dominierenden *Bromus*-Art in Winterweizen, von *B. diandrus*, der in Australien dominierenden *Bromus*-Art in Winterweizen und von *B. japonicus*, einer *Bromus*-Art von regionaler Bedeutung in Deutschland, gegenüber Atlantis® geprüft.

Die geprüften Herbizide werden vornehmlich zur Bekämpfung von *Bromus*-Arten im Frühjahr empfohlen. Deshalb wurde in einem weiteren Versuch die Sensitivität unterschiedlicher Entwicklungsstadien von *B. sterilis* gegenüber Atlantis® untersucht, da zum Zeitpunkt der Applikation im Frühjahr die *Bromus*-Pflanzen unterschiedlich entwickelt sind. Als Parameter zur Erfassung der Wirkung wurde die Trockenmasse bestimmt. Dies erfolgte 10 bis 16 Tage nach Applikation, wenn die Pflanzen bei den höchsten Dosierungen abgestorben waren. Geerntet wurden ausschließlich die oberirdischen Pflanzenteile. Das Pflanzenmaterial wurde bei 80 °C (12 h) getrocknet und anschließend gewogen.

2.4.1 Pflanzenanzucht

Die Anzucht der Pflanzen erfolgte in Styroporschalen (21 cm x 15 cm x 4 cm) in Anzuchterde (Humosoil) von Floragard. Im Entwicklungsstadium BBCH 11-12 wurden die Pflanzen in mit Komposterde gefüllte Plastiktöpfe (10 cm Durchmesser) pikiert.

Die Gewächshausbedingungen während der Aufzucht und nach Applikation der Herbizide waren identisch. Die Temperatur betrug 24/18 °C (18 h Tag, 6 h Nacht). Beleuchtet wurde mit 300 µE/m²s (16 h Tag, 8 h Nacht) photosynthetisch aktiver Strahlung (Lampen: Philipps HPIT, 400 W).

2.4.2 Herbizidapplikation

Die Herbizide sowie deren Netzmittel wurden in deionisiertem Wasser gelöst, wobei die Konzentration der Netzmittel bei den Verdünnungsreihen konstant gehalten wurde. Verdünnt wurde jeweils um den Faktor 0,5. Appliziert wurden 11 Dosierungen. Die höchste Herbizidkonzentration betrug das 8-fache, die geringste Konzentration das 1/128-fache der empfohlenen Aufwandmenge. Diese beträgt für Atlantis® 420 g/ha, für Attribut® 60 g/ha und für Monitor® 20 g/ha. Für jede *Bromus*-Art und Dosierung wurden 8

Wiederholungen behandelt. Appliziert wurde mit einem zuvor ausgeliterten, automatisierten Spritzstand (Firma Aro, Langenthal, Schweiz) mit einer Flachstrahldüse 8004 EVS (Teejet Spraying Systems), einem Druck von 2,9 bar und einer Wasseraufwandmenge von 400 l/ha.

Die Applikation der Herbizide erfolgte im Entwicklungsstadium BBCH 13-14 und bei den Untersuchungen zur Empfindlichkeit unterschiedlicher Entwicklungsstadien von *B. sterilis* in den Entwicklungsstadien BBCH 12, 21 und 25.

2.5 Simulation der Populationsentwicklung von *B. sterilis* und *B. secalinus*

Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Populationsdynamik wurden mit einem dichteabhängigen, deterministisch-mathematischen Modell verrechnet, um abschätzen zu können, wie sich die Bodenbearbeitungsmaßnahmen, Saattermine von Winterweizen, Herbizidapplikation und Fruchtfolge auf eine Population von *B. sterilis* und *B. secalinus* auswirken. Basis für das Modell bildete das von BÜCHSE (unveröffentlicht) entwickelte Simulationsprogramm HERBSIM zur Populationsdynamik annualer Unkräuter. Dabei handelt es sich um ein Tabellenkalkulationsprogramm (EXCEL), wobei die Verknüpfung zwischen den unterschiedlichen Arbeitsblättern zum Teil direkt, teilweise mit Visual Basic für Applikationen programmiert wurde. Die Visual-Basic-Module enthalten Makros, die automatisierte Prozeduren darstellen, welche innerhalb des Programms ablaufen. Durch entsprechende Algorithmen sind die Informationen der einzelnen Arbeitsblätter so miteinander verbunden, dass eine weitgehend automatisierte Kalkulation der Populationsdynamik ermöglicht wird. Über Dialogfenster und die Wahl beziehungsweise Einstellung der Parameter lässt sich in die Simulation eingreifen (MORAY et al., 2003)

Die Populationsentwicklung annualer Unkräuter lässt sich mit folgender Formel (1) beschreiben (MORTIMER und FIRBANK, 1983; RICHTER, 1985):

$$D_{t+1} = D_t * (1 - g)s + D_t * g * p * S \quad (1)$$

D_t = das Samenpotential im Jahr (t) der Simulation

g = die Auflaufwahrscheinlichkeit

p = die Wahrscheinlichkeit für eine Pflanze zur Samenreife zu gelangen

S = die Höhe der Samenproduktion

s = die Überlebenswahrscheinlichkeit der Samen im Boden

Ausgehend von einem bestimmten Samenpotential im Boden gehen die Ergebnisse der Versuche dieser Arbeit durch entsprechende Gewichtungsfaktoren in das Modell ein. Dadurch wird die Entwicklung der Population gehemmt oder gefördert. Fehlende Daten wurden aus der Literatur übernommen beziehungsweise plausible Annahmen getroffen. So zum Beispiel der Export von Samen durch den Einsatz eines Mähdreschers. Hier bezog man sich auf Daten von HOWARD et al. (1991), welche für die Abfuhr von *B. sterilis*-Samen 32 % und für *B. secalinus*-Samen 22 % feststellten. Einen großen Einflussfaktor auf das Samenpotential stellen die Witterungsbedingungen über Sommer, das heißt nach Ernte und vor Saat, dar (FIRBANK et al., 1985). Weiterhin die Art und Häufigkeit der in dieser Zeit vorgenommenen Bodenbearbeitungsmaßnahmen. Der Gesamtverlust daraus wurde in der Simulation mit 25 % angesetzt, kann aber auch mehr als 50 % betragen (COUSENS und MORTIMER, 1995).

Der Einfluss zufälliger Faktoren wie Standort und Jahr auf die Populationsdynamik kann je nach betrachteter Art sehr groß sein und den Einfluss anthropogener Faktoren im Einzelfall deutlich übersteigen. Ziel der vorliegenden Simulation war jedoch nicht die genaue Vorhersage der Entwicklung in einer spezifischen Umwelt, sondern das Erkennen genereller Trends. Es wird daher bewusst von Mittelwerten über Umwelten ausgegangen und stochastische Effekte sowie klimatische Einflüsse werden nicht berücksichtigt (BÜCHSE, unveröffentlicht).

2.6 Statistische Auswertung

Die Auswertung der Fragebögen erfolgte mit dem Statistikpaket SPSS Base, Version 11.0. Dargestellt wurden die Ergebnisse anhand von Häufigkeitstabellen und den Angaben der prozentualen Anteile der jeweiligen Antwortoptionen an der Grundgesamtheit der Antworten.

Die Verrechnung der Feld- und Gewächshausversuche geschah mit dem Statistikpaket SPSS Base and Regression Models, Version 11.0. Für die multiplen Mittelwertsvergleiche wurde der Sidak-Test bei unbalanciertem Datenmaterial und der Tukey-Test bei balancierten Daten (Irrtumswahrscheinlichkeit $\alpha=5$ %) angewandt. Signifikante Unterschiede sind im Folgenden mit verschiedenen Buchstaben gekennzeichnet.

Die Besatz-Verlust-Relationen wurden durch nicht-lineare Regression nach einem Modell von COUSENS (1985) berechnet (Formel 2).

$$YL = \frac{Id}{1 + Id / A} \quad (2)$$

YL = Ertragsverlust

d = Dichte

I = Ertragsverlust bei $d \rightarrow 0$

A = Ertragsverlust bei $d \rightarrow \infty$

Dieses Modell ermöglicht den Vergleich der Konkurrenzkraft verschiedener Unkräuter durch die Betrachtung der dimensionslosen Parameter A (Ertragsverluste bei Dichten $\rightarrow \infty$) und Parameter I (Ertragsverlust bei Dichten $\rightarrow 0$). Dabei wird auch die intraspezifische Konkurrenz zwischen den Unkräutern berücksichtigt, was sich durch einen hyperbolischen Kurvenverlauf zeigt.

Die Dosis-Wirkungsbeziehungen wurden nach einem Modell von STREIBIG (1988) berechnet (Formel 3), wobei zur Berechnung von signifikanten Unterschieden zwischen den Kurven und zur Darstellung eine Normalisierung der Daten entsprechend der von STREIBIG (1995) beschriebenen Vorgehensweise erfolgte:

$$y = C + \frac{D - C}{1 + e^{[b(\ln(x) - \ln(ED_{50}))]}} \quad (3)$$

C = untere Grenze

D = obere Grenze

b = Steigung

ED₅₀ = Dosis, bei der 50 % der erfassten Wirkung auftritt

3 Ergebnisse

3.1 Umfrage zur *Bromus*-Problematik in Deutschland

Mit dem Eingang von 43 beantworteten Fragebögen konnte eine hohe Rücklaufquote von 70 % verzeichnet werden. Damit wurden von der gesamten Ackerfläche in Deutschland (11,79 Mio. ha, Statistisches Bundesamt, 2002) 10,2 Mio. ha erfasst, was einem Anteil von 86 % entspricht.

Der allgemeine Teil der Befragung zeigte, dass in allen Bundesländern *Bromus*-Arten auf ackerbaulich genutzten Flächen auftreten, wobei 57 % der Befragten von einem vereinzelt und 43 % von einem starken Auftreten berichteten. Aus Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Berlin, Niedersachsen, Sachsen, Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz wurde von einem vereinzelt Auftreten, aus Sachsen-Anhalt, Thüringen, Hessen, Saarland, Baden-Württemberg und Bayern wurde von einem starken Auftreten berichtet.

Die Antworten auf die anschließende Frage, seit wann *Bromus*-Arten auf den Flächen registriert werden, ergaben im Mittel zehn Jahre. Die Angaben reichten dabei von zwei bis 30 Jahren. Insgesamt wurden acht *Bromus*-Arten in unterschiedlicher Häufigkeit genannt (Tab. 6).

Tab. 6: *Bromus*-Arten auf ackerbaulichen Nutzflächen in Deutschland (Anzahl der Nennungen)

<i>B. sterilis</i>	Taube Trespe	33
<i>B. secalinus</i>	Roggen-Trespe	25
<i>B. mollis</i>	Weiche Trespe	19
<i>B. tectorum</i>	Dach-Trespe	5
<i>B. arvensis</i>	Acker-Trespe	4
<i>B. japonicus</i>	Japanische Trespe	2
<i>B. commutatus</i>	Wiesen-Trespe	3
<i>B. erectus</i>	Aufrechte Trespe	1

Ein Großteil der Befragten (51 %) gab an, dass *Bromus*-Arten auf den befallenen Flächen überwiegend am Rand vorkommen, 24 % beobachteten eine ungleichmäßige, 20 % eine gleichmäßige Verteilung auf den Flächen und 5 % machten hierzu keine Angaben.

Darüber hinaus wurde gefragt, welche Probleme mit dem Auftreten von *Bromus*-Arten verbunden sind. Tabelle 7 zeigt deutlich, dass Ertragsverluste an erster Stelle stehen. Weiter wurden die vorzeitige Lagerbildung bei Getreide, Ernteerschwernisse, Qualitätseinbußen beim Erntegut sowie weitere Probleme genannt.

Tab. 7: Probleme verursacht durch *Bromus*-Arten
(Anzahl der Nennungen)

Ertragsverluste	43
Vorzeitiges Lager bei Getreide	12
Ernteerschwernis	10
Qualitätseinbußen (Feuchtigkeit, Verunreinigung)	6
Erhöhter Krankheitsdruck bei Kulturpflanzen	3
Aberkennung von Saatgutvermehrungsflächen	3
Keine minimale Bodenbearbeitung möglich	2

Im zweiten Teil des Fragebogens wurde zunächst nach der qualitativen und quantitativen Bewertung des Auftretens in den verschiedenen landwirtschaftlichen Kulturen und auf Grünland, Stilllegungsflächen und Ackerrandstreifen gefragt (Tab. 8).

Es zeigte sich, dass *Bromus*-Arten überwiegend in Getreidekulturen zu finden sind, insbesondere in Winterungen. In Sommergetreide und Hackfrüchten sowie auf Stilllegungsflächen, Ackerrandstreifen und Weideland treten *Bromus*-Arten zwar auf, verursachen allerdings keine oder nur geringe Probleme.

Tab. 8: Bedeutung von *Bromus*-Arten, Angaben in (%)

	Großes Problem	Mittleres Problem	Geringes Problem	Treten auf, sind aber kein Problem	Treten nicht auf	Keine Angaben
Winterweizen	30,2	27,9	20,9	9,3	4,7	7,0
Wintergerste	23,3	18,6	23,3	9,3	18,6	7,0
Triticale	9,3	16,3	23,3	18,6	25,6	7,0
Winterroggen	4,7	18,6	11,6	20,9	32,6	11,6
Winterraps	2,3	2,3	9,3	44,2	32,6	9,3
Sommergerste	4,7	2,3	14,0	11,6	58,1	9,3
Hafer	-	2,3	11,6	11,6	62,8	11,6
Zuckerrüben	-	-	-	7,0	69,8	23,3
Mais	-	-	2,3	4,7	81,4	11,6
Kartoffeln	-	-	2,3	-	44,2	53,5
Selbstbegrünte Stilllegungsflächen	2,4	16,7	16,7	21,4	26,2	16,7
Begrünte Stilllegungsflächen	-	4,7	16,3	27,9	44,2	7,0
Ackerrandstreifen ¹	11,6	18,6	11,6	27,9	25,6	4,7
Weideland	-	2,4	4,8	31,0	50,0	11,9

Bei der Frage nach der vorherrschenden Fruchtfolge auf den befallenen Flächen nannten 70,6 % der Befragten eine Fruchtfolge mit hohen Anteilen an Getreide und Winterungen, 29,4 % nannten konkret eine Winterweizen-Winterroggen-Wintergerste-Fruchtfolge beziehungsweise eine Winterweizen-Winterroggen-Fruchtfolge, gefolgt von einer Stilllegung. In den folgenden Fragen wurde nach der Art der Bodenbearbeitung, nach Direktsaat sowie nach dem Saattermin auf den befallenen Flächen gefragt.

76,7 % nannten eine überwiegend nicht-wendende und 2,3 % eine wendende Bodenbearbeitung, 20,9 % machten hierzu keine Angaben. Bei der Frage nach Direktsaat gaben 55,8 % an, dass diese nicht auf den befallenen Flächen angewendet wird, 37,2 %

¹ Randstreifen innerhalb der Ackerfläche, indem eine schwächere Düngung erfolgt und zur Einhaltung bestimmter Ackerunkrautgesellschaften wirksame Unkrautbekämpfungsmaßnahmen unterbleiben (HEYLAND, 1996).

gaben an, dass Direktsaat durchgeführt wird, und 7 % machten hierzu keine Angaben. Beim Saatzeitpunkt wurde von 48,8 % ein früher Saattermin angegeben, 51,2 % machten hierzu keine Angaben.

Es ist bekannt, dass Unkrautsamen häufig durch verunreinigtes Saatgut oder durch Lohndrescher verbreitet werden. In der Befragung sahen aber nur 9,3 % einen Zusammenhang zwischen dem Auftreten von *Bromus*-Arten und verunreinigtem Saatgut. 44,2 % konnten keinen Zusammenhang sehen und 46,5 % machten hierzu keine Angaben. Dagegen konnten 39,5 % von einem Zusammenhang zwischen dem Auftreten und dem Einsatz von Lohndreschern berichten. 27,9 % sahen keine Verbindung und 32,6 % machten hierzu keine Angaben.

Bodenverhältnisse können ebenfalls einen Einfluss auf das Auftreten und die Verbreitung von Unkräutern haben. So sahen 70,7 % eine Verbindung zwischen dem Auftreten von *Bromus*-Arten und der Bodenstruktur, 14,6 % sahen keine Verbindung und ebenfalls 14,6 % machten dazu keine Angaben. Von den 70,7 % nannten 79,3 % schwere und mittelschwere Böden, 6,9 % mittelschwere und leichte Böden, weitere 6,9 % leichte Böden und ebenfalls 6,9 % gaben an, dass *Bromus*-Arten auf allen genannten Böden auftreten. Weitere Einflussfaktoren können Niederschlags- und Temperaturverhältnisse sein. Allerdings sahen nur 31,7 % solch einen Zusammenhang zwischen dem Auftreten von *Bromus*-Arten gegenüber 34,1 %, die diese Verbindung nicht sahen und ebenfalls 34,1 %, die hierzu keine Angaben machten. Bei der Nachfrage, um welche Standortverhältnisse es sich handele, gaben 82,6 % warme, trockene, im Gegensatz dazu 17,4 % kühle und feuchte Standorte an.

Betriebe mit Viehhaltung haben oftmals eine andere Unkrautflora auf den Ackerflächen als Betriebe ohne Viehhaltung, da sich ihre Produktionsziele unterscheiden. Allerdings stellten 55,8 % der Befragten keinen Zusammenhang zwischen dem Auftreten von *Bromus*-Arten und der Bewirtschaftungsform fest. 27,9 % sahen eine Verbindung zwischen dem Auftreten von *Bromus*-Arten und Betrieben ohne Viehhaltung, 9,3 % mit Betrieben mit Viehhaltung und 2,3 % nannten beiden Bewirtschaftungsformen. 4,7 % machten zu dieser Frage keine Angaben.

Zur Bekämpfung von *Bromus*-Arten werden sowohl mechanische als auch chemische Maßnahmen durchgeführt. Diese sollten genannt und ihre Wirksamkeit beurteilt werden. 65,9 % der Befragten gaben an, dass eine mechanische Bekämpfung von *Bromus*-Arten durchgeführt wird 34,1 % verneinten dies. Von den 65,9 % nannte 100 % Grubbern vor der Saat und den Einsatz eines Pfluges im Herbst. Davon beurteilten 14,8 % die Wirkung

der mechanischen Bekämpfung als sehr gut, 59,3 % als gut, 18,5 % als befriedigend und 7,4 % als schlecht.

68,8 % gaben an, dass eine chemische Bekämpfung auf den befallenen Flächen durchgeführt wird, 26,8 % verneinten dies und 4,7 % machten hierzu keine Angaben. Die angewandten Herbizide und ihre eingeschätzte Wirkung sind in Tabelle 9 dargestellt. Der Bekämpfungserfolg in dikotylen Kulturen wurde mehrheitlich als sehr gut bezeichnet, wohingegen der in Wintergetreide als gut bis befriedigend bezeichnet wurde. Dass die Bekämpfung vor der Saat mit Totalherbiziden nur als gut bis befriedigend benannt wurde, dürfte daran liegen, dass es nach der Applikation in der nächsten Kultur zu einem Auflauf von *Bromus*-Arten kommt, was subjektiv eine schlechte Bekämpfung durch Totalherbizide vortäuscht.

Tab. 9: Umfrageergebnisse zu den eingesetzten Herbiziden gegen *Bromus*-Arten und ihre eingeschätzte Wirkung

Kultur/Anwendung	Herbizid		eingeschätzte Wirkung
	Handelsname	Wirkstoff	
Dikotyle Kulturen	Targa Super [®]	Quizalofop-Ethyl	+++
	Fusilade ME [®]	Fluazifop-P- Butyl	
	Agil [®]	Propaquizafop	
	Depon Super [®]	Fenoxaprop-P-Ethyl	
	Gallant Super [®]	Haloxifop-R	
	Kerb W50 [®]	Propyzamid	
	Focus ultra [®]	Cycloxydim	
Wintergetreide	Monitor [®]	Sulfosulfuron	++/+
	Herold [®]	Diflufenican + Flufenacet	
	Sencor [®]	Metribuzin	
	Ralon Super [®]	Fenoxaprop-P + Mefenpyr	
Vor der Saat:	Roundup [®]	Glyphosat	
	Touchdown [®]	Glyphosat-Trimesium	

(+++ = sehr gut; ++ = gut; + = befriedigend)

Abschließend wurden die Befragten gebeten, eine Abschätzung über die Weiterentwicklung der Verunkrautung mit *Bromus*-Arten zu machen. 73,2 % gingen davon aus, dass die Verunkrautung mit *Bromus*-Arten zunehmen wird, 24,4 % machten hierzu keine Angaben und 2,4 % gingen von einer Abnahme aus.

Zusammenfassung: In Deutschland kommen verschiedene *Bromus*-Arten in unterschiedlicher Intensität auf Ackerflächen vor. Dominierende Art ist *B. sterilis*, gefolgt von *B. secalinus*. Mehrheitlich wurden Ernteverluste und Ernteerschwernis als Problem genannt. Ihre größte wirtschaftliche Bedeutung haben *Bromus*-Arten in Wintergetreide. In Sommerungen treten sie zwar auf, verursachen dort aber aufgrund der geringeren Dichten

nur wenige Probleme. Das Auftreten ist eng mit nicht-wendender Bodenbearbeitung, frühen Saatterminen und einem hohen Anteil an Wintergetreide in der Fruchtfolge verbunden. Ebenso wird ein Zusammenhang zwischen dem Auftreten und schweren bis mittelschweren Böden gesehen. Große Übereinstimmung herrschte darüber, dass eine wendende Bodenbearbeitung den Befall mit *Bromus*-Arten stark reduziert. Die chemische Bekämpfung in dikotylen Kulturen wird als sehr gut bezeichnet, die in Getreide als gut bis befriedigend. Die überwiegende Mehrheit der Befragten rechnete mit einer weiteren Ausbreitung von *Bromus*-Arten im Ackerbau.

3.2 Wirkung von *Bromus*-Arten auf den Ertrag von Winterweizen

3.2.1 Ertragsverluste in Winterweizen in Abhängigkeit von der *Bromus*-Dichte

In allen Versuchsjahren und auf allen Standorten konnten signifikante Ertragsverluste in Winterweizen durch die Konkurrenz der untersuchten *Bromus*-Arten beobachtet und nach dem Modell von COUSENS (1985) für Besatz-Verlust-Relationen (0-250 Pflanzen/m²) verrechnet werden (Abb. 1-3).

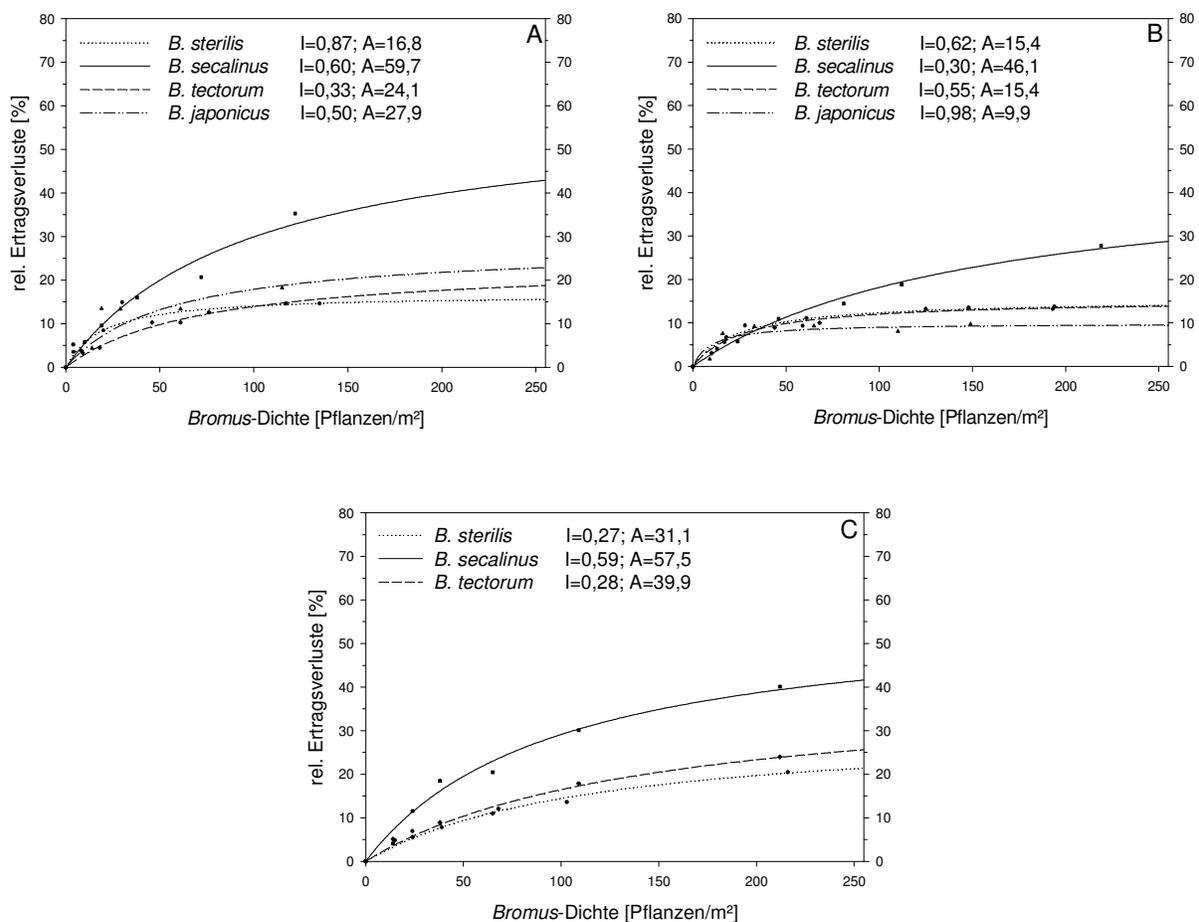


Abb. 1: Einfluss der *Bromus*-Dichte (Pflanzen/m²) auf den Ertrag von Winterweizen; Karlshof, Vegetationsperiode 1999-2000 (A), 2000-2001 (B), 2001-2002 (C)

Am Standort Karlshof (Abb. 1) zeigte sich *B. secalinus* als konkurrenzstärkste Art, welche die signifikant größten Ertragsverluste bei Dichten gegen unendlich in Winterweizen

verursachte (Parameter A). Die Werte für A bewegten sich zwischen 46,1 % und 59,7 %. Die Ertragsverluste, verursacht durch die anderen drei *Bromus*-Arten, lagen auf ähnlichem Niveau, bei *B. sterilis* zwischen 15,4 % und 31,1 %, bei *B. tectorum* zwischen 15,4 % und 39,9 % und bei *B. japonicus* zwischen 9,9 % und 27,9 %. Zu erkennen ist, dass in der Vegetationsperiode 2000-2001 das Niveau der Ertragsreduktion im Vergleich zu den anderen zwei Vegetationsperioden niedriger ist (Abb. 1B)

Bezüglich der Konkurrenzkraft und dem damit verbundenen Ertragsverlust im Bereich von Dichten gegen null, charakterisiert durch den Parameter I, lassen sich keine klaren Aussagen treffen. So zeigte sich im ersten Jahr *B. sterilis* als konkurrenzkräftigste Art in diesem Dichtebereich mit $I = 0,87$, im zweiten Jahr *B. japonicus* mit $I = 0,98$ und im dritten Jahr *B. secalinus* mit $I = 0,59$.

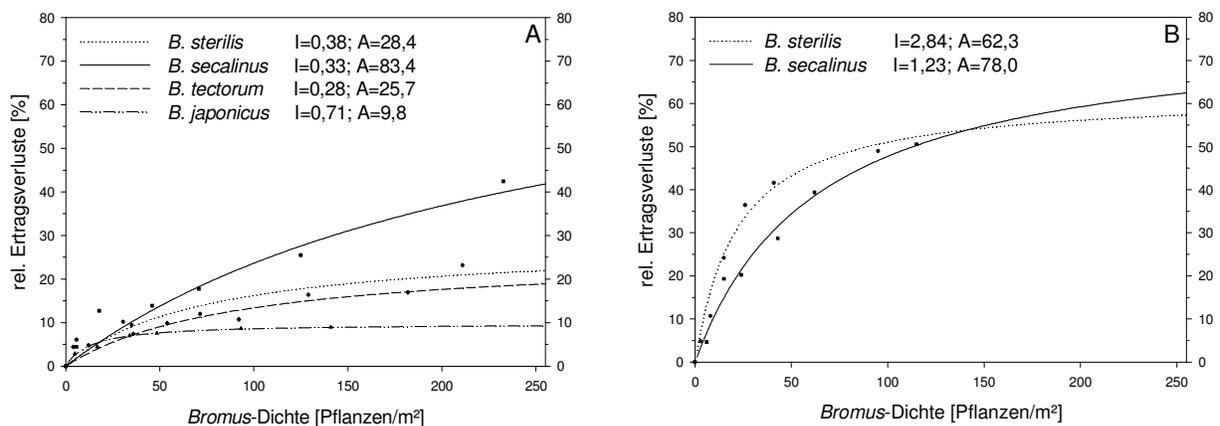


Abb. 2: Einfluss der *Bromus*-Dichte (Pflanzen/m²) auf den Ertrag von Winterweizen; Hattersheim, Vegetationsperiode 2000-2001 (A), 2001-2002 (B)

Am Standort Hattersheim (Abb. 2) zeigte sich ebenfalls *B. secalinus* als konkurrenzkräftigste Art mit den signifikant höchsten Ertragsverlusten bei Dichten gegen unendlich (Parameter A). Hier lagen die Werte zwischen 78,0 % und 83,4 %. Im Vergleich zum Standort Karlshof lagen *B. sterilis* und *B. tectorum* in der Vegetationsperiode 2000-2001 ebenfalls auf einem ähnlichen Niveau von 25,7 % und 28,4 %. *B. japonicus* verursachte signifikant geringere Ertragsverluste in diesem Dichtebereich von 9,8 %. Auffällig zeigte sich in der Vegetationsperiode 2001-2002 der Verlauf der Konkurrenzkraft von *B. sterilis* im Vergleich zu *B. secalinus* (Abb. 2B). Hier konnte die stärkere Konkurrenzkraft von *B. secalinus* erst ab einer *Bromus*-Dichte von circa 150 Pflanzen/m²

beobachtet werden. Auch am Standort Hattersheim konnte keine klare Aussage über die Konkurrenzkraft der Arten bei Dichten gegen null (Parameter I) gemacht werden. Auffällig war nur, dass in der Vegetationsperiode 2000-2001 ebenso wie am Standort Karlshof in gleicher Saison *B. japonicus* die größten Werte bei Dichten gegen null aufwies (Parameter I), bei gleichzeitig kleinsten Werten für die maximalen Ertragsverluste (Parameter A).

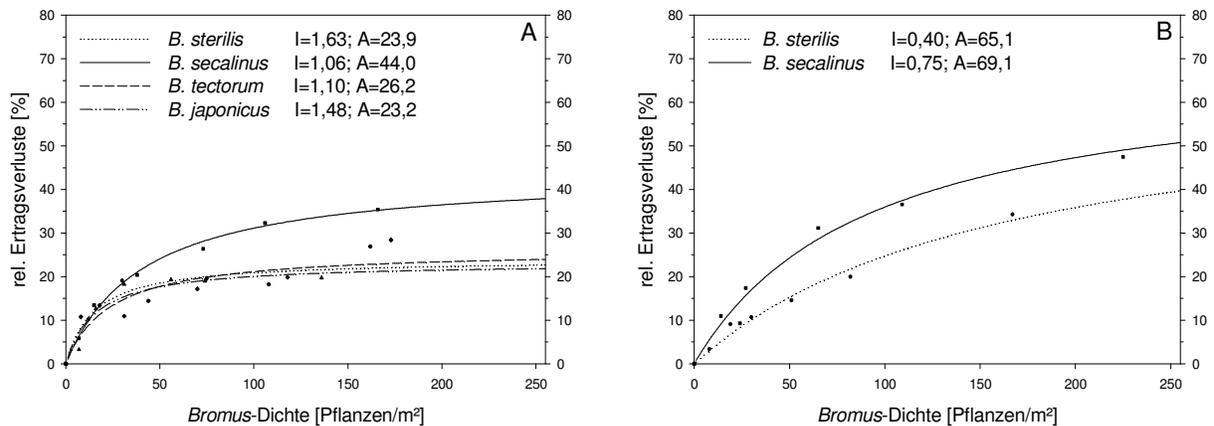


Abb. 3: Einfluss der *Bromus*-Dichte (Pflanzen/m²) auf den Ertrag von Winterweizen; Ihinger Hof, Vegetationsperiode 2000-2001 (A), 2001-2002 (B)

Wie zuvor zeigte sich am Standort Ihinger Hof (Abb. 3) *B. secalinus* als konkurrenzkräftigste Art, die bei Dichten gegen unendlich die größten Ertragsverluste in Winterweizen verursachte. Die Werte bewegten sich zwischen 44 % und 69,1 %. Allerdings unterschieden sich die Arten in diesem Dichtebereich nur in der Vegetationsperiode 2000-2001 signifikant. In 2001-2002 zeigte *B. sterilis* annähernd den gleichen Wert für den Parameter A wie *B. secalinus*, was ähnlich wie am Standort Hattersheim weniger durch die *Bromus*-Arten als vielmehr durch die teilweise schlechten Bestandesdichten des Weizens bei den Varianten mit geringen *B. sterilis*-Dichten herrührt. Ursache hierfür waren schlechte Wetterbedingungen zur Zeit der Aussaat, die eine fachgerechte Ablage des Saatguts schwierig gestalteten. In der Vegetationsperiode 2000-2001 zeigten *B. sterilis*, *B. tectorum* und *B. japonicus* annähernd gleiche Werte für A von 23,2 %, 23,9 % und 26,2 %. Auch am Standort Ihinger Hof konnte keine klare Aussage bezüglich der Konkurrenz der Arten im Dichtebereich gegen null (Parameter I) gemacht werden. Die Verrechnung der gesamten Daten der einzelnen *Bromus*-Arten über die Versuchsjahre und -standorte ist in Abbildung 4 dargestellt. Dabei sei erwähnt, dass die Darstellung auf einer unterschiedlichen Anzahl von Datensätzen (N-Werte) für die einzelnen Arten beruht.

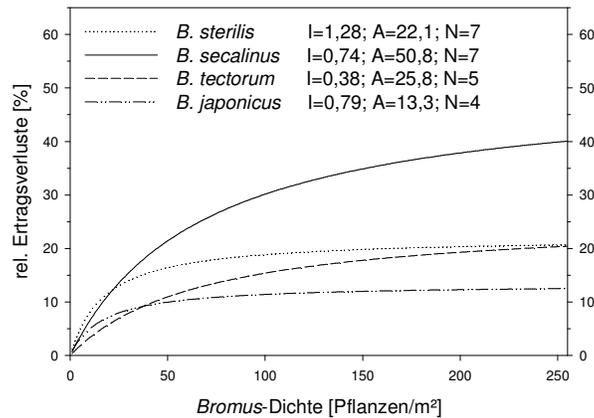


Abb. 4: Einfluss der *Bromus*-Dichte auf den Ertrag von Winterweizen über alle Versuchsstandorte und Versuchsjahre (1999-2002)

B. secalinus zeigte sich auch hier als konkurrenzkräftigste Art bei hohen *Bromus*-Dichten mit einem Wert von 50,8 % für den Parameter A. *B. sterilis* und *B. tectorum* lagen auf ähnlichem Niveau von 22,1 % und 25,8 %. *B. japonicus*, welche sich in den Versuchen tendenziell als konkurrenzschwächste Art dargestellt hatte, wies einen Wert von 13,3 % für den Parameter A auf.

Betrachtet man nach der Verrechnung aller Datensätze die I-Werte, so zeigte sich *B. sterilis* mit einem Wert von 1,28 % als die mit Abstand konkurrenzkräftigste Art bei niedrigen Dichten. *B. secalinus* und *B. japonicus* hatten mit 0,74 % und 0,78 % etwa gleiche Werte und nahmen eine Mittelstellung ein, wohingegen *B. tectorum* den niedrigsten Wert mit 0,38 % aufwies.

3.2.2 Ertragsverluste in Winterweizen in Abhängigkeit vom Saattermin von Winterweizen

An beiden Standorten konnte in der Vegetationsperiode 2000-2001 bei einem späteren Saattermin ein Rückgang der Ertragsverluste, bedingt durch einen Rückgang der *Bromus*-Dichten, beobachtet werden (Tab. 10). Am Standort Karlshof verringerten sich die Ertragsverluste, verursacht durch die beiden *Bromus*-Arten, um etwa die Hälfte, von 15 % auf 6 % bei *B. sterilis* und von 25 % auf 14 % bei *B. secalinus*, beim Vergleich des frühen mit dem späten Saattermin. Die Dichten von *B. sterilis* wurden dabei um 71 %, die von *B. secalinus* um 57 % reduziert.

Tab. 10: Kornträge von Winterweizen und Dichten von *B. sterilis* und *B. secalinus* in Abhängigkeit des Saattermins, Vegetationsperiode 2000-2001

Karlshof 2000-2001		Saattermin Winterweizen		
		29.09.	24.10.	22.11.
<i>B. sterilis</i>	Dichte (Pfl./m ²)	149 ^A	103 ^B	58 ^C
	Ertrag (dt/ha)	58,7 ^A	62,3 ^A	62,8 ^A
	Ertragsverlust (%)	15	8	6
<i>B. secalinus</i>	Dichte (Pfl./m ²)	148 ^A	125 ^{AB}	86 ^B
	Ertrag (dt/ha)	51,6 ^A	56,8 ^A	57,3 ^A
	Ertragsverlust (%)	25	17	14
Unkrautfreie Kontrolle (dt/ha)		68,8 ^A	67,8 ^A	66,0 ^A

Ihinger Hof 2000-2001		Saattermin Winterweizen		
		05.10.	02.11.	13.12.
<i>B. sterilis</i>	Dichte (Pfl./m ²)	155 ^A	104 ^B	81 ^C
	Ertrag (dt/ha)	32,8 ^B	41,2 ^{AB}	47,6 ^A
	Ertragsverlust (%)	41	16	7
<i>B. secalinus</i>	Dichte (Pfl./m ²)	147 ^A	105 ^B	82 ^C
	Ertrag (dt/ha)	34,3 ^B	44,0 ^A	43,9 ^A
	Ertragsverlust (%)	38	10	15
Unkrautfreie Kontrolle (dt/ha)		55,3 ^A	49,0 ^A	51,4 ^A

Am Standort Ihinger Hof ergab sich ein etwas differenzierteres Bild. Hier verringerten sich die Ertragsverluste durch *B. sterilis* um das 6-fache, von 41 % auf 7 % bei einer Reduktion der Dichten um 59,5 %. Bei *B. secalinus* verringerte sich der Ertragsverlust um das 2,5-fache, von 38 % auf 15 %, bei einer Abnahme der Dichten um 59 %. Beim Vergleich der Erträge der unkrautfreien Kontrolle konnten bei den unterschiedlichen Saatterminen keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Der mittlere Korntrag betrug 67,5 dt/ha am Standort Karlshof und 51,9 dt/ha am Standort Ihinger Hof

In der Saison 2001-2002 konnte an beiden Standorten eine stärkere Reduktion der *Bromus*-Dichten beim Vergleich des ersten mit dem letzten Saattermin beobachtet werden (Tab. 11). Am Standort Karlshof reduzierte sich bei beiden Arten die Dichte um 95 %, am Standort Ihinger Hof um 90 % bei *B. sterilis* und um 87 % bei *B. secalinus*. Ein gleichzeitiger Rückgang der Ertragsverluste konnte aber nicht beobachtet werden, da trotz hoher *Bromus*-Dichten die Erträge gleich blieben oder sogar zunahm, beziehungsweise

die Erträge der unkrautfreien Kontrolle deutlich geringer waren als die der Parzellen mit den größten *Bromus*-Dichten. Somit kam es zu einer vermeintlichen Ertragssteigerung durch die Konkurrenz mit *Bromus*-Arten von bis zu 49 %. Ursache waren insbesondere am Standort Ihinger Hof die schlechten Wetterbedingungen, die eine fachgerechte Aussaat des Winterweizens nicht zuließ und sich dadurch in einzelnen Parzellen kein guter Weizenbestand etablieren konnte.

Tab. 11: Kornerträge von Winterweizen und Dichten von *B. sterilis* und *B. secalinus* in Abhängigkeit des Saattermins, Vegetationsperiode 2001-2002

Karlshof 2001-2002		Saattermin Winterweizen		
		11.10.	29.10.	20.11.
<i>B. sterilis</i>	Dichte (Pfl./m ²)	99 ^A	55 ^B	10 ^C
	Ertrag (dt/ha)	64,9 ^A	65,5 ^A	65,9 ^A
	Ertragsverlust (%)	12	17	10
<i>B. secalinus</i>	Dichte (Pfl./m ²)	109 ^A	61 ^B	10 ^C
	Ertrag (dt/ha)	64,0 ^A	63,7 ^{AB}	58,6 ^B
	Ertragsverlust (%)	14	19	20
Unkrautfreie Kontrolle (dt/ha)		74,1 ^A	78,5 ^A	73,2 ^A

Ihinger Hof 2001-2002		Saattermin Winterweizen		
		15.10.	30.10.	14.11.
<i>B. sterilis</i>	Dichte (Pfl./m ²)	125 ^A	45 ^B	19 ^C
	Ertrag (dt/ha)	72,1 ^A	73,7 ^A	72,7 ^A
	Ertragsverlust (%)	-49	-25	-18
<i>B. secalinus</i>	Dichte (Pfl./m ²)	128 ^A	55 ^B	26 ^C
	Ertrag (dt/ha)	49,7 ^C	59,8 ^B	71,6 ^A
	Ertragsverlust (%)	-2	-2	-16
Unkrautfreie Kontrolle (dt/ha)		48,5 ^B	59,0 ^A	61,8 ^A

Zusammenfassung: In allen Versuchsjahren und auf allen Standorten konnten signifikante Ertragsverluste durch *Bromus*-Arten in Winterweizen beobachtet werden. *B. secalinus* war die konkurrenzkräftigste Art bei hohen Dichten (Kenngröße A). *B. sterilis* und *B. tectorum* wiesen bezüglich der Kenngröße A ein ähnliches Niveau auf, wobei sich *B. japonicus* als konkurrenzschwächste Art herausstellte. Eine Aussage bezüglich der Konkurrenzkraft der Arten im Bereich von Dichten gegen null (Kenngröße I) lässt sich bei Betrachtung der Einzelergebnisse der jeweiligen Standorte und Versuchsjahre nicht

treffen. Bei Verrechnung aller Standorte und Jahre zeigt sich allerdings *B. sterilis* in diesem Dichtebereich als konkurrenzkräftigste, *B. tectorum* als konkurrenzschwächste Art. *B. secalinus* und *B. japonicus* lagen in diesem Dichtebereich auf ähnlichem Niveau.

Durch eine spätere Weizensaat konnten die Ertragsverluste durch *B. sterilis* und *B. secalinus* durch Reduktion ihrer Dichten in Winterweizen deutlich verringert werden, während in den unkrautfreien Parzellen trotz später Saattermine kein signifikanter Rückgang der Kornerträge des Winterweizens beobachtet wurde.

3.3 Populationsdynamische Parameter von *Bromus*-Arten

3.3.1 Überlebensrate im Boden

In diesem Versuch wurde die Überlebensrate von *Bromus*-Samen im Boden in Abhängigkeit von der Tiefe bestimmt. Die Überlebensrate von Unkrautsamen bestimmt den Anteil an Samen, der aus vorherigen Vegetationsperioden zur nächsten Population beitragen kann.

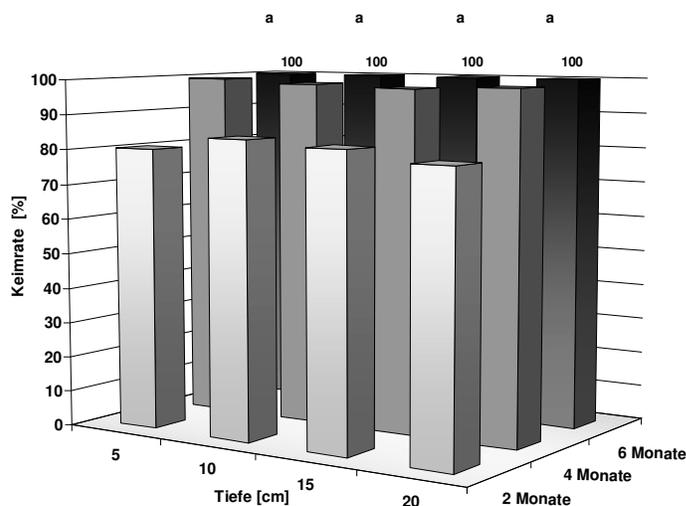


Abb. 5: Keimrate (%) von *B. sterilis* in Abhängigkeit der Tiefe (cm) und Dauer (Monate) der Samen im Boden; Karlshof, Vegetationsperiode 1999-2000

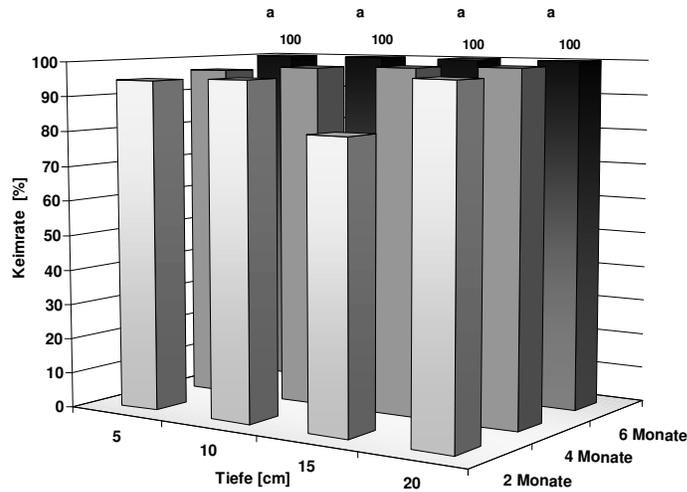


Abb. 6: Keimrate (%) von *B. secalinus* in Abhängigkeit der Tiefe (cm) und Dauer (Monate) der Samen im Boden; Karlshof, Saison 1999-2000

Betrachtet man die Keimraten von *B. sterilis* in der Vegetationsperiode 1999-2000 (Abb. 5), so zeigt sich, dass zu Beginn des Versuches, d.h. bereits nach zwei Monaten, im Mittel 80 % der Samen gekeimt hatten. Es konnten dabei keine signifikanten Unterschiede zwischen den Keimraten in Abhängigkeit von der Tiefe der Samen im Boden festgestellt werden. Die Versuche in der Vegetationsperiode 1999-2000 ergaben, dass innerhalb von sechs Monaten 100 % der Samen gekeimt hatten. Auch hier ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Keimraten der unterschiedlichen Bodentiefen.

Ein ähnliches Bild ergab sich für *B. secalinus* (Abb. 6), bei der nach zwei Monaten Dauer der Samen im Boden im Mittel bereits 92 % gekeimt hatten. Auch hier konnte zu keinem Zeitpunkt ein signifikanter Unterschied zwischen den Keimraten in Abhängigkeit von der Tiefe der Samen im Boden beobachtet werden.

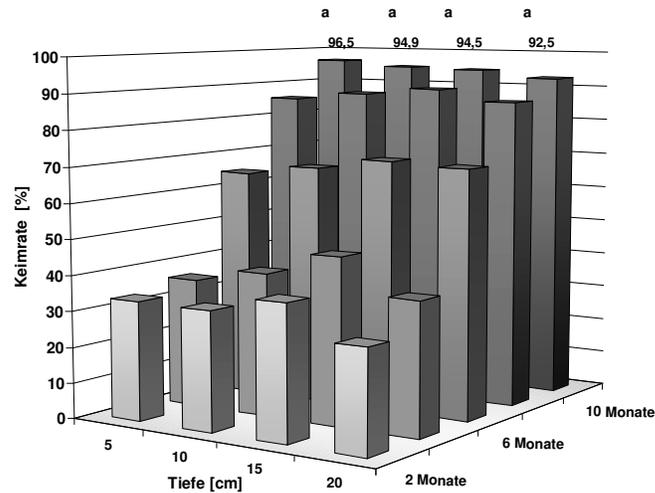


Abb. 7: Keimrate (%) von *B. sterilis* in Abhängigkeit der Tiefe (cm) und Dauer (Monate) der Samen im Boden; Karlshof, Vegetationsperiode 2001-2002

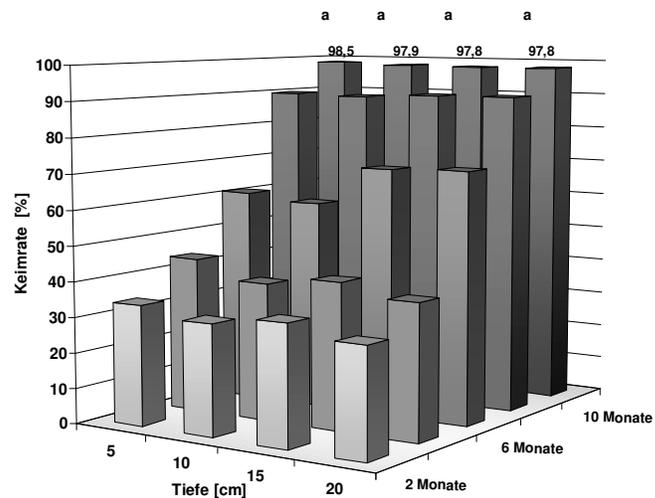


Abb. 8: Keimrate (%) von *B. secalinus* in Abhängigkeit der Tiefe (cm) und Dauer (Monate) der Samen im Boden; Karlshof, Vegetationsperiode 2001-2002

Ein differenzierteres Bild ergab sich bei den Untersuchungen in der Vegetationsperiode 2001-2002 (Abb. 7 und 8). Nach einer Dauer der Samen im Boden von zwei Monaten zeigte sich im Mittel bei beiden Arten eine Keimrate von nur 33 %. Hier, wie auch im weiteren Verlauf des Versuches, hatten die unterschiedlichen Tiefen der Samen im Boden keinen signifikanten Einfluss auf die Keimrate. Nach zehn Monaten, d.h. nach der Ernte

des Winterweizens und vor der ersten Bodenbearbeitung, hatten bei *B. sterilis* im Mittel 94,5 %, bei *B. secalinus* 98,1 % der Samen gekeimt. Dies bedeutet, dass beide Arten keine persistente Samenbank im Boden ausbilden können, unter bestimmten Voraussetzungen aber ein sehr geringer Teil der Samen bis in die nächste Vegetationsperiode überdauern kann. Entsprechend der Ergebnisse wurde bei der Simulation der Populationsentwicklung für *B. sterilis* ein Anteil von knapp 5 % und für *B. secalinus* ein Anteil von knapp 2 % an Samen berücksichtigt, die bis in die nächste Vegetationsperiode überdauern.

3.3.2 Auflauftrate aus unterschiedlichen Bodentiefen

Der Einfluss unterschiedlicher Bodentiefen auf das Auflaufen von *B. sterilis* und *B. secalinus* wurde untersucht, um somit Rückschlüsse auf den Einfluss unterschiedlich tiefer Bodenbearbeitungsmaßnahmen ziehen zu können.

Für beide Arten konnte gezeigt werden, dass sich die Auflauftrate bereits bei einer Tiefe der Samen von 10 cm signifikant um mehr als 50 % reduziert (Abb. 9 und 10). Bei einer Tiefe von 15 cm konnte bei beiden Arten kein Auflauf aus Komposterde, beziehungsweise nur eine geringe Auflauftrate aus Vermiculit beobachtet werden, bei *B. sterilis* 1,3 % und bei *B. secalinus* 3,3 %.

Aus 20 cm Tiefe konnte keine der Arten, unabhängig vom Substrat, auflaufen. Vergleicht man die mittlere Auflauftrate über die Bodentiefen, so weist *B. sterilis* mit 65,5 % eine etwas höhere Auflauftrate auf als *B. secalinus* mit 50,5 %.

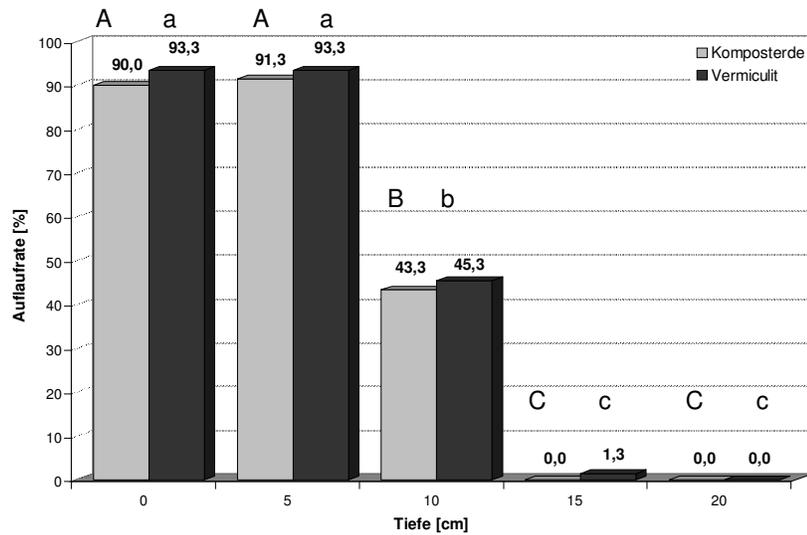


Abb. 9: Auflauftrate (%) von *B. sterilis* in Abhängigkeit vom Substrat und der Tiefe der Samen im Substrat

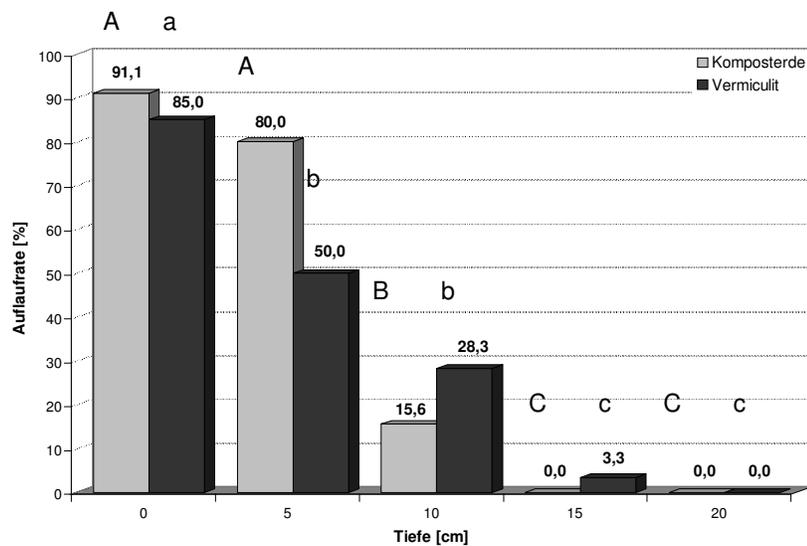


Abb. 10: Auflauftrate (%) von *B. secalinus* in Abhängigkeit vom Substrat und der Tiefe der Samen im Substrat

Ein Einfluss des Substrats auf die Auflauftraten von *B. sterilis* konnte nicht beobachtet werden, da sich die Auflauftraten bei gleichen Tiefen nicht signifikant voneinander unterschieden. Bei *B. secalinus* konnten zwar bei einer Tiefe der Samen von 5 cm

signifikant geringere Auflafraten in Vermiculit beobachtet werden, allerdings war dies bei den anderen Versuchsgliedern nicht zu beobachten. Dies lässt keine eindeutige Aussage über den Einfluss des Substrates auf die Auflafrate bei *B. secalinus* zu.

Die Versuche haben gezeigt, dass es sich bei *B. sterilis* und *B. secalinus* um ausgesprochene Flachkeimer handelt. Somit dürfte bei einem Vergraben der Samen in Bodentiefen von mehr als 15 cm, wie es durch eine Pflugbearbeitung erfolgt, kein Auflaufen der Arten zu beobachten sein.

3.3.3 Auflafrate in Abhängigkeit vom Saattermin von Winterweizen

Bei beiden Arten konnte gezeigt werden, dass bei späteren Saatterminen die Auflafrate deutlich geringer ist (Abb. 11 und 12). Vergleicht man die mittlere Auflafrate bei einem frühen Saattermin (25. September) mit der eines späten Saattermins (25. November), so verringerte sich diese bei beiden Arten ähnlich stark. Bei *B. sterilis* um 62,5 % und bei *B. secalinus* um 59,4 %. Insgesamt zeigte *B. secalinus* eine um etwa 5 % höhere Auflafrate als *B. sterilis*.

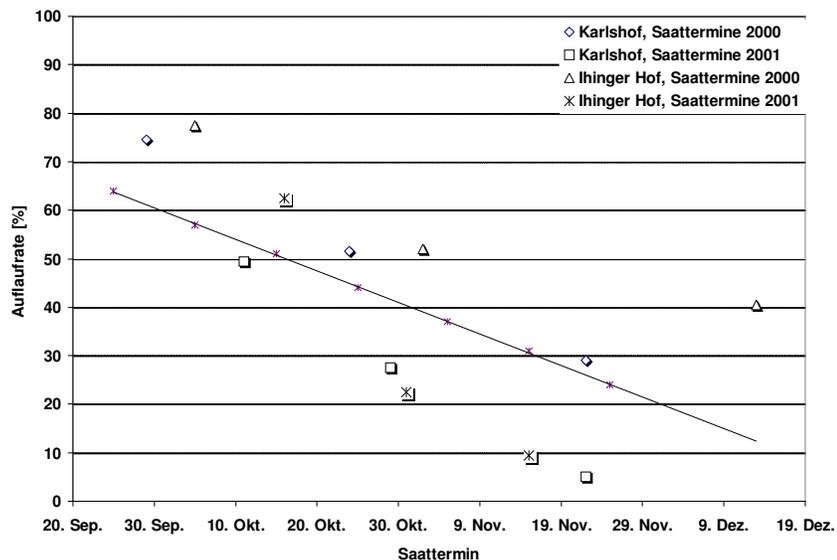


Abb. 11: Auflafrate (%) von *B. sterilis* in Abhängigkeit vom Saattermin von Winterweizen

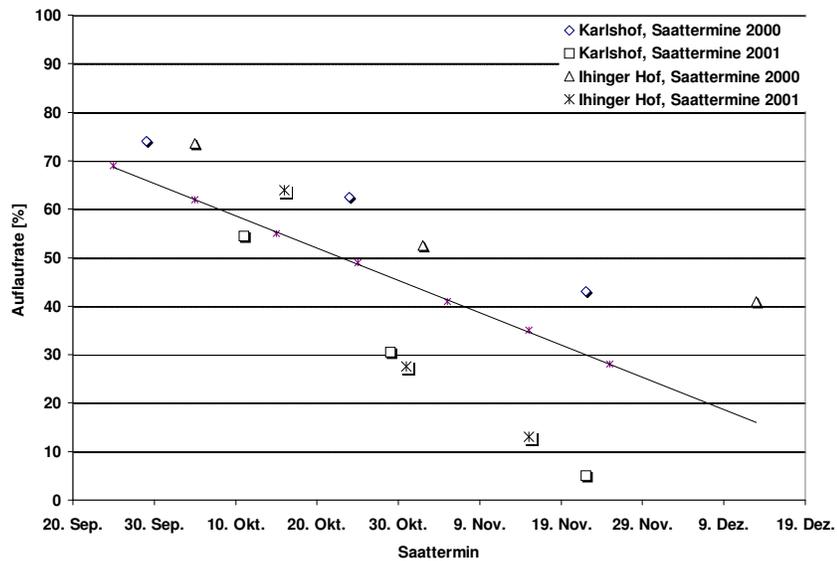


Abb. 12: Aufaufrate (%) von *B. secalinus* in Abhängigkeit vom Saattermin von Winterweizen

Die Aufaufraten im Jahr 2000 und 2001 unterschieden sich bei beiden Arten signifikant. So wurde im Jahr 2000 bei beiden *Bromus*-Arten ein etwa 20 % höherer Aufaufrat als im Jahr 2001 beobachtet. Das heißt, die Aufaufraten wurden nicht nur durch die unterschiedlichen Saattermine in einem Jahr beeinflusst, sondern auch zwischen den Jahren wurden deutliche Unterschiede festgestellt. Unterschiede zwischen den Standorten konnten nicht beobachtet werden.

3.3.4 Überlebensrate vom Herbst ins Frühjahr in Abhängigkeit vom Saattermin von Winterweizen

Bei beiden Arten wurde eine Abnahme der Überlebensrate in Abhängigkeit vom Saattermin beobachtet (Abb. 13 und 14), welche etwa gleich ausfiel. Die Werte zeigten im Mittel bei *B. sterilis* eine Abnahme von 14,0 %, bei *B. secalinus* eine Abnahme von 14,6 %, im Vergleich eines frühen Saattermins (25. September) mit einem späten Saattermin (25. November). Dabei zeigte *B. sterilis* mit etwa 5 % eine geringfügig höhere Überlebensrate als *B. secalinus*.

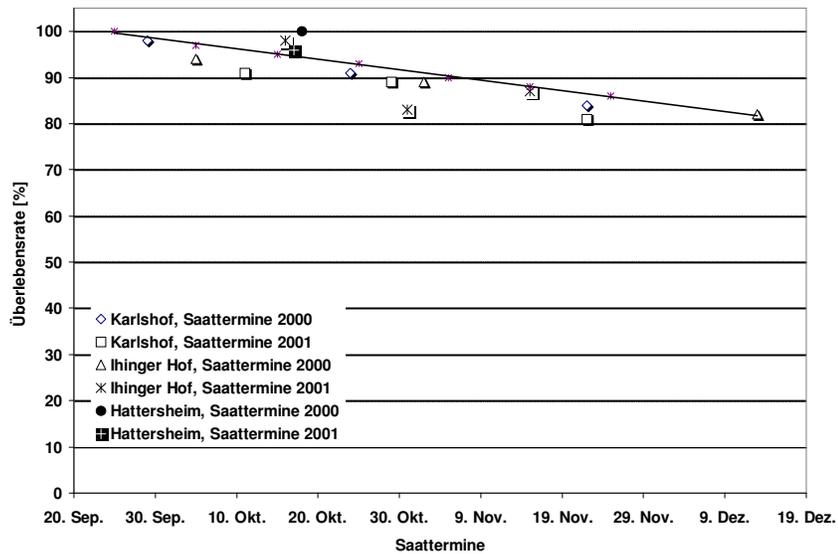


Abb. 13: Überlebensrate von *B. sterilis* (Herbst/Frühjahr) in Abhängigkeit vom Saattermin von Winterweizen

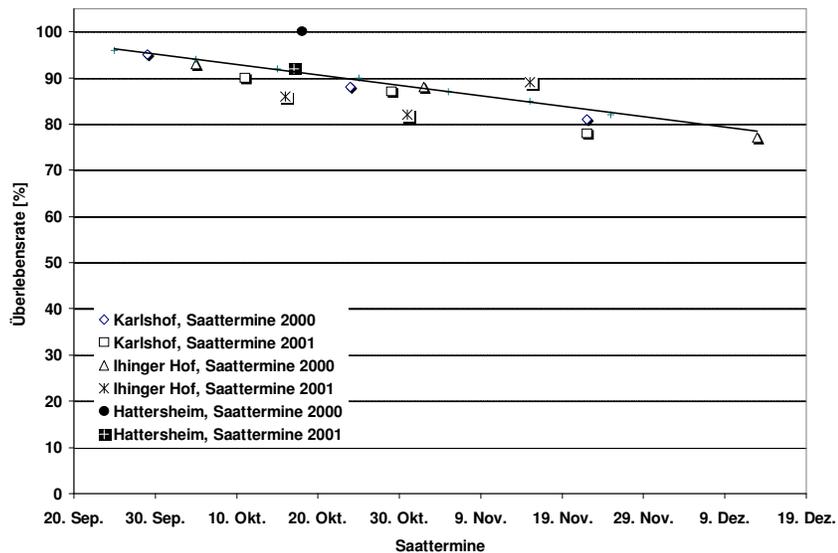


Abb. 14: Überlebensrate von *B. secalinus* (Herbst/Frühjahr) in Abhängigkeit vom Saattermin von Winterweizen

Signifikante Unterschiede zwischen den Jahren, wie zwischen den Standorten, konnten nicht festgestellt werden. Die Überlebensrate beider Arten betrug im Mittel circa 90 %, d.h. den Populationen von *B. sterilis* und *B. secalinus* gehen im Schnitt etwa 10 % der Individuen über den Winter verloren.

3.3.5 Samenproduktion von *Bromus*-Arten

3.3.5.1 Samenproduktion von *Bromus*-Arten in Abhängigkeit von ihrer Dichte in Winterweizen

Beide *Bromus*-Arten zeigten eine Reduktion der Samenproduktion je Pflanze bei steigenden *Bromus*-Dichten in Winterweizen (Abb. 15 und 16). Dabei wurde zwischen den beiden *Bromus*-Arten kein signifikanter Unterschied bezüglich des Grads der Abnahme festgestellt.

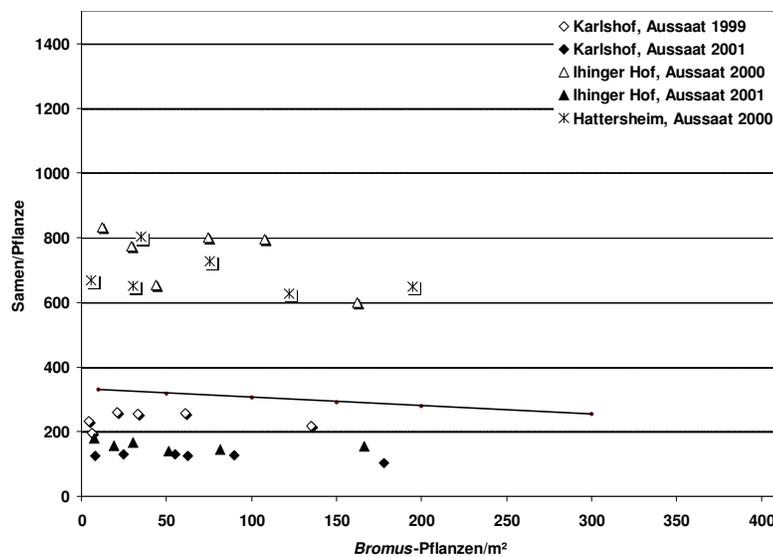


Abb. 15: Samenproduktion von *B. sterilis* in Abhängigkeit von der Dichte in Winterweizen

Die mittlere Samenproduktion in Winterweizen bei Dichten < 10 Pflanzen/m² lag für *B. sterilis* bei 331 Samen/Pflanze, für *B. secalinus* bei 445 Samen/Pflanzen. Bei 200 Pflanzen/m² verringerte sich der Wert bei *B. sterilis* um knapp 16 % auf 279 Samen/Pflanze und bei *B. secalinus* um etwa 20 % auf 355 Samen/Pflanze, d.h. *B. secalinus* reagiert tendenziell stärker auf steigende *Bromus*-Dichten in Winterweizen.

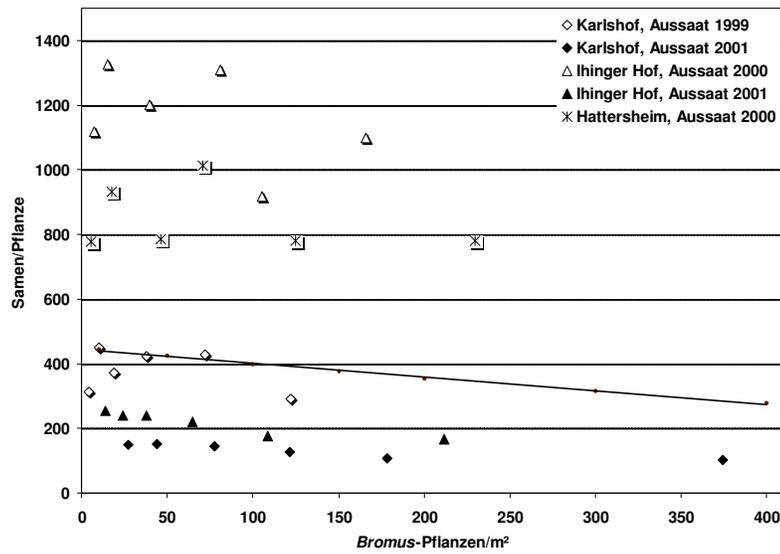


Abb. 16: Samenproduktion von *B. secalinus* in Abhängigkeit von der Dichte in Winterweizen

Vergleicht man die Samenproduktion beider Arten über alle Standorte und den gesamten Versuchszeitraum von drei Jahren, so erkennt man, dass die Unterschiede zwischen den Standorten in einem Jahr deutlich geringer waren, im Gegensatz zu den Unterschieden zwischen den Jahren an einem Standort.

Vergleicht man die Samenproduktion von *B. sterilis* der Aussaat 1999 und 2001, welche auf gleichem Niveau lagen, mit der Samenproduktion der Aussaat 2000, so lassen sich signifikante Unterschiede feststellen. Im Mittel war die Samenproduktion der Aussaat 2000 um das Vierfache höher. Gleiches konnte auch für *B. secalinus* beobachtet werden. Stellt man die einzelnen Ergebnisse aus den Jahren gegenüber, so kam es im Extremfall bei *B. sterilis* zu einer sechsfach höheren Samenproduktion, bei *B. secalinus* sogar zu einer Steigerung um das Neunfache.

Dies zeigt sehr deutlich, dass der Standort auf den Parameter Samenproduktion pro Pflanze in diesen Untersuchungen einen weitaus geringeren Einfluss hat als der Einfluss der Jahre.

3.3.5.2 Samenproduktion in Abhängigkeit vom Saattermin von Winterweizen

Wie Abbildung 17 und 18 zeigen, konnte nur am Standort Ihinger Hof, Saat 2000, ein signifikanter Einfluss des Saatzeitpunktes von Winterweizen auf die Samenproduktion von

B. secalinus beobachtet werden. Die Samenproduktion von *B. sterilis* unterschied sich zwar nicht signifikant, reduzierte sich aber von 572 Samen/Pflanze zum ersten Saattermin auf 406 Samen/Pflanze zum letzten Saattermin. Bei *B. secalinus* verringerte sich die Samenproduktion von 1063 (Saat Anfang Oktober) auf 920 (Saat Anfang November), auf 482 (Saat Mitte Dezember), d.h. um mehr als die Hälfte. Die mittlere Samenproduktion im Folgejahr (Saat 2001) betrug bei *B. secalinus* 185 Samen/Pflanze und am Standort Karlshof, ebenfalls Saat 2001, 145 Samen/Pflanze. *B. sterilis* wies am Standort Ihinger Hof (Saat 2000) eine mittlere Samenproduktion von 511 beziehungsweise 188 (Saat 2001) Samen/Pflanze auf und am Standort Karlshof von 126 Samen/Pflanze (Saat 2001).

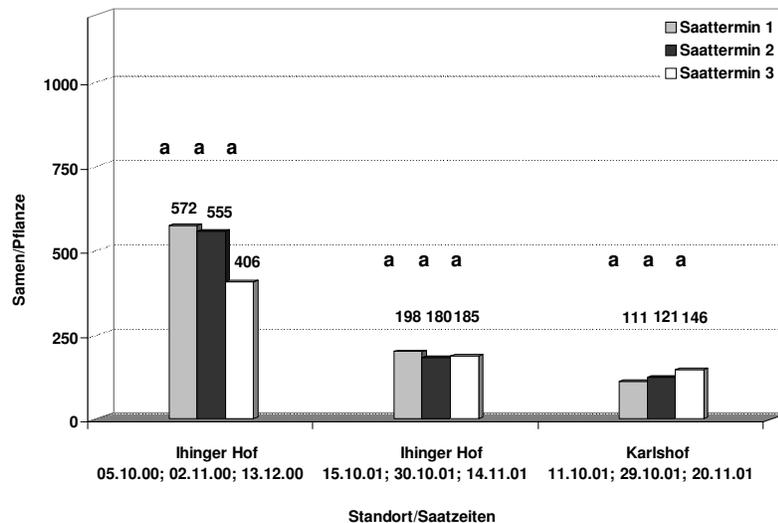


Abb. 17: Samenproduktion von *B. sterilis* in Abhängigkeit vom Saattermin von Winterweizen

Wie auch zuvor in Kapitel 3.3.5.1 zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen den mittleren Kornerträgen der Jahre, aber nicht zwischen denen der Standorten in einem Jahr, wobei am Standort Karlshof nur eine Erhebung aufgrund eines witterungsbedingten Totalausfalls der *Bromus*-Samen vor der Ernte gemacht werden konnte. Bei *B. sterilis* (Abb. 17) war die mittlere Samenproduktion pro Pflanze am Standort Ihinger Hof (Saat 2000) um etwas mehr als Dreifache höher als im Folgejahr auf beiden Standorten (Saat 2001). Bei *B. secalinus* (Abb. 18) lag der mittlere Wert der Samenproduktion am Standort Ihinger Hof (Saat 2000) um fast das Fünffache höher als im folgenden Jahr auf beiden Standorten.

Die Samenproduktion pro Pflanze reduzierte sich nur in einem Versuchsjahr durch einen späteren Saattermin des Winterweizens. Um genauere Aussagen treffen zu können, bedarf es weiterer Untersuchungen. Bei der Modellierung der Populationsdynamik wurde ein Einfluss des Saattermins auf die Samenproduktion nicht berücksichtigt.

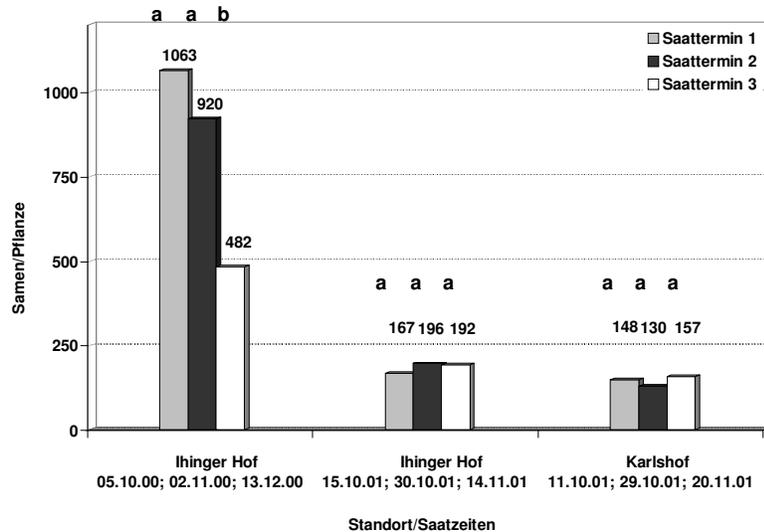


Abb. 18: Samenproduktion von *B. secalinus* in Abhängigkeit vom Saattermin von Winterweizen

3.3.6 Einfluss der Temperatur auf die Keimung von *Bromus*-Arten

Bei beiden *Bromus*-Arten konnte eine Keimung der Samen bei allen geprüften konstanten und wechselnden Temperaturen beobachtet werden (Tab. 12). Bereits zwei Tage nach der Aussaat konnten bei der Mehrheit der Versuchsglieder gekeimte Samen beobachtet werden (Abb. 19 und 20). Signifikante Unterschiede zeigten sich zu Ende des Versuches bei *B. sterilis* bei der höchsten Temperatur (30 °C) und bei der niedrigsten Temperatur (5 °C). Die Werte betragen 83,6 % und 74,0 %. Die Keimraten in den anderen Versuchsgliedern betragen alle mehr als 90 %. Bei einer Temperatur von konstant 10 °C wurde die höchste Keimrate von 99,6 % beobachtet.

Signifikante Unterschiede bei *B. secalinus* zeigten sich nur zwischen den Versuchsgliedern mit einer konstanten Temperatur von 20 °C beziehungsweise einer wechselnden Temperatur von 20/10 °C und der höchsten Temperatur von 30 °C und der

niedrigsten von 5 °C. Die Werte betragen 95,8 % (20 °C, gleichzeitig höchste Keimrate) und 95,2 % (20/10 °C) beziehungsweise 54,0 % (30 °C) und 64,8 % (5 °C).

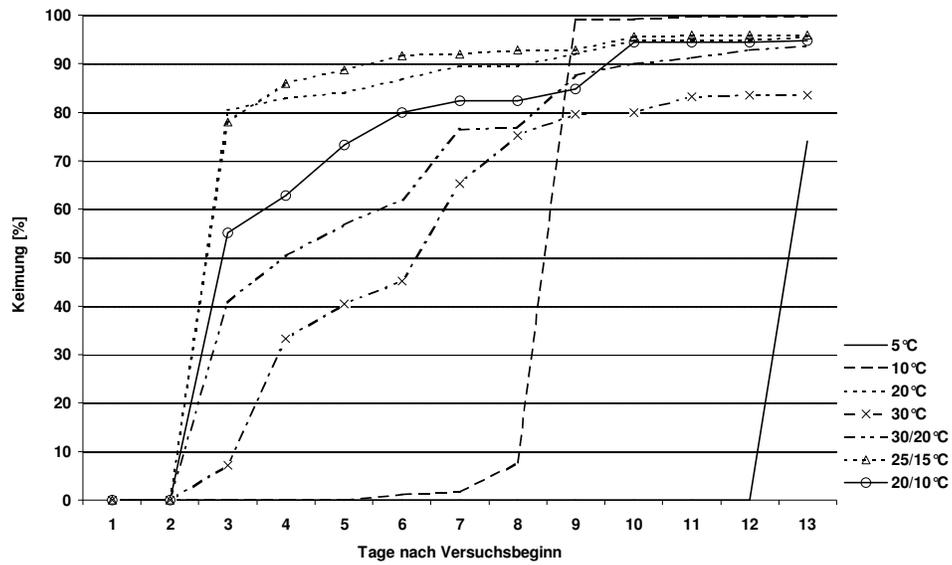
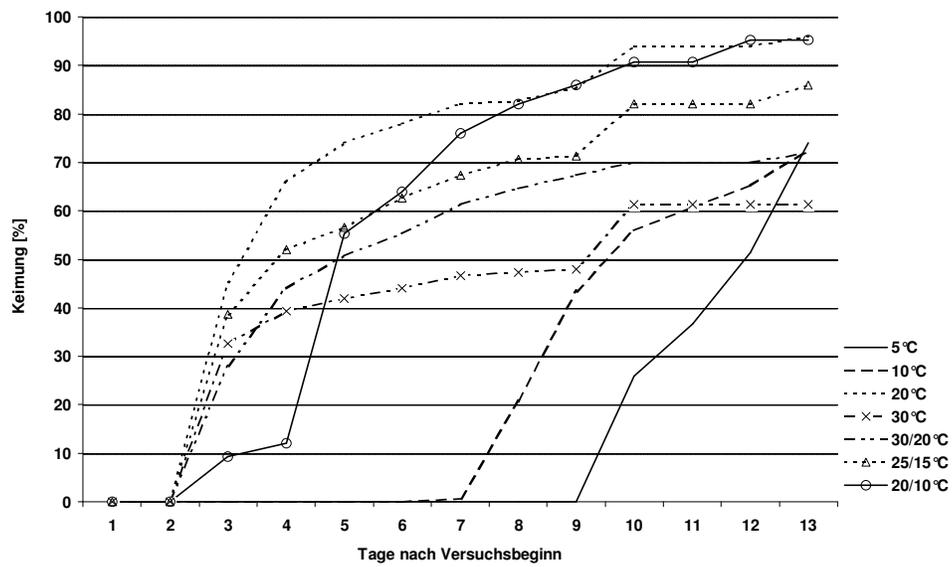
Tab. 12: Einfluss der Temperatur auf die Keimung von *B. sterilis* und *B. secalinus*, Keimung (%) nach 13 Tagen

<i>B. sterilis</i>		<i>B. secalinus</i>	
Temperatur	Keimung (%)	Temperatur	Keimung (%)
10 °C	99,6 ^A	20 °C	95,8 ^A
25/15 °C ¹⁾	96,0 ^A	20/10 °C ¹⁾	95,2 ^A
20 °C	95,6 ^A	25/15 °C ¹⁾	73,8 ^{AB}
20/10 °C ¹⁾	94,8 ^A	10 °C	72,8 ^{AB}
30/20 °C ¹⁾	93,6 ^A	30/20 °C ¹⁾	72,0 ^{AB}
30 °C	83,6 ^B	5 °C	64,8 ^B
5 °C	74,0 ^C	30 °C	54,0 ^B

¹⁾ 18/6 h Rhythmus

Betrachtet man den zeitlichen Verlauf der Keimung beider Arten, so zeigten sich zwischen den Versuchsgliedern deutliche Unterschiede (Abb. 19 und 20). Bei den niedrigsten Temperaturen von 10 °C und 5 °C war bei *B. sterilis* eine Keimung erst nach fünf und zwölf Tagen und bei *B. secalinus* nach sieben und neun Tagen zu beobachten.

Bei den anderen Versuchsgliedern wurde bereits nach zwei Tagen eine Keimung der Samen beobachtet. Die größten Zuwachsraten innerhalb der ersten fünf Tage nach Beginn des Versuches wurden bei einer konstanten Temperatur von 20 °C und einer wechselnden Temperatur von 25 °C/15 °C bei beiden Arten beobachtet.

Abb. 19: Einfluss der Temperatur auf die Keimung von *B. sterilis*Abb. 20: Einfluss der Temperatur auf die Keimung von *B. secalinus*

Zusammenfassung: Die Samen beider *Bromus*-Arten zeigten nur eine geringe Überlebensdauer im Boden, wodurch sich keine persistente Samenbank im Boden aufbauen kann. Unterschiede bezüglich der Überlebensrate zwischen den Jahren konnten jedoch festgestellt werden.

Die Tiefe der Samen im Boden hatte einen deutlichen Einfluss auf das Auflaufen der Pflanzen. Schon eine Tiefe der Samen von 10 cm reduzierte die Auflauftrate um mehr als 50 % im Vergleich zur Auflauftrate der Samen auf der Oberfläche. Dies zeigt deutlich, dass es sich bei beiden Arten um Flachkeimer handelt. Bereits aus 20 cm konnte keine der beiden Arten auflaufen. Ein Einfluss des Substrates auf die Auflauftrate konnte nicht festgestellt werden.

Der Saattermin von Winterweizen hatte ebenfalls einen deutlichen Einfluss auf die Auflauftrate der beiden *Bromus*-Arten. Im Vergleich eines frühen Saattermins (Ende September) mit einem späten Saattermin (Ende November) reduzierte sich die Auflauftrate bei beiden Arten um circa 60 %.

Pflanzen beider Arten zeigten eine Abhängigkeit der Überlebensrate vom Herbst ins Frühjahr vom Saattermin des Winterweizens. So verringerte sich die Überlebensrate bei einem späten Saattermin (Ende November) um etwa 20 % im Vergleich zu einem frühen Saattermin (Ende September).

Die Samenproduktion der *Bromus*-Arten zeigte nur eine geringe Abhängigkeit von der Dichte in Winterweizen. Deutlich stärker waren die Unterschiede in der Samenproduktion der unterschiedlichen Versuchsjahre.

Signifikante Unterschiede in der Samenproduktion in Abhängigkeit des Saattermins von Winterweizen konnten nur an einem Standort und in einem Versuchsjahr bei *B. secalinus* festgestellt werden. Deutlich größer war auch hier der Einfluss der Jahre auf die Zahl produzierter Samen pro Pflanze.

Eine Keimung der Samen beider Arten konnte über ein breites Temperaturspektrum beobachtet werden. Die maximalen Keimraten betragen bei beiden Arten über 95 % bei 10 °C und 20 °C. Die geringsten Keimraten wurden bei der höchsten (30 °C) und der niedrigsten (5 °C) Temperatur beobachtet. Die unterschiedlichen Temperaturen hatten nicht nur einen Einfluss auf die Keimrate, sondern auch auf den zeitlichen Verlauf der Keimung.

3.4 Wirkung von Herbiziden auf *Bromus*-Arten unter Gewächshausbedingungen

Um die in Deutschland zugelassenen bzw. zum Zeitpunkt der Untersuchungen in Zulassung befindlichen Herbizide zur Bekämpfung von *Bromus*-Arten in ihrer Wirkung vergleichend abschätzen zu können, wurden Versuche zur Dosis-Wirkungsbeziehung im Gewächshaus durchgeführt (detaillierte Produktbeschreibung vgl. Seite 21)

Die Wirkung der drei Herbizide Atlantis[®], Attribut[®] und Monitor[®] auf *B. sterilis* ist in Abbildung 21 dargestellt. Die Dosis-Wirkungsbeziehungen für alle drei Herbizide verliefen parallel. Die ED₅₀-Werte aller drei Verbindungen unterschieden sich signifikant voneinander. Die ED₅₀ von Atlantis betrug 4,06 g/ha, was mehr als die doppelte Aufwandmenge bei gleicher Wirkung von Propoxycarbazone (1,88 g/ha) und mehr als das Achtfache der Aufwandmenge von Sulfosulfuron (0,47 g/ha) war.

Die ED₉₅-Werte, bei denen eine ausreichende Bekämpfung der *Bromus*-Arten gegeben ist betragen für Atlantis[®] 18,9 g/ha (Mesosulfuron-methyl+Iodosulfuron-methyl-natrium; 5:1+Mefenpyr-diethyl-Safener), für Attribut[®] 8,8 g/ha (Propoxycarbazone als Na-Salz) und für Monitor[®] 2,2 g/ha (Sulfosulfuron).

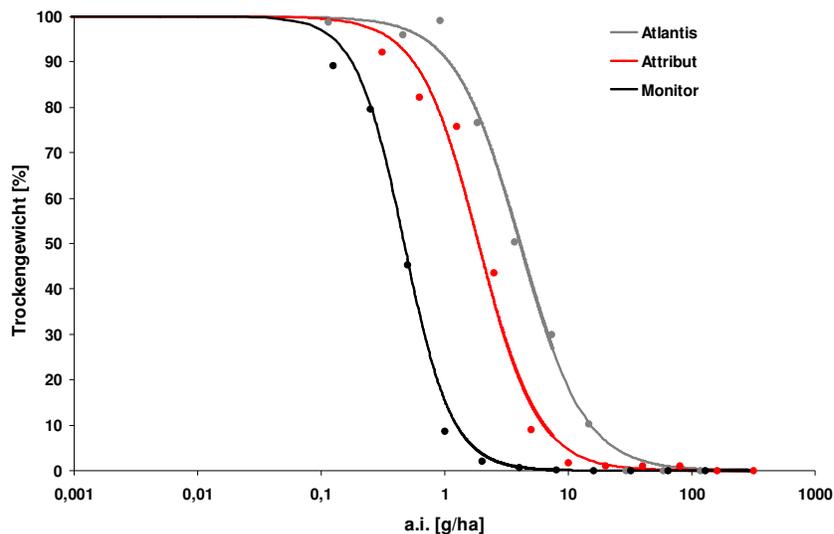


Abb. 21: Wirkung von Atlantis, Attribut und Monitor gegenüber *B. sterilis* im Entwicklungsstadium BBCH 13-14

Ähnliche Resultate ergaben sich beim Versuch zur Wirkung der drei Herbizide gegenüber *B. secalinus* (Abb. 22). Auch hier verliefen die Dosis-Wirkungskurven im Bereich von 20-80 % parallel. Der ED₅₀-Wert von Atlantis lag mit 4,4 g/ha um das 7-fache höher als der für Attribut mit 0,61 g/ha und um das 13-fache höher als der für Monitor mit 0,33 g/ha und unterschied sich signifikant gegenüber den Werten der beiden Herbizide. Ein signifikanter Unterschied bezüglich des ED₅₀-Wertes zwischen Attribut und Monitor konnte nicht beobachtet werden. Die Dosierungen für eine ausreichende Bekämpfung, charakterisiert durch die ED₉₅, lag für Atlantis bei 56,9 g/ha, für Attribut bei 7,9 g/ha und für Monitor bei 4,3 g/ha.

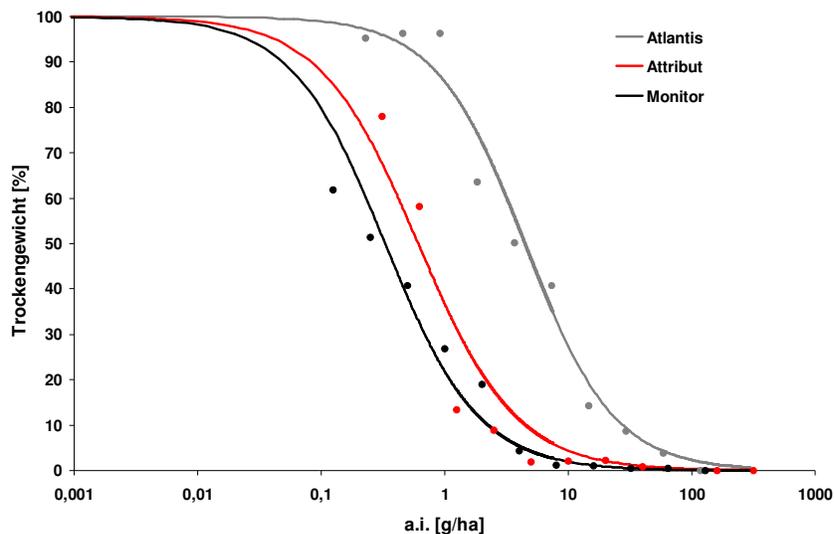


Abb. 22: Wirkung von Atlantis, Attribut und Monitor gegenüber *B. secalinus* im Entwicklungsstadium BBCH 13-14

In einem weiteren Versuch wurde die Wirkung von Atlantis gegenüber unterschiedlichen Entwicklungsstadien von *B. sterilis* untersucht (Abb. 23). Auch hier verliefen, wie in den Versuchen zuvor, die Kurven für alle Entwicklungsstadien parallel. Anhand der ED₅₀-Werte konnte gezeigt werden, dass mit zunehmender Größe der Pflanzen tendenziell eine höhere Wirkstoffmenge appliziert werden muss, um eine Wirkung von 50 % zu erzielen. Allerdings ergab die Verrechnung der Daten keine signifikanten Unterschiede zwischen den ED₅₀-Werten. Die Aufwandmenge beim Entwicklungsstadium BBCH 12 betrug 1,05 g/ha, beim Entwicklungsstadium BBCH 21 1,26 g/ha und beim Entwicklungsstadium BBCH 25 1,56 g/ha. Durch den parallelen Kurvenverlauf ergaben sich dementsprechend

die ED₉₅-Werte der verschiedenen Entwicklungsstadien. Sie betragen 8,6 g/ha (BBCH 12), 10,2 g/ha (BBCH 21) und 12,8 g/ha (BBCH 25).

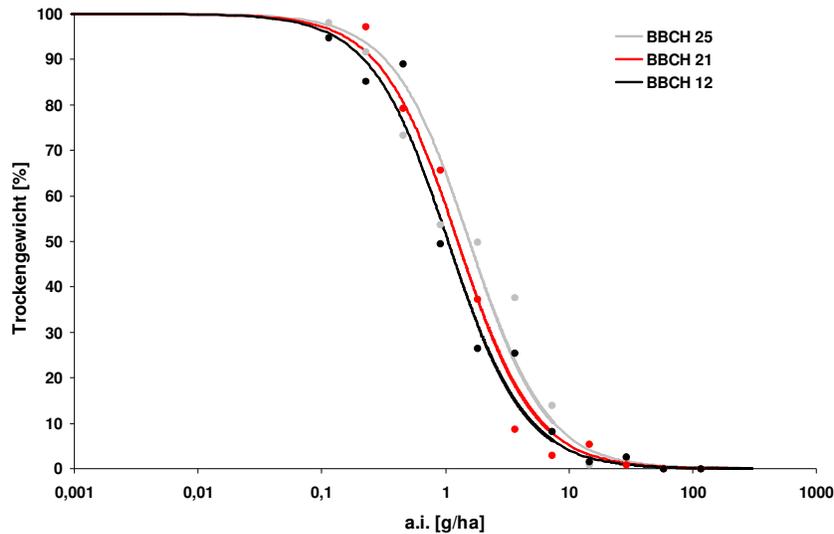


Abb. 23: Wirkung von Atlantis gegenüber unterschiedlichen Entwicklungsstadien von *B. sterilis*, BBCH 12, 21 und 25

Abschließend wurde in einem Versuch die Wirkung von Atlantis nicht nur gegenüber *B. sterilis* und *B. secalinus*, sondern auch gegenüber *B. japonicus*, *B. tectorum* und *B. diandrus* untersucht (Abb. 24). Auch bei diesem Versuch verliefen die Dosis-Wirkungsbeziehungen parallel. Bezüglich der ED₅₀ unterschied sich nur *B. japonicus* signifikant von der ED₅₀ der anderen *Bromus*-Arten. Die jeweiligen Werte ergaben bezüglich der Empfindlichkeit der Arten folgende Reihenfolge: *B. japonicus* (1,4 g/ha), *B. tectorum* (1,66 g/ha), *B. secalinus* (2,2 g/ha), *B. diandrus* (3,17 g/ha) und *B. sterilis* (3,6 g/ha). Dies zeigt, dass es deutliche Unterschiede zwischen den Arten bezüglich der Empfindlichkeit gibt. So beträgt die Aufwandmenge der ED₅₀ bei der unempfindlichsten Art (*B. sterilis*) das 2,5-fache der Aufwandmenge der ED₅₀ bei der empfindlichsten Art (*B. japonicus*). Entsprechend des parallelen Verlaufs der Kurven betragen die ED₉₅-Werte in gleicher Abfolge der Arten 27,4 g/ha, 32,5 g/ha, 43,1 g/ha, 62,1 g/ha und 70,5 g/ha.

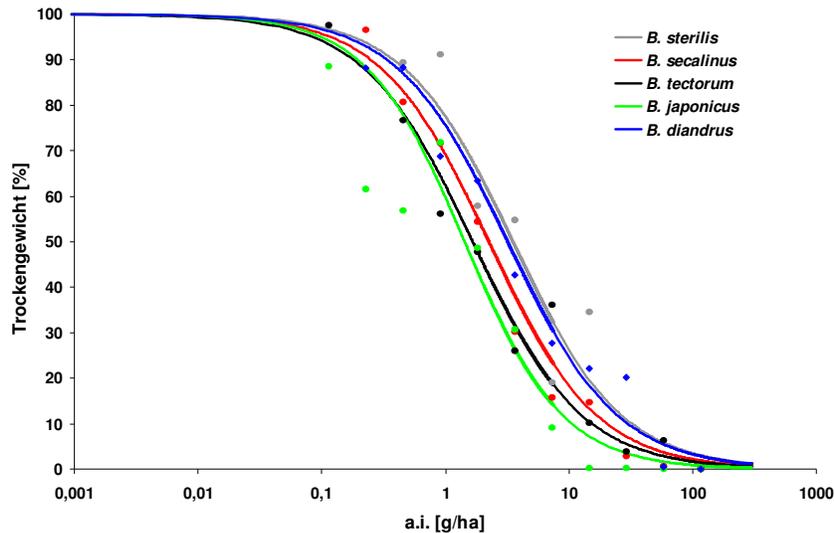


Abb. 24: Wirkung von Atlantis auf verschiedene *Bromus*-Arten

Zusammenfassung: Alle drei Herbizide zeigten Wirksamkeit gegenüber *B. sterilis* und *B. secalinus* und konnten eine Wirkung von 95 % erzielen. Die höchste biologische Aktivität hatte Monitor (Sulfosulfuron), gefolgt von Attribut (Propoxycarbazone als Na-Salz) und Atlantis (Mesosulfuron-methyl + Iodosulfuron-methyl-natrium, 5:1 + Mefenphyr-diethyl-Safener)

Beim Vergleich der ED₅₀-Werte bei unterschiedlichen Entwicklungsstadien von *B. sterilis* konnte tendenziell eine geringere Empfindlichkeit größerer Entwicklungsstadien gegenüber Atlantis festgestellt werden. Weiterhin konnte immer eine 95 %-ige Wirkung (ED₉₅-Werte) erreicht werden, welche aber ebenfalls eine Anhängigkeit vom BBCH-Stadium zeigte.

Atlantis war außer gegenüber *B. sterilis* und *B. secalinus* auch gegenüber *B. tectorum*, *B. japonicus* und *B. diandrus* wirksam. Der Vergleich der Empfindlichkeit der verschiedenen *Bromus*-Arten gegenüber Atlantis ergab folgende Abstufung, beginnend mit der empfindlichsten Art: *B. japonicus*, *B. tectorum*, *B. secalinus*, *B. diandrus* und *B. sterilis*. Vergleicht man die ED₅₀ und ED₉₅-Werte innerhalb der Versuche, als auch zwischen den Versuchen, stellt man Abweichungen fest. Dies liegt daran, dass die Untersuchungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten gemacht wurden. Gefestigte Aussagen ließen sich durch Wiederholung der Versuche gewinnen. Ebenso sei vermerkt, dass es sich hier um Gewächshausversuche handelt, d.h. die Ergebnisse nicht ohne weiteres auf Freilandbedingungen übertragen werden können.

3.5 Simulation der Populationsentwicklung von *B. sterilis* und *B. secalinus*

Auf der Grundlage der erhobenen populationsdynamischen Parameter wurde mit dem in Kapitel 2.5 aufgeführten Modell der Einfluss von Bodenbearbeitung, Saattermin, Herbizidapplikation und Fruchtfolge auf die Populationsentwicklung von *B. sterilis* und *B. secalinus* über einen Zeitraum von zehn Jahren simuliert. Fehlende Daten wurden aus der Literatur entnommen beziehungsweise plausible Annahmen getroffen. Alle Simulationen wurden ausgehend von einem bereits vorhandenen Besatz mit *B. sterilis* und *B. secalinus* mit einem realistischen Samenpotential von 1000 *Bromus*-Samen/m² im Boden durchgeführt (STAHLMANN und MILLER, 1990). Sofern der Saattermin des Winterweizens oder die Fruchtfolge in den Simulationen nicht variiert, wurden Voraussetzungen angenommen, die besonders förderlich für die Populationsentwicklung von *Bromus*-Arten sind, das heißt eine Winterweizen-Monokultur und ein früher Saattermin Ende September.

3.5.1 Einfluss von Bodenbearbeitung und Saattermin des Winterweizens

Abbildungen 25 und 26 zeigen den Einfluss einer Direktsaat, einer reduzierten Bodenbearbeitung mit dem Grubber und einer wendenden Bodenbearbeitung mit dem Pflug in Verbindung mit drei unterschiedlichen Saatterminen (Ende September, Ende Oktober und Ende November) in einer Winterweizen-Monokultur auf die Populationsentwicklung von *B. sterilis* und *B. secalinus*. Samenpotential im Boden zu Beginn der Simulation: 1000 Samen/m².

Es ist zu erkennen, dass der Einfluss der Direktsaat beziehungsweise der Bodenbearbeitung mit dem Grubber und dem Pflug deutlich größer ist als der Einfluss der unterschiedlichen Saattermine. Weiterhin zeigt die Simulation, dass eine Pflugbearbeitung durch das Vergraben der Samen einen deutlich stärkeren Rückgang der Populationen von *B. sterilis* beziehungsweise *B. secalinus* verursacht als eine Direktsaat oder eine reduzierte Bodenbearbeitung.

Bei *B. sterilis* (Abb. 25) erreichen die Varianten mit Direktsaat und reduzierter Bodenbearbeitung bereits nach zwei Jahren ihr endgültiges Niveau, welches durch die Dichteabhängigkeit des Modells vorgegeben ist. Bei einem Saattermin Ende September liegt die maximale Dichte bei der Direktsaat bei 742 Pflanzen/m², bei einem Saattermin Ende Oktober bei 634 Pflanzen/m² und bei einem Saattermin Ende November bei

464 Pflanzen/m². Bei der reduzierten Bodenbearbeitung erreichen die Dichten 656 Pflanzen/m², 539 Pflanzen/m² und 368 Pflanzen/m².

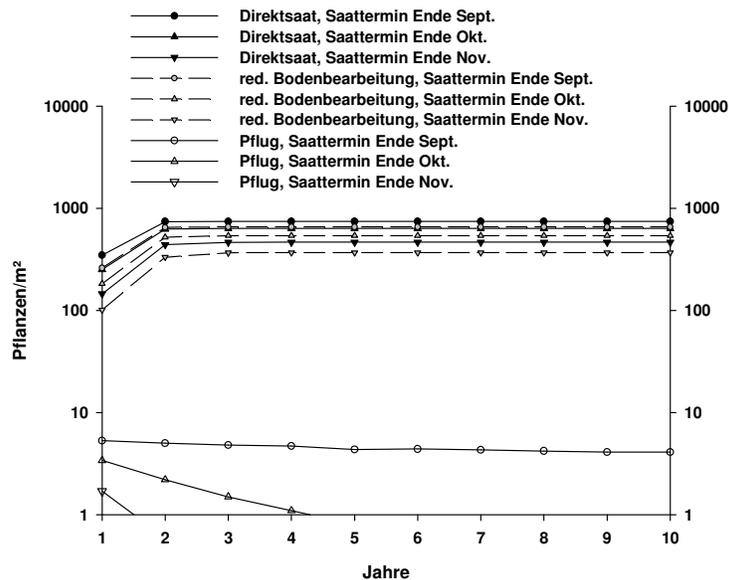


Abb. 25: Simulation der Populationsentwicklung von *B. sterilis* in einer Winterweizenmonokultur unter dem Einfluss von Direktsaat, reduzierter Bodenbearbeitung (Grubber), wendender Bodenbearbeitung (Pflug) und unterschiedlicher Saattermine des Winterweizens. Startwert: 1000 Samen/m²

Eine Pflugbearbeitung mit einem frühen Saattermin Ende September reduziert die Dichten von *B. sterilis* auf vier Pflanzen/m², was keine messbaren Ertragsverluste in Winterweizen erwarten lässt. Zieht man allerdings die mittlere Samenproduktion von 330 Samen/Pflanze bei *B. sterilis* in Betracht, so kann sich aus solch einer geringen *Bromus*-Dichte ein Samenpotential von mehr als 1300 Samen/m² bilden. Dies könnte unter für *Bromus* günstigen Bedingungen, zum Beispiel bei einer nicht-wendenden Bodenbearbeitung im Folgejahr, einen starken Befall mit *B. sterilis* zur Folge haben.

Erst eine Pflugbearbeitung in Verbindung mit einem Saattermin Ende Oktober oder Ende November kann die Dichten von *B. sterilis* nach vier beziehungsweise zwei Jahren auf null dezimieren.

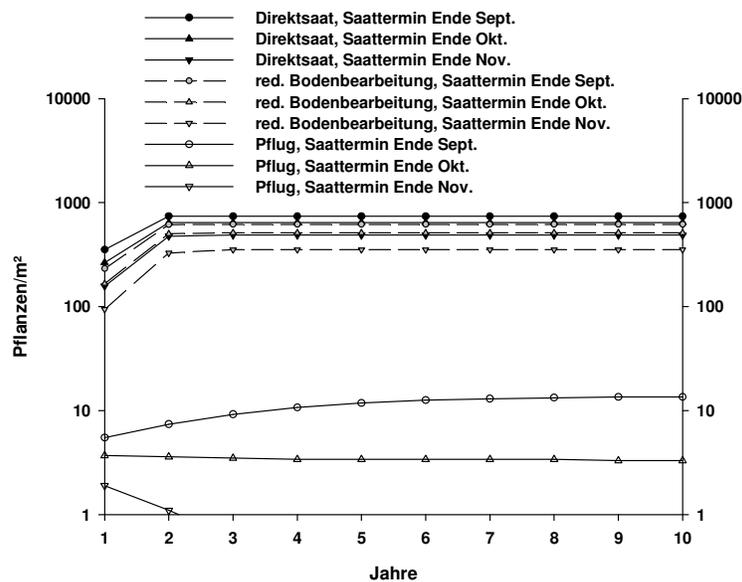


Abb. 26: Simulation der Populationsentwicklung von *B. secalinus* in einer Winterweizenmonokultur unter dem Einfluss von Direktsaat, reduzierter Bodenbearbeitung (Grubber), wendender Bodenbearbeitung (Pflug) und unterschiedlicher Saat-termine des Winterweizens. Startwert: 1000 Samen/m²

Bei *B. secalinus* (Abb. 26) erreicht die Dichte bei den Varianten mit Direktsaat und reduzierter Bodenbearbeitung ebenfalls bereits nach zwei Jahren ihr endgültiges Niveau. Durch die unterschiedlichen Saattermine verringert sich bei der Direktsaat die Dichte von 738 Pflanzen/m² (Saattermin Ende September) auf 645 Pflanzen/m² (Saattermin Ende Oktober) und auf 487 Pflanzen/m² (Saattermin Ende November) sowie bei reduzierter Bodenbearbeitung von 618 Pflanzen/m² auf 513 Pflanzen/m² und auf 353 Pflanzen/m².

Im Vergleich zu *B. sterilis* stellt sich die Dichteentwicklung bei *B. secalinus* bei den Varianten mit Pflugbearbeitung anders dar. Bei Saat des Winterweizens Ende September beziehungsweise Ende Oktober sind nach zehn Jahren noch vierzehn und drei Pflanzen/m² vorhanden. Aufgrund der Populationsbiologie der Art kann sich unter günstigen Bedingungen aus solch geringen Dichten von *B. secalinus* eine erneut starke Verseuchung entwickeln. Das Beispiel verdeutlicht, dass nur die Kombination aus Pflugbearbeitung und spätem Saattermin die Dichten nach zwei Jahren auf null reduzieren kann. Die Simulationen zeigen, dass bei Direktsaat und reduzierter Bodenbearbeitung mit einem sehr raschen Anstieg der *Bromus*-Dichte auf ein hohes Niveau zu rechnen ist. Eine Pflugbearbeitung in Verbindung mit früherer Saat kann die *Bromus*-Dichte stark reduzieren und in Verbindung mit späterer Saat gegen null bringen. Deshalb ist zur Bekämpfung von

Bromus-Arten bei der Durchführung von Direktsaat und reduzierter Bodenbearbeitung der Einsatz eines Herbizides unerlässlich.

3.5.2 Einfluss von Bodenbearbeitung und Herbizidapplikation

Im Folgenden wurde der Einfluss von Bodenbearbeitung und Herbizidapplikation auf die Populationsentwicklung von *B. sterilis* und *B. secalinus* in einer 10-jährigen Winterweizen-Monokultur simuliert. Das Samenpotential zu Beginn der Simulationen betrug 1000 Samen/m², der Saattermin wurde Ende September angesetzt.

In Abbildung 27 wurde die Wirkung des Herbizides auf *B. sterilis* mit 85 % und auf *B. secalinus* mit 90 % angenommen. Diese Wirkungsgraden entsprechen der in mehrjährigen Feldversuchen festgestellten durchschnittlichen Wirkung von Attribut, Atlantis und Monitor (MITTNACHT, 2003). Die vergleichsweise geringen Wirkungsgrade werden, wie Ergebnisse aus der Praxis zeigen, nicht immer erreicht. Deshalb wurde die Populationsentwicklung der beiden Arten bei einer Wirkung von 75 % auf *B. sterilis* und 85 % auf *B. secalinus* im dritten und sechsten Anbaujahr der Winterweizen-Monokultur simuliert (Abb. 28).

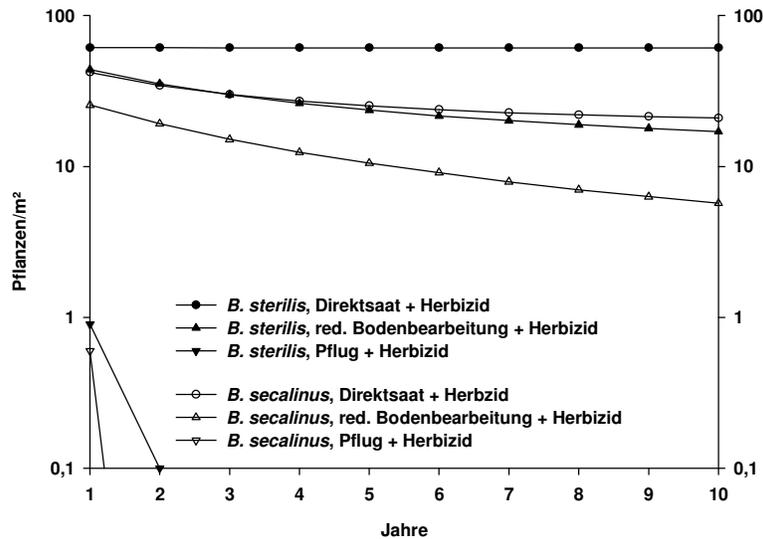


Abb. 27: Simulation der Populationsentwicklung von *B. sterilis* und *B. secalinus* in einer Winterweizenmonokultur unter dem Einfluss von Direktsaat, reduzierter Bodenbearbeitung (Grubber), wendender Bodenbearbeitung (Pflug) und Herbizidapplikation. Wirksamkeit des Herbizides bei *B. sterilis* 85 %, bei *B. secalinus* 90 %. Startwert: 1000 Samen/m², Saattermin Ende September

Wie in Abbildung 27 zu sehen ist kann die Dichte von *B. sterilis* in Verbindung mit dem Einsatz eines Herbizides gegen *Bromus*, wie es momentan auf dem Markt verfügbar ist, bei Direktsaat und reduzierter Bodenbearbeitung nicht auf ein Maß reduziert werden, wie es von einer chemischen Bekämpfung erwartet wird. Dies kann auf die geringere Empfindlichkeit von *B. sterilis* gegenüber Herbiziden zurückgeführt werden. In einer Winterweizen-Monokultur mit Direktsaat erreicht die Dichte noch immer 61 Pflanzen/m² und bei einer reduzierten Bodenbearbeitung mit dem Grubber noch eine Dichte von 17 Pflanzen/m² nach einem Simulationszeitraum von zehn Jahren. Die Dichte von *B. secalinus* kann aufgrund ihrer größeren Empfindlichkeit der Art gegenüber den zur Zeit zugelassenen Herbiziden nach zehn Jahren bei Direktsaat auf 21 Pflanzen/m² und bei einer reduzierten Bodenbearbeitung auf sechs Pflanzen/m² verringert werden. Im Gegensatz dazu gehen die Dichten von *B. sterilis* und *B. secalinus* durch eine Pflugbearbeitung zusammen mit einem Herbizideinsatz bereits nach einem Zeitraum von zwei beziehungsweise drei Jahren gegen null.

Ein ähnliches Bild ergibt sich bei einer (hier nicht dargestellten) Simulation unter gleichen Bedingungen, aber ausgehend von einem deutlich geringeren Samenpotential von 100

Samen/m² im Boden, wie es bei einem beginnenden Befall der Fall sein kann. Die durchschnittliche Wirkung der zugelassenen Herbizide zur Bekämpfung der Arten ist bei Direktsaat und reduzierter Bodenbearbeitung nicht ausreichend, wodurch sich die Populationen von *B. sterilis* und *B. secalinus* langsam aufbauen und nach zehn Jahren die gleichen Dichten erreichen wie bei einem Startwert von 1000 Samen/m², was zu einem entsprechenden Ertragsverlust führt. Bei Pflugbearbeitung mit Herbizidanwendung gehen beide Populationen schon in der ersten Vegetationsperiode gegen null.

Auch wenn durch den Einsatz der untersuchten Herbizide gegen *B. sterilis* und *B. secalinus* die Dichten, insbesondere bei *B. sterilis*, noch relativ hoch sind, dürften die Ertragsverluste eher gering ausfallen, da die Herbizide bei den *Bromus*-Arten das vegetative Wachstum hemmen. Trotz dieser Hemmung bilden aber viele Pflanzen noch unterständig fertile Samen aus (MITTNACHT, 2003) und tragen damit zu einer entsprechenden Verseuchung und in der Folge zu Ertragsverlusten bei. Insbesondere bei einer geringeren Wirkung der untersuchten Herbizide, wie sie in der Praxis durchaus vorkommt, ist eine entsprechende Zunahme zu erwarten.

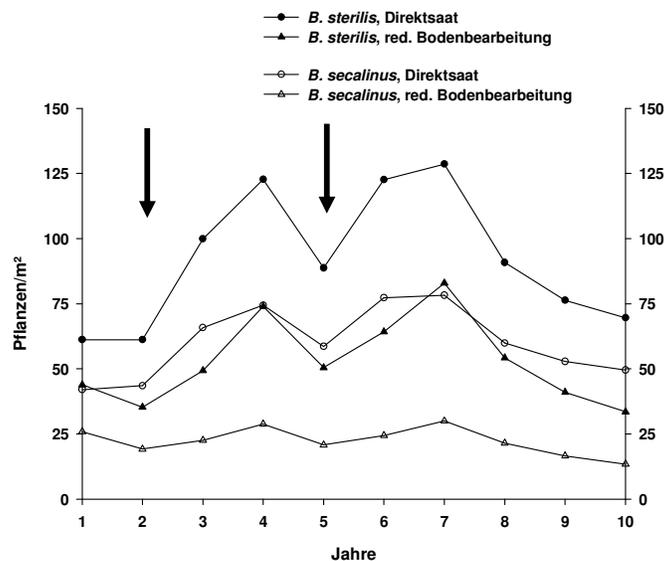


Abb. 28: Simulation einer verminderten Herbizidwirkung auf eine Population von *B. sterilis* und *B. secalinus* in einer Winterweizenmonokultur bei Direktsaat und reduzierter Bodenbearbeitung (Grubber). Wirksamkeit des Herbizides bei *B. sterilis* 85 %, bei *B. secalinus* 90 %. Herbizidwirkung im 3. und 6. Jahr (Pfeil) 75 % beziehungsweise 85 %. Startwert: 1000 Samen/m², Saattermin Ende September

Wie bereits erwähnt, werden in der Praxis die vergleichsweise geringen durchschnittlichen Wirkungsgrade nicht immer erreicht. In Abbildung 28 ist zu erkennen, dass es insbesondere bei *B. sterilis* im dritten und sechsten Anbaujahr zu einem starken Anstieg der Population kommt. Auch wenn im vierten Anbaujahr die Wirkung des Herbizides wieder 85 % beträgt, kommt es zu einem weiteren Anstieg der Populationsdichte auf 123 Pflanzen/m² bei Direktsaat und 74 Pflanzen/m² bei reduzierter Bodenbearbeitung. Die geringere Wirkung des Herbizides im Vorjahr führt zu einer stärkeren Samenbildung und damit zu einem größeren Samenpotential im Boden. Gleiches zeigt sich bei erneuter geringer Wirkung von 75 % im sechsten Anbaujahr, wo sich die Auswirkung am stärksten im siebten Anbaujahr mit einem Anstieg der Dichte auf 129 Pflanzen/m² bei Direktsaat und 83 Pflanzen/m² bei reduzierter Bodenbearbeitung zeigt.

Ein ähnliches Bild ist bei *B. secalinus* zu beobachten, allerdings sind aufgrund ihrer größeren Empfindlichkeit die Dichten geringer. Der maximale Anstieg der Dichte ist erst im Jahr nach der geringeren Wirkung des Herbizides auf 74 Pflanzen/m² bei Direktsaat und 29 Pflanzen/m² bei reduzierter Bodenbearbeitung im vierten Anbaujahr und 78 Pflanzen/m² und 30 Pflanzen/m² im siebten Jahr zu beobachten.

Die Simulation der Populationsentwicklung der beiden Arten zeigt, dass die durchschnittliche Wirkung der untersuchten Herbizide in einer Winterweizen-Monokultur nicht ausreicht, um bei geringeren Wirkungsgraden einen starken Anstieg der Populationen abzufangen. Auch wenn es durch die Applikation des Herbizides zu einer Hemmung des vegetativen Wachstums bei den *Bromus*-Pflanzen kommt, ist bei den durch die geringere Wirkung des Herbizides angestiegenen *Bromus*-Dichten von bis zu 123 Pflanzen/m² bei *B. sterilis* und 78 Pflanzen/m² bei *B. secalinus* bei Direktsaat mit einer Ertragsreduktion in Winterweizen zu rechnen. Bei einer reduzierten Bodenbearbeitung sind aufgrund der höheren Dichten nur Ertragsverluste durch *B. sterilis* zu erwarten. Eine langfristige und ausreichende chemische Bekämpfung der *Bromus*-Arten kann nur dann gewährleistet werden, wenn die Herbizide zur Bekämpfung von *Bromus*-Arten einen höheren Wirkungsgrad aufweisen, um die in der Praxis beobachteten geringeren Wirkungsgrade abpuffern zu können, und es somit zu keinen Ertragsverlusten in Winterweizen kommt. Wie hoch der durchschnittliche Wirkungsgrad in einer Winterweizen-Monokultur sein muss, um solch einen Populationsanstieg zu verhindern, ist in Abbildung 29 dargestellt. Die Simulation wurde unter den gleichen Bedingungen wie im vorherigen Fall durchgeführt, allerdings unter Annahme eines durchschnittlichen Wirkungsgrades von 95 % für beide *Bromus*-Arten. Die geringeren Wirkungsgrade im dritten und sechsten

Anbaujahr (siehe Pfeil) wurden wie in Abb. 28 für *B. sterilis* mit 75 % und für *B. secalinus* mit 85 % angenommen.

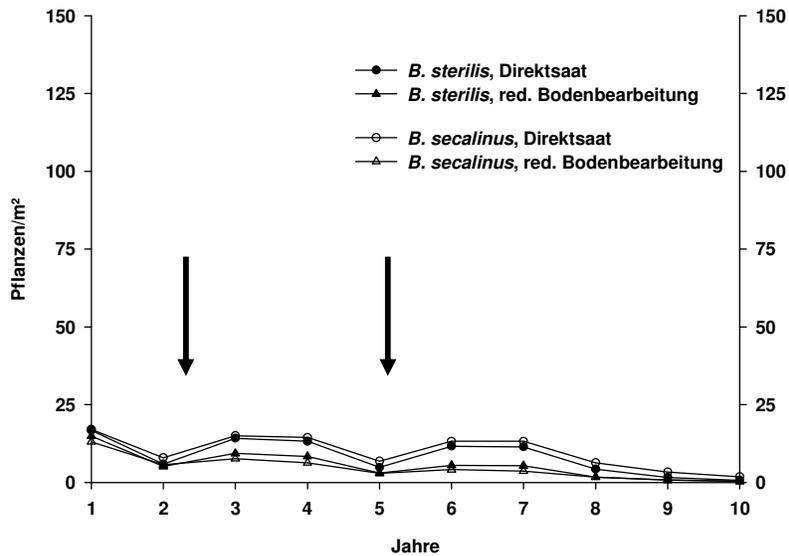


Abb. 29: Simulation einer verminderten Herbizidwirkung auf eine Population von *B. sterilis* und *B. secalinus* in einer Winterweizenmonokultur bei Direktsaat und reduzierter Bodenbearbeitung (Grubber). Wirksamkeit des Herbizides bei *B. sterilis* und *B. secalinus* 95 %. Herbizidwirkung im 3. und 6. Jahr (Pfeil) 75 % beziehungsweise 85 %. Startwert: 1000 Samen/m², Saattermin Ende September

Es zeigt sich deutlich, dass die Wirkung des Herbizides in einer Winterweizen-Monokultur mindestens 95 % betragen muss, um einen starken Anstieg der Verseuchung, wie in Abb. 28 gezeigt, aufgrund einer durchschnittlich geringeren Wirkung zu verhindern. Zwar kommt es bei Direktsaat bei beiden *Bromus*-Arten zu einem leichten Anstieg der Dichten auf vierzehn und zwölf Pflanzen/m² bei *B. sterilis* und auf fünfzehn und dreizehn Pflanzen/m² bei *B. secalinus*, jedoch verringern sich die Dichten nach zehn Jahren auf eine beziehungsweise zwei *Bromus*-Pflanzen/m².

Bei reduzierter Bodenbearbeitung wird durch die geringere durchschnittliche Wirkung des Herbizides ein leichter Anstieg der Dichten auf neun und acht Pflanzen/m² bei *B. sterilis* und acht und vier Pflanzen/m² bei *B. secalinus* beobachtet. Nach zehn Jahren werden die Dichten aber auf null reduziert, das heißt, dass trotz der geringeren Wirkung nicht mit einer starken Zunahme der Verseuchung in einer Winterweizenmonokultur zu rechnen ist.

Da es momentan aber keine Herbizide gegen *Bromus*-Arten in Winterweizen gibt, die einen Wirkungsgrad von 95 % oder mehr aufweisen, und eine Rückkehr zur Pflugbearbeitung aus ökonomischen, teilweise auch aus ökologischen Gründen nicht praktiziert wird, müssen weitere Maßnahmen in die Bekämpfungsstrategie integriert werden, insbesondere wenn es sich um wintergetreidedominierte Fruchtfolgen oder im Extremfall um eine Winterweizen-Monokultur handelt. Eine Möglichkeit bietet Fruchtfolge. So können *B. sterilis* und *B. secalinus* in dikotylen Kulturen und Mais chemisch gut bekämpft werden und sind weiterhin in Sommerungen aufgrund Ihrer Eigenschaft als Herbstkeimer und der geringen Überdauerung der Samen im Boden wenn überhaupt nur in sehr geringen Dichten zu finden. Eine mögliche Fruchtfolge zur Bekämpfung der Arten ist im folgenden Kapitel dargestellt.

3.5.3 Einfluss von dikotylen Kulturen und Herbizidanwendung bei Direktsaat und reduzierter Bodenbearbeitung

Abbildung 30 zeigt die Entwicklung einer Population von *B. sterilis* und *B. secalinus* bei Direktsaat und reduzierter Bodenbearbeitung in einer Fruchtfolge von Winterweizen, Winterraps, Senf (*Sinapis alba* L.) und Sommergerste. Der Startwert beträgt wie zuvor 1000 Samen/m². Der Wirkungsgrad der chemischen Bekämpfung wurde in Winterweizen bei *B. sterilis* mit 85 % bei *B. secalinus* mit 90 % und in Winterraps mit 97 % bei *B. sterilis* und 98 % bei *B. secalinus* angenommen. Der Anbau von Senf im Herbst bekämpft *Bromus*-Arten sowohl indirekt als auch direkt. Zum einen werden die *Bromus*-Pflanzen durch die Konkurrenzsituation in ihrem Wachstum unterdrückt und damit die Samenproduktion reduziert. Zum anderen kommt es beim Mulchen oder Einarbeiten des Pflanzenmaterials zu einer direkten Bekämpfung der *Bromus*-Arten. Weiterhin wurde der Einsatz eines nichtselektiven Herbizides vor der Saat der Sommergerste angenommen um die überwinterten *Bromus*-Pflanzen zu bekämpfen. Erfahrungsgemäß spielt dann *Bromus* in Sommergetreide keine, oder nur eine untergeordnete Rolle. Ein Gesamtwirkungsgrad von 98 % wurde der Simulation durch den Anbau von Senf und Sommergetreide zugrunde gelegt.

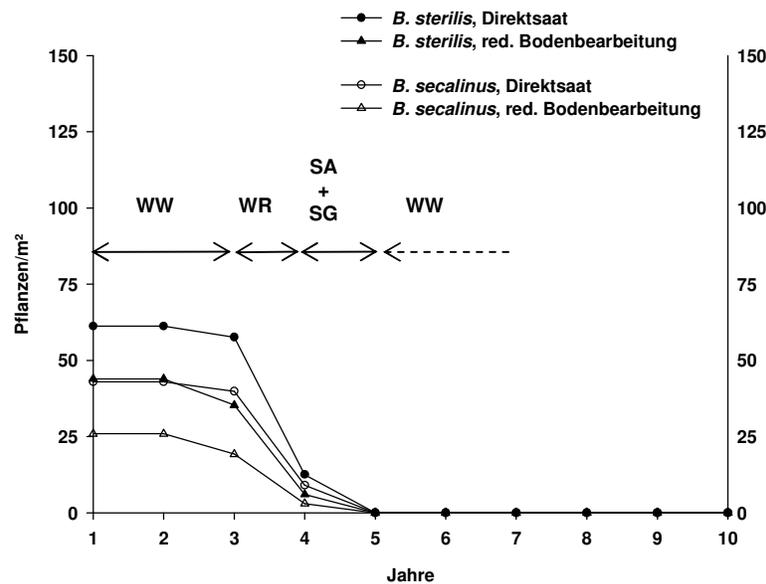


Abb. 30: Simulation der Populationsentwicklung von *B. sterilis* und *B. secalinus* in einer Fruchtfolge von Winterweizen (WW), Winterraps (WR), Senf (SA), Sommergerste (SG) und Winterweizen (WW) bei Direktsaat und reduzierter Bodenbearbeitung, Startwert: 1000 Samen/m², Saattermine: WW, Ende September; WR, Mitte August; SA, Ende September; SG, Ende März.

Die Simulation zeigt, wie auch schon zuvor in Kapitel 3.5.2, dass sich trotz des Herbizideinsatzes in Winterweizen Populationen von *B. sterilis* und *B. secalinus* etablieren. Bei Direktsaat beträgt die Dichte von *B. sterilis* 61 Pflanzen/m² und die von *B. secalinus* 43 Pflanzen/m². Bei reduzierter Bodenbearbeitung liegt die Dichte von *B. sterilis* bei 44 Pflanzen/m² und von *B. secalinus* bei 26 Pflanzen/m². Da *Bromus*-Arten in dikotylen Kulturen sehr gut mit Graminiziden zu bekämpfen sind (siehe Kap. 1.4), werden die Dichten beim Anbau von Winterraps im vierten Anbaujahr reduziert: *B. sterilis* bei Direktsaat auf dreizehn Pflanzen/m² und *B. secalinus* auf neun Pflanzen/m². Bei einer reduzierten Bodenbearbeitung entsprechend bei *B. sterilis* auf sechs Pflanzen/m² und bei *B. secalinus* auf drei Pflanzen/m². Der anschließende Anbau von Senf in Verbindung mit dem Einsatz eines nicht-selektiven Herbizids vor der Saat der Sommergerste, bekämpft beide *Bromus*-Arten vollständig, sodass es beim nachfolgenden Anbau von Winterweizen zu keinem Befall mit *Bromus*-Arten kommt. Mit derartigen Fruchtfolgen kann *Bromus* eliminiert werden und bietet den Arten keine Möglichkeit zur weiteren Ausbreitung.

Zusammenfassung: Die verschiedenen Simulationen der Populationsentwicklung von *B. sterilis* und *B. secalinus* in einer Winterweizenmonokultur haben gezeigt, dass der Einfluss einer Direktsaat, einer reduzierten Bodenbearbeitung mit dem Grubber und einer wendenden Bodenbearbeitung mit dem Pflug die Populationen der beiden Arten größer ist als der der unterschiedlichen Saattermine des Winterweizens. Bodenbearbeitung mit dem Pflug kann in Verbindung mit einer späten Saat eine Verseuchung von *B. sterilis* und *B. secalinus* vollständig kontrollieren. Um bei einem Befall mit *Bromus* Direktsaat oder reduzierte Bodenbearbeitung in einer Winterweizenmonokultur zu praktizieren, ist der Einsatz von Herbiziden zur Kontrolle von *B. sterilis* und *B. secalinus* unerlässlich. Der Einsatz der momentan zugelassenen Herbizide bei Direktsaat und reduzierter Bodenbearbeitung verringert die *Bromus*-Dichten, insbesondere die von *B. secalinus*, aufgrund der größeren Empfindlichkeit in solch einem Maß, dass nicht mit Ertragsverlusten in Winterweizen zu rechnen ist. Allerdings bilden die überlebenden *Bromus*-Pflanzen trotz der Hemmung ihres vegetativen Wachstums fertile Samen aus, die insbesondere bei einer geringeren Wirkung der Herbizide, wie in der Praxis beobachtet, zu einem erneuten starken Besatz und damit zu Ertragsverlusten führen können. Durch die Simulation wurde gezeigt, dass ein gegen *Bromus*-Arten wirksames Herbizid einen Wirkungsgrad von mindestens 95 % aufweisen muss, um solch einen Populationsanstieg, bedingt durch einen zeitweise geringeren Wirkungsgrad des Herbizides, zu verhindern. Da solch ein hoher Wirkungsgrad aber bei den derzeit zugelassenen Herbiziden zur Bekämpfung von *Bromus*-Arten in Wintergetreide bei einmaliger Anwendung nicht gegeben ist, müssen integrierte Bekämpfungsstrategien aus der Kombination von Bodenbearbeitung, Fruchtfolge und Herbizideinsatz angewendet werden.

4 Diskussion

4.1 Umfrage zur *Bromus*-Problematik in Deutschland

Die hohe Rücklaufquote von 70 % der Fragebögen ließ eine realistische Einschätzung der Verbreitung und Bedeutung von *Bromus*-Arten in Deutschland zu.

B. sterilis und *B. secalinus* sind die beiden Arten, die am häufigsten auf Ackerland in Deutschland vorkommen. Zu einem ähnlichen Ergebnis kommt EGGERS (1990) und für Großbritannien FROUD-WILLIAMS und CHANCELLOR (1982), CHANCELLOR und FROUD-WILLIAMS (1984). Die weiteren in der Befragung genannten *Bromus*-Arten sind von geringerer Bedeutung.

Die Ausführungen von KOCH und HURLE (1978), wonach Unkräuter an den Entwicklungszyklus der Kulturpflanzen gekoppelt sind, und die Unkrautflora durch die Wahl der Kulturarten und ihre Stellung in der Fruchtfolge wesentlich beeinflusst wird, verdeutlicht, warum *B. sterilis* und *B. secalinus* vornehmlich in Wintergetreide auftreten.

Die Gründe warum sie unter den Wintergetreiden hauptsächlich in Winterweizen auftreten, können zum einen an der größeren Konkurrenzkraft, und damit am größeren Unkrautunterdrückungsvermögen, von Roggen (*Secale cereale* L.), Triticale (*Tritosecale*) und Wintergerste (*Hordeum vulgare* L.) liegen (FROUD-WILLIAMS und CHANCELLOR, 1982 ; COUSENS et al., 1985; BLACKSHAW, 1993), zum anderen kann es sich dabei aber auch um eine subjektive Einschätzung handeln, da Winterweizen die größte Anbaufläche an den Wintergetreiden, nicht nur in Deutschland, einnimmt.

In anderen Kulturen wie zum Beispiel Raps oder Zuckerrüben treten *Bromus*-Arten zwar auf, stellen aber kein Problem dar, da sie chemisch gut zu bekämpfen sind (AMANN, 2002; MITTNACHT, 2003).

Die Ausführungen der Befragten verdeutlichten, dass das Auftreten und die Verbreitung von *Bromus*-Arten durch unterschiedliche Faktoren beeinflusst werden. Die im Ackerbau vorkommenden *Bromus*-Arten werden durch eine nicht-wendende Bodenbearbeitung gefördert, was in direktem Zusammenhang mit der Fähigkeit der Pflanzen steht, nur aus geringen Tiefen auflaufen zu können (FROUD-WILLIAMS, 1981; FROUD-WILLIAMS et al., 1984 b). Weiterhin durch einen frühen Saattermin, was aufgrund der höheren Tagestemperaturen im Spätsommer und Frühherbst zu einer schnellen Keimung und

damit frühen Etablierung in einem Bestand führt (HOWARD, 1991 und eigene Untersuchungen, Kap. 3.2.2).

Neben diesen Faktoren ist auch der Standort für das Auftreten von *Bromus*-Arten von Bedeutung. So gaben die Befragten an, dass ein Auftreten vermehrt auf schweren bis mittelschweren Böden zu beobachten ist. Allerdings könnte es sich hier um einen verdeckten Einfluss der Bodenbearbeitung handeln, da insbesondere auf solchen Böden eine reduzierte Bodenbearbeitung durchgeführt wird (KEES und PFEUFER, 1984).

Eine Verbreitung durch verseuchtes Saatgut konnte von der Mehrheit der Befragten nicht festgestellt werden, was auf eine effektive Saatgutreinigung und den großflächigen Einsatz von zertifiziertem Saatgut hindeutet. PALLUTT (2002) berichtet, dass *B. secalinus* aus diesem Grund in Deutschland nur noch selten als Unkraut anzutreffen sei. Allerdings gab es Hinweise auf einen Zusammenhang zwischen dem Befall von Ackerflächen und dem Einsatz von Lohndreschern. Hier können aufgrund ungenügender Reinigung der Mähdrescher *Bromus*-Samen nicht nur über kurze Distanzen, wie von HOWARD et al. (1991) festgestellt, sondern auch über längere Distanzen, d.h. von Feld zu Feld, transportiert werden. In den eigenen Untersuchungen zeigte sich insbesondere *B. sterilis* durch ihre langen Grannen als schwieriger aus den Erntemaschinen zu reinigen als *B. secalinus*, *B. tectorum* oder *B. japonicus*.

Die Frage nach den Bekämpfungsstrategien ergab, dass sowohl eine mechanische als auch eine chemische Bekämpfung durchgeführt wird. Es zeigte sich jedoch, dass der Bekämpfungserfolg variiert.

Die mechanische Bekämpfung der *Bromus*-Arten durch den Einsatz eines Grubbers und Pfluges im Herbst wurde in der Befragung als mehrheitlich gut beurteilt. Allerdings hängt die Bekämpfung vor der Saat mit dem Grubber stark von den Niederschlägen nach der Ernte ab, da diese das Auflaufen von *Bromus* bestimmen, und damit auch den durch die Bearbeitung erzielbaren Erfolg. Somit kann bei einem Grubbereinsatz ein Teil der Samen, die nicht gekeimt haben, zur Unkrautpopulation in der nachfolgenden Kultur beitragen.

Die chemische Bekämpfung in dikotylen Kulturen wurde als sehr gut bezeichnet, da die Landwirte hier auf Graminizide auf der Basis von Aryloxyphenoxy-Propionat und Cyclohexandion zurückgreifen können (AMANN und WELLMANN, 2001), die eine hohe Wirksamkeit gegenüber *Bromus* haben. In Wintergetreide wurde die chemische Bekämpfung nur als gut bis befriedigend beurteilt, was sich nach Zulassung der drei gegen Trespen wirksamen Verbindungen Atlantis[®] (Mesosulfuron-methyl + Iodosulfuron-methyl-natrium + Mefenphyr-diethyl-Safener), Attribut[®] (Propoxycarbazone als Na-Salz)

und Monitor[®] (Sulfosulfuron) verbessert hat. Allerdings steht für die Bekämpfung in Wintergerste weiterhin kein Herbizid zur Verfügung. Weiterhin kann die ausschließliche Anwendung dieser Herbizide im Frühjahr Schwierigkeiten bereiten, wenn schlechtes Wetter eine Behandlung nicht zulässt und ein später Einsatz zur Folge hat, dass es zu geringeren Wirkungsgraden kommt. Dies bedeutet, dass eine ausreichende Bekämpfung im Frühling nicht immer gegeben ist.

Der Erfolg einer direkten Bekämpfung durch ein nicht-selektives Herbizid vor der Saat ist ebenso wie eine indirekte Bekämpfung mit dem Grubber vom Niederschlag und den damit auflaufenden *Bromus*-Pflanzen abhängig. Bei ausreichender Bodenfeuchtigkeit ist eine Kombination aus mehrfacher flacher Bodenbearbeitung in Verbindung mit dem Einsatz eines nicht-selektiven Herbizides am effektivsten. Dies führt aber wiederum zu Mehrkosten, die durch pfluglose Bodenbearbeitung zuvor eingespart wurden.

Eine deutliche Mehrheit der Befragten rechnete mit einer zunehmenden Verunkrautung von landwirtschaftlichen Flächen mit *Bromus*. Dies dürfte zutreffen, da aufgrund der agrarpolitischen Rahmenbedingungen die reduzierte Bodenbearbeitung weiter zunehmen wird. So stellen KÖLLER und LINKE (2001) fest, dass wegen des zu erwartenden Absinkens der Erzeugerpreise für Körnerfrüchte und des Abbaus der Subventionierung der Landwirtschaft der Einsatz des Pfluges fraglich ist. Allerdings weisen EHLERS und CLAUPEIN (1994) darauf hin, dass trotz der Möglichkeiten und Vorteile, die eine reduzierte Bodenbearbeitung bietet, diese nicht auf allen Standorten durchführbar ist.

Die Befragung macht deutlich, dass mit einer weiteren Ausbreitung von *Bromus*-Arten zu rechnen ist, und zur Verminderung der Ertragsverluste integrierte Bekämpfungsmaßnahmen angewendet werden müssen.

4.2 Wirkung von *Bromus*-Arten auf den Ertrag von Winterweizen

Ertragsverluste in Abhängigkeit der *Bromus*-Dichte

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass mit steigenden *Bromus*-Dichten teilweise gravierende Ertragsverluste in Winterweizen in Abhängigkeit der *Bromus*-Art zu erwarten sind. Weiterhin wurde am Standort Hattersheim in der Saison 1999-2000 die Erfahrung gemacht, dass besonders *Bromus* zu Lagergetreide führt.

B. secalinus die konkurrenzstärkste Art bei hohen Dichten, verursachte in den eigenen Versuchen ähnliche Ertragsverluste wie von KOSCELNY et al. (1990) beschrieben. Demgegenüber weichen die Angaben zur Konkurrenzkraft von *B. sterilis* in den

Untersuchungen von COUSENS et al. (1985) von den Ergebnissen der eigenen Arbeit deutlich ab. COUSENS et al. (1985) erzielten bei hohen Dichten von *B. sterilis* maximale Ertragsverluste von bis zu 90,5 % und setzten die Konkurrenzkraft mit der von *B. secalinus* gleich. In den eigenen Untersuchungen wurden im Mittel bei *B. sterilis* maximale Ertragsverluste von 22 % beobachtet, und nur bei Dichten von 0-30 Pflanzen/m² konnten ähnliche Ertragsverluste wie bei *B. secalinus* beobachtet werden. Das bedeutet, dass *B. sterilis* mit zunehmender Dichte konkurrenzschwächer wird als *B. secalinus*. Dies könnte ein Hinweis darauf sein, dass *B. sterilis* empfindlicher auf intraspezifische Konkurrenz reagiert als *B. secalinus*.

Der Vergleich der Konkurrenzkraft der *Bromus*-Arten mit der anderer Gräser ergab, dass *B. secalinus* unter vergleichbaren Voraussetzungen ähnlich konkurrenzstark ist wie *A. fatua* (O'DONOVAN et al., 1985; COUSENS et al., 1987; FARAHAJKHSH et al., 1987). *B. sterilis* lässt sich diesbezüglich mit *A. myosuroides* vergleichen (MOSS, 1987; FARAHAJKHSH et al., 1987). Das heißt, dass beide *Bromus*-Arten eine ähnliche Konkurrenzkraft aufweisen wie zwei der am häufigsten auftretenden Ungräser im Getreidebau (MARTIN et al. AMMON, 2002).

B. tectorum erwies sich in den eigenen Untersuchungen bei hohen Dichten als ähnlich konkurrenzkräftig wie *B. sterilis*, was ebenfalls einen Vergleich mit *A. myosuroides* zulässt (MOSS, 1987; FARAHAJKHSH et al., 1987). In anderen Arbeiten wird *B. tectorum* aber als deutlich konkurrenzstärker beschrieben. So stellten RYDRYCH und MUZIK (1968) und STAHLMANN und MILLER (1990) bereits bei Dichten von *B. tectorum* von 50-60 Pflanzen/m² einen Ertragsverlust in Winterweizen von 20-28 % fest. In den eigenen Untersuchungen konnten solche Ertragsverluste nur bei Dichten von über 150 Pflanzen/m² beobachtet werden. Betrachtet man allerdings die Dichten des Winterweizens in den aufgeführten Untersuchungen, so liegen diese mit 100-300 Körner/m² deutlich unter der Saatedichte von 400 Körner/m² der eigenen Untersuchungen. In diesem Zusammenhang konnten EISELE (1992) und VERSCHWELE (1994) zeigen, dass durch engere Reihenabstände und höhere Saatedichten, die Konkurrenzkraft des Getreides gesteigert wird. Die im Vergleich zu anderen Arbeiten hohe Saatedichte in den eigenen Untersuchungen führte demnach zu einer Abschwächung der Konkurrenzkraft von *B. tectorum*. Daraus ergibt sich, dass hohe Saatedichten eine indirekte Bekämpfungsmaßnahme darstellen. Allerdings ist zu bedenken, dass es durch Erhöhen der Saatedichte ab einer gewissen Dichte zu einem Absinken des Ertragsniveaus kommen kann (MARTIN et al., 1987) und auch aus phytopathologischer

Sicht ist solch eine Dichteerhöhung fraglich, da es durch die schlechtere Durchlüftung des Bestandes zu einem erhöhten Infektionsdruck kommt.

Beim Vergleich der einzelnen Standorte und Versuchsjahre konnte festgestellt werden, dass der jahreszeitliche Einfluss auf die Konkurrenzkraft der *Bromus*-Arten größer ist als der des Standorts. Dies deckt sich mit Aussagen von COUSENS et al. (1988), die bei Untersuchung des Ertragsverlustes durch *B. sterilis* in Winterweizen im selben Jahr, aber auf zwei unterschiedlichen Standorten, kaum Abweichungen feststellen konnten. Das geringere Niveau der Konkurrenzkraft aller *Bromus*-Arten in der Vegetationsperiode 2000-2001 kann auf die starken Niederschläge im Frühjahr 2001 zurückgeführt werden. In den Monaten Januar bis April wurde teilweise mehr als 200 % des langjährigen Mittels registriert (siehe Anhang). Da es sich bei *Bromus*-Arten um Pflanzen handelt, die überwiegend auf trockenen Standorten auftreten (KEES und PFEUFER, 1984; UPADHYAYA, 1986; MITICH, 1999; MITTNACHT, 2003), ist anzunehmen, dass die hohen Niederschläge im Frühjahr 2001 die *Bromus*-Pflanzen im Vergleich zu den anderen Versuchsjahren in ihrer vegetativen Entwicklung negativ beeinflusst haben.

Eine ökonomische Einschätzung der Ertragsverluste durch *Bromus*-Arten lässt sich mit Hilfe der Berechnung der wirtschaftlichen Schadschwelle durchführen. Die wirtschaftliche Schadschwelle gibt die Unkrautdichte an, ab der der zu erwartende Ertragsverlust durch die Unkräuter größer ist, als die Kosten einer Bekämpfung (OLIVER, 1988). COUSENS (1987) erarbeitete auf der Basis seiner Formel für Ertrags-Verlust-Relationen (COUSENS, 1985) ein Modell zur Errechnung der wirtschaftlichen Schadschwelle (Formel 4). In das Modell eingehende Faktoren sind: P = Kornpreis (pro t), Y_M = Ertrag der unkrautfreien Kontrolle pro ha, H = Grad der Bekämpfung, Parameter I und A der Ertrags-Verlust-Relation, C_h = Kosten für Herbizid (pro ha) und C_a = Kosten für Herbizidapplikation (pro ha).

$$ET = \frac{\left(\frac{P * Y_M * A * H}{C_h + C_a} + H - 2 \right) - \sqrt{\left[\left(2 - H - \frac{P * Y_M * A * H}{C_h + C_a} \right)^2 - 4 * (1 - H) \right]}}{2 * (1 - H) \frac{I}{A}} \quad (4)$$

Berechnet man unter Annahme von $P = 160$ EURO/t, $Y_M = 80$ dt/ha, $H = 95$ %, $C_a = 15$ EURO und $C_h = 42$ EURO (mittlere Kosten der drei gegen *Bromus*-Arten wirksamen Herbizide pro ha) die Schadwellen für die vier untersuchten *Bromus*-Arten, so

ergeben sich für *B. sterilis* 16 Pfl./m², für *B. secalinus* 11 Pfl./m², für *B. tectorum* 17 Pfl./m² und für *B. japonicus* 19 Pfl./m². Damit liegen die Schadwellen teilweise deutlich unter den in der Literatur angegebenen allgemeinen Schadwellen für einjährige Ungräser in Wintergetreide von 20-30 Pflanzen/m² (GEROWITT und HEITEFUSS, 1990; MEINERT, 1993) und im Fall von *B. sterilis* sehr deutlich unter der von ZANIN et al. (1993) angegebenen Schadschwelle von knapp 40 Pflanzen/m². Hinzu kommt die Tatsache, dass bei der Berechnung der Schadschwelle für Ungräser in Wintergetreide von 20-30 Pflanzen/m² eine nicht unerhebliche Sicherheitsspanne einbezogen wurde (GEROWITT und HEITEFUSS, 1990), was in den eigenen Berechnungen nicht geschah. Dies macht umso deutlicher, wie konkurrenzstark die untersuchten *Bromus*-Arten in Wintergetreide sind.

Grundsätzlich dürfte eine wirtschaftliche Schadschwelle von maximal 20 Pflanzen/m² für *Bromus*-Arten in Wintergetreide realistisch sein, wobei sich diese nach oben als auch nach unten verschieben kann, da die in die Berechnung eingehenden Variablen Schwankungen unterliegen, was insbesondere für das Ertragsniveau und den erzielbaren Kornpreis zutrifft. Letztendlich lässt sich aus den Ergebnissen der Versuche schließen, dass *Bromus*-Arten deutlicher als andere Schadgräser in Wintergetreide auf einem geringen Besatzniveau gehalten werden müssen, um einen rentablen Anbau zu gewährleisten.

Ertragsverluste in Abhängigkeit des Saatzeitpunktes von Winterweizen

Ebenso wie bei der Untersuchung der Ertragsverluste durch andere Ungräser (MOSS, 1985; AMANN, 1991; PALLUTT, 2002) konnte in dieser Arbeit ein deutlicher Einfluss des Saatzeitpunktes von Winterweizen auf das Auflaufen und damit auf die Ertragsverluste durch *B. sterilis* und *B. secalinus* beobachtet werden. Besonders anzumerken ist, dass bei gleichzeitiger Abnahme der *Bromus*-Dichten keine signifikanten Ertragsreduktionen in den unkrautfreien Kontrollparzellen erfasst werden konnten. Dies zeigt, dass in der Praxis ein später Saattermin die *Bromus*-Dichte stark reduzieren kann, ohne dass es dabei zu einer signifikanten Reduktion des Ertragsniveaus kommt.

Vergleicht man die Ertragsverluste bei gleichen Dichten mit denen, die in Kap. 3.2.1 zu einem früheren Saattermin gefunden wurden, so stellt man fest, dass es außer zu einer Reduktion der *Bromus*-Dichten auch zu einer Reduktion der Konkurrenzkraft an sich kommt. Grund hierfür ist eine schlechtere vegetative Entwicklung der untersuchten *Bromus*-Arten, bedingt durch die geringeren Tagestemperaturen bei späteren Saatterminen. Dies deckt sich mit Untersuchungen von MOSS (1985) und den Ausführungen von PALLUTT (2002). MOSS fand bei späten Saatterminen nicht nur eine

geringere Dichte von *A. myosuroides*, sondern auch eine geringere Konkurrenzkraft und PALLUTT (2002) berichtet allgemein von einer verringerten Konkurrenzkraft von Unkräutern in spät gesäten Kulturen.

Folglich ließe sich durch eine spätere Aussaat eine indirekte Bekämpfung der *Bromus*-Arten erzielen. Dabei ist aber zu bemerken, dass bei einer späteren Aussaat aufgrund der verkürzten Vegetationszeit mit geringeren Erträgen zu rechnen ist, die zunehmenden Niederschläge im Herbst eine fachgerechte Aussaat schwierig werden lassen und im Extremfall das Befahren der Ackerfläche nicht mehr möglich ist. Weiterhin ist es fraglich, ob Landwirte zu einer Spätsaat zu bewegen sind, insbesondere wenn es sich um Betriebe handelt, bei denen sich die Aussaat des Wintergetreides mit der Ernte von Hackfrüchten überschneidet (GIBBARD et al., 1989).

4.3 Populationsdynamische Parameter

Überleben von *Bromus*-Samen im Boden

Die Ergebnisse der Versuche bestätigten Aussagen von LINTELL SMITH et al. (1999) und ANDERSSON et al. (2002), die nach neun und acht Monaten nur eine geringe Anzahl beziehungsweise keine lebensfähigen Samen von *B. sterilis* im Boden wieder fanden. Dies spricht für eine erfolgreiche Bekämpfung der *Bromus*-Arten durch Vergraben in tiefere Bodenschichten, wie es durch eine Pflugbearbeitung geschieht.

Die Überlebensfähigkeit der Samen im Boden ist allerdings von der Menge der Niederschläge und damit von der Bodenfeuchtigkeit abhängig, wie die Unterschiede zwischen den Versuchsjahren sowie Untersuchungen von BURNSIDE et al. (1996) gezeigt haben. BURNSIDE et al. (1996) konnten auf einem trockenen Standort mit einer durchschnittlichen jährlichen Niederschlagsmenge von 340 mm nach einer Dauer der Samen im Boden von 5 Jahren, bei *B. secalinus* noch 26 % lebensfähige Samen feststellen. Dies könnte bedeuten, dass in niederschlagsarmen Jahren auch unter den hiesigen Bedingungen ein Teil der Samen im Boden bis in die nächste Vegetationsperiode überdauert und ein Potential für eine Verunkrautung darstellt.

Auflauf von *Bromus*-Arten aus unterschiedlichen Bodentiefen

Die gewonnenen Ergebnisse zeigen den Hauptgrund, warum sich mit der Einführung der reduzierten Bodenbearbeitung *B. sterilis* und *B. secalinus* zu einem Problem entwickelt haben. Mit zunehmender Tiefe der Samen im Boden, wie sie durch eine Pflugbearbeitung

erreicht wird, wird eine deutliche Reduktion der Auflaufrate erzielt. Dies zeigen auch Untersuchungen von FROUD-WILLIAMS et al. (1984 b) und HOWARD (1991). In den eigenen Untersuchungen konnte ebenso wie bei FROUD-WILLIAMS et al. (1984 a) festgestellt werden, dass es dabei zu einer Keimung von allen Samen kam.

Die in den Versuchen beobachtete höhere Auflaufrate von *B. sterilis*, im Vergleich zu *B. secalinus*, könnte ein Hinweis darauf sein, warum *B. sterilis* auf Flächen mit reduzierter Bodenbearbeitung öfter auftritt als *B. secalinus*.

Aus den Ergebnissen lässt sich ebenfalls eine effektive Bekämpfung durch eine Bodenbearbeitung mit dem Pflug ableiten, wobei RULE (1989) einschränkend anführt, dass solch eine Bodenbearbeitung sorgfältig durchgeführt werden muss, was in der Praxis oft nicht der Fall ist. Die Effektivität einer wendenden Bodenbearbeitung hängt unter anderem von der Struktur des Bodens, von der Bodenfeuchtigkeit und der Arbeitsgeschwindigkeit ab (COUSENS und MORTIMER, 1995). So zeigten COUSENS und MOSS (1990) in ihren Untersuchungen zur vertikalen Verlagerung von Samen, dass nach einmaliger Bodenbearbeitung mit dem Pflug noch ein Anteil von bis zu 10 % der Samen in den obersten 10 cm des Bodens verbleiben kann. Ebenso stellt FROUD-WILLIAMS (1983) eine hundertprozentige Bekämpfung von *B. sterilis* durch eine Pflugbearbeitung bei flachgründigen oder steinigen Böden in Frage.

Resultierend daraus wurde bei der Simulation der Populationsentwicklung für beide Arten keine Bekämpfung von 100 % durch eine Pflugbearbeitung angenommen, sondern es wurde unterstellt, dass trotz wendender Bodenbearbeitung ein Prozent des Samenpotentials im Boden einen Besatz in der nachfolgenden Kultur bildet. Ein Prozentsatz, der unter normalen Bedingungen zutreffen dürfte, unter für *Bromus*-Arten ungünstigen Bedingungen aber für einen Besatz zu gering sein dürfte.

Auflauf von *Bromus*-Arten in Abhängigkeit des Saattermins von Winterweizen

Ebenso wie bei der Untersuchung anderer Ungräser (MOSS, 1985; AMANN, 1991; PALLUTT, 2002) konnte ein deutlicher Einfluss des Saatzeitpunktes von Winterweizen auf das Auflaufen und damit den Besatz von *B. sterilis* und *B. secalinus* beobachtet werden. Gleiches berichten auch FERREIRA et al. (1990) und KOSCELNY et al. (1991) bei ihren Untersuchungen mit *B. secalinus*, die ebenfalls bei späteren Saatterminen geringere Dichten beobachten konnten. Der geringere Auflauf der beiden *Bromus*-Arten bei den unterschiedlichen Saatterminen ist auf die mittlere Tagestemperatur zurückzuführen, was auch die Ergebnisse zur Untersuchung der Keimung in Abhängigkeit der Temperaturen

(Kap. 3.3.6) gezeigt haben. Die höheren Auflaufraten im Jahr 2000 könnten deshalb auf die leicht höheren Tagesmittelwerte zum Zeitpunkt der Aussaaten zurückgeführt werden. Spätere Saattermine von Winterweizen (Ende Oktober/Anfang November) haben zur Folge, dass ein geringerer Besatz mit *Bromus*-Pflanzen zu erwarten ist, das heißt, dass damit eine indirekte Bekämpfung erfolgt. In Wintergerste sind spätere Saattermine allerdings nicht praktikabel, da vor Eintritt in die Vegetationsruhe die Bestockung abgeschlossen sein sollte (HEYLAND, 1996). Wie schon zuvor erwähnt ist es aber fraglich ob eine späte Saat praktiziert wird.

Überlebensrate von *Bromus*-Arten vom Herbst ins Frühjahr in Abhängigkeit des Saattermins von Winterweizen

Der Einfluss des Saattermins auf das Überleben von *Bromus*-Pflanzen vom Herbst in das Frühjahr war deutlich geringer als auf die Auflaufrate. Dies deckt sich mit den Aussagen von FIRBANK et al. (1985), die bei ihren Untersuchungen zur Populationsdynamik von *B. sterilis* eine nur sehr geringe Mortalität über den Winter, bei einem Saattermin im Oktober, festgestellt haben. Ebenfalls deutlich geringer waren in den eigenen Untersuchungen die Unterschiede der Überlebensrate zwischen den Jahren.

Spätere Saattermine bedeuten, dass den Pflanzen vor Beginn der Vegetationsruhe im Winter eine kürzere Zeit zur Verfügung steht, um sich zu entwickeln. Dementsprechend befinden sie sich bei Beginn der Vegetationsruhe in einem kleineren Entwicklungsstadium und sind somit anfälliger für die Witterungseinflüsse im Winter. So zeigten *B. sterilis* und *B. secalinus* bei einer Aussaat Ende November im Mittel ein Entwicklungsstadium von BBCH 9-11 (Auflaufen bis 1-Blattstadium), während die *Bromus*-Pflanzen bei einem Saattermin Ende Oktober und Ende September im Entwicklungsstadium BBCH 11-12 (1-2-Blattstadium) und BBCH 16-17 (6-7-Blattstadium) verblieben.

Die Unterschiede in der Entwicklung wurden von den *Bromus*-Pflanzen bis zum Entwicklungsstadium des Weizens von BBCH 30-40 (Ährenscheiden), Ende Mai bis Anfang Juni, ausgeglichen. Eine Bekämpfung der Ungräser in Winterweizen findet in der Regel deutlich vor diesem Zeitpunkt statt. Ein später Saatzeitpunkt hat somit auch zur Folge, dass die *Bromus*-Pflanzen bei einer chemischen Bekämpfung im Frühjahr ein kleineres Entwicklungsstadium aufweisen, was die Bekämpfung effektiver macht, wie die Ergebnisse aus den Untersuchungen in Kapitel 3.5 gezeigt haben. Allerdings steht auch hier in Frage, ob in der Praxis aus den zuvor genannten Gründen eine Spätsaat durchgeführt wird.

Samenproduktion von *Bromus*-Arten

Samenproduktion in Abhängigkeit von der Dichte der *Bromus*-Arten in Winterweizen

Bei den in den Versuchen erzielten *Bromus*-Dichten konnte nur eine geringe Abhängigkeit der Samenproduktion von den Dichten der beiden Arten in Winterweizen festgestellt werden. Dies deckt sich mit Aussagen von COUSENS und MORTIMER (1995), die bei Dichten von *B. sterilis* von circa 500 Pflanzen/m² nur von einer geringen dichteabhängigen Reduktion in der Samenproduktion berichten. Die Dichteabhängigkeit wie sie auch in der Modellierung berücksichtigt wurde, ist bei ihren Untersuchungen erst bei Dichten von mehr als 500 Pflanzen/m² deutlich zu erkennen. Wesentlich empfindlicher reagiert in den gleichen Untersuchungen *A. fatua*, welcher bei 500 Pflanzen/m² bereits annähernd das maximale Niveau der Samenproduktion aufweist.

Sehr deutlich zeigten sich in den eigenen Versuchen Unterschiede zwischen den Jahren, bei denen eine mittlere Samenproduktion festgestellt wurde, die sich teilweise um den Faktor vier von der Samenproduktion der anderen Versuchsjahre unterschied. Demgegenüber unterschieden sich die Werte der verschiedenen Standorte innerhalb eines Jahre kaum. Gleiches berichten COUSENS et al. (1988), welche bei Versuchen zur Samenproduktion von *B. sterilis*, die an zwei verschiedenen Standorten aber im selben einem Jahr untersucht wurden, geringe Schwankungen feststellten. Aufgrund der starken Unterschiede zwischen den Jahren stellt sich die Frage, inwieweit man durch das Mitteln der Ergebnisse eine realistische Samenproduktion/Pflanze für die Modellierung einsetzen kann. Vergleichende Angaben von KEES und PFEUFER (1984), MITTNACHT (2003), sowie HOWARD et al. (1991) decken sich jedoch bezüglich der mittleren Samenproduktion von *B. sterilis*. Vergleichende Werte für *B. secalinus* liegen nicht vor.

Die stark unterschiedliche Samenproduktion/Pflanze im Vergleich der Jahre, lässt sich aufgrund gleicher Bestockungsindices der *Bromus*-Arten über die Jahre auf die Samenproduktion/Rispe eingrenzen. Der Bestockungsindex lag für *B. sterilis* im Mittel bei 2,97 und für *B. secalinus* bei 3,7. Da die Samenproduktion einer Pflanze aber von mehreren Faktoren wie Standort, Temperatur, Bodenfeuchtigkeit und Vegetationsperiode abhängt (COUSENS und MORTIMER, 1995), lässt sich anhand der Untersuchungen keine Aussage zu den konkreten Ursachen der unterschiedlichen Samenproduktion/Rispe der Jahre treffen.

Samenproduktion in Abhängigkeit des Saattermins von Winterweizen

Eine klare Aussage zum Einfluss der Saattermine auf die Samenproduktion pro Pflanze lässt sich aufgrund der in den Versuchen erzielten Ergebnisse nicht treffen. Die Samenproduktion wurde zwar in einem Versuchsjahr (Saat 2000) bei *B. sterilis* tendenziell und bei *B. secalinus* signifikant durch einen späteren Saattermin reduziert, was allerdings im Folgejahr (Saat 2001) auf beiden Standorten nicht zu beobachten war.

Wie in den Untersuchungen zuvor, zeigte sich auch hier ein deutlicher Unterschied der Samenproduktion zwischen den Jahren, aber nicht zwischen den Standorten, was sich mit den Aussagen von COUSENS et al. (1988) deckt. Eine Betrachtung der Bestockungsindices zeigte auch in diesem Fall, dass die unterschiedlich hohe Samenproduktion/Pflanze im Vergleich der Jahre (Saat 2000 und 2001) und der entsprechenden Saattermine an der unterschiedlich hohen Samenproduktion/Rispe liegen muss, da es keine signifikanten Unterschiede bei den Bestockungsindices zu den jeweiligen Saatterminen gab. Gleichzeitig konnte festgestellt werden, dass die Samenproduktion/Rispe zu den drei unterschiedlichen Saatterminen im Jahr 2001 mit späterem Saattermin zugenommen hat, da bei abnehmendem Bestockungsindex keine Reduktion in der Samenbildung zu beobachten war. Aussagen darüber machen zu können, ob der Saattermin einen Einfluss auf die Samenproduktion der beiden *Bromus*-Arten hat, bedarf es weiterer Untersuchungen. Für das populationsdynamische Modell wurde kein Einfluss des Saattermins auf die Samenproduktion angenommen.

Einfluss der Temperatur auf die Keimung von *Bromus*-Arten

Der Temperatureinfluss hat nach BASKIN und BASKIN (1987) von allen Umweltfaktoren in den gemäßigten Zonen den größten Einfluss auf die Keimung und die Dormanz von Samen. Im Gegensatz zu anderen Unkrautarten zeigten *B. sterilis* und *B. secalinus* eine hohe Keimrate über ein breites Temperaturspektrum, wenngleich bei der höchsten Temperatur von 30 °C und der niedrigsten von 5 °C eine geringere Keimung beobachtet werden konnte. Gleiches berichtet FROUD-WILLIAMS (1981) in seinen Untersuchungen mit *B. sterilis* und *A. myosuroides*. Dabei zeigte sich auch, dass *A. myosuroides* im Vergleich zu *B. sterilis* ein deutlich kleineres Temperaturspektrum aufwies, bei dem eine Keimung beobachtet wurde. Das große Temperaturspektrum, bei dem bei beiden Arten eine Keimung zu beobachten ist, zeigt laut HOWARD (1991) ein typisches Verhalten von Arten auf, die keine persistente Samenbank ausbilden, wie es bei *Bromus*-Arten der Fall ist.

FROUD-WILLIAMS (1981) beobachtete bei wechselnder Temperaturführung eine deutlich höhere Keimung. Dies konnte bei den Keimraten der eigenen Untersuchungen nicht festgestellt werden. Allerdings zeigte sich beim Verlauf der Keimung über den Versuchszeitraum deutlich, dass die maximalen Keimraten am schnellsten bei konstanten als auch wechselnden Temperaturen erreicht wurden, wie sie zum Zeitpunkt einer frühen Winterweizensaat (Ende September, Anfang Oktober) zu erwarten sind.

Im Vergleich der beiden Arten hatte *B. sterilis* im Mittel eine deutlich höhere Keimrate bei den unterschiedlichen Temperaturen als *B. secalinus*. Das heißt, *B. sterilis* kann über ein größeres Temperaturspektrum hinweg keimen und sich in einem Bestand besser etablieren als *B. secalinus*. Darin könnte eine weitere Erklärung liegen, dass *B. sterilis* in Deutschland weiter verbreitet ist als *B. secalinus*.

4.4 Wirkung von Herbiziden auf *Bromus*-Arten

Bei der Prüfung der für die Bekämpfung von *Bromus*-Arten in Wintergetreide zugelassenen Herbizide im Gewächshaus konnte nicht in allen Fällen mit der empfohlenen Wirkstoffmenge eine ausreichende Bekämpfung der *Bromus*-Arten erreicht werden. Diese dürfte sich unter Freilandbedingungen noch deutlicher zeigen, da unter Gewächshausbedingungen in der Regel höhere Wirkungsgrade bei gleicher Dosierung erzielt werden. Ziel war es, während lag die ED₉₅ für *Attribut*[®] und *Monitor*[®] bei *B. sterilis* deutlich unterhalb der empfohlenen Aufwandmenge im Gegensatz zu *Atlantis*[®]. Ähnliches konnte auch beim Versuch zur Bekämpfung von *B. secalinus* mit den drei Herbiziden beobachtet werden. Allerdings wurde hier eine effektive Bekämpfung (ED₉₅) von *B. secalinus* durch *Atlantis* erst bei der doppelten empfohlenen Aufwandmenge beobachtet. Auch hier zeigte die anderen Verbindungen eine ausreichende Wirkung bei Dosierungen unterhalb der empfohlenen Aufwandmenge.

Vergleicht man die Ergebnisse der beiden Versuche zur Empfindlichkeit von *B. sterilis* und *B. secalinus* gegenüber den drei Herbiziden, so konnte die in anderen Arbeiten beschriebene geringere Empfindlichkeit von *B. sterilis* (AUGUSTIN, 2000; HURLE 2003) nicht beobachtet werden. Dies war nur im Versuch zur Wirkung von *Atlantis* auf die verschiedenen *Bromus*-Arten zu beobachten.

In diesem Versuch konnte auch die von GEIER und STAHLMANN (1996) beschriebene stärkere Sensitivität von *B. japonicus* im Vergleich zu *B. tectorum* und *B. secalinus* gezeigt werden. *B. japonicus* war die einzige Art, welche durch die empfohlene Aufwandmenge

von ATLANTIS WG (420 g/ha) ausreichend bekämpft werden konnte, während für *B. sterilis*, die Art mit der geringsten Empfindlichkeit, die doppelte Aufwandmenge appliziert werden musste um eine 95 %-ige Wirkung zu erzielen.

Die eigenen Untersuchungen, als auch die von BLACKSHAW und HAMMAN (1998), GEIER et al. (1998) und KELLY und PEEPER (2003), zeigten, dass *Bromus*-Arten in kleineren Entwicklungsstadien empfindlicher reagieren als in größeren Entwicklungsstadien. BLACKSHAW und HAMMAN (1998) konnten bei einer Applikation von MON 37500 im Frühjahr im Entwicklungsstadium BBCH 15-17 von *B. tectorum* eine um 50 % geringere Wirkung gegenüber einer Herbstapplikation im Entwicklungsstadium BBCH 12-14 feststellen, ebenso wie KELLY und PEEPER (2003) bei ihren Untersuchungen zur Empfindlichkeit von *B. secalinus* gegenüber MON 37500. GEIER et al. (1998) beobachteten bei ähnlichen Entwicklungsstadien von *B. tectorum* bei einer Applikation im Frühjahr sogar nur eine Wachstumsunterdrückung.

Daraus lässt sich schließen, dass die Herbizide zu einem frühen Termin angewendet werden sollten, um eine möglichst große Wirkung gegenüber *Bromus*-Arten zu erzielen. Eine frühe Applikation im Frühjahr ist aber witterungsbedingt oft nicht möglich.

Die untersuchten Herbizide zur Bekämpfung von *Bromus*-Arten wiesen teilweise sehr unterschiedliche Wirkungsgrade auf, wie sie auch schon von MITTNACHT (2003) aus Ergebnissen langjähriger Feldversuche berichtet wurden. Auch konnte mit der empfohlenen Aufwandmenge nicht immer eine ausreichende Wirkung ($\geq 80\%$) erzielt werden, was sich unter Freilandbedingungen noch deutlicher zeigen dürfte. Dies bedeutet, dass mit den derzeit verfügbaren Herbiziden, bei einmaliger Anwendung im Frühjahr, nicht immer eine ausreichende Bekämpfung von *Bromus* in Wintergetreide möglich ist.

Generell zeigt ein Vergleich der ED₅₀ und ED₉₅-Werte innerhalb und zwischen den Versuchen, dass es weiterer Versuche bedarf, um gefestigtere Aussagen zur Wirkung machen zu können. Des Weiteren sei vermerkt, dass es sich um Ergebnisse aus Gewächshausversuche handelt, d.h die Versuche wurden unter kontrollierten Bedingungen durchgeführt und sind nicht ohne weiteres auf Freilandbedingungen übertragen. Allgemein kann davon ausgegangen werden, dass bei der großen Bedeutung von *Bromus* im Weltgetreidebau und der Suche nach neuen Wirkstoffen in Zukunft neue Herbizide mit einer ausreichenden Wirkung zur Verfügung stehen, oder für die gegenwärtig verfügbaren Herbizide über optimierte Additive und/oder Sequenzanwendung verbessert werden können.

4.5 Simulation der Entwicklung einer Population von *B. sterilis* und *B. secalinus*

Ziel der Simulation war es, den Einfluss der Bodenbearbeitung, des Saattermins, eines Herbizideinsatzes und der Fruchtfolge auf die Entwicklung einer Population von *B. sterilis* und *B. secalinus* abzuschätzen und daraus Bekämpfungsstrategien abzuleiten.

Einfluss von Bodenbearbeitung und Saattermin des Winterweizens

Die Simulationen zeigen, dass die Populationsentwicklung von *B. sterilis* und *B. secalinus* weitaus stärker von der Art der Bodenbearbeitung beeinflusst wird, als durch die unterschiedlichen Saattermine des Winterweizens. Dies bestätigt Untersuchungen von LINTELL SMITH et al. (1999) die in Ihren Untersuchungen zur Populationsdynamik von *B. sterilis* ausführen, dass die Art der Bodenbearbeitung ein sehr großer, wenn nicht sogar der größte Einflussfaktor auf die Populationsentwicklung der Art ist.

Wie schon in Kapitel 2.5 und von FIRBANK et al. (1985) in ihren Untersuchungen zur Populationsdynamik von *B. sterilis* ausgeführt, haben insbesondere die Witterungsbedingungen nach der Ernte und vor der Saat, als auch die Art und Häufigkeit der Bodenbearbeitung einen großen Einfluss auf das Samenpotential im Boden. So konnte FROUD-WILLIAMS (1983) bei einer flachen Bodenbearbeitung von max. 5 cm, welche für die *Bromus*-Samen gute Keimbedingungen schafft, nach der Ernte einen deutlich gesteigerten Auflauf von *B. sterilis* verzeichnen. Die *Bromus*-Keimlinge können somit vor der Saat durch eine wiederholte flache Bodenbearbeitung in Verbindung mit dem Einsatz eines nicht-selektiven Herbizides bekämpft werden und tragen folglich nicht zu einem Befall in der nachfolgenden Kultur bei. In der Simulation wurde die Reduktion des Samenpotentials von 25 % zwischen Ernte und Saat relativ gering angesetzt, kann aber wie von FROUD-WILLIAMS (1983) ausgeführt, auch deutlich darüber liegen.

Unter den in der Simulation unterstellten Annahmen zeigt sich, dass die *Bromus*-Dichten durch eine wendende Bodenbearbeitung mit dem Pflug zwar deutlich reduziert, aber nur in Verbindung mit einem späten Saattermin (Ende November) auf null dezimiert werden. Eine vollständige Bekämpfung von *Bromus* durch eine Pflugbearbeitung wäre somit nicht immer gegeben, könnte aber durch einen späten Saattermin erreicht werden. Dies dürfte aber kaum praktiziert werden, da eine kürzere Vegetationszeit in der Regel geringere Erträge mit sich bringt und insbesondere bei Wintergerste ein früher Saattermin zwecks guter Entwicklung vor Eintritt in die Vegetationsruhe nötig ist.

RULE (1989) führt aus, dass prinzipiell eine Pflugbearbeitung zur Bekämpfung von *B. sterilis* als sehr effektiv betrachtet wird, merkt aber an, dass der angestrebte Bekämpfungserfolg in der Praxis oftmals wegen mangelnder Sorgfalt bei der Bodenbearbeitung ausbleibt. Dies deckt sich auch mit Ergebnissen von DAUGOVISH et al. (1999), die bei unterschiedlichen Fruchtfolgen mit wendender Bodenbearbeitung noch nach sieben Jahren eine Dichte von *B. tectorum* von 0,8 Pflanzen/m² feststellen konnten. Durch Direktsaat und reduzierte Bodenbearbeitung, bei denen keine Bekämpfung durch ein Vergraben der Samen in tiefere Bodenschichten erfolgt (vergl. Kap. 3.3.2), kommt es bei der Populationsentwicklung der beiden Arten aufgrund der hohen Samenproduktion und der hohen Keimraten von *Bromus* zu einem schnellen Anstieg der Dichten in kürzester Zeit, wie es auch von LINTELL SMITH et al. (1999) bei *B. sterilis* berichtet wird. Ein Wechsel von reduzierter Bodenbearbeitung oder Direktsaat und Pflugbearbeitung, wie er zuweilen zur Bekämpfung von *Bromus* empfohlen wird (CHRISTIAN und BALL, 1994), ist allerdings fraglich, da sich die Vorteile der reduzierten Bodenbearbeitung beziehungsweise der Direktsaat erst nach einer Übergangszeit einstellen (EHLERS und CLAUPEIN, 1994) und weiterhin die Pflugbearbeitung mit höheren Kosten verbunden ist. Um bei *Bromus*-Befall in wintergetreidebetonten Fruchtfolgen reduzierte Bodenbearbeitung beziehungsweise Direktsaat praktizieren zu können, ist es unerlässlich, dass ausreichend wirksame Herbizide zur Verfügung stehen.

Einfluss einer Herbizidanwendung

Die Auswirkungen der im Vergleich zu anderen Herbiziden zur Kontrolle von monokotylen Unkräutern geringeren Wirkungsgrade der Herbizide zur Bekämpfung von *Bromus*-Arten in Winterweizen zeigen sich deutlich in der Simulation der Populationsdynamik der beiden *Bromus*-Arten, wo nach einem zehnjährigen Simulationszeitraum trotz regelmäßiger Bekämpfung mit Herbiziden noch *Bromus*-Pflanzen beobachtet werden. Generell erreichen Herbizide unter Freilandbedingungen keinen Wirkungsgrad von 100 %, das heißt ein Teil der Unkräuter überlebt und ist in der Lage, Samen zur Reproduktion auszubilden, wie Untersuchungen von WILLE et al. (1998) zeigen. Aufgrund der hohen Reproduktionsraten in Verbindung mit hohen Keimraten ist bei der Bekämpfung von *Bromus*-Arten mit Herbiziden ein hoher Wirkungsgrad erforderlich (LINTELL SMITH et al., 1999). Wie aber die eigenen Untersuchungen sowie die Berichte von HURLE (2003) und MITTNACHT (2003) gezeigt haben, liegt der Bekämpfungserfolg in Winterweizen mit ca.

80% im Mittel deutlich unter dem anderer Herbizide zur Bekämpfung von Gräsern, die 95 % Wirkungsgrad und mehr aufweisen.

Die zur Bekämpfung von *Bromus*-Arten verfügbaren Herbizide bewirken oftmals nur ein vermindertes vegetatives Wachstum. Diese Kontrolle, beziehungsweise dieses Management reicht aber in der Regel aus, um die *Bromus*-Population unterhalb der Schadschwelle zu halten und Ertragsverluste somit nicht zu erwarten sind. Die verbleibenden Pflanzen bilden aber in beschränktem Maße fertile Samen aus und tragen damit zum weiteren Befall der Fläche bei. Um aber langfristig ein erfolgreiches Unkraut-Management zu betreiben, kommt es insbesondere auf die Reduktion der Unkrautsamenproduktion an (SWANTON und WEISE, 1991; VAN GESSEL et al., 1996). Das trotz Bekämpfung gebildete Samenpotential führt zu einem erneuten Befall der Kultur, der insbesondere dann zu Problemen führt, wenn es wie in der Praxis beobachtet, in manchen Jahren zu einer verminderten Wirkung der Herbizide kommt, was auch deutlich in der Simulation demonstriert werden konnte.

Die erzielte Reduktion in der Unkrautsamenproduktion reicht bei weitem nicht aus, um bei geringeren Wirkungsgraden einen starken Anstieg der Populationen zu verhindern. Noch deutlicher zeigen sich die Auswirkungen im Folgejahr. Hier ist ein weiterer Anstieg der Populationen zu beobachten. In der Simulation zeigt sich der Einfluss der geringeren Wirkungsgrade deutlicher bei *B. sterilis*, was auf die geringere Empfindlichkeit der Art gegenüber den zur Bekämpfung zugelassenen Herbiziden zurückzuführen ist, wie sie auch von AUGUSTIN (2000) und MITTNACHT (2003) berichtet wird.

Bei der Populationsentwicklung von *B. sterilis* und *B. secalinus* wird deutlich, dass sich eine nicht ausreichende Herbizidwirkung unmittelbar in der Folgekultur auswirkt. Wesentliche Ursachen dafür sind die hohe Keimfähigkeit (siehe Kapitel 3.3.6) und die nicht oder nur in sehr geringem Maße vorhandene Dormanz der Samen (siehe Kap. 3.3.1), wie sie auch von FROUD-WILLIAMS (1981) und LINTELL SMITH et al. (1999) beschrieben wurde. In der Simulation lässt sich daraus folgern, dass sich ebenso Maßnahmen zur Reduktion der Population auch unmittelbar in einem Rückgang der Dichte niederschlagen, das heißt eine Bekämpfung kann in sehr kurzer Zeit zum Erfolg führen.

Ein Vorteil der Modellierung und Simulation einer Populationsentwicklung liegt darin, dass sich Einflussfaktoren unterstellen und ihre Auswirkungen auf die Entwicklung vorhersagen lassen, ohne erneute Versuche durchführen zu müssen. So konnte gezeigt werden, dass bei chemischer Bekämpfung ein Wirkungsgrad von 95 % bereits ausreicht, um nach einem

Jahr mit geringerem Bekämpfungserfolg die *Bromus*-Population ausreichend zu kontrollieren und einen Anstieg der Population zu verhindern.

Die Ergebnisse haben gezeigt, dass mit einer Bekämpfungsstrategie, die sich ausschließlich auf die derzeit dafür zugelassenen Herbiziden beschränkt, Ertragsverluste durch *Bromus* nicht zuverlässig zu vermeiden sind, da es in manchen Jahren zu einer nicht ausreichenden Wirkung der Herbizide kommt.

Einfluss von Fruchtfolge und Herbizidanwendung

Wie von AUGUSTIN (1999) und AMANN (2002) ausgeführt, zeigt die Simulation, dass durch den Anbau von Winterraps nach Winterweizen, und dem damit verbundenen Einsatz von Graminaziden, die *Bromus*-Dichten stark reduziert werden können. Allerdings kann es auch hier unter Umständen zu keiner 100 %-igen Kontrolle bei hohen *Bromus*-Dichten kommen, was wiederum einen Besatz in der folgenden Kultur nach sich zieht.

Wie bereits erwähnt, haben die Witterungsbedingungen und Bodenbearbeitungsmaßnahmen nach der Ernte und vor der Saat einen großen Einfluss auf das Samenpotential im Boden. Da Winterraps aber im Herbst früher als alle anderen Herbstsaaten bereits Ende August bis Anfang September gesät wird, verbleibt für einen Auflauf von *Bromus*, und damit für eine Bekämpfung nach der Ernte und vor der Saat, nur ein begrenztes Zeitintervall. Bei der Erntezeit handelt es sich um ausgesprochene Herbstkeimer, bei denen in der Regel eine konzentrierte Auflaufwelle zu beobachten ist (FROUD-WILLIAMS, 1980). Dies hat zur Folge, dass zum Zeitpunkt einer chemischen Bekämpfung in Winterraps die überwiegende Mehrheit von *B. sterilis* und *B. secalinus* aufgelaufen ist, bekämpft wird, und sich dadurch nur eine sehr geringe Anzahl an *Bromus*-Pflanzen etablieren kann, die ein Samenpotential ausbildet. Dadurch ergibt sich ein geringer Befall in einer möglich nachfolgenden Zwischenfrucht, der durch das Mulchen oder Abspritzen und Einarbeiten der Zwischenfrucht bekämpft wird. Entsprechend dürfte auch bei einem Anbau von Sommergetreide kein Besatz auftreten. Sollte aufgrund eines hohen Ausgangspotentials an Samen im Boden und unter für die Bekämpfung der *Bromus*-Arten in den vorangegangenen Kulturen ungünstigen Bedingungen doch mit einem, wenn auch geringen Besatz in der Sommerung zu rechnen sein, bietet die Wahl der Kultur weitere Bekämpfungsmöglichkeiten. So können *Bromus*-Arten in breitblättrigen Sommerungen, in denen sie nach eigenen Untersuchungen nur in geringem Maße auftreten (Kap. 3.1), zum Beispiel Zuckerrüben und Mais gut mit Herbiziden bekämpft werden. Weiterhin kann es durch einen relativ späten Saattermin im Frühjahr, wie er zum Beispiel durch den Anbau

von Mais bestimmt ist, zu einem photoperiodischen Einfluss auf die *Bromus*-Arten kommen (FINERTY und KLINGMAN, 1962; HOWARD, 1991), da der Langtag einen Übergang der Pflanzen vom vegetativen ins generative Wachstum verhindert und es somit zu keiner Samenbildung kommt. Somit dürfte eine Sanierung auch von stark befallenen Ackerflächen endgültig gegeben sein. Gleichzeitig stellen die diskutierten Bekämpfungsstrategien auch vorbeugende Maßnahmen dar, die einer Ausbreitung von *Bromus* entgegenwirken.

Wie in der Praxis die Bekämpfungsstrategien zu gestalten sind, muss in Abstimmung mit der jeweiligen Situation erfolgen (GIBBARD et al., 1989), wird aber nicht zuletzt, insbesondere was die Wahl der Fruchtfolge betrifft, stark von der marktwirtschaftlichen Ausrichtung der Betriebe beeinflusst.

4.6 Schlussfolgerungen

Durch den hohen Anteil von Wintergetreide in der Fruchtfolge und die Zunahme der reduzierten Bodenbearbeitung und Direktsaat in Verbindung mit den populationsbiologischen Eigenschaften von *Bromus* spp. (winterannuelle Flachkeimer, hohe Samenproduktion pro Pflanze, hohe Keimfähigkeit und sehr geringe Dormanz der Samen) wird die Ausbreitung der Arten auf Ackerflächen, insbesondere in Wintergetreide, weiter zunehmen. Zwar ist durch wendende Bodenbearbeitung, späten Saattermin von Wintergetreide und einem höheren Anteil von Sommerungen und dikotylen Kulturen in der Fruchtfolge das Problem *Bromus* leicht in den Griff zu bekommen, insbesondere deshalb, weil *Bromus*-Samen im Boden nur sehr kurzlebig sind. Wie aber die Erfahrung zeigt, werden diese Maßnahmen aus ökonomischen und arbeitswirtschaftlichen Gründen in der landwirtschaftlichen Praxis meist nicht angewendet. Mit den zurzeit verfügbaren Herbiziden zur Bekämpfung von *Bromus*-Arten in Wintergetreide werden in der Regel befriedigende Erfolge erzielt und größere Ertragsminderungen vermieden, insbesondere dann, wenn der Einsatz von Herbiziden mit weiteren ackerbaulichen Maßnahmen, wie oben erwähnt, kombiniert wird. Aufgrund dessen, dass *Bromus* in den meisten Getreidebaugebieten der Welt ein zunehmendes Problem ist, ist zu erwarten, dass etablierte verbesserte oder neue Herbizide auf den Markt kommen, die die Bekämpfungssituation verbessern. Dafür besteht aber keine Garantie. Wie aber die Erfahrung mit anderen Unkrautarten lehrt, die durch veränderte Fruchtfolgen und Anbausysteme in jüngerer Zeit zum Problem geworden sind (Beispiele aus dem

Wintergetreideanbau sind *Alopecurus myosuroides* und *Apera spica-venti* die heute erfolgreich chemisch bekämpft werden) ist die Wahrscheinlichkeit dafür groß.

5 Zusammenfassung

Der stetig zunehmende Anteil an reduzierter Bodenbearbeitung in der Landwirtschaft sowie wintergetreidebetonte Fruchtfolgen haben in den letzten Jahrzehnten weltweit zu einer Zunahme der Verunkrautung mit annuellen und perennierenden monokotylen Unkräutern geführt. Zu diesen annuellen Gräsern zählen auch *Bromus*-Arten (Trespen), von denen verschiedene weltweit im Getreide vorkommen, und in manchen Gebieten mittlerweile als die problematischsten monokotylen Unkrautarten angesehen werden. Auch in Deutschland finden sie zunehmend Beachtung, da auch hier ihre Verbreitung zugenommen hat. Zur Einschätzung der Bedeutung von *Bromus*-Arten in Deutschland wurden deshalb in der vorliegenden Arbeit Untersuchungen zur aktuellen Situation in Deutschland, zur Populationsbiologie, zur Bewertung der Konkurrenzkraft und zur Bekämpfung durchgeführt. Basierend auf den erhobenen populationsdynamischen Parametern wurden Simulationen der Populationsentwicklung unter verschiedenen Voraussetzungen durchgeführt, von denen Bekämpfungsstrategien abgeleitet wurden.

Eine Umfrage unter Experten aus den Bereichen Beratung, Praxis und Wissenschaft ergab, dass *B. sterilis* und *B. secalinus* die dominierenden *Bromus*-Arten in Deutschland sind. Sie treten hauptsächlich in Wintergetreide, insbesondere in Winterweizen auf, wo sie zu hohen Ertragsverlusten und zur Ernteerschweren führen. Es zeigte sich, dass das Vorkommen von *Bromus* eng mit nicht-wendender Bodenbearbeitung, frühem Saattermin und einem hohen Anteil von Wintergetreide in der Fruchtfolge verbunden ist, wohingegen wendende Bodenbearbeitung und der Anbau von Sommerungen den Befall mit *Bromus*-Arten stark reduziert. Die chemische Bekämpfung wurde in dikotylen Kulturen als sehr gut, in Getreide als gut bis befriedigend eingestuft. Die Mehrheit der Befragten rechnete mit einer weiteren Ausbreitung der Arten im Ackerbau.

Die Schadwirkung von *Bromus* wurde in Feldversuchen an drei Standorten und über drei Jahre durch Besatz-Verlust-Relationen in Winterweizen geprüft. Untersucht wurde die Schadwirkung von *B. sterilis*, *B. secalinus*, *B. japonicus* und *B. tectorum*, als auch die Abhängigkeit der Ertragsverluste vom Saattermin des Winterweizens. Die Besatz-Verlust-Relationen zeigten, dass in Abhängigkeit der *Bromus*-Art und Dichte erhebliche Ertragsverluste in Winterweizen auftreten können. Dabei verursachte *B. secalinus* bei hohen Dichten (250 Pflanzen/m²) die größten Ertragsverluste von bis zu 40 %. Bei

geringen Dichten (10 Pflanzen/m²) war *B. sterilis* am konkurrenzstärksten mit mittleren Ertragsverlusten von 8 %. Anhand der artspezifischen Besatz-Verlust-Relationen wurden die wirtschaftlichen Schadensschwellen für die *Bromus*-Arten berechnet. Diese lagen für die untersuchten *Bromus*-Arten unter den in der Literatur angegebenen Schadensschwellen für andere monokotyle Unkräuter in Wintergetreide. Dies unterstreicht die starke Konkurrenzkraft von *Bromus*. Die Versuche zeigten weiterhin, dass die *Bromus*-Dichte durch einen späten Saattermin des Winterweizens deutlich reduziert, und damit der Ertragsverlust bis zu 50 % verringert werden kann.

In Gewächshausversuchen wurde die Wirkung der mittlerweile zur Bekämpfung von *Bromus*-Arten in Wintergetreide in Deutschland zugelassenen Herbizide Atlantis[®] (Mesosulfuron-methyl + Iodosulfuron-methyl-natrium, 5:1 + Mefenpyr-diethyl-Safener), Attribut[®] (Propoxycarbazone als Na-Salz) und Monitor[®] (Sulfusulfuron) untersucht. In nicht allen Fällen konnte eine erfolgreiche Bekämpfung von *B. sterilis* und *B. secalinus* mit der empfohlenen Aufwandmenge erzielt werden. Die weitere Prüfung von Atlantis zeigte, dass bei größeren Entwicklungsstadien die Wirkung teilweise deutlich geringer sein kann. Dies könnte der Fall sein bei einer Herbizidanwendung im Frühjahr gegen relativ weit entwickelte BBCH-Stadien von *Bromus*. Weiterhin zeigten die Versuche, dass in Abhängigkeit der *Bromus*-Art, eine unterschiedliche Empfindlichkeit gegenüber dem Herbizid zu beobachten ist. *B. sterilis*, welche in Deutschland am häufigsten auftritt, erwies sich hierbei als die Art mit der geringsten Empfindlichkeit.

Die Simulationen der Populationsentwicklung zeigte deutlich, dass die Populationsdichten bei reduzierter Bodenbearbeitung und Direktsaat in einer Winterweizenmonokultur ohne Bekämpfungsmaßnahmen innerhalb kürzester Zeit (zwei Vegetationsperioden) auf ein maximales, dichteabhängiges Niveau ansteigen, bei dem es zu hohen Ertragsverlusten kommt. Maßgeblich hierfür ist eine hohe Samenproduktion, verbunden mit einer hohen Keimrate über ein breites Temperaturspektrum und die nicht oder nur in sehr geringem Maße ausgeprägte Dormanz. Demgegenüber können mit einer Pflugbearbeitung *Bromus*-Arten gut bekämpft werden, da bereits bei einer Tiefe der Samen von 10 cm eine Reduktion der Auflauftrate von 50 % erreicht wird und die Überlebensdauer der Samen im Boden maximal 12 Monaten im Boden beträgt. Darüber hinaus wurde festgestellt, dass der Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Populationsentwicklung deutlich größer ist, als der später Saattermine. Die Simulation der Populationsentwicklung bei reduzierter Bodenbearbeitung und Herbizideinsatz zeigte, dass trotz einer *Bromus*-fördernden Fruchtfolge, sprich mit einem hohen Anteil an

Wintergetreide, ein Anbau wirtschaftlich rentabel praktiziert werden kann. Allerdings sind deutliche Ertragsverluste dann zu erwarten, wenn die zur Bekämpfung von *Bromus* in Wintergetreide zugelassenen Herbizide, wie in der Praxis zu beobachten, in manchen Jahren eine geringere Wirkung aufweisen und es damit zu einem Anstieg der Populationen kommt. Durch Berücksichtigung integrierter Bekämpfungsstrategien lässt sich aber solch ein Anstieg der Populationen verhindern. So kann durch den Anbau von Blattkulturen, insbesondere von Sommerungen, oder Zwischenfrüchten in der Fruchtfolge der Befallsdruck durch *Bromus*-Arten erheblich reduziert, und im optimalen Fall eine 100 %-ige Bekämpfung auch auf stark befallenen Flächen innerhalb von zwei Vegetationsperioden erzielt werden. Wird eine erneute Verseuchung der Fläche verhindert, ist auch langfristig mit keinem Befall zu rechnen, da *Bromus*-Samen im Boden keine persistente Samenbank ausbilden.

Die Ergebnisse der Untersuchungen lassen den Schluss zu, dass sich *Bromus* in Wintergetreide betonten Fruchtfolgen auch in unseren Breiten zu einem zunehmenden Problem entwickeln wird. Zwar ist mit den derzeit zur Verfügung stehenden Herbiziden nicht immer ein befriedigender Bekämpfungserfolg zu erzielen, aus ökonomischen und arbeitswirtschaftlichen Gründen kommen jedoch integrierte Verfahren in der Praxis kaum zum Einsatz, obwohl mit ihnen *Bromus* gut bekämpft werden kann. Es ist deshalb anzunehmen, dass die Bekämpfung von *Bromus* in Wintergetreide auch künftig chemisch erfolgt und in Befallsgebieten, ähnlich wie bei den beiden anderen wichtigen Ungräsern *Alopecurus myosuroides* und *Apera spica-venti*, zur Routine im Wintergetreideanbau wird.

6 Summary

***Bromus* species in winter wheat – distribution, relevance and population dynamics**

The increase of reduced tillage in agriculture and winter cereal dominated crop rotations has led to a rise of annual and perennial grass weeds in the last decades. One of these are *Bromus* species that occur worldwide in cereal growing areas and sometimes are considered as the worst grass weeds. In Germany they also attract more and more interest because of their increasing distribution. Therefore an investigation was conducted to assess the current situation of *Bromus* species in Germany, competition, population biology and control. Additionally, control strategies were designed on the basis of analyses of population-dynamical parameters.

A survey carried out in Germany, by questioning farmers and experts from the field of science and the extension service showed that *Bromus sterilis* and *B. secalinus* were found to be the dominant species. The problems that were predominantly mentioned were yield loss and difficulties at harvest which mostly appear in winter wheat. Their occurrence is closely connected with reduced tillage, early seeding and winter cereal dominated crop rotations whereas *Bromus* densities can be reduced effectively with a mouldboard plough or the increase of spring crops in crop rotation. In dicot. crops the chemical control was regarded as very good, whereas in cereals between good to sufficient. All of the survey participants expected a further distribution of *Bromus* species on arable land.

Field trials were conducted on three locations over a period of three years to investigate the competition of *B. sterilis*, *B. secalinus*, *B. tectorum* and *B. japonicus* in winter wheat. Weed density and seeding date of winter wheat were considered for the species competition studies. The trials showed that distinct yield losses could be recorded in winter wheat depending on the different *Bromus* species. *B. secalinus* was the strongest competitor at high densities (250 plants/m²) with losses in winter wheat yield up to 40 %. At low densities (10 plants/m²) *B. sterilis* was the most competitive *Bromus* species with mean losses of 8 %. Thresholds were calculated based on the relationship between weed density and yield loss. The thresholds for the *Bromus* species in winter wheat were below the values given in literature for other grass weeds in winter cereals. This highlights the strong com-

petitiveness of the species. Additionally the results showed that with late seeding the weed density decreases distinctively and thereby the yield loss can be reduced by half.

Greenhouse trials on the efficiency of the three in Germany registered herbicides Atlantis[®] (Mesosulfuron-methyl + Iodosulfuron-methyl-natrium, 5:1 + Mefenpyr-diethyl-Safener), Attribut[®] (Propoxycarbazone as Na-salt) and Monitor[®] (Sulfusulfuron) for the control of *Bromus* species showed, that a sufficient control of *B. sterilis* and *B. secalinus* could not always be achieved with the recommended dose. Further tests with Atlantis revealed a possible lower efficiency at later stages of development of the *Bromus* species. This could happen with herbicide application in spring at advanced growth stages of *Bromus*. Additionally a difference in susceptibility of the *Bromus* species could be shown. *Bromus sterilis* the dominant species in Germany turned out to be the least susceptible.

Additionally, the trials showed that different species had different susceptibility to the herbicide. *Bromus sterilis*, the dominating species in Germany, proved to be the least susceptible.

The simulation of the population dynamics showed clearly that with reduced tillage and direct seeding in a winter wheat monoculture without control measures a very fast increase of densities within two growing seasons up to a density-dependent level where high yield losses can be expected. Crucial for this is a high seed production together with a high rate of germination over a wide range of temperatures and the fact that *Bromus* species show no or only slight dormancy. In contrast mouldboard ploughing can control the species to 100 % as a depth of seeds of 10 cm already reduces emergence by half and seeds in the trials showed to have longevity in soil of no longer that 12 months. Moreover, it was demonstrated that the soil cultivation has a higher influence on the development of the weed population than the different seeding dates of winter wheat. The simulation under the influence of herbicide application suggested, that it is possible to practice a winter cereal dominated crop rotation without yield losses. Nevertheless, yield losses can be recorded in some years when the herbicides for the control of *Bromus* species show lower efficacy (as observed) resulting in an increase of the weed density. But such increase in density can be reduced by integrated weed management such as cultivation of broadleaved crops, especially summer broadleaved crops, and intercrops. Under optimum conditions a total control even on heavy infested areas is possible within two growing seasons. Provided that there is no new import of weed seeds, no infestation can be expected for a long time because of the lack of a persistent seed bank in the soil.

From the results of the investigations it can be concluded that *Bromus* as a problem in winter cereal dominated crop rotation in our latitudes will increase. In fact the control with available herbicides is not always sufficient, but for economical reasons integrated control strategies can not always be considered although quite a good control is given.

Therefore one can presume that in future the control of *Bromus* in winter cereals still will be based on the use of herbicides and that these weed species will be as common in winter cereals as it became *Alopecurus myosuroides* and *Apera spica-venti*.

7 Literatur

- AGENBAG G. A.; R. CROUS (1999): *Bromus diandrus* Roth. control with MON 34532 in spring wheat (*Triticum aestivum* L.). 2. Effect of relative weed density and time of spraying. South African Journal of Plant and Soil **16**(3): 123-126.
- AINOUCHE, M. L. ; R. J. BAYER (1997): On the origins of the tetraploid *Bromus* species (section *Bromus*, Poaceae): Insights from internal transcribed spacer sequences of nuclear ribosomal DNA. Genome **40**: 730-743.
- ALLEN, P. S.; S. E. MEYER (2002): Ecology and ecological genetics of seed dormancy in downy brome. Weed Science **50**: 241-247.
- AMANN, A. (1991): Einfluss von Saattermin und Grundbodenbearbeitung auf die Verunkrautung in verschiedenen Kulturen. Dissertation Universität Hohenheim.
- AMANN, A.; A. WELLMANN (2001): Proboxycarbazone-sodium (BAY MKH 6561) - A key tool in integrated *Bromus* management in Germany. Brighton Crop Protection Conference - Weeds **2**: 469-474.
- AMANN, A. (2002): Proboxycarbazone-sodium - the chemical cornerstone of integrated brome-grass management in Germany. Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer **55**(1): 87-100.
- AMMON, H. U. (2002): Unkrautbekämpfung in Kulturen. In: ZWARGER, P.; H. U. AMMON, Unkraut - Ökologie und Bekämpfung. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- ANDERSSON, L.; P. MILBERG; W. SCHÜTZ; O. STEINMETZ (2002): Germination characteristics and emergence time of annual *Bromus* species of differing weediness in Sweden. Weed Research **42**: 135-147.
- AUGUSTIN, B. (1999): Trespen in Getreide ein (un)gelöstes Problem? Pflanzenbau **10**: 33-34.
- AUGUSTIN, B. (2000): Untersuchungen zur Kontrolle von *Bromus*-Arten mit neuen Wirkstoffen. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz. Sonderheft **XVII**: 447-452.
- BALGHEIM, R.; M. KIRCHNER (1998): Trespen - ein zunehmendes Problem im hessischen Wintergetreideanbau. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft **XVI**, 475-483.
- BASKIN, J. M.; C. C. BASKIN (1981): Ecology of germination and flowering in the weedy winter annual grass *Bromus japonicus*. Journal of Range Management **34**(5): 369-372.
- BASKIN, J. M.; C. C. BASKIN (1987): Environmentally induced changes in the dormancy states of buried weed seeds. British Crop Protection Conference - Weeds **2**: 695-706.
- BBA (1997): Entwicklungsstadien von Pflanzen. Biologische Bundesanstalt für Land und Forstwirtschaft, Blackwell Wissenschafts-Verlag GmbH, Berlin, Wien.
- BLACKSHAW, R. E. (1993): Downy Brome (*Bromus tectorum*) interference in winter rye (*Secale cereale*). Weed Science **41**: 557-562.
- BLACKSHAW, R. E.; W. M. HAMMAN (1998): Control of Downy Brome (*Bromus tectorum*) in Winter Wheat (*Triticum aestivum*) with MON 37500. Weed Technology **12**: 421-425.
- BÜCHSE, A (unveröffentlicht): HERBSIM - Ein Simulationsprogramm zur Populations-dynamik annueller Unkräuter. Universität Hohenheim, Institut für Phytomedizin, Fachgebiet Herbologie.
- BURGHARDT, G. ; R. J. FROUD-WILLIAMS (1995): Intra- and interspecific competition among *Bromus* species and winter wheat. Brighton Crop Protection Conference-Weeds **1**: 363-364.

- BURGHARDT, G. ; R. J. FROUD-WILLIAMS (1997): Phenology and reproductive allocation of *Bromus sterilis*, *B. diandrus*, *B. hordeaceus* and *B. commutatus*. Brighton Crop Protection Conference - Weeds **2**: 479-484.
- BURNSIDE, O.C., R. G. WILSON, S. WEISBERG, K. G. HUBBARD (1996) : Seed longevity of 41 weed species buried 17 years in eastern and western Nebraska. *Weed Science* **44**: 74-86.
- CAREME, M. (1990): Les adventices des cultures méditerranéennes en Tunisie. Tunis, Tunisia. Institut National de la Recherche Agronomique **4**, 38-39.
- CARTER, H. W.; H. W. NORTON; G. H. DUNGAN (1957): Wheat and Cheat. *Agronomy Journal* **49**(4): 261-267.
- CHANCELLOR, R. J.; FROUD-WILLIAMS, R. J. (1984): A second survey of cereal weeds in central southern England. *Weed Research* **24**: 29-36.
- CHEAM, A. H. (1986): Patterns of change in seed dormancy and persistence of *Bromus diandrus* Roth. (Great Brome) in the field. *Australian Journal of Agricultural Research* **37**: 471-481.
- CHEAM, A. H. (1987): Longevity of *Bromus diandrus* Roth. seed in soil at three sites in Western Australia. *Plant Protection Quarterly* **2**(3): 137-139.
- CHRISTIAN, D. G.; B. C. BALL (1994): Reduced cultivation and direct drilling for cereals in Great Britain. In: CARTER, M. R.: Conservation tillage in temperate agroecosystems, CRC-Press, Boca Raton, Florida.
- CONERT, H. J., Pareys Gräserbuch, Verlag Parey, Berlin 2000.
- COUSENS, R. (1985): A simple model relating yield loss to weed density. *Annals of Applied Biology* **107**, 239-252.
- COUSENS, R.; F. POLLARD ; R. A. P. DENNER (1985) : Competition between *Bromus sterilis* and winter cereals. *Aspects of Applied Biology* **9**: 67-74.
- COUSENS, R. (1987): Theory and reality of weed control thresholds. *Plant Protection Quarterly* **2**(1): 13-20.
- COUSENS, R.; P. BRAIN; J. T. O'DONOVAN; P. A. O'SULLIVAN (1987): The use of biologically realistic equations to describe the effects of weed density and relative time of emergence on crop yield. *Weed Science* **35**: 720-725.
- COUSENS, R.; L. G. FIRBANK; A. M. MORTIMER; R. G. R. SMITH (1988): Variability in the relationship between crop yield and weed density for winter wheat and *Bromus sterilis*. *Journal of Applied Ecology* **25**: 1033-1044.
- COUSENS, R.; S. R. MOSS (1990) : A model of the effects of cultivation on the vertical distribution of weed seeds within the soil. *Weed Research* **30**: 61-70.
- COUSENS, R.; M. MORTIMER (1995): Dynamics of weed populations. University Press, Cambridge.
- CUMMING, C. C. (2001): Persönliche Mitteilung, Aventis CropScience, Western Cape Province, Republik Südafrika.
- CUSSANS, G. W.; F. B. COOPER; D. H. K. DAVIES; M. R. THOMA (1994): A survey of the incidence of the *Bromus* species as weeds of winter cereals in England, Wales and parts of Scotland. *Weed Research* **34**: 361-368.
- DAUGOVISH, O; D. J. LYON; D. D. BALTENSBERGER (1999): Cropping systems to control winter annual grasses in winter wheat (*Triticum aestivum*). *Weed Technology* **13**: 120-126.
- DRIVER, J. E.; T. F. PEEPER; J. A. KOSCELNY (1993): Cheat (*Bromus secalinus*) control in winter wheat (*Triticum aestivum*) with sulfonyleurea herbicides. *Weed Technology* **7**: 851-854.
- DOMINGUEZ-RODRIGUEZ, G. (2001): Persönliche Mitteilung, Aventis CropScience. Castillia-León, Spanien.

- DOUGLAS, B. J.; A. G. THOMAS, D. A. DERKSEN (1990): Downy Brome (*Bromus tectorum*) invasion into southwestern Saskatchewan. *Canadian Journal of Plant Science* **70**: 1143-1151.
- EGGERS, TH. (1990): Trespen im Ackerbau. *Gesunde Pflanzen* **42**(3): 80-84.
- EHLERS, W.; W. CLAUPEIN (1994): Approaches toward conservation tillage in Germany. In: CARTER, M. R.: Conservation tillage in temperate agroecosystems, CRC-Press, Boca Raton, Florida.
- EISELE, J.-A. (1992): Sortenwahl bei Winterweizen im Organischen Landbau unter besonderer Berücksichtigung der morphologisch bedingten Konkurrenzskraft gegenüber Unkräutern. Dissertation, Friedrich-Wilhelm Universität, Bonn.
- FARAHBAKSH, A.; K. J. MURPHY; A. D. MADDEN (1987): The effect of weed interference on the growth and yield of wheat. Brighton Crop Protection Conference - Weeds **3**: 955-961.
- FENNI, M. (1994): Competition between wheat and riggput brome (*Bromus rigidus*). Fez, Morocco: Proceedings of the 5th Arab Conference on Plant Protection, 216.
- FERREIRA, K. L.; T. F. PEEPER; F. M. EPPLIN (1990): Economic returns from cheat (*B. secalinus*) control in wheat (*Triticum aestivum*). *Weed Technology* **4**: 306-313.
- FINERTY, D. W.; D. L. KLINGMAN (1962): Life cycles and control studies of some weed Bromegrasses. *Weeds* **10**, 40-47.
- FIRBANK, L. G.; A. M. MORTIMER; P. D. PUTWAIN (1985): *Bromus sterilis* in winter wheat: A test of a predictive population model. *Aspects of Applied Biology* **9**: 59-66.
- FROUD-WILLIAMS, R. J. (1980): Barren Brome: A threat to winter cereals? Weed Research Organisation, Eighth Report 1978-1979. Agricultural Research Council, Oxford, 43-51.
- FROUD-WILLIAMS, R. J. (1981): Germination behaviour of *Bromus* species and *Alopecurus myosuroides*. Conference on grass weeds in cereals in the United Kingdom, 1981, University of Reading, Berkshire, England. Association of Applied Biologists. Wellesbourne, Great Britain, 31-40.
- FROUD-WILLIAMS, R. J.; R. J. CHANCELLOR; D. S. H. DRENNAN (1981): Potential changes in weed floras associated with reduced-cultivation systems for cereal production in temperate regions. *Weed Research* **21**: 99-109.
- FROUD-WILLIAMS, R. J.; R. J. CHANCELLOR (1982): A survey of grass weeds in cereals in central southern England. *Weed Research* **22**: 163-171.
- FROUD-WILLIAMS, R. J. (1983): The influence of straw disposal and cultivation regime on the population dynamics of *Bromus sterilis*. *Annals of Applied Biology* **103**: 139-148.
- FROUD-WILLIAMS, R. J.; D. S. H. DRENNAN; R. J. CHANCELLOR (1983): Influence of cultivation regime on weed floras of arable cropping systems. *Journal of Applied Ecology*: **20**, 187-197.
- FROUD-WILLIAMS, R. J., D. S. H. DRENNAN, R; J. CHANCELLOR (1984 a): The influence of burial and dry-storage upon cyclic changes in dormancy, germination and response to light in seeds of various arable weeds. *New Phytologist* **96**: 473-481.
- FROUD-WILLIAMS, R. J.; R. J. CHANCELLOR; D. S. H. DRENNAN (1984 b): 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.
- FROUD-WILLIAMS, R. J.; R. J. CHANCELLOR (1986): Dormancy and seed germination of *Bromus catharticus* and *Bromus commutatus*. *Seed Science and Technology* **14**: 439-450.
- FROUD-WILLIAMS, R. J. (1988): Changes in weed flora with different tillage and agronomic management systems. In: ALTIERI, M. A. ; M. LIEBMAN, Weed Management - Ecological Approaches. CRC-Press, Boca Raton, Florida.

- FYKSE, H. (2001): Persönliche Mitteilung, Agricultural University of Norway, Dep. of Horticulture and Crop Science, Norwegen.
- GEIER, P. W.; P. W. STAHLMAN (1996): Dose-response of weeds and winter wheat (*Triticum aestivum*) to MON 37500. *Weed Technology* **10**: 870-875.
- GEIER, P. W.; P. W. STAHLMAN; F. E. NORTHAM; S. D. MILLER; N. R. HAGEMAN (1998): MON 37500 rate and timing affects downy brome (*Bromus tectorum*) control in winter wheat (*Triticum aestivum*). *Weed Science* **46**: 366-373.
- GEROWITT, B.; R. HEITEFUSS (1990): Weed economic thresholds in cereals in the Federal Republic of Germany. *Crop Protection* **9**: 323-331.
- GEROWITT, B. (2002): Interaktion zwischen Kulturpflanzen und Unkräutern. In: ZWERGER, P.; H. U. AMMON, Unkraut - Ökologie und Bekämpfung. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- GIBBARD, M.; J. COUTTS; D. B. DAVIES; J. BAILEY (1989): Cutting the cost of cultivations, the last saving for cereal growers? Brighton Crop Protection Conference - Weeds **1**: 113-118.
- GICQUIAUD, L.; F. HENNION; M.-A. ESNAULT (2002): Physiological comparisons among four related *Bromus* species with varying ecological amplitude: Polyamine and aromatic amine composition in response to salt spray and drought. *Plant Biology* **4**: 746-753.
- GILL, G. S.; W. M. BLACKLOW (1984): Effect of Great Brome (*Bromus diandrus* Roth.) on the growth of wheat and Great Brome and their uptake of nitrogen and phosphorous. *Australian Journal of Agricultural Research* **34**: 1-8.
- GILL, G. S.; W. M. BLACKLOW (1985): Variations in seed dormancy and rates of development of Great Brome, *Bromus diandrus* Roth., as adaptations to the climates of southern Australia and implications for weed control. *Australian Journal of Agricultural Research* **36**: 295-304.
- GILL, G. S.; M. L. POOLE; J. E. HOLMES (1987): Competition between wheat and brome grass in Western Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture* **27**: 291-294.
- GILL, G. S.; S. A. CARSTAIRS (1988): Morphological, cytological and ecological discrimination of *Bromus rigidus* from *Bromus diandrus*. *Weed Research* **28**: 399-405.
- GLEICHSNER, J. A.; A. P. APPLEBY (1989): Effect of depth and duration of seed burial on Ripgut Brome (*Bromus rigidus*). *Weed Science* **37**: 68-72.
- GRAY, G. R. (1981): Aspects of the ecology of barren brome (*Bromus sterilis*) PhD-Thesis, Oxford University.
- GRIME, J. P. (2002): Plant strategies, vegetation processes and ecosystem properties. Chichester, Weinheim, Wiley-VCH-Verlag.
- GÜRISOY, O. V. (2001): Persönliche Mitteilung, Süleyman Demirel University, Zentralanatolien, Türkei.
- HÄFLINGER, E.; H. SCHOLZ (1981): Grass weeds 2, Documenta CIBA-GEIGY, Basel Schweiz.
- HAMMERTON, J. L. (1968): Past and future changes in weed species and weed floras. Proceedings of the 9th British Crop Protection Conference, *Weeds* **3**: 1136-1146.
- HARRADINE, A. R. (1986): Seed longevity and seedling establishment of *Bromus diandrus* Roth. *Weed Research* **26**: 173-180.
- HEYLAND, K.-U. (1996): Landwirtschaftliches Lehrbuch - Allgemeiner Pflanzenbau. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- HEYWOOD, V. H. (1978): Flowering plants of the world. Oxford University Press, Oxford.
- HOWARD, C. L. (1991): Comparative ecology of four brome grasses, Ph. D-thesis, University of Liverpool.

- HOWARD, C. L.; A. M. MORTIMER; P. GOULD; P. D. PUTWAIN; R. COUSENS; G. W. CUSSANS (1991): Dispersal of weeds: Seed movement in arable agriculture. Brighton Crop Protection Conference - Weeds **2**: 821-828.
- HUBBARD, C. E. (1985): Gräser, UTB, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- HULBERT, L. C. (1955): Ecological studies of *Bromus tectorum* and other annual Bromegrasses. Ecological Monographs **25**:181-213.
- HURLE, K. (2003): Berichte aus dem Fachgebiet Herbologie der Universität Hohenheim. Gemeinschaftsversuche Baden-Württemberg 2003, **43**.
- HYAM, R.; P. PARKHURST (1995): Plants and their names - A concise dictionary. Oxford, United Kingdom: Oxford University Press.
- ISTA (1999): Internationale Vorschriften für die Prüfung von Saatgut. Seed Science and Technology **27**: supplement.
- JEATER, R. S. L.; H. C. MC ILVENNY (1965): Direct drilling of cereals after use of paraquat. Weed Research **5**: 311-318.
- JORGENSEN, S. E. (1990): Modelling in ecotoxicology. Elsevier Verlag, Amsterdam, New York.
- JUSTICE, G. G.; T. F. PEEPER; J. B. SOLIE; F. M. EPPLIN (1993): Net returns from Cheat (*Bromus secalinus*) control in winter wheat (*Triticum aestivum*). Weed Technology **7**: 459-464.
- KEES, H.; H. PFEUFER (1984): Die Taube Trespe - ein neues Problemunkraut. Pflanzenschutz-Praxis **2**: 8-10.
- KELLEY, J. P.; PEEPER, T. F. (2003): MON 37500 application timing affects cheat (*Bromus secalinus*) control and winter wheat. Weed Science **51**: 231-236.
- KLEMMEDSON, J. O.; J. G. SMITH (1964): Cheatgrass (*Bromus tectorum* L.). Botanical Review **30**: 226-262.
- KÖLLER, K. (1993): Erfolgreicher Ackerbau ohne Pflug. DLG-Verlag, Frankfurt/Main.
- KÖLLER, K.; C. LINKE (2001): Erfolgreicher Ackerbau ohne Pflug. DLG-Verlag, Frankfurt/Main.
- KOCH, W.; K. HURLE (1978): Grundlagen der Unkrautbekämpfung, Ulmer-Verlag, Stuttgart.
- KON, K. F.; W. M. BLACKLOW (1988): Identification, distribution and population variability of great brome (*Bromus diandrus* Roth) and rigid brome (*Bromus rigidus* Roth). Australian Journal of Agricultural Research **39**: 1039-1050.
- KON, K. F.; W. M. BLACKLOW (1995): *Bromus diandrus* Roth. and *B. rigidus* Roth. The biology of Australian weeds. R.G. and F.J. Richardson, Frankston, Victoria, Australia, 13-27.
- KONSTANTINOVIC, B. (2001): Persönliche Mitteilung, Novi Sad, Agricultural Faculty, Inst. of Plant Protection, Vojvodina, Serbien und Montenegro.
- KOSCELNY, J. A.; T. F. PEEPER; J. B. SOLIE; S. G. SOLOMON JR. (1990): Effect of wheat (*Triticum aestivum*) row spacing, seeding rate, and cultivar on yield loss from Cheat (*Bromus secalinus*). Weed Technology **4**: 487-492.
- KOSCELNY, J. A.; T. F. PEEPER; J. B. SOLIE; S. G. SOLOMON JR. (1991): Seeding date, seeding rate, and row spacing affect wheat (*Triticum aestivum*) and Cheat (*Bromus secalinus*). Weed Technology **5**: 707-712.
- KURCMAN, M. (1987): Weed management: Country Status Paper -Turkey. FAO Plant production and protection paper **80**: 217-220.
- LAZAUSKAS, P. ;A. STANCEVICIUS (2001): Persönliche Mitteilung, Lithuanian University of Agriculture, Agronomy Faculty, Litauen.
- LINTELL SMITH, G., R. P. FRECKLETON, L. G. FIRBANK, A. R. WATKINSON (1999): The population dynamics of *Anisantha sterilis* in winter wheat: Comparative demography and the role of management. Journal of Applied Ecology **36**: 455-471.

- MACK, R. (1981): Invasion of *Bromus tectorum* L. into Western North America: An ecological chronicle. *Agro-Ecosystems* 7: 145-165.
- MAHN, E.-G. (2002): Biologie und Ökologie der Unkräuter. In: Zwerger P.; H.-U. Ammon; Unkraut - Ökologie und Bekämpfung. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- MARTIN, R. J.; B. R. CULLIS; D. W. MC NAMARA (1987): Prediction of wheat yield loss due to competition by wild oats (*Avena* spp.). *Australian Journal of Agricultural Research* 38: 487-499.
- MASSEE, T. W. (1976): Downy brome control in dryland winter wheat with stubble-mulch fallow and seeding management. *Agronomy Journal* 68: 952-955.
- MEDD, R. W. (1987): Conservation tillage and weed revolution. *Plant Protection Quarterly* 2(1): 31-34.
- MEINERT, G. (1993): Unkräuter und Ungräser im Ackerbau - Eine Bestimmungshilfe. Landesanstalt für Pflanzenschutz, Stuttgart.
- MIHAI, B. (2001): Persönliche Mitteilung, Bukarest, Agritop AgroVet S.A., Rumänien.
- MITICH, L. W. (1999): Downy Brome, *Bromus tectorum* L. *Weed Technology* 13: 665-668.
- MITTNACHT, A. (2003): Trespen nehmen zu - Empfehlung des Regierungspräsidiums Stuttgart - Pflanzenschutzdienst. *Wochenblatt-Magazin, gemeinsames Supplement der drei regionalen landwirtschaftlichen Wochenblätter für Baden-Württemberg* 4: 9-12.
- MOCK, J. T.; AMOR, R. L. (1982): Brome grasses (*Bromus* spp.) as contaminants of barley grain in the Victorian Mallee. *Australian Weeds* 2(1): 16-17.
- MONTEMURRO, P. (2001): Persönliche Mitteilung, Università degli Studi di Bari, Dep. di Scienze delle Produzioni Vegetali, Apulia, Italien.
- MORAY, R.; A. BÜCHSE; K. HURLE (2003): *Bromus* spp. in winter wheat - Population dynamics and competitiveness. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences* 68 (4a): 341-352.
- MORTIMER, A. M.; L. G. FIRBANK (1983): Towards a rationale for the prediction of weed infestations and the assessment of control strategies. *Proceedings of the 10th International Conference of Plant Protection*, 146-153.
- MORTIMER, A. M.; P. D. PUTWAIN; C. L. HOWARD (1993): The abundance of brome grasses in arable agriculture - Comparative population studies of four species. *Brighton Crop Protection Conference - Weeds* 2: 505-514.
- MOSS, S. R. (1985): The effect of drilling date, pre-drilling cultivations and herbicides on *Alopecurus myosuroides* (blackgrass) populations in winter cereals. *Aspects of Applied Biology* 9: 31-39.
- MOSS, S. R. (1987): competition between Black-Grass (*Alopecurus myosuroides*) and winter wheat. *Brighton Crop Protection Conference - Weeds* 2: 367-374.
- NAYLOR, R., E., L. (1972): Aspects of the population dynamics of the weed *Alopecurus myosuroides* Huds. in winter cereals. *Journal of Applied Ecology* 9(1): 127-139.
- O'DONOVAN, J. T.; E. A. DE ST. REMY; P. A. O'SULLIVAN; D. A. DREW; A. K. SHARMA (1985): Influence of relative time of emergence of wild oat (*Avena fatua*) on yield loss of barley (*Hordeum vulgare*) and wheat (*Triticum aestivum*). *Weed Science*, 33: 498-503.
- OERKE, E.-C.; H.-W. DEHNE; F. SCHÖNBECK; A. WEBER (1994): *Crop Protection and Crop Production*. Verlag Elsevier, Amsterdam.
- OJA, T. (1998): Isoenzyme diversity and phylogenetic affinities in the section *Bromus* of the grass genus *Bromus* (Poaceae). *Biochemical Systematics and Ecology* 26: 403-413.
- OJA, T.; V. JAASKA (1998): Allozyme diversity and phylogenetic relationships among diploid annual bromes (*Bromus*, Poaceae). *Annales botanici Fennici* 35: 123-130.
- OJA, T. (1999): Allozyme diversity and interspecific differentiation of the two diploid Brome-grass species, *Bromus tectorum* L. and *B. sterilis* L. (Poaceae). *Plant biology* 1: 679-686

- OJA, T.; H. LAARMANN (2002): Comparative study of the ploidy series *Bromus sterilis*, *B. diandrus* and *B. rigidus* (Poaceae) based on chromosome numbers, morphology and isozymes. *Plant Biology* **4**: 484-491.
- OLIVER, L. R. (1988): Principles of weed threshold research. *Weed Technology* **2**: 398-403.
- OVADIAHU-YAVIN, Z. (1969): Cytotaxonomy of the genus *Bromus* of Palestine. *Israel Journal of Botany* **18**:195-216.
- PALLUTT, B. (2002): Maßnahmen zur Unkrautbekämpfung. In: ZWERGER, P.; H. U. AMMON, Unkraut - Ökologie und Bekämpfung. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- PETERS, N. C. B.; A. H. ATKINS; P. BRAIN (2000). Evidence of differences in seed dormancy among populations of *Bromus sterilis*. *Weed Research* **40**: 467-478.
- PETERS, N. C. B.; R. J. FROUD-WILLIAMS; J. H. ORSON (1993): The rise of Barren Brome *Bromus sterilis* in UK cereal crops. Brighton Crop Protection Conference - Weeds **2**: 773-780.
- PHILLIPS, W. M. (1953): Wheat control in fall sown wheat. Proceedings of the North Central Weed Control Conference **10**: 39-41.
- PILLAY, M. (1996): Genomic organization of ribosomal RNA genes in *Bromus*, Poaceae. *Genome* **39**: 198-205.
- POLLARD, F. (1982): Light induced dormancy in *Bromus sterilis*. *Journal of Applied Ecology* **19**: 563-568.
- POOLE, M. L.; G. S. GILL (1987): Competition between crops and weeds in southern Australia. *Plant Protection Quarterly* **2**(2): 86-96.
- RATLIFF, R. L.; T. F. PEEPER (1987): *Bromus* control in winter wheat (*Triticum aestivum*) with the ethylthio analog of metribuzin. *Weed Technology* **1**: 235-241.
- RICHTER, O. (1985): Simulation des Verhaltens ökologischer Systeme. VCH-Verlag, Weinheim.
- ROBERTS, J. R.; A. E. STONE; T. F. PEEPER (1999): Survey of farmland utilization, winter annual grass weed infestation and post harvest wheat stubble burning practices in North Central Oklahoma. Proceedings of the Southern Weed Science Society **52**: 216.
- RUBIN, B. (2001): Persönliche Mitteilung, Hebrew University of Jerusalem, Faculty of Agriculture, Negev, Israel.
- RULE, J.S. (1989): Sequential herbicide programmes 1987/88 to prevent the spread of *Bromus sterilis*. Brighton Crop Protection Conference - Weeds **1**: 365-370.
- RUNYAN T. J.; W. K. MCNEILL; T. F. PEEPER (1982): Differential tolerance of wheat (*Triticum aestivum*) cultivars to metribuzin, *Weed Science* **30**: 94-97.
- RYDRYCH, D. J.; T. J. MUZIK (1968): Downy Brome competition and control in dryland wheat. *Agronomy Journal* **60**: 279-280.
- SAAVEDRA, M; J. CUEVAS; J. MESA-GARCIA ; L. GARCIA-TORRES (1989): Grassy weeds in winter cereals in southern Spain. *Crop Protection* **8**: 171-187.
- SCHOLZ, H. (1981): Der *Bromus-pectinatus*-Komplex (Gramineae) im Nahen und Mittleren Osten. *Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie* **102**: 471-495.
- SEEFELDT, S. S.; J. E. JENSEN; E. P. FUERST (1995): Log-logistic analysis of herbicide dose-response relationships. *Weed Technology* **9**: 218-227.
- SLAGELL-GOSSEN, R. R.; R. J. TYRL; M. HAUHOOT; T. F. PEEPER; P. L. CLAYPOOL; J. B. SOLIE (1998): Effects of mechanical damage on cheat (*Bromus secalinus*) caryopsis anatomy and germination. *Weed Science* **46**: 249-257.
- SMITH, P. M. (1970): Taxonomy and nomenclature of the brome-grasses (*Bromus* L.). Notes from the Royal Botanic Garden Edinburgh **30**: 361-375.

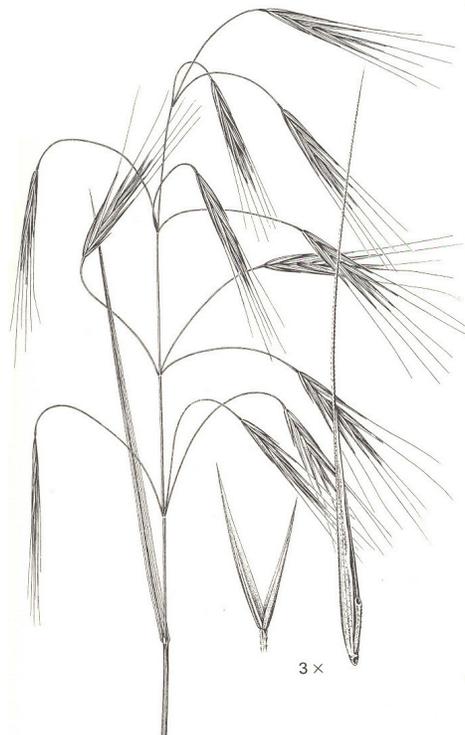
- SMITH, P. M. (1981): Ecotypes and subspecies in annual brome-grasses (*Bromus*, Gramineae). *Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie* **102**: 497-509.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2002): <http://www.destatis.de/basis/d/forst/forsttab2.htm>
- STAHLMANN, P. W. (1998): Overview of winter annual brome control. Proceedings of the Inaugural National Wheat Industry Research Forum, San Diego, CA.
- STAHLMAN, P. W.; S. D. MILLER (1990): Downy Brome (*Bromus tectorum*) interference and economic thresholds in winter wheat. *Weed Science* **38**: 224-228.
- STEBBINS, G. L. (1981): Chromosomes and evolution in the genus *Bromus* (Gramineae). *Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie* **102**: 359-399.
- STONE, A. E.; T. F. PEEPER; J. B. SOLIE (2001): Cheat (*Bromus secalinus*) control with herbicides applied to mature seeds. *Weed Technology* **15**: 382-386.
- STREIBIG, J.C. (1988): Herbicide bioassay. *Weed Research* **25**: 479-484.
- STREIBIG, J. C.; A. WALKER; A. M. BLAIR; G. ANDERSON-TAYLOR; D. J. EAGLE; H. FRIEDLÄNDER; E. HACKER; W. IWANZIK; P. KUDSK; C. LABHARDT; B. M. LUSCOMBE; G. MADAFIGLIO; P. C. NEL; W. PESTEMER; A. RAHMAN; G. RETZLAFF; J. ROLA; L. STEFANOVIC; H. J. M. STRAATHOF; E. P. THIES (1995): Variability of bioassays with metsulfuron-methyl in soil. *Weed Research* **35**: 215-224.
- SWANTON, C. J. ; S. F. WEISE (1991) : Integrated weed management: The rationale approach. *Weed Technology* **5**: 657-663.
- TALEB, A. (1998): Le brome. *Revue de Malherbologie* **1**: 2-6.
- TARRAGO-BLANC, R. (2001): Persönliche Mitteilung, Aventis CropScience, Katalonien, Spanien.
- THILL, D. C.; R. D. SCHIRMAN; A. P. APPLEBY (1980): Influence afterripening temperature and endogenous rhythms on downy brome (*Bromus tectorum*) germination. *Weed Science* **28**: 321-323.
- THILL, D. C.; K. G. BECK; R. H. CALLIHAN (1984): The biology of Downy Brome (*Bromus tectorum*). *Weed Science* **32**, suppl. 1: 7-12.
- TOBALINA-GIL N. (2001): Persönliche Mitteilung, Aventis CropScience, Castillia-León, Castillia-Mancha, Baskenland, Navarra, Spanien.
- UPADHYAYA M. K., R. TURKINGTON, D. MC ILVRIDE (1986): The biology of Canadian weeds. *Canadian Journal of Plant Science* **66**: 689-709.
- UUSNA, S. (2001): Persönliche Mitteilung, Saku, Estonia Research Inst. of Agriculture, Harju County, Estland.
- VAN GESSEL, M. J.; E. E. SCHWEIZER; D. W. LYBECKER; P. WESTRA (1996): Integrated weed management systems for irrigated corn (*Zea mays*) production in Colorado - a case study. *Weed Science* **44**: 423-428.
- VASCONCELOS, M.; S. A. GIZELA (1995): Grass weeds in some Portuguese regions. Budapest, Hungary. 9th European Weed Research Society Symposium, 121-128.
- VERSCHWELE, A. (1994): Sortenspezifische Kulturkonkurrenz bei Winterweizen als begrenzender Faktor für das Unkrautwachstum. Dissertation, Universität Göttingen.
- VIGGIANI, P. (2001): Persönliche Mitteilung, Università-Bologna, Dep. si Scienze e Tecnologia Agroambientali, Marche, Emilia Romagna, Italien.
- WICKS, G.A.; C. R. FENSTER (1980): Growing no-till continuous wheat in the Great Plains. Proceedings of the North Central Weed Control Conference **35**: 41-42.
- WILLE, M. J.; D. C. THILL; W. J. PRICE (1998): Wild oat (*Avena fatua*) seed production in spring barley (*Hordeum vulgare*) is affected by the interaction of wild oat density and herbicide rate. *Weed Science* **46**: 336-343.
- WSSA (1984): Composite list of weeds. *Weed Science* **32**, suppl. 2: 1-137.

- WYSE, D. L. (1994): New technologies and approaches for weed management in sustainable agriculture systems. *Weed Technology* **8**: 403-407.
- YOUNG, J. A.; R. A. EVANS; R. E. ECKERT JR. (1969): Population Dynamics of Downy Brome. *Weed Science* **17**(1): 20-26.
- YOUNG, J. A.; R. A. EVANS; B. L. KAY (1971): Germination of caryopses of annual grasses in simulated litter. *Agronomy Journal* **63**: 551-555.
- YOUNG, J. A.; R. A. EVANS; R. E. ECKERT JR.; B. L. KAY (1987): Cheatgrass. *Rangelands* **9**(6): 266-270.
- ZANIN, G.; A. BERTI; L. TONIOLO (1993): Estimation of economic thresholds for weed control in winter wheat. *Weed Research* **33**: 459-467.
- ZIMDAHL, R. L. (1989): *Weeds and Words*. Ames, IA: Iowa State University Press.

8 Anhang

Untersuchte *Bromus*-Arten

Bromus-Arten sind ohne ihren Fruchtstand nur sehr schwierig voneinander zu differenzieren. Leicht hingegen fällt die Unterscheidung zu anderen Gräsern durch ihre geschlossene Blattscheide. Im Folgenden sind die in der Arbeit untersuchten *Bromus*-Arten kurz charakterisiert.



B. sterilis (HÄFLINGER und SCHOLZ, 1981)

B. sterilis

Halme 15-100 cm hoch, kahl. Blattscheiden gerieft, die unteren kurz und weich behaart, die oberen oft kahl. Ligula: Ein 2-4 mm langer, häutiger Saum. Blattspreiten 5-25 cm lang, 2-7 mm breit, flach ausgebreitet, beiderseits weich behaart. An den Rändern und auf den Rippen rau. Rispe 5-25 cm lang, locker weit ausgebreitet und überhängend. Zuweilen aus nur wenigen Ähren bestehend. Seitenäste bis 12 cm lang, meist zu 3-7 von der kahlen Hauptachse abgehend, gewöhnlich mit einem (die längsten höchstens mit drei) Ährchen

besetzt. Ährchenstiele bis 10 cm lang. Ährchen 4-15-blütig, ohne die Grannen 25-35 mm lang (Grannen 15-30 mm lang). Oberste 1-2 Blütchen verkümmert, steril. Hüllspelzen häutig, kahl, auf den Nerven rau, lanzettlich, spitz, die untere 1-nervig, 6-14 mm lang, die obere 3-nervig. Deckspelzen 7-nervig, am oberen Ende eingekerbt. Vorspelzen 2-nervig, 3-4 mm kürzer als die Deckspelzen (CONERT, 2000).



B. secalinus (HÄFLINGER und SCHOLZ, 1981)

B. secalinus

Halme 20-80 cm manchmal bis 120 cm hoch, steif, glatt und kahl, 5-7-knotig. Blattscheiden kahl, zuweilen die unteren zerstreut behaart, selten alle kurz behaart. Ligula: Ein 1-2 mm langer, häutiger Saum. Blattspreiten 10-30 cm lang, 4-10mm breit, flach ausgebreitet, auf der Unterseite zerstreut, auf der Oberseite dicht behaart, an den Rändern rau. Rispe 5-20 cm lang, locker und ausgebreitet oder zusammengezogen aufrecht, zur Fruchtzeit im oberen Teil nickend. Untere Seitenäste zu 3-5 manchmal bis 9 von der Hauptsachse ausgehend, die längeren bis 8 cm lang und mit 1-4 Ährchen besetzt. Ährchen 4-17-blütig und ohne die Grannen 14-24 mm lang, 4-7 mm breit. Hüllspelze derbhäutig, kahl oder dicht und kurz behaart, die untere 3-nervig, 4-6 mm lang, länglich-

eiförmig, spitz. Deckspelzen 7-nervig 6,5-9 mm lang, breit-eiförmig, am oberen Ende abgerundet oder etwas eingebuchtet, anfangs häutig, später verhärtend. 0,8-1 mm unter dem oberen Rand der Spelze entspringende Granne, zuweilen auch unbegrannt. Vorspelze 2-nervig, so lang wie Deckspelze, auf den Kielen in der oberen Hälfte mit kurzen, abstehenden Wimpern besetzt (CONERT, 2000).

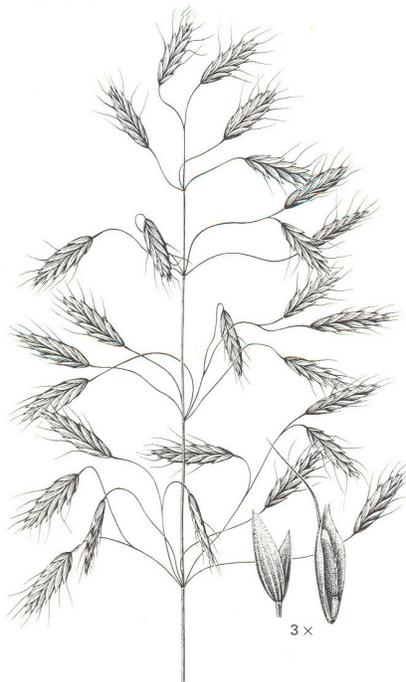


B. tectorum (HÄFLINGER und SCHOLZ, 1981)

B. tectorum

Halme 10-50 cm hoch, unter den Knoten und unter der Rispe kurz und weichbehaart. Blattscheiden dicht behaart, im oberen Teil an den Rändern lang bewimpert, die oberen zuweilen kahl. Ligula: Ein 1-4 mm langer, häutiger Saum. Blattspreiten 2-4 mm breit, flach ausgebreitet, beiderseits dicht behaart, an den Rändern rau. Rispe 4-16 cm lang, zusammengezogen und dicht, gewöhnlich einseitig nickend, oft violett überlaufen. Seitenäste zu 3-6 von der dicht und kurz behaarten Hauptachse abgehend, die längsten 3-5 cm lang und mit 3-8 Ährchen besetzt. Ährchenstiele bis 3 cm lang, Ährchen 4-9-blütig und ohne Grannen 16-25 mm lang. Hüllspelze häutig, an den Rändern dünnhäutig, kahl,

auf den hervortretenden Nerven rau, lanzettlich, spitz, die untere 1-nervig, 5-8 mm lang, die obere 3-nervig, 7-12 mm lang. Deckspelzen 7-nervig, 9-15 mm lang 2,5 mm breit, lanzettlich am oberen Ende eingekerbt und mit 1-2 mm langen, spitzen Seitenlappen. Häutig mit schmalen dünnhäutigen Rändern, kahl oder kurz behaart, mit einer 10-20 mm langen, 1-2 mm unter dem Einschnitt entspringenden Granne. Vorspelzen 2-nervig, 2-4 mm kürzer als die Deckspelze, auf den Kielen mit etwa 0,5 mm langen Wimpern besetzt (CONERT, 2000).



B. japonicus (HÄFLINGER und SCHOLZ, 1981)

B. japonicus

Halme 20-50 cm hoch. Blattscheiden 0,5-1 mm lang, zottig behaart, die obersten zerstreut behaart oder nur an der Öffnung behaart. Ligula: Ein 1-3 mm langer, häutiger Saum. Blattspreiten 10-20 cm lang, 2-5 mm breit, zottig behaart, die oberen unterseits kahl, auf der Oberseite zerstreut bewimpert. Rispe 6-25 cm lang, sehr locker und ausgebreitet, zur Fruchtzeit aber auch zusammengezogen und meist einseitig überhängend, ihre unteren Seitenäste zu 2-5 von der kahlen Hauptachse ausgehend, bis 12 cm lang, mit 2-3 Ährchen. Ährchen 6-12-blütig, ohne die Grannen 16-30 mm lang. Hüllspelzen häutig, mit hervortretenden Nerven, kahl oder dicht mit etwa 0,3 mm langen, steifen Haaren besetzt,

länglich spitz, die unteren 3-nervig, 4-5,5 mm lang, die oberen 5-7-nervig, 5-7,5 mm lang. Deckspelzen 7-9-nervig, 7-9 mm lang, breit-elliptisch, am oberen Ende breit gerundet, gebuchtet oder eingekerbt und mit 0,5 mm langen abgerundeten Seitenlappen, auf dem Rücken kahl oder überall kurz behaart, häutig mit schmalen, dünnen Rändern. Granne der mittleren Blütchen 2-3 mm unter dem oberen Rand der Deckspelzen entspringend, 9-12 mm lang, zur Fruchtreife nach hinten gebogen. Granne der unteren Blütchen nur 4-5 mm lang. Vorspelzen 2-nervig, 1,5-2 mm kürzer als Deckspelzen auf den Kielen mit etwa 0,5 mm langen abstehenden Wimpern besetzt (CONERT, 2000).



B. diandrus (HÄFLINGER und SCHOLZ, 1981)

B. diandrus

Halme locker horstig oder einzeln, 35-80 cm hoch, aufrecht oder gewöhnlich ausgebreitet, dünn bis relativ kräftig, unverzweigt, mit 3-6 Knoten, gewöhnlich unter der Rispe behaart. Blattscheiden röhrig, bald aufreißend, auf dem Rücken gerundet, locker behaart mit abgespreizten Haaren. Blatthäutchen häutig gezähnt, 3-6 mm lang. Blattspreiten fein zugespitzt, 10-25 cm lang, flach, 4-8 mm breit, dünn bis locker behaart, rau. Rispen sehr locker, nickend, sehr wechselnd in der Größe, bis zu 25 cm lang und breit, mit wenigen bis zu vielen Ährchen. Zweige in Büscheln zu 2-4, bis zu 10 cm lang, ausgebreitet, ungleich, sehr rau. Ährchen später niederhängend, locker verteilt, länglich, keilförmig und sperrig

werdend, seitlich zusammengedrückt. 7-9 mm lang (einschl. Grannen), locker 5-8-blütig, bei der Reife unter den Deckspelzen zerbrechend. Hüllspelze ausdauernd ungleich, schmal, dünn zugespitzt; untere sehr schmal und zugespitzt, 15-23 mm lang, 1-3-nervig; obere schmal lanzettlich, 20-32 mm lang, 3-5-nervig. Deckspelzen sich überdeckend, in Seitenansicht schmal, lanzettlich, fein zugespitzt, 22-36 mm lang, fein, 2-zählig an der Spitze, auf dem Rücken breit gerundet, Mittelnerv hervortretend, sehr rau, 7-nervig, fest mit Ausnahme der schmalen häutigen Ränder, mit einer geraden, kräftigen, rauhen, 3,5-6 cm langen Granne, dicht unter der Spitze ansetzend. Vorspelzen kürzer als die Deckspelzen, die zwei Kiele mit kurzen, steifen Haaren besetzen (HUBBARD, 1985).

Umfrage zur Trespenproblematik in Deutschland

1) Wie viel ha ackerbauliche Nutzfläche gehören zu Ihrem Dienstbezirk?

_____ ha

2) Treten in Ihrem Dienstbezirk Trespen im Ackerland auf?

Treten auf

Treten vereinzelt auf

Treten nicht auf

3) Wenn ja, welche Trespen-Arten treten hauptsächlich auf?

Taube Trespe (*Bromus sterilis* L.)

Roggentrespe (*Bromus secalinus* L.)

Japanische Trespe (*Bromus japonicus* Thunb. Ex Murr.)

Dachtrespe (*Bromus tectorum* L.)

Wiesentrespe (*Bromus commutatus* Schrad.)

Weiche Trespe (*Bromus mollis* L.)

Ackertrespe (*Bromus arvensis* L.)

Andere: _____

4) Seit wann treten Trespen auf ackerbaulichen Nutzflächen in Ihrem Dienstbezirk auf?

seit _____

5) Wie hoch ist der Anteil der Flächen mit Trespenbesatz im Vergleich zur gesamten ackerbaulich genutzten Fläche in Ihrem Dienstbezirk?

ca. _____%

6) Die meisten Unkrautarten sind nicht gleichmäßig auf der Fläche verteilt. Wie ist die Verteilung der Trespens auf den befallenen Flächen?

- Nicht gleichmäßig verteilt
- Gleichmäßig über die Fläche verteilt
- Überwiegend im Randbereich
- Keine Aussage möglich

7) Durch Trespens verursachte Probleme können sehr vielfältig sein. Sind Ihnen Probleme, die Trespens in Ihrem Dienstbezirk verursachen bekannt oder eher weniger bekannt?

Sind bekannt Weniger bekannt

8) Worin liegen die hauptsächlichen Probleme, die Trespens verursachen?
Bitte nennen Sie die Probleme:

- 9) Trespen treten in verschiedenen Kulturen in unterschiedlich starkem Maße auf und verursachen unterschiedlich starke Probleme.
In welchen Kulturen oder auf welchen Flächen in Ihrem Dienstbezirk treten Trespen auf, und wie schätzen Sie das Problem ein?

	großes Problem	mittleres Problem	geringes Problem	treten auf, sind aber kein Problem	treten nicht auf
Winterweizen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wintergerste	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Triticale	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Winterroggen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Winterraps	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sommergerste	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hafer	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
andere Kulturen					
welche:					
_____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
_____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Weideland und Wiese	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
begrünte Still-					
legungsflächen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
selbstbegrünte					
Stilllegungsflächen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ackerrandstreifen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

- 10) Die Stärke des Trespenbefalls wird oft durch die Fruchtfolge beeinflusst. Können Sie eine Aussage über die überwiegenden Fruchtfolgen auf den befallenen Flächen machen?

Ja

Nein

(Weiter mit Frage 12)

11) Um welche Fruchtfolgen handelt es sich überwiegend?

12) Weitere Einflussfaktoren für das Auftreten von Trespens stellen Bodenbearbeitung, Saatverfahren und Saattermin dar. Können Sie eine Aussage über die Bodenbearbeitungsverfahren, bzw. das Saatverfahren und den Saattermin auf den befallenen Flächen machen?

Ja

Keine Aussage möglich
(weiter mit Frage 14)

13) Wenn ja, welche Bodenbearbeitung bzw. welches Saatverfahren wird auf den befallenen Flächen überwiegend durchgeführt, und zu welchem Zeitpunkt wird gesät?

Eher wendende Bodenbearbeitung

Eher nicht-wendende (reduzierte) Bodenbearbeitung

Direktsaatverfahren

Eher Fröhsaat

Eher Spätsaat

14) Oft werden Trespens durch verunreinigtes Saatgut verbreitet. Haben Sie Hinweise darauf, dass das Auftreten von Trespens in Ihrem Dienstbezirk mit dem Einsatz von verunreinigtem Saatgut zusammenhängt?

Ja

Nein

Keine Angaben möglich

15) Ein weiterer Grund für die Verbreitung der Trespens kann der Einsatz von Lohnmähdreschern sein. Haben Sie Hinweise darauf, dass Lohnmähdrescher zur Ausbreitung der Trespens in Ihrem Dienstbezirk beigetragen haben?

Ja

Nein

Keine Angaben möglich

16) Das Vorkommen von Unkräutern ist unter anderem von der Bodenstruktur abhängig. Haben Sie Hinweise darauf, dass das Vorkommen von Trespens mit der Bodenstruktur in Zusammenhang steht?

- Ja
- Nein
- Keine Angaben möglich
(weiter mit Frage 18)

17) Wenn ja, auf welchen Böden treten Trespens bevorzugt auf?

- Schwere Böden
- Mittelschwere Böden
- Leichte Böden

18) Das Auftreten von Unkräutern ist unter anderem von Temperatur- und Niederschlagsverhältnissen abhängig. Haben Sie Hinweise darauf, dass die Standortverhältnisse Einfluss auf das Vorkommen von Trespens haben?

- Ja
- Nein
- Keine Angaben möglich
(weiter mit Frage 20)

19) Wenn ja, an welchen Standorten kommen Trespens bevorzugt vor?
(auch mehrere Antworten möglich)

- Trockenen Standorten
- Feuchten Standorten
- Wärmeren Standorten
- Kühleren Standorten

20) Betriebe mit Viehhaltung haben zuweilen eine andere Unkrautflora auf den Äckern als reine Ackerbaubetriebe. Treten Trespens in Ihrem Dienstbezirk eher auf Flächen von Viehhaltungsbetrieben oder auf Flächen reiner Ackerbaubetriebe auf?

- Eher auf Flächen von Betrieben mit Viehhaltung
- Eher auf Flächen von Betrieben mit reinem Ackerbau
- Zusammenhang ist nicht festzustellen

21) Wenn Betriebe mit Viehhaltung einen Einfluss haben, um welche Art der Viehhaltung handelt es sich dabei überwiegend?

- Schweinehaltung
- Rinderhaltung
- Geflügelhaltung
- Keine Aussage möglich

22) Welche Bekämpfungsmaßnahmen werden gegen Trespen in Ihrem Dienstbezirk durchgeführt?

Mechanisch

Kultur	Geräte	Zeitpunkt	Erfolg*

*(++ = sehr gut, + = gut, - = befriedigend, - - = schlecht)

Chemisch

Kultur	Herbizid	Zeitpunkt	Erfolg*

*(++ = sehr gut, + = gut, - = befriedigend, - - = schlecht)

Werden nicht bekämpft

23) Wie schätzen Sie, wird sich die Verunkrautung mit Trespen weiterentwickeln?

- Wird gleich bleiben
- Wird zunehmen
- Wird abnehmen
- Vermag ich zurzeit nicht abzuschätzen

24) Das erste selektive Herbizid gegen Trespen ist diesen Sommer zugelassen worden. Würden/ werden Landwirte in Ihrem Dienstbezirk ein Herbizid zur Bekämpfung von Trespen einsetzen?

Ja

Nein

Keine Angaben möglich

25) Sollten Sie über weitere Informationen oder eigene Beobachtungen über Trespen verfügen, die nicht angesprochen wurden, möchten wir Sie bitten diese kurz zu nennen.

Details zum Pflanzenschutz

Details zum Pflanzenschutz, Hohenheim

1999-2000		Präparat		
Zeitpunkt	Stadium(Kultur)	Handelsbezeichnung	Wirkstoff	g/l pro ha
17.04.00	30	Platform Pointer	Carfentrazone Tribenuron	800 30
26.04.00	33	Sportak alpha	Carbendazim, Prochloraz	1,5
09.05.00	40	Moddus Juwel Top	Trinexapac Epoconazol, Kresoxim-methyl	0,5 1,0
		Gladio	Propiconazol, Fen- propidin, Tebucona- zol	1,0
05.06.00	50	Flamenco Folicur	Fluquinconazol Tebuconazol	0,65 0,65
2000-2001				
24.04.01	29	Ralon Super	Fenoxaprop-P, Me- fenpyr	0,8
		Hoestar Pointer CCC 720	Amidosulfuron Tribenuron Chlormequat	30 20 1
27.04.01	30	Sportak alpha Juwel Top	Carbendazim, Prochloraz Epoconazol, Kresoxim-methyl	1,2 0,5
08.06.01	55	Taspa	Propiconazol, Difenoconazol	0,6
2001-2002				
02.04.02	29	Ralon Super	Fenoxaprop-P, Me- fenpyr	0,8
		Pointer	Tribenuron	40
22.04.02	30	Sportak alpha	Carbendazim, Prochloraz	0,8
		CCC 720	Chlormequat	1
08.05.02	30-39	Stratego	Propiconazol, Trifloxystrobin	0,3
		Gladio	Propiconazol, Fenpropidin, Tebuconazol	0,9
31.05.02	40-50	Opus Top	Fenpropimorph, Ep- oxiconazol	1
		Amistar	Azoxystrobin	0,3

 Details zum Pflanzenschutz, Ihinger Hof

2000-2001

Präparat

Zeitpunkt	Stadium(Kultur)	Mittel	Wirkstoff	g/l pro ha
24.04.01	30	Platform S	Carfentrazone	500
		Pointer	Tribenuron	30
		Ralon Super	Fenoxaprop-P, Me- fenpyr	0,8
27.04.01	33	Sportak alpha	Carbendazim, Prochloraz	1,5
		Tristar	loxynil, Fluroxypyr, Bromoxynil	1,2
	40	Moddus	Trinexapac	0,4
05.06.01	50	Folicur	Tebuconazol	0,65
		Flamenco	Fluquinconazol	0,65

2001-2002

04.04.02	29-30	Platform S	Carfentrazone	800
		Pointer	Tribenuron	30
		Ralon Super	Fenoxaprop-P, Me- fenpyr	1,2
03.06.02	40	Moddus	Trinexapac	0,6
		Juwel	Epoxiconazol, Kresoxim-methyl	1
		Gladio	Propiconazol, Fen- propidin, Tebu- conazol	1
11.06.02	50	Flamenco	Fluquinconazol	0,65
		Folicur	Tebuconazol	0,65
		Karate Zeon	Llamda-Cyhalothrin	0,075

 Details zum Pflanzenschutz, Hattersheim

2000-2001		Präparat		
Zeitpunkt	Stadium (Kultur)	Mittel	Wirkstoff	g/l pro ha
17.04.01	25-29	IPU	Isoproturon	2
		Husar	Mefenpyr, Iodosulfuron	50
05.05.01	33	Oratio	Carfentrazone	30
		CCC 720	Chlormequat	1
		Unix	Cyprodinil	1
12.06.01	55-60	CCC 720	Chlormequat	0,3
		Pronto Plus	Spiroxamine, Te- buconazol	1
		Perfekthion	Dimethoat	1,5
2001-2002				
28.03.02	30	Ralon Super	Fenoxaprop-P, Me- fenpyr	0,9
		Hoestar Super	Amidosulfuron	200
08.05.02	40	CCC 720	Chlormequat	1
		Stroby WG	Kresoxim-methyl	170
31.05.02	50	Impulse	Spiroxamine	1
		Starane XL	Florasulam, Fluroxypyr	1
04.06.02	55	Taspa	Propiconazol, Difenoconazol	0,5
		Perfekthion	Dimethoat	0,5

Monatsmittelwerte der Lufttemperatur und des Niederschlags am Standort
Stuttgart-Hohenheim, Versuchsjahr 1999/2000

	Lufttemperatur in 2 m Höhe [°C]			Niederschläge [mm]		
	Mittel	langj. Mittel	Abw.	Summe	langj. Mittel	% der Norm
September	17,3	14,1	3,2	51,8	52,5	99
Oktober	9,8	9,4	0,4	42,5	43,6	98
November	3,5	4,1	-0,6	84,1	52,8	159
Dezember	2,1	0,9	1,2	102,1	46,5	220
Januar	1,0	-0,2	0,2	40,1	41,4	97
Februar	4,9	1,2	3,7	60,5	39,1	155
März	6,3	4,6	1,7	58,0	40,7	143
April	11,0	8,3	2,7	29,8	58,0	51
Mai	15,1	12,7	2,4	96,7	81,7	118
Juni	18,5	15,8	2,7	15,9	92,1	17
Juli	16,3	17,8	-1,5	109,2	71,8	152
August	19,5	17,2	2,3	66,6	77,4	86
September	15,0	14,1	0,9	113,3	52,5	216
Versuchsjahr	11,7	9,2	1,5	870,6	750,1	124

Monatsmittelwerte der Lufttemperatur und des Niederschlags am Standort
Stuttgart-Hohenheim, Versuchsjahr 2000/2001

	Lufttemperatur in 2 m Höhe [°C]			Niederschläge [mm]		
	Mittel	langj. Mittel	Abw.	Summe	langj. Mittel	% der Norm
September	15,0	14,1	0,9	113,3	52,5	216
Oktober	10,8	9,4	1,4	44,8	43,6	103
November	6,7	4,1	2,6	51,9	52,8	98
Dezember	4,4	0,9	3,5	20,8	46,5	45
Januar	2,3	-0,2	2,5	61,0	41,4	147
Februar	3,9	1,2	2,7	56,2	39,1	151
März	6,8	4,6	2,2	117,9	40,7	290
April	7,6	8,3	-0,7	71,1	58,0	123
Mai	16,2	12,7	3,5	27,1	81,7	33
Juni	15,4	15,8	-0,4	135,7	92,1	147
Juli	19,5	17,8	1,7	42,9	71,8	60
August	20,1	17,2	2,9	33,5	77,4	43
September	11,8	14,1	-2,3	79,7	52,5	152
Versuchsjahr	10,8	9,2	1,6	855,9	750,1	124

Monatsmittelwerte der Lufttemperatur und des Niederschlags am Standort
Stuttgart-Hohenheim, Versuchsjahr 2001/2002

	Lufttemperatur in 2 m Höhe [°C]			Niederschläge [mm]		
	Mittel	langj. Mittel	Abw.	Summe	langj. Mittel	% der Norm
September	11,8	14,1	-2,3	79,7	52,5	152
Oktober	13,6	9,4	4,2	61,9	43,6	142
November	3,5	4,1	-0,6	81,4	52,8	154
Dezember	0,2	0,9	-0,7	49,9	46,5	107
Januar	0,5	-0,2	0,7	11,5	41,4	28
Februar	5,8	1,2	4,6	56,7	39,1	145
März	6,8	4,6	2,2	89,5	40,7	220
April	9,0	8,3	0,7	49,2	58,0	85
Mai	13,4	12,7	0,7	124,4	81,7	152
Juni	18,8	15,8	3,0	86,8	92,1	94
Juli	18,1	17,8	0,3	127,2	71,8	177
August	18,4	17,2	1,2	142,4	77,4	184
September	13,1	14,1	-1,0	85,6	52,5	163
Versuchsjahr	10,2	9,2	1,0	1046,2	750,1	139

Monatsmittelwerte der Lufttemperatur und des Niederschlags am Standort
Ihinger Hof, Renningen, Versuchsjahr 2000/2001

	Lufttemperatur in 2 m Höhe [°C]			Niederschläge [mm]		
	Mittel	langj. Mittel	Abw.	Summe	langj. Mittel	% der Norm
September	13,9	12,9	1,0	110,6	52,7	210
Oktober	9,9	8,6	1,3	47,9	48,1	100
November	5,4	3,5	1,9	42,5	52,1	83
Dezember	3,9	0,2	3,7	18,4	46,8	39
Januar	1,5	-0,5	2,0	43,4	39,2	111
Februar	2,8	0,2	2,6	47,4	37,5	126
März	5,8	3,8	2	124,8	43,1	290
April	6,4	7,0	-0,6	58,4	54,3	108
Mai	14,7	11,0	3,7	23,4	78,2	30
Juni	14,1	14,6	-0,5	99,9	90,9	110
Juli	17,7	17,0	0,7	59,9	71,9	83
August	18,1	16,6	1,5	49,2	45,5	108
September	11,0	12,9	-1,9	77,6	52,7	147
Versuchsjahr	9,6	8,3	1,3	803,4	713	119

Monatsmittelwerte der Lufttemperatur und des Niederschlags am Standort
Ihinger Hof, Renningen, Versuchsjahr 2001/2002

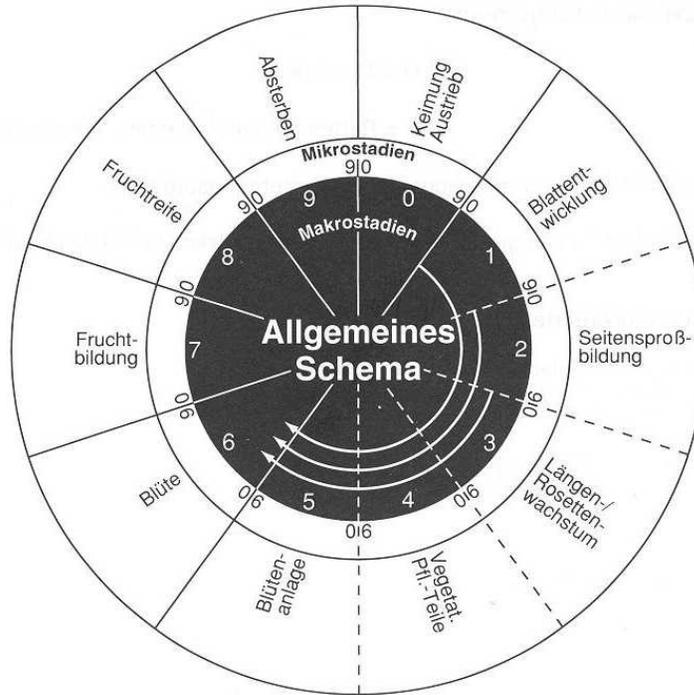
	Lufttemperatur in 2 m Höhe [°C]			Niederschläge [mm]		
	Mittel	langj. Mittel	Abw.	Summe	langj. Mittel	% der Norm
September	11,0	12,9	-1,9	77,6	52,7	147
Oktober	12,2	8,6	3,6	60,8	48,1	126
November	2,7	3,5	-0,8	75,7	52,1	145
Dezember	-0,6	0,2	-0,8	53,0	46,8	113
Januar	0,0	-0,5	0,5	11,2	39,2	29
Februar	4,9	0,2	4,7	61,1	37,5	163
März	5,7	3,8	1,9	76,1	43,1	177
April	8,0	7,0	1,0	32,3	54,3	59
Mai	12,4	11,0	1,4	146,9	78,2	188
Juni	17,7	14,6	3,1	43,5	90,9	48
Juli	17,2	17,0	0,2	108,7	71,9	151
August	16,9	16,6	0,3	119,6	45,5	263
September	12,1	12,9	-0,8	91,9	52,7	174
Versuchsjahr	9,2	8,3	1,0	958,4	713	137

Monatsmittelwerte der Lufttemperatur und des Niederschlags am Standort
Hattersheim, Versuchsjahr 2000/2001

	Lufttemperatur in 2 m Höhe [°C]			Niederschläge [mm]		
	Mittel	langj. Mittel	Abw.	Summe	langj. Mittel	% der Norm
September	15,3	14,8	0,5	88	46	191
Oktober	11,2	9,7	1,5	81	51	159
November	6,9	5,1	1,8	56	40	140
Dezember	4,2	2,2	2	52	44	118
Januar	2,3	1,0	1,3	62	37	168
Februar	4,6	2,2	2,4	56	32	175
März	6,7	5,7	1,0	115	32	359
April	8,7	9,8	-1,1	68	37	184
Mai	16,6	14,2	2,4	27	42	64
Juni	16,2	17,6	-1,4	59	53	111
Juli	20,3	19,0	1,3	48	56	86
August	20,1	18,2	1,9	57	59	97
September	13,0	14,8	-1,8	67	46	146
Versuchsjahr	11,2	10,3	0,9	836	575	154

Monatsmittelwerte der Lufttemperatur und des Niederschlags am Standort
Hattersheim, Versuchsjahr 2001/2002

	Lufttemperatur in 2 m Höhe [°C]			Niederschläge [mm]		
	Mittel	langj. Mittel	Abw.	Summe	langj. Mittel	% der Norm
September	13,0	14,8	-1,8	67	46	146
Oktober	13,0	9,7	3,3	42	51	82
November	4,9	5,1	-0,2	78	40	195
Dezember	2,0	2,2	-0,2	27	44	61
Januar	1,3	1,0	0,3	11	37	30
Februar	6,6	2,2	4,4	77	32	241
März	7,3	5,7	1,6	49	32	153
April	10,1	9,8	0,3	36	37	97
Mai	14,7	14,2	0,5	61	42	145
Juni	19,2	17,6	1,6	42	53	79
Juli	18,7	19,0	-0,3	123	56	220
August	19,7	18,2	1,5	51	59	86
September	14,4	14,8	-0,4	24	46	52
Versuchsjahr	11,1	10,3	0,8	688	575	122

Entwicklungsstadien des Getreides - BBCH-Code (BBA, 1997)

Curriculum Vitae

Ralph Moray
Olivenstrasse 2a
70619 Stuttgart

Geboren am:	22.10.1969
Geboren in:	Eberbach/Neckar
Staatsangehörigkeit:	Deutsch
Religion:	Römisch-katholisch
09/1975-07/1979	Dr. Weiss Grundschule, Eberbach
09/1980-05/1989	Hohenstaufen-Gymnasium, Eberbach
09/1989-08/1991	Ausbildung zum Gärtner (Blumen und Zierpflanzenbau), Gärtnerei Häffner, Eberbach
09/1991-07/1992	Tätigkeit im Bereich Garten- und Landschaftsbau
10/1992-02/1999	Studium der Agrarbiologie an der Universität Hohenheim (Unterbrechung durch ein Praxisjahr)
05/1999-heute	Forschungsprojekt „ <i>Bromus</i> -Arten in Winterweizen - Verbreitung, Bedeutung und Populationsdynamik“, Universität Hohenheim, Institut für Phytomedizin, Fachgebiet Herbologie

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. K. Hurle für die Überlassung des Themas, die Übernahme des Referates und die gewährten Freiheiten bei der Arbeit bedanken.

Meinen Kolleginnen und Kollegen aus dem Fachgebiet Herbologie danke ich nicht nur für die fachliche Unterstützung, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen hat.

Ein besonderer Dank gilt dabei der Feldmannschaft des Instituts für Phytomedizin für die Hilfe bei der Durchführung der Feldversuche.

Der Firma Bayer CropScience (früher Aventis CropScience) danke ich für die finanzielle Unterstützung der Arbeit. Insbesondere Herrn Dr. Hacker danke ich für seine Hilfe und stetige Diskussionsbereitschaft. Stellvertretend für die Feldmannschaften bei Aventis CropScience (heute Bayer CropScience) und auf dem Ihinger Hof, möchte ich Herrn Reuter und Herrn Kärcher für die Hilfe und Betreuung beim Durchführen der Versuche danken.

Abschließend sei all meinen Freunden und insbesondere meiner Familie gedankt, die mich in dieser oft schwierigen Zeit unterstützt und teilweise auch wieder aufgebaut haben. Pero el mayor reconocimiento a mi esposa Lucia por su constante apoyo durante esta etapa en mi vida, muchas gracias!

Erklärung

Hiermit erkläre ich, Ralph Moray, geboren am 22.10.1969 in Eberbach/Baden, das ich die vorliegende Dissertation selbstständig angefertigt habe und die von mir genutzten Quellen und Hilfsmittel als solche in der Arbeit angegeben habe. Weiterhin sind alle von mir wörtlich oder inhaltlich übernommenen Stellen als solche gekennzeichnet.

Stuttgart den 14.06.2004