



Interaktionen zwischen Anbaubedingun- gen, Pilzbefall, Backqualität und Mykotoxinbelastung in der ökologischen Weizenproduktion

Herausgeberin:

Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau
in der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)
53168 Bonn

Tel.: +49 228 6845-280 (Zentrale)

Fax: +49 228 6845-787

E-Mail: geschaeftsstelle-oekolandbau@ble.de

Internet: www.bundesprogramm-oekolandbau.de

Finanziert vom Bundesministerium für
Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft
im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau

Auftragnehmer:

Fachgebiet Ökologischer Pflanzenschutz, Fachbereich
Ökologische Agrarwissenschaften der Universität Kassel und
Bundesanstalt für Züchtungsforschung, Aschersleben

Dieses Dokument ist über <http://forschung.oekolandbau.de> verfügbar.



Dieses Dokument ist in der Wissenschaftsplattform des Zentralen Internetportals "Ökologischer Landbau" archiviert und kann unter www.orgprints.org/4745 heruntergeladen werden.

Abschlußbericht

514-43.10/02 OE181

Forschungsvorhaben:

**„Interaktionen zwischen Anbaubedingungen, Pilzbefall,
Backqualität und Mykotoxinbelastung in der ökologischen
Weizenproduktion“**

Laufzeit 1.7.02-31.12.03

Bearbeitet durch:

Fachgebiet Ökologischer Pflanzenschutz, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften,
Universität Kassel;

Georg Schulze-Schilddorf, Andreas Butz, Lisa Greiner, Christian Knape, Katja Lützkendorf und
Maria R. Finckh

Und: Bundesanstalt für Züchtungsforschung, Aschersleben;

Frank Rabenstein

Inhaltsverzeichnis

1 ZIELE DES PROJEKTS, DARSTELLUNG DES MIT DER FRAGESTELLUNG VERBUNDENEN ENTSCHEIDUNGSHILFE-/BERATUNGSBEDARFS IM BMVEL	4
1 ZIELE DES PROJEKTS, DARSTELLUNG DES MIT DER FRAGESTELLUNG VERBUNDENEN ENTSCHEIDUNGSHILFE-/BERATUNGSBEDARFS IM BMVEL	4
1.1 Planung und Ablauf des Projekts	5
1.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde	8
1.2.1 Backqualität von Ökologischem Weizen	8
1.2.3 Fusariumbefall, Mykotoxine und Backqualität	8
1.2.4 Nachweismethoden für einen Fusariumbefall in Getreidekörnern.....	9
1.2.5 Sortenmischungen, Krankheiten und Backqualität.....	10
2 MATERIAL UND METHODEN FELDVERSUCHE	12
2.1 Versuchsaufbau	12
2.1.1 Versuchsdesign	12
2.1.2 Versuchsorte	13
2.1.3 Sortenbeschreibung	15
2.1.4 Versuchsdurchführung	17
2.2 Datenerhebung	18
2.2.1 Bestandesentwicklung und Beikräuter	18
2.2.2 Krankheiten	19
2.2.2.1 Fußkrankheiten.....	19
2.2.2.2 Blatt- und Ährenkrankheiten.....	20
2.2.3 Wetter	20
2.2.4 Ertrag.....	20
2.2.5 Qualitätsuntersuchungen.....	21
2.3 Datenanalyse	22
2.3.1 Analyse Krankheiten.....	23
2.3.1.1 Blattkrankheiten.....	23
2.3.1.2 Fußkrankheiten.....	23
2.3.2 Analyse Ertragsdaten und Qualitätsparameter.....	24
3 ERGEBNISSE FELDVERSUCHE	25
3.1 Versuchsverlauf	25
3.2 Pflanzenentwicklung	26
3.2.1.Feldaufgang und Auswinterung.....	26
3.2.2 Bestandesdichten und Entwicklungsstadien	28
3.3 Beikräuter und Krankheiten	33
3.3.1 Beikräuter	33
3.3.2 Krankheiten	35

3.3.2.1 Blatt und Ährenkrankheiten	35
3.3.2.2 Fußkrankheiten.....	36
3.4 Ertrag und Ertragskomponenten	38
3.4.1 Erträge.....	38
3.4.2 Ertragskomponenten	42
3.4.3 Verhalten der Sorten im Mischbau	44
3.4.4 Ertragsstabilität der Reinsaaten und der Mischung.....	45
3.4.5 Dynamik der Konkurrenzbeziehungen zwischen den Sorten im Mischbestand	47
3.5 Qualitätsparameter.....	49
3.5.1 Beziehung verschiedener Qualitätsparameter untereinander	53
3.5.1 Stabilität der Backqualität in Reinbeständen und Mischungen.....	54
4 SEROLOGISCHER NACHWEIS VON FUSARIUM - BEFALL IN PROBEN AUS DEM ÖKOLOGISCHEN ANBAU.....	55
4. 1. Ziele und Aufgabenstellung des Projekts:.....	55
4.1.1 Planung und Ablauf des Teilprojektes	55
4.1.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde	56
4.2 Material und Methoden	58
4.2.1 Antiserumgewinnung, Testentwicklung und PTA-ELISA.....	58
4.2.2 Enzymamplifikation und Western blotting.....	59
4.2.3 Mykotoxinbestimmungen.....	59
4.3 Ergebnisse	59
4.3.1 Ausführliche Darstellung und Diskussion der wichtigsten Ergebnisse	59
4.3.1.1 Plate trapped antigen (PTA)-ELISA und Mykotoxingehalte	59
4.3.1.2 Western blot (WB) Analysen	61
4.3.1.3 Mykotoxin-Analysen	62
5 NUTZEN UND VERWERTBARKEIT DER ERGEBNISSE FÜR DEN ÖKOLOGISCHEN LANDBAU; MÖGLICHKEITEN DER UMSETZUNG	64
6 ZUSAMMENFASSUNG	65
6.1 Feldversuche	65
6.2 Serologischer Fusarien und Mykotoxinnachweis.....	65
7 GEGENÜBERSTELLUNG DER URSPRÜNGLICH GEPLANTEN ZU DEN TATSÄCHLICH ERREICHTEN ZIELEN	66
7.1 Feldversuche	66
7.2 Mykotoxinuntersuchungen	66
8 WEITERFÜHRENDE FRAGESTELLUNGEN	66
9 LITERATURVERZEICHNIS	67

1 Ziele des Projekts, Darstellung des mit der Fragestellung verbundenen Entscheidungshilfe-/Beratungsbedarfs im BMVEL

Um eine hohe Backqualität zu erreichen, muss der Weizen optimal mit Nährstoffen versorgt werden. Dies bedeutet im ökologischen Landbau, dass das N-Angebot erhöht werden muss. Während dies einerseits Erträge und/oder Qualität steigern kann, erhöht es andererseits auch die Anfälligkeit des Bestandes, vor allem gegenüber obligaten Pathogenen wie Rost und Mehltau. Außerdem nimmt der Fusariumbefall bei erhöhtem N-Angebot deutlich zu. Fusariumbefall beeinflusst die Qualität durch die Produktion von Mykotoxinen sowie durch eine unmittelbare Verminderung der Backqualität.

Getreidemischungen sind in der Lage, effektiv den Befall mit Rost und Mehltau zu regulieren und können sich unter Umständen auch auf Fusariumbefall auswirken (Vilich-Meller, 1992). Erste eigene Ergebnisse haben gezeigt, dass grundsätzlich die Produktion von Qualitätsweizen in Mischungen möglich ist und verschiedene Ökobetriebe produzieren bereits Backweizen in Sortenmischungen. Die meisten Mühlen stehen dem Ankauf von Getreidesortenmischungen skeptisch gegenüber, da Unsicherheit über deren Qualität besteht. Vor dem Mahlen mischen die Müller anhand von Erfahrungswerten und veröffentlichten Untersuchungsergebnissen verschiedene Sorten, um die von den Bäckern gewünschten Qualitäten zu erreichen. Den Landwirten, Müllern und Verarbeitern stehen bisher kaum verlässliche Daten zur Verfügung, um den Nutzen von Sortenmischungen einschätzen zu können. Ergebnisse aus konventionellem Anbau lassen allerdings den Schluss zu, dass die angestrebten Qualitäten in Sortenmischungen in der Tendenz sogar sicherer zu erreichen sind (Siehe Punkt 1.2: Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde).

Das erste Ziel des Vorhabens war es zu überprüfen, ob die bereits in mehreren ökologisch wirtschaftenden Praxisbetrieben angebaute Sortenmischungen tatsächlich die Backqualität und die Gesundheit des Weizens positiv beeinflussen und ob, basierend auf Hintergrundinformationen in Bezug auf die Anbaubedingungen (Nährstoffversorgung, Fruchtfolgegestaltung, allgemeiner Befallsdruck), Voraussagen über die Produktqualität und dabei vor allem die Mykotoxinbelastung gemacht werden können.

Der Nachweis von Fusarium-Arten erfolgt in der Regel durch Anzucht und eine mikroskopische Artenbestimmung (Adolf, 1998). In kostspieligen weiteren Untersuchungen muss dann noch die Mykotoxinbelastung festgestellt werden. Dieses Verfahren ist zwar zuverlässig, aber zwischen dem Zeitpunkt der Probennahme und der Feststellung des Ergebnisses liegen einige Wochen. Da jedoch mit zunehmendem Befall die Amylase- und Protease-Aktivitäten im Getreide deutlich ansteigen und der Ährenbefall gut mit den untersuchten Enzymen korreliert (Pawelzik et al., 1998), könnten anstatt der Anzuchtmethode serologische Verfahren genutzt werden. Enzymimmunoassays (EIAs) erscheinen hierfür besonders geeignet (z. B. Kwak et al., 1999; Li et al. 2000), wobei in Untersuchungen der Bundesanstalt für Züchtungsforschung sowohl polyklonale Antiseren (PAS) (z. B. Foroughi-Wehr et al., 1995, 1996) als auch monoklonale Antikörper (MABs) für eine Evaluierung von Zuchtmaterial auf Pilzbefall eingesetzt werden konnten (Rabenstein et al., 1998, 1999, 2000).

Das zweite Ziel des beantragten Projektes war es, auf der Basis von serologischen und biologischen Verfahren verbesserte Methoden zu entwickeln, die einen empfindlichen quantitativen Nachweis von Fusarium - Arten (Pilzmenge) und Mykotoxinen in Getreidekörnern erlauben. Diese Methoden können sowohl in Qualitätsuntersuchungen als auch in der Saatgutenerkennung genutzt werden und eine bedeutende Lücke in der Qualitätssicherung und Saatguthygiene schließen.

1.1 Planung und Ablauf des Projekts

Das Projekt teilte sich in mehrere Teilprojekte (TP) auf. Diese wurden vernetzt und parallel durchgeführt.

TP 1: Aufarbeitung und Qualitätsuntersuchung von Rückstellproben des Versuchsjahres 2000/2001 und Ernte 2001/2002.

TP 2: Serologische Untersuchung von Getreideproben aus Ökologischem Anbau 2002, Erstellung der Korrelation mit Mykotoxinbelastung.

TP 3: Durchführung des Exaktversuches an der Universität Kassel 2002/2003.

TP 4: Betreuung der Praxisversuche in Hessen, 2002/2003.

TP 5: Berichte, Feldtage und Workshop zur Information der Praxis.

TP 1: Aufarbeitung und Qualitätsuntersuchung von Rückstellproben der Versuchsjahre 2000/2001, 2001/2002

Es wurden die Qualitätsparameter Rohprotein, Fallzahl und Feuchtgluten der Reinbestände aus dem Jahre 2000/2001 ermittelt. Durch die Veränderung der Versuchspläne für TP3 erwies es sich als sinnvoller, den Schwerpunkt der Qualitätsuntersuchungen auf die systematisch mit der Sorte Renan und Capo zusammengestellten Mischungen des Versuchsjahres 2002/2003 zu legen (siehe TP3).

TP 2: Serologische Untersuchung von Getreideproben aus Ökologischem Anbau 2002, Erstellung der Korrelation mit Mykotoxinbelastung

An der Bundesanstalt für Züchtungsforschung in Aschersleben wurden Laborversuche an 164 Weizensaatgutproben aus ökologischem Anbau durchgeführt. Alle Proben wurden serologisch auf Fusarienbefall und Mykotoxine untersucht, um die Korrelation der serologischen Fusarien-Werte mit Mykotoxinkontamination zu ermitteln. Zur Kontrolle, und da letztendlich auf den ökologischen Proben kein Befall nachzuweisen war, wurden zusätzliche Proben aus befallenen Feldern und aus der Züchtungsforschung der BAZ auf Befall mit *Fusarium*-Arten untersucht.

Vergleichende Untersuchungen zum Nachweis des wichtigsten Mykotoxins DON wurden unter Verwendung unterschiedlicher, kommerziell verfügbarer Testsysteme erprobt, um Aussagen zur Eignung (Leistungsfähigkeit, Preisvergleich) der Testvarianten unterschiedlicher Anbieter (z. B. R-Biopharm, BAG und andere) treffen zu können.

TP 3: Durchführung des Exaktversuches an der Universität Kassel 2002/2003

Basierend auf den Diskussionen mit Landwirten und den Beratern zur Sortenwahl 2002/2003 wurde das Sortenspektrum weitgehend verändert und es wurde ein Schwerpunkt auf Mischungen mit den Sorten Renan und Capo gelegt. Sieben Winterweizensorten, inklusive der Sorten Capo und Arina, die in TP 4 zum Einsatz kamen, wurden als Reinbestände und in 12 Zwei-Komponenten Mischungen (1:1 Mischungen nach Keimfähigkeitstests) sowohl nach der Vorfrucht Klee gras als auch nach Kartoffeln in einer Spalt-Blockanlage mit vier Wiederholungen im Herbst 2002 auf dem Versuchsbetrieb der Universität Kassel Neu-Eichenberg Dorf ausgesät (anstatt der ursprünglich vorgesehenen 7 Behandlungen also 20 Behandlungen pro Vorfrucht und Wiederholung = 160 Parzellen).

Es wurden folgende Daten erhoben:

- Klimadaten von der eigenen Wetterstation auf den Versuchsflächen
- Bodenproben vor Aussaat und ab frühem Frühjahr 3 Mal pro Großparzelle: N-min Verlauf 30/60/90cm
- Bestandesentwicklung, Krankheiten inklusive Fußkrankheiten, Ertrag
- Backqualitätsuntersuchungen: Rohprotein, Fallzahl, Feuchtgluten, Teigeigenschaften, Backversuch
- Da nur geringfügiger Fusarium Befall im Bestand auftrat, keine weiteren serologischen Untersuchungen von diesem Material

TP 4: Betreuung der Praxisversuche in Hessen, 2002/2003

Auf zehn Praxisbetrieben und in Hebenshausen nach zwei Vorfrüchten (= zwei Zusatzstandorte) wurden Reinbestände der Sorten Bussard und Arina und die Mischung der beiden Sorten mit betriebsüblicher Technik in drei parallelen Streifen gesät. Für die Felder wurden die Anbaubedingungen (Düngung und Vorfrüchte der letzten 3 Jahre) ermittelt. Es wurden dieselben Daten erhoben wie im Exaktversuch (TP 3). Zusätzlich wurden Ernteproben von Hand genommen, um das Mischungsverhältnis der Sorten zu bestimmen und das Verhalten der Sorten in den Mischungen getrennt untersuchen zu können. Die Klimadaten wurden von der jeweils nächstgelegenen Wetterstation eingeholt.

TP 5: Berichte, Feldtage und Workshop zur Information der Praxis

Die Versuche wurden am 17.6. 2003 im Rahmen der DLG-Feldtagung zum Thema Weizenanbau anhand des Beispiels des Betriebes W in der Wetterau vorgestellt. Am 24.6. wurde der Versuch auf dem Versuchsbetrieb der Universität Kassel Domäne Frankenhausen im Rahmen des Getreidetages vorgestellt.

Am 25.11 wurden die Ergebnisse bei Treffen des AK Ökologischer Ackerbau des Hessischen Dienstleistungszentrums für Landwirtschaft, Gartenbau und Naturschutz (HDLGN) in Alsfeld vorgestellt und im Rahmen eines Workshops am 18.12. im Detail diskutiert.

Tab. 1: Zusammenfassung der Angestrebten Meilensteine im Projekt und Modifikationen

Meilenstein	Teilprojekt	Meilenstein Titel	Zeitpunkt geplant	Tatsächlich erreicht
1.1.	1	Backqualitätsuntersuchungen Rückstellproben 2000/2001 komplett	10/ 02	2/03
1.2.	1	Saatgutqualitätsuntersuchungen Ernte 2002 komplett	02/ 03	2/03
1.3.	1	Backqualitätsuntersuchungen Ernte 2002 komplett	05/ 03	- ¹
2.1	2	Weizensaatgutproben und Hintergrundinformation eingeholt	11/ 02	11/02
2.2	2	Saatgutqualitätsuntersuchungen komplett	02/ 03	2/03
2.3.	2	Serologische Entwicklungen und Optimierungen abgeschlossen	05/2003	8/03
2.4	2	Korrelation serologischer Fusariennachweis und Mykotoxinbelastung erstellt	06/ 03	10/03
3.1.	3	Feldversuch abgeschlossen	08/ 03	08/ 03
3.2.	3	Backqualitätsuntersuchungen abgeschlossen	11/ 03	12/ 03
3.3.	3	Serologische und Mykotoxinuntersuchungen abgeschlossen	10/ 03	10/03 ²
4.1.	4	Praxisversuche abgeschlossen	08/ 03	08/ 03
4.2.	4	Backqualitätsuntersuchungen abgeschlossen	11/ 03	12/ 03
4.3.	4	Serologische und Mykotoxinuntersuchungen abgeschlossen	10/ 03	10/03 ²
5.1.	5	Ergebnisse TP 1 aufgearbeitet und auf Feldtagen 2003 präsentiert	06/ 03	06/ 03
5.2.	5	Ergebnisse TP 2 aufgearbeitet und auf Feldtagen 2003 präsentiert	06/ 03	06/ 03
5.3.	5	Workshop für Praxis und Verarbeitung mit Vorstellung der Ergebnisse durchgeführt	11/ 03	12/ 03
5.4.	5	Endbericht erstellt	12/ 03	2/ 04
5.5.	5	Veröffentlichung der Ergebnisse im Beraterrundbrief	12/ 03	- ³

¹Durch die Veränderung und Erweiterung des Versuches des Jahres 2002/03 wurden die Qualitätsuntersuchungen im Rahmen von TP 3.2 erweitert und für TP 1.3 nur teilweise durchgeführt.

²Keine Proben aus den Versuchen 2002/2003 wurden untersucht, da kein Fusarienbefall vorlag. Es wurde auf andere Proben von Züchtern und dem konventionellen Anbau zurückgegriffen.

³Die Veröffentlichung ist für den Frühsommer 2004 vorgesehen rechtzeitig zur Planung des Anbaus 2004/2005.

1.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

1.2.1 Backqualität von Ökologischem Weizen

Die Backqualität ökologisch angebauten Weizens ist häufig erheblich niedriger als bei konventionellem Weizen. Diese Unterschiede werden maßgeblich durch das geringere N-Düngungsniveau und damit einhergehenden geringeren Rohprotein- und Glutengehalten sowie einer veränderten Glutenzusammensetzung begründet (unter anderem Seibel, 1996). Neben der N-Versorgung spielen zur Ausbildung der Backqualität der Befall mit Krankheiten, insbesondere mit obligaten Pathogenen wie Rost und Mehltau und den Ährenfusariosen, eine herausragende Rolle. Die obligaten Pathogene reduzieren direkt den Proteingehalt, da sie zur Ableitung von Nährstoffen vom Korn in die befallenen Blätter führen, während bei Fusarium-Befall die Glutenqualität erheblich beeinträchtigt wird (Pawelzik et al., 1998).

Während Weizen mit niedrigen Protein- und Glutengehalten relativ problemfrei zu Vollkornprodukten verarbeitet werden kann, werden bei Produkten aus niedrig ausgemahlene Mehlen geringere Gebäckvolumina erreicht, die nicht immer den konventionellen Qualitätsvorstellungen entsprechen. Um im ökologischen Landbau eine hohe Backqualität zu erreichen, wird die N-Versorgung unter anderem durch zusätzliche Düngergaben in Form von Gülle und Gründüngung, die Fruchtfolgegestaltung oder Anbau in weiter Reihe erhöht. Während dies Erträge und/oder Qualität steigern kann, erhöht es auch die Anfälligkeit des Bestandes vor allem gegenüber obligaten Pathogenen wie Rost und Mehltau aber auch gegen Fusarium-Arten. Ebenfalls setzt die Seneszenz in hoch gedüngten Beständen später ein, was die Tendenz zum Befall mit Ährenfusariosen erhöhen kann.

1.2.3 Fusariumbefall, Mykotoxine und Backqualität

Ähreninfektionen mit *Fusarium* rufen eine auch als „Partielle Taubährigkeit“ bezeichnete Erkrankung hervor, die nicht nur eine signifikante Ertragsreduktion und Verringerung der Kornqualität bewirkt, sondern infolge der in den Körnern akkumulierten Mykotoxine auch eine für Mensch und Tier gefährliche Kontamination mit verschiedenen Mykotoxinen (Trucksess, 1995) verursacht. Die durch diese Pathogene während ihres Stoffwechsels produzierten Mykotoxine (Sweeney & Dobson, 1999) stellen ein erhebliches Gesundheitsrisiko dar (Dänike & Oldenburg, 2000) (siehe z. B. auch: <http://www.lfe.bayern.de/lebensmittel/mykotox.html>).

Die Erkrankung, die bei Getreide-Arten hauptsächlich durch *Fusarium graminearum* Schwabe und *F. culmorum* (W. G. Smith) Sacc., verursacht wird, stellt ein weltweites Problem dar (siehe z. B. <http://wheat.pw.usda.gov/>). In den USA wurde, bedingt durch die hohen Ernteverluste, die US Wheat and Barley Scab Initiative: <http://www.scabusa.org/> eingeleitet. Neben *F. graminearum* und *F. culmorum* sind in Kanada *F. avenaceum* und *F. crookwellense* sowohl beim Weizen als auch bei Gerste von größerer Bedeutung (Fusarium head blight in Canada <http://www.cgc.ca/Pubs/fusarium/fusarium-e2.htm>). Über eine Zunahme des Befalls in Kanada an Weizen (Gilbert & Tekauz, 2000), Gerste (Tekauz et al., 2000) und Hafer (Clear et al., 2000) wurde kürzlich berichtet. Neuere Übersichtsarbeiten zu Ährenfusariosen (englisch: Fusarium head blight (FHB) oder Scab) sind z. B. bei Mesterhazy (1995), Parry et al. (1995) und

Miedaner (1997) oder im Internet unter <http://www.nal.usda.gov/pgdic/WHS/whsindex.html> zu finden.

Auch in Europa wird der Erkrankung eine steigende Bedeutung zugemessen (Bottalico, 1998). In Deutschland kann ihre Bedeutung bei Weizen (Zinkernagel et al., 2000) und Gerste (Mielke, 2000) als Folge steigenden Anbaues von Mais und Getreide sowie veränderter und reduzierter Bodenbearbeitung, auch im Rahmen des ökologischen Landbaus, noch weiter zunehmen. Bisher stehen für den Ökologischen Landbau keine ausreichend resistenten Getreidesorten zur Verfügung, um einen Befall mit *Fusarium* Arten effektiv zu verringern. Gegenwärtig stehen neben den Ertragseinbußen durch einen *Fusarium*-Befall insbesondere die Beeinträchtigung der Back- und Brauqualität (Bechtel et al., 1985; Meyer et al., 1986) durch Mykotoxinbelastung sowie der Qualität des befallenen Saatgutes (Piorr, 1990a; 1990b; 1990c; 1991; 1993) im Vordergrund des Interesses.

Aufgrund der Bildung von Mykotoxinen und deren Derivaten stellen Fusarien (vor allem *F. graminearum* und *F. culmorum*) eine potentielle Gefährdung der hygienisch- toxikologischen Qualität von Getreide und seinen Verarbeitungsprodukten sowohl für die menschliche als auch tierische Ernährung dar. Die wichtigsten Mykotoxine sind hierbei Zearalenon (ZEA) und Trichothecene, insbesondere Deoxynivalenol (DON) (unter anderem Lepschy, 1992; Obst et al., 1992; Ludewig et al., 2000). Ein Auftreten von Fusarien ist potentiell immer mit der Bildung von Mykotoxinen in Verbindung zu bringen, allerdings variieren Ährenbefall und die Toxinbildung witterungsbedingt (Zinkernagel et al., 2000). So schwankte in Bayern z.B. der mittlere DON - Gehalt von Weizenproben zwischen 50 µg/kg (1989, 1994 und 1995) bis 227 µg/kg (im Jahr 1999) (Beck & Lepschy, 2000). Besonders beachtet werden muss auch, dass eine Kontamination mit Mykotoxinen durch schlechte Lagerbedingungen des Getreides kontinuierlich noch verstärkt werden kann (Hamdork et al., 2000).

Zusätzlich zur Toxinbelastung aber können durch Fusarien weitere gravierende Qualitätsveränderungen in den Ernteprodukten ausgelöst werden (Bechtel et al., 1985; Dexter et al., 1996, 1997; Meyer et al., 1986; Seitz et al., 1986), da sie in das Getreidekorn eine Reihe von Enzymen ausschütten, um Inhaltsstoffe abzubauen und für sich selbst verfügbar zu machen. Bereits bei einem Ährenbefall von 20% ist der Einfluss des Fusarienbefalls auf die rheologischen Teigeigenschaften Stabilität, Erweichung und Dehnung deutlich. Dies konnte auf eine Abnahme des Feuchtglutengehaltes sowie eine Veränderung in der Zusammensetzung der glutenbildenden Proteinfractionen zurückgeführt werden, wobei sowohl der Gliadin-, als auch der Gluteningehalt in geringeren Konzentrationen im Vergleich zu unbefallenem Weizen vorlagen (Permady, 1999). Backversuche führten zu dem Ergebnis, dass die Gebäckstücke, welche aus dem Mehl mit stark befallenen Proben hergestellt waren, große Beeinträchtigungen aufwiesen (Lege, 2001). Ein wichtiges Ergebnis ist, dass für eine zuverlässige Qualitätsbestimmung der Pilzbefall, vor allem durch *Fusarium*, miterfasst werden muss.

1.2.4 Nachweismethoden für einen Fusariumbefall in Getreidekörnern

Der Nachweis von *Fusarium*-Arten erfolgt in der Regel durch Anzucht und eine mikroskopische Artenbestimmung (Adolf, 1998). In teuren separaten Untersuchungen muss dann noch die

Belastung mit einer Anzahl verschiedener Mykotoxine festgestellt werden. Dieses Verfahren ist zwar zuverlässig, aber zwischen dem Zeitpunkt der Probenahme und der Feststellung des Ergebnisses liegen einige Wochen.

Da jedoch mit zunehmendem Befall die Amylase- und Protease-Aktivitäten im Getreide deutlich ansteigen und der Ährenbefall gut mit den untersuchten Enzymen korreliert (Pawelzik et al., 1998), könnten anstatt der mikrobiologischen Anzuchtmethode, spezifische serologische Verfahren genutzt werden. Solche Analysenmethoden, die bei einem hohen Probendurchsatz einen empfindlichen quantifizierbaren Nachweis von Fusarium-Arten (Pilzmenge) und Mykotoxinen in Getreidekörnern erlauben, sind für die Implementierung von verbesserten Saatguthygienevorschriften und Qualitätskriterien eine wichtige Voraussetzung. Serologische Methoden, insbesondere Enzymimmunoassays (EIAs), erscheinen hierfür besonders geeignet (z. B. Kwak et al., 1999; Li et al., 2000), wobei an der Bundesanstalt für Züchtungsforschung sowohl polyklonale Antiseren (PAS) (z. B. Foroughi-Wehr et al., 1995, 1996) als auch monoklonale Antikörper (MABs) (Rabenstein et al., 1998) für eine Evaluierung von Zuchtmaterial auf Pilzbefall eingesetzt werden konnten. Erste Ergebnisse zum Nachweis von Fusarium-Befall in Gerststenkörner liegen ebenfalls bereits vor (Rabenstein et al., 1999; 2000).

1.2.5 Sortenmischungen, Krankheiten und Backqualität

Sortenmischungen von Getreidearten werden weltweit auf über 1Mio ha angebaut, vor allem um Krankheiten zu reduzieren und Ertragsstabilität zu erreichen (Finckh et al., 2000a). Die Reduktion von windverbreiteten Krankheiten (z.B. Rost, Mehltau) ist vielfach wissenschaftlich belegt und beruht auf einer Vielfalt von Mechanismen wie Verdünnungs- und Barriereneffekten, induzierter Resistenz, veränderte Wirts-Parasiten-Interaktionen u.v.m. (Finckh & Wolfe, 1998; Finckh et al., 2000a, b; Mundt, 1990). Ertragsstabilität wird vor allem durch Kompensation weniger befallener Pflanzen in Mischungen und auch durch Nischendifferenzierung zwischen den Sorten erreicht. Hinweise, dass in Mischungen der Befall mit Fusariosen reduziert werden kann (Vilich-Meller, 1992) sind bisher nicht systematisch untersucht worden.

Obwohl die Vorteile von Sortenmischungen im phytopathologischen Bereich wohl bekannt sind, wird Qualitätsweizen in Europa in der Praxis nur in der Schweiz in Sortenmischungen angebaut, wo für den ökologischen und integrierten Qualitätsweizenanbau in der Sortenliste Sortenmischungen empfohlen werden. Auch in den USA werden Weizensortenmischungen für alle Qualitätsklassen produziert (Finckh et al., 2000a). In Deutschland werden Sortenmischungen von einzelnen ökologisch wirtschaftenden Betrieben angebaut, da die Betriebsleiter Ertragsstabilität und bessere Backqualität erwarten (eigene Beobachtungen M. Finckh).

Während der Einfluss von Sortenmischungen im Feld auf Krankheiten gut belegt ist, liegen nur wenige Informationen über die Auswirkung von Mischungen auf die Backqualität vor. Ergebnisse aus konventionellem Anbau unter allgemein hohem N-Input deuten darauf hin, dass die Qualität von Mischungen im Durchschnitt dem arithmetischen Mittel der Einzelkomponenten entspricht (Jackson & Wenig, 1997; Manthey & Fehrmann, 1993; Sammons & Baenziger, 1985). Proteingehalt und Hektolitergewicht scheinen nicht beeinflusst zu werden (Walsh &

Noonan, 1998), ebenso wenig Wasseraufnahme, Aschegehalt, Mehlanfall und Aschewertzahl (Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur, 1987). Für einzelne Qualitätskriterien wird jedoch über leichte Unterschiede berichtet. So wird die Griffigkeit (Hardness Index) leicht reduziert (Walsh & Noonan, 1998). Im Gegensatz dazu ergaben sich bei Mischungen erhöhte Sedimentationswerte, die geringeren Schwankungen unterlagen als die Reinbestände (Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, 1987; Zoschke, 1987) und auch über verbesserte Backvolumina wird berichtet (Jackson & Wenig, 1997; Zoschke, 1987). Die Fallzahl jedoch wird deutlich beeinflusst, sowohl in negativer als auch positiver Weise (Zoschke, 1987; eigene Beobachtungen).

Über die Qualitätseigenschaften von Sortenmischungen im Ökologischen Landbau liegen keine ergiebigen Studien vor. Eigene Untersuchungen weisen auf ähnliche Tendenzen in den Parametern Sedimentation, Protein und Fallzahl hin, wie oben beschreiben (unveröffentlicht). Es liegen jedoch keine Backtests vor. Einen Hinweis auf mögliche Effekte gibt die Arbeit von Sarandon & Sarandon (1995). Auf der Suche nach Methoden, um Weizenerträge und Qualität bei geringem N-Input zu steigern, untersuchten sie die Mischung einer Hohertragsorte mit einer auch unter niedrigen N-Bedingungen proteinreichen alten Sorte in verschiedenen Verhältnissen. In Mischungen ohne N-Dünger genügte die Beimischung von 1/3 der alten Sorte, um den Proteingehalt der Mischung auf das Niveau der alten Sorte zu bringen ohne den Ertrag zu beeinflussen. In gedüngten Parzellen wurden jedoch keine Mischungseffekte auf den Proteingehalt oder den Ertrag beobachtet. Dies deutet darauf hin, dass solche Interaktionen im Ökologischen Landbau zu erwarten und möglicherweise nutzbar sind.

2 Material und Methoden Feldversuche

2.1 Versuchsaufbau

2.1.1 Versuchsdesign

Auf den zehn hessischen Praxisbetrieben wurde der Versuch als einfache Langparzellenanlage nach Zade (Rohmoser & Wermke 1984) angelegt, wobei jede der drei Behandlungen (2 Reinsorten und deren Mischung) vier Boniturwiederholungen, vier Zählstrecken und acht Erntewiederholungen hatte (Abb.1). Es handelte sich dabei jedoch um Pseudoreplikationen, da die Wiederholungen nicht in einem den Landwirten zumutbaren Aufwand randomisiert werden konnten. Eine Ausnahme stellte der Exaktversuch in Hebenshausen (H) dar, der bei den Analysen der Praxisbetriebe als H1 (Vorfrucht Kartoffel) und H2 (Vorfrucht Klee gras) zweimal vertreten ist.

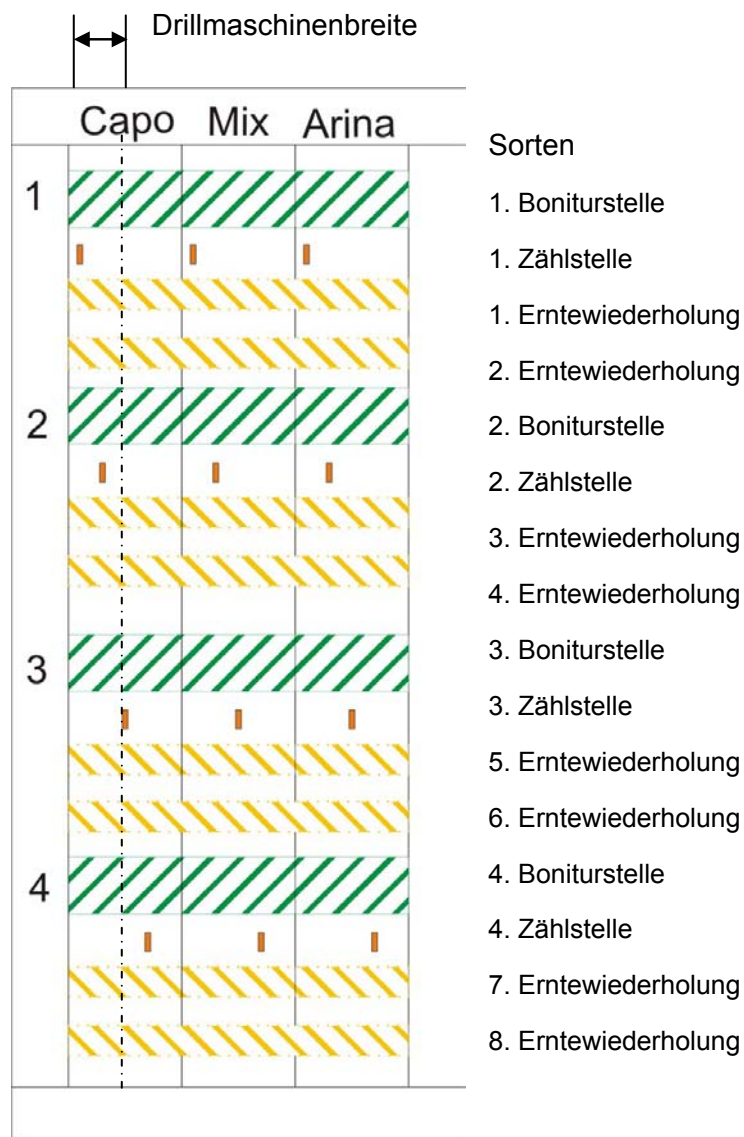


Abb. 1: Versuchsaufbau 2002/03 auf den Praxisbetrieben in Hessen

Die Versuchsdurchführung richtete sich nach den betriebsüblichen Anbauverfahren der beteiligten Betriebe. Die Grundbodenbearbeitung und Saattbettbereitung erfolgte auf allen Betrieben unmittelbar vor der Saat im Oktober 2002. Auf den meisten Standorten wurde als Grundbodenbearbeitung gepflügt. Auf dem Standort W wurde nicht gepflügt, sondern gegrubbert.

In Hebenshausen (Exaktversuch) wurde eine zweifaktorielle (Sorte und Vorfrucht), voll randomisierte Spalt-Block-Anlage mit vier Wiederholungen angelegt (Abb.2). Eine vierfeldrige und vierjährige Fruchtfolge wurde im zweiten Fruchtfolgeglied variiert. In Fruchtfolge 1 folgte auf einjähriges Klee-gras Kartoffel, dann Winterweizen und als abtragende Frucht stand ein Sommergetreide (im Erntejahr

4 KG (Hafer)	8 KG (Hafer)	12 WW (KG)	16 Kart. (KG)	20 WW (Kart.)	24 Kart. (WW)	28 Hafer (WW)	32 Hafer (Kart.)
3 WW (Kart.)	7 Kart. (WW)	11 Hafer (Kart.)	15 Hafer (WW)	19 KG (Hafer)	21 KG (Hafer)	27 Kart. (KG)	31 WW (KG)
2 Kart. (KG)	6 WW (KG)	10 KG (Hafer)	14 KG (Hafer)	18 Hafer (WW)	22 Hafer (Kart.)	26 WW (Kart.)	30 Kart. (WW)
1 Hafer (WW)	5 Hafer (Kart.)	9 Kart. (WW)	13 WW (Kart.)	17 Kart. (KG)	21 WW (KG)	25 KG (Hafer)	29 KG (Hafer)
Block 1		Block 2		Block 3		Block 4	
FF1	FF2	FF2	FF1	FF1	FF2	FF1	FF2

Abb.2: Anlage des Fruchtfolgeversuches mit FF1 = Fruchtfolge 1: Klee-gras (KG) – Kartoffel (Kart.) – Winterweizen (WW) – Hafer und FF2 = Fruchtfolge 2: Klee-gras (KG) – Winterweizen (WW) – Kartoffel (Kart.)– Hafer. Die jeweilige Vorfrucht ist in Klammern angegeben. Jede Großparzelle misst 22 x 60 m und wurde für WW in 20 Kleinparzellen à 4,5 x 15 m unterteilt.

2003 Hafer). In Fruchtfolge 2 stand nach dem Klee-gras zuerst der Winterweizen, dann die Kartoffel und als letztes Glied wieder der Hafer als Getreide-Sommerung (Abb.2).

2.1.2 Versuchsorte

Bei wissenschaftlichen Feldversuchen auf Praxisbetrieben muss von vielen Unwägbarkeiten ausgegangen werden. Daher wurden in Zusammenarbeit mit dem Öko-Team Hessen des HDLGN zwölf, anstatt der acht im Antrag vorgesehenen, nach ökologischen Richtlinien wirtschaftende landwirtschaftliche Betriebe ausgewählt.

Durch lang anhaltende Regenfälle ab Mitte Oktober 2002 gelang eine praxisübliche Aussaat des Versuches nur auf neun Betrieben (Tab.2). Der Anbau des Weizensortenmischungsversuches war in die jeweilige Fruchtfolge des Betriebes integriert, somit unterschieden sich die Vorfrüchte von Betrieb zu Betrieb (Tab.3). Im zweifaktoriellen Exaktversuch in Hebenshausen gab es zwei Vorfrüchte: Kartoffeln (H1), sowie einjähriges Klee-gras (H2). Somit stellt Hebenshausen zwei Standorte (H1 und H2) dar.

Tab. 2: Standortbedingungen der Versuchsstandorte 2002/2003¹

Standort	Naturraum, Lage	Jahrestemperatur (C°) ²	Jahresniederschläge (mm)	Höhe über NN (m)	Krummtiefe (cm)	B Bodentyp ³	Bodenart ⁴	Bodenpunkte	pH-Wert
Antoniushof (A)	Osthessisches Bergland, Fulda	8	660	280	25	P	L	52	6
Brandau, H. (B)	Osthessisches Bergland, Rotenburg-Ludwigsecker Wald	8	600	320	25	P	sT	35	7
Dottenfelder Hof (D)	Rhein-Main-Tiefland, Frankfurt	9	700	110	30	P	U	65	5,9
Domäne Frankenhausen (DFH)	Kasseler Becken	8,5	650	200	35	P (K)	tU	70-90	7,1
Versuchsbetrieb Universität Kassel Neu-Eichenberg (E)	Weser-Leine-Bergland, Witzenhausen	7,9	620	220	27	P	uL	60	6,5
Gut Fahrenbach (F)	Unteres Werraland, Witzenhausen	8	620	200	35	P	sL	55	7,4
Versuchsbetrieb Universität Giessen Gladbacher Hof (G)	Östlicher Hintertaunus, Giessen	8,5	670	400	30	P	sL	50	6,1
Versuchsbetrieb Universität Kassel Hebenshausen (H)	Weser-Leine-Bergland, Witzenhausen	7,9	619	230	30	P (PG)	tU	80	6,4
Kasper, Karl-Heinz (K)	Unterer Vogelsberg, Fulda	7,8	700	250	35	B	uL	60	6,3
Schaar, Jürgen (S)	Rhein-Main-Tiefland, Frankfurt	9,2	550	200	35	P	uL	70	6,8
Wollinsky, Götz (W)	Rhein-Main-Tiefland, Frankfurt	9	600	123	30	P	s(u) L	90	7,0

¹ Angaben der Landwirte. Für DFH Brandt et al. (2001) und für E und H Wildhagen (1998)

² langjähriges Mittel; ³ P= Parabraunerde, B= Braunerde, G= Pseudogley, ⁴ sT= sandiger Ton, sL= sandiger Lehm, uL= schluffiger Lehm (Lößlehm), U= Schluff, tU= toniger Schluff.

Tab.3: Vorvorfrüchte und Vorfrüchte auf den Versuchsstandorten

Standort ¹	Vorvorfrucht ²	Vorfrucht
A	Roggen (KG Untersaat)	Kartoffel
B	Kleegras 2. Jahr	Kleegras 3. Jahr
D	Kleegras 1. Jahr	Kleegras 2. Jahr
DFH	Wintergerste (ZWF 01 Senf)	Möhre
E	Kleegras 1. Jahr	Kleegras 2. Jahr
F	Kleegras 1. Jahr	Kleegras 2. Jahr
G	Kleegras 1. Jahr	Kleegras 2. Jahr
H1	Kleegras 1. Jahr	Kartoffel
H2	Sommergerste	Kleegras 1. Jahr
K	Kleegras 3. Jahr	Weißklee, Buchweizen, Sommerwicke ZWF 02: Grünbrache
S	Luzernegras	Luzernegras
W	Kartoffeln	Zuckerrüben

¹ Standortnamen siehe Tab.2

² ZWF = Zwischenfrucht, KG = Kleegras

2.1.3 Sortenbeschreibung

In den Praxisbetrieben wurden die Winterweizensorten Arina und Capo (Tab.4) jeweils in Reinsaat und als Mischung angebaut (Verhältnis 1:1 an keimfähigen Körnern/m² bei der Saat). Die Weizensorte Arina wurde in der Schweiz gezüchtet. Sie ist nicht in der beschreibenden Sortenliste des Bundessortenamtes enthalten und noch nicht in Deutschland zugelassen, was sich aber mit Inkrafttreten der Kooperationsverträge zwischen der Schweiz und der EU im Bereich der Zulassungsverfahren bei Sorten in naher Zukunft ändern soll. Die Sorte Capo ist eine österreichische Züchtung von 1989 und als „EU Sorte“ in der beschreibenden Sortenliste zu finden. Die Sorte Arina dominiert seit geraumer Zeit den Qualitätswinterweizenanbau in der Schweiz durch ihre vorzüglichen Backeigenschaften (Anonymus 2003b). Sie wird außerdem von Steiner et. al. (2002) und Dierauer et al. (2002) als eine der empfohlen Sorten für den ökologischen Landbau in der Schweiz geführt, da sie in einem System mit vorwiegend organischer Düngung gezüchtet wurde. Die Sorte Capo mit der Zuordnung zu Qualitätsgruppe E zeichnet sich vor allem dadurch aus, dass sie in Österreich auf nahezu allen Standorten hohe Erträge erzielen kann und eine gute Trockenheitstoleranz besitzt. Auch in Deutschland nimmt Capo im Anbau stetig zu. Arina gehört zur Schweizer Weizenqualitätsklasse I; diese Einteilung wird häufig mit der deutschen Qualitätsgruppe A gleichgesetzt. In Sortenversuchen des Kloostergut Scheyern wurde Arina wie Capo jedoch der Eliteweizengruppe zugeordnet (Jahrstorfer 2001).

Die Auswahl von Arina und Capo für den Sortenmischungsversuch basierte auf folgenden Überlegungen. Um Effekte von Sortenmischungen zu untersuchen ist es von Vorteil, wenn sich die Mischungspartner in ihrer Morphologie, Physiologie und in ihrem Resistenzspektrum unterscheiden. Dies ist bei Arina und Capo der Fall. Die Sorte Arina gilt als anfällig für Braunrost (*Puccinia recondita*) und Gelbrost (*Puccinia striiformis*) und ist bekannt als

Resistenzträger gegen Ährenfusariosen (Anonymus 2003b; Bürstmayr et al. 1999; Lienemann 2002a). Capo ist eine begrante Sorte mit waagrechter Blattstellung im Gegensatz zur Arina mit ihrer senkrechten Blattstellung und nicht begranten Ähre. Diese morphologischen Unterschiede ermöglichen eine Differenzierung im Bestand. Es liegen für Arina auch positive Erfahrungen aus der Schweiz bezüglich ihrer Mischungseignung sowohl aus Versuchen wie auch aus der Praxis vor (Fried & Streckeisen 1986; Dierauer et al. 2002). Die Wahl der Sorte Capo fiel in Absprache mit dem Hessischen Dienstleistungszentrum für Landwirtschaft, Gartenbau und Naturschutz (HDLGN), da Capo in Österreich auf allen Standorten hohe Erträge liefert und auch in Deutschland im Anbau immer stärker zunimmt. Capo gilt als sehr trockenheitsverträglich und wird als möglicher Nachfolger der für den ökologischen Landbau sehr günstigen Sorte Renan, die allerdings mangels Nachfrage in Deutschland nicht mehr als Z-Saatgut zu erhalten sein wird, erachtet (Völkel, HDLGN, Kassel 2002, mündliche Mitteilung).

Tab.4: Sorteneigenschaften der in den Praxisversuchen 2002/03 verwendeten Sorten (verändert nach Anonymus (2003a), Anonymus (2003b) und Dierauer et. al. (2003))

	Arina	Capo	
Ährenschieben	mittelfrüh bis mittelspät	Früh	
Reife	mittelfrüh bis mittelspät	früh bis mittelfrüh	
Pflanzenlänge	sehr lang	lang bis sehr lang	
Standfestigkeit	mittel bis schwach	k. A.	
Auswinterung	mittel bis schwach	k. A.	
Lager	k. A.	Stark	
Resistenz	Mehltau	Mittel	Gut
	Gelbrost	Mittel	sehr gut – gut
	Braunrost	Schwach	Gut
	Septoria nodorum Blatt	Mittel – schwach	gut – mittel ¹
	Septoria tritici Blatt	gut- mittel	gut – mittel ¹
	DTR	k. A.	gut – mittel
	Septoria nodorum Spelz	gut – mittel	gut-mittel ¹
	Fusarien Ähre	sehr gut	k. A.
	Halmbruch	k. A.	Gut
Ertrags-eigen-schaften	Kornzahl/Ähre	k. A.	niedrig bis mittel
	Tausendkorngewicht	Mittel	Mittel
	Kornertrag	Mittel	Niedrig
	Hektolitergewicht	Gut	k. A.
	Qualitätsgruppe	A (E)	E
Besonderheiten	-anfällig für: Braun- und Gelbrost -resistent gegen: Septoria und Fusarium -vertikale Blattstellung	-anfällig für: Septoria ¹ -resistent gegen: Braun- und Gelbrost -horizontale Blattstellung	

¹bei Capo wurden die einzelnen Septoriakrankheiten nicht unterschieden

Auf dem Standort Hebenshausen wurden 2001/2002 sieben (Tab.5) und 2002/2003 acht Weizensorten (Tab.6) und verschiedene Mischungen getestet. Bei der Sortenwahl 2001 wurden Sorten verschiedener Qualitätsgruppen gewählt, um die Interaktionen der Gruppen in Mischung zu testen. 2002/2003 wurden die Sorten z. T. ersetzt und in Zusammenarbeit mit dem HDLGN, weiteren Beratern des ökologischen Landbaus und Landwirten ausgesucht.

Tab.5: Sortenkombinationen im Exaktversuch Hebenshausen 2001/2002

1.	Alidos	11.	Astron/Bussard
2.	Astron	12.	Bussard/Renan
3.	Bussard	13.	Dream/Renan
4.	Dream	14.	Peg./Astron
5.	Kanzler	15.	Peg./Renan
6.	Pegassos	16.	Peg./Alidos/Kanzler
7.	Renan	17.	Peg./Renan/Kanzler
8.	Alid./Bussard	18.	Peg./Dream
9.	Alid./Peg.	19.	Peg./Kanzler
10.	Alid./Renan	20.	Bussard Nachbau

Tab.6: Sortenkombinationen im Exaktversuch Hebenshausen 2002/2003

1.	Achat	11.	Capo/Asita
2.	Arina	12.	Capo/Batis
3.	Asita	13.	Capo/Bussard
4.	Batis	14.	Capo/Pegassos
5.	Bussard	15.	Capo/Renan
6.	Capo	16.	Renan/Achat
7.	Pegassos	17.	Renan/Arina
8.	Renan	18.	Renan/Batis
9.	Capo/Achat	19.	Renan/Bussard
10.	Capo/Arina	20.	Renan/Pegassos

2.1.4 Versuchsdurchführung

Die Grundbodenbearbeitung und Saatbettbereitung erfolgte unmittelbar zur Saat im Oktober 2002, außer auf den Standorten H1/2, Eichenberg und Frankenhausen, auf den beiden letzteren konnte erst im Dezember bei gefrorenem Boden der Umbruch erfolgen. Es wurde, mit Ausnahme des Standortes W (hier wurde gegrubbert), gepflügt und praxisüblich das Saatbett vorbereitet. Die Aussaat des Versuches erfolgte mit der Drilltechnik der jeweiligen Betriebe durch den beteiligten Landwirt, was durch die verschiedenen Arbeitsbreiten zu Schwankungen in der Versuchsfläche über die Betriebe führte. Das Saatgut wurde von Mitarbeitern des Fachgebietes Ökologischer Pflanzenschutz zur Verfügung gestellt. Bei der Aussaat waren Mitarbeiter des

Fachgebiets Ökologischen Pflanzenschutz zugegen, um den Landwirten zu assistieren und die Versuchsflächen sofort zu markieren. Auf der Versuchsfläche in Hebenshausen erfolgte die Saat mit der Par-

Tab. 7: Saatzeitpunkt, Aussaatmengen und Reihenabstände an 11 Versuchsstandorten 2002/03

Standort ¹	Aussaat	Körner/ m ²				Reihen- abstand	
			KF (%)	Arina	Capo		Mix
			TKG (g)	39,8	44,5		42,2
			Aussaatmenge kg/ha				
A	10.10.2002	400	170	185	175	14,3 cm	
B	10.10.2002	375	160	174	168	12,0 cm	
D	12.10.2002	350	160	165	170	20,0 cm	
DFH	06.12.2002	500	212	230	221	10,3 cm	
E	07.12.2002	500	212	230	221	11,9 cm	
F	02.10.2002	350	160	165	170	12,0 cm	
G	10.10.2002	375	165	178	170	12,0 cm	
H1/ H2	27.11.2002	450	213	213	222	15,0 cm	
K	02.10.2002	350	160	170	180	12,0 cm	
S	10.10.2002	300	130	140	135	13,0 cm	
W	10.10.2002	140	60	65	63	50,0 cm	

¹Standortnamen siehe Tab.2.

zellensämaschine. Das Saatgut für die Mischung wurde für einen Planfeldaufgang von 1:1, unter Berücksichtigung von TKG und Keimfähigkeit der beiden Sorten gemischt (Tab.7).

Die weitere Bestandesführung mit Düngungs- und Pflegemaßnahmen erfolgte betriebsüblich durch die beteiligten Landwirte (Tab.8). Wegen der starken Auswinterung und der Trockenheit im Vegetationszeitraum 2003 waren allerdings Pflegemaßnahmen nicht auf allen Betrieben nötig. Auf dem Betrieb W mit dem System Weite Reihe (50 cm Reihenabstand) wurde nach dem letzten Striegeln im April '03 Rotklee als Untersaat eingesät.

Tab.8: Pflegemaßnahmen nach dem Auflaufen, Düngung und Erntedatum auf den Standorten 2002/03

Standort ¹	Maßnahme	Zeitpunkt	Düngung	Zeitpunkt	Erntedatum
A	Striegel	10/2002	Mist	11/2002	16.07.2003
	Striegel	04/2003	242 dt	02/2002	
	Striegel	05/2003	(in 3 Gaben)	04/2003	
	Walze	03/2003	Jauche 34 m ³	04/2003	
B	keine		Mist 150 dt/ha	02/2003	18.07.2003
D	keine		keine		13.07.2003
DFH	Striegel	04/2003	keine		02.08.2003
E	keine		keine		07.08.2003
F	keine		keine		29.07.2003
G	Walze	03/2003	Gülle	04/2003	19.07.2003
	Hackstriegel	04/2003	20 m ³ /ha		
H1/ H2	Walze	03/2003	keine		07.08.2003
	Striegel	03/2003			
K	keine		keine		18.07.2003
S	Walze	03/2003	Mist 150 dt/ha	02/2003	11.07.2003
W	Hackstriegel	03/2003	Mist 200 dt/ha	09/2003	11.07.2003
		04/2003			

¹ Standortnamen siehe Tab. 2

2.2 Datenerhebung

2.2.1 Bestandesentwicklung und Beikräuter

Während der Vegetationsperiode wurden Beikräuter, die Bestandesentwicklung und Krankheiten bonitiert (Tab.9). Um Daten zur Bestandesentwicklung zu erheben wurden zum Feldaufgang, zur Auswinterung, zur Bestockung und zum Ährenschieben vier mal pro Sorte und Standort auf einer festgelegten Strecke von 2 m (siehe Abb.1) die Pflanzen immer von der selben Person gezählt und mit den jeweiligen Reihenabständen auf Pflanzen pro m² hochgerechnet. Im Exaktversuch wurden die Zählstrecken auf 1 m verkürzt, es wurde allerdings in jeder der vier Wiederholungen vier mal gezählt. Die Entwicklungsstadien wurden bei den Bonituren nach dem BBCH-Code, der Skala zur einheitlichen Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien der Biologischen Bundesanstalt für Landwirtschaft, aufgezeichnet (Meier 2001). Die Auswinterungsverluste berechneten sich aus der Differenz der aufgelaufenen Pflanzen im Herbst und den gezählten Pflanzen der ersten Bonitur zur Bestandesdichte im

Frühjahr 2003. Die Unkrautbonitur erfolgte einmalig mit neun Wiederholungen pro Sorte mit dem Göttinger Zählrahmen.

Durch schlechte Witterungsverhältnisse im Herbst konnte auf den Standorten E und DFH die Saat erst im Dezember erfolgen. Dies hatte zur Folge, dass die Entwicklung der Pflanzen dieser Betriebe im Jahresverlauf mit denen der anderen nicht vergleichbar war. Auch konnten alle Bonituren erst später erfolgen. Daten zur Bestandesentwicklung konnten das erste Mal im April erhoben werden. Diese Umstände führten zu der Entscheidung auf E und DFH keine Bestandesentwicklungsdaten mehr zu erheben. Im folgenden werden für diese Betriebe daher nur die Ertragsdaten verglichen.

Tab.9: Bonituren und Boniturtermine

Bonitur		Zeitraum	Entwicklungsstadium (BBCH)
Unkraut		7.-12. März 2003	13-23
Krankheiten	Blatt- und Ähren-	16.-23. Mai 2003	39-55
	Blatt- und Ähren-	11.-24. Juni 2003	72-74
	Blatt- und Ähren-	30. Juni- 2. Juli 2003	77-85
	Fuß-	16. -23. Mai 2003	39-57
	Fuß-	10.-18. Juni 2003	72-74
	Fuß-	30. Juni (H1/H2 15. Juli)	77-85
Bestandes- entwicklung	Feldaufgang, Pflanzen/m ²	12.+25. November 2003	12-14
	Auswinterung, Pflanzen/m ²	11.-12. März 2003	13-23
	Ährentragende Halme, Pflanzen/m ²	14.-16. Mai 2003 (H1/H2 06.Juni 03)	39-57

2.2.2 Krankheiten

Für die Erhebung des Krankheitsbefalls wurden die Fußkrankheiten, Blattkrankheiten und Ährenkrankheiten erfasst (Tab.9).

2.2.2.1 Fußkrankheiten

Zur Bonitur der Fußkrankheiten wurden auf jedem Standort etwa einhundert Pflanzen pro Sorte entnommen. Die Pflanzen wurden kurzfristig gekühlt zwischengelagert und die Wurzeln direkt vor der Bonitur mit einem Hochdruckreiniger vorsichtig gereinigt. Bei der Bonitur 1 wurde wegen der geringen Befallsschwere eine qualitative Bonitur durchgeführt. Die qualitative Bonitur erfolgte nach den visuellen Kriterien „befallen“ und „nicht befallen“. Die Bonituren 2 und 3 wurden quantitativ nach den in Tab.10 angegebenen Kriterien durchgeführt.

Tab.10. Boniturschlüssel für Fußkrankheiten

0	=	ohne Befall
1	=	leicht befallen <50%
2	=	50 – 100 % Befall
nur Halmbruchkrankheit		
3	=	Morsch, abgeknickt

2.2.2.2 Blatt- und Ährenkrankheiten

Die Bonitur der Blatt- und Ährenkrankheiten erfolgte auf den Versuchsstandorten innerhalb der vier Boniturbereiche der Parzellen (siehe Abb.1), im Exaktversuch in Hebenshausen in den Randparzellen neben der mittigen Ernteparzelle. Auf allen Betrieben wurden drei Bonituren der Blatt- und Ährenkrankheiten durchgeführt. Die erste Bonitur auf den Betrieben war eine Einzelpflanzenbonitur mit 40 Pflanzen pro (Pseudo-)Wiederholung. Die beiden folgenden Bonituren waren Etagenbonituren. Bei diesen wurde der Befall über mehrere Pflanzen einer Blattetage ermittelt. Im Exaktversuch wurden in jeder Wiederholung an mindestens vier verschiedenen Stellen bonitiert und im Feld durch Absprache der Bonitierenden ein Wert festgelegt. Die befallene Blattfläche wurde unter Verwendung von Boniturihilfen (Bartels et al. 2000) erhoben. Neben den drei Gesamtbonituren fand auf dem Standort W am 17. Juni 2003 noch eine weitere Braunrostbonitur statt. Dabei wurden Einzelpflanzen auf dem Fahneblatt und dem darauf folgenden Blatt (F-1) auch innerhalb der Mischung getrennt nach Sorten bonitiert.

2.2.3 Wetter

Die Witterung der Versuchsstandorte wurde durch Datenlogger aufgezeichnet, die möglichst nahe bei den Versuchsflächen aufgestellt wurden. Diese Logger zeichneten Temperatur, Luftfeuchte und den Taupunkt im 15 Minutentakt auf. Daneben wurden Witterungsdaten über Niederschlag, Temperatur und Luftfeuchte vom Deutschen Wetterdienst von der nächst möglichen Station bestellt.

2.2.4 Ertrag

Der Drusch der Versuchspartellen erfolgte mit dem Partellenmähdrescher Typ Hege 125 C (Schnittbreite 1,50 m). Somit ergab sich eine Ernteparzellengröße von 1,50 m mal der doppelten Breite der Drillmaschine des jeweiligen Hofes. Es wurde achtmal in den Versuch gedroschen (siehe Abb.1). Bevor mit dem Partellenmähdrescher geerntet werden konnte, mussten erst die Weizenstängel, die in benachbarte Partellen und Fahrgassen ragten, getrennt werden. Dazu wurde von Hand gescheitelt. Mit einem langen Holzstab wurde der Weizen in die jeweilige Partelle zurückgedrückt. Das Erntegut wurde auf einer Gebläsetrocknung mit ungeheizter Außenluft ca. 24 Stunden nachgetrocknet und anschließend gereinigt. Die Reinigung erfolgte mit einer Getreidekleinreinigung des Typs Windfege Goldsaat 500 mit folgenden Siebgrößen: Obersieb Langloch 4 mm, Untersieb Langloch 2 mm. Anschließend wurden die acht Ernteproben pro Behandlung und Praxisbetrieb gewogen und zu einer Gesamtprobe vereinigt. In Hebenshausen (Exaktversuch) wurden die vier Wiederholungen nicht vereinigt. Mit dem Probenteiler wurde nun je eine Rückstellprobe von ca. 3 kg, eine Probe zur Qualitätsanalyse von ca. 750 g und 200 g Probenmaterial pro Behandlung zur Feuchtigkeits- und Tausendkorngewichtbestimmung zurückbehalten.

Die Ertragsdaten wurden mit dem Wassergehalt der Körner verrechnet und auf 14% Wassergehalt standardisiert.

Um Daten zur Körnerzahl pro Ähre und zu den Ertragseigenschaften der Sorten in der Mischung zu erhalten, wurden Einzelähren aller drei Behandlungen parallel zum

Maschinendrusch geerntet. Die Mischungen wurden nach begrannten (Capo) und unbegrannten (Arina) Ähren sortiert. Alle geernteten Ähren, auch die der Reinsaaten, wurden gezählt und getrennt mit einem Einzelährendrescher gedroschen. Mittels eines Handsiebes erfolgte die Reinigung. Abschließend wurde das Erntegut des Einzelährendrusches gewogen. Aus der Ährenzahl, dem Druschgewicht und dem Tausendkorngewicht (TKG) der Einzelährenernten ließ sich die Körneranzahl pro Ähre berechnen. Da auf den Praxisbetrieben die Erntewiederholungen pro Behandlung vereinigt wurden und nur eine Einzelährenernte pro Behandlung genommen wurde, gibt es für die Ertragskomponenten Tausendkorngewicht und Körnerzahl/Ähre keine Wiederholung.

Zur Bestimmung des TKG der „feuchten“ Körner (TKGf) wurden ungefähr 700 bis 800 Körner mit dem Numigral (Körnerzählmaschine) gezählt und anschließend gewogen. Von den Reinsaaten, der Mischung und den Sorten in der Mischung wurde das TKGf bestimmt und auf das TKG bei 14% Feuchte umgerechnet.

2.2.5 Qualitätsuntersuchungen

Klebergehalt und Sedimentationswert wurden durch das Labor Aberham, Großaitingen durchgeführt. Die Fallzahl wurde selbst in einem Labor der Universität Hohenheim bestimmt und auf eine Höhe von 0m ü NN umgerechnet. Zusätzlich wurden Rapid-Mix-Backtests (Gerretsen, 2000) im Labor von Frau Prof. Dr. Pawelzik an der Universität Göttingen für die Proben aus 2003 durchgeführt.

Die Rohproteingehalte wurden durch eine Nahinfrarot-Spektralanalyse (NIRS) an der Universität Kassel im Labor von Herrn Prof. Dr. Sundrum mit dem Gerät NIR-Systems 6500 der Firma FOSS durchgeführt. Zur Interpretation der NIRS-Werte wurde eine standardisierte Kalibrierung mit 403 Proben, einer Standardabweichung von 0,21 zur nasschemischen Referenzanalytik und einem Korrelationskoeffizienten der Kalibrierung von $R^2=0,99$ verwendet. Die Tauglichkeit der Kalibrierung wurde nasschemisch anhand von drei Extremwerten und einem mittleren Wert nachgewiesen. Zur Trockenmassebestimmung reichte die Genauigkeit der NIRS allerdings nicht aus, weshalb die Feuchte aller Proben nach ICC-Standard erfolgte.

Für die Backtests wurden 50g Mehl nach ICC-Standard für Vollkornmehl ohne Ascorbinsäure verwendet (Mehl aus dem ganzen Korn, in der Fallzahlmühle mit einer Siebgröße von 800 μ m gemahlen). Die Ergebnisse sind auf 100g Mehl umgerechnet. Da es sich um Backtests mit Vollkornmehl handelt, sind nur geringe Backvolumina erzielbar. Außerdem tritt der im allgemeinen bei Weißmehlen starke Sorteneinfluss in den Hintergrund (Jahn-Desselbach et al., 1989; Brümmer & Seibel, 1992). Die Ergebnisse entsprechen so am ehesten den von den ökologische Backwaren produzierenden Bäckern zu erwartenden Qualitäten.

Aus Kostengründen wurde von den Praxisversuchen pro Behandlung eine Mischprobe ohne Wiederholung auf Backqualität untersucht. Zusätzlich wurde sowohl Arina als auch Capo, die in Mischung angebaut waren und nach der Handernte getrennt wurden, als Einzelkomponenten untersucht.

Die Mischungen und Reinbestände aus dem Exaktversuch in Hebenshausen wurden in Wiederholung für alle Parameter außer für den Backtest untersucht. Für die Backtests wurden die Proben aus den vier Wiederholungen vereinigt.

2.2.6 Bodenproben

Bodenproben wurden mit dem Göttinger Bohrstock durchgeführt und sofort nach der Entnahme tiefgefroren. Mindestens 12 Proben pro Bohrtiefe wurden pro Standort gezogen und vereinigt. Proben wurden zum Feldaufgang, nach dem Winter, zur Kornfüllungsphase und zur Ernte gezogen und auf N_{\min} analysiert.

2.3 Datenanalyse

Alle Daten wurden mit SAS statistisch verrechnet (SAS, 1998).

Der statistischen Auswertung der Praxisversuche wurde ein Blockdesign zugrunde gelegt. Die Daten des Exaktversuches wurden als Spalt-Blockanlage verrechnet. Die Daten wurden auf Normalverteilung und auf Varianzhomogenität getestet und bei Bedarf transformiert. Bei Prozentwerten wurde die Arcussinuswurzeltransformation angewandt, bei Messwerten die logarithmische Transformation:

$$\begin{array}{l} \text{I. } x_p = \arcsin\left(\sqrt{\frac{y_p}{100}}\right) \\ \text{II. } x_m = \lg(x_m + 1) \end{array}$$

Formel 1: Transformation der Beobachtungswerte:

Arcussinuswurzeltransformation bei Prozentwerten (x_p = transformierter Beobachtungswert, y_p = Beobachtungswert in %);

Logarithmische Transformation (x_m = transformierter Beobachtungswert, y_m = Beobachtungswert als Messwert) (Piepho 1997; Piepho 2001; Sachs 1997)

Wenn die Normalitätsannahme oder die Varianzhomogenitätsannahme auch nach Transformation nicht erfüllt war, wurde für den Mittelwertvergleich der H-Test nach Kuskal-Walis gewählt. Falls sowohl die Normalverteilungsannahme wie auch die Varianzhomogenitätsannahme erfüllt war, erfolgte die Varianzanalyse (ANOVA) mit dem Tukey-Kramer-Test (bei balancierten Daten: HSD-Test). Um Gruppenvergleiche zwischen den Reinsorten und der Mischung durchzuführen, wurden lineare Kontraste verwendet.

Zur Analyse der Standorteffekte wurden die Mittelwerte der Bonituren pro Standort und Sorte/ Mischung mit den Standorten als Wiederholung verrechnet.

Erwartungswerte für die Mischungen wurden einerseits basierend auf dem Aussaatverhältnis 1:1 der Mischungspartner (EW_{Saat}) und zum andern für die im Bestand angetroffenen Mischungsverhältnisse (EW_{Bestand}) berechnet:

$$EW_{Saat} = \frac{X_{S1} + X_{S2} \cdot K + X_n}{n}$$

$$EW_{Bestand} = X_{S1} \times i_{S1} + X_{S2} \times i_{S2} \cdot K + X_n \times i_n$$

Formel 2 Erwartungswerte der Sortenmischungen:

X = Beobachtungswert, S= Sorte, i= Beobachtete Frequenz der Sorte im Bestand

2.3.1 Analyse Krankheiten

2.3.1.1 Blattkrankheiten

Für die statistische Auswertung wurden die multiplen Boniturdaten pro Parzelle der Blatt- und Ährenkrankheiten gemittelt. Dies war notwendig durch den Wechsel von der Einzelpflanzenbonitur (1. Bonitur) zur Blattetagenbonitur (2. und 3. Bonitur).

Bei den Bonituren wurde die jeweils befallene Blattfläche in Prozent für die verschiedenen Krankheiten oder Blattzustände (grün, nekrotisch) für die jeweilige Blattetage erhoben. Zur Berechnung des Gesamtpflanzenbefalls wurden die einzelnen Pflanzenorgane nach ihren Anteilen an den Gesamtpflanzen basierend auf Angaben von Becker (1978) und Kübler (1994) gewichtet (Tab.11).

Tab.11: Gewichtung der Blattetagen für den ertragsrelevanten Gesamtpflanzenbefall

	BBCH 39 bis BBCH 59	nach BBCH 59
Ähre	0	0,15
Fahnenblatt	0,5	0,5
Fahnenblatt -1	0,25	0,2
Fahnenblatt -2	0,15	0,1
Fahnenblatt -3	0,1	0,05

Die Fläche unter der Kurve (FUK) wurde anhand des ertragsrelevanten Gesamtpflanzenbefalls und der Anzahl Tage zwischen den Boniturerminen berechnet. Für den Vergleich über die Standorte sowie für den abweichenden Boniturbeginn auf dem Standort W wurde die FUK hinsichtlich der Anzahl der Beobachtungstage linear auf 39 Beobachtungstage interpoliert.

2.3.1.2 Fußkrankheiten

Für die Darstellung und Auswertung des Fußkrankheitsbefalls wurden die nach dem Boniturschlüssel gewonnenen Daten in Einzelwerte und in Befallswerte umgerechnet. Die Berechnung des Befallswertes erfolgte nach der Formel 3.

$$I. \text{ Befallswert} = \frac{(x_1 + x_2 \times 2 + x_3 \times 4)}{n \times 25}$$

$$II. \text{ Befallswert} = \frac{(x_1 + x_2 \times 2)}{n \times 50}$$

Formel 3 Befallswert der Fußkrankheiten:

I. Befallswert für *P. herpotrichoides*; II. Befallswert für *Fusarium ssp.* und *R. cerealis*:

x= Anzahl der Halme einer Boniturnote; n = Gesamtzahl der bonitierten Halme $n=(x_0+x_1+x_2+x_3+...+x_4)$
(modifiziert nach Reinecke 1977 S. 13; Siebrasse 1982 S. 5)

2.3.2 Analyse Ertragsdaten und Qualitätsparameter

Auch die Relativwerte der Mischungen konnten nach den Anteilen der Sorten gewichtet werden. Ist dies nicht angegeben, so wurden für die Datendarstellungen die ungewichteten Relativwerte benutzt.

Anteile der Sorten im Mischbestand am Ertrag der Mischung ließen sich durch die gewonnenen Werte TKG und Körner/Ähre der Einzelährenernte von MArina und MCapo, sowie der Ähren/m² errechnet aus der Bestandesdichte der Mischung und den Ährenverhältnissen, berechnen. Die erwarteten Ertragsanteile der Sorten an der Mischung ergaben sich aus den Ertragskomponenten der Reinsorten und der Bestandesdichte der Reinsaaten verrechnet mit den Ährenanteilen der Sorten an der Mischung.

Mit allen in Wiederholung erhobenen Qualitätsparameter wurde gleich verfahren.

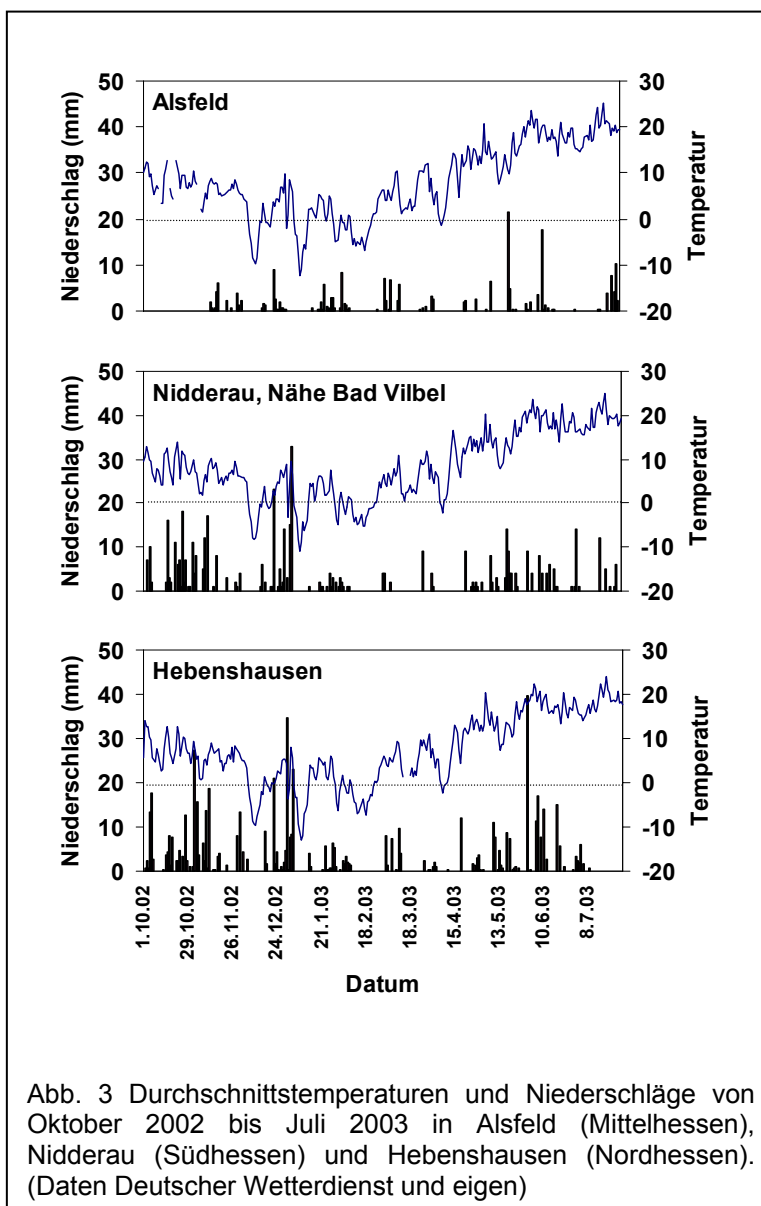
Wo keine Wiederholungen in den Praxistests vorlagen, wurde eine überbetriebliche Analyse durchgeführt mit den Betrieben als Wiederholung.

3 Ergebnisse Feldversuche

3.1 Versuchsverlauf und Bodenfruchtbarkeit

Die klimatischen Bedingungen waren extrem hart (Abb. 4). Der Winter 2002/03 war durch lange Frostperioden mit zum Teil sehr späten Kahlfrösten gekennzeichnet, was zu hohen Auswinterungsverlusten führte. Seit Januar 2003 konnten auf allen Versuchsstandorten keine nennenswerten Niederschläge mehr verzeichnet werden. So fielen von März bis Ende Juni auf den in Abb 3 gezeigten Standorten insgesamt 101 (Alsfeld), 139 (Nidderau) und 223 ml (Hebenschhausen) Regen. Heiße Temperaturen mit überdurchschnittlicher Sonnenscheindauer führten zu hohen Verdunstungsraten, was das Wasserdefizit noch verstärkte.

Die N-min-Analysen zeigen, dass durch die extreme Trockenheit auf den meisten Standorten in der Kornfüllungsphase nur noch



sehr geringe Mengen an N zur Verfügung standen (Abb. 4). Die hohen Werte auf den Betrieben B und S bei BBCH 72-74 lassen sich darauf zurückführen, dass hier die Stallmistgaben mangels Regen nicht sehr effektiv in die Bodenlösung aufgenommen werden konnten und noch als „Verunreinigung“ in die Proben mit eingeflossen sind. Diese Menge an N stand also den Pflanzen nicht zur Verfügung, was auch die Ertrags- und Qualitätswerte widerspiegeln. Laut J. Birschitzky (pers. Mitteilung 2003), Geschäftsführer der Saatzucht Donau, wurde die Sorte Capo unter Trockenstressbedingungen gezüchtet. Sie muss jedes Jahr im Sommer eine natürliche Trockenperiode von 3 Wochen in unterschiedlichen Entwicklungsstadien überstehen. Darum habe sie die Tendenz entwickelt, die Stickstoffeinlagerung ins Korn vor allem durch eine sehr effiziente Umlagerung der Nährstoffe aus der Pflanze und nicht aus dem Bodenvorrat zu

realisieren. Dies ist ein starker Hinweis auf eine Trockenheitsbedingte Begünstigung der Sorte Capu im Jahr 2002/2003.

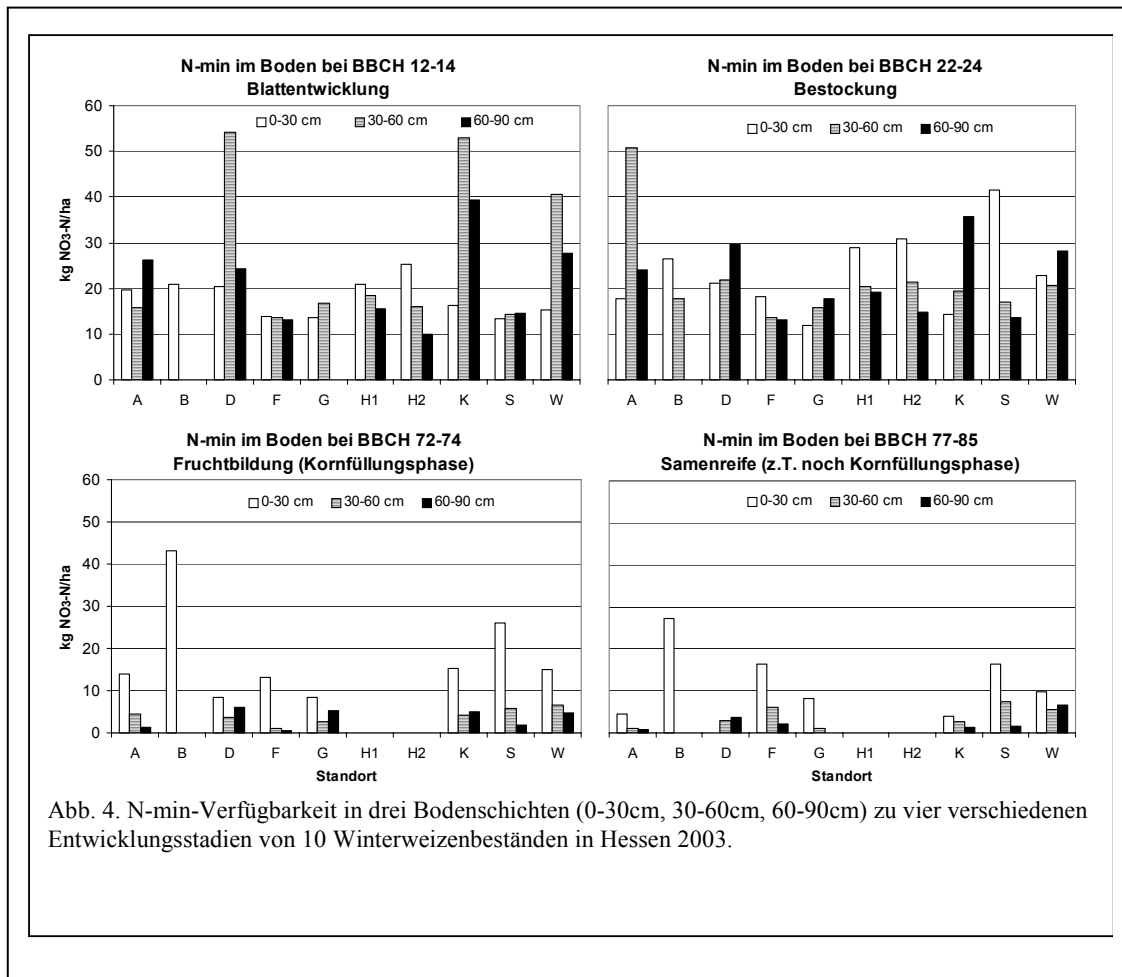
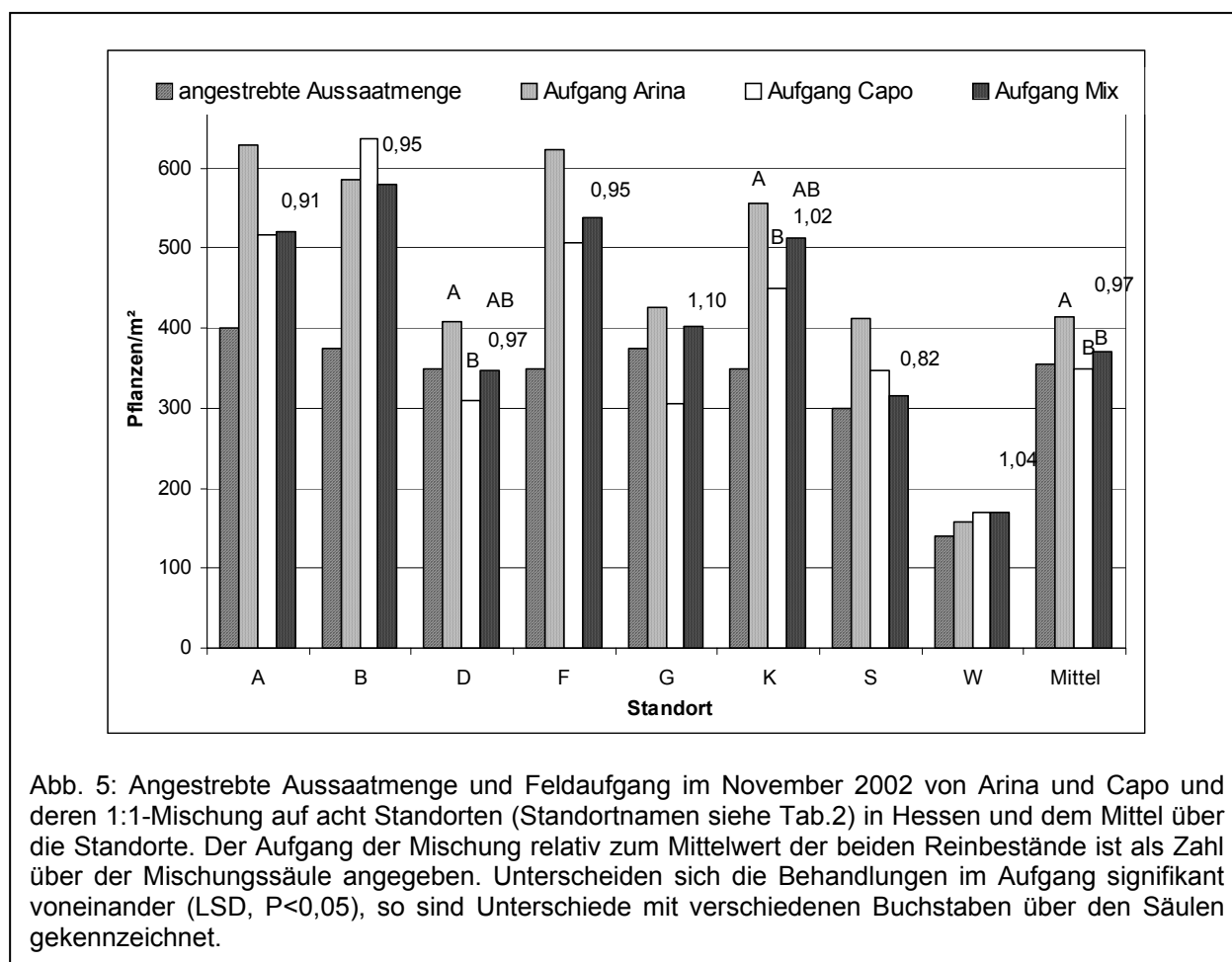


Abb. 4. N-min-Verfügbarkeit in drei Bodenschichten (0-30cm, 30-60cm, 60-90cm) zu vier verschiedenen Entwicklungsstadien von 10 Winterweizenbeständen in Hessen 2003.

3.2 Pflanzenentwicklung

3.2.1 Feldaufgang und Auswinterung

Die Bonitur des Feldaufganges erfolgte im November 2002 auf acht der zehn Praxisbetriebe. Auf den Betrieben E und DFH war der Versuch zu diesem Zeitpunkt noch nicht gesät. Auf den Standorten H1/2 war der Aufgang durch die späte Saat so minimal, dass von einer Bonitur abgesehen wurde. Insgesamt lag der Feldaufgang auf fast allen Standorten über der Aussaatmenge (Abb. 5). Dies bedeutet, dass die Betriebe bei der Einstellung der Saatmenge deutlich großzügiger waren als angestrebt (siehe Tab.7). Auch war mit Fehlern bei der Saat zu rechnen, da keine Versuchssätechnik verwendet wurde.



Somit kann keine Aussage über den Keimerfolg gemacht werden. Geht man jedoch davon aus, dass der Fehler pro Betrieb für beide Sorten und die Mischung gleich war, so würde Arina in sechs von acht Fällen und im Mittel den besseren Feldaufgang aufweisen (Abb. 5). Diese Überlegenheit von Arina ließ sich statistisch lediglich auf den Betrieben D und K und im Mittel über die Betriebe nachweisen (LSD, $P < 0,05$). Der Feldaufgang der Mischung erreichte auf fünf der untersuchten Betriebe und im Mittel den Erwartungswert nicht (Abb. 5). Es waren jedoch keine statistisch signifikanten Unterschiede zum Erwartungswert nachweisbar.

Nach dem Winter war der größte Schaden durch Auswinterung auf dem Standort B zu verzeichnen. Hier gingen im Mittel durch die drei Behandlungen fast 45% der aufgelaufenen Weizenpflanzen im Winter verloren (Tab.12). Auf dem Standort A erfroren rund ein Viertel der Pflanzen; auf dem Standort K im Mittel zehn Prozent. Die extremen Verlustwerte auf den Standorten H1 und H2 von rund 70% lassen sich durch die verzögerte Auflaufzeit aufgrund ungünstiger Witterungsbedingungen nach der späten Saat erklären. In die Auswinterungsverluste spielen somit mögliche Auflaufverluste mit hinein.

Tab.11 Prozentuale Verluste durch Auswinterung von den Reinsaatens Arina und Capo, deren 1:1 Mischung und der Erwartung resultierend aus dem Mittel der Reinsaatens auf zehn Standorten in Hessen 2003

Standort ¹	Arina	Capo	Mix	Erwartung
A	28	23	23	25
B	34	56	41	45
D	25	-26	12	0
F	-3	45	36	21
G	29	-8	-2	10
H1	69	75	71	72
H2	65	76	67	70
K	15	5	9	10
S	2	19	-13	10
W	-12	14	-2	1
Mittel	25	28	24	26

¹ Standortnamen siehe Tab.2

daher wenig Sinn. Sind die Schwankungen zwischen den Reinsorten geringer (bei A, B, H1, H2, K), so sind die Verluste im Feld bei der Mischung geringer als erwartet.

3.2.2 Bestandesdichten und Entwicklungsstadien

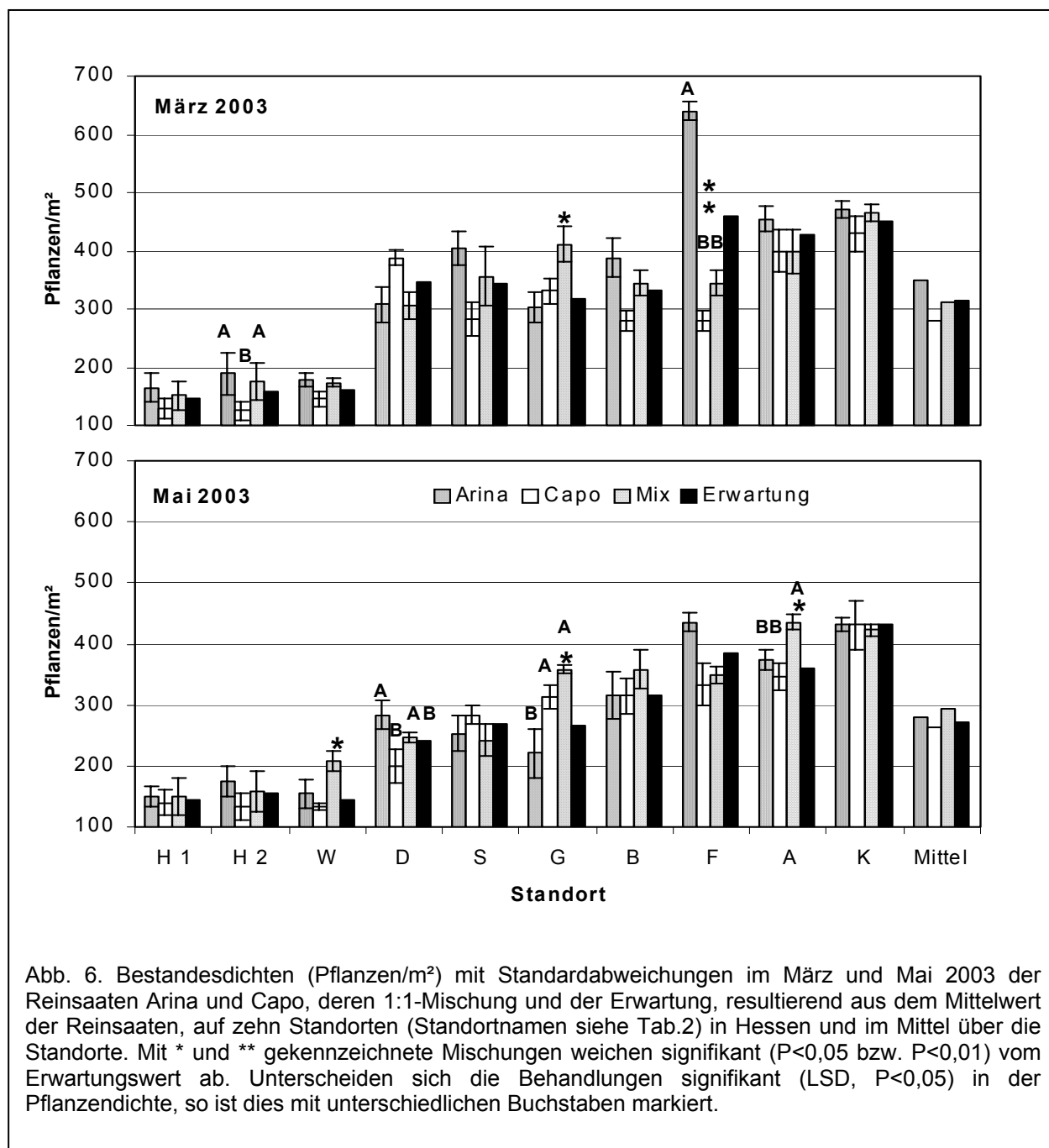
Von März bis Mai gab es auf allen Standorten, ausgenommen W und H1, über die Sorten gemittelt eine Reduktion an Pflanzen. Diese beliefen sich auf 8 bis 90 Pflanzen pro m² (Abb. 5). An erster Stelle stehen dabei D mit 90 Pflanzen, S (88 Pflanzen), G und F (beide 50 Pflanzen pro m²).

Die Schwankungen innerhalb der Sorten auf den einzelnen Standorten waren sehr unterschiedlich, auch veränderten sie sich von März bis Mai. Durch die statistische Auswertung konnten im März auf den Standorten F und H2 zwischen den Behandlungen signifikante Unterschiede (LSD, $P < 0,05$) in der Pflanzenzahl pro m² nachgewiesen werden. Im Mai gab es auf diesen Betrieben keine signifikanten Unterschiede mehr, obwohl auf F Arina immer noch einen Mehrwert von ca. 100 Pflanzen/m² als Capo und die Mischung hatte. Statistisch signifikante Unterschiede (LSD, $P < 0,05$) zwischen den Behandlungen in der Pflanzendichte traten im Mai auf den Standorten A, D und G auf.

Arina hatte im März 2003 auf acht Betrieben und im Mittel über die Betriebe eine höhere Pflanzendichte als Capo und die Mischung, dies lies sich jedoch statistisch nicht bestätigen. Im Mai hatte sich Arinas Überlegenheit zugunsten der Mischung reduziert (Abb. 6).

Die Pflanzendichte der Mischung übertraf in beiden Monaten auf sieben von zehn Standorten die Erwartungen. Dabei kam es zwischen den Monaten zu Verschiebungen, so schnitt die Mischung auf D, F und A im März schlechter als erwartet ab und im Mai nur auf den Standorten S, F und K. Lineare Kontraste konnten im März auf G und F und im Mai auf W, G und A nachgewiesen werden, wobei der Kontrast auf F mit der gesunkenen Pflanzenzahl von Arina im Mai verschwand.

Die Schwankungen auf den anderen fünf Standorten sind zwischen den drei Behandlungen sehr groß. Negative Pflanzenverluste (auf D, F, G, S, W) lassen sich dadurch erklären, dass ein Auflaufen von ruhenden Samen auch im Frühjahr noch möglich ist und somit mehr Pflanzen gezählt wurden als im November (siehe Abb. 5). Die Erwartungen der Auswinterungsverluste für die Mischung mit den tatsächlichen Werten zu vergleichen, macht



Tab.13. Bestockungsfaktor (Halme pro Pflanze) der Reinsaaten und deren Mischung auf zehn Standorten (absteigend nach der Bestockung sortiert) in Hessen im Mai 2003

Standort ¹	Sorte	Halme pro Pflanze	Relativ ²
W	Arina	2,6 A ³	1,00
	Capo	3,6 A	1,00
	Mix	2,6 A	0,85
H2	Arina	2,8 AB	1,00
	Capo	3,3 A	1,00
	Mix	2,5 B	0,84* ⁴
H1	Arina	2,3 A	1,00
	Capo	2,6 A	1,00
	Mix	2,5 A	1,02
S	Arina	2,4 A	1,00
	Capo	2,1 A	1,00
	Mix	2,2 A	0,97
D	Arina	1,9 A	1,00
	Capo	2,5 A	1,00
	Mix	2,0 A	0,93
K	Arina	2,1 A	1,00
	Capo	1,7 A	1,00
	Mix	2,1 A	1,08
A	Arina	1,7 A	1,00
	Capo	1,8 A	1,00
	Mix	1,8 A	1,02
F	Arina	1,7 A	1,00
	Capo	1,9 A	1,00
	Mix	1,7 A	0,95
B	Arina	1,6 A	1,00
	Capo	1,2 A	1,00
	Mix	1,5 A	1,11
G	Arina	1,3 A	1,00
	Capo	1,5 A	1,00
	Mix	1,3 A	0,90
Mittel	Arina	2,0 A	1,00
	Capo	2,2 A	1,00
	Mix	2,0 A	0,91

¹ Standortnamen siehe Tab.2

² Wert relativ zur erwarteten Bestockung

³ Werte innerhalb eines Standortes gefolgt von gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (LSD, P<0,05)

⁴* Mischung unterscheidet sich signifikant vom Mittelwert der Reinbestände (linearer Kontrast, P<0,05)

In Bezug auf die ährentragenden Halme pro Pflanze bzw. den Bestockungsfaktor fallen vor allem die Standorte W und H1/2 auf (Tab.13). Die varianzanalytische Untersuchung ergab für W und H2 eine signifikant höhere Bestockung im Vergleich zu den anderen Standorten (LSD=0,42 P<0,001).

Innerhalb der Sorten wies die Bestockung von Capo auf sieben Standorten einen höheren Wert als Arina auf, während er von der Mischung oft nicht abwich. Diese Unterschiede konnten statistisch nicht belegt werden. Einzig auf H2 kam es zu einer signifikanten Abweichung zwischen Capo und der Mischung. Arina lag in diesem Fall zwischen den beiden Werten. Auf sechs von zehn Standorten lagen die Relativwerte der Mischung für die Bestockung unter eins, d.h. in diesen Fällen erreichte die Mischung bezüglich der Halme pro Pflanze nicht die Erwartung, welche auf der Bestockung der reinen Sorten basierte. Nur auf B (11% über der Erwartung), K (8%) und A (2%) bestockte die Mischung besser als erwartet. Ein statistisch signifikante Abweichung (P<0,05) der Bestockung der Mischung von der Erwartung trat nur auf H2 auf. Die Mischung lag dabei 16% unter der Erwartung.

Mit einem durchschnittlichen Bestockungsfaktor von 2,9 Halmen pro Pflanze konnten die geringen Pflanzendichten auf W, die durch eine um 50% verringerte Saatstärke im Anbausystem „weite Reihe“ bedingt waren (siehe Abb. 6) etwas ausgeglichen werden, so dass der Standort bezüglich der Ähren pro m² nicht mehr auf den letzten Rängen stand (siehe Tab.14).

Auf H1 und H2 reichte die Bestockungsleistung nicht aus um die beiden Standorte von den letzten Plätzen der Ähren/m²-Rangfolge (siehe Tab.14) zu heben.

Tab.14. Bestandesdichte (Ähren pro m²) der Reinsaaten und der Mischung auf zehn Standorten (absteigend sortiert nach der Bestandesdichte) in Hessen im Mai 2003. Relativwerte bei gleichen und beobachteten Ährenanteilen in der Mischung, Ährenanteile der Sorten an der Mischung

Standort ¹	Sorte	Ähren pro m ²	Relativ (Mix 1:1)	Relativ ³ gewichtet	Ährenanteil im Mix
K	Arina	888 A ²	1,00		0,52
	Capo	733 A	1,00		0,48
	Mix	869 A	1,07	1,07	
A	Arina	635 A	1,00		0,43
	Capo	628 A	1,00		0,57
	Mix	774 A	1,22	1,23	
F	Arina	727 A	1,00		0,49
	Capo	617 A	1,00		0,51
	Mix	590 A	0,88	0,88	
S	Arina	581 A	1,00		0,47
	Capo	590 A	1,00		0,53
	Mix	523 A	0,89	0,89	
D	Arina	524 A	1,00		0,39
	Capo	493 A	1,00		0,61
	Mix	503 A	0,99	1,00	
B	Arina	498 A	1,00		0,50
	Capo	388 A	1,00		0,50
	Mix	542 A	1,22	1,22	
W	Arina	399 A	1,00		0,55
	Capo	477 A	1,00		0,45
	Mix	545 A	1,24	1,25	
G	Arina	279 B	1,00		0,30
	Capo	477 A	1,00		0,70
	Mix	456 A	1,21	1,09	
H1	Arina	255 A	1,00		0,54
	Capo	270 A	1,00		0,46
	Mix	300 A	1,14	1,15	
H2	Arina	265 A	1,00		0,52
	Capo	271 A	1,00		0,48
	Mix	254 A	0,94	0,95	
Mittel	Arina	505 A	1,00		0,48
	Capo	494 A	1,00		0,52
	Mix	535 A	1,07	1,07	

¹ Standortnamen siehe Tab.2

² Werte gefolgt von gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (LSD, P<0.05)

³ Mischungswert relativ zur erwarteten Bestandesdichte bei Berücksichtigung der Ährenanteile der Mischungspartner

Die Standorte K, A und F stehen bezüglich der Ähren/m² (Ä/m²) an erster Stelle. Sortenunterschiede in der Bestandesdichte gab es nur auf G nachzuweisen. Arina hatte hier mit einem Wert von 280 Ähren/m² einen deutlich dünneren Bestand als Capo und als die Mischung (beide > 450 Ä/m²).

Auf sieben von zehn Standorten lag die Bestandesdichte der Mischung über der Erwartung (Relativwert > 1). Die Überschreitung der Erwartung von 20 Prozent auf A, B, W und G waren jedoch statistisch nicht signifikant. Auch im Mittel über die Standorte konnten Unterschiede zwischen den Sorten (Mischung 535 Ä/m², Arina 505 Ä/m², Capo 494 Ä/m²) statistisch nicht abgesichert werden.

Die Ährenanteile in der Mischung variierten von Hof zu Hof. In zwei Fällen (D und G) wichen die Ährenanteile der Sorten an der Mischung stark von den erwarteten 50 Prozent ab (Tab.13).

Auf beiden Standorten hat sich das Verhältnis deutlich zugunsten von Capo verschoben. Auf G lag Arina schon in der Pflanzenzahl/m² hinter Capo. Auf dem Standort D jedoch hatte

Arina im März und Mai z.T. signifikant mehr Pflanzen/m² als Capo (siehe Abb. 6). Entweder konnte Arina ihren Vorsprung an Pflanzen pro m² auf D nicht in Ähren umsetzen oder diese Verschiebung der Ährenverhältnisse beruht auf dem massiven Wildverbiss von Arina, welcher auf D noch bis zum Ährenschieben auftrat.

Über die Standorte betrachtet waren die Ährenanteile der Sorten in der Mischung recht ausgeglichen. Arina mit 48% und Capo mit 52% lagen nahe den angestrebten 50% Ähren pro Sorte. Da mit Ausnahme von G die Anzahl der Ähren/m² der Reinbestände von Arina und Capo sehr ähnlich oder in etwa das Mischungsverhältnis 1:1 war, ergaben sich kaum Unterschiede zwischen dem einfachen und dem gewichteten Relativwert, außer in G (Tab.14).

Die zeitliche Pflanzenentwicklung verlief auf fast allen Betrieben gleich. Durch die ungünstige Witterung nach der Saat hatten die Weizenpflanzen auf H1 und H2 eine Entwicklungsverzögerung. Im März waren sie erst im Entwicklungsstadium 13, welches die Pflanzen auf den anderen Standorten schon im November erreicht hatten (Abb. 7).

Auch im Mai hatte der Weizen noch einen an der Entwicklung auf den Vergleichsstandorten gemessenen Entwicklungsrückstand. Im Juni hatten bezüglich der BBCH-Stadien alle Betriebe den gleichen Stand(BBCH 72-74). Eine weitere Abweichung von der allgemeinen Entwicklungskurve zeigte sich auf dem Standort S, hier setzte bei den Weizenpflanzen schon im Mai das Ährenschieben ein (BBCH 53), während auf den anderen Standorten noch die Stadien des Ährenswellens vorherrschten. Ende Juni und Anfang Juli differierten die Standorte mehr in den Entwicklungsstadien. Der Grund dafür muss dabei aber nicht in den Standortbedingungen gesucht werden, sondern in der relativ langen Zeitspanne, in der die Bonitur auf den Standorten erfolgte. Kaum Unterschiede in der Pflanzenentwicklung gab es zwischen den Behandlungen Arina, Capo und der Mischung. Zur Zeit der Reife (ab BBCH 75 mittlere Milchreife) zeigten sich leichte Unterschiede auf F (Arina etwas später) und H2 (Capo etwas später). Auf den restlichen Standorten konnten keine Sortenunterschiede in der Pflanzenentwicklung festgestellt werden.

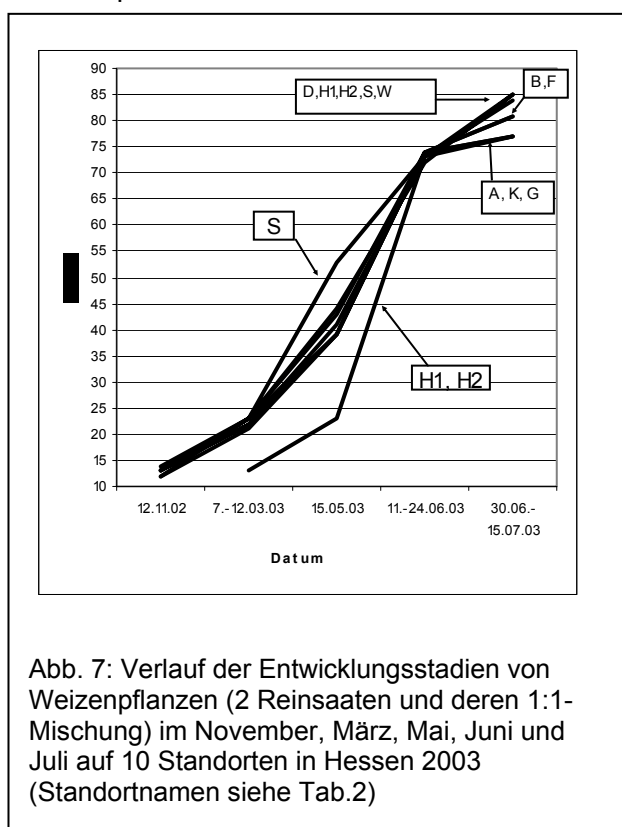


Abb. 7: Verlauf der Entwicklungsstadien von Weizenpflanzen (2 Reinsaaten und deren 1:1-Mischung) im November, März, Mai, Juni und Juli auf 10 Standorten in Hessen 2003 (Standortnamen siehe Tab.2)

3.3 Beikräuter und Krankheiten

3.3.1 Beikräuter

Die meisten Standorte glichen sich vom Spektrum der Beikräuter her (Tab.15).

Tab.15: Beikräuter (Pflanzen/m²) im März 2003 auf 10 Versuchsstandorten in Hessen

Beikraut	Standort ¹	A	B	D	F	G	H1	H2	K	S	W
	BBCH	22	22	23	22	21	13	13	22	22	23
Ackerfrauenmantel <i>Aphanes spec.</i>		2,5	0,6		0,6	0,4					
Ackerfuchsschwanz/Windhalm <i>Alopecurus myosuroides/ Apera spicaventi</i>		23,1		1,3	26,2 ²	2,4	2,3	0,3	12,3	0,1	7,7
Ackerhellerkraut <i>Thlaspi arvensis</i>			0,6				0,8	3,5			
Ackersenf <i>Sinapsis arvensis</i>											
Ackerstiefmütterchen <i>Viola arvensis</i>		2,4	3,3			5,9	3,4				0,1
Ackervergißmeinnicht <i>Myosotis arvensis</i>		0,7	0,6		0,4	0,6		0,8	0,4		
Ehrenpreis <i>Veronica spec.</i>			20,9		1,5		1,7	1,7		1,2	
Feldrittersporn <i>Consolida regalis</i>											
Flohknöterich <i>Polygonum persicaria</i>							6,5	4,8			
Gänsedistel <i>Sonchus spec.</i>							1,3	1,2			
Hirtentäschel <i>Capsella bursa-pastoris</i>			0,3	0,1			0,2	0,4	0,1	0,1	1,8
Kamille <i>Tripleurospermum maritimum</i>			0,3	4,4		1,6	8,6	4,8	5,3		0,3
Klee/Luzerne <i>Medicago spec./ Trifolium spec.</i>			0,3				0,3	0,1		1,8	
Klettenlabkraut <i>Galium aparine</i>		0,7			0,1	17,2	0,1	0,9	0,4	4,3	0,1
Kornblume <i>Centaurea cyanus</i>											
Krauser Ampfer <i>Rumex crispus</i>			0,1	0,1							
Mohn <i>Papaver spec.</i>			1,6								
Rispengras <i>Poa spec.</i>			0,1	0,7	0,1	0,3	0,1				
Taubnessel <i>Lamium spec.</i>		7,1	1,3		0,7	0,1	0,1	1,5			
Vogelmiere <i>Stellaria media</i>		0,6	0,7	0,3	0,3	5,5	0,9	2,7		0,1	3,7
Melde/ Gänsefuß <i>Atriplex spec./ Chenopodium spec.</i>							1,7	1,5			
Windknöterich <i>Fallopia spec.</i>				0,3							
Sonstige		0,4	3,6	8,0	0,4	1,2	8,9	9,2	0,7	0,9	
Unkrautdeckungsgrad in %		<1	<1	<1	1	1	1	<1	<1	<1	<1
Kulturdeckungsgrad in %		2,1	1,7	2,7	4,7	1,7	6,0	6,5	4,3	2,6	3,3

¹ Standortnamen siehe Tab.2

² In der Blüte dominierende Beikräuter auf den jeweiligen Standorten sind grau unterlegt. Fehlende Werte in den grau unterlegten Zellen bedeuten, dass diese Beikräuter zum Zeitpunkt der Bonitur noch nicht vorhanden waren.

Bei späteren Krankheitsbonituren konnten Blühaspekte beobachtet werden. Die in der Blüte dominierenden Beikräuter entsprachen oft nicht den Arten, die im Keimblattstadium bei der Bonitur das Bild prägten (Tab.15). Auf dem Standort W gab es keinen Blühaspekt, da durch das Hacken in der weiten Reihe Beikräuter kaum ihr Blühstadium erreichten. Eine Besonderheit stellte der Standort B dar. Auf dieser Versuchsfläche waren Klatschmohn *Papaver rhoeas*, Feldrittersporn *Consolida regalis* und die Kornblume *Centaurea cyanus* die vorherrschenden Beikrautarten. Es konnten Ende Mai sogar zwei blühende Exemplare des Adonisröschen *Adonis spec.* gefunden werden. Diese Art zählt zu den seltenen Ackerunkräutern und ist sehr schützenswert.

Auf G dagegen wuchs als vorherrschendes Unkraut *Galium aparine*. Geht man von einer Schadschwelle für *G. aparine* von 0,1-0,5 Pflanzen/m² aus, so lag G mit 17,2 Pflanzen/m² weit darüber. Dies war der einzige Standort, bei dem eine Beeinträchtigung der Kulturpflanze durch die Beikrautflora zu vermuten war. Auf keinem Betrieb lag der Deckungsgrad der Gesamtverunkrautung über 5%, dieser Wert gilt im konventionellen Landbau als Bekämpfungsschwelle. Auf dem Standort S gab es im Winter unter der Schneedecke extremen Mäusefraß. Besonders in der Variante Arina zog sich dadurch eine lückige Schneise durch den Bestand. Während der Vegetationsperiode wuchs auf dieser freien Fläche Ackersenf. Diese lokale Konzentration von Beikraut trat auf keinem weiteren Standort auf.

3.3.2 Krankheiten

3.3.2.1 Blatt und Ährenkrankheiten

Der Befall mit Blatt- und Ährenkrankheiten bewegte sich auf allen Versuchsstandorten auf sehr niedrigem Niveau. So erreichten die Krankheiten selbst kumulativ nie einen mittleren Gesamtpflanzenbefall von über 15 % (Abb. 8). Am meisten trugen vier Krankheiten: *Septoria nodorum*, *Septoria tritici*, *P. recondita* und *DTR* zum Blatt- und Ährenbefall bei.

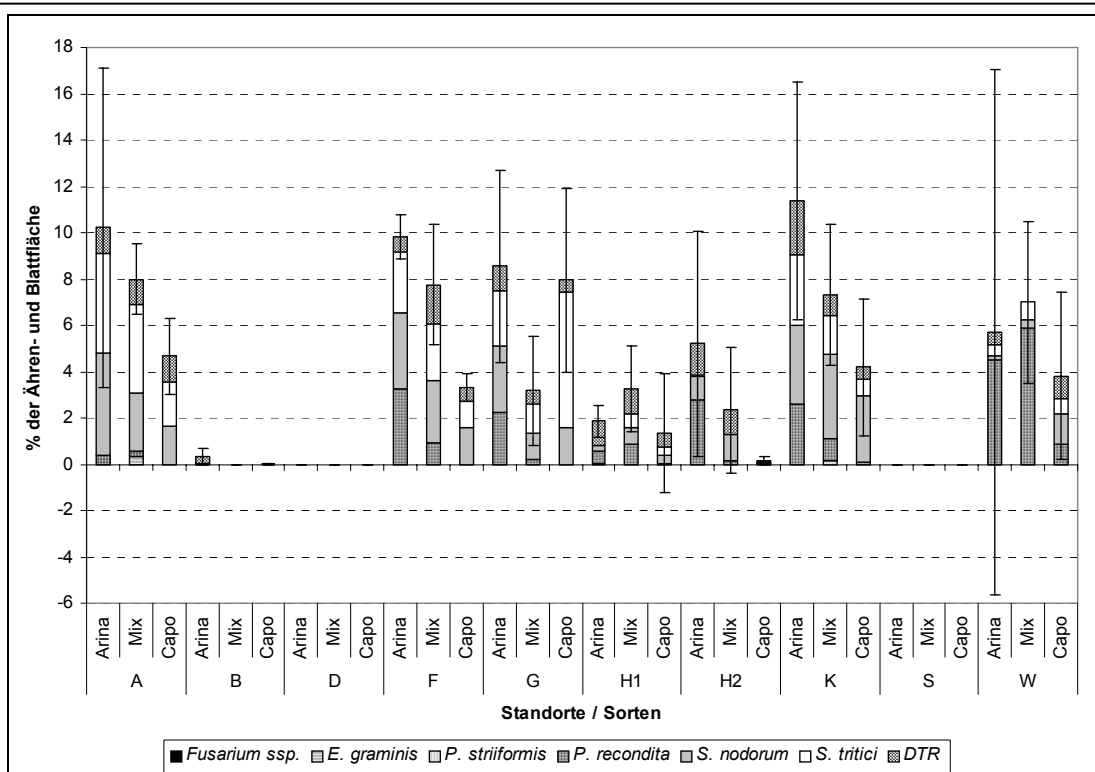


Abb. 8. Mittlerer Gesamtpflanzenbefall von Blatt- und Ährenkrankheiten am Boniturtermin 3 auf allen Standorten: Mittelwerte mit Standardabweichung des kumulativen Gesamtpflanzenbefalls (Pflanzen waren zum Zeitpunkt der Bonitur 3 auf dem Betrieb D und S bereits abgestorben)

Insgesamt war es nicht sinnvoll, die Befallsstärken auf den Reinbeständen und Mischungen für die einzelnen Krankheiten detailliert zu analysieren. Es wurde zusammenfassend die Fläche unter der Kurve (FUK) für die gesamte nekrotisierte Blattfläche pro Behandlung analysiert. Hier zeigte sich, dass in neun von zehn Fällen die nekrotisierte Blattfläche über die Zeit in den Mischungen geringer war als im Durchschnitt der Reinbestände. Die Reduktion war in drei Fällen statistisch signifikant (Abb.9)

Auf mehreren Standorten war der Befall mit Braunrost auf Arina zwar signifikant ($P < 0.05$) höher als auf Capo, was den Erwartungen, basierend auf der Sortenliste, entspricht. Allerdings waren die Befallsunterschiede außer auf Standort W auf unter 5% Gesamtbefall angesiedelt.

Am 17.6., zwischen der Bonitur 2 (10.6.) und 3 (30.6.) waren auf Standort W sehr deutlich Unterschiede im Befall zwischen Arina und Capo sichtbar und es wurde eine Einzelpflanzenbonitur durchgeführt, die den Befall auf beiden Sorten getrennt auch in Mischung erfasste (Abb. 10). Der Befall war deutlich höher als am 30.6. (Boniturtermin 3 aus Abb. 8), da offensichtlich die Reife am 30.6. schon zu weit fortgeschritten war.

Sowohl auf dem Fahnenblatt als auch auf dem F-1 Blatt war der Befall auf Arina im Reinbestand signifikant höher als auf Arina in Mischung (Abb. 10). Der Absolutbefall war jeweils um ca 12% geringer, was zwischen 40 und 65% Reduktion entspricht. Gleichzeitig war der Befall auf Capo absolut um 1,5 – 3% erhöht, was aber nicht signifikant war.

Auf dem Standort Hebenshausen war der Krankheitsbefall so gering, dass es nicht lohnt, den Befall in den verschiedenen Mischungen detailliert darzustellen.

3.3.2.2 Fußkrankheiten

Auch der Befall mit Fußkrankheiten war auf allen Standorten insgesamt sehr gering. Die Befallshäufigkeit nahm zwar vom ersten bis zum dritten Boniturtermin von 27 über 53 auf 71 % zu, die Befallswerte, die ein Maß der Befallsschwere sind, waren aber erst zum dritten Termin

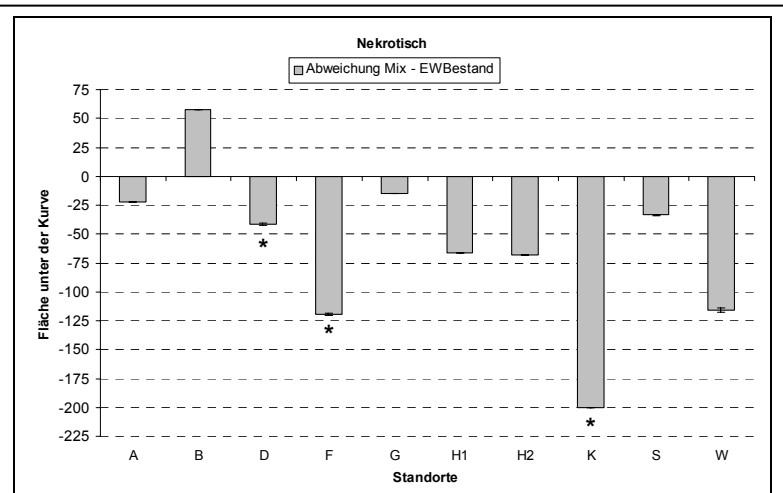


Abb. 9. Gesamte nekrotisierte Blattfläche in der Mischung Arina-Capo im Vergleich zum Mittelwert der Reinbestände. Werte sind für die Fläche unter der Kurve angegeben. Mit * gekennzeichnete Werte weichen signifikant vom Erwartungswert, basierend auf einem Verhältnis von 1:1, ab (linearer Kontrast, $P < 0.05$).

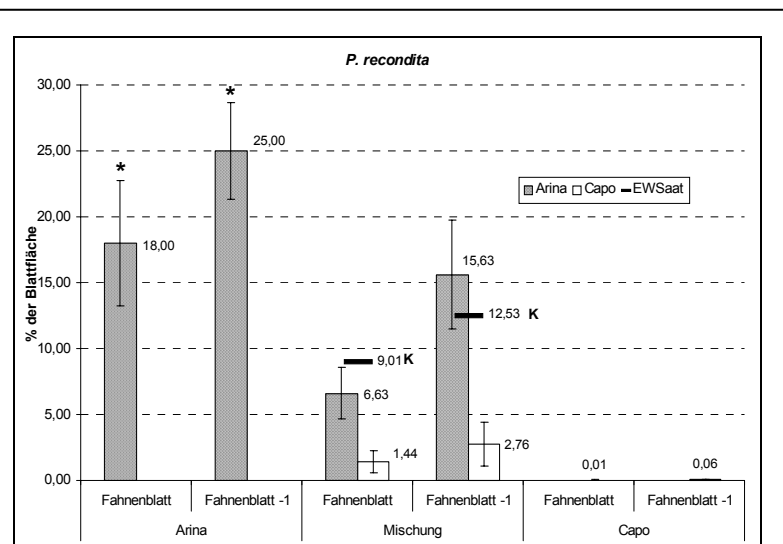
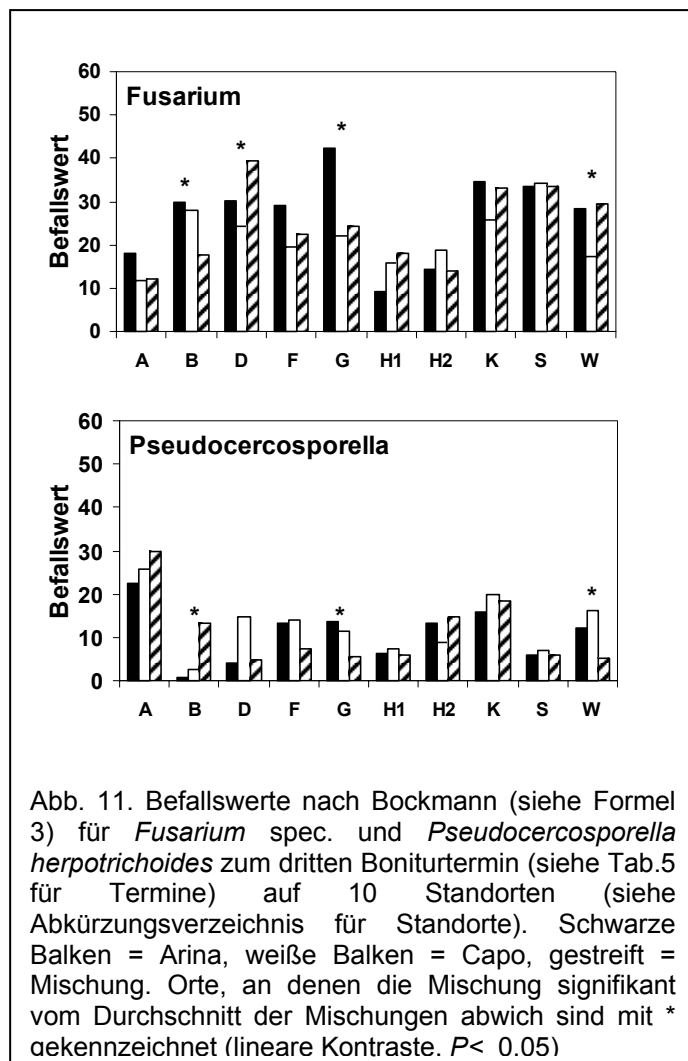


Abb. 10 Rostbefall auf der Sorte Arina und Capo auf dem Fahnenblatt und dem F-1 Blatt am 17.6. 2003 auf Betrieb W.



als relevant einzustufen. Es trat praktisch kein Befall mit *Rhizoctonia cerealis* auf, während der Befall mit Fusarium deutlich höher war als der Befall mit *Pseudocercospora herpotrichoides* (Abb. 11).

Je nach Standort unterschieden sich die Sorten mit einer Tendenz zu höherem Befall mit Fusarium an mehreren Standorten bei Arina. Der Fusarium Befall in Mischungen war in B und G signifikant geringer als in den Reinbeständen, während er in D und W signifikant erhöht war. Für *P. herpotrichoides* war die Situation in B, D und W gegenläufig, d.h. wo Fusarium erhöht war, waren weniger Augenflecken in der Mischung und umgekehrt. Am Standort G waren allerdings beide Krankheiten reduziert (Abb. 11).

Trotz des Befalls mit Fusarium an der Halmbasis konnte kein Ährenbefall visuell festgestellt werden.

3.4 Ertrag und Ertragskomponenten

3.4.1 Erträge

Die Sorte Arina war auf elf der zwölf Standorte am ertragschwächsten (Tab.16). Capo dagegen hatte auf acht Standorten den höchsten Ertrag. Die Mischung der Sorten lag ertragsmäßig auf sieben Standorten zwischen den Reinsorten. An letzter Stelle stand sie nur auf K. Auf den Betrieben E, H1 und S lag sie über den Reinsorten. Nicht alle Ertragsabweichungen konnten statistisch abgesichert werden (Tab.16).

Tab.16. Ertrag der Behandlungen auf den Standorten, Relativertrag der Mischung (1:1) und nach Ertragsanteilen gewichteter Relativertrag der Mischung

Standort ¹	Ertrag dt/ha			Mix Relativ	Ertragsanteile		Gewichteter ⁵ Relativertrag
	Arina	Capo	Mix		Arina	Capo	
A	47,9C ³	54,7A	51,2B	1,00	0,35	0,65	0,98
B	24,3A	28,1A	27,2A	1,04	0,47	0,53	1,03
D	32,7B	41,2A	39,2A	1,06	0,34	0,66	1,02
DFH	34,5B	38,8A	35,0B	0,96	²		
E	43,2A	44,9A	46,0A	1,05			
F	41,0C	50,1A	46,1B	1,01	0,44	0,56	1,00
G	27,1A	29,0A	27,9A	1,00	0,24	0,76	0,98
H1	43,0A	45,0A	47,5A	1,08	0,55	0,45	1,08
H2	48,2A	49,8A	50,4A	1,03	0,50	0,50	1,03
K	47,6A	47,7A	47,1A	0,99	0,48	0,52	0,99
S	32,6B	36,0AB	37,8A	1,10 ^{*4}	0,44	0,56	1,10
W	43,4C	62,6A	52,8B	1,00	0,49	0,51	0,99
Mittel	38,8B	44,0A	42,4A	1,03	0,43	0,57	1,02

¹ Standortnamen siehe Tab.2

² Fehlende Angaben zu DFH und E in Bezug auf die Ertragsanteile resultieren aus der Auslassung der Bestandesdichtebonituren, da der Berechnung unter anderem die Ährenanzahl/m² zugrunde liegt.

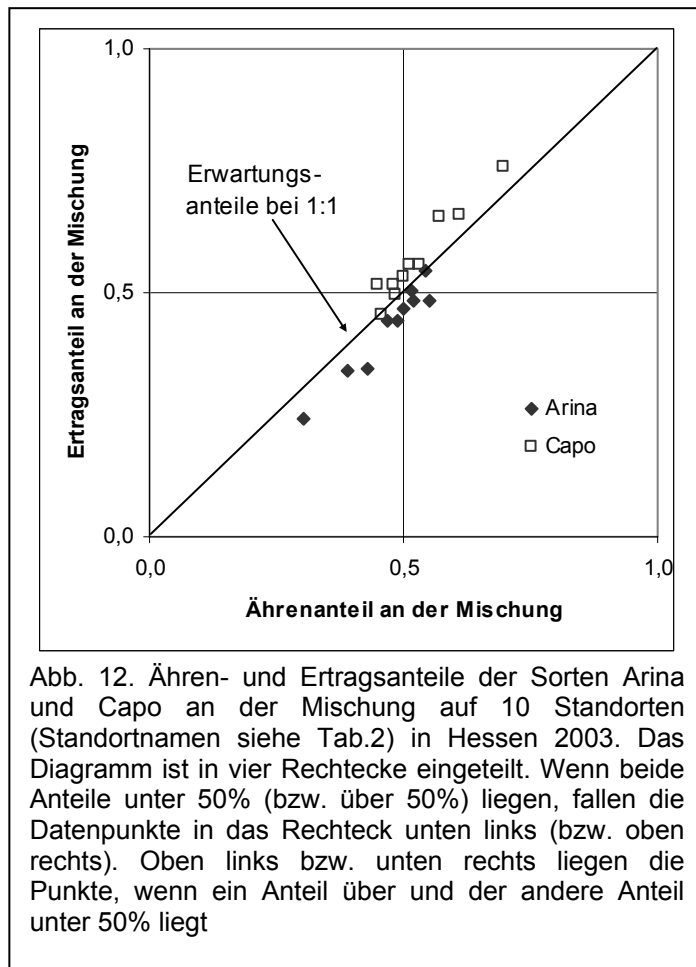
³ Werte innerhalb eines Standortes gefolgt von gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (LSD, P<0,05)

⁴ * Mischung unterscheidet sich signifikant vom Mittelwert der Reinbestände (linearer Kontrast, P<0,05)

⁵ Mischungswert relativ zum erwarteten Ertrag bei Berücksichtigung der Ertragsanteile der Mischungspartner

Setzte man die Betriebe als Wiederholungen an, so ergab sich bei der Sorte Arina ein mittlerer Ertrag von 38,8 dt/ha. Damit unterschied sie sich höchst signifikant von der Sorte Capo (44 dt/ha) und der Mischung (42,4 dt/ha), bei P<0,01. Die Mischung und Capo wiesen dabei keine signifikanten Unterschiede auf.

In zehn Fällen erreichte und übertraf die Sortenmischung die Ertragserwartung (bei gleichen Sortenanteilen), es gab Mischungseffekte von 1 bis 10 Prozent. Nur auf S jedoch war die positive Abweichung von 10 % von der Erwartung statistisch nachzuweisen (Tab.16). Über die Betriebe gerechnet, glichen sich diese Effekte aus, die Abweichung lag dann bei statistisch nicht abgesicherten 3% über der Erwartung.



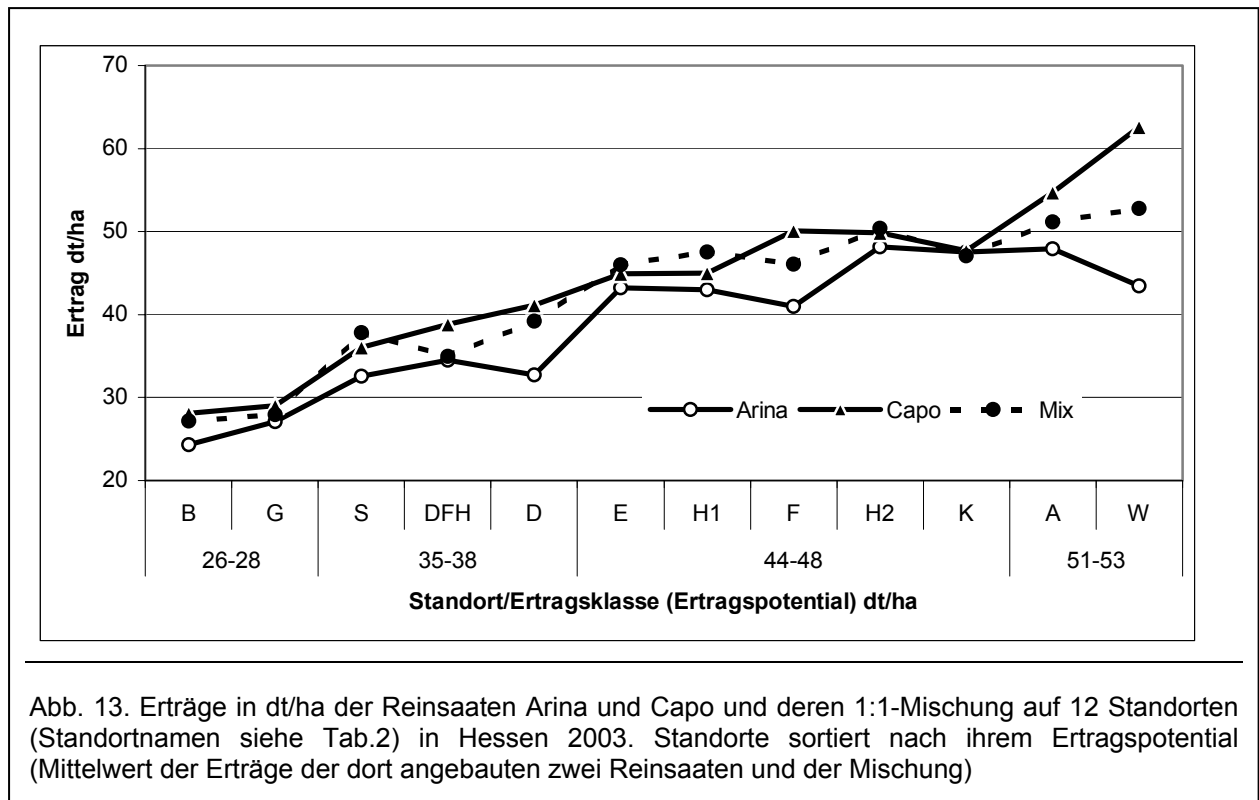
Die Anteile der Mischungspartner am Ertrag schwankten nach dem selben Prinzip wie die Ährenanteile. Arina hatte nur auf H1 einen höheren (55%) Ertragsanteil als Capo. Auf den anderen Standorten war das Verhältnis entweder ausgeglichen oder Capo dominierte (Tab.16).

Vom Ährenanteil einer Sorte an der Mischung konnte also nicht linear auf ihren Ertragsanteil geschlossen werden. Die Abweichungen der Sorten in Ertrags- und Ährenanteilen von den erwarteten 50% über die Standorte waren einheitlich. Aus Abb. 12 kann abgelesen werden, dass Arina in fünf Fällen weniger als 50% der Ähren in der Mischung stellte (Datenpunkte liegen im Diagramm links der senkrechten Linie). Wäre der Ertrag pro Ähre für beide Sorten gleich, müsste der Ertrags- gleich dem

Ährenanteil sein und die Punkte auf der Diagonalen liegen. Da aber fast alle Punkte für Arina unter dieser und entsprechend für Capo oberhalb der Diagonalen liegen, ergibt sich daraus, dass Arina, um den gleichen Ertrag zu erbringen wie Capo, eine größere Anzahl an Ähren benötigte, Capo mit weniger Ähren den gleichen Ertrag schaffte wie Arina. So hat sich die Dominanz von Capo in der Mischung von 52% Ährenanteil im Mittel auf 57% Ertragsanteil verstärkt. Ein Grund für diese Verschiebung könnte in der Anpassung Capos auf trockene Standorte liegen, die es Capo ermöglichte auch in diesem extrem trockenen Jahr 2003 noch spät weiter Ertrag zu bilden.

Die Betriebe ließen sich in vier Ertragsklassen einstufen, die sich statistisch signifikant voneinander unterschieden (LSD=4,8 P<0,05), dazu wurden die Erträge der Reinsaat und der Mischung auf dem Standort gemittelt. Dieses Ertragsmittel stellte auch das Ertragspotential dar, welches auf diesem Standort erreicht werden kann.

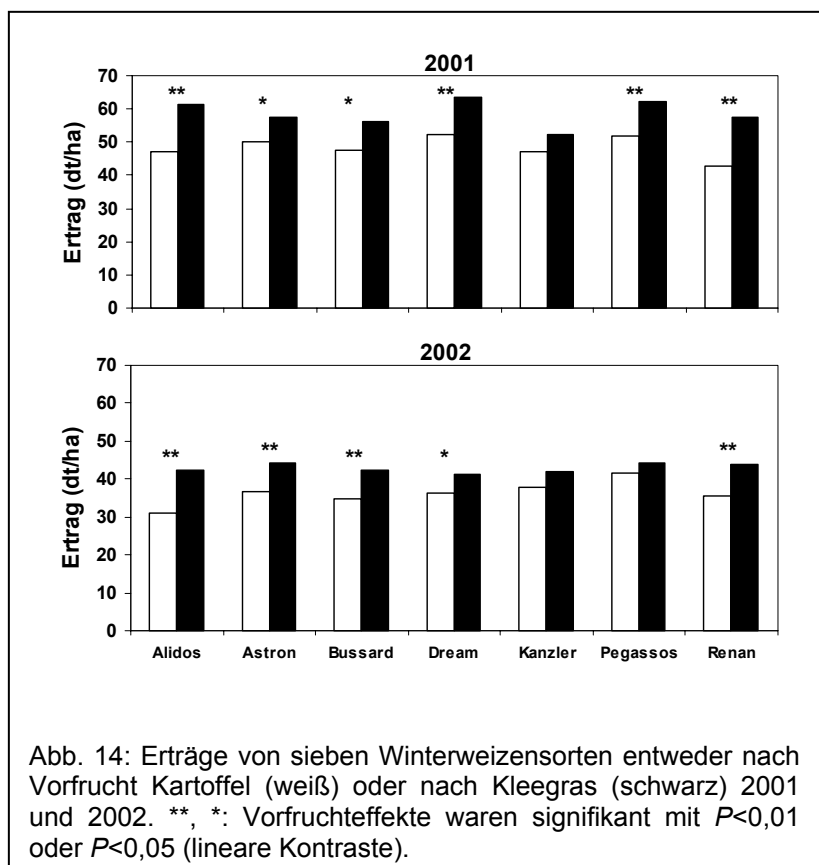
Die Betriebe W und A standen mit einem Ertragspotential von 53 und 51 dt/ha an erster Stelle (Abb. 13). Mit 26 und 28 dt/ha hatten die Standorte B und G das geringste Ertragsniveau. In die zweitniedrigste Gruppe mit einem Potential von rund 36,5 dt/ha fielen die Standorte S, DFH und D. Die Gruppe der Standorte mit einem Ertragspotential von 44-48 dt/ha war mit fünf Betrieben am größten.



Arina blieb auf fast allen Standorten bezüglich des Ertrages unter den anderen Behandlungen. Nur auf K hatten alle drei Varianten nahezu den gleichen Ertrag erreicht. Die größte Streuung trat auf W mit einer Differenz zwischen Capo und Arina von 19,2 dt/ha auf.

Im Exaktversuch 2001/2002 war der Einfluss des Ernährungsstatus mit reduzierter Bestandesdichte nach Vorfrucht Kartoffel deutlich sichtbar und entsprechend lagen die Erträge im Jahr 2001 und 2002 nach Klee gras deutlich höher. Insgesamt allerdings waren die Erträge 2002 deutlich schlechter (Abb. 14).

Die Mischungen reagierten wie die Reinbestände auf die Vorfrucht Klee gras mit höheren Erträgen, die sich aber nicht signifikant vom Durchschnitt der jeweiligen Reinbestände unterschieden (Tab.17).



Tab.17. Einfluß der Vorfrucht auf Erträge und Tausendkorngewichte (TKG) von sieben Winterweizensorten und verschiedenen Mischungen 2001/2002. Die Werte der Mischungen relativ zum Durchschnitt der Reinbestände sind angegeben.

Sorte/ Vorfrucht	Ertrag (dt/ha)				TKG (g)			
	Kartoffel	Rel	Kleegras	Rel	Kartoffel	Rel	Kleegras	Rel
Alidos	31.0		42.4		42.9		41.9	
Astron	36.8		44.2		44.2		45.7	
Bussard	35.0		42.2		47.5		43.1	
Dream	36.2		41.1		45.6		44.6	
Kanzler	37.7		42.0		46.5		45.2	
Pegassos	41.7		44.4		45.5		46.7	
Renan	35.5		44.0		48.7		45.5	
Alidos/Bussard	34.4	1.04	43.1	1.02	45.0	1.00	42.1	0.99
Alidos/Pegassos	35.9	0.99	41.1	0.95	48.1	1.09	45.6	1.03
Alidos/Renan	33.8	1.02	43.9	1.02	44.8	0.98	45.9	1.05
BUSSARD/Pegassos	36.4	0.95	40.3	0.93	45.7	0.98	46.8	1.04
Bussard/Renan	34.5	0.98	43.5	1.01	44.6	0.93	46.2	1.04
Dream/Renan	35.6	0.99	43.1	1.01	45.8	0.97	46.6	1.03
Pegassos/Astron	36.8	0.94	40.7	0.95	46.7	1.09	46.3	1.06
Pegassos/Renan	38.2	0.99	42.6	1.00	44.8	0.99	43.6	1.00
Pegassos/Alidos/Kanzler	37.0	1.00	42.6	0.99	39.6	0.88	44.9	1.01
Pegassos/Renan/Kanzler	37.8	0.99	42.7	0.98	44.8	0.95	43.1	0.94
Pegassos/Dream	39.9	1.02	40.7	0.95	43.3	0.95	42.8	0.94
Pegassos/Kanzler	39.9	1.01	42.5	0.98	45.1	0.98	46.9	1.02

Im Jahr 2003 waren die Erträge im Exaktversuch trotz der Trockenheit befriedigend mit 43 bis 68 dt/ha. Fast alle Sorten reagierten mit signifikanten Mehrerträgen und viele mit signifikant reduziertem TKG auf die Vorfrucht Kleegras (Abb. 15). Die Mischungen reagierten im Durchschnitt wie die Reinbestände.

Alle Mischungen entsprachen den Erwartungen basierend auf den Reinbeständen mit Relativträgen zwischen 0.94 und 1,09.

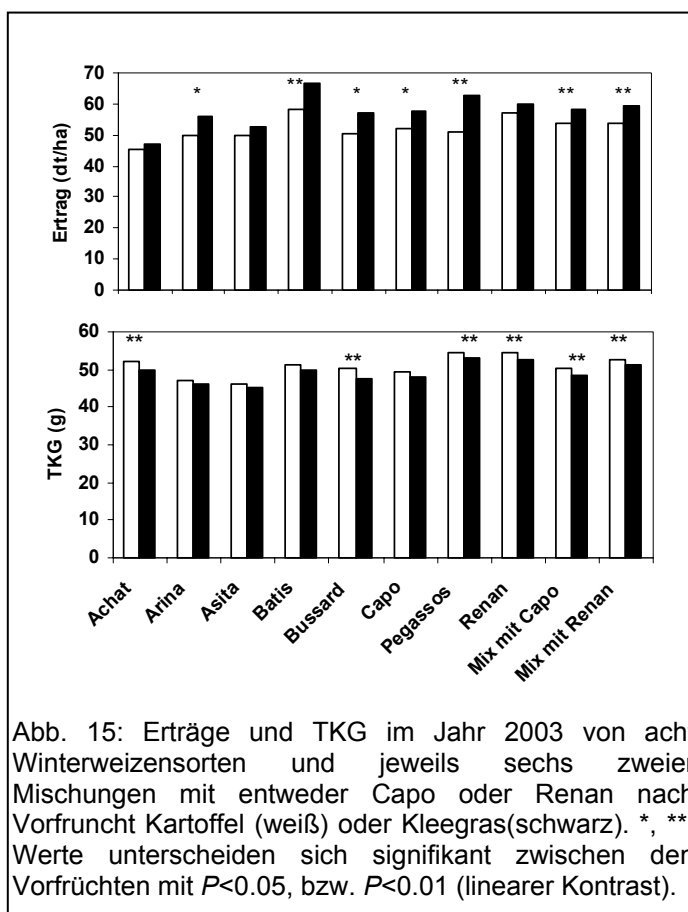


Abb. 15: Erträge und TKG im Jahr 2003 von acht Winterweizensorten und jeweils sechs zweier Mischungen mit entweder Capo oder Renan nach Vorfrucht Kartoffel (weiß) oder Kleegras(schwarz). *, **: Werte unterscheiden sich signifikant zwischen den Vorfrüchten mit $P < 0.05$, bzw. $P < 0.01$ (linearer Kontrast).

3.4.2 Ertragskomponenten

Körnerzahl pro Ähre:

Bezüglich der Körnerzahl/Ähre war die Sortierung der Betriebe eine andere als im Ertrag. DFH beispielsweise hatte im Ertrag nur eine niedere Klasse erreicht (Abb. 13), steht aber auf Platz zwei der Körner/Ähre-Reihung (Abb. 16). Besonders fiel der Standort K auf. Dieser hatte mit einem Körner/Ähre-Potenzial von 27,5 das geringste Niveau, im Ertrag war er jedoch unter den vier besten Standorten.

Capo erreichte auf 7 von 12 Standorten die höchste Körnerzahl pro Ähre, während Arina auf B, S, D und G mehr Körner pro Ähre bildete (Abb. 16). Die Mischung erreichte nur auf K einen höheren Wert als die beiden Reinsaaten. Die Schwankungen der Sortenwerte auf dem Einzelbetrieb konnte statistisch nicht überprüft werden, da es sich um vereinigte Proben handelte.

Die Relativwerte der Mischung für die Körnerzahl pro Ähre schwankten unwesentlich um eins (Abb. 16). In sechs Fällen erreichte bzw. überstieg und in sechs Fällen blieb die Mischung unter der erwarteten Körnerzahl pro Ähre, die aus dem Mittel der Mischungspartner resultierte. Eine Tendenz ließ sich daraus nicht erkennen, so erreichte die Mischung über die Betriebe betrachtet die Erwartung mit 99%. Die Abweichungen der Mischungen vom Erwartungswert konnten statistisch nicht nachgewiesen werden. Arina und die Mischung konnte 32,7 Körner, Capo 33,7 Körner pro Ähre ausbilden.

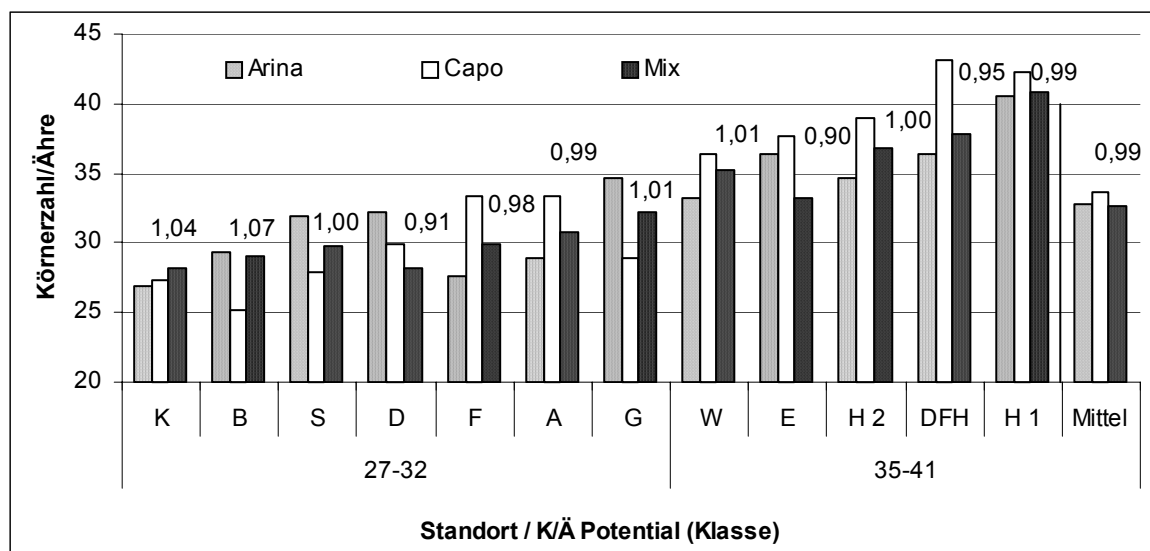


Abb. 16 Körnerzahl pro Ähre der Reinbestände Arina und Capo und deren 1:1-Mischung auf 12 Standorten (Standortnamen siehe Tab.2) und im Mittel über die Standorte in Hessen 2003. Standorte sortiert nach ihrem Körner/Ähre-Potential (Mittelwert der K/Ä der dort angebaute zwei Reinsaaten und der Mischung). Die Körnerzahl/Ähre der Mischung relativ zum Mittelwert der beiden Reinbestände ist als Zahl über der Mischungssäule angegeben

Tausendkorngewicht:

Das Tausendkorngewicht unterlag sowohl inner- als auch überbetrieblich nicht so großen Schwankungen wie die Körnerzahl pro Ähre (Abb. 17). Lediglich auf DFH und D schwankten die Behandlungen stark untereinander. Arina hatte mit durchschnittlich 38,7 g von den drei Behandlungen immer das kleinere TKG, was sich in der überbetrieblichen statistischen Analyse bestätigte ($P < 0,0001$). Capo hatte dabei mit 41,2 g ein statistisch abgesichert höheres TKG als die Mischung mit 40,2 g (Abb. 15). Eine Einteilung der Standorte in TKG-Klassen war nicht möglich, da die Ortevariation so gering war.

Auftretende Mischungseffekte waren minimal, die Relativwerte der Mischung schwankten eng um eins (Abb. 17). Eine Tendenz, dass die Mischung mit der Erwartung im TKG identisch ist, lässt sich auch aus dem Mittel von 1,01 erkennen. Abweichungen der Tausendkornmasse vom Mittelwert der beiden Reinbestände (Linearer Kontrast) konnten statistisch nicht belegt werden.

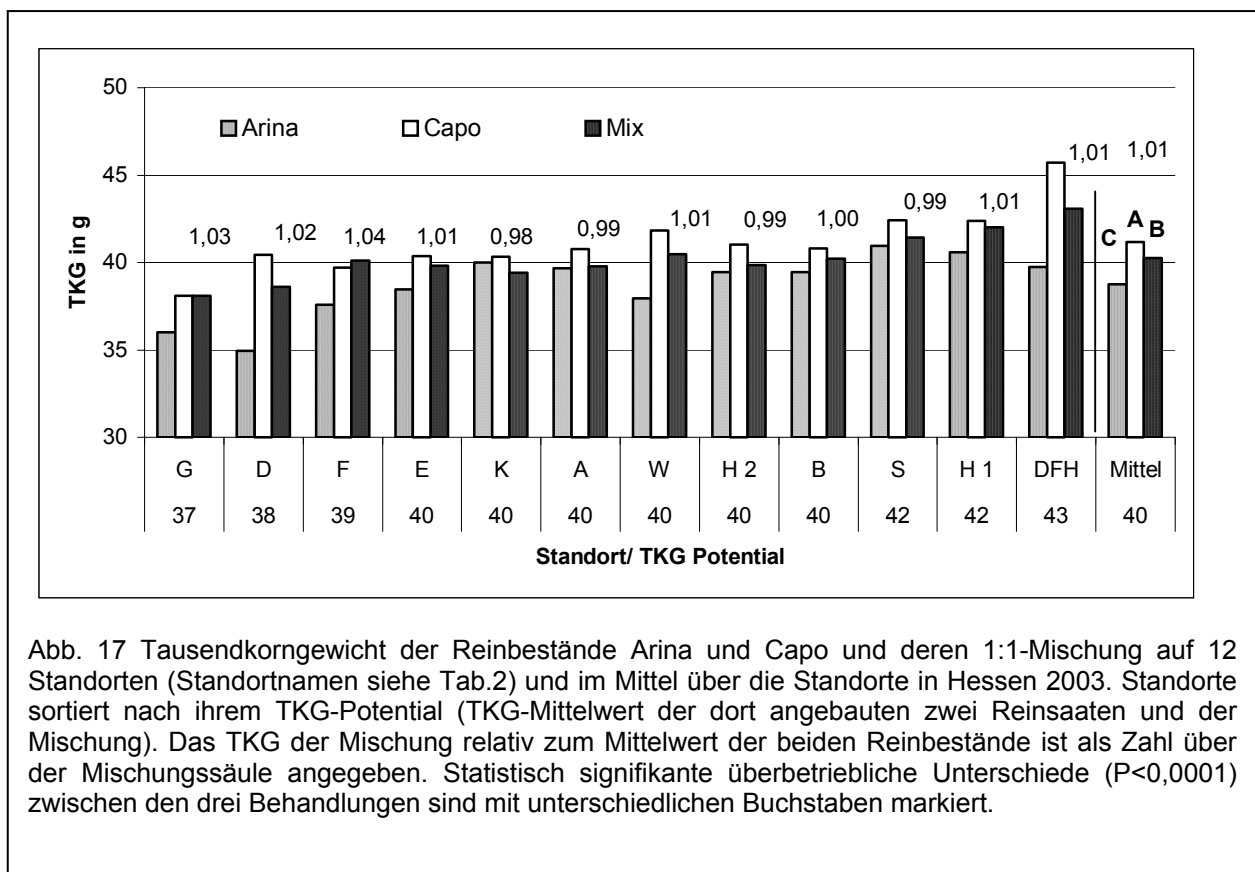


Abb. 17 Tausendkorngewicht der Reinbestände Arina und Capo und deren 1:1-Mischung auf 12 Standorten (Standortnamen siehe Tab.2) und im Mittel über die Standorte in Hessen 2003. Standorte sortiert nach ihrem TKG-Potential (TKG-Mittelwert der dort angebauten zwei Reinsaat und der Mischung). Das TKG der Mischung relativ zum Mittelwert der beiden Reinbestände ist als Zahl über der Mischungssäule angegeben. Statistisch signifikante überbetriebliche Unterschiede ($P < 0,0001$) zwischen den drei Behandlungen sind mit unterschiedlichen Buchstaben markiert.

Im Exaktversuch 2001/2002 war der Einfluß der Vorfrucht auf das TKG nicht einheitlich und weder Vorfrucht noch Mischung hatten signifikante Effekte (Tab.17).

Im Gegensatz dazu war der Einfluß der Anbaubedingungen auf das TKG im Jahr 2002/2003 deutlich und gegenläufig zum Einfluß auf die Erträge (Abb. 15). Fast alle Reinsorten hatten nach Vorfrucht Kartoffel signifikant höhere TKG und die beiden Mischungsgruppen mit Capo und Renan reagierten auf dieselbe Weise. Die relativen TKGs in Mischungen lagen zwischen 0,98 und 1,06. und wichen nicht signifikant von den Mittelwerten der Reinbestände ab.

3.4.3 Verhalten der Sorten im Mischanbau

In den Praxisversuchen war es möglich durch die Handernte, die Mischungskomponenten nachträglich auseinanderzusortieren und so den Einfluß des Mischanbaus auf die Sorten Arina und Capo zu quantifizieren. Im Mittel veränderte jeweils eine der beiden Sorten die Ertragsparameter Ähren/m², Körner/Ähre, TKG und Ertrag

Sorte	Ähren/m ²	K/Ä	TKG	Relativertrag
Arina	505	32,7	38,7	1,00
ArinaMix	503	30,3*	39,7*	0,97 ¹
Capo	494	33,7	41,2	1,00
CapoMix	568*	34,6	40,6	1,21*

* signifikanter Unterschied zwischen dem Sortenwert im Misch- u. Reinbestand P=0,05
¹ Ertrag (errechnet aus der Ährendichte, K/Ä, TKG) der Sorte im Mischbestand relativ zum erwarteten Ertrag (errechnet aus der Ährendichte, K/Ä, TKG) der Sorte im Reinbestand

relativ zu ihren Reinbeständen (Tab.18). Arina im Mischbestand konnte auf elf der zwölf Standorte ihr TKG gegenüber der Arina im Reinbestand um ein bis acht Prozent erhöhen (Abb. 18). Der über die Betriebe gemittelte Relativwert von 1,03 ist signifikant (P<0,01) höher als eins.

Im Gegenzug war jedoch die Körnerzahl pro Ähre bei Arina statistisch signifikant (P<0,05) um 8% verringert (Relativwert 0,92) (Tab.18). Im Mischbestand konnte Arina im Mittel die Erwartung an die Ährendichte um drei Prozent übersteigen, allerdings mit extremen Variationen über die Betriebe (Abb. 18), weshalb eine Tendenz kaum erkennbar war. Im Ertrag blieb sie um drei Prozent hinter der Erwartung zurück.

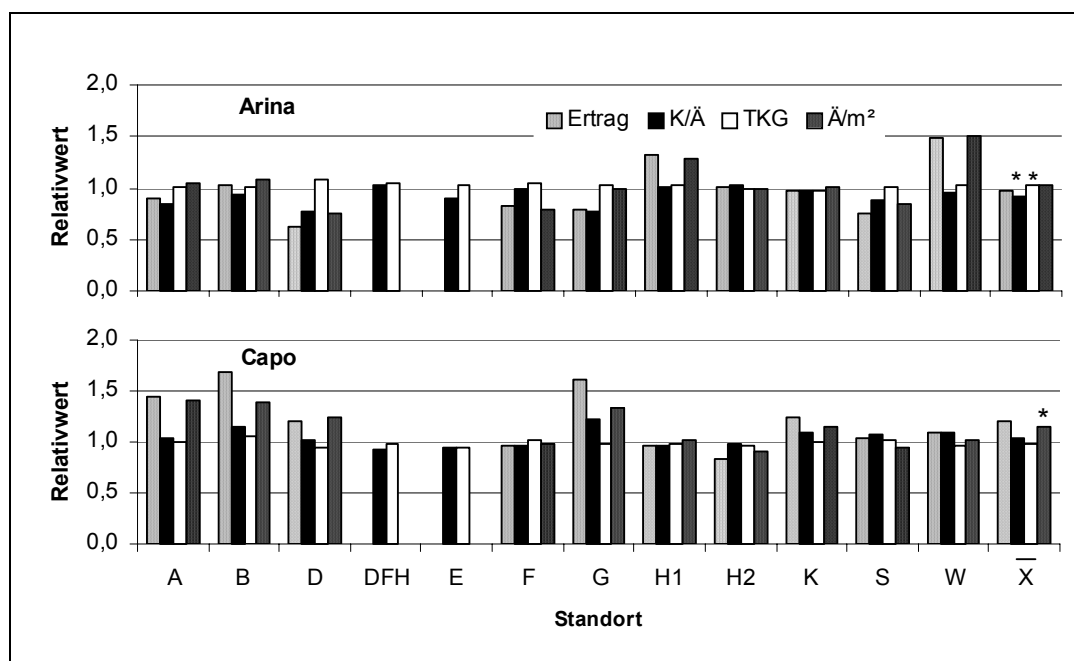


Abb. 18. Ertrags-, Körner/Ähre-, TKG- und Ährendichtewerte von Arina und Capo in der 1:1-Mischung relativ zu den Werten der Sorten im Reinbestand auf 12 Standorten (Standortnamen siehe Tab.2) und im Mittel (X) in Hessen 2003. Statistisch signifikante Abweichungen (P<0,05) der gemittelten Relativwerte von eins sind mit * über der jeweiligen Säule gekennzeichnet. Fehlende Angaben für DFH und E zur Ährendichte und zum Ertrag resultieren aus der fehlenden Bonitierung der Ährendichte, da den Ertragsberechnungen unter anderem die Ährendichte zugrunde liegt

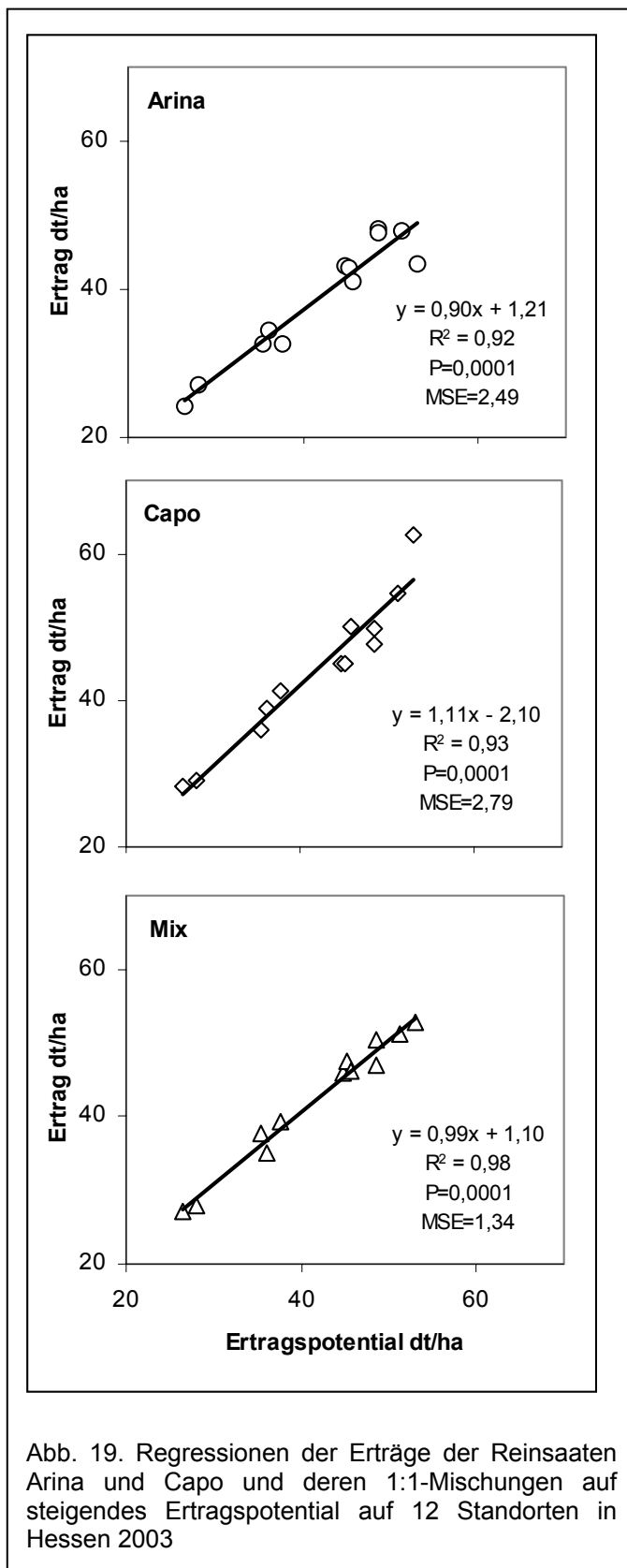
Im Gegensatz zu Arina reagierte Capo mit erhöhter Ährendichte und Kornzahl pro Ähre im Mischbestand, allerdings bei verringertem TKG (Tab.18). Die TKG der Sorten in Mischung glichen sich also aneinander an, während die Körnerzahlen pro Ähre sich entfernten. Bezüglich des Ertrages benahm sich Arina im Schnitt wie erwartet, während Capo in der Mischung mit 21%iger Erhöhung des Ertrages zu profitieren schien.

Sehr starke Konkurrenzeffekte im Ertrag gab es auf D. Arina in der Mischung erreichte hier nur 63 Prozent des Ertrages des Reinbestandes (Abb. 18). Einen Mehrertrag von 69 Prozent erreichte Capo im Mischbestand auf B. Diese hohen Abweichungen von der Erwartung resultierten aus niedrigen Bestandesdichten der Reinsaaten im Gegensatz zu den Bestandesdichten der Mischung auf dem jeweiligen Hof (Tab.18), da der Relativertrag der Sorten im Mischbestand unter anderem aus den Bestandesdichtewerten berechnet wurde.

3.4.4 Ertragsstabilität der Reinsaaten und der Mischung

Nach dem Regressionsmodell ist die Ertragsstabilität einer Sorte dann gegeben, wenn die Steigung der Regressionsgeraden bei einer Korrelation der Erträge auf die Umwelt gleich eins ist. Die Umwelt lässt sich dabei als das Standort- bzw. das Ertragspotential darstellen. Je geringer die einzelnen Ertragswerte von der Regressionsgeraden abweichen, umso höher ist die Vorhersagbarkeit der Lage der Datenpunkte im Diagramm und umso sicherer ist die Vorhersagbarkeit der Erträge.

Die Korrelation zwischen Ertrag und dem Ertragspotential differenzierte die drei Behandlungen klar nach Ertragsstabilität. Die Mischung zeigte einen parallelen Ertragsanstieg zum steigenden Ertragspotential der Standorte, der Anstieg der Regressionsgeraden unterschied sich nicht signifikant von eins (Abb. 19). Die Anstiege der Regressionsgeraden von Arina und Capo wichen jedoch signifikant ($P < 0,05$) von eins ab. Arina mit einem Anstieg von 0,90 reagierte auf eine Erhöhung des Ertragspotentials nicht so stark wie Capo mit einem Anstieg von 1,11. Umgekehrt sanken ihre Erträge relativ weniger stark ab, wenn sich das Ertragspotential, also die Bedingungen des Anbaus, verringerte. Capo reagierte gegenläufig. Die mittlere quadratische Abweichung (MSE) der Ertragswerte von der Regressionsgeraden war bei den Reinsaaten nahezu gleich (MSE 2,49 und 2,79). Bei der Mischung hingegen war die Variation über die Orte viel geringer (1,34).



Die Mischung der Sorten reagierte also sehr stabil und ohne große Schwankungen auf das steigende Ertragspotential und ist damit am ertragstabilsten einzustufen. Besonders im Bereich hoher Erträge kam es zu Instabilitäten im Ertrag der Reinsaat (Abb. 19).

3.4.5 Dynamik der Konkurrenzbeziehungen zwischen den Sorten im Mischbestand

Konkurrenzbeziehungen in frühen Entwicklungsstadien wirken sich auf eine Veränderung der relativen Ährendichte der Sorte im Mischbestand aus. Treten Konkurrenzen auch in der späteren Pflanzenentwicklung auf, so wird dies in veränderten Relativwerten für die Körnerzahl/Ähre, das TKG und den Ertrag/Ähre (E/Ä) sichtbar. Durch Korrelationen zwischen der relativen Anzahl Ähren/m² und den relativen Ertragsparametern Körner/Ähre, TKG und Ertrag/Ähre kann überprüft werden, wann und in welchem Umfang Konkurrenzbeziehungen zwischen den Mischungspartnern stattgefunden haben. Je nach Lage der Punktwolken kann man auf Konkurrenzbeziehungen schließen. Für Arina und Capo in ihrer 1:1-Mischung konnten Interaktionen nur in der Frühentwicklung nachgewiesen werden, da der Ertrag/Ähre (bzw. das TKG und die Körner/Ähre) relativ konstant blieb und Korrelationen zwischen der Früh- und Spätentwicklung mit einer statistischen Signifikanz von $P < 0,05$ nicht auftraten (Abb. 20; die

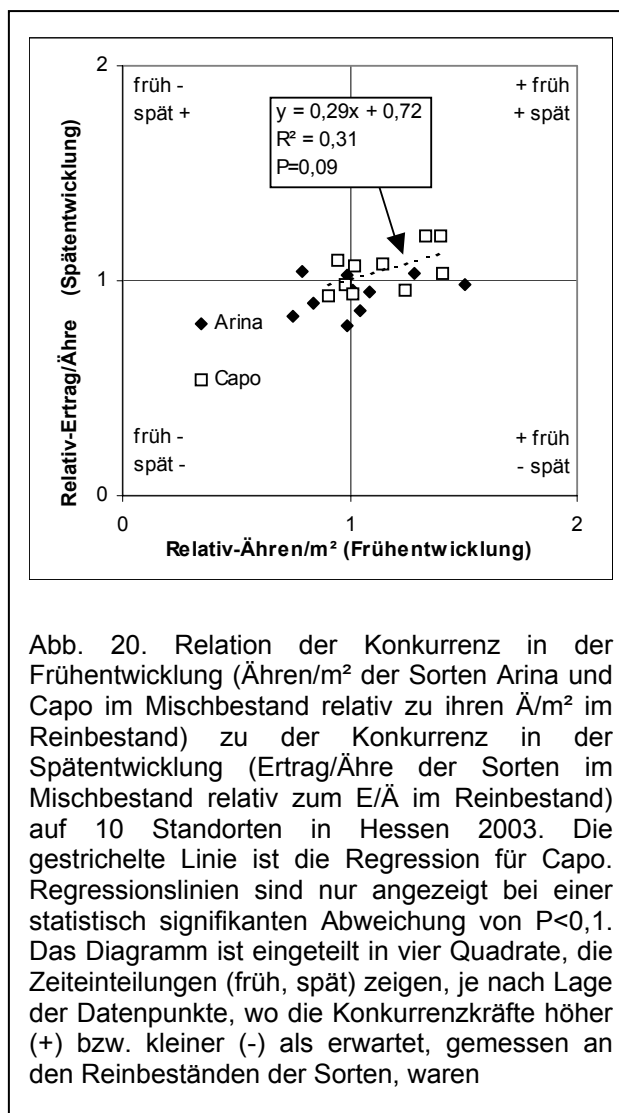


Abb. 20. Relation der Konkurrenz in der Frühentwicklung (Ähren/m² der Sorten Arina und Capo im Mischbestand relativ zu ihren Ä/m² im Reinbestand) zu der Konkurrenz in der Spätentwicklung (Ertrag/Ähre der Sorten im Mischbestand relativ zum E/Ä im Reinbestand) auf 10 Standorten in Hessen 2003. Die gestrichelte Linie ist die Regression für Capo. Regressionslinien sind nur angezeigt bei einer statistisch signifikanten Abweichung von $P < 0,1$. Das Diagramm ist eingeteilt in vier Quadrate, die Zeiteinteilungen (früh, spät) zeigen, je nach Lage der Datenpunkte, wo die Konkurrenzkräfte höher (+) bzw. kleiner (-) als erwartet, gemessen an den Reinbeständen der Sorten, waren

Regressionslinie für Capo mit $P = 0,09$ soll als Anschauungsbeispiel gelten.) Nur maximal 30% der Veränderungen im Relativ-Ertrag/Ähre konnten durch Veränderung der Bestandesdichten erklärt werden. Hätte es Interaktionen in der Früh- und Spätentwicklung gegeben, so würden die Datenpunktwolken auf einer gedachten Diagonalen durch den Koordinatenursprung liegen.

Durch die Korrelation zwischen den Ertragsparametern (außer Ähren/m²) der Sorten in Mischung relativ zu ihren Reinbeständen und dem Ährenanteil von Arina und Capo in der Mischung war es möglich, die Reaktion der Sorten auf ihren steigenden Anteil in der Mischung zu betrachten (Abb. 21). Arina reagierte sehr stark auf eine Erhöhung ihres Anteiles in der Mischung mit positiven Veränderungen der Körnerzahl/Ähre und ihres Einzelährenertrages. Die Anstiege der Regressionsgeraden verliefen hier linear mit den Steigungen 1,11 und 1,00 (Abb. 21). In den selben Diagrammen kann durch die Lage der Punktwolken von Arina im unteren linken Viertel weiterhin geschlossen werden, dass sie die Erwartungen sowohl an den Ährenanteil, als auch an der Ausbildung der Körner/Ähre und den Einzelährenertrag selten

erreichte bzw. überstieg. Das TKG zeigte sowohl für Arina als auch für Capo keine Reaktion auf

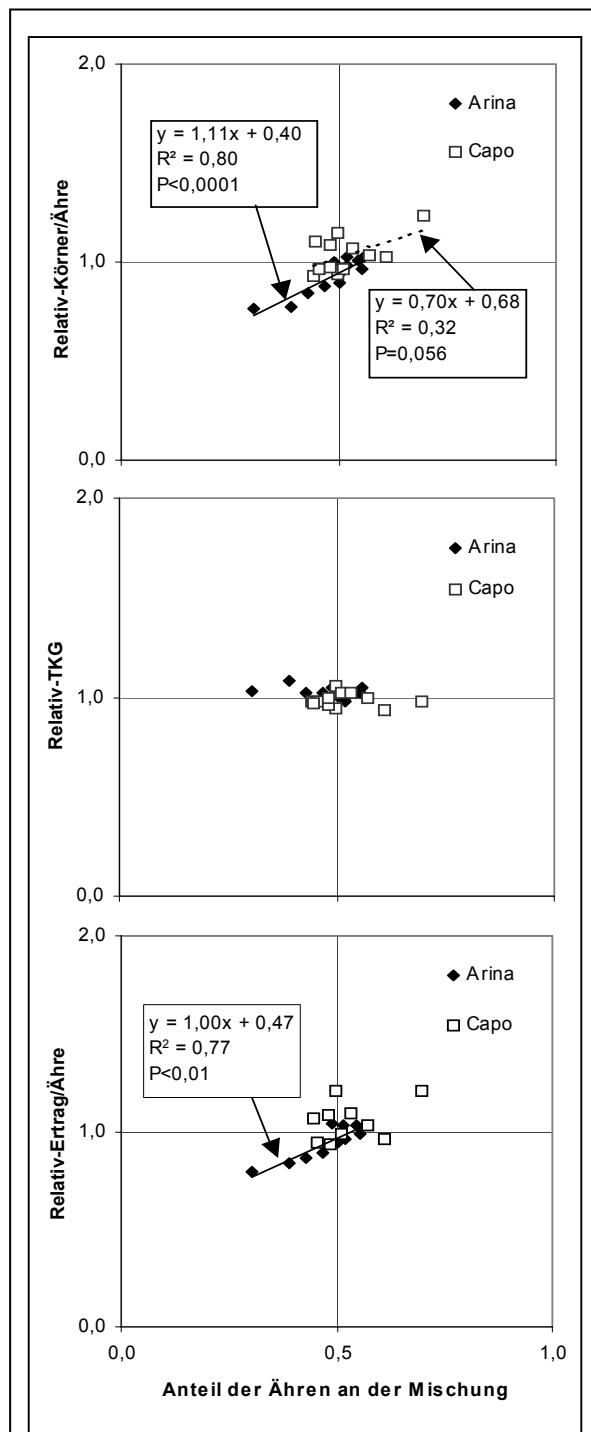


Abb. 21. Reaktionen der Sorten Arina und Capo auf eine Erhöhung der Ährenanteile in ihrer Mischung in Bezug auf die Ertragsparameter K/Ä, TKG und E/Ä von Arina und Capo im Mischbestand relativ zu ihren Reinbeständen auf 10 Standorten in Hessen 2003. Regressionslinien sind angegeben (Arina ganze Linien, Capo gestrichelte Linien) wenn sie auf einem statistisch signifikanten Niveau von $P < 0,1$ liegen

eine Veränderung der Sortenanteile. Die Körnerzahl/Ähre von Capo war nur leicht mit dem Ährenanteil korreliert ($P=0,056$, $R^2=0,32$). Zusammen mit dem TKG als Einzelährenertrag verschwand diese Abhängigkeit. Arina hatte vermutlich von ihrer eigenen Nachbarschaft im Mischbestand profitiert, bzw. unter Capo gelitten. Was bedeutete, dass intervarietäre Konkurrenzen (Arina/Capo) bei Arina zu Minderungen führten.

Für Capo war dies nicht nachzuweisen.

In der Mischung traten asymmetrische Effekte zwischen Arina und Capo auf, d.h. es kam nicht zu einem Ausgleich von Ertragsdefiziten durch die Mischungspartner. In Abb. 22 ist dies dargestellt. Hätte es in der Mischung eine Kompensation von Ertragsdefiziten der einen Sorte durch die andere gegeben, so hätten im Diagramm die Punkte auf die Diagonale fallen müssen. Die Erträge von Arina und Capo in der

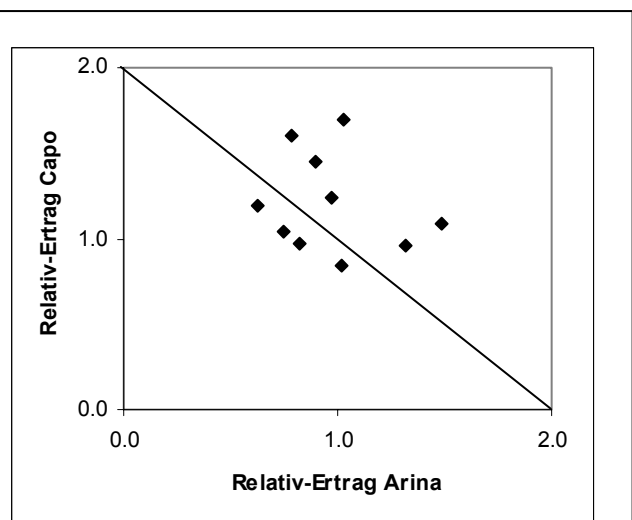


Abb. 22. Beziehung zwischen den Erträgen von Arina und Capo in ihrer 1:1-Mischung relativ zu ihren Erträgen im Reinbestand auf 10 Standorten in Hessen 2003. Bei Punkten oberhalb der Diagonalen haben beide Sorten im Mischbestand einen höheren Ertrag gebildet als im Reinbestand. Bei Punkten unterhalb der Diagonalen hat eine Sorte einen höheren und eine Sorte einen geringeren Ertrag als im Reinbestand

Mischung relativ zu den Erträgen ihrer Reinbestände hätten pro Datenpaar addiert zwei ergeben. Alle Punkte die oberhalb der Diagonalen liegen verdeutlichen die Datenpaare, bei denen beide Mischungspartner im Ertrag über der Erwartung ihrer Reinsaat liegen. Dies war bei sechs von zehn Standorten der Fall.

3.5 Qualitätsparameter

Die Standorte beeinflussten die Backqualitätsparameter über die Sorten Capo und Arina und deren Mischung gemittelt signifikant (Tab.19). Das höchste Backvolumen wurde auf Betrieb W erreicht und ging mit den höchsten Protein- und Feuchtklebergehalten einher.

Tab.19. Einfluß des Standortes auf Backqualitätsparameter in einem Versuch mit zwei Sorten und deren Mischung auf insgesamt 12 Standorten (siehe Tab.2 für Standortnamen).

Betrieb	Backvolumen (ml)	% Rohprotein	% Feuchtkleber	Fallzahl (s)	Sedimentation (ml)	Teiggewicht (g)	Wasseraufnahme (ml)	Abstehnote
A	247 BCD ³	12.3 CDEF	28.2 BC	371 DE	38.0 BC	164.8 B	61.7 D	3.8 A
B	252 ABCD	13.8 B	30.3 B	319 F	40.3 BC	166.1 B	62.8 BCD	3.8 A
D	255 ABC	12.9 C	28.5 BC	428 BC	42.7 B	165.1 B	62.5 BCD	3.9 A
DFH	240 BCD	12.7 CDE	26.7 CD	450 AB	35.0 CDE	166.1 B	62.7 BCD	3.8 A
E	250 BCD	12.1 DEF	26.4 CD	440 AB	38.7 BC	165.5 B	62.8 BCD	3.9 A
F	243 BCD	12.0 EF	24.6 DE	364 E	36.3 BCDE	164.4 B	61.4 DE	3.9 A
G	228 D	10.9 H	23.8 DE	384 DE	29.7 DE	163.7 B	60.1 E	3.8 A
H1	231 CD	12.2 DEF	26.7 CD	454 AB	36.8 BCD	170.4 A	64.9 A	3.9 A
H2	263 AB	11.3 GH	22.5 E	473 A	29.4 E	165.8 B	63.8 AB	3.8 A
K	240 BCD	11.9 FG	28.3 BC	399 CD	39.3 BC	165.0 B	62.0 CD	3.9 A
S	253 ABCD	12.8 CD	28.8 BC	405 CD	41.3 BC	165.7 B	63.2 BC	3.9 A
W	277 A	15.2 A	34.9 A	292 F	60.0 A	166.1 B	63.7 AB	3.9 A

MSQ ¹	229	0.2	3.7	399	17.7	3.2	0.7	0.0
LSD ²	25.6	0.71	3.27	33.82	7.12	3.02	1.42	0.19

¹Mittlere quadratische Abweichung

²Kleinste signifikante Differenz

³Zahlen, die vom gleichen Buchstaben gefolgt sind, unterscheiden sich nicht signifikant (LSD)

Über alle Standorte übertraf Arina im Reinbestand Capo signifikant im Backvolumen, Rohprotein und Feuchtklebergehalt (Tab.20). Die Mischung lag im Mittel zwischen den beiden Reinbeständen und wich mit keinem der erhobenen Qualitätsparameter signifikant vom Mittel der Reinbestände ab (lineare Kontraste).

Das Verhalten der Sorten war in den Mischungen trotz der erheblichen Standorteffekte in einigen Parametern signifikant verändert. So erzielte Arina im Mittel 0.4% höhere Proteingehalte und 1.1% höhere Feuchtklebergehalte mit reduzierter Fallzahl und Sedimentationswert (außer Feuchtklebergehalt statistisch signifikant, Tab.20). Bei Capo wurde nur die Fallzahl durch den Anbau in Mischung signifikant reduziert.

Die signifikanten überbetrieblichen Auswirkungen sind in dem relativ regelmäßigen Muster, in der graphischen Darstellung der Eigenschaften Feuchtkleber und Proteingehalt, und Backvolumen deutlich wieder zu finden (Abb. 23)

Tab.20. Backqualitätsparameter der Sorten Arina und Capo in Reinbestand und in Mischung und als Einzelkomponenten aus der Mischung herausortiert (ArinaMix und CapoMix) über 12 Standorte gemittelt.

Sorte	Backvolumen(ml)	% Rohprotein	% Feuchtkleber	Fallzahl (s)	Sedimentation(ml)	Teiggewicht(g)	Wasseraufnahme(ml)	Abstehtnote
Arina	264 A ³	12.9 A	29.8 A	390 A	36.5 B	166.4 A	62.7 A	3.8 A
Capo	237 B	12.2 B	25.3 C	406 A	42.4 A	165.9 AB	62.9 A	3.9 A
Mix	244 B	12.5 AB	27.4 B	399 A	37.9 B	164.9 B	62.2 A	3.9 A
ArinaMix	255	13.3 **	30.9	366 **	39.1 *	165.2	62.8	3.8
CapoMix	238	12.1	25.5	382 *	41.8	166.1	63.2	3.8
MSQ ¹	229	0.2	3.7	399	17.7	3.2	0.7	0.0
LSD ²	12.8	0.35	1.64	16.9	3.56	1.51	0.71	0.09

¹Mittlere quadratische Abweichung

²Kleinste signifikante Differenz

³Zahlen, die vom gleichen Buchstaben gefolgt sind, unterscheiden sich nicht signifikant (LSD)

*, **: Sorten wichen in Mischung signifikant vom Reinbestand ab, $P < 0.05$ bzw. $P < 0.01$ (linearer Kontrast)

Auffällig ist, dass die Analyse der Mischung jedoch nicht den Mittelwert der beiden Reinsorten

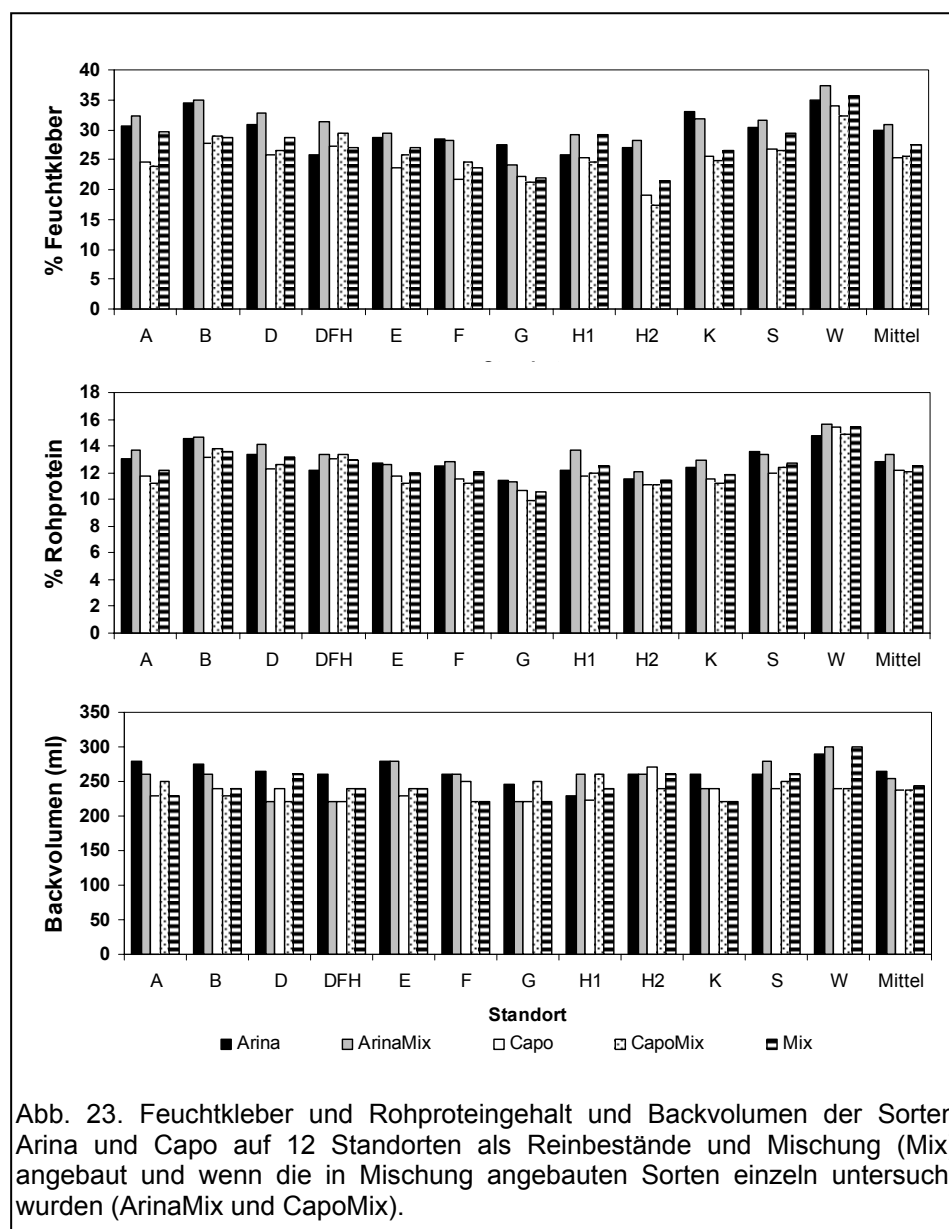


Abb. 23. Feuchtkleber und Rohproteingehalt und Backvolumen der Sorten Arina und Capo auf 12 Standorten als Reinbestände und Mischung (Mix) angebaut und wenn die in Mischung angebauten Sorten einzeln untersucht wurden (ArinaMix und CapoMix).

ergab, obwohl mitunter sowohl der Feuchtklebergehalt als auch der Proteingehalt der beiden Sorten in der Mischung erhöht war, wenn sie alleine getestet wurden, (z.B. auf Standort DFH). Auch im Backvolumen der Mischung wurde diese Veränderung nicht reflektiert (Abb. 23).

Eine statistische Analyse der Standorteffekte auf die Sorten konnte nur gemacht werden, wenn die Werte für die Einzelsorten in Reinbestand und Mischung jeweils als Behandlung genommen wurden und die Verrechnung mit

Standort als Wiederholung und jeweils zwei Behandlungen (Arina und Arina in Mischung, Tab.21a und Capo und Capo in Mischung, Tab.21b) durchgeführt wurde.

Tab.21a. Einfluß des Standortes auf die durchschnittlichen Backeigenschaften der Sorte **Arina** im Reinbestand oder in Mischung mit der Sorte Capo (siehe Tab.2 für Standortnamen).

Betrieb	Backvolumen(ml)	% Rohprotein	% Feuchtkleber	Fallzahl (s)	Sedimentation(ml)	Teiggewicht(g)	Wasseraufnahme(ml)	Abstehnote
A	270 ABC	13.4 BC	31.5 BCD	349 C	38.5 BCD	166.2 B	63.2 ABCD	3.8 A
B	268 ABCD	14.6 A	34.7 AB	307 D	39.5 BC	166.5 AB	63.8 ABC	3.7 A
D	243 CD	13.7 B	31.8 BCD	376 C	41.5 B	163.2 B	61.3 DE	3.9 A
DFH	240 CD	12.7 C	28.6 DEF	466 A	33.5 DE	165.3 B	62.0 CDE	3.9 A
E	280 AB	12.7 C	29.0 CDEF	428 B	39.5 BC	166.0 B	63.4 ABC	3.8 A
F	260 ABCD	12.6 C	28.4 DEF	349 C	36.5 BCD	165.7 B	62.6 BCDE	3.8 A
G	233 D	11.4 D	25.7 F	351 C	29.5 E	162.2 B	60.9 E	3.8 A
H1	245 BCD	12.9 BC	27.4 F	445 AB	36.3 CD	171.9 A	64.4 AB	3.9 A
H2	260 ABCD	11.8 D	27.5 EF	453 AB	30.5 E	165.0 B	62.5 BCDE	3.9 A
K	250 BCD	12.7 C	32.5 BC	375 C	37.0 BCD	165.2 B	61.9 CDE	3.8 A
S	270 ABC	13.5 BC	31.0 CDE	362 C	40.0 BC	165.5 B	62.8 BCDE	3.8 A
W	295 A	15.2 A	36.1 A	275 E	51.5 A	167.0 AB	64.8 A	3.9 A
Mittel	259	13.1	30.3	378	37.8	166	62.8	3.8
MSQ	262	0.14	2.56	201	5.62	6.4	0.81	0.04
LSD	36	0.82	3.52	31	5.22	5.5	1.99	0.42

Tab.21b. Einfluß des Standortes auf die durchschnittlichen Backeigenschaften der Sorte **Capo** im Reinbestand oder in Mischung mit der Sorte Arina (siehe Tab.2 für Standortnamen).

Betrieb	Backvolumen(ml)	% Rohprotein	% Feuchtkleber	Fallzahl (s)	Sedimentation(ml)	Teiggewicht(g)	Wasseraufnahme(ml)	Abstehnote
A	240 A	11.4 DE	24.2 DE	368 CD	38.5 CDEF	165.6 AB	62.5 AB	3.8 AB
B	235 A	13.5 B	28.4 B	325 DE	54.5 B	166.0 AB	62.9 AB	3.8 AB
D	230 A	12.5 C	26.3 BCD	446 AB	43.5 CD	165.2 AB	62.7 AB	3.7 B
DFH	230 A	13.2 B	28.4 B	400 C	41.5 CDE	167.4 A	64.8 A	3.8 AB
E	235 A	11.5 DE	24.7 CDE	455 A	35.5 CDEF	166.4 AB	63.6 AB	3.8 AB
F	235 A	11.4 DE	23.2 EF	337 DE	34.5 DEF	164.6 B	62.0 AB	3.8 AB
G	235 A	10.3 F	21.7 F	382 C	34.0 EF	164.6 B	61.6 B	3.8 AB
H1	242 A	11.9 CD	25.1 CDE	466 A	39.5 CDE	167.1 AB	63.9 AB	4.0 A
H2	255 A	11.1 E	18.1 G	468 A	30.0 F	165.7 AB	62.8 AB	3.9 A
K	230 A	11.4 DE	25.2 CDE	369 CD	41.0 CDE	165.3 AB	62.7 AB	3.9 A
S	245 A	12.2 C	26.7 BC	411 BC	44.0 C	166.4 AB	63.9 AB	3.9 A
W	240 A	15.2 A	33.2 A	305 E	68.5 A	167.7 A	63.4 AB	3.9 A
Mittel	238	12.1	25.4	394	42.1	166	63.0	3.8
MSQ ¹	270	0.10	1.25	406	17.76	1.45	1.75	0.01
LSD ²	36	0.70	2.46	44	9.27	2.65	2.91	0.22

¹Mittlere quadratische Abweichung

²Kleinste signifikante Differenz

³Zahlen, die vom gleichen Buchstaben gefolgt sind, unterscheiden sich nicht signifikant (LSD)

Hier zeigt sich, dass Arina in Bezug auf das Backvolumen weit mehr auf Standortunterschiede reagierte als Capo. Bezüglich der anderen Parameter ergibt sich aber ein heterogenes Bild der Standorteffekte.

Der Einfluß des Standortes auf Backqualitätsparameter konnte exemplarisch im Exaktversuch für den Einfluß der Vorfrucht Klee gras und Kartoffel im Detail untersucht werden (Abb. 24). Der erhöhte Ertrag nach Klee gras führte nicht nur zu geringeren TKGs (Abb. 15) sondern auch zu reduzierten Feuchtkleber und Proteingehalten und Sedimentationswerten (Abb. 24). Der Einfluß auf die Fallzahl war nicht einheitlich mit einer Tendenz zu Erhöhung der Fallzahl nach Vorfrucht Klee gras. Vollkommen uneinheitlich war das Backvolumen, welches mit keinem der erhobenen Qualitätsparameter gut korrelierte.

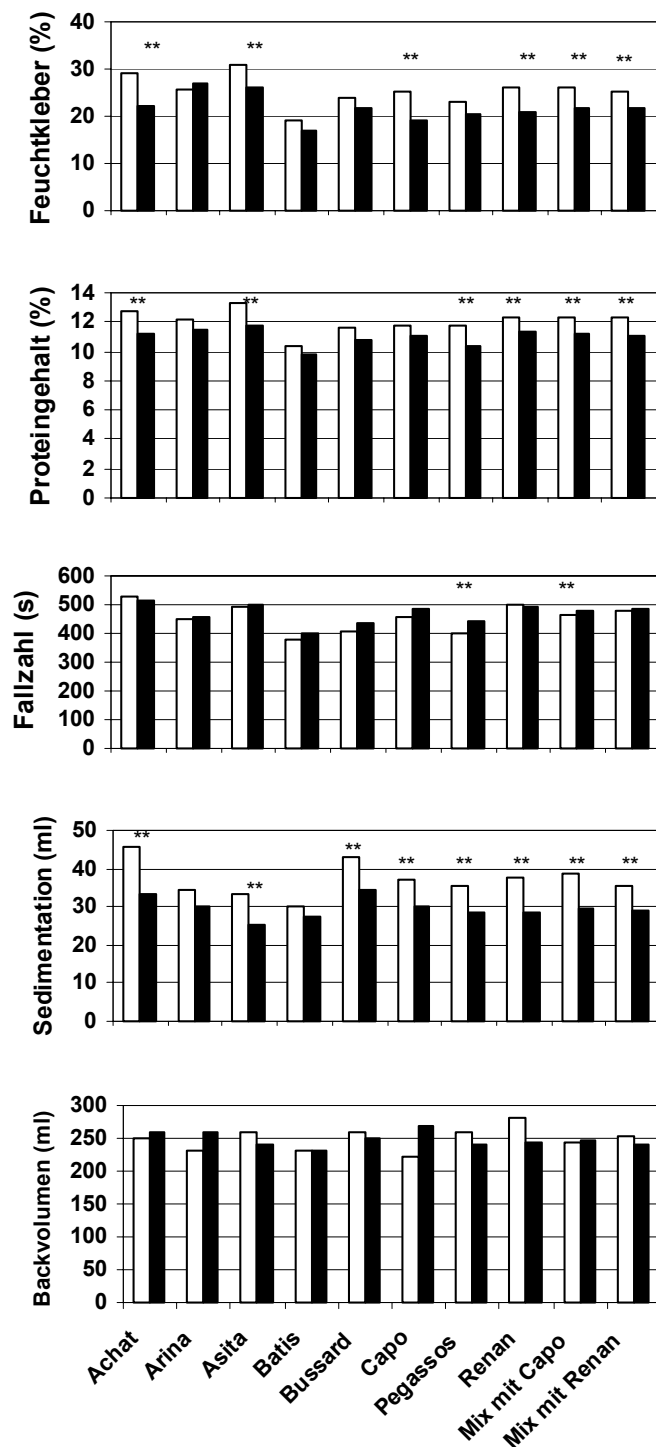


Abb. 24. Einfluß der Vorfrucht Kartoffel (weiß) und Klee gras (schwarz) auf verschiedene Backqualitätsparameter von acht Winterweizensorten und jeweils 5 zwei-Komponenten Mischungen mit entweder der Sorte Capo oder Renan als eine Komponente kombiniert mit den Sorten Achat, Arina, Batis, Bussard oder Pegassos auf dem Standort Hebenshausen (H1 und H2) im Versuchsjahr 2002/2003. Signifikante Vorfruchteffekte sind mit * ($P < 0.05$) und ** ($P < 0.01$) gekennzeichnet (Lineare Kontraste). Das Backvolumen wurde über die Wiederholungen ermittelt, weshalb keine statistischen Vergleiche möglich waren.

3.5.1 Beziehung verschiedener Qualitätsparameter untereinander

Es bestand grundsätzlich keinerlei Zusammenhang zwischen Backvolumen, und Fallzahl oder Sedimentationswert, weder in den Praxisversuchen noch im Exaktversuch. Je nach Sorte und Versuch konnten jedoch mehr oder weniger starke Korrelationen zwischen Protein und Feuchtklebergehalt und Backvolumen festgestellt werden.

Tab.22. Korrelationskoeffizienten für die Beziehung zwischen Rohprotein und Feuchtklebergehalt für Arina und Capo auf 12 Praxisbetrieben in Reinsaat und in Mischung angebaut und als Mischungskomponenten einzeln getestet.

	R ² Rohprotein	R ² Feuchtkleber
Arina Reinbestand	0.45	0.45
Capo Reinbestand	0.01	0.00
Arina in Mischung	0.18	0.17
Capo in Mischung	0.01	0.03
Mischung	0.56	0.40

Auf den Praxisbetrieben (Tab.22, Abb. 25) konnten 45% der Variation des Backvolumens durch den Rohprotein oder den Feuchtklebergehalt erklärt werden, wohingegen keinerlei Zusammenhang zwischen diesen Parametern für die Sorte Capo bestand. Wenn Arina in Mischung angebaut worden war und dann einzeln getestet wurde, waren die Korrelationen deutlich reduziert, während die Voraussagbarkeit des Backvolumens der Mischung so gut wie für die Reinsaat Arina war.

Im Exaktversuch waren weder insgesamt noch bezogen auf Vorfrucht oder Behandlung (Mischungen verglichen mit Reinsaaten) nennenswerte Zusammenhänge zwischen Protein und Feuchtklebergehalten und Backvolumen erkennbar (Daten nicht gezeigt).

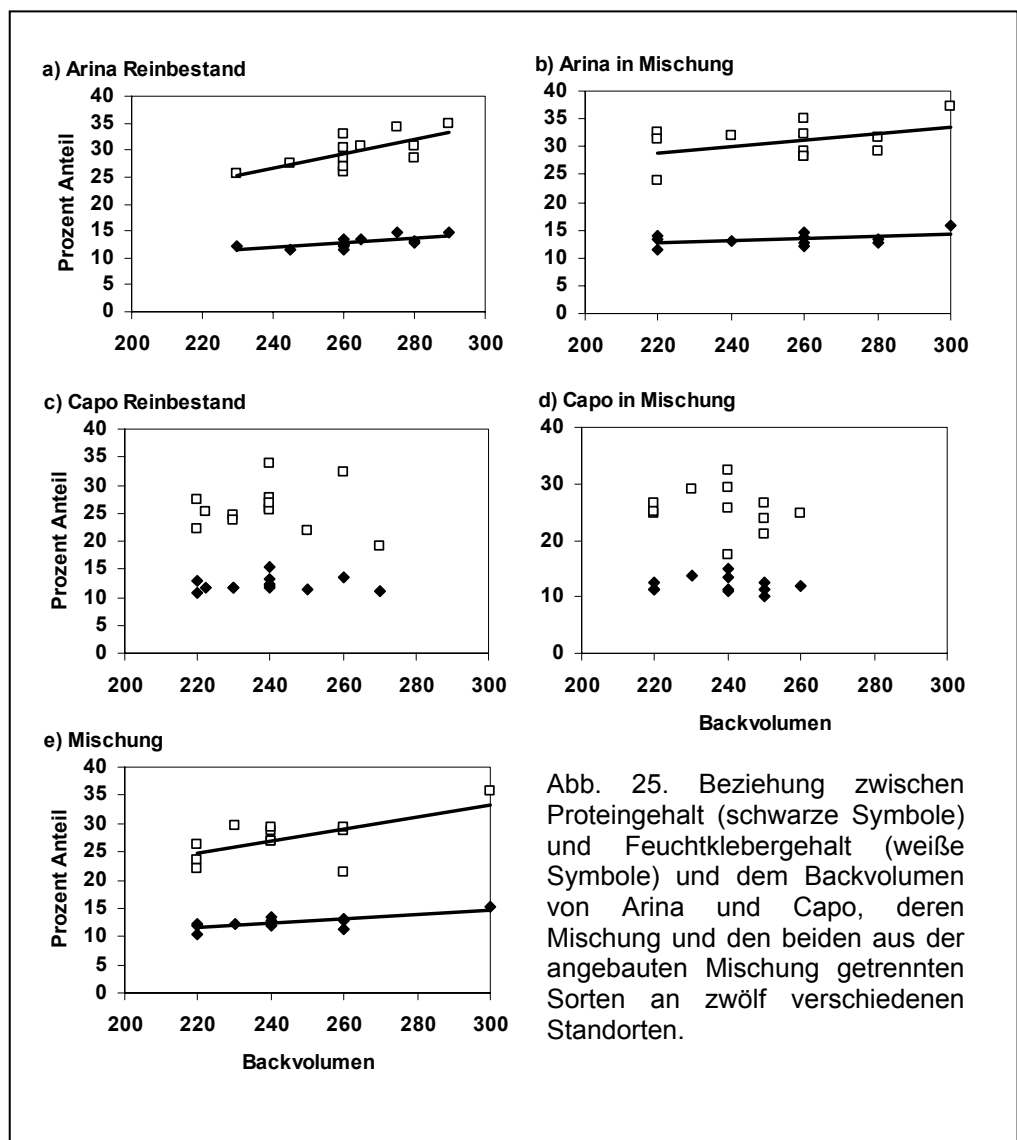


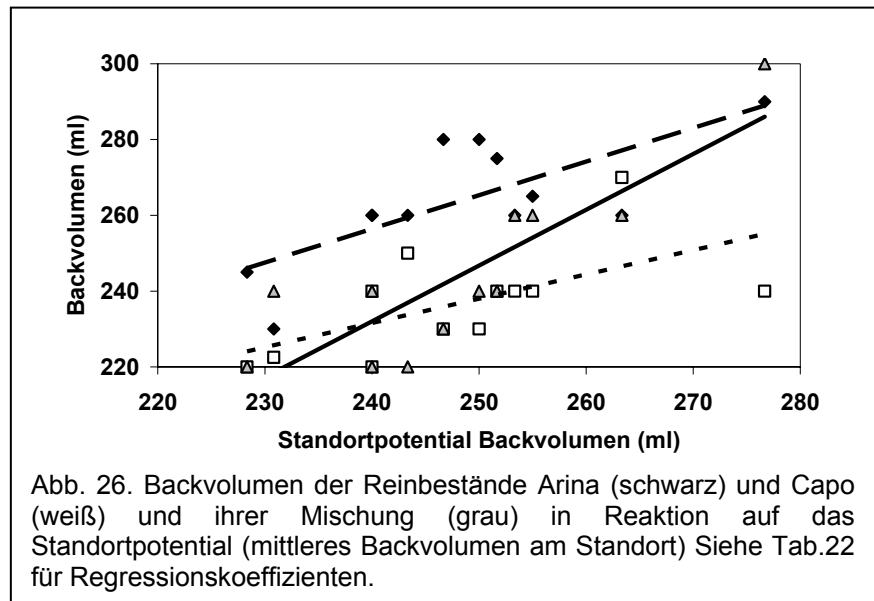
Abb. 25. Beziehung zwischen Proteingehalt (schwarze Symbole) und Feuchtklebergehalt (weiße Symbole) und dem Backvolumen von Arina und Capo, deren Mischung und den beiden aus der angebauten Mischung getrennten Sorten an zwölf verschiedenen Standorten.

3.5.1 Stabilität der Backqualität in Reinbeständen und Mischungen

Analog zur Untersuchung der Ertragsstabilität der Reinbestände und Mischungen (Abb. 19) wurde das Verhalten der Sorten und der Mischung hinsichtlich ihres Back-volumens im Verhältnis zum Durchschnittsbackvolumen der Standorte geprüft (Abb. 26, Tab.23) . Wieder

kann die Steigung der Geraden und die mittlere quadratische Abweichung als die Fähigkeit, das Potential auszuschöpfen (Steigung) und die Stabilität der Reaktion (mittlere quadratische Abweichung) interpretiert werden.

Die Mischung reagierte deutlich positiver mit einer Steigung von 1.47 auf eine Veränderung des Standortpotentials als die beiden Reinbestände. Ebenfalls war der Regressionskoeffizient 1,5 bis 2-fach höher für die Mischung als für die Reinbestände (Tab.23). Kein Unterschied konnte jedoch in der Schwankung (mittlere quadratische Abweichung) zwischen den Behandlungen gefunden werden.



Tab.23. Regressionsparameter für die Beziehung des Backvolumens der Reinsorten Arina und Capo und deren Mischung mit dem Standortpotential über 12 Standorte.

Sorte	Mittlere quadr. Abweichung	Steigung der Gerade	R ²	P-Wert
Arina	134	0.88	0.53	**
Capo	138	0.64	0.37	*
Mischung	159	1.47	0.72	**

*, **: Die Regressionen waren statistisch signifikant mit P<0.05, und P<0.01

4 Serologischer Nachweis von Fusarium - Befall in Proben aus dem Ökologischen Anbau

4. 1. Ziele und Aufgabenstellung des Projekts:

Das Ziel des Teilprojektes bestand darin, auf der Basis von serologischen Verfahren Methoden zum quantitativen Nachweis eines Befalls mit *Fusarium*-Arten in Probenmaterial aus dem Ökologischen Anbau zu entwickeln. Hierfür sollte ein im IRP Aschersleben entwickelter immunologischer Nachweis für *Fusarium*-Antigene in Getreidekörnern an Weizenproben aus dem Ökolandbau erprobt werden.

Weiterhin sollten die im Weizenkorn reagierenden Antigene mittels Elektrophorese und Western blotting mit dem Ziel charakterisiert werden, aus den vorhandenen polyklonalen Antisera monospezifische *Fusarium*-Antikörper zu isolieren. Die isolierten Antikörper waren im Western blot auf Spezifität zu prüfen. Weizensaatgutproben aus dem Ökolandbau wurden zusätzlich auf Mykotoxingehalte (Deoxynivalenol = DON und Zearalenon = ZEA) untersucht, um die Korrelation zwischen serologisch nachweisbarer Myzelmenge und Mykotoxbildung zu ermitteln. Außerdem sollten vergleichende Untersuchungen zum Nachweis des wichtigsten Mykotoxins DON unter Verwendung unterschiedlicher, kommerziell verfügbarer Testsysteme erprobt werden, um Aussagen zur Eignung (Leistungsfähigkeit, Preisvergleich) der Testvarianten unterschiedlicher Anbieter (z. B. R-Biopharm, BAG) treffen zu können.

Die durchgeführten Arbeiten unterstützen Status Quo Analysen der Situation in Deutschland und geben Entscheidungshilfen für die Erarbeitung von Strategien zur Erkennung bzw. Lösung bestehender Probleme des Pflanzenschutzes im ökologischen Landbau sowie bei der ökologischen Saatguterzeugung.

4.1.1 Planung und Ablauf des Teilprojektes

Die serologischen Arbeiten wurden als Untervertrag an die BAZ vergeben. Für deren Durchführung wurde die Einstellung einer halben Laborkraft (BAT V Ost) für 6 Monate bewilligt.

Methodisch bereits etablierte Testvarianten zum Nachweis von *Fusarium*-Antigenen in Weizenproben aus Parzellenversuchen mit künstlicher Inokulation (Rabenstein 2002; Miedaner et al. submitted) wurden auf Proben aus dem Ökoanbau angewandt. Die gemahlene Weizenproben wurden vom Kooperationspartner in Witzhausen gestellt.

Um die Testempfindlichkeit zu steigern, wurden an ausgewählten Proben auch noch weitere immunologische Methoden, wie Enzymamplifikations-Technik und Western blotting, erprobt. Um mögliche Korrelationen zwischen dem serologischen *Fusarium*-Nachweis und den Gehalten an Mykotoxinen zu ermitteln, wurden danach einzelne Proben mit kommerziell erhältlichen immunologischen Mykotoxintesten geprüft.

4.1.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Fusarium-Arten kommen weltweit an Getreide vor und verursachen an den Ähren eine als „Partielle Taubährigkeit“ bezeichnete Erkrankung (Abb.27).



Abb.27. Mit *Fusarium* befallene Weizenähren in einem Feldbestand bei Witzhausen

Die besondere Bedeutung dieser Erkrankung liegt darin, dass in den befallenen Körnern Mykotoxine gebildet werden, die ein Risiko für die Gesundheit von Mensch und Tier darstellen. Die am häufigsten an Gerste und Weizen gefundenen Arten sind *F. culmorum* und *F. graminearum*.

Die wichtigsten Mykotoxine, die von diesen Arten gebildet werden können sind die Trichothecene vom Typ B Deoxynivalenol (DON) und Nivalenol (NIV) sowie das Zearalenon (ZEA) (Abb. 28, 29)(siehe z. B. auch: <http://www.lfe.bayern.de/lebensmittel/mykotox.html>)

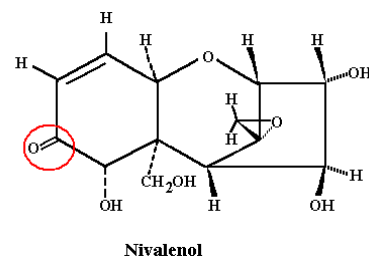
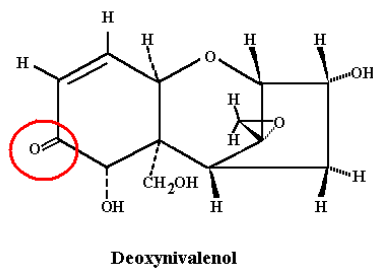


Abb.28: Chemische Struktur der Trichthecene DON und NIV

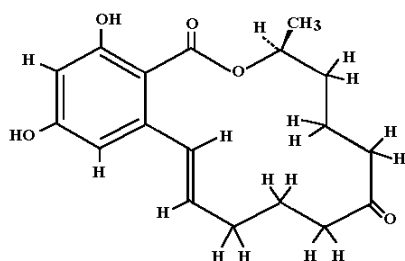


Abb. 29: Chemische Struktur des Mykotoxins Zearalenon (ZEA)

Nachweismethoden für einen Fusariumbefall in Getreidekörnern

Neben den zeit- und arbeitsaufwendigen klassischen mikrobiologischen Methoden der Anzucht mit anschließender mikroskopischer Artenbestimmung (Adolf, 1998) stehen bereits ein Reihe molekularbiologischer Methoden (PCR-Techniken) zum Nachweis von *Fusarium*-Arten in Getreideproben zur Verfügung (z.B. Edwards et al., 2001; Schnerr et al. 2002). Diese Nachweisverfahren sind zwar sehr spezifisch und sensitiv, erfordern aber eine teure Laborausstattung und erlauben nur einen relativ begrenzten Probendurchsatz. In ebenfalls sehr teuren separaten biochemischen Untersuchungen muss dann noch die Belastung mit einer Anzahl verschiedener Mykotoxine festgestellt werden. Diese Verfahren sind zwar zuverlässig, aber zwischen dem Zeitpunkt der Probennahme und der Feststellung des Ergebnisses liegen mehrere Tage bis Wochen.

Spezifische serologische Verfahren wurden bisher für einen Nachweis von Fusarium-Befall in Getreidekörnern nur wenig genutzt. Solche Analysenmethoden, die bei einem hohen Probendurchsatz einen empfindlichen quantifizierbaren Nachweis von *Fusarium*-Arten (Pilzmenge) und Mykotoxinen in Getreidekörnern erlauben, sind für die Implementierung von verbesserten Saatguthygienevorschriften und Qualitätskriterien eine wichtige Voraussetzung. Serologische Methoden, insbesondere Enzymimmunoassays (EIAs), erscheinen hierfür aufgrund der einfachen Testdurchführung besonders geeignet. Kratka et al. (1997, 2000) berichteten über die Herstellung polyklonale Antiseren gegen *Fusarium*-Arten, jedoch waren die daraus entwickelten Testsysteme nicht zum Nachweis in Getreidekörnern geeignet. Über relativ gute Korrelationen ($r = 0,80$ bzw. $0,76$) zwischen Fusarium- Antigengehalt und DON-Menge bei Hart- und Weichweizen konnten hingegen Abramson et al. (1998) berichten, die Antikörper aus Legehennen verwendeten.

Tab.24. Mittelwerte der Bonitur auf Befall mit *Fusarium* (Bonitur), Myzelmenge (PTA-ELISA) und DON Gehalt von sechs Weizensorten, die mit *F. culmorum* an zwei Standorten durch mehrmalige Sprühinokulation inokuliert wurden.

Weizen-sorten	Mittelwert Bonitur (1-9)	PTA-ELISA (E_{405nm})	DON Gehalt (mg kg^{-1})
Piko	2.08	0.84	25.38
Arina	3.24	0.79	14.57
Ambras	4.08	1.28	75.68
Pegassos	4.55	1.23	56.53
Kontrast	5.45	1.33	98.57
Ronos	6.59	1.68	85.72
LSD _{5%}	1.09	0.31	29.44

Ergebnisse zum Nachweis von *Fusarium*-Befall in Gerstenkörnern liegen im IRP Aschersleben ebenfalls bereits vor (Rabenstein et al., 2000). Für die Testentwicklung wurden extrazelluläre lösliche Komponenten (Exoantigene = ExoAg) der Arten *F. culmorum* und *F. graminearum* genutzt, um polyklonale Antiseren in Kaninchen herzustellen und einen indirekten ELISA (PTA-ELISA) zu entwickeln. Mit diesem Test wurde der Gehalt von *Fusarium*-Exoantigenen in Getreidekornproben bestimmt (Rabenstein, 2002). Erste Ergebnisse weisen eine gute Korrelation zwischen visuellen Boniturwerten, DON-Gehalt und PTA-ELISA-Werten auf. Diese Methode könnte u. U. die kostspieligen und z. T. sehr aufwendigen Mykotoxintests und mikrobiologischen Pilznachweisverfahren ersetzen (Tab.24).

Die Prüfung von insgesamt 113 Weizengenotypen nach Sprühinokulation durch einen *Fusarium*-spezifischen PTA-ELISA ergab in vergleichenden Untersuchungen mit dem Ridascreen FAST DON Test eine enge Korrelation ($r = 0,86$) zwischen beiden Testsystemen (Miedaner et al. submitted). Ebenso konnte der PTA-ELISA bereits genutzt werden, um die Kolonisation von Weizenähren mit unterschiedlich aggressiven Kreuzungsnachkommen der Art *F. graminearum* zu untersuchen (Cumagun et. al., 2004).

Über den Einsatz eines an der Universität Göttingen entwickelten DAS-ELISA zur Quantifizierung der *Fusarium*menge in Weizenkornproben wurden erst kürzlich berichtet (Krauthausen et al., 2003). Methodische Details des Testsystem zur Bestimmung der *Fusarium*menge, das Biotin markierte Antikörper benutzt, werden jedoch nicht beschrieben. Dieser Test wurde ebenfalls für die Beurteilung der Wirksamkeit von Fungiziden an künstlich inokulierten Weizensorten eingesetzt (Chala et al. 2003). Die Autoren stellten in diesen Untersuchungen eine gute Korrelation zwischen der mit dem DAS-ELISA gemessenen relativen *Fusarium*menge und der mit einem kompetitiven ELISA bestimmten DON-Konzentration fest. Ein immunologischer Nachweis von *Fusarium*-Arten in Maismehl gelang kürzlich Iyer & Cousin (2003) mit polyklonalen Antiseren gegen *F. graminearum* bzw. *F. moniliforme*.

4.2 Material und Methoden

4.2.1 Antiserumgewinnung, Testentwicklung und PTA-ELISA

Methodische Angaben zur Antiserumgewinnung und zur Fraktionierung der Immunglobuline (IgG) sind im Wesentlichen bei Foroughi-Wehr et al. (1995, 1996) beschrieben. Angaben zur Testentwicklung sind in den Jahresberichten der BAZ für die Jahre 1999 bis 2002 zu finden. Methodische Details der Testdurchführung (PTA-ELISA) zum Nachweis von *Fusarium*-ExoAg werden ausführlich bei Cumagun et al. (2004) dargestellt.

Für den PTA-ELISA Test wurden 0,1 g geschrotete Getreidekörner in 2 ml Extraktionspuffer zerrieben und anschließend über Nacht im Kühlschrank inkubiert. Für den immunologische Nachweis werden 100 µl Überstand per well benötigt. Alle Tests wurden dreifach als Doppelproben wiederholt. Insgesamt wurden 164 gemahlene Weizenproben untersucht.

4.2.2 Enzymamplifikation und Western blotting

Für die Enzymamplifikations-Technik (Amp-ELISA) kam der Testkit „ELISA Amplification System“ der Firma Invitrogen (Cat. No. 19589-19) zum Einsatz. Bei dieser Methode wird die Reaktion des üblicherweise verwendeten Markerenzym alkalische Phosphatase durch eine weitere Enzymreaktionskette verstärkt. Dies führt in der Regel zu einer etwa 10-fachen Erhöhung der Testempfindlichkeit (Rabenstein & Schliephake, 1996). Der Test wurde den Instruktionen des Anbieters entsprechend durchgeführt. Die Inkubationszeiten für Substrat und Amplifier betragen jeweils 12 Minuten, die Messung der Mikrotiterplatten erfolgte bei 490 nm im ELISA-Reader Tecan-Rainbow.

Elektrophorese und Immunoblotting wurden nach der Methode von Gan et al. (1997) unter Verwendung der Minigel-Apparatur und des Semidry-Blotters der Firma Biometra (Göttingen) durchgeführt. Die Nitrocellulosemembranen (Amersham Hybond-C) wurden anschließend wie bei Rabenstein et al. (2002) beschrieben unter Verwendung von Immunreagenzien der Firma Dianova (Hamburg) entwickelt. Als Proteinmarker kamen Prestained Protein Marker (Broad Range) der Firma New England BioLabs (Cat. No. 7707S) und Benchmark der Firma Invitrogen (Cat. No. U 10748010) zum Einsatz.

Die Untersuchungen zur Charakterisierung der auf Nitrocellulosemembranen transferierten Glykopeptide mittels Perjodat-Oxydation erfolgten wie bei Hoff et al. (2003) für *F. culmorum*-Allergene beschrieben.

4.2.3 Mykotoxinbestimmungen

Für die Mykotoxinbestimmungen standen Testkits der Firmen R-Biopharm (Darmstadt) und Negeon (USA), vertrieben durch Biologische Analysensystem GmbH (BAG, Lich, Deutschland) zur Verfügung. Die Bestimmung des Gehaltes an DON erfolgte mit dem Test Ridascreen FAST DON (R-Biopharm, Art. No. R 5902). Für die Messung des Gehaltes an ZEA stand der Testkit „Veratox Zearalenon“ der Firma BAG (Best. Nr. 9204) zur Verfügung. Von jeder Testprobe wurden 1 g mit beiden Tests geprüft. Die Extraktion für die DON-Bestimmung erfolgte mit 20 ml destilliertem Wasser, für ZEA wurde entsprechend mit 5 ml Ethanol/Wasser für 3 Minuten kräftig geschüttelt. Es wurden 50 µl Filtrat je Kavität den Arbeitsvorschriften der Hersteller entsprechend getestet. Für die Berechnung der Mykotoxinmengen stand die Software Rida Soft Win zur Verfügung.

4.3 Ergebnisse

4.3.1 Ausführliche Darstellung und Diskussion der wichtigsten Ergebnisse

4.3.1.1 Plate trapped antigen (PTA)-ELISA und Mykotoxingehalte

Mit dem PTA (plate trapped antigen) -ELISA wurden 164 gemahlene Weizenproben aus dem Ökolandbau auf Exoantigen (ExoAg)-Gehalt untersucht. Als Positivkontrollen für den Test dienten Weizenproben mit deutlichem Befall, die aus Infektionsversuchen mit aggressiven *F.*

culmorum-Isolaten stammten (Tab.24) sowie eine Probe aus einem sehr stark befallenen Feldbestand bei Witzenhausen (Abb.26). Die Negativkontrollen bestanden aus gesunden, gemahlene Körner der Winterweizensorten 'Toronto' und 'Greif'. Im Ergebnis der Prüfungen konnte kein natürlicher *Fusarium*-Befall mittels PTA-ELISA in den Kornproben aus dem Ökolandbau festgestellt werden. Lediglich eine Probe (Nr. 248) lag über dem Schwellenwert des Testes. Auch bei Verwendung der ca. 10-fach sensitiveren Enzymamplifikations-Technik (Amp-ELISA) stieg die Anzahl der positiven Proben (7 von 164) nicht wesentlich an. Fünf weitere Proben lagen im Grenzbereich des Schwellenwertes für den Amp-ELISA (Tab. 25).

Tab.25: Zusammenstellung der kalkulierten Mykotoxingehalte der im Amp-ELISA positiven Proben

Proben-Nr.	Mittelwert PTA-ELISA (E _{405 nm})	Mittelwert Amp-ELISA (E _{490 nm})	DON-ELISA (Ridascreen) (µg/kg TM)	ZEA-ELISA (Neogen) µg/kg TM
228	0,05	0,11	<110	<50
231	0,06	0,14	<110	<50
246	0,03	0,17	<110	<50
248	0,13	0,37	215	<50
250	0,05	0,21	<110	<50
255	0,02	0,16	176	<50
256	0,04	0,13	<110	<50
Negativkontrolle	0,02	0,04	<110	<50
Positivkontrolle	2,14	2,23	5.250	<50

Bei einer Prüfung dieser Proben im Western blot (WB) zeigten sich mit Ausnahme von Probe Nr. 248 keine eindeutig reproduzierbaren, für *Fusarium* ExoAg spezifische Banden (Abb. 30). Die ausgewählten Proben enthielten auch keine sicher nachweisbaren Mengen der beiden Mykotoxine Deoxynivalenol (DON) und Zearalenon (ZEA). Lediglich bei den Proben 248 und 255 waren die DON Gehalte erhöht (Tab.25).

Aufgrund der geringen Anzahl positiver Proben konnten demzufolge für die Weizenproben aus dem Ökolandbau keine Korrelationen zwischen Mykotoxingehalten und immunologisch nachweisbarer ExoAg-Menge erstellt werden.

In diesem Zusammenhang sind die Ergebnisse anderer Autoren interessant. Insgesamt 135 Proben aus konventionellem und 46 Proben aus ökologischem Anbau wurden von Döll et al. (2002) auf ZEA untersucht. Lediglich in 7 % des konventionell gewachsen Weizens und in 4 % aus dem Ökoanbau konnte dieses Mykotoxin festgestellt werden. Dabei lag die biochemisch festgestellte mittlere ZEA-Konzentration von 47 µg/kg Trockenmasse (TM) unter der Nachweisgrenze des von uns verwendeten immunologischen Testes. In den konventionell

gewachsenen Proben lag der Mittelwert der positiven Proben bei 74 µg ZEA/kg TM (Döll et al. 2002).

Die Weizenprobe aus dem sehr stark befallenen Bestand bei Witzenhausen hatte im PTA-ELISA einen $E_{405\text{ nm}}$ -Wert von 2,98 und wies mit 525 mg/kg einen extrem hohen DON-Gehalt auf. Weizensorten aus Inokulationsversuchen mit einem aggressiven *F. culmorum*-Isolate wiesen im PTA-ELISA mittlere Extinktionswerte ($E_{405\text{ nm}}$) zwischen 0.36 bis 1.58 auf und hatten extrem hohe DON Gehalte im Bereich von 12 bis 105 mg/kg (Miedaner et al. submitted).

4.3.1.2 Western blot (WB) Analysen

Es wurde bereits früher berichtet (Rabenstein, 2002) (siehe Jahresbericht BAZ für 2001, S. 69), dass mit *Fusarium* befallene Weizenkörner im WB spezifische Bande im Bereich von 62 bis 83 kDa aufweisen.

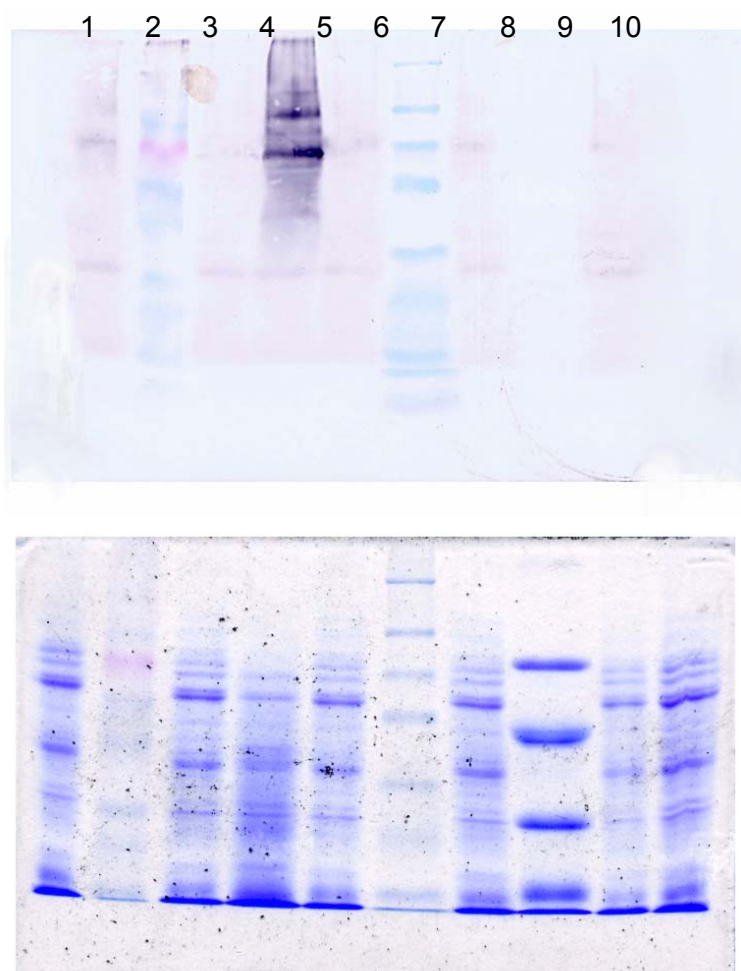


Abb. 30: Western blot (oben) und Proteingel (unten, Coomassiefärbung) ausgewählter Weizenproben aus ökologischem Anbau (Linien 1, 3, 5, 7 und 9)

Linien: 1 = Pr. 248, 2 = Benchmarker Invirtogen (rosa 68 kDa), 3 = Pr. 246, 4 = Postivkontrolle Witzenhausen, 5 = Pr. 231, 6 = Marker BioLabs, 7 = Pr. 228, 8 = Markerproteine Serva, 9 = Pr. 250, 10 = Gesundkontrolle

Monospezifische Antikörper wurden hergestellt, indem von den beiden Hauptbanden die gebundenen Immunglobuline von der Nitrocellulosemembran wieder abgelöst wurden. Diese spezifischen Antikörper wurden danach erneut für WB Analysen eingesetzt. Dabei zeigte sich, dass die monospezifischen Antikörperpräparationen nicht differenzierten und erneut mit beiden Banden reagierten. Im Ergebnis der Analysen kann geschlossen werden, dass die beiden Hauptbanden sehr ähnliche Antigen determinanten besitzen, die offensichtlich Kohlenhydratanteile, die für die Antigenität verantwortlich sind enthalten. Gestützt wird diese Schlussfolgerung dadurch, dass nach Behandlung der Membranen mit Natriummetaperiodat keine Bindung der eluierten Antikörper mehr erfolgte. Um die Spezifität und Testempfindlichkeit von immunologischen Nachweissystemen für einen Fusarium-Befall in Getreidekörnern zu verbessern, sollen neue polyklonale Antiseren und monoklonale Antikörper gegen diese spezifischen Glykopeptide hergestellt werden.

4.3.1.3 Mykotoxin-Analysen

Der Ridascreen FAST DON besitzt für DON eine Nachweisgrenze von ca. 110 µg/kg TM. Lediglich in zwei der untersuchten Proben konnte eine Kontamination mit DON festgestellt werden. Somit erscheinen aufgrund der zu erwartenden niedrigen Konzentrationen nur hochempfindliche Testsysteme für den Nachweis von Mykotoxin in Proben aus dem Ökoanbau als geeignet.

Der Vergleich von Nachweisgrenzen kommerzieller Testkits für den Mykotoxinnachweis (Tab.26) zeigt, dass für eine ausreichend sensitive Bestimmung nur der kompetitive ELISA „Ridascreen DON“ von der Firma R-Biopharm empfohlen werden kann. Obwohl mit ca. 500 € je Testkit (96 wells, ausreichend für ca. 30 Bestimmungen mit Wiederholungen) die Kosten im Vergleich zu den anderen Kits hier am höchsten sind, besitzt der Test mit 18,5 µg/kg die niedrigste Nachweisgrenze für DON in Getreideproben (die lediglich mit Wasser extrahiert werden müssen) bei einer relativ guten Reproduzierbarkeit. Ein weiterer Vorteil des Testsystems ist die einfache Probenaufbereitung und eine brauchbare Auswertesoftware für die Verarbeitung der ELISA-Messwerte und die Berechnung der DON-Konzentration.

Der Test mit der höchsten Sensitivität (R-Biopharm Artikel Nr. R2901) verlangt eine aufwendige Probenvorbereitung und zusätzliche eine Acetylierung des Antigens in der Probe.

Die ZEA Testsysteme schreiben alle eine Probenaufarbeitung in Ethanol/Wasser vor.

Tab.26: Zusammenstellung der Nachweisgrenzen von Testkits für den immunologischen Nachweis DON und ZEA nach Angaben der Produzenten

Testkit	Produzent (Art. Nr.)	Antigen	Nachweisgrenze für Getreide*
Ridascreen DON	R-Biopharm AG (R5906)	DON	18,5 µg/kg
Ridascreen FAST DON	R-Biopharm AG (R5902)	DON	111 µg/kg
Ridascreen DON Express	R-Biopharm AG (R5903)	DON	semiquantitativ
Ridascreen DON (alt)**	R-Biopharm AG (R2901)	DON	1,25 µg/kg**
Ridascreen FAST Zearalenon	R-Biopharm AG (R5502)	ZEA	50 µg/kg
Ridascreen Zearalenon	R-Biopharm AG (R1401)	ZEA	1,25 µg/kg
Veratox Zearalenon	BAG (Best. Nr. 9204)	ZEA	50 µg/kg

* Bezogen auf das Probenvorbereitungsprotokoll

** zusätzliche Probenaufarbeitung durch Acetylierung erforderlich

5 Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse für den ökologischen Landbau; Möglichkeiten der Umsetzung

Die Sorte Arina hat die Erwartungen bezüglich ihrer Qualitätseigenschaften selbst in dem Extremjahr 2003 unter Beweis gestellt. Im Vergleich dazu fiel Capo ab, glich aber mit besseren Erträgen aus. Damit ist Arina eine Sorte, die für den Ökologischen Anbau von großem Interesse sein dürfte.

Die Mischung der beiden Sorten zeichnete sich durch eine erhöhte Ertragsstabilität aus als die beiden Sorten getrennt. Sie erfüllte ebenfalls die Erwartungen an die Backqualität basierend auf den Mittelwerten der Reinbestände. Von besonderem Interesse war hier, dass die Mischung deutlich stärker auf verbesserte Standortbedingungen reagierte als die beiden Sorten und die Korrelation deutlich besser war. Dieses Ergebnis ist insbesondere für den Ökologischen Anbau von Interesse und der Anbau von gut gewählten Mischungen könnte zu einer deutlich stabileren Backqualität unter variablen Bedingungen führen.

Von größtem Interesse für den Verarbeiter von Backweizen ist dessen Verhalten beim Backen. Letztendlich sind es die Teigeigenschaften und das Backvolumen, die den Ausschlag über die Qualitätsbeurteilung des Weizens geben. Beim Ankauf durch die Müller werden aber nicht Backtests, sondern die leichter und günstiger messbaren Parameter Rohprotein und Feuchtklebergehalt, Sedimentationswert und Fallzahl berücksichtigt, wobei die Fallzahl auch noch Aussagen über die Reife des Weizens erlaubt. Eine wichtige Frage bei der Versuchsanstellung war auch, inwieweit die von den Müllern genutzten Parameter auch bei Mischungen Gültigkeit haben zur Vorhersage der Backqualität.

Für die Sorte Arina, aber nicht für Capo, war eine gewisse Vorhersagbarkeit der Backqualität durch Protein und Feuchtklebergehalt gegeben. Interessanterweise war die Vorhersagbarkeit für die Mischung so gut wie für Arina.

Aus den Ergebnissen wird deutlich, dass weder Rohprotein noch Feuchtklebergehalt zuverlässig sortenübergreifend eine Aussage über das Backverhalten zulassen. Es steht jedoch aus, Backtests mit Auszugsmehl zu machen, um diese Verhalten ebenfalls zu prüfen.

Die Versuchsdurchführung über multiple Standorte kann zu deutlich robusteren Aussagen für den Ökologischen Landbau führen als Exaktversuche, die meist nur an ein bis zwei Standorten ausgeführt werden können. Gerade im Ökologischen Anbau, wo die Bedingungen nicht durch mineralische Düngemittel und chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel zwischen Standorten angeglichen werden können, ist eine Versuchsführung an einzelnen Standorten häufig nicht zielführend und repräsentativ. Die in dieser Studie durchgeführten Versuche geben so Auskunft über das Verhalten von Sorten und Mischungen über eine viel größere Bandbreite als die üblichen Exaktversuche.

Der immunologische Nachweis von ExoAg mittels PTA kann für Proben aus dem Ökolandbau noch nicht empfohlen werden. Eine Steigerung der Testempfindlichkeit erscheint für diese Anwendung erforderlich. Für den Nachweis der Mykotoxine DON und ZEA können die Testsysteme „Ridascreen DON“ und "Ridascreen Zearalenon“ empfohlen werden.

6 Zusammenfassung

6.1 Feldversuche

Die Winterweizensorten Arina und Capo wurden im Versuchsjahr 2002/2003 auf insgesamt 12 Standorten als Reinbestände und als Sortenmischung angebaut. Das Versuchsjahr war extrem trocken. Die Erträge variierten je nach Standort von 26 bis 53 dt/ha wobei Capo deutlich ertragsstärker war als Arina. Die Mischung brachte im Schnitt 3% mehr Ertrag als erwartet und war im Ertrag deutlich stabiler. Dies war auf die stärkere Konkurrenzkraft der Sorte Capo an fast allen Standorten zurückzuführen.

Arina übertraf Capo signifikant im Rohprotein (RP) (12.9 versus 12.2%) und Feuchtklebergehalt (FK) (29.8 versus 25.3%), was auch im Backvolumen reflektiert wurde. Während bei Arina RP und FK mit dem Backvolumen mittelmäßig korrelierten ($R^2=0.45$), bestand keinerlei Zusammenhang zwischen diesen Parametern bei Capo. Im Gegensatz dazu war der Zusammenhang in der Mischung so stark wie bei Arina. Die Mischung verhielt sich insgesamt wie erwartet, konnte aber stärker von verbesserten Standortbedingungen profitieren als die beiden Einzelsorten.

In einem Exaktversuch wurden 8 Sorten und 12 Mischungen auf Ertrag und Backqualität nach zwei Vorfrüchten getestet. Wie in den Praxisversuchen entsprachen die Mischungen den Erwartungen oder übertrafen sie leicht, aber nicht signifikant.

Die Ergebnisse legen nahe, dass Sortenmischungen mindestens so gut, wenn nicht besser zur Erzeugung von Qualitätsweizen geeignet sind.

6.2 Serologischer Fusarien und Mykotoxinnachweis

Serologische Testmethoden, die bereits erfolgreich für die Bewertung der Resistenz von Getreidegenotypen nach künstlicher Inokulation mit *Fusarium*-Isolaten eingesetzt werden konnten, wurden für die Prüfung von insgesamt 164 Weizenproben aus dem Ökoanbau angewandt. Die Untersuchungen ergaben einen insgesamt sehr geringen *Fusarium*-Befall. Der Gehalt an *Fusarium*-Exoantigenen (ExoAg) sowie die Kontamination mit den Mykotoxinen DON und ZEA lagen bei den untersuchten Proben in der Regel unterhalb der Nachweisgrenzen der jeweiligen Testsysteme.

Eine Analyse der in Weizenkörnern nachweisbaren Antigene ergab, dass es sich hierbei hauptsächlich um glykosilierte Proteine handelt, die infolge eines Befalls mit *Fusarium*-Arten gebildet werden.

Für den Nachweis von Mykotoxinen können die Testsysteme „Ridascreen DON“ und „Ridascreen Zearalenon“ empfohlen werden.

7 Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen

7.1 Feldversuche

Insgesamt wurden alle Versuche wie geplant durchgeführt, wobei der Exaktversuch nach Diskussionen mit Praktikern und Beratern mit mehr Sorten und Mischungen als ursprünglich geplant durchgeführt wurde und deshalb auch mehr Qualitätsuntersuchungen für die Ernte 2003 anfielen.

Durch die extremen Witterungsbedingungen im Jahr 2003 traten fast keine Krankheiten auf. Somit konnte das Ziel, den Einfluss der Mischungsstrategie auf Krankheiten, vor allem auch Fusariosen zu untersuchen, nicht erreicht werden.

7.2 Mycotoxinuntersuchungen

Bedingt durch den offensichtlich geringen *Fusarium*-Befall der untersuchten Proben und eine zu niedrige Testempfindlichkeit der immunologischen Nachweissysteme (PTA-ELSA und Mykotoxintests) konnten keine Korrelationen aufgestellt werden. Durch immunologische und biochemische Analysen wurden im Verlauf der Projektarbeiten erstmalig Glykoproteine in befallenen Getreidekörnern als Hauptantigen identifiziert. In weiterführenden Arbeiten könnte durch eine Sequenzierung der an Membranen gebunden Proteine deren Struktur und Funktion untersucht werden.

Des Weiteren kommen diese Glykoproteine als Zielantigen für die Herstellung von Antisera und monoklonalen Antikörpern mit erhöhter Bindungsstärke und Spezifität in Betracht. Diese Ergebnisse werden bei der Realisierung eines bereits laufenden Projektes „Verbesserung der Getreidequalität durch Reduzierung des Mykotoxingehaltes“ im Rahmen der InnoRegio-Initiative „Pflanzenbiotechnologie Nordharz / Börde“ (FKZ: 03i0606A) berücksichtigt .

Alternativ könnte zur Testempfindlichkeitssteigerung der verstärkte Einsatz molekulare Nachweistechiken vorangetrieben werden. Ein Problem bei der Anwendung dieser Methoden (PCR-Techniken) besteht darin, dass unter natürlichen Befallsbedingungen verschiedene Stämme der in Frage kommenden *Fusarium*-Arten vorkommen, die sich offensichtlich genetisch in der Fähigkeit zur Mykotoxinbildung stark unterscheiden können (Edwards et al., 2001).

8 Weiterführende Fragestellungen

Um die Allgemeingültigkeit der Ergebnisse zu überprüfen, sollten mehrortige Feldversuche in weniger extremen Jahren mit mehr Sorten wiederholt werden. Von besonderem Interesse ist es, festzustellen, ob die beobachteten Unterschiede im Verhalten der Mischung und der Reinbestände auf veränderte Standortpotentiale in Bezug auf Backvolumen ein Einzelfall ist oder allgemein gültig.

Ebenfalls müssen Mischungen in Jahren mit Krankheitsdruck geprüft werden, um eine allgemein gültigere Aussage möglich zu machen.

Von Besonderem Interesse für den Ökologischen Anbau ist es, Sorteneigenschaften in Bezug auf die Qualitätsbildung in Abhängigkeit der Bodeneigenschaften näher zu beschreiben. So ist es z.B. für den ökologischen Anbau von großem Interesse, dass die Sorte Capo am Ende der Entwicklung die Einlagerung durch Umlagerung vor allem aus der Pflanze bestreitet, wogegen viele andere Sorten auf Nachlieferung durch den Boden angewiesen sind. Damit müsste Capo allgemein ein guter Mischungspartner sein, der ausgleichend wirkt. Dies wurde z.B. durch die gute Vorhersagbarkeit des Backvolumens der Mischung angedeutet, die so gut war, wie Arina im Reinbestand.

9 Literaturverzeichnis

- Abramson, D.; Gan, Z.; Clear, R.M.; Gilbert, J.; Marquardt, R.R. 1998. Relationships among deoxynivalenol, ergosterol and *Fusarium* exoantigens in Canadian hard and soft wheat. *International Journal of Food Microbiology* 45, 217-224.
- Adolf, B. 1998. Epidemiologie und Nachweis von Getreidefusariosen: Untersuchungen an Weizen und Gerste. Herbert Utz Verlag, Wissenschaft, München, 125 S.
- Anonymus .2003a. Beschreibende Sortenliste Getreide, Mais, Ölf Früchte, Leguminosen (grobkörnige), Hackfrüchte (ausser Kartoffeln). Hannover.
- Anonymus. 2003b. Liste der empfohlenen Weizensorten für die Ernte 2004. *Agrarforschung* 10 (7): 2-3.
- Anonymus .2004. Der Rekordsommer 2003 *Deutscher Wetterdienst* www.dwd.de
- Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau. 1987. Versuchsergebnisse / Winterweizen / Ertragsstrukturdaten. Freising
- Bechtel, D.B., L.A. Kaleikau, R.L. Gaines, L.M. Seitz, 1985. The effects of *Fusarium graminearum* on wheat kernels. *Cereal Chemistry* 62, 191-197.
- Beck, R. and J. Lepschy. 2000. Ergebnisse aus dem Fusarium-Monitoring 1989-1999 . Einfluss der produktionstechnischen Faktoren Fruchtfolge und Bodenbearbeitung. *Bodenkultur und Pflanzenbau, Schriftenreihe der LBP* 4 (3): 39-47.
- Becker F.-A.1978. *Die Assimilationspeicherung nach der Blüte bei Sommerweizen unter dem Einfluss von Mehltaubefall und -bekämpfung*. Universität Bonn [Dissertation]
- Birschitzky, J. (2003): pers. Mitteilung. DI Johann Birschitzky, Saatzucht Donau GesmbH & CoKG, A-2301 Probstdorf
- Bottalico, A. 1998. *Fusarium* diseases of cereals: Species complex and related Mykotoxin profiles in Europe. *Journal of Plant Pathology* 80, 85-103.
- Brandt, M., J. Heß & H. Wildhagen (2001): Flächendeckendes Bodenmonitoring auf der Hessischen Staatsdomäne Frankenhausen Kartier- u. Analyseergebnisse. *Arbeitsberichte Nr.5*; Universität Gesamthochschule Kassel Fachbereich 11 (Hrsg.)Literaturverzeichnis
- Brümmer, J.-M.; W. Seibel (1992): Extensivierter Anbau und seine Auswirkungen auf Verarbeitungseigenschaften und Gebäckqualität. *Getreide Mehl und Brot* 46, 187-191.
- Bürstmayr H., Lemmens M., Doldi M.L., Stierschneider M., Steiner B., Werner K., Hartl L. und Ruckenbauer P.1999. *Resistenzzüchtung bei Weizen gegenüber Ährenfusariosen*. Glumpenstein (Österreich): Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreich 63-68.
- Chala, A.; Weinert, J.; Wolf, G. A. 2003. An integrated approach to the evaluation of the efficacy of the fungicides against *Fusarium culmorum*, the cause of head bight of wheat. *Journal of Phytopathology* 151, 673-678.

- Clear, R. M., S. K. Patrick, D. Gaba, 2000. Prevalence of fungi and fusariotoxins on oat seed from western Canada, 1995-1997. *Canadian Journal of Plant Pathology* **22**, 310-314.
- Cumagun, C.J.R.; Rabenstein F.; Miedaner, T. 2004. Genetic variation and covariation for aggressiveness, deoxynivalenol production and fungal colonization among progeny of *Gibberella zeae* (*Fusarium graminearum*) in wheat. *Plant Pathology*, accepted.
- Dexter, D.E., B.A. Marchylo, R.M. Clear and J.M. Clarke. 1997. Effect of Fusarium head blight on semolina milling and pasta-making quality of durum wheat.- *Cereal Chem.* **74**:519–525
- Dexter, D.E., R.M. Clear and K.R. Preston. 1996. Fusarium head blight: Effect on milling and baking of some canadian wheats.- *Cereal Chem.* **73**:695– 701
- Dierauer, H; M. Anders; M. Menzi; N. Steiner (2002): Sortenempfehlungen Biogetreide 2004, Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), Frick, Schweiz
- Döll, S.; Valenta, H.; Dänicke, S.; Flachowsky, G. 2002. *Fusarium* mycotoxins in conventionally and organically grown grain from Thuringia/Germany. *Landbauforschung Völkenrode* **52**, 91-96.
- Edwards, S.G.; Pirgozliev; S.R.; Hare, M.C.; Jenkinson, P. 2001. Quantification of trichothecene-producing *Fusarium* species in harvested grain by competitive PCR to determine efficacies of fungicides against fusarium head blight of winter wheat. *Applied and Environmental Microbiology* **67**, 1575-1580.
- Finckh, M. R. and M. S. Wolfe. 1998. Diversification strategies, p. 231-259. In: D. G. Jones (ed.), *The Epidemiology of Plant Diseases*. Chapman and Hall, London.
- Finckh, M. R., C. C. Mundt, and M. S. Wolfe. 2000b. Opportunities for managing plant diseases in organic farming through functional diversity, p. 101-104. In: T. Alföldi, W. Lockeretz, and U. Niggli (eds.), *Proceedings 13th IFOAM Scientific Conference*, Basel, Switzerland, 28.-31.August 2000. vdf Hochschulverlag an der ETH, Zürich, Switzerland.
- Finckh, M. R., E. S. Gacek, H. Goyeau, C. Lannou, U. Merz, C. C. Mundt, L. Munk, J. Nadziak, A. C. Newton, C. de Vallavieille-Pope, and M. S. Wolfe. 2000a. Cereal variety and species mixtures in practice, with emphasis on disease resistance. *Agronomie* **20**:813-837.
- Foroughi-Wehr, B., S. Züchner, und F. Rabenstein. 1996. Enzyme-linked immunosorbent assay for detection of *Rhynchosporium secalis* (Oud.) J. J. Davis in winter barley. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* **103**, 267-271.
- Foroughi-Wehr, B., V. Lind, S. Züchner und F. Rabenstein. 1995. Different assessment techniques of leaf blotch (*Rhynchosporium secalis*) (Oud.) J. Davis) in winter barley after artificial inoculation. *Journal of Phytopathology* **143**, 553-559.
- Fried P. M. & Streckeisen Ph. 1986. Erfahrungen mit Sortenmischungen in Getreide im Ausland und Ergebnisse der Mischungsversuche mit den Winterweizensorten Arina, Eiger, Sardona und Zenta in der Schweiz, 1982 bis 1985. *Mitteilungen für die schweizer Landwirtschaft* **34** (117-123).
- Gan, Z.; Marquardt, R.R.; Abramson, D.; Clear, R. 1997. The characterization of chicken antibodies raised against *Fusarium* spp. by enzyme-linked immunosorbent assay and immunoblotting. *International Journal of Food Microbiology* **38**, 191-200.
- Gerretsen, I. 2001. Die Auswirkung von Sortenmischungen bei Weizen auf die Backqualität. Diplomarbeit Fachgebiet Ökologischer Pflanzenschutz Universität Kassel.
- Gilbert, J., A. Tekauz 2000. Review: Recent developments in research on fusarium head blight of wheat in Canada. *Canadian Journal of Plant Pathology* **22**, 1-8.
- Haase, T. 2000. Samenbürtige Krankheiten im Ökologischen Landbau - Das Auftreten von *Stagonospora nodorum* Berk.) und *Fusarium* spp. an Weizen aus ökologischen Getreideanbausystemen. Diplomarbeit Fachgebiet Ökologischer Pflanzenschutz Universität Kassel.
- Haase, T. 2000. Seed-borne pathogens in organic farming –The incidence of *Stagonospora nodorum* (Berk.) and *Fusarium* spp. on wheat seed from organic cereal systems. Master Thesis, University Kassel, Witzenhausen.
- Hamdork, S., H. Fehrman, R. Beck, (2000): Influence of different storage conditions on the Mykotoxin production and quality of *Fusarium*-infected wheat grain. *Journal of Phytopathology* **148**, 7-15.

- Hoff, M.; Ballmer-Weber, B.K.; Niggemann, B.; Cistero-Bahima, A.; San Miguel-Moncin, M.; Conti, A.; Haustein, D.; Vieths, S. 2003. Molecular cloning and immunological characterisation of potential allergens from the mould *Fusarium culmorum*. *Molecular Immunology* **39**, 965–975.
- Iyer, M.S.; Cousin, M.A. 2003. Immunological detection of *Fusarium* species in cornmeal. *Journal of Food Protection* **66**, 451-456.
- Jackson L.F., Wennig R.W. 1997. Use of wheat cultivar blends to improve grain yield and quality and reduce disease and lodging. *Field Crops Research* **52**:261-269.
- Jahrstorfer, E. 2001. Weizensorten für Öko-Anbau getestet. *Bayerische Landwirtschaft* **40**, 30
- Jahn-Deesebach, W.; E. Dreyer; W. Seibel (1989): Über die Eignung verschiedener Weizensorten mit unterschiedlichem Proteinniveau für die Herstellung von Vollkornbackwaren. *Getreide Mehl und Brot* **43**, 239-244.
- Jäkel, C. 2002. Untersuchungen zum Befall von Backweizen mit samenbürtigen Krankheiten. Projektarbeit Fachgebiet Ökologischer Pflanzenschutz Universität Kassel.
- Kratka, J.; Kynerova, B.; Zemanova, A.; Sykorova, S. 1997. The diagnosis of *Fusarium culmorum* by polyclonal antibodies - preparation and character of antigens and antibodies. *Ochrana Rostlin* **33**, 89-102
- Kratka, J.; Pekarova, B.; Zemanova, A.; Kutikova, M. 2000. Utilization of immunochemical methods for the detection of *Fusarium culmorum* in winter wheat. *Plant Protection Science* **36**, 1-6.
- Krauthausen, H-J.; Weinert, J.; Bauermann; W.; Wolf, G. A. 2003. Mehrjährige Erhebungen zum Vorkommen von Ährenfusariosen und dem Mykotoxin Deoxynivalenol in Getreide aus Rheinland-Pfalz. *Gesunde Pflanzen* **55**, 136-143.
- Kübler E. 1994. *Weizenanbau*. Stuttgart: Ulmer.
- Kwak, B.Y., S.Y. Kim, und D.H. Shon. 1999. Detection of mold by enzyme-linked immunosorbent assay. *Journal of Microbiology and Biotechnology* **9**, 764-772.
- Lege, A. 2001. Untersuchungen zur Auswirkung des Befalls von Weizenerntegut mit *Fusarium graminearum* (Schw.) (Teleomorph *Giberella zeae*) auf die Proteaseaktivität und ausgewählte Qualitätsmerkmale des Erntegutes. Masterarbeit, Universität Göttingen,
- Lepschy, J. 1992. Fusarientoxine in Getreide - ihre Entstehung und Vorbeugungsmaßnahmen. *Gesunde Pflanzen* **44**. Jahrg., 35-39
- Li, S.Z., R.R. Marquardt, und D. Abramson. 2000. Immunochemical detection of molds: A review. *Journal of Food Protection* **63**, (2), 281-291.
- Lienemann K. 2002. *Auftreten von Fusarium-Arten an Winterweizen im Rheinland und Möglichkeiten der Befallskontrolle unter besonderer Berücksichtigung der Weizensorte*. Universität Bon [Dissertation]
- Ludewig, A.; Kabsch, U. und Verreet, J.A. 2000. Das Mykotoxin Deoxynivalenol im Pathosystem *Fusarium graminearum* / Weizen (*Triticum aestivum*). *Mitt. Biolog. Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem* **376**, 68
- Manthey R., Fehrmann H. 1993. Effect of cultivar mixtures in wheat on fungal diseases, yield and profitability. *Crop Protection* **12**:63-68.
- Meier U. 2001. Entwicklungsstadien mono- und dikotyle Pflanzen: BBCH Monografie. Braunschweig.
- Mesterhazy, A. 1995. Types and components of resistance to *Fusarium* head blight. *Plant Breeding* **114**, 377-386.
- Meyer, D., D. Weipert u. H. Mielke 1986. Beeinflussung der Qualität von Weizen durch den Befall mit *Fusarium culmorum*.- *Getreide Mehl und Brot* **402**, S. 35-39
- Miedaner, T. 1997. Breeding wheat and rye for resistance to *Fusarium* diseases. *Plant Breeding* **116**, 201-220.
- Miedaner, T.; Heinrich, N.; Schneider, B.; Oettler, G.; Rohde, S.; Rabenstein, F. 2004. Estimation of deoxynivalenol (DON) grain content by symptom rating and exoantigen content for resistance selection in wheat and triticale. *Euphytica*, submitted.

- Mielke, H. 2000. Partielle Taubährigkeit auch bei Gerste. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes **52**, 57-61.
- Mundt, C. C. 1990. Disease dynamics in agroecosystems, p. 263-300. In: C. R. Carroll, J. H. Vandermeer, and P. Rossett (eds.), Agroecology. McGraw Hill.
- Obst, A., J. Lepschy, J. Gleissenthal und G. Huber. 1992. Zur gezielten Bekämpfung der Ährenfusariosen bei Weizen. Beobachtungen und Versuchsergebnisse aus Bayern. Gesunde Pflanzen 44:40-47.
- Parry, D. W., Jenkinson, P., Mcleod, L. 1995. Fusarium ear blight (scab) in small grain cereals - a review. Plant Pathology **44**, 207-238.
- Pawelzik, E., H. Permady, J. Weinert and G.A. Wolf. 1998. Untersuchungen zum Einfluss einer Fusarien-Kontamination auf ausgewählte Qualitätsmerkmale von Weizen. Getr., Mehl u. Brot **52**:264-266.
- Permady, H.H. 1999. Untersuchungen zum Einfluss einer pilzlichen Kontamination auf ausgewählte Qualitätsmerkmale von Weizenerntegut. Magisterarbeit, Universität Göttingen
- Piepho H. P.1997. *Biometrie*. Universität Kassel [Skript]
- Piepho H. P.2001. *Statistik*. Universität Kassel [Skript]
- Piorr, H.-P. (1990a): Anforderungen und Probleme bei der Erzeugung und Qualitätskontrolle von Saatgut für den Organischen Landbau. p. 393-398, in: VDLUFA (ed., 1990): Kongressband 32/1990, Berlin, Vorträge zum Generalthema „Landwirtschaft im Spannungsfeld von Belastungsfaktoren und gesellschaftlichen Ansprüchen“. VDLUFA Schriftenreihe, VDLUFA Verlag, Darmstadt.
- Piorr, H.-P. (1990b): Saatgutqualität im Organischen Landbau. p. 221-236, in: FINKE and LINSCHIED (eds., 1990): Vorträge der 42. Hochschultagung der Landwirtschaftlichen Fakultät der Universität Bonn. Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup.
- Piorr, H.-P. (1990c): Einfluß der Saatgutqualität auf Entwicklung und Ertrag von Getreide im Organischen Landbau. Mitteilungen der *Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften*, 3, p. 245-248.
- Piorr, H.-P. (1991): Bedeutung und Kontrolle saatgutübertragbarer Schaderreger an Winterweizen im Organischen Landbau. Dissertation, Universität Bonn,
- Piorr, H.-P. (1993): Phytopathological Advantages and Risks of Organic Farming Systems – Future Perspectives, p. 461-473, in: ALTMAN, J. (1993): Pesticide Interactions in Crop Production. Beneficial and Deleterious Effects. CRC Press Inc. Boca Raton.
- Rabenstein, F. 2002. Development of serological methods for detection of *Fusarium* species in barley and wheat grains: Aschersleben, Germany: Federal Centre for Breeding Research on Cultivated Plants: Annual report of BAZ for 2001., pp. 67-69. see also http://www.bafz.de/JP2001/IRP_bericht.pdf
- Rabenstein, F. 2002. Entwicklung serologischer Methoden zum Nachweis von *Fusarium*-Arten in Gersten- und Weizenkörnern. Jahresbericht der BAZ für 2001, S. 67- 69.
- Rabenstein, F., J. Gabler, U. Kastirr und D. Kopahnke. 1998. Production and characterization of monoclonal antibodies against *Drechslera teres*. Beiträge zur Züchtungsforschung **4**, (1), 10-12.
- Rabenstein, F., M. Wesemann, V. Lind, und T. Miedaner. 2000. Serologischer Nachweis von *Fusarium* spec. in Getreidekörnern. Phytomedizin **30**, (3), S. 19.
- Rabenstein, F., V. Lind, H. Walther, und F. Ehrig. 1999. Serological detection of *Fusarium* spec. in barley and wheat grains. Abstracts COST 823 Working Groups - Meeting, Einsiedeln, Schweiz.
- Rabenstein, F.; Schliephake, E. 1996. Einsatz des enzymverstärkten ELISA zum Nachweis von Pflanzenviren in Zuchtmaterial von Kulturpflanzen (2Raps, Getreide, Zuckerrüben, Kartoffeln), deren Blattlausvektoren (2Aphiden) sowie natürlich infizierten Wirtspflanzen (2Unkräutern). *Nachrichten aus der Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen* **4**, 22-26.
- Reinecke P.1977. *Untersuchungen zum Erregerspektrum des Fußkrankheitenkomplexes an Getreide unter besonderer Berücksichtigung von Rhizoctonia solani Kühn*. Universität Göttingen [Dissertation]
- Rohrmoser K. & Wermke M.1984. *Kompendium für Feldversuche in der Technischen Zusammenarbeit*. Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit.
- Sachs L.1997. *Angewandte Statistik*. Springer: Berlin.

- Sas 1988. Statistical Analysis System. SAS/STAT user's Guide. Cary, NC, SAS Institute Inc. USA
- Sammons D.J., Baenzinger P.S. 1985. Performance of four winter wheat cultivars in blended populations. *Field Crops Research* **10**:135-142.
- Sarandon, S. J. and R. Sarandon. 1995. Mixture of cultivars: pilot field trial of an ecological alternative to improve production or quality of wheat (*Triticum aestivum*). *J.Appl.Ecol.* **32**:288-294.
- Siebrasse G.1982. Zur Entwicklung eines mathematischen Modells für ein praxisgerechtes Halmbruchwarnsystems in Winterweizen. *Universität Göttingen [Dissertation]*.
- Schnerr, H.; Vogel, R.F.; Niessen, L. 2002. Correlation between DNA of trichothecene-producing *Fusarium* species and deoxynivalenol concentrations in wheat-samples. *Letters in Applied Microbiology* **35**, 121-125.
- Seibel, W.: Getreide. In: Eschricht, M. u. C. Leitzmann (Ed.) *Handbuch Bio-Lebensmittel*. Behr's Verlag Hamburg, 1996.
- Seitz, L.M., W.D. Eustace, H.E. Mohr, M.D. Shogren und W.T. Yamazaki. 1986. Cleaning, milling and baking tests with hard red winter wheat containing deoxynivalenol.- *Cereal Chem.* **63**:146-150.
- Steiner N., Schädeli A. und Dierauer H.2002. *Sortenempfehlungen Biogetreide*. Frick: Forschungsinstitut f. ökologischen Landbau .
- Siller, W. 2001. Ertragsentwicklung und Qualität in Weizensortenmischungen. Diplomarbeit Fachgebiet Ökologischer Pflanzenschutz Universität Kassel.
- Sweeney, M. J.; Dobson, A. D. W. 1999. Mini Review: Molecular biology of Mykotoxin biosynthesis. *FEMS Microbiology Letters* **175**, 149-163.
- Tekauz, A.; Mccallum, B.; Gilbert, J. 2000. Review: *Fusarium* head blight of barley in western Canada. *Canadian Journal of Plant Pathology* **22**, 9-16.
- Trucksess, M. W. 1995. Mykotoxins. *Journal of AOAC International* **78**: 135-141.
- Vilich-Meller, V. 1992. *Pseudocercospora herpotrichoides*, *Fusarium* spp. and *Rhizoctonia cerealis* stem rot in pure stands and interspecific mixtures of cereals. *Crop Prot.* **11**:45-50.
- Walsh EJ, Noonan MG. 1998. Agronomic and quality performance of variety mixtures in spring wheat (*Triticum aestivum* L.) under Irish conditions. *Cereal Research Communications* **26**:427-432.
- Wildhagen, H. 1998. Bodenkundliche Standortbeschreibung der Versuchsflächen des Fachbereiches. *Arbeitsberichte Nr.1; Universität Gesamthochschule Kassel Fachbereich 11, Fachgebiet Bodenkunde (Hrsg.)*
- Zinkernagel; V., B. Adolf, und J. Habermayer. 2000. Ähreninfektionen bei Weizen durch *Fusarium graminearum*. *Gesunde Pflanzen* **52**, 228-233.
- Zoschke M. 1987: *Die Mischkultur als Anbaumethode im Blick auf Resistenz, Ertrag und Qualität. Ergebnisse landwirtschaftlicher Forschung* **18**: 57-66.