

Hybridsorten im Bio-Getreide?

Perspektiven und Akzeptanz der Hybridzüchtung für den Bio-Anbau



Christine Arncken (- Karutz)

Hansueli Dierauer

Schlussbericht, Juni 2005

Coop Naturaplan-Fonds Biosaatgutprojekt Modul 1.4

Inhalt

1.	Zusammenfassung	3
2.	Einführung	4
3.	Grundlegende Informationen	5
3.1	Glossar	5
3.2	Was sind Populationssorten?	7
3.3	Was sind Hybridsorten?	8
3.4	Warum und wann ist die Hybridzüchtung entstanden? – Heterosis und Einheitlichkeit	9
3.4.1	Heterosis	9
3.4.2	Einheitlichkeit	9
3.5	Hybridmechanismen	11
4.	Der Stand der Diskussion über Hybridroggen in der Schweiz und in den Nachbarländern	15
5.	Bericht über Streifenversuche mit Roggen	16
5.1	Streifenversuche 2002/03	16
5.2	Streifenversuche 2003/04	16
5.3	Beispielrechnung	20
6.	Pro und Contra Hybridsorten	21
6.1	Vorteile von Hybridsorten	21
6.1.1	Generelle Vorteile bei Fremdbefruchtern, unabhängig von der Pflanzenart	21
6.1.2	Aktuelle Vorteile von Hybridroggen, nach Durchführung von Streifenversuchen in der Schweiz	21
6.2	Kritik der Hybridzüchtung	22
6.2.1	Verminderung der inneren Qualität	22
6.2.2	Abhängigkeit der Bauern	26
6.2.3	Ethische Fragwürdigkeit	27
6.2.4	Genetische Verarmung und Verwundbarkeit	28
6.2.5	Zusammenfassung Kritik der Hybridzüchtung	29
7.	Schlussfolgerung	30
8.	Literatur	31
9.	Quellenangaben	35
10.	Dank	35

1. Zusammenfassung

Der vorliegende Bericht möchte am Beispiel des Roggens Informationen und Argumente für die Diskussion bereitstellen, ob Hybridsorten mit den Prinzipien des biologischen Landbaus vereinbar sind oder nicht. Während sich bei Mais und Gemüse Hybridsorten im biologischen Landbau schon ohne eine grundsätzliche Entscheidungsfindung eingebürgert haben, ist in der Schweiz beim Getreide eine grundsätzliche Meinungsbildung und Entscheidung noch möglich. Dies betrifft aktuell vor allem den Roggen.

Hybridsorten entstehen aus einer gelenkten Kreuzung zweier verschiedener reinerbiger Zuchtlinien, deren gemeinsame Nachkommen die Eltern im Ertrag übertreffen. Sie sind im Nachbau nicht genetisch stabil, das Saatgut muss daher jedes Jahr neu zugekauft werden. Zur Erzeugung von Hybridsorten sind beim Roggen und anderen Fremdbefruchtern drei Schritte notwendig: Erstens die Erstellung von Inzuchtlinien in den verschiedenen Ausgangspopulationen, zweitens Testkreuzungen zwischen den Inzuchtlinien, drittens die Erzeugung der Hybridsorten für den Markt durch gelenkte Bestäubung. Hierfür muss die Selbstbestäubung der Mutterlinie verhindert werden. Beim Roggen und vielen anderen Pflanzenarten arbeitet man daher mit Mutterlinien, die durch zytoplasmatische Vererbung pollensteril sind. Beim Selbstbefruchter Weizen wird die Pollenausbildung mit chemisch-synthetischen Gametoziden verhindert. Da dies den Richtlinien zur Erzeugung von Bio-Saatgut widerspricht, kommt Hybridweizen gegenwärtig im biologischen Landbau noch nicht in Frage.

Die Hybridzüchtung ist zu Beginn des 20. Jh. in den USA zuerst beim Mais eingeführt worden. Durch das Zusammenwirken von neuen Sorten, Mechanisierung und Intensivierung haben sich im Laufe des 20. Jh. die Maiserträge in den USA versechsfacht.

Gegenwärtig erzielen Hybridsorten beim Roggen 10-20% höhere Erträge als Populationssorten. In unseren Streifenversuchen 2003/04 beobachteten wir zudem eine bessere Standfestigkeit und eine bessere Auswuchsfestigkeit (Fallzahl) gegenüber Populationssorten. Eine Beispielrechnung zeigt, dass ein Biobauer in der Schweiz gegenwärtig mit Hybridroggen – konservativ gerechnet – einen Mehrerlös von ca. 260 bis 400 sFr./ha erreichen kann (vorausgesetzt, der Roggen kann überhaupt verkauft werden).

Die generellen Vorteile von Hybridsorten gegenüber Populationssorten bei Fremdbefruchtern wie Roggen und Mais sind: Höhere Erträge, Einheitlichkeit, schneller Zuchtfortschritt und – als Vorteil für den Züchter – ihre Nicht-Nachbaufähigkeit.

An der Hybridzüchtung werden vier Aspekte kritisiert. Erstens: eine Beeinträchtigung der subtileren inneren Qualität durch fortgesetzte Inzucht und pollensterile Mutterlinien im Züchtungsgang. Zweitens: die Abhängigkeit der Bauern von der Saatgutindustrie. Drittens: aus ethischen Gründen die Eingriffe in die Blühbiologie der Pflanzen und der Bedeutungswandel des Saatgutes vom Kulturgut zum Betriebsmittel. Viertens: die genetische Verarmung durch den Verlust rezessiver Gene und durch die Verwendung des uniformen Pollensterilität tragenden Zellplasmas. Alle diese Argumente weisen in die Zukunft. Sie betreffen die Prinzipien des biologischen Landbaus. Besonders in der Qualitätsfrage besteht grosser Forschungsbedarf. Das Problem der genetischen Verarmung hat bei Fremdbefruchtern (Roggen) mehr Gewicht als bei Selbstbefruchter-Hybriden (Raps, Gerste, in fernerer Zukunft evtl. auch Weizen).

Ein Verzicht auf Hybridsorten im Bio-Brotgetreideanbau der Schweiz wäre ein klares Signal an die vor- und nachgelagerten Bereiche (Züchter/Handel und Konsumenten), dass der biologische Landbau langfristige und zukünftige Aspekte der Unabhängigkeit, Qualität und Vielfalt zu berücksichtigen versucht und dafür auf gegenwärtige agronomische Vorteile verzichtet.

2. Einführung

Der biologische Landbau beruht auf vier Prinzipien: Dem Prinzip der Gesundheit (die Gesundheit der Menschen ist untrennbar mit der Gesundheit von Ökosystemen verbunden), dem Prinzip der Ökologie (Landwirtschaft baut auf ökologischen Prozessen und Kreisläufen in jeweils spezifischer Umgebung auf und sollte das ökologische Gleichgewicht erhalten und die gemeinsame Umwelt schützen und fördern), dem Prinzip der Fairness (sowohl zwischen Menschen wie auch zwischen Menschen und anderen Lebewesen) und dem Prinzip der Achtsamkeit (care) (Landwirtschaft sollte vorsichtig und verantwortungsvoll vorgehen, um Gesundheit und Wohlbefinden gegenwärtiger und künftiger Generationen und der Umwelt zu schützen). Diese vier Prinzipien werden gegenwärtig innerhalb der internationalen Vereinigung biologischer Landbaubewegungen (IFOAM) in einem offenen Diskussionsprozess neu formuliert und stehen kurz vor ihrer Verabschiedung. Sie sind als ethische Prinzipien formuliert und machen das ethische Fundament deutlich, auf dem der biologische Landbau ruht (IFOAM 2005). Bio-Bauern produzieren biologisch, weil sie die Welt anders gestalten wollen, als es die zurzeit vorherrschende Praxis ist. Die biologische Landbaubewegung gibt sich ihre Richtlinien gemäss dieser Prinzipien und steht immer wieder vor der Entscheidung, neue oder neu in die Diskussion gekommene Betriebsmittel, Techniken oder Verarbeitungsschritte in ihren Richtlinien zuzulassen oder abzulehnen. Bezüglich der Gentechnik hat sie klar und unmissverständlich Stellung bezogen (IFOAM 1997). Immer wieder wird aber auch die Hybridzüchtung in Frage gestellt.

Hybridsorten sind bei praktisch allen Kulturpflanzenarten auf dem Vormarsch und es wird intensiv Forschung für die Hybridzüchtung betrieben.

Bei Mais gibt es in Europa ausser einigen nur als Spezialitäten interessanten Landsorten keine Alternative mehr zu den Hybridsorten. Bei vielen Gemüsearten, bei Zuckerrüben und Sonnenblumen ist bald eine ähnliche Situation erreicht. Beim Raps hat der Anteil von Hybridsorten rapide zugenommen: lag er 2001 in Deutschland noch bei 18-20%, so betrug er zur Aussaat 2004 bereits um die 50% der Rapsanbaufläche (Winter 2003). Beim Roggen halten sich zur Zeit in Deutschland Populationssorten und Hybridsorten auf der Beschreibenden Sortenliste die Waage, im Anbau betrug der Anteil der Hybridsorten 2003 ca. 60%. Beim Weizen sind erste Hybridsorten auf dem Markt. Bei der Gerste wurde die erste Hybridsorte 2003 in Grossbritannien zugelassen. International wird ausser beim Mais vor allem bei Reis, Baumwolle, Hirse und Sorghum an der Entwicklung von Hybridsorten gearbeitet.

Im biologischen Landbau hat man sich vor Einführung der Gentechnik nur vereinzelt Gedanken zu den Methoden der Pflanzenzüchtung gemacht. Das geschah vor allem in kleinen pionierartigen Pflanzenzüchtungs-Initiativen, in denen Zuchtmethoden und Sorten speziell für die biologisch-dynamische Landwirtschaft entwickelt wurden (Kunz und Karutz 1991, Müller 1998, Bauer 2004). Hier wurde die Hybridzüchtung von Anfang an kritisch gesehen.

Mit der Einführung der Gentechnik in den 1990er Jahren entstand in der breiteren Bio-Bewegung erstmals ein Bewusstsein dafür, dass auch das, was in der „klassischen“ Pflanzenzüchtung gemacht wird, nicht immer den Grundideen des biologischen Landbaus entspricht. Tagungen wurden abgehalten, Diskussionspapiere veröffentlicht und Entwürfe für Richtlinien erstellt, die regeln sollen, welche Züchtungsmethoden für biologisch anzubauende Pflanzen zugelassen werden sollen (Karutz 1998, Lammerts van Bueren et al. 1999, Wiethaler et al. 2000, FiBL 2001, Arncken 2002a, 2002b).

Auch die Hybridzüchtung ist im Rahmen dieser Diskussionen in die Kritik geraten, bzw. die zum Teil schon ältere Kritik an der Hybridzüchtung ist innerhalb des biologischen Landbaus neu aufgegriffen worden.

Beim Mais und beim Gemüse hat die Diskussion zurzeit wenig Sinn, da hier die Hybridsorten im biologischen Landbau schon so eingebürgert sind, dass ihr Ausschluss im Moment nicht möglich ist – oft auch mangels Alternativen beim Sortenangebot.

Beim Roggen jedoch ist die Situation noch offener. Mit dem Roggen drängen die Hybridsorten nun auch in den Brotgetreidebereich, was bei DEMETER international Anlass gab, Hybridgetreide (ausser Mais) in den Richtlinien auszuschliessen. Auch bei der BIO SUISSE wird diese Frage zurzeit diskutiert.

Demnächst wird sich dieselbe Frage auch beim Raps stellen.

Beim Weizen stellt sich die Frage zur Zeit noch nicht, da die wenigen zur Zeit auf dem Markt befindlichen Weizensorten nur mit Hilfe von Gametoziden erzeugt werden können (vgl. Abschnitt 3.4), deren Anwendung den Richtlinien zur Erzeugung von Saatgut für den biologischen Anbau widerspricht.

Ein Problem bei der Entscheidungsfindung sind die zum Teil etwas komplizierten Schritte und Mechanismen bei der Züchtung und die Beurteilung dieser Schritte im Hinblick auf die Prinzipien des biologischen Landbaus. Dieser Bericht soll Informationen zur Entscheidungsfindung bereitstellen.

3. Grundlegende Informationen

3.1 Glossar

Hybride	Nachkomme aus der Kreuzung zweier unterschiedlicher Sorten (erste Generation). Das Erbgut ist durch mütterlichen und väterlichen Anteil heterozygot.
F 1	„Filialgeneration 1“, erste Generation nach der Kreuzung.
Doppelhybride	Hybride, die aus der Kreuzung zweier Hybriden entstanden ist.
Dreiweghybride	Hybride, für deren Erzeugung eine hybride Mutterlinie von einer Inzuchtlinie oder einer synthetischen Population aus zwei oder mehr Inzuchtlinien bestäubt worden ist (Beispiel: aktuelle Marktsorten beim Roggen).
Hybridmechanismus	Auf mechanischem, chemischem oder biologischem Weg zu erreichende Verhinderung der Selbstbestäubung, um grossflächig Kreuzungssaatgut erhalten zu können.
Linien-sorten	Bei Selbstbefruchtern (z.B. Weizen) üblich: alle Pflanzen der Sorte gehen auf eine Pflanze zurück und sind einheitlich, im Nachbau beständig und haben das gleiche, homozygote Erbgut.
Populations-sorten	Bei Fremdbefruchtern (z.B. Roggen) früher üblich: alle Pflanzen der Sorte bilden eine grosse „Fortpflanzungsgemeinschaft“, in der die einzelnen Pflanzen etwas verschieden voneinander sind und sich in jeder Generation gegenseitig bestäuben. Das Erbgut ist heterogen und heterozygot. Die Beschreibung und Charakterisierung der Sorte betrifft das statistische Mittel der Population.
OP-Sorten	„open pollinating“ (= offenbestäubend): Populations-sorten.
Synthetische Sorten	Sortenerhaltung und Saatgutproduktion erfolgen regelmässig aus festgelegten, identisch reproduzierbaren Komponenten (Klone, Inzuchtlinien oder Populationen), die gemeinsam abblühen. Die Sorte befindet sich wegen der Aufspaltung noch nicht im genetischen Gleichgewicht. Jede Vermehrungs-

	stufe ist verschieden. Jede Saatgutkategorie (Vorstufensaatgut, Basissaatgut, zertifiziertes Saatgut) ist eine definierte Generation.
heterozygot	Die genetischen Anlagen, die von mütterlicher Seite stammen, sind von denen von der väterlichen Seite verschieden.
homozygot	Die in jeder Zelle vorhandenen genetischen Anlagen von mütterlicher und väterlicher Seite sind gleich.
homogen	Einheitlich.
heterogen	Vielfältig, unterschiedlich.
rezessiv	Überdeckt; eine rezessive Erbanlage tritt erst in Erscheinung, wenn von Samen und Pollen dieselbe Anlage vererbt wird.
dominant	Überdeckend; eine dominante Erbanlage vom einen Elter bestimmt die Erscheinung der Pflanze und überdeckt eine evtl. vorhandene rezessive Anlage vom anderen Elter für das gleiche Merkmal.
Gametozid	Chemikalie, die bei Applikation Pollensterilität erzeugt.
pollensteril	Eine Pflanze bildet zwar eine befruchtungsfähige Samenanlage, aber keinen Pollen aus. Wird die Blüte von anderem Pollen bestäubt, kann sie Samen bilden.
Cytoplasma	Grundsubstanz der lebenden Zelle, die die Organellen enthält (Plastiden, Mitochondrien, Zellkern).
Heterosis	Nach einer Linienkreuzung auftretende Mehrleistung der F1 gegenüber dem Mittel der beiden homozygoten Eltern.
Inzucht-Depression	Abnahme der Leistung von Fremdbefruchtern durch erzwungene Selbstbestäubung.
Selbst-Inkompatibilität	Erscheinung, dass die Bestäubung einer Pflanze mit ihrem eigenen Pollen oder dem Pollen genotypisch gleicher Individuen nicht zur Samenbildung führt. Beim Roggen z.B. ist diese Erscheinung aber nicht 100%ig, so dass bei erzwungener Selbstbestäubung doch ca. 1-7% der Samenanlagen ausgebildet werden.
Selbstung	Selbstbestäubung (oft erzwungen).
Mitochondrien	Für die Zellatmung zuständige Organellen innerhalb der Zellen. Wie der Zellkern enthalten sie auch DNA.
DNA	Die DNA (Desoxyribonukleinsäure) trägt die genetische Information einer Zelle. Sie kodiert die Information für die Produktion von Proteinen und ist fähig, sich selbst zu reproduzieren.
CMS	Cytoplasmic Male Sterility, beruht auf einer Veränderung der DNA der Mitochondrien, die zusammen mit bestimmten Genen des Zellkerns zur Pollensterilität führt.
Maintainer	Gene des Zellkerns, die die Pollensterilität bei CMS-Linien erhalten.
Restorer	Gene des Zellkerns, die die Pollenfertilität wieder herstellen. Sie wirken dominant.
pollenfertil	Mit normalem, fruchtbaren und genügend Pollen ausgestattet.
Selbstbefruchter	Pflanzen, deren Samenanlagen vorwiegend vom Pollen derselben Blüte befruchtet werden (z.B. weil der Pollen schon stäubt und die Narben aufnahmebereit sind, bevor die Blüte sich öffnet). Beispiel: Weizen, Hafer, Gerste, Reis, Raps (mit einem Fremdbefruchtungsanteil von 10-50%).
Fremdbefruchter	Pflanzen, deren Samenanlagen vorwiegend vom Pollen anderer Pflanzen der gleichen Art befruchtet werden. Beispiel: Roggen, Mais.

3.2 Was sind Populationsorten?

Populationsorten gibt es nur bei Fremdbefruchtern (z.B. Roggen, Mais). Bei Selbstbefruchtern (Weizen, Gerste, Raps zu ca. 80%) ist die Alternative zur Hybridsorte die Liniensorte. Da dieser Bericht vor allem den Roggen ins Zentrum rückt, sei hier jedoch besonders auf den Unterschied zwischen Populationsorten und Hybridsorten eingegangen. Populationsorten bilden eine grosse „Fortpflanzungsgemeinschaft“, in der die einzelnen Pflanzen etwas verschieden voneinander sind und sich in jeder Generation gegenseitig bestäuben. Das Erbgut ist heterogen und heterozygot. Die Beschreibung und Charakterisierung der Sorte betrifft das statistische Mittel der Population. In der Populationszüchtung gibt es viele mögliche Zuchtmethoden, die zum Teil auch fließend ineinander übergehen können.

Die einfachste und älteste Methode der Populationszüchtung ist die **Massenauslese**, bei der innerhalb einer genetisch variablen Ausgangspopulation Pflanzen mit den erwünschten Merkmalen selektiert werden. Das Erntegut der ausgewählten Pflanzen wird gemischt und als verbesserte Population wieder angebaut. Bis hin zur „Sorte“ kann dieser Schritt nur einmal erfolgen oder viele Male wiederholt werden (Becker 1993).

Bei der **Restsaatgutmethode** erfolgt die Beurteilung der zu selektierenden Pflanzen an ihren jeweiligen Nachkommenschaften. Das Erntegut der im ersten Schritt selektierten Einzelpflanzen wird nicht gemischt, sondern in Reihen als Einzelpflanzennachkommenschaften angebaut, und ein Teil jeder Einzelpflanzennachkommenschaft wird nicht ausgesät, sondern für später aufbewahrt. Die besten Reihen werden selektiert. Da sie in der Regel erst nach der Blüte zuverlässig beurteilt werden können, sind sie dann bereits von einer unkontrollierten Pollenwolke bestäubt worden. Daher wird das Erntegut dieser Reihen nicht wieder ausgesät, sondern es wird auf das aufbewahrte Saatgut der Mutterpflanzen zurückgegriffen und dieses erneut getrennt angebaut. Nun enthält die Pollenwolke nur den Pollen der selektierten Pflanzen. Die besten so bestäubten Stämme werden dann geerntet und für die Weiterzucht verwendet (Becker 1993).

Heute dient die Populationszüchtung vielfach dazu, für die Herstellung von Hybridsorten oder synthetischen Sorten verbessertes Ausgangsmaterial zu erhalten.

Die entscheidende Idee bei der Züchtung von **synthetischen Sorten** liegt darin, eine Sorte aus mehreren definierten Komponenten (Klonen, Inzuchtlinien oder Populationen) aufzubauen, die über einige Generationen gemeinsam offen abblühen. Diese Komponenten werden einzeln geprüft und können genetisch unverändert erhalten werden, so dass die Sorte ständig wieder neu aus diesen Komponenten synthetisiert werden kann. Eine solche Sorte befindet sich noch nicht im genetischen Gleichgewicht. Die einzelnen Vermehrungsstufen (Vorstuftensaatgut, Basisaatgut, zertifiziertes Saatgut) sind morphologisch und phänotypisch nicht identisch und können nicht gegeneinander ausgetauscht werden (MLUV 2005). Synthetische Sorten sind vor allem bei Futterpflanzen verbreitet. Beim Roggen gibt es bisher drei synthetische Sorten auf der deutschen Sortenliste (Bundessortenamt 2004). Von den im Kapitel 4 genannten Kritikpunkten an der Hybridzüchtung trifft die „Nicht-Nachbaufähigkeit“ auch auf synthetische Sorten zu. Jährlicher Saatgutwechsel wird empfohlen, da bei eigenem Nachbau die Leistung der Folgegeneration absinken kann (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft 2004). Die genetische Vielfalt von synthetischen Sorten hängt von der Anzahl an verwendeten Elternkomponenten ab, ist aber auf jeden Fall grösser als bei Hybridsorten. Zur Erzeugung von synthetischen Sorten bedarf es keines Hybridmechanismus.

3.3 Was sind Hybridsorten?

Hybridsorten sind, vereinfacht gesprochen, das Ergebnis der Kreuzung zweier unterschiedlicher Zuchtlinien. Man hat es bei ihnen mit der ersten Generation nach einer Kreuzung zu tun (F1). Anders als bei Liniensorten oder Populationssorten werden die von diesen Sorten gebildeten Samen nicht als Saatgut weiterverwendet, sondern die Kreuzung der Elternlinien muss für die Saatgutproduktion immer wieder neu durchgeführt werden (Abb.1).

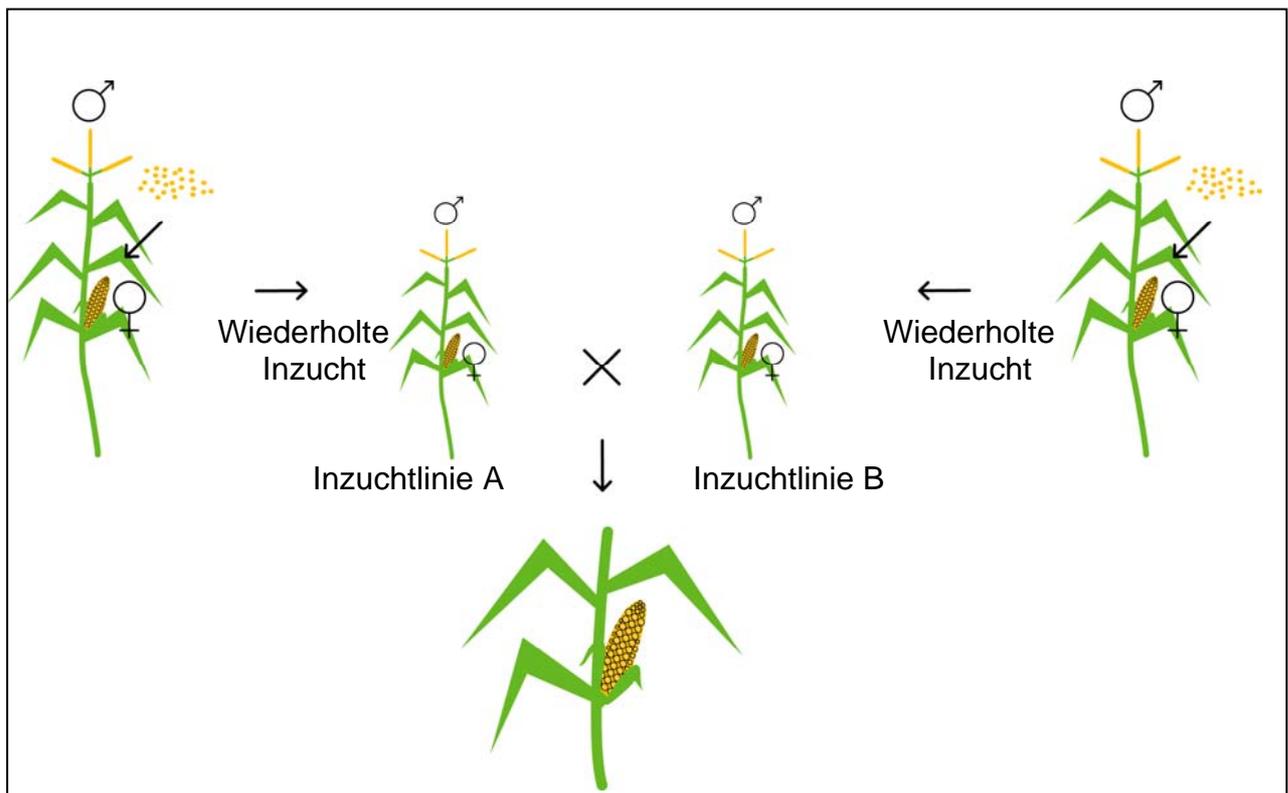


Abb. 1: Schematische Darstellung der Entstehung einer Hybridsorte (Quelle: FiBL 2001, 9).

Diese Darstellung vereinfacht die Realität allerdings, denn oft handelt es sich bei Hybridsorten um Doppelhybriden (eine Kreuzung von zwei Sorten, die selbst schon Hybriden sind) oder um Dreiweghybriden (hierbei wird eine Hybride als mütterliche Erbkomponente von einer Inzuchtlinie bestäubt).

Zur Erzeugung von Hybridsorten bei Fremdbefruchtern (z.B. Roggen) sind drei Schritte notwendig (bei Selbstbefruchtern wie dem Weizen entfällt der erste Schritt):

- 1.) Erstellung von Inzuchtlinien in den verschiedenen Ausgangspopulationen. Bei der deutschen Roggenzüchtung sind die beiden Ausgangspopulationen die Formenkreise „Petkus“ und „Carsten“, die eine grosse genetische Distanz zueinander zeigen. Für die Inzucht wird eine Selbstbestäubung der Pflanzen erzwungen (die Ähren werden mit einer Pergamenttüte gegen Fremdpollen geschützt), der geringe Samenansatz vermehrt und die „Selbstung“ über mehrere Jahre wiederholt. Diese Phase ist sehr aufwendig, wenn bei einem Fremdbefruchter neu mit Hybridzüchtung begonnen wird, denn die Inzuchtdepression (s.u.) führt zum Absterben vieler Linien.

Hat man eine gewisse Anzahl einigermaßen vitaler Inzuchtlinien hergestellt, arbeitet man kontinuierlich durch Kreuzung, Selbstung und Selektion an deren Verbesserung weiter.

- 2.) Testkreuzungen zwischen den verschiedenen Inzuchtlinien zur Ermittlung der besten Hybriden.
- 3.) Erzeugung des Hybridsaatguts für den Markt durch gelenkte Bestäubung. Um die Bestäubung im grossen Stil lenken zu können, muss die Selbstbestäubung der Mutterlinie nun verhindert werden. Hierauf wird im Abschnitt „Hybridmechanismen“ eingegangen.

3.4 Warum und wann ist die Hybridzüchtung entstanden? – Heterosis und Einheitlichkeit

3.4.1 Heterosis

Die Nachkommen einer Kreuzung zwischen genetisch unterschiedlichen Pflanzen sind in der Regel grösser, wüchsiger und leistungsfähiger als ihre Eltern. Dieses Phänomen beschäftigte schon seit dem 18. Jahrhundert viele Wissenschaftler, unter ihnen auch den amerikanischen Genetiker G.H. SHULL (1914), der dafür die Bezeichnung „**Heterosis**“ vorschlug. Er verstand darunter die Mehrleistung einer heterozygoten F1 gegenüber dem Mittel der beiden homozygoten Eltern (Becker 1984) (s. Glossar). Werden die Nachkommen in den folgenden Generationen zur Selbstbefruchtung gebracht, kommt es Schritt für Schritt zu einem Absinken der Leistung, zu einer „Inzuchtdepression“, bis die Pflanzen wieder weitgehend homozygot sind. Dann entspricht der Mittelwert aller homozygoten Linien dem Leistungsniveau der ursprünglichen Eltern (Abb.2).

Die Heterosis ist bei Fremdbefruchtern (wie z.B. Roggen) deutlich grösser als bei Selbstbefruchtern (wie z.B. Weizen). Bei Fremdbefruchtern ist auch die praktische Bedeutung der Hybridzüchtung grösser. Und die Heterosis ist für das Merkmal Ertrag weit grösser als für qualitative Merkmale, wie z.B. Wuchshöhe oder Proteingehalt.

SHULL schlug schon 1909 die kommerzielle Nutzung dieses Effektes bei der Kreuzung von Mais-Inzuchtlinien vor, aber die ersten Inzuchtstämme lieferten zu schwache Erträge für eine wirtschaftliche Saatguterzeugung. Erst die Idee von JONES (1918), Doppelhybriden zu erzeugen, verhalf der Methode des Inzüchtens und Verkreuzens bei der amerikanischen Maiszüchtung zum Durchbruch (HEPTING u. OLTSMANN 1985). 1921 wurde die erste Doppelhybride auf den Markt gebracht, und bereits 1944 waren mehr als 80% der Anbaufläche der USA mit Hybridmais bestellt (KLOPPENBURG 1988). Im Laufe des 20. Jahrhunderts wurden dramatische Ertragssteigerungen beim Mais erzielt: Während im ersten Jahrzehnt in USA durchschnittlich 14 bis 15 dt/ha geerntet wurden (Schweizerisches Landwirtschaftsdepartement 1910, S.156), haben sich die Erträge bis 2002/2003 auf durchschnittlich 85 dt/ha ungefähr versechsfacht (USDA Production Projections, zit. nach HGCA 2003).

3.4.2 Einheitlichkeit

Ein zweiter Aspekt der Hybridzüchtung betrifft die grosse **Einheitlichkeit** der Pflanzen, die nach der Kreuzung der Inzuchtlinien auftritt. Dieser Aspekt ist oft noch ein wichtigeres Argument für die Hybridzüchtung als die Heterosis, er gilt allerdings nur für Fremdbefruchter. Er war auch beim Mais ein wichtiger Grund für den Erfolg der Hybridzüchtung, denn er kam dem gleichzeitig

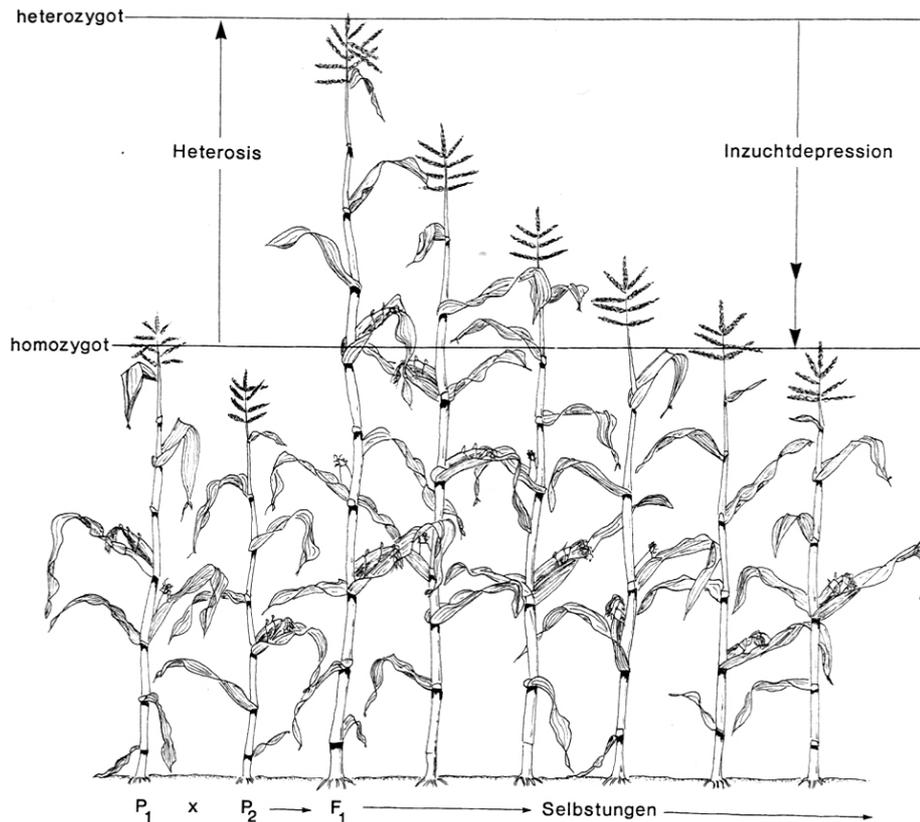


Abb. 2: Heterosis und Inzuchtdepression bei Mais (Quelle: Becker 1993, 146).

stattfindenden Prozess der Mechanisierung in der Landwirtschaft entgegen, ja hat diesen in vielen Fällen erst möglich gemacht.

Die Natur verhindert bei Fremdbefruchtern auf verschiedenen biologischen Wegen, dass der Pollen einer Pflanze die eigene Blütenanlage befruchtet. Bei den meisten Arten, auch beim Roggen, geschieht dies durch die genetische Selbstinkompatibilität. Dabei ist eine genetische Verschiedenheit der Pollenspenderpflanze von der Samenelterpflanze nötig, damit eine Befruchtung stattfinden kann. Daher haben solche Arten immer eine gewisse Verschiedenheit und Vielfalt in einem Bestand. Man spricht von einer Population (einer Fortpflanzungsgemeinschaft). Die Beschreibung und Charakterisierung einer Sorte betrifft das statistische Mittel der Population. Solche Sorten nennt man daher **Populationssorten**. Man kann jedoch immer vom Mittelwert abweichende Pflanzen in einer Population finden und durch Selektion abweichenden Eigenschaften zu einem grösseren Anteil in der Population verhelfen. Dies geschieht auch durch natürliche Selektion permanent. Deshalb sind Populationssorten einer ständigen Veränderung und Evolution unterworfen, und das hat zweierlei Konsequenzen: Erstens braucht man eine Erhaltungszüchtung, um die erwünschten Eigenschaften aufrechtzuerhalten, und zweitens hat eine Populationssorte immer ein gewisses noch unentwickeltes Zukunftspotential in sich. In der Sprache der Genetik sind das rezessive Gene, die durch ihre dominanten Allele überdeckt sind und daher nicht in Erscheinung treten. Erst bei Inzucht, wenn zwei solcher rezessiver Gene in einer Pflanze vereinigt sind, treten sie in Erscheinung und können, falls sie erwünscht sind, herausgezüchtet werden – oder, falls sie unerwünscht sind, eliminiert werden. Beides geschieht bei der Hybridzüchtung, denn die Elternlinien einer Hybridsorte werden durch Inzucht (erzwungene Selbstbestäubung) aus verschiedenen Ausgangspopulationen herausgezüchtet.

Werden Populationssorten in der landwirtschaftlichen Produktion angebaut, so sind die ganzen Pflanzenbestände gleichzeitig zur aktuellen Nutzung ein grossflächiges, in der Praxis angebautes „Gen-Reservoir“ für die Zukunft. Das heisst, ein **gegenwärtiger Nutzen** und ein **zukünftiges Potential** sind im Anbau miteinander vereinigt. Werden Populationssorten durch Hybridsorten ersetzt, so hat man in vielen Fällen durch höhere Erträge und grössere Einheitlichkeit einen grösseren gegenwärtigen Nutzen (jedenfalls vordergründig). Der Zukunftsaspekt wird jedoch stark reduziert und das Reservoir an genetischer Vielfalt wird auf die Zuchtgärten und die Kühltruhen der Genbanken beschränkt.

3.5 Hybridmechanismen

In diesem Abschnitt wird auf eine zentrale Voraussetzung der Hybridsaatgut-Produktion, die Pollensterilität, eingegangen. Die etwas komplizierten Sachverhalte hierzu werden erläutert, damit deutlich werden kann, wie viel Forschungs- und Selektionsarbeit diesem Thema im Umfeld der Hybridzüchtung gewidmet wird. Ich folge hier weitgehend der Darstellung von Becker (1993).

Damit man für grosse Anbauflächen Hybridsaatgut erzeugen kann, braucht man einen „Hybridmechanismus“, durch den die Selbstbefruchtung der Mutterlinie verhindert wird. Dies kann entweder auf **mechanischem**, auf **chemischem** oder auf **genetischem** Wege erreicht werden.

Beispiel Mais: der mechanische Weg

Der mechanische Weg ist beim Mais wegen seiner männlich/weiblich getrennten (monözischen) Blütenmorphologie am einfachsten. Hier können die männlichen Blüten (Fahnen) an der Spitze der Pflanze manuell oder maschinell herausgezogen oder abgeschnitten werden. Saatelter und Bestäuber werden in Streifen nebeneinander angebaut, und bei allen „entfahnten“ Pflanzen ist sicher, dass das auf ihnen gebildete Saatgut aus der gewünschten Kreuzung stammt.

Beispiel Weizen: der chemische Weg

Der chemische Weg durch Behandlung der Saateltern mit sog. „Gametoziden“ wird vor allem für Selbstbefruchter wie den Weizen gesucht. Trotz intensiver Forschungsarbeit auf diesem Gebiet gibt es bis heute bei keiner Pflanzenart voll befriedigende Gametozide, die vollständige Pollensterilität erzeugen, möglichst unabhängig von Witterung und Entwicklungszustand der Pflanzen sind und gleichzeitig keine Nebenwirkungen auf die Pflanzen und die Umwelt oder menschliche Gesundheit haben. In Deutschland ist noch kein Gametozid für Weizen zugelassen, deshalb wird aller Hybridweizen für Deutschland in Frankreich produziert.

Für den biologischen Anbau kommt dieser Weg und damit der Hybridweizen nicht in Frage, da er den Richtlinien zur Erzeugung von Saatgut für den biologischen Anbau widerspricht.

Beispiel Roggen: der genetische Weg

Der genetische Weg beruht auf der Tatsache, dass bei allen Arten gelegentlich pollensterile Pflanzen auftreten. Eine Pollensterilität kann verschiedene Ursachen haben. Am wichtigsten für die Hybridzüchtung ist ein genetisches System, das auf einem Zusammenspiel von Genen des Cytoplasmas und solchen des Zellkerns beruht: die **cytoplasmatisch-kerngenetische Pollensterilität** (engl. cytoplasmic male sterility, **CMS**). Die CMS beruht auf einer Veränderung der

DNA der Mitochondrien, die zusammen mit bestimmten Kerngenen zur Pollensterilität führt, zusammen mit anderen Kerngenen dagegen zu voll fertilen Pflanzen. Die Kerngene, die die Pollensterilität erhalten, werden **Maintainer** genannt. Diejenigen Kerngene, die die Pollenfertilität wieder herstellen, werden **Restorer** genannt. Sie wirken dominant.

So lässt sich mit Hilfe der CMS Hybridsaatgut grossflächig und wirtschaftlich herstellen. Zuerst wird die Mutterlinie gezüchtet und die CMS wird in sie eingekreuzt. Um die Mutterlinie zu erhalten und vermehren, wird sie mit einer Maintainer-Vaterlinie bestäubt. Dann sind alle ihre Nachkommen pollensteril. Bei allen Kulturen, bei denen Samen die Feldfrucht darstellen, darf die Hybridsorte selber jedoch nicht pollensteril sein. Deshalb muss die Vaterlinie der Hybridsorte Restorer sein, damit es zu einer normalen Samenbildung kommen kann.

Um eine Hybridsorte zu erzeugen, müssen also drei Linien bis zur Stufe Vorstufensaatgut vermehrt werden: die Samenerlter-Inzuchtlinie, die Maintainer-Linie und die Pollenerlter-Inzuchtlinie. Zwei Linien müssen bis zur Stufe Basis-Saatgut vermehrt werden: Samenerlter und Pollenerlter. Mit diesen beiden kann dann das Z-Saatgut erzeugt werden, das für den Feldanbau in den Handel gelangt. Bei einer Dreiweghybride, wie sie für den Roggen üblich sind, ist schon der Samenerlter selbst eine Hybride. Damit wird erreicht, dass der Ertrag an Hybridsaatgut hoch und seine Keimkraft gross ist (Tomerius 2001). Beim Roggen ist es zudem üblich, als Bestäuber nicht eine einzige Inzuchtlinie, sondern eine synthetische Population aus zwei oder mehr Inzuchtlinien zu verwenden (Wilde 2004) (vgl. Abb. 3). (Bei nur vegetativ genutzten Sorten (z.B. bei manchen Gemüsesorten) werden manchmal keine Restorer eingesetzt, d.h. solche Sorten können dann keine Samen bilden.)

Es gibt für sehr viele Pflanzenarten bereits funktionierende und etablierte CMS-Systeme, so z.B. für Roggen, Zuckerrübe, Sonnenblume, Raps, Sorghumhirse, Perlhirse und viele Gemüsearten. Es kommt meist dann zu CMS, wenn Cytoplasma und Kerngene nicht „zusammenpassen“, also durch Kreuzung von genetisch extrem entfernten Linien zusammengekommen sind. Oft wird als CMS-Quelle eine Primitivform oder Wildart verwendet, und die Kerngene des Hochzucht-Materials werden durch wiederholte Rückkreuzungen in solche CMS-Mutterpflanzen eingekreuzt. Wenn sich im Hochzucht-Material keine Restorer finden lassen, müssen auch diese aus der Primitiv- oder Wildart über Rückkreuzungen übertragen werden (Becker 1993). Ein solcher Prozess dauert viele Jahre.

Beim Raps hat sich die Hybridzüchtung besonders schnell entwickelt, nachdem 1982 im Zuchtgarten der Norddeutschen Pflanzenzucht Lembke eine spontane männlich sterile Mutante selektiert worden war, für die alle bekannten Rapsorten und -Linien als Restorer fungieren können (die Fertilität wird voll wiederhergestellt) (Frauen 1999). Neben einem zusätzlichen transgenen Hybridsystem der Firma Plant Genetic Systems gibt es noch ein weiteres, in Frankreich etabliertes Hybridsystem beim Raps: das INRA-Ogura Hybridsystem. Hierfür gelang es durch Selektion mit Hilfe molekularer Marker, die enge Kopplung zwischen Fertilitätsrestauration und hohem (unerwünschtem) Glucosinolatgehalt in den Samen zu brechen (Sorte Extra, Monsanto) (Brunner 2001).

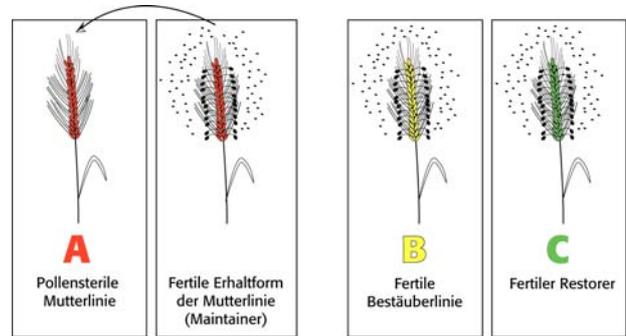
Beim Roggen sind verschiedene CMS-Quellen beschrieben worden, in der Praxis hat sich jedoch hauptsächlich das 1970 in einem argentinischen Waldstaudenroggen gefundene „Pampa“-Cytoplasma durchgesetzt. Unmittelbar nach seiner Auffindung begann man an der Universität Hohenheim und später auch an mehreren anderen europäischen Zuchtstationen mit dem Aufbau eines Roggen-Hybridzüchtungsprogramms (Geiger 1990).

Bei der Gerste beruht der Hybridmechanismus der ersten, 2003 in Grossbritannien zugelassenen Sorte ebenfalls auf einer männlichen Sterilität (Syngenta o.J.).

Auch beim Weizen sind CMS-Quellen aufgefunden worden, aber die Leistung der auf ihrer Basis erzeugten Experimentalhybriden lag nur geringfügig über dem Niveau der jeweils besten Liniensorten (Geiger 1990). In der Weizen-Hybridzüchtung hat man sich daher auf den chemischen Weg konzentriert. Der Züchter hat hierbei den Vorteil, dass er alle Linien und Sorten direkt als Hybrideltern nutzen kann, ohne erst das CMS-Cytoplasma und die Restorerogene in sein Zuchtmaterial einkreuzen zu müssen.

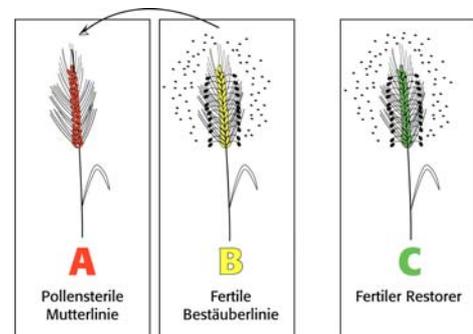
Drei Jahre vor Brotgetreideanbau

Erzeugen von Vorstufensaatgut.
Die Mutterlinie ist cytoplasmatisch - männlich steril (cms). Damit sie vermehrt werden kann, wird eine fertile Erhalterform der Mutterlinie (Maintainer) mit normalem Zellplasma im Streifenanbau daneben angebaut. Die Nachkommen der Mutterlinie sind wieder pollensteril. Getrennt davon werden die fertile Bestäuberlinie B und der fertile Vater C (Restorer) vermehrt. Der Restorer hat Gene, die die Fruchtbarkeit der Mutterlinie mehr oder weniger vollständig wiederherstellen.



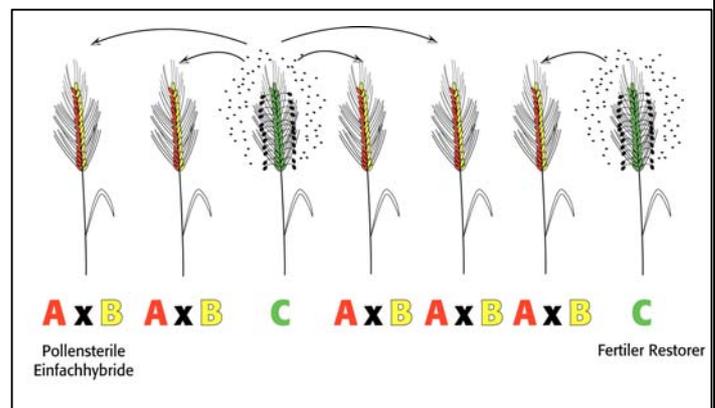
Zwei Jahre vor Brotgetreideanbau

Erzeugen von Basissaatgut.
Anbau der Linien A und B in Streifen nebeneinander, so dass die Linie B die Linie A bestäubt und auf Linie A Kreuzungssaatgut geerntet werden kann. Getrennt davon Vermehrung des Restorers.



Ein Jahr vor Brotgetreideanbau

Erzeugen von Z-Saatgut.
Die pollensterile Einfachhybride AxB wird unter Beimischung von 5 Prozent des fertilen Restorers C angebaut, dessen Pollen die Hybride bestäubt.



Brotgetreideanbau

Anbau der Dreiweghybride (AxB)xC mit wiederhergestellter Pollenfertilität. Beimischung von 5 Prozent Populationsroggen zur Absicherung der Pollenmenge.

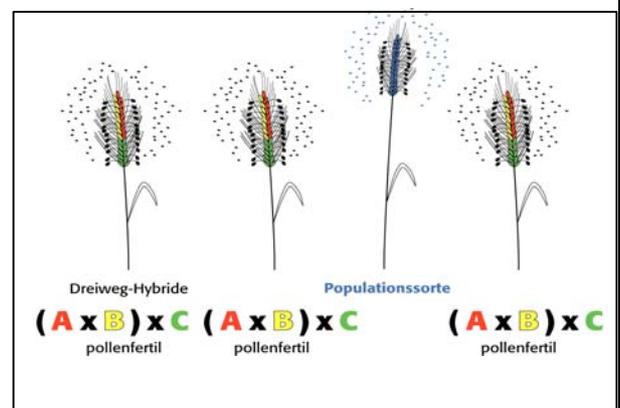


Abb. 3: Saatguterzeugung bei Hybridroggen.

4. Der Stand der Diskussion über Hybridroggen in der Schweiz und in den Nachbarländern

Der Schweizer Konsument isst wenig Roggenbrot. Häufig wird Roggen dem Weizen beige-mischt, was dem Brot einen charakteristischen Geschmack verleiht. Im Gegensatz zu den nor-dischen Ländern gibt es in der Schweiz ausser im Wallis praktisch keine Roggenbrot-spezialitäten. Die Nachfrage und das Interesse seitens der Verarbeiter nach Bioroggen sind deshalb nicht besonders gross. Von der Gesamtmenge Brotgetreide macht Roggen nur 5% aus. Dieser wird zu 75% importiert. Der Preis nach Vorreinigung liegt bei einem Hektolitergewicht von 73 bis 74 kg bei 100 sFr/dt. Fruchtfolge-technisch passt der Roggen aber in jede getreidebetonte Fruchtfolge. Er ist wenig anspruchsvoll in Bezug auf die Nährstoffversorgung, gedeiht auch auf Grenzstandorten gut und kann bis auf ca. 2000 m ü.M. angebaut werden. Das einzige, was ihm zusetzt, sind Staunässe oder langliegende Schneedecken.

2004 wurden in der Schweiz 18,4 ha Bio-Roggen für Z-Saatgut feldbesichtigt. Davon waren 3,8 ha Hybridroggen, so dass man davon ausgehen kann, dass der Hybrid-Anteil im Bio-Roggen zurzeit ca. 20% ausmacht (Klaus Steiner, Fachkommission Ackerkulturen der Bio Suisse, mündliche Mitteilung). Seit dem Herbst 2004 befasst sich die Fachkommission Ackerkulturen der Bio Suisse mit dem Thema Hybridroggen und gegenwärtig ist die Markenkommission Anbau gefordert, eine diesbezügliche Entscheidung zu treffen. Damit ist die Bio Suisse die erste Organisation des organisch-biologischen Landbaus, die sich mit dem Thema befasst. Zuvor war dies nur beim Demeter-Verband geschehen, der seit 2001 ein Verbot von Hybridgetreide (ausser Mais) in seine Richtlinien aufgenommen hat (vorher hatten die Richtlinien in dieser Frage nur empfehlenden Charakter).

In Deutschland, wo im ökologischen Landbau der Roggen die Kultur mit dem grössten Anbau-umfang ist (39.500 ha, das entspricht 25,3% der Öko-Getreidefläche (ZMP 2005)), haben Ver-treter des Demeter-Verbandes 2003 und 2004 versucht, auch die anderen Verbände, die im Bund Ökologische Lebensmittelwirtschaft zusammengeschlossen sind, zu einem Verbot von Hybriden zu bewegen. Die Verbände Naturland und Bioland sehen die Entwicklung hin zur Hyb-ridzüchtung jedoch nicht so kritisch.

In Deutschland lagen 2004 bei der bundesweiten Auswertung der Öko-Sortenversuche der Bundesländer die 4 meistgeprüften Populationssorten (Hacada, Matador, Nikita, Recrut) bei 100% Ertrag (Verrechnungssorten Hacada und Nikita), die 3 meistgeprüften Hybriden (Avanti, Askari, Treviso) lagen im Schnitt ca. 20% darüber (Meyercordt et al. 2004). In einem zweijähri-gen Vergleichsversuch (sechs Umwelten) verglich Haas (2002) drei Populationssorten (Danko, Hacada, Born) und zwei Hybridsorten (Avanti, Fernando) von Roggen im Hinblick auf ihre Stickstoffeffizienz. Die Hybridsorten brachten im Mittel aller sechs Versuche ca. 24% höhere Kornerträge. Die Kornstickstoffträge der Hybridsorten waren im Mittel um 14,5% höher als die der Populationssorten. Damit erwiesen sich die Hybridsorten als ertragsüberlegen und effizien-ter in der Stickstoffnutzung.

In Österreich wird das Thema nach Auskunft von Thomas Kerschbaummayr, Mitarbeiter beim Ernte-Verband und zuständig für Richtlinienentwicklung und -Umsetzung, nicht diskutiert. Im Rahmen des Projektes „Saatgut für den Biologischen Landbau – Österreichische Biosorten-züchtung“ werden Hybridsorten nur negativ beurteilt, wenn sie mit Hilfe von Gametoziden er-zeugt wurden. Dies trifft aktuell nur für Weizen, nicht aber für Gerste und Roggen zu (ARGE Bio-Landbau, 2003).

5. Bericht über Streifenversuche mit Roggen

5.1 Streifenversuche 2002/03

In den Anbaujahren 2002/2003 und 2003/2004 wurden auf biologisch bewirtschafteten Praxisbetrieben einfache Streifenversuche ohne Wiederholung angelegt, um Hybrid- und Populationsorten von Roggen im Praxisvergleich testen zu können.

Die Hybriden wie die neue Sorte „Picasso“ haben einige Vorteile gegenüber den Populationsorten wie „Matador“ oder „Oktavia“: „Picasso“ ist standfester, weniger auswuchsgefährdet und hat in unseren Streifenversuchen 10% Mehrertrag gegeben. Eine neue Populationsorte aus Deutschland mit dem Namen „Nikita“ hat nahezu so gut abgeschnitten wie die Hybriden (Abb. 4). Das Hektoliterwicht war am Standort Kölliken bei „Picasso“ am zweitbesten, am Standort Frick allerdings am schlechtesten (Abb. 5).

5.2 Streifenversuche 2003/04

Die anbautechnischen Vorteile der Hybriden (bessere Standfestigkeit, höhere Erträge) bestätigten sich in diesem Jahr auch wieder. Die besten Populationsorten Nikita und Matador haben einen mittleren Ertrag von 55 dt/ha ergeben. Die beste Hybridsorte, Avanti, lag im Durchschnitt auf beiden Betrieben bei 70 dt/ha. Diese deutsche Sorte hat gegenüber der in der Schweiz weit verbreiteten Sorte Picasso um etwa 5 dt/ha besser abgeschnitten. In Kölliken hat sie mit über 80 dt/ha extrem gut abgeschlossen (Abb.6).

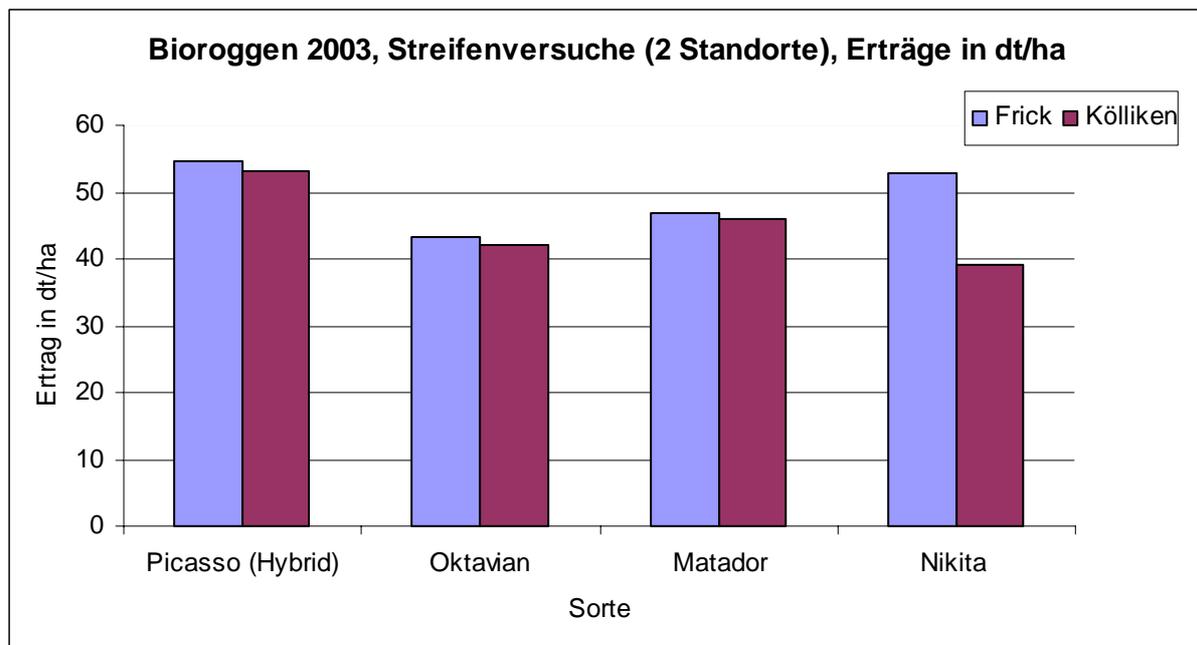


Abb.4: Erträge in den Roggen-Streifenversuchen 2003.

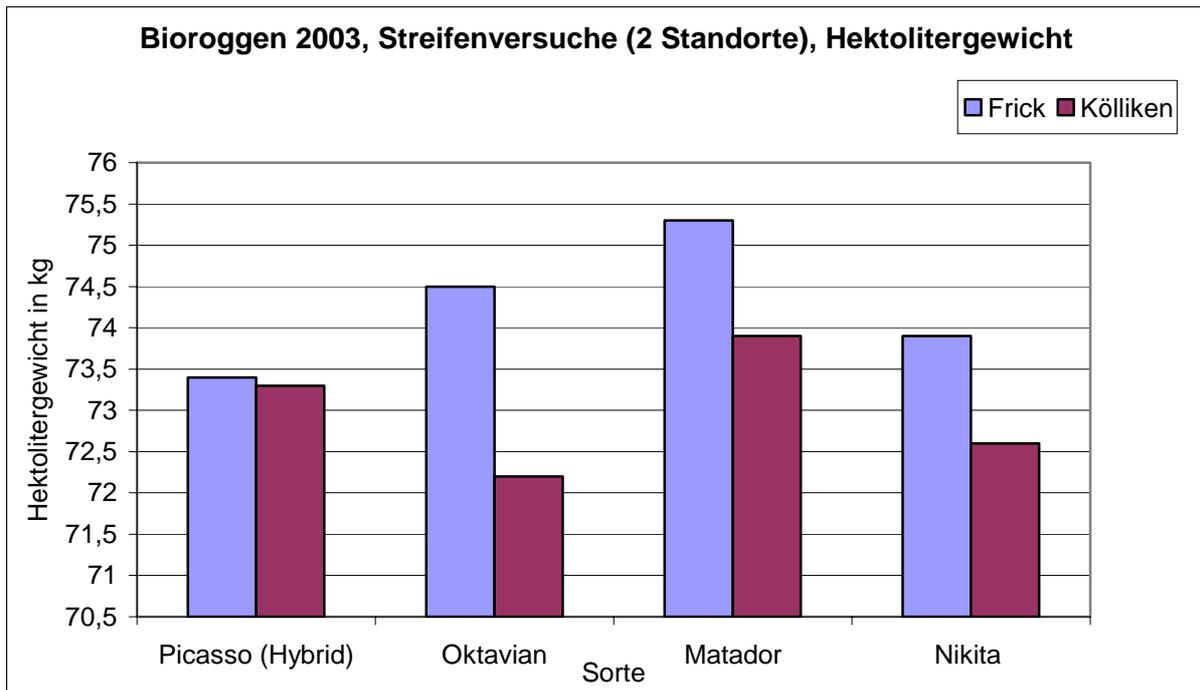


Abb.5: Hektolitergewicht in den Roggen-Streifenversuchen 2003.

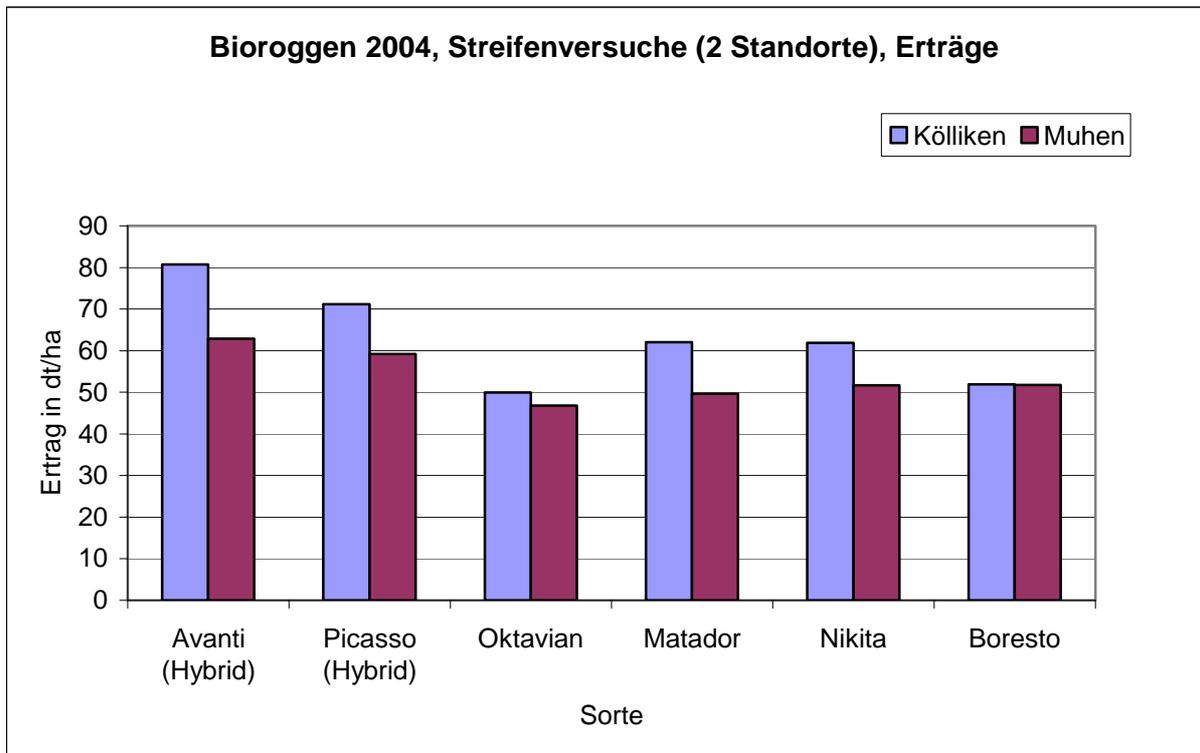


Abb. 6: Erträge in den Roggen-Streifenversuchen 2004.

Das gute Abschneiden der Hybridsorten in Kölliken ist darauf zurückzuführen, dass sämtliche Populationssorten leicht bis stark lagerten und daher nur schwer erntbar waren. Besonders stark lagerten Boresto (vgl. Abb.7) und Oktavian.



Abb.7: Die Hybriden haben eine bessere Standfestigkeit. Auf dem Bild links Hybridsorte Picaso, rechts die Populationssorte Boresto.

Die Standfestigkeit ist bei den Hybridsorten mit einer Wuchshöhe von 110 bis 120 cm überall gut. Die Populationssorten erreichten Wuchshöhen von 130 bis 160 cm. Am wenigsten standfest zeigte sich Boresto.

Die Hybriden hatten sehr schöne, lange, gut ausgebildete Ähren, teilweise aber Mutterkornbesatz.

Am Standort Kölliken wurde die Fallzahl bestimmt (vgl. Abb.8). Diese ist bei den Populationssorten um die 200 mit Ausnahme von Boresto und bei den Hybriden um 250. Bei einer Fallzahl unter 160 gibt es Abzüge. Dieses Jahr war der Auswuchs an diesem Standort kein Problem.

Am Standort Muhen wurde der Proteingehalt bestimmt. Er liegt durchschnittlich bei 10.5%, die Unterschiede zwischen den Sorten waren gering. Oktavian hat mit 11% am meisten Protein und Avanti mit unter 10% am wenigsten (Abb.9).

Die zwei Standorte Muhen und Kölliken unterscheiden sich bezüglich Bodeneigenschaften und Klima nur unwesentlich. Auf dem viehlosen Betrieb Lehmann werden sämtliche Hofdünger in Form von Gülle zugeführt, auf dem Betrieb Maurer in Kölliken sind genügend eigene Hofdünger vorhanden. Durch die intensivere Düngung konnten durchschnittlich 10 dt/ha und Sorte mehr geerntet werden.

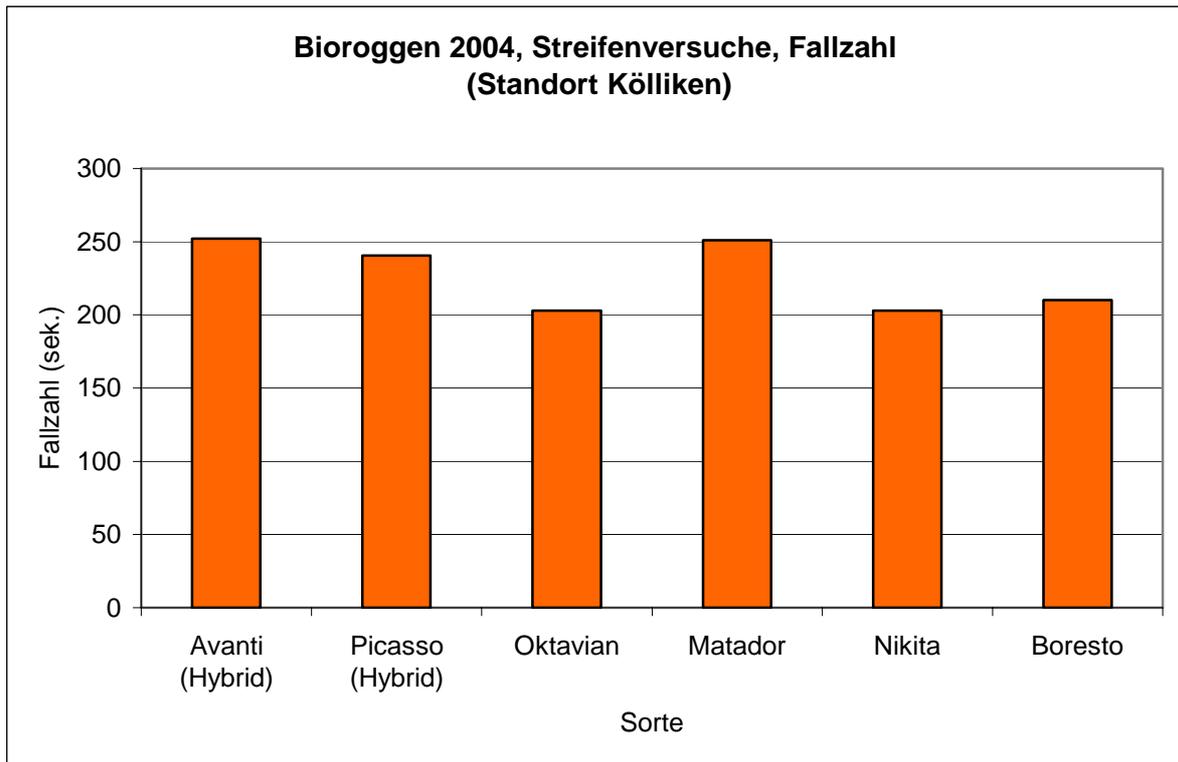


Abb.8: Fallzahl am Standort Kölliken, Roggen-Streifenversuch 2004.

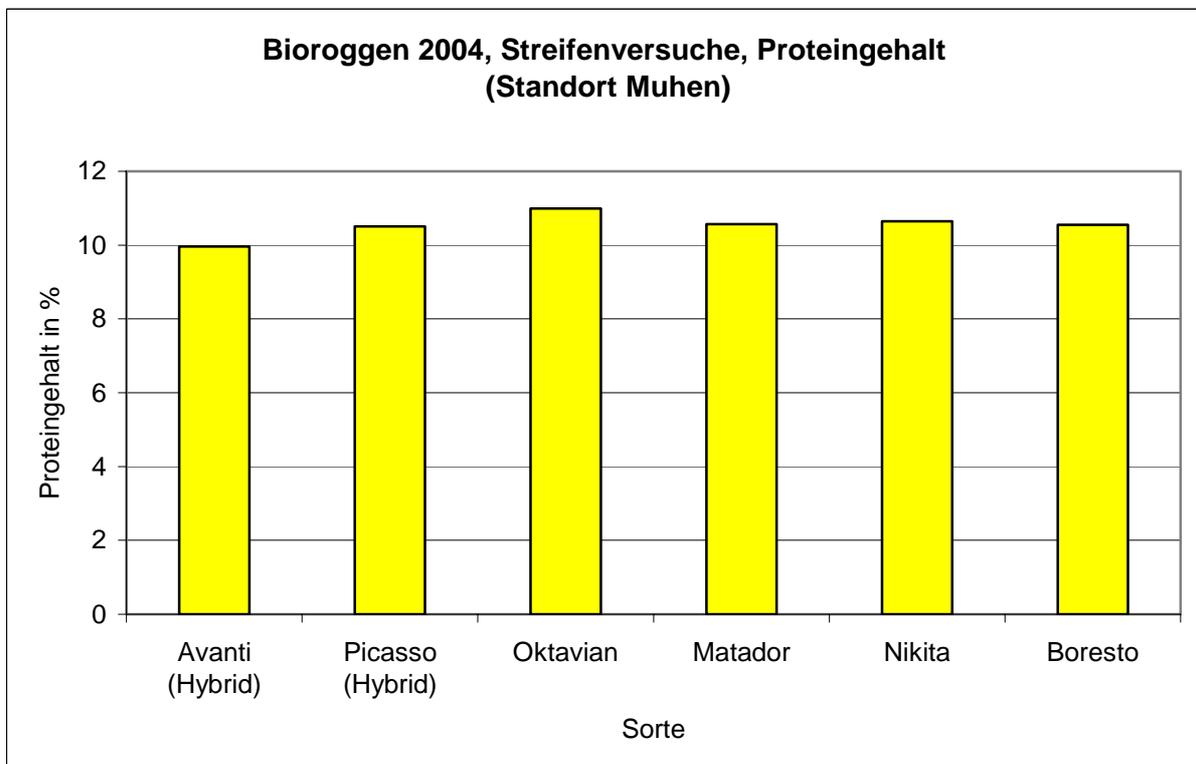


Abb.9: Proteingehalt am Standort Muhen, Roggen-Streifenversuch 2004.

5.3 Beispielrechnung

Gegenwärtig ist der Mehrerlös beim Einsatz von Hybridroggen für die Landwirte verlockend, wie die folgende Beispielrechnung zeigt:

100 kg Bio - Roggensaatzgut, Sorte Matador (Populationsorte): sFr. 168,57

100 kg Bio – Roggensaatzgut, Sorte Picasso (Hybride): sFr. 292,40

Bei einer Aussaat von 150 kg/ha hat der Bauer beim Populationsroggen Aussaatkosten von 252,86 sFr/ha. Beim Hybridroggen kann er dank besserem Feldaufgang laut Sortenempfehlungen 30% weniger säen und käme so auf Saatgutkosten von 307,02 sFr/ha.

Bei einem Ertrag von 45 dt/ha beim Populationsroggen, einem Preis von 100 sFr/dt und Abzug der Aussaatkosten hat er einen Erlös von 4247,14 sFr/ha. Bringt der Hybridroggen 10% mehr Ertrag, so hat er nach Abzug der Aussaatkosten einen Erlös von 4642,98 sFr/ha – d.h. einen Mehrerlös von sFr. 395,84/ha. Selbst wenn die Aussaatmenge nicht reduziert wird, kann er noch 4511,40 sFr/ha lösen und hat damit immer noch einen Mehrerlös von 264,26 sFr/ha. Die Rechnung ist, verglichen mit dem Ergebnis von 2004, sehr konservativ. Der Mehrerlös durch den Einsatz von Hybridroggen kann noch bedeutend höher sein – vorausgesetzt, der Roggen kann überhaupt verkauft werden.

Würden alle Bauern auf Hybridroggen setzen, so wäre wegen der Absatzprobleme ein Preisrückgang unvermeidlich.

6. Pro und Contra Hybridsorten

6.1 Vorteile von Hybridsorten

6.1.1 Generelle Vorteile bei Fremdbefruchtern, unabhängig von der Pflanzenart

- **Heterosis:** Kreuzungsnachkommen genetisch entfernter Inzuchtlinien sind leistungsfähiger als ihre Eltern. Die Heterosis ist für das Merkmal Ertrag weit grösser als für qualitative Merkmale wie z.B. Wuchshöhe oder Proteingehalt.

Zu Anfang eines Hybrid-Zuchtprogrammes sind die Inzuchtlinien oft sehr kümmerlich, die Heterosis nach der Kreuzung ist gross. Bei fortgesetzter Inzucht und Selektion nimmt die Eigenleistung der Inzuchtlinien zu, die **relative** Bedeutung der Heterosis nimmt allmählich ab.

Zurzeit sind mit Hybridsorten bei den meisten Kulturen bessere Erträge zu erzielen als mit Populations- oder Liniensorten.

- **Einheitlichkeit:** Hybridsorten sind einheitlicher als Populationssorten. Diese Einheitlichkeit kann durch Populationszüchtung nicht erreicht werden. Bei vielen Gemüsesorten ist dies ein noch wichtigeres Argument als der höhere Ertrag.
- **Schneller Zuchtfortschritt:** Viele Eigenschaften wie Krankheitsresistenzen und Qualitätsaspekte lassen sich bei Fremdbefruchtern in Hybridsorten schneller etablieren. Die Inzuchtlinien werden entsprechend selektiert. Bei Krankheitsresistenzen, die oft dominant vererbt werden, genügt es, wenn eine der beiden Inzuchtlinien die Resistenz trägt, damit die Hybridsorte anschliessend resistent ist. In Populationen hingegen dauert es wegen ihrer Vielfalt viel länger, bis ein gewisses Resistenzniveau erreicht ist.
- **Nicht-Nachbaufähigkeit:** Beim Nachbau einer Hybridsorte erhält man einen uneinheitlichen Pflanzenbestand, der nicht denselben Ertrag und dieselbe Qualität bringt wie das eingekaufte F1 – Saatgut. Die verschiedenen Erbeigenschaften „spalten auf“. Daher empfiehlt sich bei Hybridsorten der jährliche Saatgutkauf. Sie haben quasi einen „eingebauten Produktschutz“ für den Züchter.

Bei **Selbstbefruchtern** sind die beiden mittleren Punkte nicht von Bedeutung, da Liniensorten selbst schon einheitlich sind und in ihnen Resistenzen ebenso einfach etabliert werden können. Der Heterosiseffekt ist generell bei Selbstbefruchtern kleiner als bei Fremdbefruchtern.

6.1.2 Aktuelle Vorteile von Hybridroggen, nach Durchführung von Streifenversuchen in der Schweiz

- Höhere Erlöse.
- Grössere Standfestigkeit.
- Grössere Auswuchsfestigkeit (bessere Fallzahlen).

Standfestigkeit, Auswuchstoleranz und auch eine Steigerung des Ertrages sind aber nicht zwingend an den Hybridzustand der Pflanzen gebunden, sondern, anders als die Einheitlichkeit, durch weiteren Züchtungsfortschritt genauso bei Populationssorten erreichbar.

6.2 Kritik der Hybridzüchtung

Die Kritik der Hybridzüchtung ist weitgehend unabhängig von der Pflanzenart.

6.2.1 Verminderung der inneren Qualität

Besonders in biologisch-dynamischen Kreisen wird durch die zunehmende Verdrängung samenfester Sorten durch Hybridsorten eine Erosion an innerer Qualität, das heisst Ernährungsfähigkeit, bei den Nahrungspflanzen befürchtet.

Die biologisch-dynamische Landwirtschaft bezieht sich auf Rudolf Steiner (1862-1925), dessen Anliegen es war, die für ihn selbstverständliche übersinnliche Realität für das westliche Denken zugänglich und verständlich und für die Gesellschaft fruchtbar zu machen. In seinem Kurs für Landwirte betont er, dass es für menschliche Nahrungsmittel in erster Linie auf die lebendigen Kräfte ankommt, die in ihnen wirken, viel weniger auf Grösse, glänzendes Aussehen, finanziellen Ertrag und augenblickliche Erfolge (Steiner 1924, 102 f). Mineraldünger wird abgelehnt, weil er nicht in der Lage sei, lebendige Kräfte in den Boden zu bringen und letztendlich bei den Nahrungsmitteln einen Verlust an Nährwert bewirke (Steiner 1924, 176).

Schon von Anfang an haben sich Vertreter der biologisch-dynamischen Landwirtschaft mit Pflanzenzüchtung beschäftigt und dabei versucht, Ratschläge Steiners zu berücksichtigen. Einer dieser Ratschläge lautet, man solle „den Weg der Züchtung durch Kreuzung und Rückkreuzung möglichst“ verlassen und am besten, ausgehend von Wildsorten, „durch Veredlungszüchtung und scharfe Auslese“, diese in Kulturpflanzen umwandeln (Riese 1998, 5). Was damit genau gemeint sein mag, wird nicht erläutert. Dieser Ratschlag, der übrigens als direktes Zitat von Steiner nicht zu finden ist, hat zusammen mit der Skepsis gegenüber Grösse und augenblicklichem Erfolg im Pflanzenbau zur Ablehnung der Hybridzüchtung durch biologisch-dynamisch orientierte Forscher beigetragen. Zwar wird auch in den meisten heutigen biologisch-dynamischen Züchtungsprojekten Kreuzungszüchtung betrieben, aber das „Kreuzen und Rückkreuzen“ bleibt doch mit einer gewissen Skepsis behaftet.

Die Ablehnung der Hybridzüchtung hat beim Getreide (ausser Mais) zu einem Anbauverbot von Hybridsorten in den Demeter-Richtlinien geführt. Im Gemüsebereich sind jedoch auch im biologisch-dynamischen Landbau Hybriden bereits derart eingebürgert, dass ein Anbauverbot derzeit als nicht praktikabel gilt.

Immer wieder, wenn es um die innere Qualität von Hybriden geht, wird angeführt, dass die Hybridzüchtung die Pflanzen tendenziell in die gleiche Richtung beeinflusst wie die Mineraldüngung (Hagel 2001c, 868; Müller 2000, 4).

Ein aussagekräftiger Anbauversuch mit Hybrid- und Populationssorten beim Roggen stammt von dem biologisch-dynamischen Züchter Karl-Josef Müller in Norddeutschland. Dabei wurden 9 Populations- und 7 Hybridroggen auf einem Parabraunerde-Standort mit ca. 30 Bodenpunkten verglichen. Dabei lagen die Hybridsorten mit durchschnittlich 31 dt/ha Ertrag um ca. 33%

über dem Durchschnitt der Populationssorten (ca. 23 dt/ha). Da die Hybridsorten einen deutlich kürzeren Wuchs aufwiesen (dies ist kein Heterosiseffekt, sondern beruht auf der Selektion der Elterlinien), mussten sie eine deutlich höhere Stoffwechsellätigkeit als die Populationssorten entfalten, um die relativ sehr hohen Kornerträge (für den Standort) zu erreichen. Eine solche verstärkte Stoffwechsellätigkeit war als deutlich dunklere Grünfärbung der Hybriden im Feld zu sehen und konnte über die Chlorophyllidichte auch gemessen werden. Diese Befunde weisen in die gleiche Richtung wie Müllers theoretische Überlegungen: „Beim Hybriden muss das „Wachsen und Entfalten als ansonsten typische Anfangssituation des Sprosswachstums überwiegen. Die über eine Ausdifferenzierung bis zum Ende des Sprosswachstums auf eine Reifung hinführenden Prozesse werden zurückgedrängt“ (Müller 1996, 213). Hierin sieht Müller (2000, 3) auch den Grund für die verstärkte Anfälligkeit von Hybridsorten auf Braunrost (vgl. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft 2004, 13), der heute wiederum durch neue Bemühungen in der Resistenzzüchtung begegnet wird (Wilde 2004).

Wichtig für das biologisch-dynamische Qualitätsverständnis ist auch die Tatsache, dass die Hybridsorten bei Roggen und fremdbefruchtendem Gemüse aus pollensterilen Elternlinien hervorgehen und teilweise auch selbst eine geringere Pollenfertilität aufweisen als die Populationssorten (vgl. Abb.3). Nach dem biologisch-dynamischen Verständnis findet sich die Polarität zwischen „wachsen und entfalten“ als mehr erd- und wasserbezogenen, im Jugendstadium der Pflanzen vorherrschenden Wachstumsqualitäten und „differenzieren und ausreifen“ als mehr licht- und wärmebezogenen, im Reifestadium der Pflanzen vorherrschenden Wachstumsqualitäten wieder in der Polarität von Samenanlage und Pollen (vgl. Rispen 1991). Nach Müller (2000) vermittelt „der Pollen die zur Samenreife führenden Wärmequalitäten in die sonst nur von Wachstumsvorgängen dominierte Frucht“ und „bleibt die Samenanlage ohne den Pollen in ihren Lebensvorgängen „unterkühlt“ und auf der Ebene einer rein vegetativ sich fortsetzenden „Wiederhervorbringung“, die ansonsten während des Sprosswachstums in der „Wiederhervorbringung“ der Blätter von Knoten zu Knoten natürlicherweise vorherrscht.“

Wärmequalität wird im biologisch-dynamischen Qualitätsverständnis als hilfreich und notwendig für eine kraftvolle Entwicklung der sog. „Ich-Organisation“ des Menschen gesehen. Die „Ich-Organisation“ ermöglicht Durchsetzungsfähigkeit für die eigenen Impulse und Ideale im Leben und, auf physiologischer Ebene, ein gesundes Immunsystem.

Der Mangel an Pollen kann auch zu einem verstärkten Mutterkornbefall führen, da die Blüten mit den unbefruchteten Narben länger offen bleiben und so für die Infektion ein Einfallstor bieten. In der Regel können die grossen Mutterkornsklerotien mit den heute verfügbaren Reinigungsmethoden gut aus dem Getreide herausgereinigt werden, aber dennoch fanden Lauber et al. (2005) in jeder der von ihnen untersuchten 51 Proben Roggenmehle und -körner (sowohl aus konventionellem wie aus biologischem Anbau) Mutterkornalkaloide. Im trockenen Jahr 2003, in dem die Sklerotien vergleichsweise klein ausfielen und damit schlechter herauszureinigen waren, überstieg der Besatz mit Mutterkorn in 23% der Proben den zulässigen Grenzwert. Dabei wurden bis auf eine Probe sämtliche Überschreitungen des Grenzwertes in konventionell erzeugten Produkten festgestellt. „Als eine mögliche Ursache für die generell deutlich niedrigeren Gehalte in den biologisch erzeugten Produkten ist u.a. das Verbot von Hybridsorten (anfälliger gegenüber Mutterkorn) einzelner Anbauverbände zu nennen.“ (Lauber et al., 2005).

Ein weiterer Aspekt betrifft das Zukunftspotential, das im Getreidekorn als Möglichkeit vorhanden ist. Die Konsumentin von Hybridgetreide erhält die Ernte, die bei der Aussaat die F2 ergeben würde. Aus vielen dieser Körner würden unbefriedigende, kümmerliche oder einseitige Pflanzentypen wachsen. Wenn aus einem Korn eine gesunde, vitale Pflanze wachsen wird und

aus einem zweiten eine Kümmerpflanze, so liegt die Annahme nahe, dass etwas von dieser zukünftigen Qualität die Ernährungsqualität des jeweiligen Kornes beeinflusst.

Die Behauptung eines Verlustes an innerer Qualität durch Hybridzüchtung lässt sich bisher auf rein analytischem Wege nicht beweisen (Elers 2004, Arncken 2003). Fleck et al. (2002) fanden in einem Möhren-Vergleichsversuch höhere Mineralstoffgehalte und niedrigere Quotienten von Mono- zu Disacchariden. Bei diesem Sortenvergleich wurden jedoch verschiedene Möhrentypen (Nantaise-Typen/ Berlikumer) mit unterschiedlich langer optimaler Vegetationsdauer verwendet. – Bei einem Herbstmöhren-Vergleichsanbau von vier OP-Sorten (eine davon in zwei Jahrgängen, zwischen denen eine Populationsverbesserung stattgefunden hat) und zwei Hybridsorten fand Henatsch (2002) bei Hybriden einen geringeren TS-Gehalt, höheren Nitratgehalt und einen höheren Quotienten von Mono- und Disacchariden, was als unvollständiger Reifeprozess interpretiert wird. Arncken et al. (in Vorbereitung) fanden in einem zweijährigen Vergleichsversuch von drei Hybridsorten und drei Populationsorten von Möhren keine über beide Jahre signifikanten Unterschiede zwischen den Sortentypen.

Nimmt man die Lagerfähigkeit von Saatgut als Qualitätsmerkmal, so könnte dies eher für die Hybridsorten sprechen. Stahl und Steiner (1998) untersuchten bei Roggen den Verlust der Keimfähigkeit von fünf Populationsorten, drei Hybridsorten, vier CMS-Inzuchtlinien und drei CMS-Einfachhybriden mit 14% Feuchtigkeit im Saatgut bei einer Stress-Lagerung bei 30°C während 80 Tagen. Die Lagerfähigkeit nahm in der Reihenfolge Hybriden > Populationsorten > CMS-Einfachhybriden > CMS-Inzuchtlinien ab.

Die Vermutung, dass Hybridzüchtung zu einem Verlust an ganzheitlich verstandener Qualität führt, beruht zunächst auf theoretischen Überlegungen und inneren Bildern der beteiligten Wissenschaftler. Hier stellt sich vor allem die Frage nach der adäquaten Untersuchungsmethode, mit der der behauptete, nicht-materialistisch verstandene Qualitätsverlust festgestellt werden könnte. Dabei kommen verschiedene, meist als ganzheitlich bezeichnete Methoden in Betracht, wie sie auch schon für den Vergleich von biologisch mit konventionell angebauten Lebensmitteln verwendet wurden (Weibel et al., 2001; Woese 1995; Alföldi et al. 1998). Bisher wurden für die vorliegende Fragestellung vor allem bildschaffende Methoden nach Balzer-Graf und Balzer (1991), insbesondere die Empfindliche Kristallisation nach Pfeiffer, eingesetzt, aber Untersuchungsgegenstand waren überwiegend Gemüse: Lagerweisskohl (Elers 2004) und Möhren (BLE 2003, Fleck et al. 2002, 2001, Henatsch 2002). Bei Elers (2004) konnten die Sortentypen mit Hilfe der bildschaffenden Methoden Steigbild und Kupferchloridkristallisation im Blindtest eindeutig zugeordnet werden, eine Charakterisierung der Sortentypen wurde jedoch nicht gegeben.

Bei BLE (2003) wurden zwei Hybridsorten und zwei Populationsorten von Möhren aus dem Versuch von Arncken et al. (2003) mit Hilfe der Kupferchloridkristallisation und digitaler Bildauswertung untersucht. Im einen Jahr war eine Gruppierung der Sortentypen nicht möglich, im zweiten Jahr fielen die beiden Populationsorten als Gruppe zusammen, die beiden Hybridsorten bildeten jedoch jede eine eigene Gruppe. Mit Hilfe elektrochemischer Messungen war in diesem Projekt keine Trennung der Sortentypen möglich. Die Untersuchung des physiologischen Aminosäurestatus ergab für die Hybridsorten geringere Werte für die Summe der freien Aminosäuren, die Summe des in freien Aminosäuren gebundenen Stickstoffs, den Gesamtprotein-Stickstoff, das Verhältnis des in freien Aminosäuren gebundenen Stickstoffs zum Gesamtprotein-Stickstoff und den Amidierungsgrad der Asparaginsäure. Diese Ergebnisse deuten auf einen physiologischen Aminosäurestatus hin, wie er sonst im Projekt bei weniger Stickstoffgedüngten Möhren gefunden wurde. Sie werden wie folgt interpretiert: „Die durch die Beson-

derheit der Hybridsorten erzeugte Wüchsigkeit führt hier möglicherweise zu einer stärkeren Verstoffwechslung des vorhandenen Stickstoffs.“ (BLE 2003, 201).

Bei Fleck et al. (2002, 2001) wurden die Möhrenhybriden mehrheitlich als „wenig differenziert“ und „vegetativ“ mit „Alterungstendenzen“ charakterisiert, während den samenfesten Sorten überwiegend eine stärkere „Strukturbildungskraft“ attestiert wurde. Um eine vergleichbare „Durchstrahlung der Bilder“ wie die Samenfesten zu erzeugen, mussten die Pflanzensäfte der Hybriden stärker konzentriert werden als diejenigen der samenfesten Sorten. Insbesondere unter definierten Stressbedingungen wiesen die samenfesten Sorten weniger „Abbauerscheinungen“ auf. Allerdings müssen gegenüber diesen Ergebnissen die oben bereits gemachten Vorbehalte wegen der Sortentypen erwähnt werden. Bei Henatsch (2002) wurden den Hybridsorten deutlich geringere Ausprägungsindizes für die Vitalqualitätsmerkmale „Möhrentypisch“, „Differenzierung“, „Vitalität“, „Stabilität“, „fruchtartig“, „wurzelartig“ und deutlich erhöhte Ausprägungsindizes für die Vitalqualitätsmerkmale „vegetativ“ und „alternd“ zugeordnet.

Bei Roggen verglich Balzer-Graf (1996) die neun Populationssorten und sieben Hybridsorten aus dem Anbauversuch von Müller (1996) (vgl. S. 22). Dabei wurden die Populationssorten als „roggentypischer (frucht-samenhaft), differenziert, gut gereift, gut belebt“ und die Hybridsorten als „weniger roggentypisch (samen-fruchthaft), vegetativ-undifferenziert, stärker entvitalisiert“ eingestuft. Damit wurde ein negativer Zusammenhang zwischen Ertragsleistung und Vitalqualität festgestellt. Innerhalb der beiden Sortengruppen zeigten die jeweils neuesten Sorten tendenziell ungünstigere Vitalqualitäten. Eine Studie, die mit demselben Material arbeitet, vergleicht die Biolumineszenz von Hybrid- und Populationssorten beim Roggen (Strube 1996). Dabei hat die Abklingkurve des Nachleuchtens bei den Hybridsorten einen höheren Hyperbolizitätsgrad. Da dies auch bei keimenden gegenüber trockenen Körnern der Fall ist, wird es so interpretiert, dass die Hybridsorten eine weniger intensive Samenreife haben, also wachstumsnäher bleiben als die Populationssorten. Ein Vergleich der beiden Sorten Locarno (F1) und Halo (OP) mit bildschaffenden Methoden (Balzer-Graf 1998) bestätigte die Ergebnisse von 1996 (Balzer-Graf 1998).

Die genannten Arbeiten unterstützen die im biologisch-dynamischen Umfeld vorhandene Kritik an der Hybridzüchtung. Sie zeigen aber auch, dass hier noch ein beträchtlicher Forschungsbedarf besteht.

Der Vollständigkeit halber seien hier noch zwei Zitate angefügt, die zeigen, dass die grundsätzlichen Qualitätsfragen sich nicht auf die Hybridzüchtung beschränken:

„Es darf aber nicht übersehen werden, dass es die herrschenden Zuchtziele sind, welche zu einer Favorisierung der Methode [der Hybridzüchtung, C.A.] geführt haben. Bleiben die wertbestimmenden Kriterien unverändert, dann werden sich auch die Populationssorten, wenn auch zeitlich deutlich gestreckter und wesentlich später, infolge entsprechender züchterischer Bearbeitung in die gleiche Richtung entwickeln wie heute die Hybridsorten.“ (Müller 2000).

„Da die mit Hybriden auf Basis der Heterosis verwirklichten Zuchtziele nach aktuell wissenschaftlichem Kenntnisstand auf einer Akkumulation dominanter Eigenschaften beruhen, sind die gleichen Zuchtziele bei selbstbestäubenden Arten wie beispielsweise Weizen bei der bereits praktizierten Intensität züchterischer Bearbeitung auch mit reinerbigen Linien zu erreichen. Das Konzept der Liniensorten bei Selbstbestäubern und die dabei verfolgten Zuchtziele sollten daher grundsätzlich in der gleichen Weise hinterfragt und hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf qualitätsbestimmende Eigenschaften, die über verarbeitungstechnische Gesichtspunkte hinausgehen, untersucht werden.“ (Müller 1996, 218).

Langfristig müsste also auch bei den Populationssorten eine hohe innere Qualität von den Züchtern als erklärtes Zuchtziel angestrebt werden. Alternativen zu Liniensorten bei Selbstbestäubern müssten gesucht werden.

Momentan wird jedoch vor allem Handlungsbedarf darin gesehen, den Vormarsch der Hybriden zu bremsen und entsprechend deutliche Signale an interessierte Züchter zu senden, damit nicht auch die letzten samenfesten Sorten unwiederbringlich aus den Sortenkatalogen verschwinden.

6.2.2 Abhängigkeit der Bauern

1979 veröffentlichte der Kanadier Pat Roy Mooney die Studie: „Seeds of the Earth – a private or public resource?“ (Auf deutsch: Saat-Multis und Welthunger – wie die Konzerne die Nahrungsschätze der Welt plündern, 1981), in der zum ersten Mal klar und eindringlich die Auswirkungen der Monopolisierung des Saatgutmarktes für die zukünftige Welternährung aufgezeigt wurden. Darin erfährt auch die Hybridzüchtung wegen ihres monopolistischen Charakters eine kritische Würdigung.

Baut man das geerntete Saatgut von einer Hybridsorte selber nach, so erhält man einen uneinheitlichen Pflanzenbestand. Die verschiedenen Erbeigenschaften „spalten auf“. Deshalb ist es unwahrscheinlich, dass Saatgut aus dem Nachbau denselben Ertrag und dieselbe Qualität bringen wird wie das eingekaufte F1 – Saatgut. Daher empfiehlt es sich bei Hybridsorten, jedes Jahr neues Saatgut zu kaufen. Sie haben quasi einen „eingebauten Produktschutz“. Diese Tatsache war von der ersten Stunde an ein gewichtiges Argument für die „Väter der Hybridzüchtung“ in den USA, wo es damals noch keinen Sortenschutz gab und daher ein Züchter keine Möglichkeit hatte, von den Früchten seiner Arbeit zu leben. Schon wenige Jahre nach der wissenschaftlichen Einführung der Idee wurden kommerzielle Mais-Züchtungsfirmen gegründet (z.B. Pioneer Hi-Bred). Damit wandelte sich die Züchtung von einem ehrenvollen Hobby bzw. von der Forschertätigkeit zum grossen Geschäft. Es war der Beginn der heute weitgehend durchgeführten Arbeitsteilung zwischen Sortenzüchtung auf der einen, Vermehrung und Anbau auf der anderen Seite.

Die teuren Vorarbeiten, die für jedes Hybridzüchtungs-Programm nötig sind, wurden und werden sehr oft von öffentlichen Institutionen wie z.B. Universitäten gemacht, also z.B. das Erstellen von Inzuchtlinien, das Auffinden von pollensterilen Linien, das Erarbeiten brauchbarer Statistikprogramme für die Testkreuzungen und vieles mehr – also auch hier eine Arbeitsteilung: aufwendige (öffentlich finanzierte) Forschung und praktische (privat finanzierte und rentierende) Züchtung. Diese ganze Entwicklung ist eindrucksvoll recherchiert und dargestellt bei Kloppenburg (1988).

Die gleichzeitig entstandene Arbeitsteilung zwischen Bauer und Saatgutproduzent wäre wohl auf jeden Fall gekommen, aber was immer wieder kritisiert wird, ist die Abhängigkeit der Bauern von der Privatindustrie (Mooney 1981, Steinbrecher u. Mooney 1998, Henatsch 2002).

Gegenwärtig wird in der Schweiz die Abhängigkeit der Bauern von den Züchtern und Saatgutproduzenten nicht als Problem angesehen. Die wenigsten Bauern in der Schweiz bauen ihr eigenes Saatgut nach (in Deutschland ist dies allerdings ganz anders). Als Problem würde die Abhängigkeit erst empfunden, wenn sich die politischen oder wirtschaftlichen Rahmenbedingungen ändern würden. Gäbe es dann allerdings nur noch Hybridsorten, wäre es durchaus denkbar, dass über das Saatgut Druck auf die Bauern ausgeübt werden könnte. Saatgut könnte dann vielleicht nur noch in Verbindung mit festen Abnahmeverträgen erhältlich sein, wodurch

sich Mengen und Preise der Sorten steuern liessen. Oder es könnten politische Auflagen mit dem Saatgutkauf verbunden werden. Nahrung anbauen darf nur, wer politisch behagt.

6.2.3 Ethische Fragwürdigkeit

Im Kapitel 3 ist deutlich geworden, dass für die Hybridzüchtung grosse züchterische Eingriffe in die Blühbiologie der Pflanzen notwendig sind. Dadurch wird die Hybridzüchtung besonders für Vertreter einer stärkeren „Natürlichkeit“ des biologischen Landbaus fragwürdig.

Ihre Natur als „Einweg-Sorten“ (Henatsch 2002) oder „end-of-the-line“ (Lammerts et al. 1999) führt zur Ablehnung von Hybridsorten bei manchen Bauern und Gärtnern, vor allem biologisch-dynamischen.

Bei Gemüsesorten, bei denen nicht die generativen Teile der Pflanze geerntet werden, ist es nicht notwendig, die Fertilität bei der Hybridsorte wiederherzustellen. Es gibt daher einige Gemüsesorten, die nicht mehr zur Samenbildung fähig sind. Lammerts et al. (1999) haben vorgeschlagen, für die Beurteilung der verschiedenen Züchtungstechniken drei Grundprinzipien des ökologischen Landbaus (Geschlossene Produktionskreisläufe, Natürliche Selbstregulierung, Biodiversität) auf die Ebene der Pflanze zu übertragen. Sie nennen dann als Leitlinien für eine ökologische Pflanzenzüchtung erstens die natürliche Reproduktionsfähigkeit der Pflanzen, zweitens die Anpassungsfähigkeit an ökologische Bedingungen, drittens die genetische Vielfalt unter Respektierung der Authentizität der Arten. Unter diesen Aspekten widersprechen Hybriden ohne Restorerogene den Grundideen des ökologischen Landbaus (Lammerts et al. 1999, 22f.).

Bei vielen Pflanzenarten scheitert die Hybridzüchtung heute noch am Fehlen eines praxisreifen Hybridmechanismus. Hier sind künftig mit Hilfe der Biotechnologie erhebliche Fortschritte zu erwarten (Einsatz von Mutagenzien, Protoplastenfusion, Gentransfer) (Geiger 1990, 65ff.).

Zur Erzielung eines hohen Samenansatzes bei der Produktion von zertifiziertem Saatgut sollten die Vaterpflanzen von Arten mit schlechten Stäubeeigenschaften möglichst nah neben den Mutterpflanzen stehen – am besten im Mischanbau. Um diese Methode anwenden und dennoch reines Hybridsaatgut ernten zu können, müssen die Bestäuberpflanzen nach der Blüte aus dem Mischbestand entfernt oder selektiv abgetötet werden. Dies wäre möglich, wenn die Mutterpflanzen mit einer Herbizidresistenz ausgestattet wären: die Vaterpflanzen könnten dann nach der Blüte einfach abgespritzt werden (Geiger 1990).

Diese Beispiele zeigen, dass die Hybridzüchtung besonders empfänglich für die neuen Entwicklungen der Biotechnologie und Gentechnik ist und dass viele Fragestellungen, die biotechnologisch bearbeitet werden, aus der Hybridzüchtung stammen.

Durch ihre Eingriffe in die Blühbiologie und Fruchtbarkeit der Pflanzen und ihre Nähe zur Biotechnologie wird die Hybridzüchtung von manchen Menschen aus ethischen Gründen abgelehnt (Assoziation biologisch-dynamischer Pflanzenzüchter 2003).

Es ist auch eine Frage der Ethik, wie der Sortenschutz der Zukunft aussehen soll. Wer soll „Eigentümer“ der Nahrungspflanzen sein? Ist es richtig, auf ein Züchtungsverfahren zu setzen, das den Züchter zum Quasi-Eigentümer macht? Gegenwärtig wird auf der ganzen Welt unter amerikanischer Vorreiterrolle in diese Richtung gearbeitet. Der biologische Landbau verfolgt aber das Ziel einer Landwirtschaft in Bauernhand und versucht zunehmend, sich nicht nur biologisch-ökologisch zu definieren, sondern auch soziale und wirtschaftliche Standards zu setzen (Schäfer und Sherriff 2005). Dabei ist es wichtig, dem Saatgut die zentrale Bedeutung zuzuer-

kennen, die es für die Landwirtschaft hat. „Saatgut ist mehr als ein reines Produktionsmittel. Als Kulturarten und Sorten ist es zugleich ein unveräusserbares Kulturgut.“ So schreibt die Assoziation biologisch-dynamischer Pflanzenzüchter in ihrem Leitbild, und Henatsch (2002) betont: „Saatgut und Sortenvielfalt ist ein Ausdruck der Kulturleistung der Menschheit, ihrer kulturellen und geographischen Verschiedenheit. Patentierung und Hybridzüchtung.....führen Kulturgut in Privateigentum über. Aus einem Kultur- und Geistesgut ist ein Wirtschaftsgut und Machtfaktor geworden...“. Viele Saatgut- und Züchtungsinitiativen im Umfeld des biologischen Landbaus versuchen, dieser Entwicklung Alternativen entgegenzusetzen, indem sie auf freiwilliger Basis bedrohte Sorten erhalten (Oppermann et al. 2001, 19) oder indem sie neue Wege der Finanzierung für die Pflanzenzüchtung suchen (Müller 2004).

Der bei Hybridsorten durch ihre Nicht-Nachbaufähigkeit „eingebaute Sortenschutz“, der dem Züchter seine Einkünfte sichert, führt in die gleiche Richtung wie die Patentierung von Lebewesen, die von allen ökologisch und sozial engagierten Bewegungen als unethisch abgelehnt wird. Eine Entwicklung der Landwirtschaft hin zur Produktionsstätte für patentierte Lebewesen widerspricht den Zielen des biologischen Landbaus.

Wenn die biologisch produzierenden Landwirte Hybridsorten anbauen, weil sie deren Vorteile nutzen wollen, beteiligen sie sich entgegen ihrer erklärten Ziele an dieser bedenklichen Entwicklung.

6.2.4 Genetische Verarmung und Verwundbarkeit

Nach SHULL (1908) kann jede Fremdbefruchterpopulation als eine Mischung komplexer Hybriden angesehen werden. Die Hybridzüchtung möchte aus dieser Mischung die EINE überlegene Hybride herausfinden und ein ganzes Feld identischer Kopien dieser Hybride erzeugen. Dafür zerlegt sie die beiden Ausgangspopulationen in einem ersten Schritt in verschiedene möglichst homozygote Inzuchtlinien. Dann werden durch Testkreuzungen die besten Hybriden aus den Inzuchtlinien ermittelt. Diese werden dann als homogene Sorten produziert.

Die Einheitlichkeit der Hybridsorten ist vor allem beim Gemüse ein entscheidender Grund für ihren Erfolg (vgl. S. 9f.).

Bei einer Hybridsorte haben alle Pflanzen eines Feldes den gleichen Genotyp. Durch diese Einheitlichkeit ist die Sorte genetisch verwundbar, d.h. eine Epidemie kann bei einem plötzlich auftretenden Resistenzdurchbruch alle Pflanzen des Feldes gleichermassen befallen. Der biologische Landbau hat in solchen Fällen nicht die Möglichkeit, mit Agrarchemikalien einzugreifen. Daher ist es sein erklärtes Ziel, wo immer möglich, Vielfalt vorbeugend zu erhalten und zu fördern.

Beim Roggen haben alle Hybridsorten eines Züchters (oder sogar mehrerer Züchter) darüber hinaus noch dasselbe Zellplasma, denn die männliche Sterilität wird über das Zellplasma vererbt. Das bedeutet, dass alle Sorten, so verschieden sie auch in vielem sein können, bezogen auf das Zellplasma absolut uniform sind.

Populationssorten sind dagegen durch die im Feld vorhandene Vielfalt gut gegen Epidemien abgepuffert.

Wie eingangs (S.10) erwähnt, geht mit der Hybridzüchtung durch die Inzucht ein Verlust an rezessiven Genen einher, wie sie in Populationssorten stets vorhanden sind und weitergegeben werden, ohne in Erscheinung zu treten. Der bekannte Hohenheimer Heterosis-Forscher F.W. Schnell (1997) kommt daher in einer selbstkritischen Würdigung der Hybridzüchtung zum

Schluss, bei Fremdbefruchtern habe der Übergang von der Populationszüchtung zur Hybridzüchtung „nur die Möglichkeit einer immer schärferen Selektion“ (S.5) gebracht, die Heterosis sei durch die Heterozygotie in den Sorten schon vorher genutzt worden.

Bei Populationssorten sind daher, wenn sie in der landwirtschaftlichen Produktion angebaut werden, die ganzen Pflanzenbestände gleichzeitig zur aktuellen Nutzung ein grossflächiges „Gen-Reservoir“ für die Zukunft. Das heisst, ein gegenwärtiger Nutzen und ein zukünftiges Potential sind im Anbau miteinander vereinigt (Müller 1996). Werden Populationssorten durch Hybridsorten ersetzt, so hat man in vielen Fällen durch höhere Erträge und grössere Einheitlichkeit einen grösseren gegenwärtigen Nutzen (jedenfalls vordergründig). Der Zukunftsaspekt wird jedoch stark reduziert. Das Reservoir an genetischer Vielfalt wird auf die Zuchtgärten und die Kühltruhen der Genbanken beschränkt und damit aus dem Lebenszusammenhang der Landwirtschaft entfernt.

6.2.5 Zusammenfassung Kritik der Hybridzüchtung

- **Verlust an innerer Qualität:** Durch fortgesetzte Inzucht und pollensterile Mutterlinien im Züchtungsgang wird vor allem von biologisch-dynamischer Seite ein Verlust an subtileren Qualitätseigenschaften befürchtet.
- **Nicht-Nachbaufähigkeit:** Das Saatgut ist für den Bauern „ökonomisch steril“ (Berland u. Lewontin 1986), er kann es nicht selbst vermehren und erhalten und wird dadurch vom Züchter/Saatgutproduzent abhängig.
- **Ethische Fragwürdigkeit:** Der Einwegcharakter der Hybriden und die züchterischen Eingriffe in die Blühbiologie der Elternlinien entsprechen nicht den Zielen des biologischen Landbaus. Der durch die Nicht-Nachbaufähigkeit vorhandene „quasi-Patentschutz“ in Hybridsorten fördert den ethisch fragwürdigen Bedeutungswandel des Saatgutes vom Kulturgut zum reinen Produktionsmittel.
- **Verlust an Vielfalt:** Durch die strenge Inzucht werden im Züchtungsgang rezessive Gene eliminiert. Bei Hybridsorten haben alle Pflanzen eines Feldes den gleichen Genotyp. Alle Sorten eines Züchters oder sogar mehrerer Züchter haben dasselbe uniforme Zellplasma.

Alle diese Kritikpunkte weisen in die Zukunft, wie Züchtung selbstverständlich immer in die Zukunft weist. Sie sollten beachtet werden, auch wenn besonders der erste Punkt noch nicht befriedigend abgeklärt ist. Die Selektionsentscheidungen von heute führen zu den Sorten von morgen. Dies gilt auch für die Selektionsentscheidungen, die auf dem Markt getroffen werden.

7. Schlussfolgerung

Hybridzüchtung nutzt die Vorteile gezielt aus, die F1-Pflanzen auszeichnen: Wüchsigkeit, Einheitlichkeit und eine Kombination aller dominanten Eigenschaften der Elternlinien. Sie bringt dem Züchter sichere Lizenzen, weil Hybridsorten nicht von den Landwirten selbst nachgebaut werden können.

Gegenwärtige Vorteile von Hybridsorten sind beim Roggen vor allem der Ertrag, aber auch Standfestigkeit und Auswuchsfestigkeit. Vom höheren Ertrag können die Bauern jedoch nur profitieren, wenn der eingeschränkte Markt für Bio-Roggen in der Schweiz ausgedehnt werden kann. Weniger vorteilhaft sind die heutigen Hybridroggensorten bezüglich Anfälligkeit für Braunrost und Mutterkorn.

Die Kritik an Hybridzüchtung und Hybridsorten betrifft vier Bereiche:

Erstens den Bereich innere Qualität: Vor allem von biologisch-dynamischer Seite werden Verluste bei den subtileren Eigenschaften Reife- und Ernährungsqualität durch fortgesetzte Inzucht und Pollensterilität im Züchtungsgang erwartet. Dabei stellt sich die Frage nach einer angemessenen Untersuchungsmethodik und es besteht noch grosser Forschungsbedarf.

Zweitens den sozioökonomischen Bereich: Die Nicht-Nachbaufähigkeit von Hybridsorten führt zu einer grösseren Abhängigkeit der Bauern von Züchtern und Saatgutproduzenten. Dies wird in der Schweiz gegenwärtig nicht als Problem gesehen, da die meisten Bauern sowieso jährlich neues Saatgut kaufen, aber langfristig macht es die Landwirtschaft korrumpierbar.

Drittens die Ethik: Manche Menschen haben Bedenken gegenüber den züchterischen Eingriffen in die Blühbiologie der fraglichen Getreidearten. Diese Eingriffe widersprechen den ethisch-philosophischen Grundideen des biologischen Landbaus. Weiterhin fördert der durch die Nicht-Nachbaufähigkeit vorhandene „quasi-Patentschutz“ in Hybridsorten den ethisch fragwürdigen Bedeutungswandel des Saatgutes vom Kulturgut zum reinen Produktionsmittel.

Viertens: Hybridsorten sind bei Fremdbefruchtern (z.B. Roggen) genetisch verwundbarer gegenüber solchen Umwelteinflüssen, die bei der Selektion nicht berücksichtigt wurden. Dieser Punkt hat für Selbstbefruchter (Raps, Gerste, Weizen) weniger Gewicht, da man es auch bei den heutigen Liniensorten schon mit sehr einheitlichem Material zu tun hat. Bei allen Hybridsorten, die auf männlicher Sterilität aufbauen, muss darauf hingewiesen werden, dass viele, so genannt „verschiedene“ Sorten, dasselbe Cytoplasma haben können.

Da die Kritikpunkte Abhängigkeit und genetische Verwundbarkeit erst die Zukunft betreffen und der Kritikpunkt Ethik nicht von allen geteilt wird, kommt der Qualitätsfrage eine besondere Bedeutung für die anstehende Entscheidung zu, ob Hybridsorten vom biologischen Brotgetreideanbau der Schweiz ausgeschlossen werden sollen oder nicht. Weitere Forschung ist hier unumgänglich. Will man entsprechende Ergebnisse jedoch abwarten, bevor man eine Entscheidung fällt, kommt diese mit Sicherheit zu spät. Realistischer wäre es, bei einem allfälligen Beschluss zum Verzicht auf Hybridsorten eine Wiedererwägung zu einem späteren Zeitpunkt ins Auge zu fassen.

Ein Verzicht auf Hybridsorten im Bio-Brotgetreideanbau der Schweiz wäre ein klares Signal an die vor- und nachgelagerten Bereiche (Züchter/Handel und Konsumenten), dass der biologische Landbau langfristige und zukünftige Aspekte der Unabhängigkeit, Qualität und Vielfalt zu berücksichtigen versucht und dafür auf gegenwärtige agronomische Vorteile verzichtet. Dies müsste dem Handel bei Diskussionen um den Marktpreis klar kommuniziert werden.

8. Literatur

Allard, R.W. (1999): Principles of Plant Breeding. 2nd Ed.

Arncken, Christine (2003): Vergleich von Hybridsorten mit samenfesten Sorten bei Möhren. Zwischenbericht für das Versuchsjahr 2002, Forschungsinstitut für biologischen Landbau Frick. Auf: <http://orgprints.org/2740>.

Arnchen (sic!), C. und Thommen, A. (2002a): Biologische Pflanzenzüchtung – Beitrag zur Diskussion der Züchtungsstrategien im Ökolandbau. In: Bericht über die 53.Tagung 2002 der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs, BAL Gumpenstein, 26.-28. Nov. 2002.

Arncken (geb. Karutz), Forschungsinstitut für biologischen Landbau, Frick (CH) (2002b): Züchtungsmethodik bei Getreide. In: Bundessortenamt (Hg): Workshop Züchtung für den Oekolandbau am 10. und 11. Juni 2002 in Hannover, Kurzfassung der Vorträge und Stellungnahmen sowie Zusammenfassung der Ergebnisse. Bearbeitet von Dr. Joseph Steinberger. S. 26-28.

ARGE Bio-Landbau (2003): Saatgut für den biologischen Landbau. 221 S. ARGE Bio-Landbau, Wickenburgg. 14/9, A – 1080 Wien.

Assoziation biologisch-dynamischer Pflanzenzüchter (abdp) (2003): Leitbild. Auf: <http://www.abdp.org/de/leitbild/leitbild.htm>.

Balzer-Graf, U. und Balzer, F.M. (1991): Steigbild und Kupferchloridkristallisation – Spiegel der Vitalqualität von Lebensmitteln. In: Meier-Ploeger, A. und Vogtmann, H. (Hg): Lebensmittelqualität – Ganzheitliche Methoden und Konzepte, Verlag C.F. Müller, Karlsruhe, S. 163-210.

Balzer-Graf, U. (1998): Untersuchung der Vitalqualität von Lebensmitteln – Beurteilung Weizen- und Roggensorten. Bericht an den Beratungsdienst Ökologischer Landbau Ulm e.V., z.H. Herrn E. Gapp, Pfefflinger Str. 2, D-89073 Ulm (unveröffentlicht).

Balzer-Graf, U. (1996): Untersuchung der Vitalqualität von Lebensmitteln – Beurteilung Roggenproben Anbaujahr 1993/94. Bericht an Karl-Joseph Müller, Darzau 1, D-29490 Neu Darchau (unveröffentlicht).

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft - Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Freising (Hg)(2004): Versuchsergebnisse aus Bayern 2004. Faktorieller Sortenversuch Winterroggen. Auf: <http://www.versuchsberichte.de/VIPDOKVOLLPFLANZEN/DDD/4c292.pdf>.

Bauer, D. (2004): Gemüse mit Charakter: Biologisch-dynamische Gemüsezüchtung. Forschungsring für Biologisch-Dynamische Wirtschaftsweise e.V. (Hg.), Brandschneise 1, DE – 64295 Darmstadt.

Becker H. C. (1993): Pflanzenzüchtung. Stuttgart: Ulmer.

Becker H.C. (1984): Theoretische Überlegungen und experimentelle Untersuchungen zur genetischen Basis der Heterosis – Eine Literaturübersicht. In: Arbeitsgemeinschaft Pflanzenzüchtung – Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften (Hg): Hybridzüchtung. Tagungsbericht, Giessen, 1./2. März 1984. S. 23-42. (Vorträge für Pflanzenzüchtung, Heft 5).

Berland, J.-P. and Lewontin, R. (1986): Breeders` rights and patenting life forms. In: nature, vol. 322, p. 785-788.

Brunner, J. (2001): Konventioneller Raps oder Hybridraps? In: Fachartikelarchiv der Saatbau Linz Genossenschaft, Österreich. Auf: <http://saatbaulinz.at>.

Bundessortenamt (2004): Beschreibende Sortenliste für Getreide, Mais, Ölfrüchte, grosskörnige Leguminosen und Hackfrüchte ausser Kartoffeln 2004. Auf: <http://www.bundessortenamt.de/isapi/drvisapi.dll>.

Elers, B. (2004): Vergleich von Hybriden und Populationssorten bei Lagerweisskohl unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus. In: ÖKOmenischer Gärtner-Rundbrief, Ausgabe April, Mai und Juni 2004.

Fleck, M., von Fragstein, P., Hess, J. (2003): Keimgeschwindigkeit, Triebkraft, Feldaufgang und Ertrag von Speisemöhren in Reaktion auf Zuchtmethodik und Samengrösse. In: Freyer, B. (Hg): Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau: Ökologischer Landbau der Zukunft, Wien, 23.-26.2., S. 169-172.

Fleck, M., Sikora, F., Rohmund, C., Gränzdröffer, M., von Fragstein, P. und Hess, J. (2002): Samenfeste Sorten oder Hybriden – Untersuchungen an Speisemöhren aus einem Anbauvergleich an zwei Standorten des Ökologischen Landbaus. In: deutsche Gesellschaft für Qualitätsforschung (Pflanzliche Nahrungsmittel) e.V., XXXVII. Vortragstagung, Hannover, S. 167-172., S. 167-172.

Fleck, M., Sikora, F., Gränzdröffer, M., Rohmund, C., Fölsch, E., von Fragstein, P. und Hess, J. (2001): Samenfeste Sorten oder Hybriden – Anbauvergleich von Möhren unter den Verhältnissen des Ökologischen Landbaus. In: Reents, H.-J. (Hg): Beiträge zur 6. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau: Von Leit-Bildern zu Leit-Linien, Freising-Weihenstephan, 6.-8.3., S. 253-256.

Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) (2001): Techniken der Pflanzenzüchtung. Eine Einschätzung für die ökologische Pflanzenzüchtung. FiBL Dossier Nr. 2.

Geiger, H. H (1990): Wege, Fortschritte und Aussichten der Hybridzüchtung. In: Haug, G., Schuhmann, G. und Fischbeck, G (Hg.): Pflanzenproduktion im Wandel. Neue Aspekte in den Agrarwissenschaften. S. 41-72.

Geschäftsstelle Bundesprogramm ökologischer Landbau, Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) (Hg) (2003): Ganzheitliche Untersuchungsmethoden zur Erfassung und Prüfung der Qualität ökologischer Lebensmittel: Stand der Entwicklung und Validierung. Bericht, BLE, Bonn. Auf: <http://www.orgprints.org/4815>.

Haas, G. (2002): Stickstoffeffizienz von Winterroggensorten im Organischen Landbau. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 14, Tagungsband, S. 251-252. Auf: <http://orgprints.org/00002221>.

Hagel, I. (2001a): Zur Anbauwürdigkeit von Hybriden im biologisch-dynamischen Landbau. Lebendige Erde 52, 6, S.36-39.

Hagel I. (2001b): Zwischen Kosmos und Erde. I. Nahrungserzeugung und menschliche Entwicklung. In: Das Goetheanum, Wochenschrift für Anthroposophie, Jg.80, Nr. 46, S. 837-842.

Hagel, I. (2001c): Zwischen Kosmos und Erde. II. Verlust an Nahrungsqualität durch Hybrid-
saatgut. In: Das Goetheanum, Wochenschrift für Anthroposophie, Jg.80, Nr. 47, S. 867-869.

Henatsch C. (2002): Fragen des biologisch-dynamischen Landbaus an die Züchtung unter besonderer Berücksichtigung der Nahrungsmittelqualität. In: Kühne, S. und B. Friedrich (Hg): „Hin-

reichende Wirksamkeit von Pflanzenschutzmitteln im ökologischen Landbau, Saat- und Pflanzgut für den ökologischen Landbau“; Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt 95, 44-51.

Home Grown Cereals Authority (2003): HGCA's MI Prospect, Vol6, Nr.7, 29.3.2003.

IFOAM (1997): IFOAM Basisrichtlinien für den ökologischen Landbau und die Verarbeitung seiner Produkte. 11., vollständig überarbeitete Auflage. SÖL Sonderausgabe Nr. 16, Bad Dürkheim.

IFOAM (2005): Principles of Organic Agriculture. Auf:
http://www.ifoam.org/organic_facts/principles/index.html.

Karutz, C. (1998): Ökologische Getreidezüchtung und Gentechnik. Ein Arbeitspapier. Herausgeber: Forschungsinstitut für Biologischen Landbau (FiBL) und Sativa Genossenschaft für Demeter-Saatgut. 39 S. Auf: <http://orgprints.org/4881/> (englische Fassung auf: <http://www.anth.org/ifgene/karutz.htm>).

Kunz, P. und Karutz, C. (1991): Pflanzenzüchtung dynamisch. Die Züchtung standortangepasster Weizen- und Dinkelsorten. Erfahrungen – Ideen – Projekte. Forschungslabor am Goetheanum und Arbeitsgruppe des Produzentenvereins für Biologisch-Dynamische Landwirtschaft, Dornach.

Kloppenborg, J. R. (1988): First the seed. The political economy of plant biotechnology, 1492-2000. University of Wisconsin. Kapitel: Heterosis and the social division of labor, S. 91- 129.

Lammerts van Bueren, E., Hulscher, M., Haring, M., Jongerden, J., van Mansvelt, J.D., den Nijs, A.P.M., und Ruivenkamp, G.T.P. (1999): Sustainable organic plant breeding. Final report: a vision, choices, consequences and steps. Louis Bolk Instituut, publication Nr. G 24, Driebergen, Niederlande.

Lauber, U., Schnauffer, R., Gredziak, M., und Kiesswetter, Y. (2005): Ergebnisse der Untersuchung von Roggenkörnern und Roggenmehlen auf Mutterkornalkaloide. In: Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund (ifADo) in Zusammenarbeit mit der Gesellschaft für Mykotoxinforschung e.V. (Hg.): 27. Mykotoxin-Workshop Dortmund, 13.-15. Juni 2005.

Meyercordt, A. und Mücke, M. (2004): Bundesweite Auswertung der Sortenversuche Winterroggen und Wintertriticale im ökologischen Landbau 2004. In: SÖL Berater-Rundbrief 4/04, S. 3-14.

Ministerium für ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz Brandenburg (MLUV)(2005): Sortenratgeber 2004/2005. Auf:
<http://www.mlub.brandenburg.de/cms/media.php/2331wi-rogg.pdf>.

Müller, K.-J. (1996): Winterroggen: Hybrid- oder Populationssorten? In: Lebendige Erde 47, 3, S. 209-218.

Müller, K.-J. (1998): Erweiternde Kriterien für die Züchtung von Sommerspeisegersten im Organischen Landbau. Schriftenreihe Institut für Organischen Landbau Bd.7. Zugleich Diss. Universität Bonn, 1998.

Müller K.-J. (2000): Beurteilung von Zuchtmethoden bei Getreide unter Gesichtspunkten des ökologischen Landbaus. Beitrag zum ExpertInnenworkshop Methodik und Techniken der Pflanzenzüchtung am 4.4. 2000 in Frankfurt. Die Datei ist abrufbar in der Datenbank www.orgprints.org unter der „Orgprints ID“ Nummer 660.

- Ökolandbau.de (2005): Kulturdatenblatt Roggen. Auf:
<http://www.oekolandbau.de/index.cfm/000C09530BEE1F748BEE6521C0A8D816>.
- Oppermann, R., Eysel, G., und Wiethaler, C. (Hg.) (2001): Bewahren, wovon wir leben: Perspektiven für Biodiversität und ökologische Züchtung. 43 S., Broschüre erhältlich bei NABU-Landesverband Baden-Württemberg, Tübinger Str. 15, D – 70178 Stuttgart, e-mail: NABU@NABU-BW.de.
- Rispens, J. A. (1991): Die Zweihäusigkeit bei der Blütenpflanze. In: Elemente der Naturwissenschaft 55, H.2, S. 1-20.
- Schäfer, M. und Sherriff, G. (2005): Soziale Standards: Von alten Ansprüchen und neuen Anforderungen. In: Ökologie und Landbau 135, 3, (33.Jg.), 52-55.
- Schnell, F.W. (1997): Nostalgie mit Negationen: das delikate Verhältnis von Heterosis und Hybridzüchtung. In: Bericht über die 48. Arbeitstagung der Arbeitsgemeinschaft der Saatzuchtleiter im Rahmen der „Vereinigung österreichischer Pflanzenzüchter“, BAL Gumpenstein, 25.-27. November 1997, S. 1-5.
- Schweizerisches Landwirtschaftsdepartement (Hg.) (1910): Landwirtschaftliches Jahrbuch der Schweiz, Bern.
- Simmonds, N.W. and J. Smartt (1999): Principles of Crop Improvement. 2nd. Ed.
- Stahl, M. und Steiner, A.M. (1998): Seed storage potential of population varieties and hybrid varieties and their breeding components in rye (*Secale cereale* L.). In: Plant Breeding 117, 179-181.
- Strube, J. (1996): Unterschiede in der Bio-Lumineszenz von Roggensorten. In: Lebendige Erde 47, 4, S. 312-315.
- Syngenta (o.J.): New Farm Crops: Winter barley: Hybrid barley. Auf:
<http://www.newfarmcrops.co.uk/Winter%20barley/Hybrid%20barley.aspx>.
- Tomerius, A.-M. (2001): Optimizing the development of seed-parent lines in hybrid rye breeding. Diss. Univ. Hohenheim, Fakultät für Agrarwissenschaften, 88 S.
- Weibel, F.P., Bickel, R., Leuthold, S., Alföldi, T., Niggli, U. und Balzer-Graf, U. (2001): Bioäpfel – besser und gesünder? Eine Vergleichsstudie mit Standard- und Alternativmethoden der Qualitätserfassung. In: Ökologie und Landbau 117, 1, 25-28.
- Wiethaler, C., Oppermann, R. und Wyss, E. (Hg.) (2000): Ökologische Pflanzenzüchtung und Biologische Vielfalt von Kulturpflanzen. Berichte über die internationalen Konferenzen „Biodiversität und Ökologische Pflanzenzüchtung“, 2. und 3. Dez. 1999, FiBL, Frick / Schweiz und „Vielfalt – Die Chance! Alternative zur Gentechnik“, 16. Januar 2000, Internationale Grüne Woche, Berlin / Deutschland. Naturschutzbund (NABU) Bonn und FiBL, Frick.
- Wilde, K. (2004): Wirkung rassenspezifischer Braunrostresistenzen in genetisch diversifizierten Roggenpopulationen. Diss. Univ. Hohenheim und Verlag Grauer, Beuren, Stuttgart.
- Winter, H. (2003): Untersuchungen zur Introgression von Resistenzen gegen die Wurzelhals- und Stengelfäule [*Leptosphaeria maculans* (Desm.) Ces. Et De Not.] aus verwandten Arten in den Raps (*Brassica napus* L.). Dissertation Freie Universität Berlin, Institut für Biologie - Angewandte Genetik.
- ZMP (Hrsg.) (2005): Ökomarktjahrbuch 2005. Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle für Erzeugnisse der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft GmbH, Bonn.

9. Quellenangaben

Titelseite:

Linkes Bild: Fruchtknoten und Staubgefäße von männlich fertilem (links), partiell männlich sterilem (Mitte) und vollständig männlich sterilem (rechts) Roggen. Quelle: Geiger (1990), S.48.

Mittleres Bild: Winterroggen im ökologischen Landbau. Quelle: www.oekolandbau.de / Copyright BLE 2002-2005 / Thomas Stephan.

Rechtes Bild: Roggenähren. Quelle: Den virtuelle floran. Copyright: Naturhistoriska Riksmuseet, Sweden. Quelle: <http://linnaeus.nrm.se/flora/mono/poa/secal/secacer3.html>. Foto: Anna-Lena Anderberg.

Textcorpus:

Abb. 1: FiBL (2001), S. 9

Abb. 2: Becker (1993), S. 146.

Abb. 3: Grafik: Christine Arncken und Claudia Kirchgraber, FiBL

Abb. 7: Hansueli Dierauer, FiBL

10. Dank

Hiermit möchten wir der Genossenschaft Coop Schweiz sehr herzlich danken, die mit dem COOP Naturaplan-Fonds diesen Bericht finanziert hat.

Wir danken den Landwirten Pius Allemann in Frick, Werner Maurer in Kölliken und Ruedi Lehmann in Muhen, auf deren Betrieben die Streifenversuche durchgeführt wurden, für ihre Bereitschaft und Mitarbeit. Dem Kanton Aargau danken wir für die finanzielle Unterstützung bei der Durchführung der Versuche.

Dr. Paul Mäder, FiBL, möchten wir sehr herzlich für die gründliche Durchsicht, die vielen konstruktiven Anregungen und die freundschaftliche Unterstützung beim Schreiben des Berichtes danken. Torsten Arncken danken wir herzlich für die Schlusskorrektur und wertvolle Anregungen „in letzter Minute“.

Dem Verlag Eugen Ulmer danken wir für die freundliche Genehmigung zum Abdruck der Abbildung 2.