

Studie zur Sortenvielfalt im Gemüsebau

Untersuchung zur Agrobiodiversität auf der Ebene der
Gemüsesorten der EU unter besonderer Berücksichtigung der
Züchtungsmethoden sowie Auswirkungen auf die Verfügbarkeit
von Gemüsesorten für den biologischen Anbau

Autor: Dipl. Ing. Gartenbau (FH) Carsten Stadlander

Freiburg, Dez. 2005

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Problemstellung.....	1
1.2	Ziele der Arbeit.....	2
1.3	Aufbau der Arbeit.....	2
2	Begriffsdefinitionen.....	3
2.1	Agrobiodiversität.....	3
2.2	Pflanzenzüchtung.....	4
2.3	Gentechnik.....	4
3	Struktur und Entwicklungstendenzen der deutschen und internationalen Gemüsesaatgutbranche.....	5
4	Rechtliche Grundlagen der Pflanzenzüchtung.....	7
4.1	Das Sortenschutzgesetz.....	7
4.2	Das Saatgutverkehrsgesetz.....	7
4.3	Das Patentrecht.....	8
5	Entwicklungen der Gemüsesortenvielfalt in der EU.....	10
6	Entwicklung der Züchtungsmethoden.....	23
7	Grundzüge der ökologischen Pflanzenzüchtung.....	25
8	Für die ökologische Pflanzenzüchtung geeignete Methoden.....	28
8.1	Auslesezüchtung.....	28
8.1.1	Massenauslese.....	28
8.1.2	Individualauslese mit Prüfung der Nachkommenschaft....	29
8.2	Kombinationszüchtung.....	29
8.2.1	Art- und Sortenkreuzung.....	30

8.2.2	Brückenkreuzung.....	30
8.2.3	Wiederholte Rückkreuzung.....	30
9	Für die ökologische Pflanzenzüchtung nur bedingt geeignete Methoden ..	32
9.1	Hybridzüchtung.....	32
9.2	Antheren - / Mikrosporenkultur	35
9.3	Ovarien - / Embryokultur.....	35
9.4	Polyploidisierung	35
10	Für die ökologische Pflanzenzüchtung ungeeignete Methoden	37
10.1	Mutationszüchtung	37
10.2	Protoplasten- / Cytoplastenfusion.....	37
10.3	Gentechnik	39
11	Möglichkeiten zur Erhaltung von Gemüsesorten.....	41
11.1	Ex-Situ Erhaltung in Genbanken	41
11.2	In-Situ-Erhaltung.....	41
11.3	On-Farm-Erhaltung.....	41
12	Entwicklung der Sortenvielfalt bei Blumenkohl.....	43
12.1	Kultur- und Züchtungsgeschichte des Blumenkohl.....	43
12.2	Ex-situ Erhaltung bei Blumenkohl.....	44
12.3	Zugelassene Blumenkohlsorten laut EU- Sortenkatalog	44
12.4	Verfügbarkeit von Blumenkohlsorten in Deutschland.	45
12.5	Aktuelle Züchtungsmethoden in der Blumenkohlzüchtung.....	48
13	Auswirkungen der Sortenentwicklungen auf den biologischen Anbau	50
14	Zusammenfassung	52
15	Literaturverzeichnis.....	53

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Entwicklung der Sortenvielfalt bei Gemüse (EU 1985 – 2003)	11
Abbildung 2:	Anzahl der Hybridsorten sowie samenfesten Sorten bei Gemüsearten in der EU 2005	12
Abbildung 3:	Anteile der Hybridsorten bei Gemüsearten in der EU 1999 -2005	12
Abbildung 4:	Anteile von samenfesten Sorten und Hybriden in den alten und neuen Ländern der EU	14
Abbildung 5:	Entwicklung der Sortenvielfalt bei Tomaten	15
Abbildung 6:	Entwicklung der Sortenvielfalt bei Paprika und Salatgurken	15
Abbildung 7:	Entwicklung der Sortenvielfalt bei Lauch.....	16
Abbildung 8:	Entwicklung der Sortenvielfalt bei Möhren.....	17
Abbildung 9:	Entwicklung der Sortenvielfalt bei Spinat	18
Abbildung 10:	Entwicklung der Sortenvielfalt bei Kohl.....	19
Abbildung 11:	Entwicklung der Sortenvielfalt bei Radieschen	20
Abbildung 12:	Entwicklung der Sortenvielfalt bei Chicoree	21
Abbildung 13:	Entwicklung der Sortenvielfalt bei Zwiebel	22
Abbildung 14:	Schema der Hybridzüchtung bei Mais	33
Abbildung 15:	Entwicklung der Sortenvielfalt bei Blumenkohl.....	45

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Die 10 größten Agrarchemiekonzerne und Saatgutkonzerne 2003.....	5
Tabelle 2:	Gemüsesorten der alten und neuen Länder der EU (Stand 2005).....	13
Tabelle 3:	Blütenbiologisches Verhalten von Gemüsearten in züchterischer Hinsicht	24
Tabelle 4:	Einstufung verschiedener Techniken und Methoden in der ökologischen Pflanzenzüchtung.....	27
Tabelle 5:	Meilensteine der Gentechnik.....	40
Tabelle 6:	Angebot von Blumenkohlsorten in Deutschland 2005	47
Tabelle 7:	Sortenempfehlungen für den ökologischen Gemüsebau.....	51

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Agrobiodiversität ist derzeit ein viel diskutiertes Thema. Mit Beginn der Industrialisierung der Landwirtschaft setzte ein schleichender Rückgang der Arten- und Sortenvielfalt bei Kulturpflanzen und Nutztierassen ein. Die Höhe dieser Verluste weltweit wird bei den Kulturpflanzen auf durchschnittlich 75% seit Beginn des 20. Jh. geschätzt (FAO, 1996). Diese Angabe wird häufig zitiert (OPPERMANN et al, 2001; CLAR 2002, 41). Für Deutschland wird der Verlust an genetischer Vielfalt im Bereich der Kulturpflanzenarten sogar auf über 90 % geschätzt (HAMMER 1998, 29). Der Rückgang der biologischen Vielfalt gefährdet die Ernährungssicherheit, denn auch die moderne Pflanzenzüchtung ist auf ein möglichst großes genetisches Potential angewiesen. Die Pflanzenzüchtung bedient sich zunehmend der Gentechnologie. Schnellere sowie Artgrenzen überschreitende Möglichkeiten werden hierdurch eröffnet. Jedoch sind mögliche Risiken und Gefahren gentechnischer Methoden noch nicht abzusehen.

Seit den 80er Jahren haben sich große Öl- und Chemieunternehmen in den bis dahin noch relativ klein strukturierten Saatgutmarkt eingekauft. Diese Konzentrationsprozesse auf dem Saatgutmarkt verursachen den Verlust alter Landsorten und regionaler Sortenvielfalt. Auch die Pflanzenzüchtung in Richtung auf moderne Hochleistungs- und Hybridsorten hat zu diesem Prozess beigetragen.

In der Gemüsezüchtung kommen mit Hilfe moderner Zuchtmethoden auch bei Gemüsearten, bei denen bis vor kurzem noch keine Hybridzüchtung möglich war, vermehrt Hybridsorten auf den Markt. Alte samenfeste Sorten verschwinden aus den Katalogen.

Bei der Hybridzüchtung wird seit einiger Zeit eine Technik eingesetzt, die als gentechniknah eingestuft werden kann. Dies ist die sogenannte Protoplastenfusion.

Insbesondere bei den mit Hilfe dieser Methode erzeugten CMS -Hybriden stellt sich für den biologischen Gemüsebau die Frage, ob diese Sorten hier vorbehaltlos eingesetzt werden können. Denn in den Richtlinien der biologischen Anbauverbände wird ausdrücklich die Zuhilfenahme der Gentechnik ausgeschlossen.

1.2 Ziele der Arbeit

Im Rahmen dieser Diplomarbeit soll die Agrobiodiversität auf der Ebene der Sorten ausgewählter Gemüsearten untersucht und diskutiert werden. Anhand der seit 1972 in regelmäßigen Abständen erscheinenden EU- Sortenkataloge für Gemüsearten soll untersucht werden, inwieweit sich die Sortenvielfalt bzw. das Sortenspektrum in den letzten 30 Jahren verändert hat.

Grundlage für die Entwicklung neuer Sorten ist die Züchtung. Die Grundlagen der traditionellen sowie der modernen Gemüsezüchtung sollen kurz dargestellt werden. Ebenso werden die Methoden der konventionellen und der biologischen Züchtung gegenübergestellt. Für den Bioanbau, der konsequent auf gentechnische Maßnahmen verzichten will, soll erörtert werden ob die neu entwickelten CMS -Hybriden hier geeignet sind.

Insbesondere beim Blumenkohl werden in jüngster Zeit durch Protoplastenfusion erzeugte CMS -Hybriden gezüchtet. Die Entwicklung der Blumenkohlzüchtung und die Verfügbarkeit von Blumenkohlsorten soll deshalb im Rahmen dieser Arbeit näher untersucht werden.

1.3 Aufbau der Arbeit

Die Arbeit gliedert sich in drei Teile. Im ersten Teil der Arbeit soll die Sortenvielfalt und Entwicklung in der EU untersucht und analysiert werden.

Der zweite Teil beschäftigt sich mit den verschiedenen Züchtungsmethoden, die in der Vergangenheit und Gegenwart für die Entstehung der Gemüsesorten genutzt wurden und werden. Außerdem werden Unterschiede der konventionellen und der ökologischen Züchtungsansätze herausgearbeitet, sowie die Eignung der verschiedenen Züchtungsmethoden für eine ökologische Züchtung bewertet.

Im dritten Teil der Arbeit soll beispielhaft an der Kultur des Blumenkohl die Sortenentwicklung und Verfügbarkeit sowie aktuelle Entwicklungen im Bereich der Züchtung näher untersucht werden.

2 Begriffsdefinitionen

Im Folgenden werden wichtige Schlüsselbegriffe dieser Arbeit näher erläutert.

2.1 Agrobiodiversität

Die Agrobiodiversität ist ein Teil der gesamten biologischen Vielfalt. Diese umfasst die Vielfalt der Gene, die Vielfalt der Arten und die Vielfalt der Ökosysteme. Innerhalb der Artenvielfalt beinhaltet Agrobiodiversität die Arten- und Sortenvielfalt der Kulturpflanzen und Nutztiere. Als eine natürliche Grundlage der menschlichen Existenz hat Agrobiodiversität eine herausragende Bedeutung. Der Umfang der Agrobiodiversität ist stark vom Menschen beeinflusst. Ohne die menschengemachte Züchtung und Nutzung der Arten gäbe es diese Vielfalt nicht. Dank dieser großen Diversität und Variabilität der unterschiedlichen Arten, Rassen, Sorten und Lokalpopulationen konnte Jahrhunderte lang die Erzeugung von Nahrungsmitteln und landwirtschaftlichen Produkten sichergestellt werden. Hierdurch wurde auch das Überleben von Menschen in unterschiedlichen Agrarökosystemen und Ernährungskulturen gewährleistet.

(HAMMER, 1998) unterteilt die Agrobiodiversität in vier Ebenen:

1. Agrarökosysteme
2. Arten (neben den Kulturpflanzenarten auch deren wildwachsende Verwandte)
3. Kultursorten
4. Genetische Diversität innerhalb der Sorten

Agrobiodiversität auf der Ebene der Gemüsesorten, wie sie im Rahmen dieser Arbeit untersucht werden soll, lässt sich wie folgt unterteilen:

- **Aktuelle Sorten:** Dies sind Sorten, die derzeit eine Zulassung nach dem Sortenschutzgesetz besitzen. Die aktuellen Sorten der EU sind im gemeinsamen Sortenkatalog für Gemüsearten enthalten (22. Gesamtausgabe, Stand: 18. 12. 2003).
- **Alte Sorten:** Dies sind Sorten, deren Schutzfrist nach dem Sortenschutzgesetz abgelaufen ist. Sie haben somit nach dem Saatgutverkehrsgesetz keine Zulassung mehr und dürfen daher nicht mehr gehandelt werden.
- **Landsorten:** Dies sind lokal angebaute Sorten, die durch Auslese von Landwirten und Gärtnern im Rahmen ihres Anbaus über einen langen Zeitraum an die speziellen Umweltbedingungen des jeweiligen Anbauortes angepasst sind. Die Landsorten sind zu einem Großteil auch durch natürliche Auslesewirkung ihrer Standorte entstanden. Je extremer die Umweltfaktoren, umso ausgeprägter sind die besonderen genetischen Eigenschaften der Landsorten (ROEMER, RUDORF 1958). Landsorten waren die Grundlage für die Entwicklung der planmäßigen Züchtungsarbeit. Sie bringen im Vergleich zu den Zuchtsorten in der Regel nur mittlere, aber dafür sichere Erträge. Bei Selbstbefruchtern liegen meist klar voneinander unterscheidbare Linien vor, bei Fremdbefruchtern fließend ineinander übergehende Typen in einer Mischung (KUCKUCK 1987). In den Industrieländern sind die Landsorten heute fast vollständig durch moderne Zuchtsorten ersetzt worden. In den sogenannten Entwicklungsländern geht ihr Anbau mehr und mehr

zurück. Aber gerade in diesen Ländern sind Landsorten wertvolle Genressourcen für die Pflanzenzucht. Für ihre Erhaltung sollte hier wie anderenorts gesorgt werden.

Ein erheblicher Teil der alten Sorten und Landsorten wird nur noch Ex-situ in Genbanken¹ erhalten. Viele dieser Sorten werden aber auch von verschiedenen Erhaltungsinitiativen, vor allem in Hausgärten, weiterhin angebaut (In-Situ). Im gewerblichen Gemüsebau werden alte Sorten und Landsorten nur noch in Ausnahmefällen angebaut.

2.2 Pflanzenzüchtung

Als Pflanzenzüchtung wird die gezielte Entwicklung von neuen Pflanzensorten mit neuen, gewünschten Eigenschaften bezeichnet.

Durch die traditionelle Pflanzenzüchtung konnte sich die Agrobiodiversität erst entwickeln. Gleichzeitig ist eine große Agrobiodiversität Grundlage einer weiteren Pflanzenzüchtung, denn neue Pflanzensorten werden durch Kombination von Eigenschaften aus bereits vorhandenen Sorten gewonnen.

Die Zuchtziele, das heißt die gewünschten neuen Eigenschaften, ergeben sich aus den Ansprüchen der Landwirtschaft bzw. des Gartenbaus. Auch die Verarbeitungsindustrie und das Verbraucherverhalten kann Einfluss auf die Züchtung haben.

Die Zuchtziele lassen sich in drei Bereiche einteilen:

- Steigerung der Erträge
- Qualitäts- und Verwertungseigenschaften
- Ertragssicherung durch Resistenzen und Umweltanpassung

2.3 Gentechnik

Die Gentechnik ist ein Teilbereich der modernen Biotechnologie. Zur Gentechnik zählen alle Methoden der Isolierung und Vervielfältigung von Genen sowie deren gezielte Umgestaltung, Neuzusammensetzung und Übertragung in den Ursprungs- oder Fremdorganismus. Zu den Verfahrensschritten der gentechnisch unterstützten Pflanzenzucht gehören die Identifizierung und Isolierung geeigneter Gene, die gezielte Veränderung oder Neukombination von Genen, der Gentransfer und die Genintegration (Introgression).

Mit der Gentechnik wird potentiell die gesamte biologische Vielfalt zur pflanzengenetischen Ressource, denn mit ihrer Hilfe wurde die Züchtung auch über Art- und Gattungsgrenzen hinweg möglich.

¹ Die Genbank Gatersleben verfügt mit etwa 10000 Mustern über eine der größten Gemüsesammlungen weltweit.

3 Struktur und Entwicklungstendenzen der deutschen und internationalen Gemüsesaatgutbranche

Weltweit sind ungefähr 1.500 Unternehmen in der Pflanzenzüchtung tätig. Deutschland zählt zu den wichtigsten Standorten der Pflanzenzüchtung. Auch beim Saatgutexport nimmt es Platz fünf im weltweiten Vergleich ein. Mit etwa 130 zumeist mittelständischen Unternehmen verfügt Deutschland über eine weltweit kaum vergleichbare Struktur. Hiervon widmen sich ca. 30 der gartenbaulichen Pflanzenzüchtung. Einzelne Unternehmen zählen in ihrem Arbeitsgebiet international zur Spitzengruppe, sind teilweise sogar Weltmarktführer (BDP, 2005).

In den letzten 20 Jahren wurden weltweit viele Saatgut- und Züchtungsunternehmen von multinationalen Chemie- oder Lebensmittelkonzernen übernommen.

Tabelle 1: Die 10 größten Agrarchemiekonzerne und Saatgutkonzerne 2003

Agrarchemie		Saatgut		
Name und Herkunft des Konzerns	Umsatz 2003 in Mio US\$.	Name und Herkunft des Konzerns	Umsatz 2003 Mio US\$	Umsatz 2002 Mio US\$
Syngenta (Schweiz)	5507	Dupont Pioneer (USA)	2240	2000
Bayer (Deutschland)	5394	Monsanto (USA)	1879	1600
BASF (Deutschland)	3569	Syngenta (Schweiz)	1071	937
Monsanto (USA)	3031	KWS AG (Deutschland)	529	391
Dow (USA)	3008	Seminis (USA)	477	453
DuPont (USA)	2024	Advanta (Niederlande)	verk. an Syngenta	435
Sumitomo (Japan)	1141	Limagrain (Frankreich)	497	433
MAI (Israel)	1035	Sakata (Japan)	395	376
Nufarm (Australia)	801	Delta & Pine Land (USA)	315	258
Arysta (Japan)	711	Bayer (Deutschland)	311	250
		Dow (USA)	204	200

Quelle: Agrow World Crop Protection News, ETC Group

Fünf der zehn größten Agrarchemiekonzerne weltweit zählen auch zu den 10 größten Saatgutkonzernen (Tabelle 1). Die Konzentrationprozesse im Saatgutmarkt gehen weiter: die niederländische Firma Advanta wurde von Syngenta übernommen und im Januar 2005 wurde Seminis von Monsanto aufgekauft. Monsanto wurde dadurch zum weltweit führenden Saatgutunternehmen. Seminis ist weltweiter Marktführer in der Gemüse- und Obstsaatgut-Industrie und konnte seinen Umsatz 2004 auf 526 Mio. Dollar steigern. Seminis liefert mehr als 3.500 Saatgutarten an kommerzielle Obst- und Gemüseerzeuger, Makler, Händler und Großhändler in über 150 Ländern der Erde (THIERFELDER 2005).

Im Bereich Gemüse-Saatgut sind Monsanto (durch die Übernahme von Seminis), Syngenta (Marke „S&G“), Bayer sowie Limagrain-Nickerson besonders aktiv. Limagrain hält auch den größten Anteil am Unternehmen „Vilmorin“ welches sehr aktiv im Bereich Gemüsesaatgut ist und viele Saatgutanbieter, in Deutschland z.B. „Sperli“ und Flora Frey“ besitzt.

Laut Greenpeace erreichten bereits 1999 die fünf größten Gemüsesaatgutkonzerne 75 % des Weltmarktes für Gemüsesaatgut (GROOMS 1999).

In Deutschland gab es im Bereich der Gemüsezüchtung in den 60er Jahren noch ca. 20 eigenständige Zuchtfirmen. Diese Zahl hat sich bereits in den 70er Jahren auf die Hälfte reduziert (HORN, 1984, 474). Seither hat hierzulande keine weitere signifikante Verringerung der Zahl an Saatzuchtunternehmen stattgefunden. Stark zugenommen haben allerdings unterschiedlichste Kooperationsformen, wobei oft nicht zu erkennen ist, inwieweit die Eigenständigkeit der Firmen noch gewahrt ist.

Am Beispiel der Firma Hild sollen die Konzentrations- und Übernahmeprozesse aufgezeigt werden:

- 1995: Übernahme von Hild durch Nunhems
- Mai 1997: Übernahme von Nunhems durch ArgEvo (Gemeinschaftsunternehmen von Hoechst(60%) und Schering(40%)) (Hoechst, 1997)
- September 1997: Übernahme von Sunseed (führendem Hersteller von hybridem Gemüsesaatgut in den USA) durch Nunhems bzw. AgrEvo
- Januar 1999: Erwerb der Proagrogruppe, (zweitgrößter Saatguthersteller in Indien)
- Mai 1999: Zusammenschluss von Hoechst und Rhone-Poulenc zu Aventis (Hoechst 1999).
- Juni 2002: Übernahme von Aventis durch Bayer CropScience (Bayer 2002)

Seit Oktober 2002 ist die Bayer CropScience selbstständiger Teilkonzern der Bayer-Gruppe. Das Unternehmen strebt an, weltweit die führende Position im Agrarbereich einzunehmen. In Europa ist man bereits Marktführer, in Lateinamerika und Asien liegt Bayer CropScience auf Platz zwei und in den USA auf Platz drei (Bayer 2002).

4 Rechtliche Grundlagen der Pflanzenzüchtung

Das Sortenrecht bildet den klassischen rechtlichen Rahmen für die Pflanzenzüchtung. Hierbei sind das Sortenschutzgesetz sowie das Saatgutverkehrsgesetz zu berücksichtigen. Mit dem Einsatz biotechnologischer Methoden in der Pflanzenzüchtung gewinnt auch das Patentrecht zunehmend an Bedeutung. Außerdem ist in diesem Zusammenhang das Gentechnikrecht zu beachten. Welchen Einfluss die rechtlichen Grundlagen auf die Entwicklung der Sortenvielfalt haben, wird in diesem Kapitel erläutert.

4.1 Das Sortenschutzgesetz

Das Sortenschutzgesetz regelt die gewerblichen Schutzrechte der Sorten. Es dient dem Schutz der Rechte der Züchter an den von ihnen entwickelten Sorten. Sorten aller Pflanzenarten können diesen Schutz erhalten. Der Sortenschutzinhaber hat allein das Recht, Saatgut einer geschützten Sorte zu erzeugen und in den Verkehr zu bringen. Er kann dies auch gegen Lizenzgebühren von anderen durchführen lassen. Der Sortenschutz für eine neue Sorte wird in Deutschland vom Bundessortenamt erteilt. Voraussetzung hierfür ist, dass die Sorte neu, unterscheidbar, homogen und beständig sowie mit einer eintragbaren Sortenbezeichnung versehen ist (§1 Sortenschutzgesetz). Der Sortenschutz wird allgemein für 25 Jahre erteilt und ist nicht verlängerbar (§ 13 Sortenschutzgesetz).

Der sogenannte Züchternvorbehalt erlaubt jedem Züchter die Verwendung von geschützten Sorten zur Züchtung einer neuen Sorte (§ 10 a Sortenschutzgesetz).

Seit Juli 1994 besteht ein gemeinschaftlicher Sortenschutz in der EU. Mit der Novellierung des deutschen Sortenschutzgesetzes ist das neue europäische Recht übernommen worden. Züchter können seitdem den Gemeinschaftlichen Sortenschutz beantragen, der dann für alle Mitgliedsstaaten gilt. Es kann nach wie vor Schutz für einzelne Staaten beantragt werden, wenn der Züchter eben nationalen Schutz beantragt (TRAUTWEIN, 2005).

Die Auswirkungen des Sortenschutzes auf die Sortenvielfalt sind umstritten. Einerseits ist der Sortenschutz ein wirksames Instrument, um den Züchterfirmen wirtschaftlichen Anreiz für Investitionen zu geben und dadurch die Sortenvielfalt zu erhöhen. Andererseits steht die Anforderung an Homogenität im Widerspruch zu erwünschter genetischer Vielfalt.

4.2 Das Saatgutverkehrsgesetz

Das Saatgutverkehrsgesetz regelt den Handel mit landwirtschaftlichem und gartenbaulichem Saat- und Pflanzgut zum Schutz der Verbraucher (Landwirte, Gärtner, Verarbeiter usw.). Beim Gemüse unterliegen zur Zeit 46 Arten diesem Gesetz. Saat- und Pflanzgut von diesen Arten darf zu gewerblichen Zwecken nur gehandelt werden, wenn die Sorte beim Bundessortenamt zugelassen oder im gemeinsamen Sortenkatalog der EU eingetragen ist. Die Zulassung wird für 10 Jahre ausgesprochen und ist auf Antrag für denselben Zeitraum beliebig oft verlängerbar. Die in den einzelnen Mitgliedsstaaten zugelassenen Sorten werden im gemeinsamen Sortenkatalog aufgelistet und können dann in allen Mitgliedsländern in Verkehr gebracht werden (TRAUTWEIN, 2005). Für die Zulassung einer Sorte zum Saatgutverkehr müssen dieselben Kriterien erfüllt sein wie beim Sortenschutzgesetz. Landwirtschaftliche Sorten müssen zusätzlich einen „landeskulturellen Wert“ aufweisen. Dieser ist wie folgt definiert:

„Eine Sorte besitzt landeskulturellen Wert, wenn sie nach der Gesamtheit ihrer wertbestimmenden Eigenschaften gegenüber den zugelassenen vergleichbaren Sorten eine deutliche Verbesserung für den Pflanzenbau oder für die Verwertung des Erntegutes oder für aus dem Erntegut gewonnene Erzeugnisse erwarten lässt.“

Diese Überlegenheit wird in erster Linie auf Ertrag und Resistenz bezogen. Für den ökologischen Anbau wichtige Eigenschaften, wie Unkrauttoleranz oder Anpasstheit an die natürliche Nährstoffdynamik im Boden finden bisher keine Berücksichtigung.

Am bestehenden Saatgutverkehrsgesetz wird zu folgenden Punkten Kritik geübt:

Sorten, deren Zulassung ausgelaufen ist, werden von der Sortenliste gestrichen und dürfen dann nicht mehr gehandelt werden. Dies trifft auf fast alle alten Sorten und Landsorten zu. Diese werden somit aus dem weiteren Anbau ferngehalten, obwohl sie als pflanzengenetische Ressource von Bedeutung sein könnten, oder als Sorten für den ökologischen Anbau.

4.3 Das Patentrecht

Das Patentrecht regelt allgemein den Schutz von geistigem Eigentum. Pflanzensorten und im wesentlichen biologische Verfahren zur Züchtung von Pflanzen können nicht patentiert werden. Dieses Patentierungsverbot ist sowohl im Sortenschutzrecht als auch im Patentrecht verankert. Durch die steigende Bedeutung von bio- und gentechnologischen Verfahren in der Pflanzenzucht nimmt die Bedeutung des Patentrechts zu. Patentfähig in diesem Zusammenhang sind Pflanzenbestandteile, einzelne Pflanzen als solche oder auch bestimmte Verfahren zur genetischen Veränderung von Pflanzen.

Patent- und Sortenschutz bestehen nebeneinander, greifen allerdings auch ineinander. Schutzgegenstand beim Patentrecht ist eine neue Erfindung, also eine Lehre zum technischen Handeln. Beim Sortenschutz ist es das Ergebnis der Züchtung, also die neue Pflanzensorte selbst. Mit dem Kriterium der Unterscheidbarkeit werden beim Sortenschutz geringere Ansprüche an die Neuheit gestellt als beim Patentschutz, wo ein „erfinderischer Schritt“ notwendig ist.

Im Patentrecht ist der Schutzzumfang größer als beim Sortenschutz. Hier bedarf die Verwendung der Erfindung der Zustimmung des Patentinhabers, während beim Sortenschutz die geschützte Sorte zur Züchtung einer weiteren Sorte verwendet werden darf. Dieser Züchternvorbehalt im Sortenschutz wird jedoch durch das Patentrecht eingeschränkt. Denn Pflanzenbestandteile, (z. B. einzelne Gene, und DNA- Sequenzen) können patentiert werden.

Immer dann, wenn eine Pflanze patentiertes Material enthält, selbst patentiert ist oder unmittelbares Produkt eines patentierten Verfahrens ist, bedarf deren Verwendung zur Züchtung der Zustimmung des Patentinhabers.

Mit der neuen Kategorie der im wesentlichen abgeleiteten Sorte im Sortenschutzrecht werden grundsätzlich die Rechte der konventionellen Züchter sichergestellt, denn nach dem Einfügen eines oder weniger Gene in das Genom einer durch langwierige Züchtungsarbeit entstandene Sorte, darf diese ohne Zustimmung des Ursprungszüchters nicht einfach als neue Sorte angemeldet werden.

Einerseits werden Patente als notwendige Voraussetzung gesehen, um die aufwendigen Investitionen in Forschung und Entwicklung der Biotechnologie zu sichern, sowie Erfindungen und technische Innovationen in diesem Feld zu fördern. Andererseits wird

befürchtet, dass die große Mehrzahl der Patente in die Hand weniger internationaler Konzerne gelangen werden. In der Folge könnte sich die Konzentration des Saatguthandels auf wenige Hochleistungssorten verstärken. Außerdem wird erwartet, dass Landwirte und Züchter durch Lizenzgebühren erheblich finanziell belastet werden.

Der Gemüsesaatgutkatalog der Firma Nickerson Zwaan 2005 weist 43 der angebotenen 88 Kohlsorten aus, auf deren genetischen Ausgangsmaterial ein Patentschutz besteht.

5 Entwicklungen der Gemüsesortenvielfalt in der EU

Zur Untersuchung der Sortenvielfalt wurden die gemeinsamen Sortenkataloge für Gemüsearten der Europäischen Gemeinschaften aus den Jahren 1985 - 2003 herangezogen. Die Sorten der seit Jahresbeginn 2005 neuen Mitgliedsländer der EU wurden also nicht berücksichtigt. Zu beachten ist, dass die Sorten der Länder Österreich, Finnland und Schweden erst seit 1995, mit dem Beitritt dieser Länder in die EU, Aufnahme in den gemeinsamen Sortenkatalog erhielten. Diese Tatsache hat jedoch bei den meisten Arten kaum Auswirkung auf die Statistiken, da meist nur wenige Sorten hinzukamen.

Abbildung 1 zeigt die Entwicklung der Sortenanzahl ausgewählter Gemüsearten der EU im Zeitraum von 1985 bis 2003. Die sehr unterschiedlichen Gesamtzahlen der Sorten bei den jeweiligen Arten stehen in direktem Zusammenhang mit der unterschiedlichen Bedeutung der Arten im Anbau. Bei fast allen Gemüsearten ist im untersuchten Zeitraum eine zum Teil deutliche Zunahme der Sorten zu registrieren. Am stärksten ist diese bei Tomaten und Paprika. Hier hat sich die Sortenzahl vervielfacht (von 727 auf 2104 bei Tomaten bzw. von 127 auf 849 bei Paprika). Auch bei Salatgurken, Zucchini, Zwiebeln, Chicoree, Blumenkohl und Broccoli hat sich die Anzahl der Sorten mehr als verdoppelt. Bei den weniger bedeutsamen Arten wie zum Beispiel Spinat, Radieschen und Wirsing erhöhte sich die Sortenzahl vergleichsweise geringfügig oder blieb relativ konstant (Kohlrabi, Grünkohl). Lediglich bei Rosenkohl und Knollensellerie ist seit 1990 ein Rückgang der Sortenvielfalt festzustellen. Bei Broccoli und Radieschen nahm die Sortenzahl nach vorheriger Zunahme seit 1999 wieder ab.

Insgesamt ist festzustellen, dass es in den letzten 20 Jahren keineswegs einen Rückgang der Sortenvielfalt gegeben hat. Trotz der Konzentrationsprozesse im Saatgutmarkt erhöhte sich die Sortenzahl bei nahezu allen Gemüsearten. Betrachtet man jedoch die neuen Sorten genauer, so fällt auf, dass es sich hierbei fast ausschließlich um Hybridsorten handelt. Aktuelle Anteile der Hybridsorten bei den einzelnen Arten sind in Abbildung 2 dargestellt.

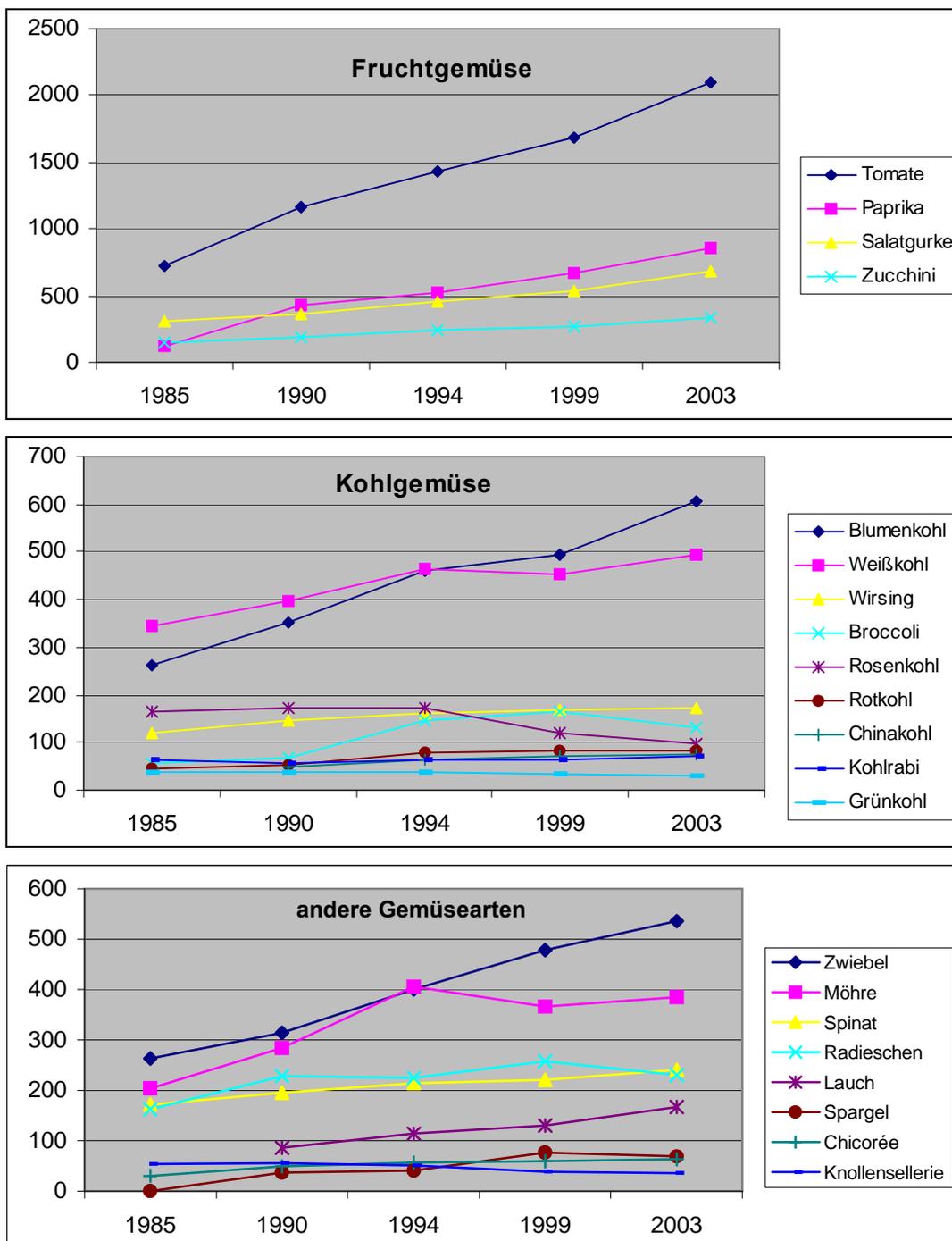


Abbildung 1: Entwicklung der Sortenvielfalt bei Gemüse (EU 1985 – 2003)

Quelle: Gemeinsamer Sortenkatalog für Gemüsearten, 13. – 22. Gesamtausgabe

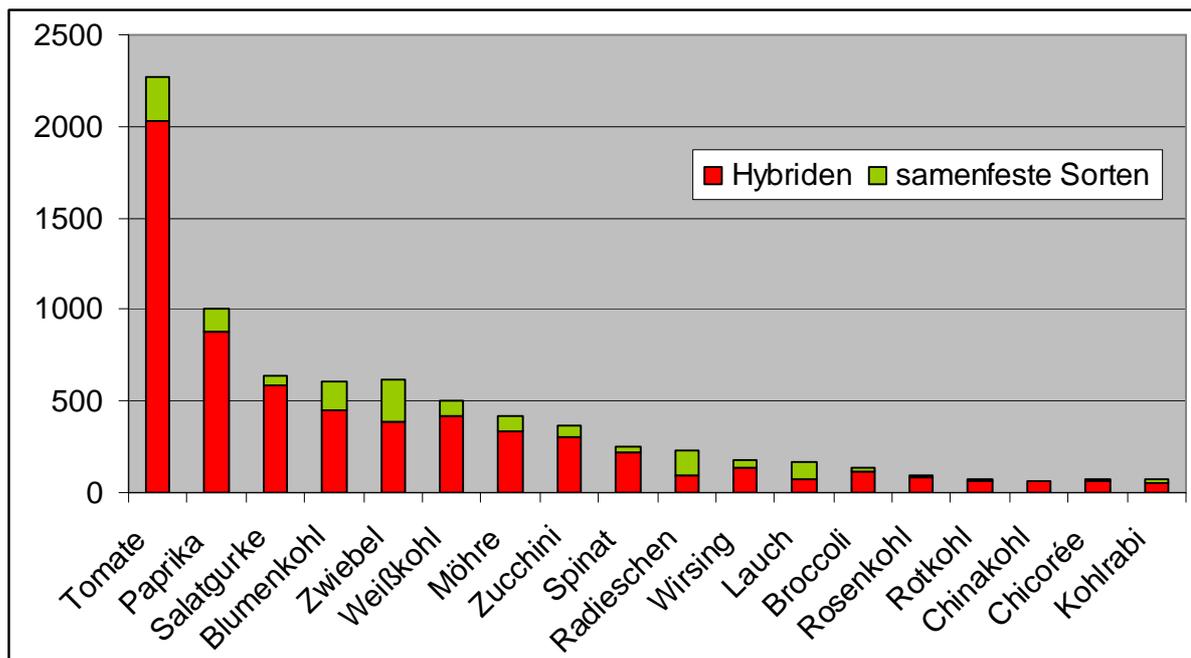


Abbildung 2: Anzahl der Hybridsorten sowie samenfesten Sorten bei Gemüsearten in der EU 2005

Der Anteil der Hybridsorten hat in den letzten Jahren bei fast allen Arten weiter zugenommen (Abbildung 3).

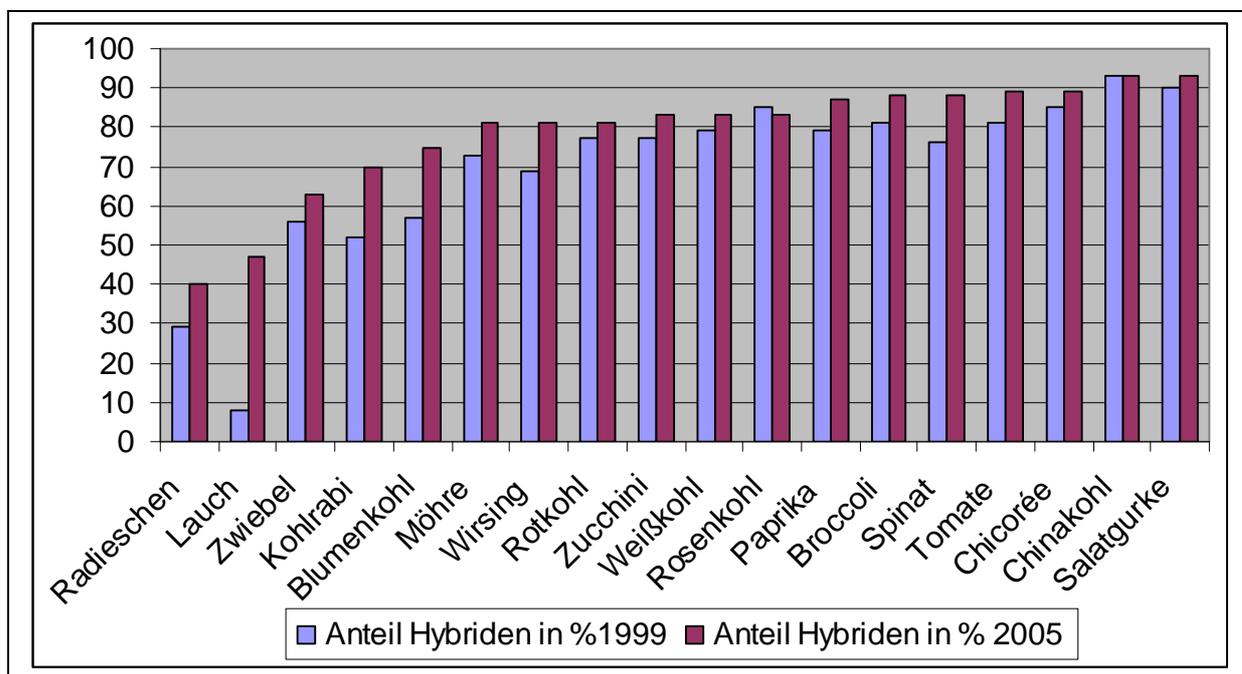


Abbildung 3: Anteile der Hybridsorten bei Gemüsearten in der EU 1999 -2005

Tabelle 2: Gemüsesorten der alten und neuen Länder der EU (Stand 2005)

Pflanzenart	Gemüsesorten der Alten EU				neue Sorten durch EU-Erweiterung			
	F1	OP	gesamt	F1 in %	F1	OP	gesamt	F1 in %
Salatgurke	590	45	635	92,9	101	8	109	92,7
Chinakohl	61	5	66	92,4	8	1	9	88,9
Einlegegurke	262	23	285	91,9	102	11	113	90,3
Tomate	2031	243	2274	89,3	126	111	237	53,2
Chicorée	62	8	70	88,6	0	3	3	0,0
Spinat	217	31	248	87,5	7	4	11	63,6
Paprika	878	129	1007	87,2	134	245	379	35,4
Broccoli	114	19	133	85,7	10	4	14	71,4
Auberginen	171	31	202	84,7	0	6	6	0,0
Rosenkohl	80	16	96	83,3	3	1	4	75,0
Zucchini	304	61	365	83,3	9	38	47	19,1
Weißkohl	416	85	501	83,0	62	25	87	71,3
Möhre	335	79	414	80,9	30	60	90	33,3
Wirsing	141	34	175	80,6	12	8	20	60,0
Rotkohl	62	15	77	80,5	5	12	17	29,4
Blumenkohl	449	153	602	74,6	5	27	32	15,6
Kohlrabi	50	21	71	70,4	8	27	35	22,9
Zwiebel	391	230	621	63,0	28	80	108	25,9
Lauch	77	86	163	47,2	3	18	21	14,3
Rettich	21	27	48	43,8	3	10	13	23,1
Radieschen	90	139	229	39,3	2	76	78	2,6
Fenchel	26	48	74	35,1	0	3	3	0,0
Radicchio	26	57	83	31,3	1	2	3	33,3
Bleichsellerie	20	48	68	29,4	0	6	6	0,0
Lauchzwiebel	5	14	19	26,3	0	3	3	0,0
Rote Bete	18	63	81	22,2	2	20	22	9,1
Knollensellerie	5	29	34	14,7	0	20	20	0,0
Mangold	3	21	24	12,5	0	0	0	-
Schwarzwurzel	0	6	6	0,0	0	1	1	0,0
Feldsalat	0	50	50	0,0	0	1	1	0,0
Endivie (Frisée)	0	90	90	0,0	0	0	0	-

Durch die EU-Osterweiterung hat sich die Gesamtzahl sowie der Anteil der samenfesten Gemüsesorten bei den meisten Gemüsearten wieder erhöht. Bei fast allen Arten ist in den neuen Ländern insgesamt noch ein geringerer Anteil an Hybriden vorhanden (Tabelle 2). Abbildung 4 zeigt die Anteile der Hybriden sowie samenfesten Sorten innerhalb der EU aufgeteilt nach alten und neuen Ländern.

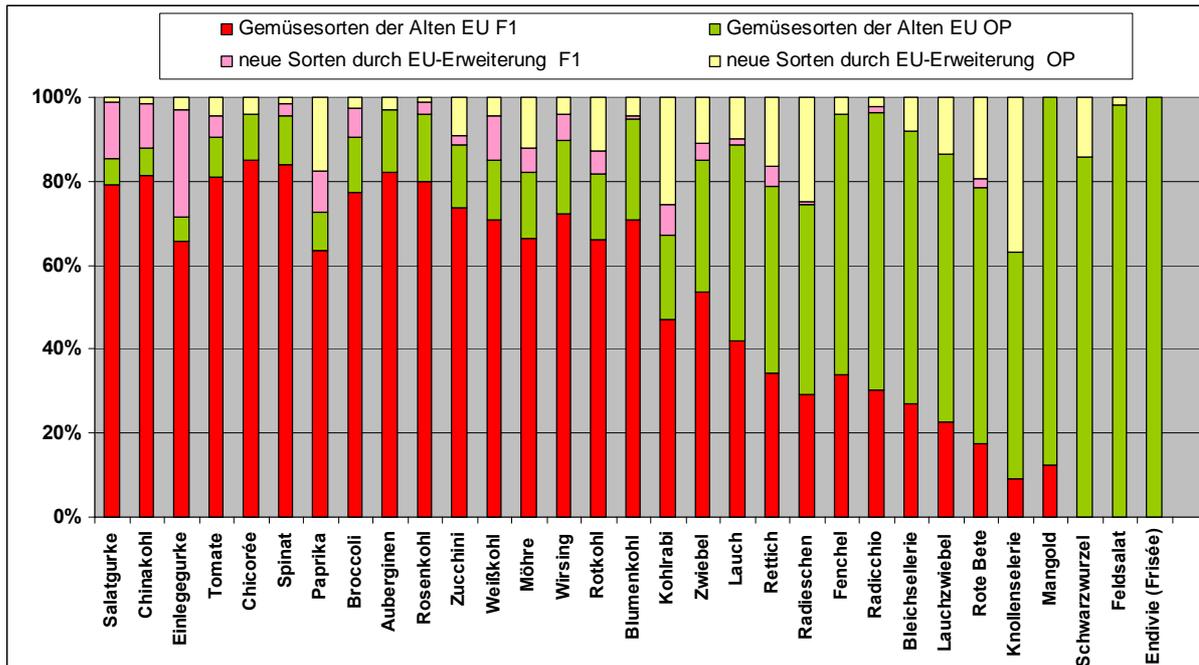


Abbildung 4: Anteile von samenfesten Sorten und Hybriden in den alten und neuen Ländern der EU

Quelle: Gemeinsamer Sortenkatalog für Gemüsearten der EU 2005

Biologisch dynamisch arbeitende Züchter stellen die Frage, ob die Hybridsorten einen Beitrag zur Agrobiodiversität leisten können (HENATSCH 2002). Denn ein Nachbau von Saatgut von Hybridsorten ist nicht möglich, der Gärtner muss das Saatgut jedes Jahr neu einkaufen (näheres dazu im Kapitel 9.1 Hybridzüchtung). Im Folgenden wird genauer untersucht und dargestellt, in welchem Umfang die Bedeutung der Hybridsorten zugenommen hat. Die absoluten Zahlen bzw. Anteile der Hybridsorten und der samenfesten Sorten im gemeinsamen Sortenkatalog der EU geben jedoch noch keinerlei Aussage über deren tatsächliche Bedeutung im Anbau. Lediglich die potentielle Verfügbarkeit der Sorten kann hierdurch dargestellt werden.

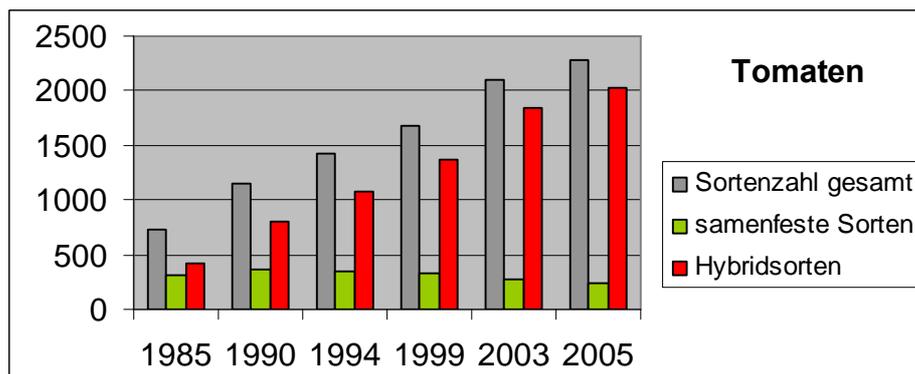


Abbildung 5: Entwicklung der Sortenvielfalt bei Tomaten

Quelle: Gemeinsamer Sortenkatalog für Gemüsearten der EU 1985 - 2005

Im untersuchten Zeitraum (1985 – 2005) ist ein kontinuierlicher Anstieg der Gesamtzahl der Tomatensorten festzustellen (Abbildung 5). Waren 1985 noch 727 Sorten vorhanden, so waren es 2005 bereits 2274. Diese Steigerung ist ausschließlich auf die Zunahme der Hybridsorten zurückzuführen, deren Anzahl sich im untersuchten Zeitraum nahezu verfünffacht hat. 1985 hatten die Hybridsorten einen Anteil von 58 %. Dieser ist bis 2005 auf 89% angestiegen.

Die Anzahl der samenfesten Sorten hat seit 1990 beständig abgenommen. In diesem Jahr waren noch 356 samenfeste Sorten registriert; 2005 waren es nur noch 243.

Da die Tomate ein Selbstbefruchter ist, waren Kombinations- und Auslesezüchtung zunächst die vorrangigen Zuchtverfahren. Trotzdem hat sich hier sehr früh (1970) eine Hybridzüchtung basierend auf Ausnutzung genisch-männlich steriler Linien (selten) oder manueller Kastration/Bestäubung (häufig) etabliert. Aufgrund der zwittrigen Blüten ist eine Handkreuzung sehr aufwendig und das Hybridsaatgut von Tomaten daher sehr teuer (BECKER 1993, 214). Vorteile der Hybridsorten sind Ernteverfrühung, Mehrertrag sowie einfachere Kombination von Resistenzen (NEUMANN 2005).

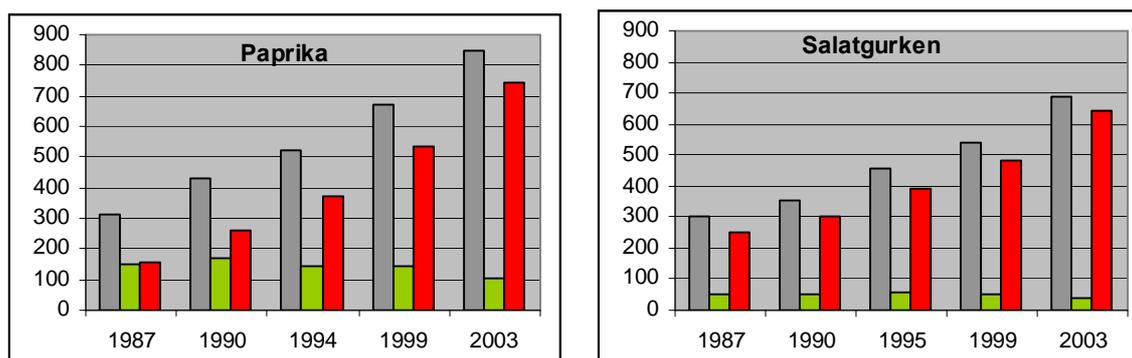


Abbildung 6: Entwicklung der Sortenvielfalt bei Paprika und Salatgurken

Quelle: Gemeinsamer Sortenkatalog für Gemüsearten der EU 1985 - 2003

Bei Paprika und Gurken sind die gleichen Entwicklungstendenzen wie bei Tomaten festzustellen (Abbildung 6).

An Hybridsystemen bei Paprika wurde weltweit bereits in den 1960er Jahren gearbeitet. Hybrideffekte wurden speziell bezüglich Ertrag, und Homogenität nachgewiesen (NEUMANN 2005). Paprikahybridsorten erlangen weltweit zunehmende Bedeutung. Sie sind in der Regel kräftiger im Wuchs und einheitlicher als samenfeste Sorten (GREENLEAF 1986, 114). Die ersten Paprikahybriden basierten auf Handkastration von Blüten der Mutterlinie und deren Handbestäubung mit dem Pollen der Vaterlinie. 1958 wurde von Peterson in einer indischen Sorte die erste männlich sterile Linie gefunden, basierend auf cytoplasmatischer DNA. Durch Verwendung dieser CMS in der Hybridzüchtung konnten die Kosten der F1-Saatgutproduktion erheblich gesenkt werden. Außerdem wird durch Verwendung männlich steriler Mutterlinien die Reinheit des F1-Saatgutes auf 100% gesteigert, da keine Selbstbestäubung mehr stattfinden kann (BERKE 2000, 49ff).

Heute sind die meisten Sorten F1-Hybriden erzeugt unter Nutzung blütenbiologischer Systeme wie der genischen männlichen Sterilität und CMS, aber auch manuelle Kastration und Bestäubung finden noch Verwendung (NEUMANN 2005).

Bei Gurken wurden erste Hybridsorten bereits 1933 in Japan bzw. 1945 in den USA gezüchtet. Durchschlagenden Erfolg brachte aber erst eine Hybridzüchtung von 1966 mit wesentlich höheren Erträgen als alle bis dahin gezüchteten samenfesten Sorten (ROBINSON 2000, 11). Seitdem haben Hybridsorten bei Gurken weltweit sehr schnell an Bedeutung gewonnen. In Europa sind diese seit den 70er Jahren verfügbar und haben schnell nahezu 100% des europäischen Marktes besetzt. Vorteile der Hybridsorten sind Leistungsfähigkeit und Formhomogenität sowie gute Kombinierbarkeit von Resistenzen. Die Hybriden werden unter Ausnutzung der Geschlechtervererbung (Monodiözie, Diözie), manueller oder hormoneller (Giberellin, Ethylen) Bestäubungslenkung erzeugt (NEUMANN 2005).

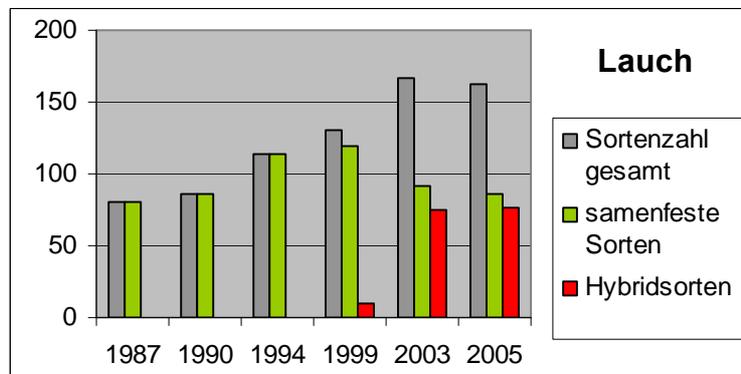


Abbildung 7: Entwicklung der Sortenvielfalt bei Lauch

Quelle: Gemeinsamer Sortenkatalog für Gemüsearten der EU 1985 - 2005

Bei Lauch ist in den Jahren 1990 - 2003 ein besonders starker Anstieg der Sortenzahl festzustellen (Abbildung 7). Die Gesamtzahl der Sorten hat sich von 80 (1987) auf 163 (2003) mehr als verdoppelt. Seit 2003 ist allerdings ein leichter Rückgang bei der Anzahl der Sorten festzustellen. Der Anstieg seit 1999 ist ausschließlich auf die Entwicklung von neuen Hybridsorten zurückzuführen. Die ersten Hybridsorten wurden 1999 in den gemeinsamen Sortenkatalog der EU aufgenommen. Mit einer Gesamtzahl von 10 (1999) bzw. 77 (2005) hat sich deren Anteil innerhalb von nur 6 Jahren von 8% auf 47% erhöht.

Gleichzeitig ist seit 1999 ein Rückgang an samenfesten Sorten zu verzeichnen. Von 120 samenfesten Sorten 1999 waren 2005 nur noch 86 in der Sortenliste vertreten.

Seit 1995 sind erste Hybridsorten am Markt. Diese basierten zunächst auf kerngenischer Sterilität. Bedingt durch die notwendige Selektion der ms-Linien, war die Herstellung jedoch aufwendig und das Saatgut sehr teuer (NEUMANN 2005).

Kostengünstigere Hybridzüchtung bei Lauch wurde erst möglich, nachdem es gelungen war, die bei der Zwiebel schon seit 1944 genutzte, natürlich vorkommende cytoplasmatische männliche Sterilität (CMS), auf den Lauch zu übertragen. Zuvor galt ein genetischer Austausch zwischen Arten verschiedener Alliumsektionen wegen sexueller Inkompatibilität als unmöglich bzw. sehr schwierig. Dies war vor allem deshalb der Fall, weil die Protoplastenregeneration bei einkeimblättrigen Pflanzenarten sehr schwierig ist (BUI TEVELD et al. 1997).

Die somatische Hybridisierung von Lauch x Zwiebel wurde von Buiteveld und anderen mittels Protoplastenfusion durchgeführt.

Auch auf sexuellem Wege gelang Peterka und anderen erstmals die Kreuzung von Zwiebel und Lauch. Aufgrund von Schwierigkeiten bei der Nährstoffversorgung der Bastardembryonen wurde hierbei auf die Methode der Embryokultur zurückgegriffen (PETERKA et al. 1998).

Die zurzeit vorhandenen Hybridsorten bei Lauch sind zu einem Teil aus sexueller Kreuzung, zu einem anderen Teil aus zuvor erfolgter Protoplastenfusion hervorgegangen.

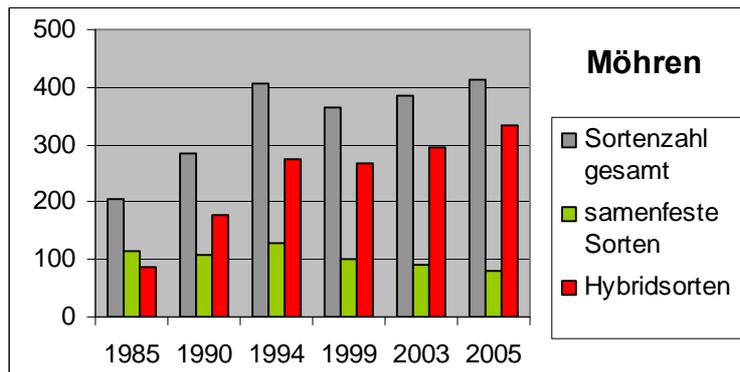


Abbildung 8: Entwicklung der Sortenvielfalt bei Möhren

Quelle: Gemeinsamer Sortenkatalog für Gemüsearten der EU 1985 - 2005

Auch bei Möhren sind heute doppelt so viele Sorten vorhanden wie vor 20 Jahren (Abbildung 8). Der besonders starke Anstieg der Gesamtzahl der Sorten in den Jahren 1985 – 1994 hat sich jedoch in den darauf folgenden Jahren nicht fortgesetzt. Nach einem Rückgang der Sortenzahl 1994 bis 1999 ist die Gesamtzahl bis heute wieder kontinuierlich gestiegen. Gleichzeitig ist seit 1994 ein kontinuierlicher Rückgang der samenfesten Sorten zu verzeichnen. Durch die starke Zunahme der Hybridsorten bei gleichzeitigem Verlust von samenfesten Sorten ist der Anteil der Hybridsorten von 1985 bis 2005 von 43% auf 81% gestiegen. Der Verlust an samenfesten Sorten ist bei Möhren noch nicht so gravierend wie bei anderen Gemüsearten. Die zunehmende Bedeutung der Hybriden wird jedoch auch hier deutlich.

Die ersten Hybridsorten bei Möhren kamen 1969 in den USA auf den Markt. Ihre Entwicklung basiert auf einer natürlich vorkommenden cytoplasmatischen männlichen Sterilität (KLOPPENBURG 1988, 125). Vorteile bringen diese Hybridsorten vor allem im Früh-

und Industriebau aufgrund ihrer Wüchsigkeit und Einheitlichkeit. In den 1960er Jahren erfolgte eine starke Fokussierung auf die Hybridzüchtung, insbesondere aus Gründen der Verbesserung der Homogenität und besseren Jungendwüchsigkeit sowie der Vitalität. Im kommerziellen Möhrenanbau sind heute überwiegend F1-Hybriden vertreten. Die Hybridzüchtung basiert derzeit auf zwei verschiedenen Systemen der kerngenisch-cytoplasmatischen männlichen Sterilität: dem petaloiden CMS-Typ und dem brown anther-CMS-Typ (NEUMANN 2005). Beim petaloiden CMS-Typ sind die Antheren durch einen zweiten Kreis von Blütenblättern ersetzt. Der brown anther-CMS-Typ ist durch schrumpfende braune Antheren gekennzeichnet (KUCKUCK 1979, 61)

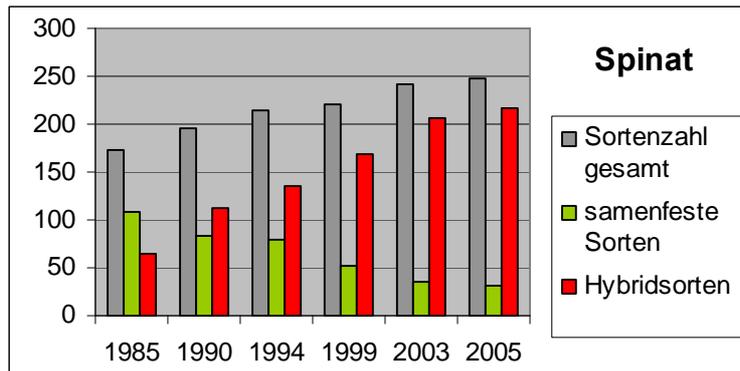


Abbildung 9: Entwicklung der Sortenvielfalt bei Spinat

Quelle: Gemeinsamer Sortenkatalog für Gemüsearten der EU 1985 - 2005

Seit 1985 ist beim Spinat ein kontinuierlicher, im Vergleich zu anderen Gemüsearten jedoch nur leichter, Anstieg der Sortenanzahl in der EU zu verzeichnen (Abbildung 9). Betrachtet man hier die Sortenentwicklung bei samenfesten Sorten und Hybridsorten, so ist folgendes festzustellen: Seit 1985 hat sich die Zahl der Hybriden von 64 auf 217 (2005) mehr als verdreifacht. Im gleichen Zeitraum hat sich die Zahl der samenfesten Sorten auf weniger als ein Drittel verringert, von 108 auf 31. Der Anteil der Hybridsorten ist von 37% 1985 auf 87% 2005 gestiegen. Unter den im Rahmen dieser Arbeit berücksichtigten Gemüsearten ist beim Spinat der Verlust von samenfesten Sorten am deutlichsten ausgeprägt.

Erste Hybridsorten beim Spinat kamen in den USA 1956 in den Handel. Bereits 1980 hatten dort die Hybridsorten einen Anteil von 80 % an der Gesamtanbaufläche beim Spinat (KLOPPENBURG, 1988). Die Entwicklung von Hybriden basiert beim Spinat auf der Zweihäusigkeit der Pflanze. Rein männliche und weibliche Blüten sind auf verschiedenen Individuen verteilt, so dass hierdurch eine Befruchtung zwischen zwei verschiedenen Pflanzen auf jeden Fall gewährleistet ist. Die Hybridsaatguterzeugung war jedoch zunächst sehr kostspielig, da alle männlichen Pflanzen aus der Mutterlinie vor der Blüte entfernt werden mussten (SNEEP 1962, 249). Später wurden monözische (einhäusige) Sorten gezüchtet. Ihre Selbstfertilität erleichtert die Entwicklung einheitlicher Inzuchtlinien als mütterlicher Partner. Monözische Sorten mit einem sehr geringen Anteil an männlichen Blüten wurden als Mutterlinie verwendet, diözische Sorten als Vaterlinie. Auf diese Weise wurde ein hoher Samenansatz gewährleistet und gleichzeitig die Bestäubung innerhalb der Mutterlinie auf ein Minimum begrenzt (KUCKUCK 1979, 82f).

Die Uniformität der Hybridsorten ist für die maschinelle Ernte und industrielle Verarbeitung von Vorteil. Über 85% der Spinatproduktion wird heute in der Verarbeitungsindustrie benötigt. (VOGEL 1996, 186)

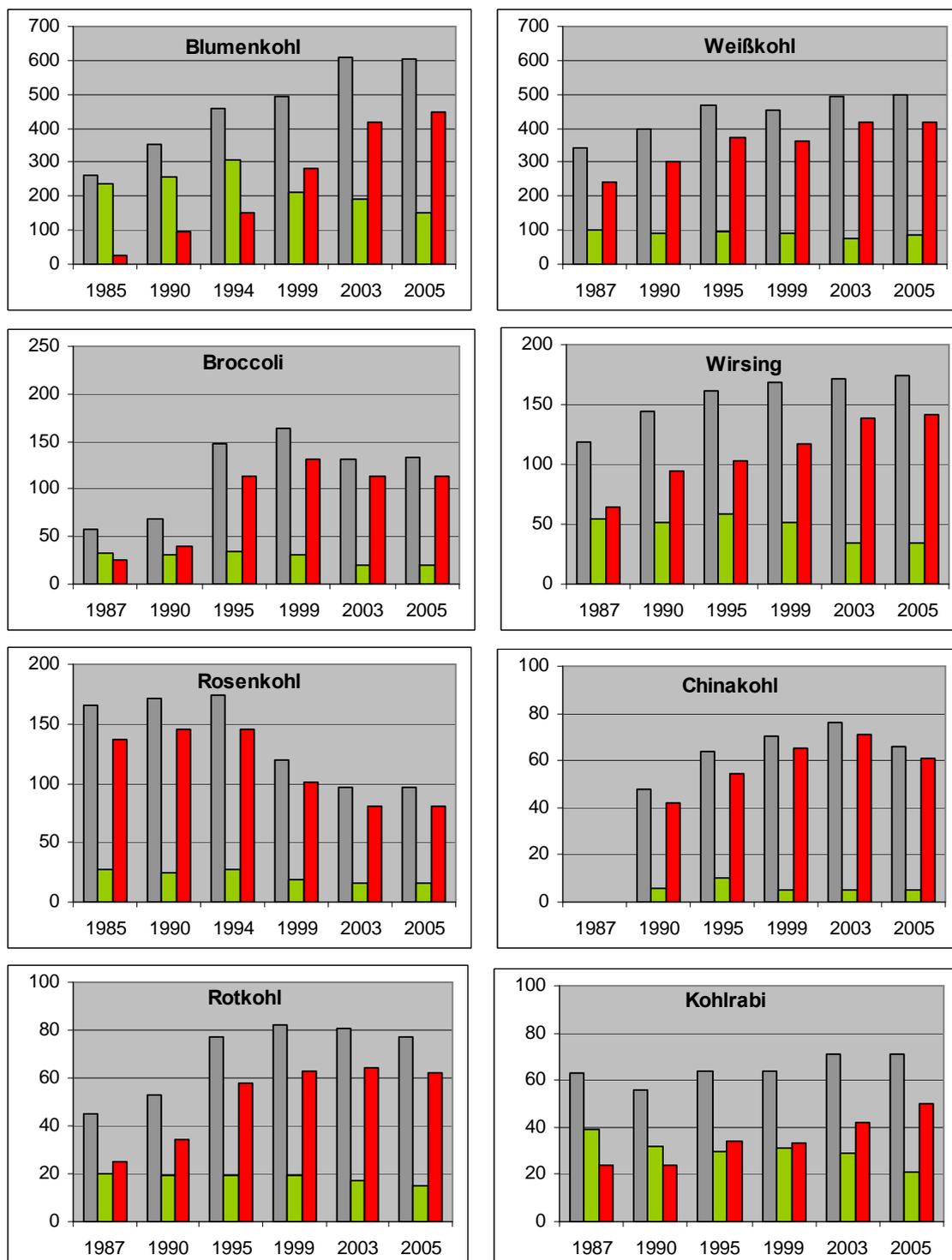


Abbildung 10: Entwicklung der Sortenvielfalt bei Kohl

Bei den Kopfkohlarten sind in etwa identische Entwicklungstendenzen festzustellen. Einem kontinuierlichen Anstieg der Zahl der Hybridsorten, welcher sich seit 1995 abschwächt, steht ein leichter aber stetiger Rückgang der samenfesten Sorten gegenüber (Abbildung 10). Der Anteil der Hybridsorten betrug 2005 83% bei Weißkohl, 81 % bei Wirsing und Rotkohl. Chinakohl wurde erst 1990 in den Sortenkatalog der EU aufgenommen. Der Anteil der Hybridsorten war hier von Anfang an sehr hoch und beträgt heute 93%. Bei Rosenkohl und Broccoli ist seit 1994 bzw. 1999 ein genereller Rückgang der Sortenvielfalt festzustellen. Sowohl die Zahl der samenfesten Sorten als auch die der Hybriden nimmt bei diesen Arten ab. Relativ konstant ist die Anzahl der Sorten bei Kohlrabi geblieben. Auch hier ist jedoch eine Zunahme von Hybridsorten sowie Abnahme der Anzahl samenfester Sorten festzustellen. Die stärkste Zunahme der Hybridsorten ist beim Blumenkohl zu verzeichnen. Hier betrug der Anteil der Hybridsorten 1985 gerade einmal 10%. Heute liegt dieser bei 75%.

Die erste Kohlhybridsorte wurde 1950 in Japan entwickelt (ZHIYUAN et al. 2000, 116). Seit den 1970er Jahren sind Hybridsorten in Europa auf dem Markt. Einer der ersten Anbieter war Syngeta Seeds, die 1970 die erste Hybridsorte bei Rosenkohl auf den Markt brachten. 1973 bzw. 1976 folgten Wirsing und Weißkohlsorten (OTT, 2005). Insbesondere Vorteile hinsichtlich der Einheitlichkeit von Form und Reifezeit führten zur schnellen Markteinführung.

Heute steht bei allen Kohlsorten die Hybridzüchtung im Vordergrund des züchterischen Interesses. Durch offenes Abblühen zweier Inzuchtlinien erhält man jedoch Hybridsaatgut mit einer Reinheit von nur 70%. Durch Züchtung selbstinkompatibler Linien konnte Hybridsaatgut mit höherem Reinheitsgrad gewonnen werden. In den 60er und 70er Jahren wurde die Selbstinkompatibilität intensiv zur Züchtung von Hybridsorten genutzt. Erst durch Nutzung männlich steriler Linien konnte eine 100%ige Reinheit des Hybridsaatgutes erzielt werden (ZHIYUAN 2000, 115ff). In jüngster Zeit wird auch cytoplasmatische männliche Sterilität (CMS) genutzt, die vom OGURA-Rettich in den Blumenkohl und auch andere Kohlarten übertragen wurde. Forschungen hierzu erfolgten schon seit den 70er Jahren besonders am französischen Nationalinstitut für Agrarforschung INRA. Das System ist inzwischen für die Kohlzüchtung verfügbar und wird für die Neuzüchtung verwendet (einfache Handhabung). Bei den meisten Kohlvarietäten dominieren F1-Hybriden derzeit noch auf Basis der Selbstinkompatibilität. Erste CMS-basierende Hybriden sind am Markt (NEUMANN, 2005).

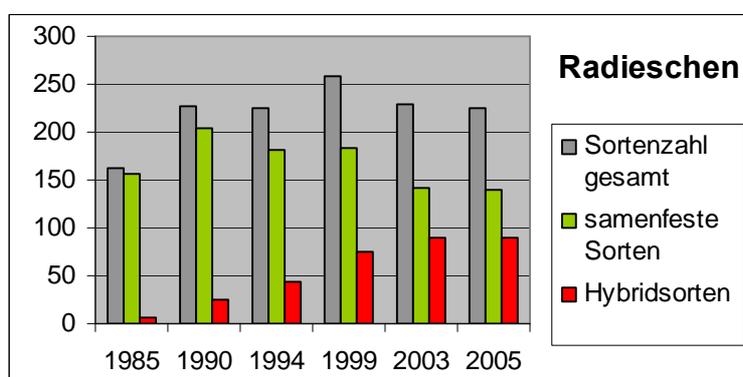


Abbildung 11: Entwicklung der Sortenvielfalt bei Radieschen

Bei Radieschen ist nach einer starken Zunahme der Sortenzahl 1985- 1990 die Gesamtzahl der Sorten relativ konstant geblieben (Abbildung 11). Die hohe Sortenzahl 1999 ist in erster Linie auf die Erweiterung der EU im Jahre 1995 zurückzuführen.

Die Zahl der Hybridsorten hat stetig zugenommen (von 6 Sorten 1985 auf 90 Sorten 2005). Ihr Anteil stieg von 6% (1985) auf 40 % (2005). Die Hybriden haben somit aber noch keine so große Bedeutung erlangt, wie dies bei anderen Gemüsearten der Fall ist.

In ähnlichem Maße wie die Anzahl der Hybridsorten zugenommen hat, ist die Zahl der samenfesten Sorten seit 1990 zurückgegangen. Die Gesamtzahl der samenfesten Sorten war 2005 mit 139 jedoch nur wenig geringer als 1985, als 156 Sorten im Sortenkatalog registriert waren.

Seit den 1970ern sind F1-Hybriden am Markt vertreten (NEUMANN 2005).

Wie beim Kohl ist auch beim Radieschen ein Selbststerilitätsmechanismus wirksam, der zunächst für eine Hybridzucht verwendet werden konnte. Beim Aufbau von Inzuchtlinien ist jedoch der Samenansatz noch geringer als beim Kohl. Aufgrund dieser Tatsache und wegen der relativ niedrigen Preise von Radieschensaatgut wurde zunächst die Entwicklung von Hybridsorten gehemmt (KUCKUCK 1979, 72)

Heute wird auch die in einzelnen Radieschen/Rettichsorten entdeckte (z.B. OGURA-Rettich) natürlicherweise vorkommende CMS für die Hybridzucht verwendet (KAISER 2004).

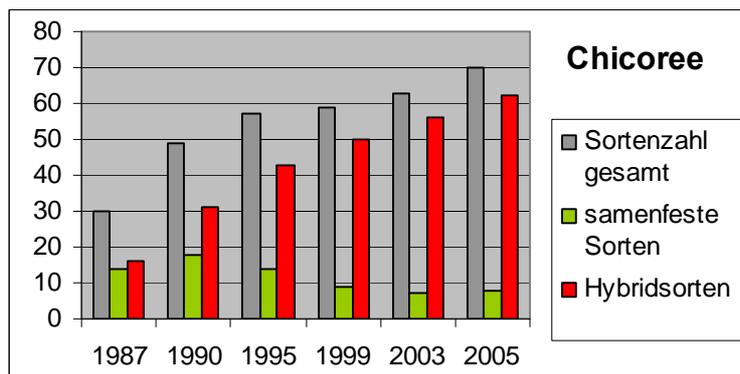


Abbildung 12: Entwicklung der Sortenvielfalt bei Chicoree

Quelle: Gemeinsamer Sortenkatalog für Gemüsearten der EU 1985 - 2005

Bei Chicoree hat sich die Gesamtzahl der Sorten von 1987 bis 2005 mit einem Anstieg von 30 auf 70 Sorten mehr als verdoppelt (Abbildung 12). Von 14 samenfesten Sorten 1987 bzw. 18 samenfesten Sorten 1995 waren im Jahr 2005 jedoch nur noch 8 im Sortenkatalog der EU vertreten. Der Anteil der Hybridsorten ist von 53% (1987) auf 89% (2005) gestiegen.

Untersuchungen zur Heterosis haben bei Chicoree insbesondere eine Ertragserhöhung sowie Verbesserung der Homogenität gegenüber samenfesten Sorten gezeigt. Die am Markt erhältlichen F1-Hybriden basieren auf SI-Systemen (Selbstinkompatibilität). Linien werden zum Teil über In-vitro-Verfahren erhalten. Erstmals wurden für die EU 1996 für die USA 1997 gentechnisch erzeugte männlich sterile Linien (Fa. Bejo Zaden, NL, RM3-3, RM3-4; RM3-6) zugelassen (NEUMANN 2005). Inwieweit diese in aktuellen Sorten präsent sind, ist aus den Sortenlisten nicht zu entnehmen.

Bei der Zwiebel ist eine grundsätzlich andere Entwicklung der Sortenvielfalt festzustellen, als bei allen anderen im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Gemüsearten (Abbildung 13). Die generelle Zunahme der Sortenanzahl basiert hier sowohl auf der Zunahme der Hybridsorten als auch auf der der samenfesten Sorten. Allerdings ist die Steigerung der Sortenzahl bei den Hybriden deutlich stärker. Sie hat sich mehr als verdreifacht von 115 Sorten (1987) auf 391 (2005), während die samenfesten Sorten im selben Zeitraum lediglich um gut 50% von 148 auf 230 Sorten zulegen. Der Anteil der Hybridsorten am gesamten Sortenspektrum erhöhte sich damit von 44% (1987) auf 63% (2005).

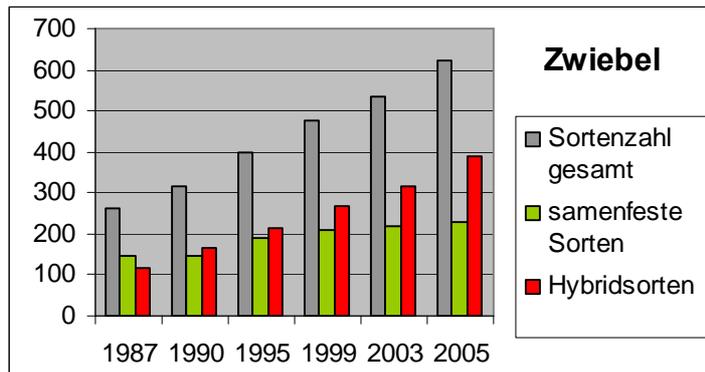


Abbildung 13: Entwicklung der Sortenvielfalt bei Zwiebel

Quelle: Gemeinsamer Sortenkatalog für Gemüsearten der EU 1985 – 2005

In den USA wurde unter Ausnutzung der natürlich vorkommenden CMS die erste Hybridsorte bereits 1944 entwickelt (KLOPPENBURG 1988, 123). Die erste kommerzielle Zwiebelhybride in Europa wurde 1953 produziert. Heute dominiert die auf kerngenisch-cytoplasmatischer männlicher Sterilität (CMS) basierende Hybridzüchtung (S- und T-Cytoplasma), insbesondere durch die bessere Homogenität der Hybridsorten (NEUMANN 2005). Die Gleichzeitigkeit der Abreife bei Hybriden erleichtert den Einsatz von Erntemaschinen (KUCKUCK 1979, 53)

Die genetischen und blütenbiologischen Voraussetzungen für die Züchtung von Hybriden sind bei der Zwiebel besonders günstig. Nach Selbstungen erhält man einen hohen Samenansatz, so dass weitgehend homozygote Elternlinien in drei bis fünf Generationen entwickelt werden können (KUCKUCK 1979, 53).

Für die Erzeugung von F1-Saatgut mit Hilfe von CMS müssen drei Linien erhalten werden. Die männlich sterile (A)Linie kann nur durch Bestäubung mit einer Ergänzungslinie (B) erhalten werden. Diese unterscheidet sich nur im Cytoplasma von der (A)Linie und ist pollenfertil. Die dritte (C) Linie ist schließlich die pollenfertile, durch Inzucht erzeugte Vaterlinie, welche sich genetisch deutlich von der A Linie unterscheidet (PATHAK 2000, 94f).

Infolge dieser aufwendigen Erhaltung dreier Linien sowie durch Inzuchtdepression verringertes Samenertrag ist das erzeugte Hybridsaatgut sehr teuer. Durch Erzeugung von Dreiwege-Hybriden (siehe Kapitel 9.1 Hybridzüchtung) kann der Samenertrag verbessert werden.

6 Entwicklung der Züchtungsmethoden

Durch Jahrtausende landwirtschaftlicher und gartenbaulicher Praxis ist eine große Vielfalt bei den Kulturpflanzen entstanden. Mit Entstehung der Vererbungslehre Ende des 19. Jahrhunderts wurde ein gezielteres Eingreifen in die Kulturpflanzen möglich. Für die Auslese von Linien und Sorten (Auslesezüchtung) wurde schon seit langer Zeit die Vielfalt der vorhandenen Landsorten genutzt. Später wurde die Kombinations- bzw. Kreuzungszüchtung entwickelt. Hierbei wurden auch Sorten aus anderen Ländern einbezogen. Auf diese Weise wurde die genetische Basis vergrößert. Mitte des 20. Jahrhunderts wurde die Hybridzüchtung entwickelt.

Mit der Einführung der Gentechnik in der Pflanzenzüchtung ist schließlich auch die Übertragung von Genen aus bisher nicht kreuzbaren Arten möglich geworden.

Bei der Auswahl einer Zuchtmethode muss zunächst die Blütenbiologie der betreffenden Gemüseart berücksichtigt werden. Es stellt sich die Frage, ob es sich bei der Gemüseart um Selbstbefruchter oder Fremdbefruchter handelt. Bei den Fremdbefruchtern wird zwischen obligaten mit Selbststerilität und fakultativen Fremdbefruchtern unterschieden. Außerdem muss berücksichtigt werden, ob bei erzwungener Selbstung in den Nachkommenschaften starke Inzuchtdepressionen auftreten oder nicht. In Tabelle 3 ist die Blütenbiologie einiger wichtiger Gemüsearten dargestellt.

Tabelle 3: Blütenbiologisches Verhalten von Gemüsearten in züchterischer Hinsicht

Art	Fremdbefruchter obligatorisch	Fremdbefruchter fakultativ mit Inzuchtdepression	Fremdbefruchter fakultativ ohne Inzuchtdepression	Selbstbefruchter
Bohne				x
Erbse				x
Feldsalat				x
Gartensalat				x
Tomate				x
Paprika			(x)	(x)
Feuerbohne			x	
Puffbohne			x	x
Gurke			x	
Spinat			x	
Möhre	x	(x)		
Sellerie	(x)		x	
Kohl	x	(x)	(x)	
Rettich, Radies	x		(x)	
Rote Bete	x	(x)		
Endivie			x	
Chicoree		(x)	(x)	
Zwiebel		x		
Porree		x		

Quelle: verändert nach KUCKUCK 1979

7 Grundzüge der ökologischen Pflanzenzüchtung

Zunächst ist es wichtig, zwischen Gewinnung von Saatgut und der Züchtung von Sorten zu unterscheiden. Ökologisch erzeugtes Saatgut wird schon von vielen Firmen angeboten. Seit dem 1.1.2004 wurden die Regelungen zur Verwendung von nicht ökologisch erzeugtem Saatgut mit Inkrafttreten der EU-Verordnung 1452/2003 wesentlich verändert. Hiernach ist eine Verwendung von konventionellem Saatgut in Biobetrieben generell nur noch nach vorheriger Ausnahmegenehmigung möglich. Bevor eine Genehmigung erteilt werden kann, muss die Nichtverfügbarkeit der entsprechenden Sorte oder Art anhand der Internet-Datenbank www.organicxseeds.de des Forschungsinstituts für biologischen Landbau (FiBL) nachgewiesen werden. Dort kann die aktuelle Verfügbarkeit ermittelt und für konventionelle Herkünfte ein Ausnahmegenehmigungsantrag gestellt werden. Für einige Arten und Sortengruppen gibt es eine allgemeine Genehmigung durch die Behörden. Etwa 500 Sorten Gemüse aus biologischer Vermehrung stehen zur Zeit zur Verfügung.

Diese werden in der Datenbank angezeigt. Die ökologische Qualität bezieht sich hier jedoch nur auf den Anbau der Elternpflanze in der letzten Generation. Laut EU-Verordnung 2092/91 muss die Pflanze, von der Saatgut geerntet wird, in der letzten Generation ökologisch angebaut worden sein. Wie die Sorte selbst entstanden ist, die Züchtungsmethode also, bleibt dem Anbauer unbekannt.

Als Folge der zunehmenden Konzentrationsprozesse auf dem internationalen Saatgutmarkt rückten bei der Züchtung die Kriterien Ertragsmenge, überregionale Anbaufähigkeit, Herbizidresistenz und Patentierung in den Vordergrund. Die Abhängigkeit von immer weniger Züchtungsunternehmen und die Tatsache, dass deren Züchtungsziele und -methoden dem ökologischen Landbau teilweise nicht entsprechen, wurde lange Zeit kaum wahrgenommen. Erst mit der Anwendung der Biotechnologie und Gentechnik in der Pflanzenzüchtung rückte diese Problematik stärker ins Bewusstsein. Teilweise abweichende Zuchtziele und Zuchtmethoden erfordern eine entsprechende Pflanzenzüchtung für den Öko-Landbau. Zudem muss eine erfolgreiche ökologische Züchtung von Anfang an unter dessen Anbaubedingungen durchgeführt werden (LAMMERT VAN BUEREN et al. 1999, 6). Langfristig wäre es für den ökologischen Landbau also nur konsequent, wenn auch die Züchtung der Sorten in biologisch wirtschaftenden Betrieben stattfinden würde. Züchtung im Bereich des ökologischen Landbaus bedeutet Selektion unter anderen Anbaubedingungen (nämlich den ökologischen) als dieses bisher üblich gewesen ist. Hierdurch kann eine bessere Anpassung an ökologische Anbaubedingungen stattfinden. Eine solche ökologische Pflanzenzüchtung gibt es bisher nur in kleinem Umfang. Diese wurde überwiegend von Vertretern der biologisch-dynamischen Wirtschaftsweise betrieben. Aufgrund des geringen Öko-Marktanteils ist eine Refinanzierung der Züchtung über Lizenzen aus Saatgutverkauf derzeit nicht realistisch. Die bestehenden Züchtungsinitiativen betreiben gleichzeitig Grundlagenforschung und finanzieren sich aus Spenden und Zuwendungen von Stiftungen. Zudem werden einzelne züchtungsrelevante Forschungsprojekte aus öffentlichen Mitteln finanziert. In den letzten Jahren begannen vereinzelt auch konventionelle Zuchtunternehmen, Sorten für den Öko-Landbau aus ihren Zuchtstämmen (sogenannte Low-Input-Sorten) zu selektieren. Man muss jedoch unterscheiden zwischen einer "Pflanzenzüchtung geeignet für den Einsatz im Ökolandbau", kurz "Pflanzenzüchtung für den Ökolandbau" und ökologischer Pflanzenzüchtung, welche unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus stattfindet.

In der Gemüsezüchtung gibt es im ökologischen Bereich bisher nur die Aktivitäten einzelner Züchter des Vereins Kultursaat e. V. (KAISER 2004, 4). Aus deren zehnjähriger Arbeit sind bisher 28 Sorten hervorgegangen, die eine Zulassung beim Bundessortenamt erhalten haben.

Die Zuchtziele der ökologischen Pflanzenzüchtung unterscheiden sich von denen der konventionellen in folgenden Punkten:

- **Nährstoffeffizienz:** Das bedeutet gutes Wachstum und Durchwurzelungsvermögen auch bei geringer bzw. mäßiger organischer Düngung, außerdem ein weit verzweigtes Wurzelsystem mit großer Wurzeloberfläche.
- **Toleranz gegenüber Krankheiten und Schädlingen:** Während in der konventionellen Züchtung vorwiegend auf Resistenzen gezüchtet wird, die z. T. schnell wieder durchbrochen werden, wird in der biologischen Züchtung die allgemeine Widerstandsfähigkeit und Toleranz angestrebt.
- **Geschmack:** Guter typischer Geschmack und eine besondere Ernährungsqualität wird besonders im ökologischen Landbau erwartet und vorausgesetzt. Aus diesem Grund wird der Geschmack in der ökologischen Züchtung besonders berücksichtigt.
- **Harmonisches Wachstum und Reifefähigkeit:** Hierdurch wird die Grundlage gebildet, um Schädlingen, Krankheiten sowie ungünstigen Witterungsbedingungen erfolgreich Widerstand zu leisten.
- **Samenfeste Sorten:** Nach dem Verständnis Biologisch-Dynamischer Züchtung ist Saatgut Kulturgut und nicht Wirtschaftsgut. Der Züchter übergibt seine samenfesten Sorten der Allgemeinheit. Aus verschiedenen Gründen wird der Einsatz von Hybriden in Frage gestellt (siehe Kapitel 9.1 Hybridzüchtung).

(LAMMERT VAN BUEREN et al. 1999, 19f; OPPERMAN et. al. 2001; WIETHALER 2000; Forschungsring für Biologisch-Dynamische Wirtschaftsweise 2004; Verein Kultursaat e.V. 2005)

Detaillierte Ziele der ökologischen Pflanzenzüchtung sollten für jede einzelne Kultur definiert werden. Die Bedürfnisse von Gärtnern, Handel und Konsumenten sind dabei einzubeziehen.

Die Richtlinien der EU zum ökologischen Landbau enthalten bisher kaum Ausführungen zum Thema Pflanzenzüchtung und -vermehrung. Welche Methoden in der ökologischen Pflanzenzüchtung eingesetzt werden dürfen, ist bisher in keiner Richtlinie festgelegt. Es existiert bisher lediglich ein Richtlinien-Entwurf, der die Eignung der verschiedenen Methoden für die ökologische Pflanzenzüchtung bewertet (Tabelle 4).

Tabelle 4: Einstufung verschiedener Techniken und Methoden in der ökologischen Pflanzenzüchtung

	Techniken für Induktion von Variation	Selektionstechniken	Erhaltung und Vermehrung
Geeignet für die ökologische Züchtung	<ul style="list-style-type: none"> - Kombinationszüchtung - Sortenkreuzung - Brückenkreuzung - Wiederholte Rückkreuzung - Temperaturbehandlung des Griffels - Gepfropfter Griffel - Abgeschnittener Griffel - Unbestrahlte Mentorpollen 	<ul style="list-style-type: none"> - Massenselektion - Pedigree Selektion - Standortorientierte Selektion - Wechsel der Umgebung - Wechsel der Saatzeit - Ährenbeetmethode - Testkreuzungen - Indirekte Selektion 	<ul style="list-style-type: none"> - generative Vermehrung - vegetative Vermehrung - Zerschneiden von Knollen - Abschuppen, Aushöhlen u. Zerteilen der Zwiebelpflanze, Brutzwiebelchen, Bulbillen - Clisters usw. - Ablegen, Stecken und Pfropfen der Triebe - Rhizome
Für die ökologische Züchtung zulässig, bedürfen aber der weiteren Überprüfung	<ul style="list-style-type: none"> - Embryokultur - Hybriden mit fruchtbarer F 1 - Ovarienkultur - In-vitro-Bestäubung 	<ul style="list-style-type: none"> - In-vitro-Selektion - DNA diagnostische Methoden 	<ul style="list-style-type: none"> - Antherenkultur - Mikrosporenkultur - Meristemkultur - schnelle In-vitro-Vermehrung - somatische Embryogenese
Für die Ökologische Züchtung unzulässig	<ul style="list-style-type: none"> - CMS-Hybriden ohne Restorerogene - Protoplastenfusion - Bestrahlung von Pollen zur Mutationsauslösung - Mutationsinduktion durch Bestrahlung oder chemische Substanzen - Gentechnische Modifikation 		

Quelle: AGÖL Richtlinien Entwurf, 2001, nach EDITH LAMMERTS VAN BUEREN

8 Für die ökologische Pflanzenzüchtung geeignete Methoden

Für eine ökologische Pflanzenzüchtung geeignet sind in erster Linie die traditionellen Züchtungsmethoden der Auslesezüchtung und Kombinationszüchtung.

8.1 Auslesezüchtung

Die erste Art der Pflanzenzüchtung, die über Jahrtausende von der Menschheit praktiziert wurde, war das Verfahren der Auslese. Es wurden aus allen angebauten Pflanzen jeweils die Individuen zur Saatgutgewinnung genutzt, die den Bedürfnissen der Menschen am ehesten entsprachen. Diese Methode wird als Massenauslese bezeichnet. Durch die Auslese wurden die Kulturpflanzen langsam aber stetig den menschlichen Bedürfnissen angepasst und verloren im Laufe der Zeit die typischen Wildpflanzenmerkmale ihrer Vorfahren.

Bei der Auslesezüchtung wird nur das ausgelesen und angereichert, was in den Populationen bereits an genetischer Variabilität vorliegt. Die Auslesezüchtung wird daher auch als Populationszüchtung bezeichnet. Ihr werden eine Vielzahl von Zuchtmethoden zugeordnet, die teilweise fließend ineinander übergehen. Im Rahmen dieser Arbeit sollen nur zwei wesentliche Methoden, die Massenauslese sowie die Individualauslese mit Prüfung der Nachkommenschaft, beispielhaft kurz beschrieben werden.

8.1.1 Massenauslese

Die einfachste denkbare Zuchtmethode ist die Massenauslese. Sie ist eine Auslese nach dem Phänotyp, das heißt dem äußeren Erscheinungsbild der Pflanze. Es wird dabei zwischen positiver und negativer Massenauslese unterschieden.

Bei der negativen Massenauslese werden die phänotypisch als schlechter empfundenen bzw. mit unerwünschten Eigenschaften versehenen Pflanzen entfernt und nur der bessere Teil vermehrt. Zur Entwicklung von neuen Sorten wird diese Methode heute jedoch nicht mehr eingesetzt. Lediglich im Vermehrungsanbau bereits bestehender Sorten findet sie noch Verwendung.

Bei der positiven Massenauslese werden alle dem Zuchtziel, also dem gewünschten Idealtyp, entsprechenden Pflanzen ausgelesen und gemeinsam als Population weitervermehrt. Dieser Vorgang wird über mehrere Jahre fortgesetzt. Für den Erfolg einer positiven Massenauslese ist bei Fremdbefruchtern entscheidend, ob die Auslese vor oder nach der Blüte durchgeführt werden kann. Schnelleren Erfolg verspricht die Selektion vor der Blüte, da sich dann nur die selektierten Pflanzen untereinander bestäuben können (BECKER 1993, 237). Bei den meisten Gemüsearten ist dieses auch problemlos möglich, da meist die vegetativen Pflanzenteile genutzt werden und die gewünschten Merkmale sich vor der Blüte zeigen. Nur beim Fruchtgemüse ist meist erst nach der Blüte eine Selektion möglich. Die positive Massenauslese benötigt dann wesentlich mehr Generationen, um zum gewünschten Ergebnis zu gelangen.

Schnellen Erfolg verspricht die Massenauslese nur dann, wenn es sich bei dem gewünschten Merkmal um ein monogen rezessiv vererbtes Merkmal handelt. In den meisten Fällen ist die Züchtung allein mit Hilfe der Massenselektion jedoch ein sehr langwieriger Prozess. Sie ist die Zuchtmethode, die der natürlichen Selektion am nächsten kommt.

8.1.2 Individualauslese mit Prüfung der Nachkommenschaft

Die Individualauslese mit Prüfung der Nachkommenschaft wird in der Literatur von verschiedenen Autoren auch als Pedigree-Selektion bezeichnet.

Bei dieser Methode beruht die Auslese auf der individuellen Prüfung der Nachkommenschaft von Einzelpflanzen. Diese werden zunächst genau wie bei der Massenauslese selektiert. Das Saatgut der selektierten Pflanzen wird aber nicht gemischt ausgesät, sondern für jede Pflanze getrennt.

Erst anhand der Nachkommenschaften der selektierten Einzelpflanzen wird entschieden, welche der zuvor selektierten Elternpflanzen zur weiteren Züchtung Verwendung finden. Die selektierten Einzelpflanzen werden also erst nachträglich anhand ihrer Nachkommenschaft beurteilt. In dem Maße wie die Nachkommen eine Aufspaltung der gewünschten Merkmale aufweisen, zeigen sie den Heterozygotiegrad der Elternpflanze an von der sie abstammen.

Während die Massenauslese eine Selektion nach dem Phänotyp darstellt, findet bei der Individualauslese eine Selektion nach dem Genotyp statt.

Bei Selbstbefruchtern ist das Prinzip der Individualauslese einfach. Es gelingt sehr schnell, festzustellen, ob die Nachkommenschaften der Einzelpflanzen homozygot sind oder weiter aufspalten.

Bei Fremdbefruchtern muss die Individualauslese mit einer Befruchtungsregulierung verbunden werden. Je nachdem, ob das Zuchtziel vor der Blüte oder erst danach erkennbar ist, werden hier unterschiedliche Maßnahmen ergriffen. Im ersten Fall kann das Entfernen aller nicht gewünschten Pflanzen und Linien unerwünschte Einkreuzung rechtzeitig verhindern. Im letzteren Fall wird die sogenannte Restsaatgutmethode angewandt. Hierbei wird vom Saatgut der selektierten Elitepflanzen zunächst nur ein Teil ausgesät und der andere Teil zurückbehalten. Die Beurteilung der Linien erfolgt aufgrund der Aussaat des ersten Teils. Zur Fortsetzung der Zucht wird nur das Restsaatgut derjenigen Linien verwendet, die sich aufgrund dieser Beurteilung als besonders leistungsfähig erwiesen haben bzw. die mit den gewünschten guten Eigenschaften versehen waren. Eine Bestäubung der gewünschten Linien durch unerwünschte kann so verhindert werden (BECKER 1993, 237f).

8.2 Kombinationszüchtung

Die Kombinationszüchtung ist neben der Hybridzüchtung eine Standardmethode in der heutigen Gemüsezüchtung. Sie wird in erster Linie bei Selbstbefruchtern angewandt. Bei diesen und bei vegetativ vermehrten Arten ist sie der wichtigste Weg zur Erzeugung genetischer Variabilität (BECKER 1993, 180). Dabei werden die einem gewünschten Zuchtziel entsprechenden Eigenschaften von zwei Sorten (bei wiederholten Einkreuzungen auch von mehreren Sorten) in einer Sorte vereint und zwar mit Hilfe einer künstlichen Kreuzung.

Nach der Wiederentdeckung der Mendelschen Vererbungsregeln, die die theoretische Grundlage für die Kombinationszüchtung lieferten, waren die Arbeiten E. v. Tschermak-Seyenegg eines ihrer Wiederentdecker sowie H. Nilsson-Ehles, Pionierarbeiten im schwedischen Züchtungsinstitut Svalöv, entscheidend für die schnelle Einführung dieser Methode in die Pflanzenzüchtung zu Beginn des 20. Jahrhunderts (SCHMALZ 1989, 211).

Zu Beginn jeder Kombinationszüchtung steht die sorgfältige Auswahl geeigneter Kreuzungspartner. Hierbei ist darauf zu achten, dass die Kreuzungspartner möglichst wenige

störende Eigenschaften einbringen. Außerdem sollten die beiden Kreuzungspartner genetisch möglichst verschieden sein und evtl. sogar aus verschiedenen Genzentren stammen.

Die künstlichen Kreuzungen können entweder im Feld oder besser im Gewächshaus unter kontrollierten Bedingungen erfolgen. Genaue Kenntnisse der Blütenbiologie der zu kreuzenden Arten sind erforderlich.

Bei Selbstbefruchtern sind zur Durchführung einer Kreuzung zwei künstliche Eingriffe nötig. Zunächst müssen die Staubgefäße der Mutterpflanzenblüte entfernt werden, bevor diese sich geöffnet haben. Anschließend erfolgt eine Bestäubung mit Pollen der Vaterpflanze.

Bei Fremdbefruchtern ist eine Kreuzung im allgemeinen sehr einfach, da hier die Befruchtung mit einer anderen Sorte erleichtert oder sogar zwingend nötig ist (bei Selbstinkompatibilität). Die beiden zu kreuzenden Pflanzen werden während der Blütezeit unter einer pollendichten Isolierhaube gehalten.

8.2.1 Art- und Sortenkreuzung

Dies sind Kreuzungen von Pflanzen mit Züchtungen aus anderen Klimazonen, mit Wildarten oder nahe verwandten Arten. Kreuzungen zwischen nahe verwandten Arten bereiten meist keine großen Schwierigkeiten. Wo die Möglichkeiten der Befruchtung eingeschränkt sind haben die Züchter jedoch einige Methoden entwickelt, um diese Kreuzungsbarrieren zu umgehen.

8.2.2 Brückenkreuzung

Sind zwei Sorten nicht direkt miteinander kreuzbar so ist es möglich, zunächst eine dritte Sorte mit einzubeziehen, die mit beiden Sorten teilkompatibel ist. Der gewünschte Kreuzungspartner wird zunächst mit dieser dritten Sorte gekreuzt und die Nachkommen werden nach den gewünschten Merkmalen selektiert. Die entstandene Zuchtlinie wird dann mit der vorgesehenen Sorte gekreuzt. Anschließend müssen mit vielen Rückkreuzungen möglichst viele der nicht gewünschten Merkmale entfernt werden.

Die Brückenkreuzung ist daher eine sehr zeitaufwendige Methode. Sie kann angewendet werden, wenn die gewünschten Merkmale einfach zu selektieren sind (FIBL-DOSSIER 2001).

In der Gemüsezüchtung findet die Brückenkreuzung zur Zeit Anwendung bei Tomate, Salat und verschiedenen Kohllarten (KAISER 2004).

8.2.3 Wiederholte Rückkreuzung

Wenn es darum geht, einer bestehenden Sorte durch Kreuzung nur ein einziges Merkmal einer anderen Sorte hinzuzufügen, wird die Methode der wiederholten Rückkreuzung eingesetzt.

Dabei wird die Sorte mit dem gewünschten zu übertragenden Merkmal als Donor, die Empfängersorte als rekurrenter Elter bezeichnet. Aus der F_1 -Generation, also dem Kreuzungsprodukt der beiden Sorten werden diejenigen Bastarde ausgewählt, die das gewünschte Merkmal tragen, und noch einmal mit dem Donor gekreuzt. Eine derartige Rückkreuzung wird in den folgenden Generationen mehrmals wiederholt. Auf diese Weise entsteht schließlich eine Sorte, die weitestgehend dem rekurrenten Elter entspricht, bereichert jedoch um die gewünschte positive Eigenschaft des Donors.

Die Auslese in den Rückkreuzungsgenerationen ist sehr einfach, wenn die von dem Donor zu übertragende Eigenschaft dominant ist. In diesem Fall sind in den Nachkommenschaften alle Träger des Merkmals direkt zu erkennen und können sofort für weitere Rückkreuzungen verwendet werden. Ist dagegen das zu übertragende Merkmal rezessiv, so ist es nötig durch Selbstungen zunächst die für weitere Rückkreuzung geeigneten heterozygoten zu ermitteln. Wenn die Selbstungsnachkommen in Bezug auf das Merkmal aufspalten, so muss die Ausgangspflanze heterozygot gewesen sein (BECKER 1993, 184ff).

Handelt es sich bei dem Donor um eine Wildform, so können sehr viele Rückkreuzungen nötig sein, da selbst ein kleiner Anteil des Donorgenoms noch viele Gene mit unerwünschten Effekten enthalten kann.

Durch Rückkreuzung konnten viele Sorten gezüchtet werden die eine hohe Toleranz gegenüber biotischen und abiotischen Stressfaktoren aufweisen. Bei Salat und Tomaten wurden mit Hilfe dieser Methode Resistenzen gegen Krankheitserreger übertragen (FiBL DOSSIER 2001). Auch bei verschiedenen Kohlarten wird die wiederholte Rückkreuzung angewandt (KAISER 2004; LOGGMAN 2005).

9 Für die ökologische Pflanzenzüchtung nur bedingt geeignete Methoden

Dies sind in erster Linie die Hybridzüchtung sowie Methoden der Pflanzenzüchtung auf der Ebene der Zelle bzw. des Pflanzengewebes, denn die hierbei angewandte Labortechnik mit erzwungener Entwicklung unter sterilen und künstlichen Bedingungen ist nicht im Sinne einer biologischen Pflanzenzüchtung. Hier soll die Vermehrung in jeder Phase generativ und auf der Pflanze stattfinden. Die Pflanze soll während der Züchtung in Wechselwirkung mit der Umgebung stehen, für die sie gezüchtet wird, denn die Umgebung ist ein nicht unerheblicher Einflussfaktor in der Züchtung. Schließlich sollen die Pflanzen fruchtbar und die Sorten beständig sein, was bei der Hybridzüchtung nicht der Fall ist (BAUER, HENATSCH 2000) (LAMMERTS VAN BUEREN et al. 1999, 6f).

9.1 Hybridzüchtung

Erste Versuche zur Hybridzüchtung an Mais wurden bereits 1909 in den USA abgeschlossen. In Europa hat die Hybridzüchtung dagegen erst nach dem zweiten Weltkrieg begonnen. Die erste Hybridsorte beim Mais erschien hier erst in den Jahren 1956 – 1960 (BUNDESVERBAND DT. PFLANZENZÜCHTER E.V 1987).

Mithilfe der Hybridzüchtung können sehr ertragsstarke und einheitliche Sorten gezüchtet werden. Hierfür werden zwei getrennte Inzuchtlinien über mehrere Generationen gezüchtet bis diese Linien homozygot sind. Diese fortgesetzte Inzucht erzeugt Linien mit reduzierter Vitalität. Sie sind manchmal degeneriert und weisen viele genetische Defekte auf. Werden die Elternlinien jedoch miteinander gekreuzt, tritt in der nächsten Generation der Heterosiseffekt auf. Die entstandenen F1 – Hybriden sind ausgesprochen einheitlich und ertragreich.

Dieser Effekt hält sich jedoch nur in der ersten Generation, denn aufgrund der Heterozygotie der F1 kommt es bereits in der Folgegeneration zu einer Aufspaltung der positiven Eigenschaften. Je andersartiger die genetischen Erbkomponenten sind, desto höher ist der Heterozygotiegrad. Insbesondere bei Fremdbefruchtern besteht eine hohe Abhängigkeit der Leistung vom Grad der Heterozygotie. Gegenüber den unkontrolliert, durch offenes Abblühen entstehenden Populationssorten, kann bei Hybridsorten eine wesentliche Steigerung des Heterozygotiegrades und somit der Leistung erreicht werden (HAUG 1990).

Wenn die Inzuchtlinien nur eine geringe Wüchsigkeit besitzen, ist der Hybridsamenertrag nur mäßig. Um diesem Nachteil entgegenzuwirken, wurden insbesondere bei der Maiszüchtung sogenannte Doppelhybriden entwickelt (KUCKUCK 1985, 64f).

Einfachhybriden entstehen aus der kontrollierten Kreuzung zweier Inzuchtlinien (AxB), Das Kreuzungsprodukt zweier Einfachhybriden wird als Doppelhybride bezeichnet (AxB) x (CxD). Bei der Kreuzung einer Einfachhybride mit einer Inzuchtlinie entstehen Dreiwegehybriden (Abbildung 14).

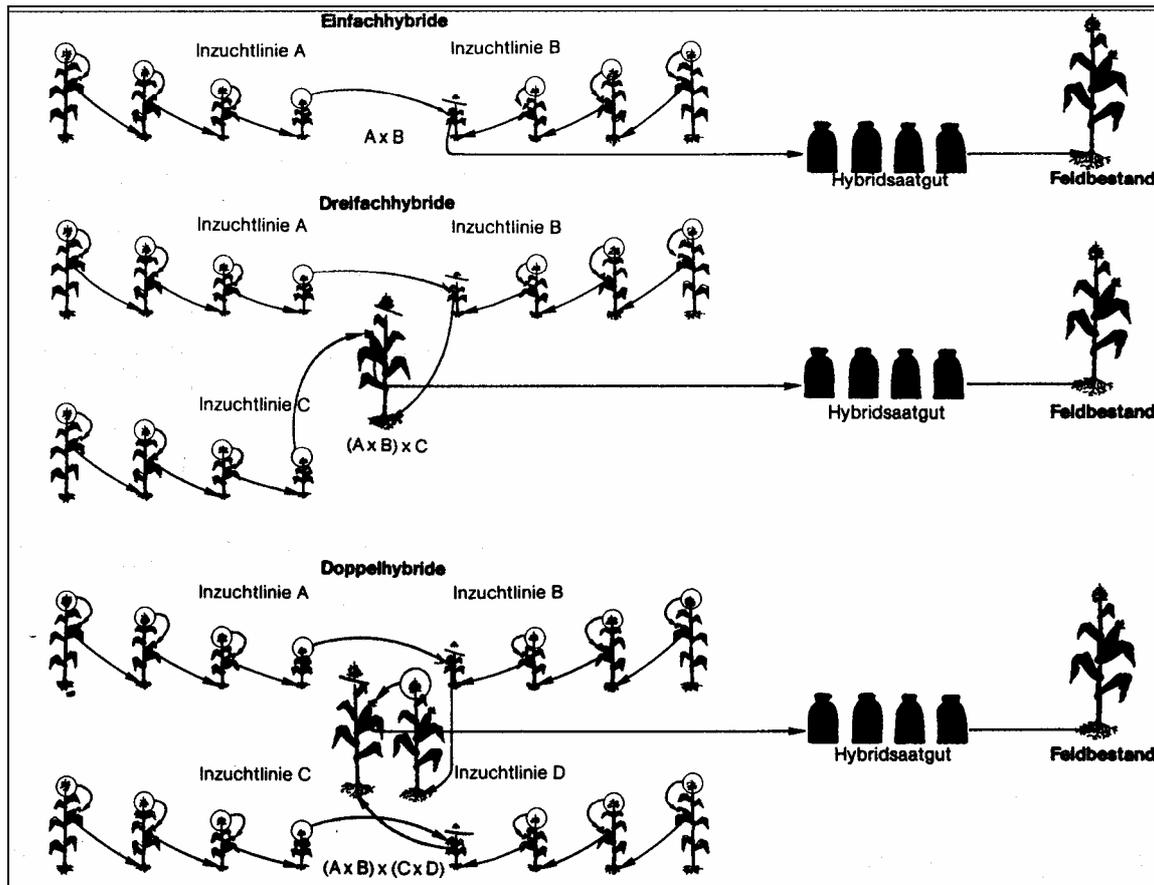


Abbildung 14: Schema der Hybridzüchtung bei Mais

Quelle: nach Lexikon Landwirtschaft (ALSING 2002)

Aufgrund der taxonomischen Vielfalt der Gemüsearten sind auch die züchtungsmethodischen Voraussetzungen für eine Hybridzüchtung sehr differenziert. Die Saatguterzeugung bei Hybridsorten ist bei diözischen Pflanzen am einfachsten. Bei den Gemüsearten sind hier Spargel und Spinat zu nennen. Die beiden zu kreuzenden Elternlinien können bei diesen Arten streifenweise angebaut werden. Rechtzeitig vor der Blüte müssen dann alle männlichen Pflanzen aus der Mutterlinie entfernt werden. Auf diese Weise wird erreicht, dass diese nur von Pflanzen der Vaterlinie bestäubt wird.

Die meisten Gemüse- und Nutzpflanzenarten sind jedoch zwittrig oder monözisch. Bei diesen Arten erfolgt die Hybridsaatguterzeugung durch Kastration oder männlich sterile Linien (KAUL 1988).

Die Kastration kann mechanisch oder chemisch erfolgen. Die mechanische Kastration kommt jedoch nur bei Arten mit getrennten weiblichen und männlichen Blütenständen in Betracht (HAUG 1990). Dies ist zum Beispiel bei Mais, Kürbis, Gurken und Melonen der Fall.

Der wichtigste Hybridmechanismus bei zwittrigen Arten ist die cytoplasmatisch vererbte männliche Sterilität (CMS). Sie kommt im Bereich der Gemüsearten bei Möhren, Rote Bete, Zwiebeln, Radies, Rettich und Zuckermais natürlicherweise vor (KAISER 2004).

Mittels CMS erzeugtes Hybridsaatgut ist bei Zwiebeln seit 1944, bei Möhren seit 1969 verfügbar (KLOPPENBURG 1988, 125).

Diese Sterilität wird durch cytoplasmatische Gene induziert und kann durch dominante Kerngene wieder aufgehoben werden. Zuerst entdeckt wurde die CMS 1943 bei der Zwiebel von Jones und Starke (BUNDESVERBAND DT. PFLANZENZÜCHTER E.V 1987).

CMS – Pflanzen enthalten leere, stark degenerierte Antheren. Dadurch sind sie während der Blüte leicht von pollenschüttenden Formen unterscheidbar.

Bei Bestäubung mit Pflanzen ohne Restorer genen bleibt die CMS in allen Nachkommen erhalten. Kerngene, die die Pollensterilität erhalten, bezeichnet man als Maintainer, solche, die die Pollenfertilität wieder herstellen, als Restorer. Letztere vererben dominant.

Die für eine Hybridzüchtung notwendigen Systeme zur Befruchtungsregulierung können am einfachsten in einer Kastration einer Linie von Hand bestehen. Häufig werden jedoch Systeme der cytoplasmatischen männlichen Sterilität (CMS) genutzt. Weiterhin gibt es Systeme der Selbstinkompatibilität (SI), oder in Spezialfällen der genischen männlichen Sterilität (GMS), auch chemische Befruchtungsregulierung mit Gametoziden existiert. Außerdem gibt es gentechnische Ansätze, Pollensterilität zu erzeugen (Chicoree).

In der Hybridzüchtung werden oft nur einige wenige bewährte Inzuchtlinien in einer großen Anzahl von Hybriden verwendet. Bei der Verwendung von CMS ist oftmals nur eine Plasmaquelle verfügbar. Daher enthalten dann nahezu alle Hybridsorten einer Art das gleiche Plasma. Diese Tatsache hat in den 70er Jahren zu einem verheerenden Befall mit *Helminthosporium maydis* und damit verbundenen massiven Ernteausfällen geführt (KLOPPENBURG 1988, 122).

Heute sind bei nahezu allen Gemüsearten Hybridsorten verfügbar und setzen sich mehr und mehr durch. Lediglich bei den Selbstbefruchtern Bohnen, Erbsen und Kopfsalat sind bisher noch keine Hybridsorten auf dem Markt.

Gegen die Verwendung der Hybridisierung in der biologischen Züchtung spricht die Tatsache, dass bei mehrfacher Inzucht bei Arten mit Inzuchtdepression verkrüppelte schwachwüchsige Pflanzen entstehen, welche unter biologischen Anbaubedingungen nicht überleben würden. Außerdem wird der Ernährungswert von Hybriden kontrovers diskutiert (Fibl Dossier 2001, 9). Auch bedeutet die Verwendung von Hybridsaatgut eine gesteigerte Abhängigkeit der landwirtschaftlichen Betriebe von den Saatzuchtkonzernen, da die Bauern und Gärtner gezwungen sind, immer wieder neues Saatgut zu kaufen. Schon bisher wird in den Demeter-Richtlinien vom Anbau von Hybriden abgeraten. Die bei der Hybridzüchtung zu beachtenden züchtungstechnischen Maßnahmen (Erzeugung einer cytoplasmatischen Pollensterilität des einen Elters -CMS, Bereitstellung von Linien mit Maintainer- und Restorer-Eigenschaften zur Erhaltung der Inzuchtlinien sowie Überwindung der Pollensterilität) sind künstliche Maßnahmen, die die lebendigen Fortpflanzungsvorgänge aus ihrem natürlichen Zusammenhang herauslösen (HAGEL 2001).

Schließlich ist auch noch ein kultureller Aspekt zu erwähnen: Saatgut ist seit Entstehung der Kulturpflanzen (5000-2000 v. Chr.) Kulturbegleiter des Menschen. Durch Generationen hindurch veränderten sich die Sorten und passten sich immer wieder neu an veränderte Umgebung und Anbaubedingungen an. Bei hybriden Sorten ist diese Wandlungsfähigkeit nicht gegeben, denn die F1 Sorten werden nur für eine Generation - immer wieder neu - erstellt, die Sorten als solche können sich nicht weiter entwickeln. Damit tragen sie kaum zur Biodiversität der Kulturpflanzen bei.

9.2 Antheren - / Mikrosporenkultur

Hier werden unreife Antheren aus der Blüte entnommen und auf einem Nährmedium kultiviert. Es entstehen dabei zunächst haploide Gewebekulturen und schließlich haploide Pflanzen. Diese werden wiederum mit Colchizin behandelt, und es entstehen durch die Chromosomenverdopplung diploide Pflanzen, die rein homozygote Linien darstellen (BECKER 1993, 172f). Auf diese Weise können auch heterozygote Fremdbefruchter in den homozygoten Zustand überführt werden. Hierdurch erhält man schnell Ausgangsmaterial für eine folgende Hybridzüchtung. Über viele Generationen hinweg erforderliche Inzuchtarbeit kann so entfallen. Auch bei Selbstbefruchtern lässt sich mit Hilfe dieser Methode der Züchtungsgang erheblich verkürzen. Es ist jedoch noch nicht bei allen Gemüsearten möglich, haploide Pflanzen in der für die Züchtung benötigten Anzahl herzustellen.

Die Mikrosporenkultur ist eine Weiterentwicklung der Antherenkultur. Statt der unreifen Antheren werden hier nur die Mikrosporen (Pollenkörner) kultiviert.

Die Antheren bzw. Mikrosporenkultur wird in der Züchtung von Tomate, Paprika und Kohl eingesetzt (KAISER 2004; LOOGMAN 2005).

9.3 Ovarien - / Embryokultur

Die Ovarien-/ Embryokultur ist eine Möglichkeit der Pflanzenregeneration. Sie wird dann genutzt, wenn durch Kreuzung kein keimfähiger Samen gebildet wurde, sich also trotz erfolgreicher Befruchtung kein reifer Samen entwickelt. Dabei wird der junge Embryo isoliert und auf einem Nährmedium angezogen, anschließend in Erde übertragen, wo er zu einer normalen Pflanze heranwächst.

Bei der Embryokultur werden die Embryos aus befruchteten Blüten isoliert. In Fällen, wo die Isolierung kleiner und unreifer Embryonen zu schwierig ist, findet die Ovarienkultur Anwendung. Hierbei werden isolierte Samenanlagen oder sogar Fruchtknoten in Scheiben geschnitten auf dem Nährmedium in Kultur genommen (HESS 1992).

Mit Hilfe der Ovarien-/ Embryokultur ist es möglich, Art- und Gattungskreuzungen zu erhalten, die früher weder in der Natur noch experimentell realisiert werden konnten. Es können unter Zuhilfenahme dieser Methode wesentlich mehr Kreuzungen erreicht werden, als mit Standardkreuzungen.

In der Gemüsezüchtung wird Embryokultur derzeit bei Tomate, Paprika, Salat, Erbsen und Kohl genutzt (KAISER 2004). Bei Tomaten und Paprika ist ein Großteil der heute verfügbaren Sorten mit Hilfe von Embryokultur gezüchtet worden. Am häufigsten wird die Methode verwendet, um Resistenzen aus Wildarten einzukreuzen (LAMMERT VAN BUEREN et al. 1999, 54; FiBL-DOSSIER 2001). Bei Kürbis wurde das Verfahren der Embryokultur bereits 1955 erfolgreich von F. WEILING durchgeführt (OEHLER 1958, 571).

9.4 Polyploidisierung

Die Polyploidiezüchtung ist eine Form der Mutationszüchtung. Sie wird auch als Genommutation bezeichnet. Dabei entstehen durch Vervielfachung des gesamten Chromosomensatzes polyploide Pflanzen. Hierbei werden zwei Formen unterschieden: Polyploide, die aus einer einzigen diploiden Stammform entstanden sind, bezeichnet man als Autopolyploide. Sind sie hingegen das Ergebnis einer Kreuzung zweier Stammformen, so spricht man von Allopolyploidie. Polyploidie kann künstlich erzeugt werden aber sie kann

auch auf natürliche Weise spontan auftreten. Die Allopolyploidie hat in der Evolution vieler Wildpflanzen eine wichtige Rolle gespielt. Die in der Natur vorkommenden polyploiden Formen weisen häufig im Vergleich zu ihren Stammformen vergrößerte Wuchsform in allen Organen auf. Aus diesem Grund setzte man große Erwartungen in die künstliche Erzeugung polyploider Kulturpflanzen (BECKER 1997, 171ff).

1937 wurde die Wirkung des in der Herbstzeitlosen (*Colchicum autumnale*) vorkommenden Alkaloids Colchicin entdeckt. Dieses bewirkt in der Zellteilung bei der Mitose eine Ausschaltung des Spindelfasermechanismus. Die Längsspaltung der Chromosomen findet zwar noch statt, nicht aber die Verteilung der Hälften auf die Tochterzellen. Es entstehen in der Folge Zellen mit doppeltem Chromosomensatz. Werden Samen oder Meristemstücke mit Colchizin behandelt, so können diese zu einer Pflanze mit doppeltem Chromosomensatz heranwachsen.

Neben den züchterischen Vorteilen kräftigerer Organe und größerer Pflanzen ergeben sich auch Nachteile. Die Fertilität Polyploider ist vermindert. So ist in den ersten Generationen nach der Behandlung mit erhöhter Sterilität zu rechnen. Oftmals beschränkt sich der Riesenwuchs nur auf eine Vergrößerung der Zellen und nicht der Gesamtpflanze. Wenn die Ausgangsformen bereits eine hohe Chromosomenzahl aufweisen, so tritt bei Verdopplung oftmals ein Leistungsabfall ein.

Die großen Erwartungen, die man in die Züchtung polyploider Pflanzen gesetzt hat, konnten nur zum Teil erfüllt werden. Eine bedeutende Rolle spielt die Polyploidiezüchtung im Bereich der Zierpflanzen.

Durch Kreuzung einer diploiden Sorte mit einer tetraploiden entstehen triploide Formen. Diese sind generell steril und bilden keine Samen aus. Dieses Phänomen wurde bei der Züchtung kernloser Wassermelonen genutzt (KUCKUCK 1985, 111).

Im Bereich Gemüse findet die Polyploidisierung heute außerdem Anwendung in der Züchtung bei Radies (KAISER 2004). Die Qualität tetraploider Radies ist wegen der geringeren Verholzung häufig besser.

10 Für die ökologische Pflanzenzüchtung ungeeignete Methoden

Alle Richtlinien zum Ökolandbau (gesetzlich oder privatrechtlich, national wie international) enthalten den Ausschluss gentechnisch veränderter Organismen. Aus diesem Grund können auch Züchtungstechniken, die mit gentechnischen Maßnahmen arbeiten, nicht in einer biologischen Pflanzenzüchtung eingesetzt werden. Die Protoplastenfusion gilt als Biotechnologie, wird von verschiedenen Seiten jedoch auch als „kleine Gentechnik“ bezeichnet, da natürliche Kreuzungsbarrieren mit dieser Methode überschritten werden. Die Mutationszüchtung ist aufgrund der Anwendung von giftigen Substanzen bzw. Strahlung für eine ökologische Pflanzenzüchtung ungeeignet (Fibl-Dossier 2001, 10).

10.1 Mutationszüchtung

Unter Mutationszüchtung versteht man die künstliche Induzierung von Genmutationen und der sich daran anschließenden Selektion von Mutanten. Diese Mutanten werden entweder als neue Sorten direkt genutzt oder, was weitaus häufiger der Fall ist, in der Kreuzungszüchtung weiter verwendet.

Die künstliche Induzierung von Mutationen kann durch Strahlung oder chemische Substanzen erfolgen. Die ältere Methode ist die Bestrahlung. Dabei werden Röntgenstrahlen aber auch andere Arten von Strahlung, z. B. Neutronen, eingesetzt. Viele chemische Substanzen sind einsetzbar. Am häufigsten wird hier Ethylmethansulfonat (EMS) eingesetzt. Durch die Behandlung kann die natürliche Mutationsrate auf das 100fache angehoben werden, eine gezielte Mutation bestimmter Gene ist jedoch nicht möglich.

Die Mutationsauslösung kann an verschiedenen Pflanzenteilen erfolgen. Am einfachsten ist es, Samen zu bestrahlen oder sie in eine Lösung der chemischen Substanz zu legen.

Die meisten Mutationen sind rezessiv und daher als solche bei den behandelten Pflanzen nicht direkt sichtbar. Erst nach einer Selbstung, wenn zwei rezessive Allele in einer Pflanze kombiniert sind, können die mutierten Pflanzen in der Nachkommenschaft selektiert werden.

Die hohen Erwartungen an die Mutationszüchtung haben sich nicht erfüllt. Heute wird diese Technik nicht mehr häufig eingesetzt (BECKER 1993, 165ff). In der Gemüsezüchtung spielt die Mutationszüchtung nur eine sehr untergeordnete Rolle (OTT 2005).

10.2 Protoplasten- / Cytoplastenfusion

Zur Übertragung der natürlich vorkommenden CMS auf andere Arten wird die Protoplastenfusion eingesetzt. So wurde bei Brassicaceen die für die Hybridzüchtung so wichtige cytoplasmatische Sterilität aus *Raphanus* in *Brassica* übertragen (EARLE, DEMARLY 1982). Andere Beispiele in der Gemüsezüchtung sind die Übertragung der CMS von der Sonnenblume auf Endivien sowie von der Zwiebel auf den Lauch (KAISER 2004).

Die Methode der Protoplastenfusion wurde erstmals 1973 von Keller und Melchers vorgestellt. Mithilfe von Chemikalien brachten diese Tabakprotoplasten verschiedener Herkunft zur Fusion (ODENBACH 1997).

Die Isolation der Protoplasten aus dem Pflanzengewebe wird durch Zugabe zweier Enzyme erreicht. Pektinase führt zur Auflösung der Mittellamellen und Cellulase zur Ablösung der Zellwände. Damit die Protoplasten nicht platzen, muss die Aufbereitung und Kultur

grundsätzlich in hypertonischen Medien erfolgen. Das heißt, der osmotische Wert der Außenlösung muss höher sein als der Turgor der Zelle (KUCKUCK 1985, 154).

Zur Erlangung der Fusion der Protoplasten wird meist eine Mischung aus Polyethylenglycol, Kaliumnitrat und Dimethylsulfoxyd eingesetzt. Unter dem Einfluss hoher pH-Werte (8 – 10), hoher Ca-Konzentration sowie der Anwesenheit von Polyethylenglycol (5 – 25%) kommt es zunächst zur Zelladhäsion, dann zur Membranfusion und in einzelnen Fällen auch zur Kernfusion (MENCZEL, WOLFE 1984).

Eine weitere Methode der Protoplastenfusion ist die Elektrofusion. Hierbei werden die Protoplasten zuerst in einem Wechselstromfeld in einen engen Membrankontakt gebracht. Anschließend werden für wenige Millisekunden Gleichstromimpulse hoher Intensität appliziert. Je nach Abstand der Elektroden, zwischen denen die Protoplasten liegen, beträgt die Spannung 20 – 1000V (ZIMMERMANN, SCHEURICH 1981).

Durch den Stromimpuls entstehen wahrscheinlich im Bereich des Membrankontaktes Durchbrüche in den Membranen. Durch Verheilung der Membranen benachbarter Protoplasten kommt es dann anschließend zu einer Fusion der Protoplasten. Dabei verschmelzen auch die Vakuolen zu einer Vakuole. Eine Kernfusion erfolgt meist nicht sofort. Dieses ist vielmehr ein Prozess, der sich über mehrere Tage hinziehen kann.

Weitaus schwieriger als die Fusion selbst gestaltet sich die Selektion der Fusionshybriden aus der Masse der unfusionierten bzw. mit gleichartigen Protoplasten fusionierten (homokariotische) Produkte. Die gewünschten Produkte finden sich in weniger als 1% aller Protoplasten eines Fusionsexperimentes. Oft zeichnen sich die gewünschten Fusionsprodukte jedoch bereits in vitro durch besondere Wüchsigkeit aus, so dass sie relativ leicht selektiert werden können (KUCKUCK 1985, 155).

Bei der sexuellen Kreuzung werden sowohl das Mitochondriengenom (Chondrion) als auch das Plastidengenom (Plasmon) nur von der Mutter weitergegeben. Bei der Protoplastenfusion jedoch kommt es zu einer Vermischung der Plasmonen und Chondrione (ODENBACH 1997). Dieses Phänomen kann für den Transfer von cytoplasmatischen Erbfaktoren von einer Linie oder Art in eine andere genutzt werden. Die cytoplasmatische männliche Sterilität ist ein solcher Erbfaktor. Er spielt, wie bereits beschrieben, bei der Hybridzüchtung eine wichtige Rolle.

Fusioniert man eine männlich sterile Art mit einer fertilen, so entstehen zum einen somatische Hybriden, die die Kerngenome beider Eltern in sich vereinigen. Zum anderen finden sich aber auch solche, die das Kerngenom der ursprünglich fertilen Art und gleichzeitig die cytoplasmatischen Erbfaktoren für männliche Sterilität besitzen. Diese kommen dadurch zustande, dass nach der Fusion der Protoplasten der Kern der männlich sterilen Linie verlorengegangen ist, jedoch die Erbfaktoren für CMS erhaltengeblieben sind. Solche Pflanzen werden als Cybriden bezeichnet (ODENBACH 1997).

Derzeit laufen bei der Bundesanstalt für Züchtungsforschung Versuche zur Erstellung interspezifischer Hybriden von Möhren und Sellerie durch Protoplastenfusion (Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen 2005).

Protoplastenfusion fällt nicht unter das Gentechnikgesetz, sondern gilt als Biotechnologie. Die Nähe zur Gentechnik ist aber deutlich, denn sowohl im deutschen Gesetz zur Regelung der Gentechnik als auch in der Freisetzungsverordnung der EU wird die Methode zunächst als Verfahren der gentechnischen Veränderung definiert:

„Zellfusion (einschließlich Protoplastenfusion) oder Hybridisierungsverfahren, bei denen lebende Zellen mit neuen Kombinationen von genetischem Erbmateriale durch die Verschmelzung zweier oder mehrerer Zellen anhand von Methoden gebildet werden, die unter natürlichen Bedingungen nicht auftreten.“ (Freisetzungsverordnung 2001/18/EG, Anhang I A, Gesetz zur Regelung der Gentechnik, §3,3a)

Es wird jedoch die Einschränkung gemacht, dass es sich nicht um Gentechnik handele, bei Pflanzen, welche auch durch „herkömmliche Züchtungsmethoden“ dieses genetische Material austauschen könnten. Die Grenze zur Gentechnik ist also dünn. Bei wörtlicher Interpretation gelten die CMS-Hybriden bei Lauch und Kohl jedoch nicht als gentechnisch verändert: Sie bedürfen keiner Deklaration und können im Bioanbau eingesetzt werden. Aufgrund der Nähe zur Gentechnik haben jedoch bereits zwei Anbauverbände ein Verbot von CMS-Hybriden erlassen, welche aus Protoplastenfusion hervorgegangen sind.

10.3 Gentechnik

Als Gentechnik werden Methoden bezeichnet, bei denen mit isolierter DNA gearbeitet wird (BECKER 1993, 282). In der Gentechnik werden, im Gegensatz zur konventionellen Pflanzenzüchtung, individuelle Gene erst isoliert und dann gezielt auf Pflanzen übertragen. Es kann im Grunde jeder Organismus als Quelle von Genen für Nutzpflanzen dienen. Die hierbei beteiligten Organismen müssen nicht nahe verwandt sein. Durch diesen Transfer von Genmaterial über Artgrenzen hinweg können einerseits wünschenswerte Eigenschaften gezielt beeinflusst werden, andererseits sind unerwünschte Nebenfolgen nicht auszuschließen. Die Anwendung der Gentechnik bei Nutzpflanzen wird auch als „grüne“ Gentechnik bezeichnet.

Gentechnisch veränderte Organismen (GVO) werden in der Freisetzungsverordnung der EU wie folgt definiert:

"... ein Organismus mit Ausnahme des Menschen, dessen genetisches Material so verändert worden ist, wie es auf natürliche Weise durch Kreuzen und/oder natürliche Rekombination nicht möglich ist. " (Art. 2 Nr. 2 Freisetzungsverordnung – RL 2001/18/EG).

Auch das deutsche Gesetz zur Regelung der Gentechnik definiert mit ähnlichem Wortlaut:

„... gentechnisch veränderter Organismus - ein Organismus, dessen genetisches Material in einer Weise verändert worden ist, wie sie unter natürlichen Bedingungen durch Kreuzen oder natürliche Rekombination nicht vorkommt.“ (Gesetz zur Regelung der Gentechnik, §3,3).

Wer eine gentechnisch veränderte Sorte auf den Markt bringen will, muss sie vorab in Freisetzungsversuchen testen. Diese Versuche dienen dabei hauptsächlich dazu, die Stabilität des Fremdgens zu prüfen und die Eigenschaften der transgenen Pflanzen mit denen der Ursprungsorten zu vergleichen. Zudem werden während der Freisetzungsversuche auch Daten gesammelt, die Aufschluss über das von der transgenen Pflanze ausgehende Risiko für Mensch und Umwelt geben sollen. Die Durchführung der Feldversuche stellt den längsten und teuersten Schritt in der Entwicklung einer transgenen Pflanze dar. Abhängig von der getesteten Pflanzenart und der eingeführten Eigenschaft kann es sechs bis zwölf Jahre dauern, um eine neue transgene Sorte auf den Markt zu bringen (GRAFF & NEWCOMB 2003). Die Feldversuche beginnen etwa zwei bis drei Jahre nachdem die Pflanze im Labor hergestellt und dort auch getestet worden ist. Die Zeit zwischen dem ersten Feldversuch einer Pflanze und der

Kommerzialisierung beträgt im Schnitt fünf bis sechs Jahre, kann bei einigen Pflanzen aber auch darunter liegen, bei anderen wiederum höher sein (ARUNDEL 2002).

In der EU sammelt das Joint Research Center im Auftrag der EU-Kommission die Anträge für Freisetzungsversuche. Die Daten sind auf der Website <http://gmoinfo.jrc.it> einsehbar. Neben dem Joint Research Center unterhält auch das Robert Koch Institut in Berlin eine Datenbank über die Freisetzungen innerhalb der EU, die so genannte SNIF-Datenbank.

In Tabelle 5 ist die zeitliche Entwicklung der grünen Gentechnik dargestellt.

Tabelle 5: Meilensteine der Gentechnik

1972	Geburtsstunde der Gentechnik: Zum ersten Mal gelingt es, einen DNA-Faden in einzelne Teile zu zerlegen
	Einzelne Gene können aus dem Erbgut isoliert und analysiert werden
1977	Transfer des menschlichen Insulin-Gens auf ein Bakterium: Die industrielle Produktion von Insulin aus gentechnisch veränderten Bakterien wird möglich
1983	Transfer eines Gens aus einem Mikroorganismus auf eine höhere Pflanze
1986	Erste erfolgreiche wirtschaftliche Nutzung der Gentechnik in der Landwirtschaft: Erzeugung einer Virusresistenz bei der Tabakpflanze
1994	Anbau Flavr Savr-Tomate, USA
2003	67,7 Mio Hektar Anbau transgener Pflanzen weltweit

Quelle: Bundesverband deutscher Pflanzenzüchter 2005

Gegenwärtig erhalten Sorten gentechnisch veränderter Pflanzen in der EU keine Zulassung (BDP 2005).

11 Möglichkeiten zur Erhaltung von Gemüsesorten

Der Markt der Gemüsesorten unterliegt einem ständigen raschen Wandel (vgl. Kapitel 5 Entwicklungen der Gemüsesortenvielfalt). Um Gemüsesorten zu erhalten, die aus verschiedenen Gründen aus dem allgemeinen Anbau verschwinden, gibt es verschiedene Ansätze.

Im folgenden werden diese anhand von Beispielen kurz erläutert.

11.1 Ex-Situ Erhaltung in Genbanken

Als ex situ Erhaltung wird die Erhaltung von Sorten außerhalb der natürlichen Umgebung bzw. des natürlichen Standortes bezeichnet. Das Saatgut wird dabei in einer Langzeitlagerung tiefgekühlt gelagert und in regelmäßigen Abständen durch Nachbau erneuert.

Die meisten Gemüsearten sind Fremdbefruchter, viele sind mehrjährig und die Samen einiger Arten haben nur eine sehr geringe Keimfähigkeitsdauer. Aus diesen Gründen gehören die Gemüsearten zu den schwierigsten Gruppen für eine Erhaltung unter Ex-situ-Bedingungen (HAMMER 1998, 33).

Die Saatgutsammlung am Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung in Gatersleben (IPK) umfasst rund 100.000 Muster, die zu fast 2000 Arten aus 70 Familien gehören. 10% davon, also ca. 10.000 Muster sind Gemüsepflanzen. Auch in anderen europäischen Ländern gibt es bedeutende Genbanken, unter anderem in Frankreich, Großbritannien und Italien.

11.2 In-Situ-Erhaltung

Als In-Situ-Erhaltung bezeichnet man die Erhaltung von Wildarten und Wildformen der Kulturpflanzen innerhalb der natürlichen Lebensräume. Bei den Gemüsearten gibt es keine speziellen Aktivitäten zur In-Situ-Erhaltung. Ein Großteil der in Europa wichtigen Gemüsearten hat ihr Ursprungsgebiet in anderen Großklimagebieten der Erde (Südamerika, Asien).

11.3 On-Farm-Erhaltung

Als On-Farm-Erhaltung bezeichnet man die Erhaltung durch Anbau und Produktion der betreffenden Arten und Sorten in landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Betrieben, Hausgärten sowie agrarhistorischen Freilandmuseen. Sie ist das jüngste Konzept der Erhaltungsmöglichkeit. Hier werden vorwiegend Landsorten und alte Sorten sowie früher kultivierte Arten angebaut und erhalten. Auch auf internationaler Ebene wird zunehmend die Bedeutung der On-farm Erhaltung als wesentlich erkannt und betont (HAMMER 1998, 59ff).

Im deutschsprachigen Raum gibt es mehrere Saatgut-Initiativen, die sich die Erhaltung alter Sorten zur Aufgabe gemacht haben. Diese sind fast ausschließlich im Hobbybereich angesiedelt. Hier sind unter anderem zu nennen:

Dreschflegel: Ein Zusammenschluss von biologisch arbeitenden Saatgutvermehrungsbetrieben, welche Saatgut von alten und seltenen Kulturpflanzen, Kräutern und Blumen für Hausgärten, Selbstversorger sowie für die Direktvermarktung anbieten.

Der Verein Arche Noah in Österreich und Deutschland: Hier basiert die Erhaltung auf dem Anbau und der Vermehrung alter und nicht mehr zugelassener Sorten in den Gärten der Mitglieder, welche diese untereinander austauschen und auch anderen Interessierten anbieten.

Der Verein zur Erhaltung der Nutzpflanzenvielfalt (VEN): Dieser hat ähnliche Ziele wie Arche Noah, ist jedoch nur in Deutschland aktiv.

Eine On-Farm-Erhaltung alter Gemüsesorten findet zum Teil auch in Haus- und Kleingärten statt, obwohl auch hier, wie im gewerblichen Anbau, der jährliche Saatgut- und Pflanzeneinkauf, die eigene Saatgutvermehrung verdrängt hat. Dennoch werden hier häufig alte Sorten angebaut, für die auch nach Ablauf der Schutzfristen des Sortenschutzgesetz die weitere Zulassung nach dem Saatgutverkehrsgesetz beantragt wurde. Diese Sorten werden dann von Vermehrungsfirmen erhalten und vermehrt.

12 Entwicklung der Sortenvielfalt bei Blumenkohl

Am Beispiel des Blumenkohl (*brassica oleracea l. convar. botrytis alef. var. botrytis l.*) wird in diesem Kapitel die Entwicklung der Sortenvielfalt sowie Züchtung genauer untersucht.

12.1 Kultur- und Züchtungsgeschichte des Blumenkohl

Die erste eindeutige Beschreibung von Blumenkohl stammt aus dem 12. Jahrhundert (SEITZ 1984, 426). Die ersten Blumenkohltypen stammen vermutlich aus dem östlichen Mittelmeerraum und gelangten gegen Ende des 15. Jahrhunderts nach Italien. Von dort breitete sich der Anbau über Frankreich und Flandern nach Deutschland aus (VOGEL 1996, 265).

Der Blumenkohl hat ebenso wie Broccoli im Rahmen der Kohlgewächse eine botanische Besonderheit. Im Gegensatz zu allen anderen Kohlarten schließt sich hier die generative Phase mehr oder weniger unmittelbar an die vegetative Phase an. Blumenkohl zählt daher neben Broccoli zu den einjährigen Gewächsen. Alle übrigen Kohlarten gehören zu den zweijährigen Gemüsearten. Dadurch, dass beim Blumenkohl der Übergang von der vegetativen zur generativen Phase sehr stark durch Anbauweise und Standortverhältnisse beeinflusst wird, war die züchterische Bearbeitung sowie Feststellung von Sortenmerkmalen sehr erschwert (KAMPE et al. 1956, 34).

Es gab schon in den 50er Jahren des 20. Jahrhunderts eine Vielzahl von Sorten, jedoch war deren Beständigkeit oftmals nicht gegeben. Je nach Boden, Kultur-, und Witterungsverhältnissen ist die Entwicklung der einzelnen Sorten sehr unterschiedlich. Aus diesem Grunde ist es nicht möglich, allgemeingültige Sortenempfehlungen zu geben (Bundessortenamt 2001). Die im Handel erhältlichen Sorten, welche in ihren Bestimmungs- und Wertmerkmalen gewisse Ähnlichkeiten aufwiesen, wurden in vier verschiedene Sortengruppen zusammengefasst (KAMPE et al. 1956 34ff.). Diese sind die Erfurter-Gruppe, Alpha-Gruppe, Lecerf-Gruppe und die Italienische Riesengruppe. Viele Sorten stammen aus Italien, wo Blumenkohl intensiv züchterisch bearbeitet wurde. In Deutschland ist der Raum Erfurt klassisches Züchtungs- und Samenbaugebiet für Blumenkohl. Hier wurden Blumenkohlsorten mit kürzeren Blättern und kleinerer Blume gezüchtet. Die Sortengruppe „Erfurter“ ist hieraus hervorgegangen und fand weltweites Interesse (VOGEL 1996, 265).

Die Hybridzüchtung bei Blumenkohl entwickelte sich später als bei den anderen Kohlarten. Erst Anfang der 80er Jahre kamen die ersten Hybriden auf den Markt. Als Hybridmechanismus wurde zunächst die Selbstinkompatibilität genutzt. Viele Frühsorten von Blumenkohl sind aber auch selbstfertil ohne dass in der Selbstungsnachkommenschaft eine Inzuchtdepression auftritt. Aus diesem Grunde war beim Blumenkohl die Züchtung sehr homogener und konstanter samenfester Sorten mit hohem Leistungsniveau möglich (KUCKUCK 1979, 72).

Folgende Eigenschaften werden bei der Züchtung besonders berücksichtigt:

- Vermehrbarkeit der Sorte
- Entwicklungsdauer
- Festigkeit und Farbe der Blume
- Fähigkeit zum Selbstdecken der Blume

- Einheitlichkeit in der Reife
- Lange Haltbarkeit der Blume in erntereifem Zustand
- Gesundheit und Widerstandskraft der Pflanzen

(VOGEL 1996, 272; HEISTINGER 2004, 220f; Bundessortenamt 2001)

Blumenkohl hat im Anbau heute europaweit mengenmäßig die größte Bedeutung von allen Kohlarten. In Deutschland liegt er nach Weißkohl auf Platz 2 (BEHR 2003). Hierdurch und aufgrund der oben genannten Eigenschaften erklärt sich die besonders große Zahl an verschiedenen Sorten im Sortenkatalog der EU.

Bei der Vermehrung bzw. Erhaltung von Blumenkohlsorten sollte man beachten, dass die Aussaat bereits im Januar erfolgt und die Pflanzen vor dem Auspflanzen im März/April abgehärtet werden sollten. Ansonsten werden bei ungünstiger Witterung die Samen in Mitteleuropa oftmals nicht reif. Im Stadium der Blütenstandsbildung können Blumenkohlköpfe leicht faulen. Erfolgreiche Samengewinnung ist daher schwierig (HEISTINGER 2004, 220). Bei konsequentem Pflanzenschutz mit Fungiziden ist die Vermehrung jedoch nicht schwieriger als bei anderen Kohlarten (GRAICHEN 2005)

12.2 Ex-situ Erhaltung bei Blumenkohl

Im IPK Gatersleben werden knapp 1200 Akzessionen von Kohl-Kulturformen, die zu *Brassica oleracea* gehören, erhalten. Dabei handelt es sich um Sorten der unterschiedlichsten Herkünfte.

Es sind 226 *Brassica* Akzessionen vorhanden, welche im botanischen Namen „*botrytis*“ enthalten. Hierin sind auch die als *convar. botrytis* bezeichneten Broccoli und *alboglabra* Akzessionen enthalten. Hiervon sind 18 der Varietät *alboraga* zugeordnet welche als einjähriger Kohl die "Ausgangsform" von Blumenkohl und Broccoli bildet. Weitere 68 gehören der Varietät *italica* (Broccoli) an. Die übrigen 140 Akzessionen gehören der Varietät *botrytis* Blumenkohl an. Es handelt sich bei allen Akzessionen ausschließlich um samenfeste Sorten. 19 der in Gatersleben vorhandenen Sorten sind im aktuellen Sortenkatalog der EU vorhanden. Weitere 29 Sorten waren in den Jahren 1987 – 1999 im EU-Sortenkatalog aufgeführt. Ein Abgleich zwischen im IPK vorhandenen Sorten und den Sorten des EU-Sortenkatalogs findet von Seiten der Genbank allerdings nicht statt (GRAICHEN 2005). Die in den letzten Jahren aus dem EU-Sortenkatalog gestrichenen Sorten werden also nur zum Teil in den Beständen der Genbank erhalten.

Im IPK werden pro Akzession 20 Pflanzen herangezogen und gepflanzt, für Vermehrungszwecke ist die Anzahl ausreichend. Für die genetische Vielfalt wäre eine höhere Pflanzenzahl wünschenswert, die jedoch aus Platzgründen nicht angebaut werden kann.

Die Identität der Sorten wird über einen Vergleichsanbau, d.h. visuell, festgestellt. Oft unterscheiden sich auch Sorten mit gleichen Namen etwa durch unterschiedliche Herkünfte (GRAICHEN 2005).

12.3 Zugelassene Blumenkohlsorten laut EU- Sortenkatalog

Der aktuelle Sortenkatalog der EU (2005) enthält 602 Sorten Blumenkohl. Die Gesamtzahl der Sorten hat sich in den letzten 20 Jahren stark erhöht (Abbildung 15). Seit 1985 hat sich die Zahl von 261 auf über 600 weit mehr als verdoppelt. Dies ist allein auf die stetig

zunehmende Bedeutung der Hybridsorten zurückzuführen, deren Zahl von 26 (1985) auf 449 (2005) zunahm. Betrachtet man deren Anteile am Sortenspektrum, so ist hier ein Anstieg von 10 % (1985) auf 75 % (2005) zu verzeichnen.

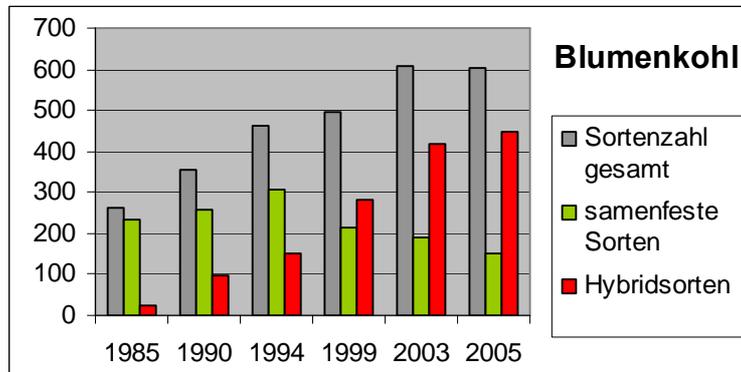


Abbildung 15: Entwicklung der Sortenvielfalt bei Blumenkohl

Quelle: Gemeinsamer Sortenkatalog für Gemüsearten der EU 1985 - 2005

Bei den samenfesten Sorten war bis 1994 noch ein leichter Anstieg der Sortenvielfalt festzustellen. Seitdem hat sich deren Zahl jedoch mehr als halbiert von 308 auf 153, der Anteil ist von 67 % (1994) auf 25 % (2005) zurückgegangen. dennoch hat der Blumenkohl unter allen Kohlarten nach Kohlrabi hiermit noch den zweithöchsten Anteil an samenfesten Sorten.

Betrachtet man die Lebensdauer, also die Dauer der Marktpräsenz der Sorten, so ist festzustellen, dass diese Zeitspanne tendenziell immer kürzer wird. Von 288 Sorten 1987 waren noch 125 im Sortenkatalog 2003 registriert. 23 davon sind Hybridsorten. Ein immer schnellerer Wechsel im Sortiment hat dazu geführt, dass bei den neuen Hybriden Laufzeiten von ca. 4 bis 6 Jahren die Regel sind (HOFFMANN 2005).

Die Lebensdauer einer Sorte hängt heute in stärkerem Maße als früher von ihrer genetischen Qualität ab. Früher hatte eine Sorte, die genauso gut wie die anderen aber nicht besser war, einen längeren Lebenszyklus als heute. Sorten, die keine echte Verbesserung sind, haben heute nur eine kurze Lebensdauer. Die Marktinformation immer größerer und spezialisierterer Anbauer ist einfach besser. Sorten, welche eine signifikante Verbesserung gegenüber dem Standard sind, haben weiterhin eine lange Lebensdauer. Dies ist aber stark abhängig von der Art.

Kopfkohl, wo die Anbauer erst nach mehreren Kulturperioden also Jahren sehen, wie die Sorte auf die unterschiedlichen Klimaverhältnisse der unterschiedlichen Jahre reagiert, hat längere Lebenszyklen als Kopfsalat, wo es alle zwei Jahre eine neue Resistenz gibt.

Hat sich eine Sorte zur Nr. 1 oder 2 im Segment heraufgearbeitet und ihre Zuverlässigkeit und Qualität bewiesen, bleibt sie dort meist auch eine längere Zeit (OTT 2005).

12.4 Verfügbarkeit von Blumenkohlsorten in Deutschland.

Nur ein kleiner Teil der im Sortenkatalog der EU enthaltenen Blumenkohlsorten ist in den deutschen Saatgutkatalogen vertreten. International tätige Firmen bieten in Deutschland nicht ihr vollständiges Sortiments an. Dafür gibt es viele verschiedene Gründe:

- Es sind zum Teil alte Sorten, die in Deutschland nicht mehr verkauft werden, aber z.B. noch in Polen.
- Die Sorte ist aus klimatischen Gründen für Deutschland nicht geeignet, da sie z.B. maritimes Klima braucht und nur in Holland, England und Frankreich verkauft wird oder es handelt sich um Sorten für die Winterproduktion in milderer Gebieten.
- Die Sorte ist eine Spezialsorte für bestimmte Produktionen, z.B. für kleine Ware in Frankreich oder England.

Es finden sich kaum Sorten mit einer Entwicklungszeit von mehr als 90 Tagen, weil dafür in Deutschland kein Interesse besteht. Sehr späte Ernten, die sich daraus ergeben, sind in Deutschland aus klimatischen Gründen nicht möglich.

Erst Sorten für die Ernte ab Mai als Überwinterungsblumenkohl können in begünstigten Gebieten angebaut werden, wie z.B. in der Pfalz oder im Rheinland.

In Deutschland wird von 16 Saatgutfirmen Gemüsesaatgut für den Erwerbsgartenbau angeboten. Tabelle 6 zeigt das Sortenangebot dieser Firmen im Bereich Blumenkohl.

Tabelle 6: Angebot von Blumenkohlsorten in Deutschland 2005

Firma	Hybrid-Sorten/ davon CMS	samenfeste Sorten	Bio- Hybriden	Bio- samenfest	Bemerkungen
Aders	8/3*	2	-	-	Keine eigene Züchtung
Agri Gemüsesamen	4/-	-	-	-	Keine eigene Züchtung
Bejo Zaden	12/-	2	4	1	
Beringmeier	8/3*	2	-	-	Keine eigene Züchtung, gleiches Sortiment wie Aders
Bingenheim	-	1	-	1	Weitere Sorte im Sortiment, wegen Missernte jedoch nicht verfügbar
Chrestensen	5/-	9	-	-	
Enza Zaden	4/3	2	-	1	CMS Hybriden im Katalog gekennzeichnet als inzuchtfreie Hybriden
Hild	7/1*	2	-	-	Z. Zt. keine eigene Züchtung, eine OP-Sorte in Erhaltungszucht.
Hoffmann	3/-	3	-	-	Keine eigene Züchtung, Bezug der Sorten bei Hild und Enza
Nebelung	10/2*	3	-	-	Keine eigene Züchtung, Sorten von Seminis, Bejo und Syngenta
Nickerson Zwaan	21/17	3	-	-	CMS Hybriden im Katalog gekennzeichnet
Quedlinburg	10/1*	3	-	-	Derzeit keine Neuzüchtung, eine OP-Sorte in Erhaltungszucht
Rijk Zwaan	8/4	4	-	-	
Seminis	12/8	0	-	-	
Syngenta Seeds	10/5	0	-	-	
Weigelt	2/-	4	-	-	Keine eigenen Züchtungen im Sortiment

Quelle: Kataloge und Auskünfte der Saatgutfirmen 2005

Insgesamt werden 79 verschiedene Hybridsorten und nur 21 samenfeste Sorten angeboten. Zwei Saatgutfirmen (Seminis und Syngenta) haben keine samenfesten Sorten mehr im Angebot. Der Anteil von 69% Hybridsorten im EU-Katalog wird beim tatsächlichen Angebot in Deutschland also noch übertroffen und beträgt hier 79%. Von den Hybridsorten sind nach Angaben der Züchter 37, also bereits fast die Hälfte, CMS-Hybriden. Im Anhang Seite A6 sind alle Sorten namentlich aufgelistet.

Das Angebot an ökologisch vermehrten Blumenkohlsorten ist noch sehr gering. Insgesamt sind lediglich drei samenfeste und vier Hybridsorten aus ökologischer Vermehrung verfügbar. Dies liegt wohl daran, dass die Vermehrung bei Blumenkohl unter ökologischen Anbaubedingungen, das heißt ohne Verwendung chemischer Fungizide, sehr schwierig ist. Da

Blumenkohlköpfe bereits oft vor der Blüte zu Fäulnisbildung neigen, ist der Einsatz von Fungiziden in den meisten Fällen notwendig (GRAICHEN 2005). Oft kommt es bei biologischer Vermehrung zu Missernten und die angebotenen Saatgutmengen sind nicht ausreichend.

Für den ökologischen Anbau gilt bei Blumenkohl jedoch eine allgemeine Genehmigung zur Verwendung von konventionellem, ungebeiztem Saatgut. Die Verwendung von angebotenen ökologisch vermehrtem Saatgut hat zwar Vorrang, es kann jedoch ohne Antrag auf Ausnahmegenehmigung konventionelles nicht chemisch gebeiztes Saatgut eingesetzt werden, sofern die verwendeten Sorten nicht aus ökologischer Vermehrung verfügbar sind.

Verwendet ein Biobetrieb konventionelles Saatgut, so ist er verpflichtet, dies nach Sorte, Sortengruppe, Menge und Fläche zu dokumentieren.

12.5 Aktuelle Züchtungsmethoden in der Blumenkohlzüchtung

Zu den aktuellen konventionellen Züchtungsmethoden im Bereich Blumenkohl wurden Züchter der in der Blumenkohlzüchtung tätigen Saatgutunternehmen befragt. Die folgenden Informationen basieren auf deren Darstellung:

Um cytoplasmatische männliche Sterilität in neue Sorten einzuführen, wird wiederholte Rückkreuzung mit bestehenden CMS-Sorten genutzt. Nur bei sehr wichtigen Linien wird mit der kostenintensiven Protoplastenfusion gearbeitet (LOGGMAN 2005). Protoplastenfusion für jede Sorte wäre zu teuer. Es werden auch Rückkreuzungen zwischen den Kohlarten durchgeführt, um die CMS von Blumenkohl auch auf andere Kohlarten zu übertragen (OTT 2005). Wiederholte Rückkreuzung wird auch genutzt, um Krankheits- und Schädlingsresistenzen zu übertragen. Zur Erlangung neuer Eigenschaften werden auch Kreuzungen mit anderen Kohlarten durchgeführt (*brassica oleracea* x *br.campestris*; *br.oleracea* x *br. napus*). Mutationszüchtung und Brückenkreuzung wird in der Kohlzüchtung nicht eingesetzt.

Seit vielen Jahren werden Linien durch Selbstbestäubung erzeugt. Außerdem wird Antheren- und Mikrosporenkultur genutzt, wobei die Mikrosporenkultur in den letzten Jahren aufgrund höherer Erfolgsrate bevorzugt wurde. Um den Züchtungsprozess zu beschleunigen, wird manchmal auch Embryokultur genutzt. Auch wenn die Samenentwicklung nach erfolgter Kreuzung mit anderen Kohlarten nicht vollständig erfolgt, kann eine Embryokultur notwendig sein (LOGGMAN 2005).

Zur Erhaltung der Elternlinien von Hybridsorten wird Gewebekultur eingesetzt. Ein bis zwei Pflanzen reichen so aus, um eine ausreichende Anzahl von Klonen zu erzeugen, welche dann für eine Saatgutproduktion genutzt werden. Durch diese vegetative Art der Vermehrung bzw. Erhaltung der Elternlinien wird eine weitere Inzuchtdepression vermieden.

Bei nahezu allen Saatgutfirmen wird im Bereich der Kohlzüchtung ausschließlich Hybridzüchtung betrieben. Die Züchtung von neuen samenfesten Sorten wurde eingestellt. Die vorhandenen samenfesten Sorten aus früheren Zuchtprojekten werden nur noch als Elternlinien in der Hybridzüchtung genutzt. Von den großen Saatgutfirmen Seminis und Syngenta werden samenfeste Sorten in Deutschland nicht mehr angeboten (Tabelle 5). Der Grund dafür ist, dass der Markt für diese Sorten hierzulande sehr klein ist und der Gewinn für das Unternehmen aufgrund des wesentlich niedrigeren Preises des Saatgutes nur gering ist. Von anderen Firmen (Rijk Zwaan bzw. Hoffmann) wird dennoch der Marktanteil samenfester

Sorten auf 30 bzw. 35% beziffert (NIEUVENHUIZEN 2005) (HOFFMANN 2005). Nur in einigen Regionen mit sehr niedrigen Saatgutpreisen führt Seminis noch samenfeste Sorten im Programm. Aufgrund der Tatsache, dass einige Anbauer von den samenfesten Sorten eigenes Saatgut produzieren und dieses weiterverkaufen, werden die samenfesten Sorten in den Katalogen weiter reduziert.

Die erste CMS-Hybride bei Seminis kam 1995 auf den Markt. Bei Syngenta war die erste CMS-Hybride bei den Kohlarten die Blumenkohlsorte Vasco, welche 1999 auf den Markt kam. Bei den Neuzüchtungen im Bereich Blumenkohl sind bei Seminis 90%, bei Syngenta 100% CMS-Hybriden. (LOOGMAN 2005, OTT 2005). Auch bei Rijk Zwaan sind CMS-Hybridsorten in der Entwicklung, die ersten vier Sorten stehen im Katalog, werden aber nicht als solche beworben (NIEUWENHUIZEN 2005).

Die CMS-Hybridsorten sind einfacher zu handhaben, die Saatgutproduktion ist weniger abhängig von Umwelteinflüssen und das Saatgut daher billiger zu produzieren. Außerdem ist das Saatgut frei von Inzuchtsamen (LOOGMAN 2005; OTT 2005).

Bei Hybridsorten, welche auf Selbstinkompatibilität basieren, kann einen Anteil von bis zu 10 % Inzuchtsamen auftreten. Dieser entsteht, wenn die Bestäubung bei der Hybridproduktion nicht optimal ist, z.B. bei ungünstiger Temperatur, Stress oder ungleicher Blütezeit von Vater- und Mutterlinie (ROOD 2005). Die Pflanzen, welche aus diesen Samen entstehen, sind genetisch identisch mit der Mutterpflanze der Hybride. Sie sind somit niedriger im Ertrag, oft schwach im Wuchs (Inzucht), anders in der Qualität und Gesundheit. Bei zu großem Inzuchtprozentatz ist das Saatgut nicht zu verkaufen. Das vollständige Fehlen dieser Inzuchtsamen, also 100 % reines Hybridsaatgut, wie es durch Verwendung der CMS zu erhalten ist, bedeutet für den Anbauer einheitlichere Bestände.

Für die Saatgutfirma ergeben sich folgende Vorteile:

- durch die Sterilität wird die Saatgutproduktion sicherer,
- weniger Verlust - Saatgut das nicht verkauft werden kann wegen zu hoher Inzuchtpflanzenanteile,
- höhere Sicherheit des Zuchtmaterials, da die Mutterlinie nicht "für jeden verfügbar" wird (OTT 2005; ROOD 2005).

Kein anderer Züchter hat Zugang zu der Hybridsorte, indem er das Inzuchtmaterial für eigene Züchtungen verwendet. Dies gibt dem Züchter, welcher die Mutterlinie besitzt, einen entscheidenden Vorteil. Nur er kann die selektierten Eigenschaften der Hybridsorte für weitere Züchtungen verwenden und davon profitieren (LAMMERTS VAN BUEREN et al. 1999, 29). Der im Sortenschutzgesetz verankerte Züchternvorbehalt, wonach auch geschützte Sorten von anderen Züchtern für weitere Neuzüchtungen verwendet werden dürfen, wird somit durch die Zuchtmethodik außer Kraft gesetzt.

13 Auswirkungen der Sortenentwicklungen auf den biologischen Anbau

In diesem Kapitel soll diskutiert werden, welchen Einfluss die Sorten- und Züchtungsentwicklungen auf die Verfügbarkeit von Gemüsesorten für den biologischen Anbau haben könnten.

Die EU-Verordnung für den biologischen Landbau fordert lediglich, dass konventionell gezüchtete Pflanzen ein Jahr lang auf ökologisch bewirtschafteten Flächen vermehrt werden müssen um, als Biosaatgut in den Handel zu gelangen. Die Züchtung selbst ist dort nicht näher geregelt (siehe Kapitel 7 Grundzüge der ökologischen Züchtung). Hiernach wären also alle Sorten für den Bioanbau verfügbar, sofern sie im biologischen Anbau vermehrt wurden. Bei einigen Gemüsearten kann auch weiterhin konventionelles Saatgut eingesetzt werden, wenn es sich dabei um Sorten handelt, welche aus biologischer Vermehrung noch nicht verfügbar sind. Einschränkungen gibt es jedoch in den Richtlinien einzelner Anbauverbände. So hat der französische Anbauverband Biobreizh den Anbau von CMS-Kohlarten bereits seit 2000 ausgeschlossen (Biobreizh 2005).

Nach den Richtlinien des Demeter-Verbandes sollen samenfeste Sorten, möglichst aus biologisch dynamischer Vermehrung, bevorzugt werden. Bei Getreide, mit Ausnahme von Mais, sind bei Demeter Hybridsorten ausgeschlossen. Auch die Vermehrung von Hybridsorten auf Demeterbetrieben ist nicht zulässig. Ab Juli 2005 dürfen Sorten, die aus Protoplasten- bzw. Cytoplastenfusion hervorgegangen sind, nicht mehr verwendet werden (Forschungsring für Biologisch-Dynamische Wirtschaftsweise 2005). Dies bedeutet auch hier ein Verbot der CMS-Kohlarten.

Im Bereich des Erwerbsgemüsebaus ist auch bei Demeter mittelfristig ein genereller Verzicht auf Hybridsorten bei vielen Arten nicht mehr denkbar. Zu groß sind hier die Ertragsunterschiede gegenüber den samenfesten Arten. Viele etablierte Sorten müssten ersetzt werden, und die Gemüseproduktion in den nächsten 5 – 15 Jahren wäre sehr erschwert (Fibl-Dossier 2001, 9). Selbst der ÖKomenische Sortenratgeber 2004/2005 für den ökologischen Gemüsebau, herausgegeben von den Anbauverbänden Naturland, Demeter und Bioland sowie verschiedenen Beratungsdiensten enthält bei manchen Arten keine oder nur noch wenige samenfeste Sorten (Tabelle 7). Auch CMS -Kohlarten werden hier zum Teil empfohlen.

Tabelle 7: Sortenempfehlungen für den ökologischen Gemüsebau

Art	Hybridsorten	samenfeste Sorten	Anteil Hybridsorten
Brokkoli	11	0	100,0
Zuckermais	11	0	100,0
Radicchio	3	0	100,0
Tomaten	30	1	96,8
Gurken	27	2	93,1
Auberginen	11	1	91,7
Wirsing	10	1	90,9
Rosenkohl	10	1	90,9
Zucchini	9	1	90,0
Blumenkohl	20	4	83,3
Spinat	13	3	81,3
Weißkohl	30	7	81,1
Zuckerhut	4	1	80,0
Chinakohl	11	3	78,6
Chicoree	6	2	75,0
Möhren	28	12	70,0
Grünkohl	4	2	66,7

Quelle: ÖKÖmenischer Sortenratgeber 2004/2005

Angesichts der Tatsache, dass die große Mehrheit der Samenzüchterfirmen die Züchtung von CMS-Kohlarten begonnen hat und diese beim Blumenkohlsortenangebot in Deutschland bereits 10 Jahre nach Einführung der ersten Sorte einen Anteil von fast 50% erreicht haben, ist davon auszugehen, dass in naher Zukunft fast alle auf dem Markt befindlichen Kohlhybridsorten durch CMS-Hybriden ersetzt sein werden. Ein Ausschluss dieser käme dann einem allgemeinen Ausschluss von Hybridsorten beim Kohl gleich und hätte erhebliche Konsequenzen für die Anbauer, wenn nicht gleichzeitig die ökologische Züchtung intensiviert werden würde. Anders ist die Situation beim Lauch, wo CMS nicht nur mit Hilfe von Protoplastenfusion, sondern auch durch natürliche Kreuzung mit der Zwiebel übertragen werden konnte. Es wird wohl kaum festzustellen sein, auf welche Methode neu gezüchtete Lauchhybriden mit CMS zurückzuführen sind. Konsequenterweise wäre in diesem Fall ein Ausschluss sämtlicher CMS-Lauchhybriden, welche ja alle artfremdes Zwiebel-Cytoplasma enthalten, sinnvoll. Auch bei anderen Arten ist eine Entwicklung von CMS-Hybriden durch Protoplastenfusion denkbar. Versuche hierzu gibt es bei Möhren/Sellerie an der Bundesanstalt für Züchtungsforschung. Ebenso dürfte die Übertragung der CMS aus Sonnenblume bzw. Chicoree in verwandte Gemüsearten, wie Endivien und Zuckerhut, keine große Hürde darstellen. Für die Zukunft besteht zudem die Gefahr, dass die Sortenauswahl im ökologischen Landbau durch die Zulassung gentechnisch veränderter Sorten eingeschränkt wird. Die Bedeutung der samenfesten Sorten wird in Zukunft weiter zurückgehen. Bei fast allen Gemüsearten, wo bisher Hybridzüchtung möglich ist, konzentriert sich die Züchtungsarbeit fast ausschließlich auf diese Methode. Neuzüchtungen von samenfesten Sorten gibt es bei diesen Arten kaum noch. Die Zulassung für bestehende samenfeste Sorten läuft aus und wird in vielen Fällen nicht mehr verlängert. Aus diesen Gründen wird sich die Zahl dieser für den Bioanbau uneingeschränkt nutzbaren Sorten weiter verringern.

14 Zusammenfassung

Trotz zunehmender Konzentrationsprozesse im Saatgutmarkt hat in den letzten 20 Jahren die Zahl der zugelassenen Gemüsesorten in der EU erheblich zugenommen. Dies gilt insbesondere für bedeutende Gemüsearten wie Tomaten, Paprika, Blumenkohl und Zwiebeln. Zusätzlich ist ein schneller Wechsel im Sortenangebot zu beobachten. Die Zunahme der zugelassenen Sorten beruht nahezu ausschließlich auf Hybridsorten, welche bei fast allen Gemüsearten deutlich an Bedeutung gewonnen haben, während die Anzahl samenfester Sorten bei fast allen Arten beständig abnimmt. Die Zunahme der zugelassenen Sorten insgesamt bedeutet nicht automatisch auch eine Zunahme der genetischen Vielfalt bei den Kulturarten. In der Hybridzüchtung werden oft nur einige wenige bewährte Inzuchtlinien für eine große Anzahl von Hybriden verwendet, bei der Verwendung von CMS enthalten praktisch alle Hybridsorten einer Art das gleiche Plasma. Da die genetisch uniformen Hybridsorten immer wieder neu für eine Generation erstellt werden und sich als Sorte nicht weiterentwickeln bzw. an veränderte Umweltbedingungen anpassen können, kann in Frage gestellt werden, ob sie einen Beitrag zur Agrobiodiversität leisten können.

Betrachtet man die Entwicklung der Züchtungsmethoden, so ist festzustellen, dass hier zunehmend Methoden eingesetzt werden, welche von Teilen der biologischen Landwirtschaft als gentechniknah eingestuft werden. Dies ist insbesondere die Protoplastenfusion. Die Methode gilt für die bisher entwickelten Gemüsesorten vom Gesetz her nicht als Gentechnik.

Aufgrund der Nähe zur Gentechnik wurden Sorten, welche mit Hilfe von Protoplastenfusion erzeugt wurden, jedoch europaweit von bisher zwei Anbauverbänden für den biologischen Anbau ausgeschlossen.

Im Hinblick auf die Verfügbarkeit von Sorten für den biologischen Anbau bedeutet dieses Verbot, dass sich insbesondere bei den Kohlarten die Anzahl der verfügbaren Sorten in Zukunft deutlich verringern wird. Da sich die Züchtung deutlich auf die Methode der CMS konzentriert, ist zu erwarten, dass die vorhandenen herkömmlichen Hybridsorten nach und nach durch CMS-Sorten ersetzt werden. Gleichzeitig wird sich der Rückgang bei den samenfesten Sorten (welche im Bioanbau uneingeschränkt einsetzbar sind) weiter fortsetzen, da kaum noch Neuzüchtung in diesem Bereich betrieben wird.

15 Literaturverzeichnis

- Agrow World Crop Protection News (2004): PJB Publications Ltd., 25. 8. 2004
- ALSING, I. (2002): Lexikon Landwirtschaft: pflanzliche Erzeugung, tierische Erzeugung, Landtechnik/Bauwesen, ökologischer Landbau, Betriebslehre, landwirtschaftliches Recht 4. überarb. und erw. Aufl. – Stuttgart: Ulmer Verlag
- ARUNDEL, A. (2002): Indicators for a Bio-Based Economy: Tracing Applications and Potential Benefits. Background paper to the IPTS meeting on industrial biotechnology, Sevilla
- BAUER, D. und HENATSCH, C. (2000): Biologisch-dynamische Gemüsezüchtung - eine Standortbestimmung zur gegenwärtigen Diskussion um Züchtungstechniken, Lebendige Erde, 6/2000
- Bayer AG (2002): Geschäftsbericht 2002, Teilkonzerne> Bayer Cropscience> Schnelles Wachstum, <http://www.bayer.de/geschaeftsbericht2002/teilkonzerne/cropscience1.html> 15. 04. 2005
- BECKER, H. (1993): Pflanzenzüchtung, Stuttgart: Eugen Ulmer Verlag
- BEHR, H.C. (2003): ZMP-Marktbilanz Gemüse 2003 Deutschland Europäische Union Weltmarkt, Bonn: ZMP Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle GmbH
- BERKE, T. G. (2000): Hybrid Seed Production in Capsicum, in: BASRA, A. S. (2000): Hybrid Seed Production in Vegetables, Binghamton USA: Food Products Press
- Biobreizh, fruit et légumes Bio de Bretagne (2005): die Biobreizh-Richtlinien, Saatgut, <http://www.biobreizh.org/departALL.htm> 07. 05. 05
- BUI TEVELD, J., SUO, Y., VAN LOOKEREN CAMPAGNE, M., CREEMERS-MOLENAAR, J. (1997): Produktion and characterisation of somatic hybrid plants between leek and onion. Theor. Appl. Genet. 96, S. 765-775
- Bundessortenamt (2001): Beschreibende Sortenliste 2001, Wurzelgemüse, Zwiebelgemüse, Kohlgemüse, Hülsenfrüchte, Hannover: Landbuch Verlagsgesellschaft mbH
- Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen (2005): Forschungsprojekte der BAZ, Institut für gartenbauliche Kulturen/Quedlinburg, http://www.bafz.de/baz99_d/bazfrmd.htm 29.04.05
- Bundesverband Dt. Pflanzenzüchter e.V (1987): Landwirtschaftliche Pflanzenzüchtung in Deutschland : Geschichte, Gegenwart u. Ausblick, Bonn. - Gelsenkirchen-Buer
- Bundesverband Dt. Pflanzenzüchter e.V (2005): Pflanzenzüchtung sichert Zukunft Sorten und Saatgut > Saatgutwirtschaft > Wirtschaftliche Bedeutung, <http://www.bdp-online.de> 25. 04. 05
- CLAR, S. (2002): Die Kommerzialisierung des Saatgutmarktes, in: BUKO Agrar Koordination (Hrsg.): Biologische Vielfalt, BUKO Agrar Dossier 25, Stuttgart: Schmetterling-Verlag
- EARLE, D. AND Y. DEMARLY (1982): Variability in plants regenerated from tissue culture, New York: Praeger

-
- ETC Group (2005): Syngenta – The Genome Gigant?, Communiqué Issue # 86, ETC Group Ottawa, Canada <http://www.etcgroup.org> 11. 03. 05.
- FAO (1996): The State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture, FAO, Rom
- FiBL-Dossier (2001): Techniken der Pflanzenzüchtung eine Einschätzung für die ökologische Pflanzenzüchtung, Forschungsinstitut für biologischen Landbau, Frick Schweiz
- Forschungsring für Biologisch-Dynamische Wirtschaftsweise e.V. (2004): Biologisch Dynamische Gemüsezüchtung, Darmstadt
- Forschungsring für Biologisch-Dynamische Wirtschaftsweise e. V. (2005): Richtlinien für die Zertifizierung der Demeterqualität (Erzeugung), IV.3 Acker- und Pflanzenbau
- FRANZ, G. (Hrsg. 1984): Geschichte des deutschen Gartenbaues, Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer,
- Gemeinsamer Sortenkatalog für Gemüsearten, 11. – 22. Gesamtausgabe 1985 - 2003, Luxemburg, Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften
- GRAFF, G.D. NEWCOMB, J. (2003): Agricultural biotechnology at the crossroads. Part I: the changing structure of the industry. Bio-era – Bio Economic Research Associates.
- GRAICHEN, M.L. (2005): Sortimentsgruppenleiter für den Bereich Kohlanbau im IPK Gatersleben, persönliche Mitteilung
- GREENLEAF, W.H. (1986): Pepper Breeding, in: BASSETT, M.J. (1986): Breeding vegetable crops, Westport, Connecticut: Avi Publishing Company
- GROOMS L. (1999): With merger completed, Harris Moran focuses on future. Seed & Crops Digest, zitiert bei Greenpeace, genetically engineered food, 9. Who is in control?, <http://archive.greenpeace.org/geneng/reports/food/intrfo09.htm> , 11.3.2005.
- HAGEL, I. (2001): Zur Anbauwürdigkeit von Hybriden im biologisch dynamischen Landbau, Lebendige Erde, 6/2001, S. 36 – 39
- HAMMER, K. (1998): Agrobiodiversität und pflanzen genetische Ressourcen – Herausforderungen und Lösungsansätze, Zentralstelle für Agrardokumentation und – information (ZADI) Informationszentrum für genetische Ressourcen (IGR), Bonn
- HAUG, G. (1990): Pflanzenproduktion im Wandel, Weinheim: VCH – Verlagsgesellschaft
- HEISTINGER, A. (2004): Handbuch der Samengärtnerei, Innsbruck: Löwenzahn Verlag
- HENATSCH, C. (2002): Fragen des biologisch - dynamischen Landbaus an die Züchtung unter besonderer Berücksichtigung der Nahrungsmittelqualität, Datenbank „Organic Eprints“ <http://www.orgprints.org/00002045/>, 8. 3. 2005
- HESS, D. (1992): Biotechnologie der Pflanze, Stuttgart: Ulmer Verlag
- Hoechst (1997): Berichte und Publikationen, Geschäftsbericht 1997, AgrEvo setzt auf Gentechnik http://www.archive.hoechst.com/txt_d/who/gb_97/life_agrevo1.html 26. 03. 04
-

- Hoechst (1999): Bericht über den Unternehmenszusammenschluss von Hoechst und Rhône-Poulenc, Bericht des Vorstands der Hoechst AG, Frankfurt <http://www.hoechst.com>
- HOFFMANN, R. (2005): Samenzucht Hans Hoffmann, Forchheim, persönliche Mitteilung
- HORN, W. (1984): Geschichte der deutschen gartenbaulichen Pflanzenzüchtung, in: FRANZ, G. (Hrsg. 1984): Geschichte des deutschen Gartenbaues, Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer
- KAISER, J. (2004): Techniken der Pflanzenzüchtung bei Gemüse, Forschungsring – Materialien Nr. 15, Darmstadt: Forschungsring für biologisch-dyn. Wirtschaftsweise e. V.
- KAMPE, BASSE, GLASCHKE, SCHREIBER (1956): Gemüsesorten 2.Teil: Kohl, Blatt- und Wurzelgemüse, Berlin, Hamburg: Verlag Paul Parey
- KAUL, M. L. H. (1988): Male sterility in higher plants, Berlin: Springer Verlag
- KLOPPENBURG, J.R. (1988): First the seed, The political economy of plant biotechnology, 1492 – 2000, Cambridge, Cambridge: University Press
- KUCKUCK, H., KOBABE, G. und G. WENZEL (1985): Grundzüge der Pflanzenzüchtung, Berlin New York: Walter de Gruyter
- LAMMERTS VAN BUEREN, E., HULSCHER, M., HARING, M., JONGERDEN, J. VAN MANSVELT, J. D., DEN NIJS, A.P.M., RUIVENKAMP, G.T.P. (1999): Sustainable organic plant breeding. Final report: a vision, choices, consequences and steps. Driebergen: Louis Bolk Institut
- LOOGMAN T. (2005): Züchter bei Seminis Vegetable Seeds Deutschland GmbH, Neustadt, persönliche Mitteilung
- MENCZEL, L. and K. WOLFE (1984): High frequency of fusion induced in freely suspended protoplast mixtures by polyethylene glycol and dimethylsulfoxide at high pH; Plant Cell Rep. 3, S. 196 – 198
- NIEUWENHUIZEN, A. VAN DEN (2005): Blumenkohlzüchter bei Rijk Zwaan, Wolveer, persönliche Mitteilung
- NEUMANN, B. (2005): Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen (BAZ), Quedlinburg, persönliche Mitteilung
- ODENBACH, W. (1997): Biologische Grundlagen der Pflanzenzüchtung, Berlin: Parey
- OEHLER, E. (1958): Art- und Gattungskreuzungen, in: ROEMER, RUDOLF, (1958): Handbuch der Pflanzenzüchtung, Band 1, Berlin: Parey
- OPPERMANN, R., EYSEL, G., WIETHALER, C. (2001): Perspektiven für Biodiversität und ökologische Züchtung. Überlingen: NABU-Projekt Kulturpflanzenvielfalt
- OTT, W. (2005): Syngenta Seeds GmbH, Kleve, persönliche Mitteilung
- PATHAK, C. S. (2000): Hybrid Seed Production in Onion, in: BASRA, A. S. (2000): Hybrid Seed Production in Vegetables, Binghamton USA: Food Products Press

- PETERKA, H., SCHULZ, H.; KRÜGER, H.; LIEBERMANN, J. (1998): Distribution of volatile sulfur compounds in an interspecific hybrid between onion (*Allium cepa* L.) and leek (*Allium porrum* L.). J. Agric. Food Chem. 46, S. 5220-5224
- ROBINSON, R.W. (2000): Rationale and Methods for Producing Hybrid Cucurbit Seed, in BASRA, A. S. (2000): Hybrid Seed Production in Vegetables, Binghamton USA: Food Products Press
- ROEMER, RUDORF (1958): Handbuch der Pflanzenzüchtung, Band 1, Berlin: Parey
- ROOD, C. (2005): Blumenkohlzüchter bei Enza-Zaden, Enkhuizen, Niederlande, persönliche Mitteilung
- Saatgutverkehrsgesetz vom 20. August 1985, BGBl I 1985, 1633, Stand: Neugefasst durch Bek. v. 16. 7.2004 I 1673
- SEITZ, P. (1984): der Gemüse- und Kräuteraanbau und die Speisepilzerzeugung seit dem 18. Jahrhundert, in: FRANZ, G. (Hrsg. 1984): Geschichte des deutschen Gartenbaues, Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer
- SNEEP, J. (1962): Spinat, in: ROEMER, RUDORF (1962): Handbuch der Pflanzenzüchtung, Band 6, Berlin: Parey
- THIERFELDER, A. (2005): Informationen über das Unternehmen Monsanto, Monsanto Agrar Deutschland GmbH, Düsseldorf
- TRAUTWEIN, F. (2005): Bundessortenamt Hannover, persönliche Mitteilung
- Verein Kultursaat e. V. (Hrsg. 2005): Die Qualität der Nahrung, alte Sorten und neue Züchtungen im Licht neuer Untersuchungsmethoden, Bad Homburg: IB Graphik
- VOGEL, G. (1996): Handbuch des speziellen Gemüsebaues, Stuttgart: Ulmer Verlag
- WIETHALER, C. (2000): Ökologische Pflanzenzüchtung – Alternative zur Gentechnik, Lebendige Erde 3/2000, S. 49f
- ZIMMERMANN, U. and P. SCHEURICH (1981): High frequency fusion of plant protoplasts by electric fields, Planta 151, S. 26 – 32
- ZHIYUAN, F. WANG, X. DONGYU, Q. and L. GUANGSHU (2000): Hybrid seed production in cabbage, in: BASRA, A. S. (2000): Hybrid Seed Production in Vegetables, Binghamton USA: Food Products Press

Anhang

Entwicklung der Sortenvielfalt ausgewählter Gemüsearten

Chicoree

Chicoree	Sortenzahl gesamt	samenfeste Sorten	Hybridsorten	Anteil Hybriden in %
1987	30	14	16	53,3
1990	49	18	31	63,3
1995	57	14	43	75,4
1999	59	9	50	84,7
2003	63	7	56	88,9
2005	70	8	62	88,6

Lauch

Jahr	Sortenzahl gesamt	samenfeste Sorten	Hybridsorten	Anteil Hybriden in %
1987	80	80	0	0,0
1990	86	86	0	0,0
1994	114	114	0	0,0
1999	130	120	10	7,7
2003	167	92	75	44,9
2005	163	86	77	47,2

Möhren

Jahr	Sortenzahl gesamt	samenfeste Sorten	Hybridsorten	Anteil Hybriden in %
1985	204	116	88	43,1
1990	284	107	177	62,3
1994	406	130	276	68,0
1999	366	99	267	73,0
2003	385	89	296	76,9
2005	414	79	335	80,9

Paprika

Jahr	Sortenzahl gesamt	samenfeste Sorten	Hybridsorten	Anteil Hybriden in %
1987	312	153	159	51,0
1990	432	170	262	60,6
1994	520	146	374	71,9
1999	675	142	533	79,0
2003	849	103	746	87,9
2005	1007	129	878	87,2

Radieschen

Jahr	Sortenzahl gesamt	samenfeste Sorten	Hybridsorten	Anteil Hybriden in %
1985	162	156	6	3,7
1990	228	204	24	10,5
1994	225	182	43	19,1
1999	258	183	75	29,1
2003	230	141	89	38,7
2005	226	139	90	39,8

Salatgurken

Jahr	Sortenzahl gesamt	samenfeste Sorten	Hybridsorten	Anteil Hybriden in %
1987	304	54	250	82,2
1990	356	54	302	84,8
1995	454	60	394	86,8
1999	538	53	485	90,1
2003	687	41	646	94,0
2005	635	45	590	92,9

Spinat

Jahr	Sortenzahl gesamt	samenfeste Sorten	Hybridsorten	Anteil Hybriden in %
1985	172	108	64	37,2
1990	195	83	112	57,4
1994	214	79	135	63,1
1999	221	53	168	76,0
2003	241	35	206	85,5
2005	248	31	217	87,5

Tomaten

Jahr	Sortenzahl gesamt	samenfeste Sorten	Hybridsorten	Anteil Hybriden in %
1985	727	305	422	58,0
1990	1158	356	802	69,3
1994	1426	342	1084	76,0
1999	1685	320	1365	81,0
2003	2104	269	1835	87,2
2005	2274	243	2031	89,3

Zucchini

Jahr	Sortenzahl gesamt	samenfeste Sorten	Hybridsorten	Anteil Hybriden in %
1987	152	57	95	62,5
1990	190	54	136	71,6
1995	236	61	175	74,2
1999	270	63	207	76,7
2003	337	62	275	81,6
2005	365	61	304	83,3

Zwiebel

Jahr	Sortenzahl gesamt	samenfeste Sorten	Hybridsorten	Anteil Hybriden in %
1987	263	148	115	43,7
1990	314	148	166	52,9
1995	400	188	212	53,0
1999	478	209	269	56,3
2003	536	218	318	59,3
2005	621	230	391	63,0

Entwicklung der Sortenvielfalt bei den Kohlarten

Blumenkohl

Jahr	Sortenzahl gesamt	samenfeste Sorten	Hybridsorten	Anteil Hybriden in %
1985	261	235	26	10,0
1990	353	256	97	27,5
1994	460	308	152	33,0
1999	494	212	282	57,1
2003	608	189	419	68,9
2005	602	153	449	74,6

Broccoli

Jahr	Sortenzahl gesamt	samenfeste Sorten	Hybridsorten	Anteil Hybriden in %
1987	58	33	25	43,1
1990	69	30	39	56,5
1995	147	34	113	76,9
1999	163	31	132	81,0
2003	132	19	113	85,6
2005	133	19	114	85,7

Chinakohl

Jahr	Sortenzahl gesamt	samenfeste Sorten	Hybridsorten	Anteil Hybriden in %
1987	0	0	0	
1990	48	6	42	87,5
1995	64	10	54	84,4
1999	70	5	65	92,9
2003	76	5	71	93,4
2005	66	5	61	92,4

Kohlrabi

Jahr	Sortenzahl gesamt	samenfeste Sorten	Hybridsorten	Anteil Hybriden in %
1987	63	39	24	38,1
1990	56	32	24	42,9
1995	64	30	34	53,1
1999	64	31	33	51,6
2003	71	29	42	59,2
2005	71	21	50	70,4

Rosenkohl

Jahr	Sortenzahl gesamt	samenfeste Sorten	Hybridsorten	Anteil Hybriden in %
1985	165	28	137	83,0
1990	171	25	146	85,4
1994	174	28	146	83,9
1999	119	18	101	84,9
2003	97	16	81	83,5
2005	96	16	80	83,3

Rotkohl

Jahr	Sortenzahl gesamt	samenfeste Sorten	Hybridsorten	Anteil Hybriden in %
1987	45	20	25	55,6
1990	53	19	34	64,2
1995	77	19	58	75,3
1999	82	19	63	76,8
2003	81	17	64	79,0
2005	77	15	62	80,5

Weißkohl

Jahr	Sortenzahl gesamt	samenfeste Sorten	Hybridsorten	Anteil Hybriden in %
1987	344	100	244	70,9
1990	397	93	304	76,6
1995	466	94	372	79,8
1999	454	93	361	79,5
2003	494	77	417	84,4
2005	501	85	416	83,0

Wirsing

Jahr	Sortenzahl gesamt	samenfeste Sorten	Hybridsorten	Anteil Hybriden in %
1987	118	54	64	54,2
1990	145	51	94	64,8
1995	162	59	103	63,6
1999	169	52	117	69,2
2003	172	34	138	80,2
2005	175	34	141	80,6

Sortenangebot bei Blumenkohl in Deutschland 2005

Sorte	Anbieter		Hybridmechanismus
Alpha 6	Ho	OP	
Alpha 7	Ni, We	OP	
Alverda	RZ	OP	
Armado Abril	Ch	OP	
Celesta	RZ , Hi, Ch	OP	
Delfter Markt	Ch , Qu	OP	
Erfurter	EZ	OP	
Floriade	Ni , Ch	OP	
Frühernte	Ch , Qu	OP	
Goodman	BZ	OP	
Herfstreuzen 2	Ch (Se)	OP	
Hormade	Ni , We	OP	
Mechelse 2	EZ	OP	
Minaret	RZ	OP	
Neckarperle	Hi , Ad, Bi, Ch, Ho, Ne, We	OP	
Opaal	RZ	OP	
Revito	We	OP	
Rosalind	Ch	OP	
Shannon	Ne, Ho, Ch, (BZ)	OP	
Snowball A	Qu	OP	
Universal	BZ , Ad, Ne	OP	
Amerigo	Sy , Ad	F1	CMS
Amfora	Ag (BZ)	F1	SI
Amsterdam	Ni	F1	CMS
Arthur	Qu	F1	SI
Asterix	RZ	F1	SI
Aviron	Ni, Ad	F1	CMS
Aviso	Hi, Ch, Ni, We, Ad, Ag	F1	SI
Baltimore	Ni	F1	CMS
Barcelona	Ni	F1	CMS
Barlow	Se , Ad, Ne	F1	CMS
Baldo	Se , Ne, Qu	F1	SI
Balboa	BZ	F1	SI
Beauty	Qu	F1	SI
Belot	BZ , Ne	F1	SI
Brabant	RZ	F1	SI
Cabrera	Qu	F1	SI
Candid Charm	Hi, Ch	F1	SI
Chester	BZ	F1	SI
Chambord	RZ	F1	CMS
Celio	Hi, Ni	F1	CMS
Ceveline	RZ	F1	CMS
CLX 33-301	Ni	F1	CMS
Conero	Se	F1	CMS
Cool	Ne (BZ)	F1	SI
Corella	BZ	F1	SI
Cornell	Se	F1	CMS
Dalton	BZ	F1	SI
Decora	RZ	F1	CMS
Devina	Se	F1	CMS
Diadom	BZ	F1	SI
Elbert	Se	F1	CMS
Elinia	EZ	F1	CMS
Eastnet	Ni	F1	CMS
Sorte	Anbieter		Hybridmechanismus

Flamenco	BZ	F1	SI
Freedom	Se, Ne, Qu	F1	CMS
Fremont	Se, Ne, Hi, Ho, Qu, Ch, We, Ad, Ag	F1	SI
Gipsy Mont	Hi, Ch, Ni, Ad, Ag	F1	SI
Gitano	Ni	F1	CMS
Graffiti	Ne (BZ)	F1	SI
Gregor	RZ	F1	SI
Kintore	Qu	F1	SI
Lecanu	Sy	F1	CMS
Liberty	Ni	F1	CMS
Livingstone	Sy	F1	CMS
Locris	Ni	F1	CMS
Magellan	Sy	F1	CMS
Malimba	Hi, Qu	F1	SI
Martian	Sy	F1	SI
Maverik	Sy	F1	SI
Mayfair	Sy	F1	SI
Mayflower	Ni	F1	SI
Mexico	Ni	F1	CMS
Montano	Sy, Ch	F1	SI
Nautilus	Hi, Ho, Ni, Ad	F1	SI
Navona	Ni	F1	CMS
Nessie	Ni	F1	CMS
Optimist	Ni	F1	CMS
Panther	BZ	F1	SI
Planita	Se	F1	CMS
Primaverde	RZ	F1	CMS
RX 661996	Se	F1	CMS
Skywalker	BZ	F1	SI
Smilla	Ne (BZ)	F1	SI
Snowcrown	EZ, Ho	F1	SI
Spacestar	Sy, Ne	F1	SI
Stargate	BZ	F1	SI
Sublime	Se	F1	GMS
Tetris	Sy	F1	CMS
Thalassa	Ni	F1	CMS
Tomba	RZ	F1	SI
Trent	Ni	F1	CMS
Trevi	Ni	F1	CMS
Veronica	BZ, Ad	F1	SI
Veronie	EZ	F1	CMS
Vinson	Se, Ne, Qu	F1	SI
White Gold	BZ	F1	SI
Whitney	Qu	F1	SI
Xenia	EZ	F1	CMS

Quelle: Kataloge sowie Auskünfte der Saatgutfirmen und Züchter

Ad =	Samen Aders	Ne =	Bruno Nebelung
Ag =	Agri Gemüsesamen	Ni =	Nickerson-Zwaan
Bi =	Bingenheimer Saatgut AG	Qu =	Saatzucht Quedlinburg
BZ =	Bejo Samen GmbH	RZ =	Rijk Zwaan
Ch =	N.L. Chrestensen	Se =	Seminis
EZ =	Enza Zaden Deutschland	Sy =	Syngenta Seeds GmbH
Hi =	Hild Nunhems	We =	Weigelt
Ho =	Samenzucht Hans Hoffmann	Fett gedruckt:	Züchter der Sorte