

Rolf Meyer
Christoph Revermann
Arnold Sauter

Biologische Vielfalt in Gefahr?

Gentechnik in der
Pflanzenzüchtung

Biologische Vielfalt in Gefahr?

6 Studien des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag

Das Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) berät das Parlament und seine Ausschüsse in Fragen des gesellschaftlich-technischen Wandels. Das TAB ist eine organisatorische Einheit des Instituts für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse des Forschungszentrums Karlsruhe.

Die „Studien des Büros für Technikfolgen-Abschätzung“ werden vom Leiter des TAB, Professor Dr. Herbert Paschen, und seinem Stellvertreter, Dr. Thomas Petermann, wissenschaftlich verantwortet.

Rolf Meyer
Christoph Revermann
Arnold Sauter

Biologische Vielfalt in Gefahr?

Gentechnik in der
Pflanzenzüchtung

edition
sigma



Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Meyer, Rolf :

Biologische Vielfalt in Gefahr? : Gentechnik in der
Pflanzenzüchtung / Rolf Meyer ; Christoph Revermann ;
Arnold Sauter. - Berlin : Ed. Sigma, 1998

(Studien des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim
Deutschen Bundestag ; 6)
ISBN 3-89404-815-8

© Copyright 1998 by edition sigma® rainer bohn verlag, Berlin.

Alle Rechte vorbehalten. Dieses Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne schriftliche Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Mikroverfilmungen, Übersetzungen und die Einspeicherung in elektronische Systeme.

Textverarbeitung: TAB, Bonn.

Druck: Rosch-Buch, Scheßlitz

Printed in Germany

Inhalt

Zusammenfassung.....	9
I. Einleitung.....	21
1. Problemskizze	21
2. Zielsetzung und Vorgehensweise	23
3. Themen und Aufbau des Endberichtes	25
II. Grundlagen.....	29
1. Definitionen	29
1.1 Biodiversität	29
1.2 Pflanzengenetische Ressourcen	30
1.3 Pflanzenzüchtung.....	34
1.4 Bio- und Gentechnik.....	35
2. Bestand und Verlust an biologischer Vielfalt.....	38
2.1 Bestand an biologischer Vielfalt	38
2.2 Verlust an biologischer Vielfalt	41
3. Bestand und Verlust an pflanzengenetischen Ressourcen	46
3.1 Bestand an pflanzengenetischen Ressourcen	47
3.2 Verlust an pflanzengenetischen Ressourcen	51
4. Kulturarten und Sorten im Anbau	57
4.1 Entwicklung der Kulturarten im Anbau	58
4.2 Entwicklung der Sorten im Anbau	63
5. Rechtliche Grundlagen.....	68
5.1 Sortenrecht.....	68
5.2 Patentrecht	73
5.3 Gentechnikrecht.....	79
5.4 Recht zur biologischen Vielfalt.....	85
6. Politische und ökonomische Rahmenbedingungen	91

III.	Stand und Entwicklung der Pflanzenzüchtung.....	97
1.	Forschung im Bereich Pflanzenzüchtung	98
2.	Zuchtziele konventioneller und gentechnisch unterstützter Pflanzenzüchtung	101
3.	Bedeutung genetischer Ressourcen für die Pflanzenzüchtung	107
4.	Perspektiven der Züchtung neuer Sorten.....	113
5.	Voraussetzungen für den Einsatz neuer Sorten in der Landwirtschaft	118
6.	Strukturveränderungen der Saatgutbranche.....	121
IV.	Auswirkungen neuer Sorten auf die biologische Vielfalt	127
1.	Direkte Auswirkungen	130
1.1	Genetische Vielfalt der Sorten	130
1.2	Kulturartenvielfalt	133
1.3	Vielfalt der landwirtschaftlichen Flächennutzung.....	134
2.	Indirekte Auswirkungen.....	138
2.1	Folgen veränderter Anbaupraxis neuer Sorten	138
2.2	Verwilderung und Auskreuzung	152
2.3	Horizontaler Gentransfer	161
V.	Erhaltungsmöglichkeiten für pflanzengenetische Ressourcen	169
1.	Ex-situ-Maßnahmen	170
1.1	Formen der Ex-situ-Erhaltung	170
1.2	Ex-situ-Bestand an pflanzengenetischen Ressourcen.....	175
1.3	Verfahren und Technologien der Ex-situ-Erhaltung	177
1.4	Leistungen und Probleme.....	181
2.	In-situ-Maßnahmen	183
2.1	In-situ-Erhaltung am natürlichen Wuchsort	184
2.2	In-situ-Bestand an pflanzengenetischen Ressourcen.....	185
2.3	Leistungen und Probleme.....	190

3. On-farm-Erhaltung.....	192
3.1 Stand der On-farm-Erhaltung.....	193
3.2 Leistungen und Probleme.....	196
4. Kombinationsmöglichkeiten	199
4.1 Vor- und Nachteile der verschiedenen Erhaltungsansätze.....	199
4.2 Vorhandene Ansätze zur Kombination von Erhaltungsmaßnahmen.....	200
4.3 Leistungen und Probleme.....	205
5. Biotechnologie und genetische Ressourcen	207
VI. Internationale Übereinkommen und nationale Umsetzung	213
1. Konvention über die biologische Vielfalt.....	213
2. Globales System der FAO zu pflanzengenetischen Ressourcen.....	223
3. Harmonisierung internationaler Vereinbarungen	232
4. Stand der europäischen und deutschen Umsetzung.....	240
4.1 Umsetzungsanforderungen.....	240
4.2 Stand der Umsetzung	243
VII. Handlungsmöglichkeiten	253
1. Handlungsmöglichkeiten nach Themenfeldern	254
1.1 Biodiversität	255
1.2 Pflanzengenetische Ressourcen	257
1.3 Pflanzenzüchtung und Züchtungsforschung.....	258
1.4 Sortenschutz, Saatgutverkehr und Patentierung	260
1.5 Direkte und indirekte Auswirkungen neuer Sorten auf die biologische Vielfalt.....	261
1.6 Biologische Sicherheit	264
1.7 Ex-situ-Erhaltung.....	266
1.8 In-situ-Erhaltung und Naturschutz.....	268
1.9 On-farm-Erhaltung.....	270
1.10 Kombination der Erhaltungsmöglichkeiten.....	272
1.11 Entwicklung und Umsetzung einer nationalen Strategie	274
1.12 Internationale Zusammenarbeit.....	275

2. Handlungsmöglichkeiten nach Politikbereichen	276
2.1 Koordination zwischen verschiedenen Politikbereichen	277
2.2 Forschungspolitische Handlungsmöglichkeiten	280
2.3 Agrarpolitische Handlungsmöglichkeiten	282
2.4 Umwelt- und naturschutzpolitische Handlungsmöglichkeiten	283
Literatur	287
1. Vom TAB in Auftrag gegebene Gutachten	287
2. Weitere Literatur	287
Anhang.....	297
1. Tabellenverzeichnis	297
2. Abbildungsverzeichnis.....	297
3. Internetadressen	298
4. Abkürzungsverzeichnis	301
Glossar	303

Zusammenfassung

Das TA-Projekt zum Themenfeld "Gentechnik und Züchtung unter dem Aspekt der 'biologischen Vielfalt' im Agrarbereich" geht auf einen Vorschlag des Ausschusses für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten zurück und wurde im Herbst 1996 vom Ausschuß für Bildung, Wissenschaft, Forschung, Technologie und Technikfolgenabschätzung des Deutschen Bundestages beschlossen. Die Fragestellung wurde auf den Bereich der Pflanzenzüchtung eingegrenzt und sollte - so weit wie möglich - auf den deutschen Agrarbereich, unter Berücksichtigung der europäischen Rahmenbedingungen, beschränkt werden.

Zielsetzung des TA-Projektes war es zu untersuchen, *welche negativen Einflüsse vom Einsatz der Gentechnik in der Pflanzenzüchtung auf die Biodiversität ausgehen können, welche Beiträge Züchtung und Gentechnik zum Erhalt der Biodiversität leisten können und schließlich welche politischen Gestaltungsmöglichkeiten ableitbar sind.* Es zeigte sich, daß eine Beschränkung auf eine technikzentrierte Perspektive bei diesem Thema unbefriedigend gewesen wäre. Insbesondere zur Frage der *Erhaltungsmöglichkeiten pflanzengenetischer Ressourcen und biologischer Vielfalt* allgemein erschien eine *thematische Erweiterung* notwendig, um die Bedeutung von Gentechnik und Züchtung im Rahmen der Gesamtproblematik darstellen zu können.

Andererseits machten die umfangreichen inhaltlichen Zusammenhänge eine Beschränkung des vertieft bearbeiteten Themenspektrums notwendig. Die *Schwerpunkte des Berichtes* sind die *Beschreibung von Wirkungsketten*, die vom Einsatz neuer Pflanzensorten in der Landwirtschaft auf die Biodiversität ausgehen können, sowie eine *Darstellung und Diskussion der Erhaltungsmöglichkeiten* für biologische Vielfalt, insbesondere für pflanzengenetische Ressourcen.

Die folgende Zusammenfassung beschreibt neben den wichtigsten Untersuchungsergebnissen die *politischen Handlungsmöglichkeiten* nach Themenfeldern in allgemeiner Form (*komplett kursiv hervorgehobene Absätze*); eine detailliertere Auflistung der Handlungsoptionen sowie eine Beschreibung nach Politikbereichen einschließlich einer Benennung von Zuständigkeiten und Adressaten, des Standes der bisherigen Umsetzung und gegebenenfalls des möglichen Zeithorizonts für die Realisierung finden sich im letzten Kapitel des Berichts.

Ein Fazit vorab

Die moderne Landwirtschaft hat durch Intensivierung, Rationalisierung, Spezialisierung und Konzentration der Produktion maßgeblich zur Verringerung der biologischen Vielfalt bei Kultur- wie bei Wildpflanzen in Deutschland beigetragen. Wirkungen auf die biologische Vielfalt sind dabei insbesondere von den Veränderungen bei Düngung, Pflanzenschutz, Fruchtfolgen und Flurbereinigung ausgegangen. Pflanzenzüchtung und moderne Pflanzensorten sind Bestandteil der veränderten landwirtschaftlichen Produktionssysteme und wirken eher indirekt auf die biologische Vielfalt. Die Ergebnisse des TA-Projektes führen zu dem Schluß, daß *die Nutzung gentechnischer Verfahren in der Pflanzenzüchtung im Vergleich zu den konventionellen Züchtungsmethoden kurz- bis mittelfristig in Deutschland bzw. dem mitteleuropäischen Raum keinen spezifischen, signifikanten negativen Einfluß auf die biologische Vielfalt haben wird. Andererseits wird die gentechnisch unterstützte Pflanzenzüchtung auch keinen wesentlichen Beitrag zur Erhaltung und Ausweitung der pflanzengenetischen Ressourcen leisten.* Die Wirkungsketten, die mit der Einführung neuer Sorten verbunden sind und die zum Verlust von biologischer Vielfalt und pflanzengenetischen Ressourcen führen können, sind jedoch wissenschaftlich bisher nur sehr unvollständig verstanden und sollten daher in Zukunft *verstärkt untersucht* werden.

Wenn die Zielsetzung "Erhaltung der biologischen Vielfalt" mit hoher Priorität verfolgt wird, ergibt sich daraus, daß der *Handlungsbedarf insbesondere direkt bei den Erhaltungsmaßnahmen* liegt. Dazu sollten die Ex-situ-, In-situ- und On-farm-Erhaltungsmaßnahmen verbessert und ausgebaut werden. Da es in Deutschland noch kein abgestimmtes Verfahren zur Erhaltung von pflanzengenetischen Ressourcen unter Einbeziehung aller Erhaltungsmaßnahmen gibt, sollte eine *kombinierte Erhaltungsstrategie entwickelt* werden. Dies wäre gleichzeitig ein wesentlicher Beitrag zur Erhaltung der biologischen Vielfalt in Deutschland. Zur nationalen Umsetzung der internationalen Vereinbarungen und zur Entwicklung und Umsetzung einer nationalen Strategie zum Erhalt der biologischen Vielfalt (incl. PGR) ist eine *enge Abstimmung und Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen betroffenen Politikfeldern und -ebenen* notwendig. In den nationalen Strategieentwicklungs- und -umsetzungsprozeß sollten *interessierte und betroffene gesellschaftliche Gruppen einbezogen* werden. Von zentraler Bedeutung für eine dauerhafte Erhaltung der Biodiversität wäre ein *flächendeckender Wandel zu einer nachhaltigen Landbewirtschaftung*, die die Förderung landwirtschaftlicher Vielfalt und den Schutz wildlebender Pflan-

zen und Tiere als wesentliche Elemente begreift. Prinzipien des ökologischen Landbaus, die im Vergleich zur nach wie vor vorherrschenden konventionellen Landwirtschaft eine stärkere Extensivierung und Diversifizierung einschließen, könnten dabei wichtige Leitlinien liefern.

Die Veränderung grundlegender agrar- und umweltpolitischer Rahmenbedingungen würde spezifische Erhaltungsmaßnahmen (wie sie im folgenden aufgelistet werden) nicht überflüssig machen, aber ihren Umfang und ihre Dringlichkeit relativieren. Handlungsmöglichkeiten werden hier nicht diskutiert, da dies über die Themenstellung des TA-Projektes weit hinausgeht.

Grundlagen: Biodiversität und pflanzengenetische Ressourcen

Die *biologische Vielfalt (Biodiversität)* umfaßt die drei Ebenen der genetischen Vielfalt, der Artenvielfalt und der Ökosystemvielfalt. Von den geschätzten 10 bis 20 Mio. Arten auf der Erde sind erst etwa 1,75 Mio. wissenschaftlich erfaßt. Noch geringer sind die Kenntnisse über genetische Vielfalt innerhalb von Arten bzw. Populationen. Ebenso sind die Kenntnisse über die Wechselwirkungen zwischen Ökosystemvielfalt einerseits und genetischer und Artenvielfalt andererseits sowie über die Auswirkungen von Fragmentierung, Verkleinerung, Vereinfachung und Zerstörung von Ökosystemen auf die biologische Vielfalt sehr unvollständig.

Es sind erhebliche nationale und internationale Forschungsanstrengungen notwendig, um die biologische Vielfalt zu erfassen und zu beobachten, die wechselseitige Abhängigkeit der drei Ebenen zu verstehen sowie die Mindestvoraussetzungen für den Erhalt von Vielfalt zu erkunden.

Die *pflanzengenetischen Ressourcen (PGR)* umfassen das gesamte generative und vegetative Reproduktionsmaterial von Pflanzen mit aktuellem oder potentielltem Wert für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Als Folge der Intensivierung der Agrarproduktion ist - nach einem Höhepunkt agrarischer Vielfalt um die Mitte des 19. Jahrhunderts - ein *erheblicher Teil der PGR bedroht bzw. verloren* gegangen. Die noch vorhandenen PGR sind unzureichend erfaßt, charakterisiert und evaluiert. Insbesondere fehlen Kenntnisse über die genetische Variation von PGR an den natürlichen Standorten sowie über die Mindestgrößen von Populationen für die Erhaltung der genetischen Vielfalt.

Daher sind nationale Anstrengungen und internationale Koordination und Kooperationen notwendig, um die Kenntnisse über PGR zu vertiefen sowie das initiierte Dokumentations- und Informationssystem für PGR weiter auszubauen.

Dies gilt sowohl für die Erarbeitung wissenschaftlicher Grundlagen, für die Erfassung und Beschreibung der PGR als auch für den Zugang zu den entsprechenden Informationen.

Pflanzenzucht und rechtliche Regulierung

Die kommerzielle *Pflanzenzüchtung* konzentriert sich aus ökonomischen Gründen auf wenige Hauptfruchtarten. Seit den 50er Jahren hat ein *Konzentrationsprozeß* bei den angebauten Kulturarten und Sorten stattgefunden, wobei seit Mitte der 80er Jahre ein *schnellerer Sortenwechsel* zu beobachten ist. Allerdings ist die genetische Diversität zwischen den Sorten vermutlich oftmals gering. Während in vielen Industrieländern Großunternehmen den Saatgutmarkt dominieren, wird die Situation in Deutschland durch eine Vielzahl *kleiner und mittlerer Züchtungsunternehmen* geprägt. Die moderne biotechnologische, insbesondere die gentechnisch unterstützte Züchtung stellt für die mittelständisch strukturierte deutsche Pflanzenzüchtung eine Herausforderung dar, weil sie mit hohen Kosten verbunden und der Zugang zu Genkonstrukten infolge der Patentierung unter Umständen nicht gesichert ist.

Die Forschungsförderung im Bereich Pflanzenzüchtung sollte zu einer nachhaltigen Nutzung pflanzen genetischer Ressourcen beitragen. Insbesondere sollte sie einen Beitrag dazu leisten, daß die bisherige Breite des Sortenangebots auch zukünftig sichergestellt wird und darüber hinaus eine Erweiterung des bearbeiteten Kulturartenspektrums und eine verstärkte Nutzung von PGR erfolgt. Die Forschungsförderung sollte außerdem die Zielsetzung verfolgen, den kleinen und mittleren Saatzuchtunternehmen auch zukünftig eine eigenständige Pflanzenzüchtung zu ermöglichen.

Das *Sortenschutzrecht* stellt als privates Ausschließlichkeitsrecht die rechtliche Voraussetzung für die Refinanzierung der Züchtungsinvestitionen dar, während das *Saatgutverkehrsgesetz* den Handel von Saat- und Pflanzgut zum Schutz der Verbraucher regelt. Sorten, die über keine Zulassung verfügen, dürfen auch nicht gehandelt werden. Die *derzeit geltenden Zulassungskriterien* für neue Sorten verhindern die Handelbarkeit vieler Alter Sorten sowie von Land- und Hofsorten und wirken sich dadurch ungünstig auf die pflanzen genetische Vielfalt im Anbau aus. Nicht nur die Zulassungskriterien Homogenität und Beständigkeit, sondern auch die bisherige Praxis der Auslegung des Kriteriums "landeskultureller Wert" in Richtung Ertrags-, Resistenz- und Qualitätseigen-

schaften würden eine Diversifizierung der Zuchtziele und damit der Pflanzensorten einschränken, wird teilweise kritisiert.

Im Hinblick auf das Verhältnis zwischen Sortenschutz und *Patentrecht* wird die Befürchtung geäußert, daß die konventionelle bzw. traditionelle Züchtung in Zukunft behindert werden könnte durch die neuen Schutzelemente, die aufgrund der spezifischen Anforderungen bio- und insbesondere gentechnologischen Methoden nötig wurden. Der Saatgutmarkt drohe dadurch eine unerwünschte Entwicklung in Richtung einer zunehmenden Konzentrierung, bei bestimmten Pflanzenarten gar Monopolisierung zu nehmen.

Mit der Einrichtung eines Systems zum Inverkehrbringen von "Herkunftsaatgut" bzw. pflanzen genetischen Ressourcen könnte die Erhaltung von PGR unterstützt werden. Die rechtlichen Grundlagen sind durch Änderung der EU-Saatgutverkehrsrichtlinien und des deutschen Saatgutverkehrsgesetzes zu schaffen. Des weiteren sollte überprüft werden, ob auch über eine Weiterentwicklung des Sortenzulassungskriteriums "landeskultureller Wert" eine bessere Förderung der Nutzung von PGR erfolgen kann. Die Bedeutung und Auswirkungen von Patentierungen in der Pflanzenzüchtung im Verhältnis zum Sortenschutz bedürfen der weiteren Beobachtung.

Auswirkungen neuer Sorten auf die biologische Vielfalt

Direkte Auswirkungen neuer Sorten können auf innerartlicher Ebene die (genetische) Vielfalt der zugelassenen und angebauten Sorten, auf Speziesebene die Zahl der angebauten Kulturarten und auf Ökosystemebene die Mengenanteile der Kulturarten sowie die *Fruchtfolgen* betreffen. Die Wahl einer neuen, vorzüglichen Sorte kann im Einzelbetrieb oder auch in einer Region - je nach Rahmenbedingungen - entweder eine Ausweitung oder (z.B. im Falle einer Abnahmebegrenzung) eine Einschränkung der Anbauflächen nach sich ziehen, wodurch wiederum die Anbauvielfalt erniedrigt oder erhöht bzw. als Folge von Extensivierungen oder gar Flächenstillegungen das Agrarökosystem grundlegender beeinflußt werden kann. Es ist - *auf der Grundlage der vorliegenden Informationen - nicht plausibel*, von der modernen (konventionellen oder gentechnisch unterstützten) Pflanzenzüchtung so *überlegene neue Sorten* zu erwarten, die (in Deutschland und/oder Europa) großflächig und in einem Umfang angebaut werden, *daß daraus gegenüber der bestehenden Situation eine spürbare Einengung der Arten- und Sortenvielfalt resultieren würde*. Vielmehr werden kurz- und mittelfristig - und aller Voraussicht nach auch langfristig -

andere Faktoren, wie die agrarpolitischen Rahmenbedingungen, die weltweite Nachfrage nach Agrarprodukten oder auch geographische Restriktionen, die entscheidenden Einflüsse auf Art und Umfang der angebauten Kulturarten und Sorten ausüben.

Indirekte Auswirkungen des Einsatzes neuer Pflanzensorten können sowohl die inter- und intraspezifische Vielfalt der Agrarökosysteme (abgesehen von den angebauten Kulturpflanzen selbst) als auch die der umgebenden oder über Wirkungsketten verbundenen Ökosysteme betreffen. *Zwei potentielle Einwirkungspfade* wurden im TA-Projekt analysiert: einerseits die *Folgen einer veränderten Anbaupraxis*, die aus den Eigenschaften neuer Sorten resultieren können, andererseits *mögliche Auswirkungen der Einbringung neuer Merkmale* durch *Verwilderung* und *Auskreuzung* oder *horizontalen Gentransfer*. Einflüsse können insbesondere auf Bodenlebewesen, Ackerbegleitflora, Pflanzenkrankheiten, Schädlinge und Nützlinge ausgehen. Die Beeinflussung der Anbaupraxis durch die derzeit absehbaren gentechnisch veränderten Pflanzensorten sowie die daraus resultierenden Auswirkungen auf die Biodiversität sind *nur sehr eingeschränkt zu prognostizieren*, zum einen wegen der Vielfalt der geographischen Regionen in Mitteleuropa, zum andern wegen der Vielzahl interagierender Faktoren. Aus der - meist gentechnisch erfolgten - Übertragung monogener Resistenzen gegenüber Krankheiten und Schädlingen lassen sich vor allem Wirkungsketten hinsichtlich der *Resistenzentwicklung* ableiten, die u.U. von großer praktischer Relevanz sein werden. Eine schnelle Resistenzüberwindung durch Krankheitserreger oder Schädlinge stellt primär einen Nachteil der Sorte und ihres Anbaus selbst dar. Bei einem großflächigen Anbau von transgenen Sorten mit *Bacillus-thuringiensis*-(B.t.)-Genen ist allerdings auch die bisherige Anwendung von B.t.-Präparaten im konventionellen und vor allem im ökologischen Landbau bedroht. Der großflächige Anbau von B.t.-Mais und B.t.-Baumwolle in den USA wird erste konkrete Hinweise liefern, ob die bislang entwickelten Resistenzmanagement-Strategien adäquat und wirkungsvoll sind.

Wie sich die Einführung neuer Sorten auf die biologische Vielfalt von Agrarökosystemen und angrenzenden Ökosystemen auswirkt, ist noch sehr unvollständig verstanden und sollte verstärkt untersucht werden. Besondere Aufmerksamkeit verdienen dabei Fragen der Veränderung von Anbausystemen sowie der Resistenzentwicklung und des Resistenzmanagements. Einbezogen werden sollten gleichermaßen neue konventionelle und transgene Pflanzensorten.

In der Diskussion um die *biologische Sicherheit* der Gentechnik in der Pflanzenzüchtung werden als mögliche Auswirkungen die Verwilderung von

Nutzpflanzen sowie der vertikale und horizontale Transfer von Genen aus der Nutzpflanze auf andere Arten diskutiert.

Das *Auswilderungspotential* von Nutzpflanzen ist - natürlich mit einem gewissen Maß an Unsicherheit - *beschreibbar*. Trotz der entwicklungsgeschichtlichen, verwandtschaftlichen Beziehungen zwischen Nutzpflanzen und Unkräutern ist bis heute kein Fall bekannt, in dem eine hoch domestizierte Nutzpflanze sich außerhalb von Agrarökosystemen hätte etablieren können. Denn grundsätzlich sinkt das Auswilderungspotential mit dem Grad an züchterischer Bearbeitung und der damit einhergehenden Distanz zur Wildpflanze. Die *bisherigen Freisetzungsversuche* mit transgenen Pflanzen haben *keine erhöhte Fitneß* gegenüber vergleichbaren konventionellen Sorten erkennen lassen. Das *Wissen um die Parameter*, die die ökologische Fitneß bestimmen, ist allerdings noch *rudimentär*. Da die konventionelle und gentechnisch unterstützte Pflanzenzüchtung auf die Anbaueignung für landwirtschaftliche Produktionssysteme hin selektiert, ist aber die *Verwilderung von neuen Sorten prinzipiell unwahrscheinlich*.

Über das Auskreuzen mit verwandten Wildpflanzen können einzelne Merkmale oder Merkmalsgruppen auf Dauer in Wildpopulationen eingebracht werden (sog. *vertikaler Gentransfer* zwischen fortpflanzungsfähigen Kreuzungspartnern). Ein spezifisches gentechnisch vermitteltes Risiko (immer verglichen mit entsprechenden konventionellen Hochleistungssorten) kann allgemein nicht benannt werden. Manche der *längerfristig anvisierten, gentechnisch zu erreichenden Züchtungsziele*, wie Resistenz- bzw. Toleranzeigenschaften gegenüber abiotischen Streßfaktoren oder ein erhöhtes Stickstoffaneignungsvermögen, könnten allerdings möglichen Empfängerpflanzen nach einem vertikalen Gentransfer *einen ökologisch relevanten Vorteil* bieten. Außer von den Merkmals-eigenschaften sind eventuelle Auswirkungen von einer Vielzahl von Ökosystemfaktoren abhängig. Ob über den vertikalen Gentransfer tatsächlich einmal *relevante Auswirkungen* auf die biologische Vielfalt resultieren können, ist *beim derzeitigen Erkenntnisstand nicht abzuschätzen*.

Ein ähnlich geringer Erkenntnisstand muß in der Frage des *horizontalen Gentransfers* konstatiert werden, also dem nicht-sexuellen Austausch genetischer Information zwischen Populationen. Im Gegensatz zum vertikalen ist der horizontale Gentransfer (Übertragung Pflanze-Pilz und Pflanze-Virus sind experimentell nachgewiesen) ein statistisch sehr seltenes Ereignis. Im Zusammenhang dieses TA-Projektes interessiert letztendlich nur die Frage, ob von einem Gentransfer ernsthafte Gefahren für die biologische Vielfalt ausgehen könnten. Bei *den meisten bislang übertragenen Genen*, ob für Antibiotika-, Herbizid- oder Insektenresistenzen, kann eine solche *Gefährdung nicht plausibel be-*

schrieben werden. *Konkrete Probleme* können jedoch *möglicherweise* aus der *Verwendung viraler Sequenzen* zur sog. Prämunisierung von Pflanzen erwachsen. Durch die konstitutive Anwesenheit viraler Gene in großflächig angebauten Pflanzen könnte die Entstehung neuer Virustypen, z.B. mit geändertem Wirtsspektrum, gefördert werden.

Ein konkretes - wenn auch *primär weltanschauliches* und *juristisches* - Problem mit indirekter Bedeutung für die Biodiversität wird als Folge von vertikalem oder horizontalem Gentransfer entstehen: Auf Dauer wird der ökologische Landbau nicht garantieren können, daß seine Produkte absolut frei von transgenen Merkmalen sind. Dies könnte zumindest einen Vertrauensverlust und einen verlangsamten Ausbau dieser als besonders biodiversitätsfördernd angesehenen Bewirtschaftungsweise hervorrufen.

Die biologischen sicherheitstechnischen Zulassungsbewertungen sollten daraufhin überprüft werden, ob sie Auswirkungen der gentechnisch veränderten Pflanzensorten auf die biologische Vielfalt sorgfältig genug erfassen. Die fundamentalen - auf absehbare Zeit, möglicherweise prinzipiell nicht zu behebenden - Wissenslücken bezüglich langfristiger ökologischer Auswirkungen erfordern eine langfristig angelegte Begleitforschung bzw. ein umfangreiches Nachzulassungsmonitoring. Diese sollten einerseits mit den bereits genannten grundlegenden Forschungsaktivitäten zu Biodiversität und pflanzen genetischen Ressourcen, andererseits mit den Untersuchungen zur prinzipiellen Wirkung der Einführung neuer Sorten in die landwirtschaftliche Praxis abgestimmt bzw. kombiniert und koordiniert werden.

Erhaltungsmaßnahmen für Biodiversität: Ex situ, in situ und on farm

Ex-situ-Sammlungen (Genbanken) enthalten im Durchschnitt etwa 60 % der vorhandenen Variationsbreite der wichtigsten Kulturpflanzen. Bei den heimischen Kulturpflanzen, wie Ährengetreide und Zuckerrüben, befindet sich schon mehr als 90 % des genetischen Materials in deutscher Ex-situ-Erhaltung. Ex-situ-Maßnahmen sind für die reich gegliederten Kulturpflanzen und die Unkräuter vom konvergenten Entwicklungstyp unverzichtbar. Die Reproduktion des eingelagerten Materials stellt die Hauptschwierigkeit bei der Ex-situ-Erhaltung dar.

Durch eine organisatorische Zusammenführung der Genbanken des IPK Gatersleben und der BAZ (früher FAL) sollte eine zentrale deutsche Genbank geschaffen werden. Ihre Kapazitäten zur Langzeitlagerung und Regeneration

sollten dann ausgebaut werden. Außerdem sollte zur Ergänzung der vorhandenen Sammlungen eine zielgerichtete Sammelstrategie entwickelt und umgesetzt werden. Die Botanischen Gärten und Arboreten sollten verstärkt in die Ex-situ-Erhaltung einbezogen werden. Schließlich sollten die deutschen Sammlungen in das weltweite Ex-situ-Netzwerk der FAO eingebracht werden.

Deutschland verfügt über eine hohe Vielfalt an heimischen genetischen Ressourcen im Bereich der Zierpflanzen, der Arznei- und Gewürzpflanzen, der Futterpflanzen sowie der Gehölze einschließlich Obstpflanzen. Die *In-situ-Erhaltung* ist die einzige Möglichkeit zur Erhaltung der großen Mehrzahl der Wildpflanzen und zur Bewahrung eines großen Artenreichtums bei gleichzeitiger Garantie einer weiteren evolutionären Entwicklung. Die Verankerung der Erhaltung der biologischen Vielfalt und des Schutzes der PGR im deutschen *Naturschutz* ist unzureichend. Da reine Schutzgebiete in Deutschland kaum 2 % der Gesamtfläche ausmachen, land- und forstwirtschaftlich genutzte Flächen dagegen rund 85 %, kommt der engen Kooperation von Naturschutz und Landwirtschaft eine hohe Bedeutung zu.

Die In-situ-Erhaltung biologischer Vielfalt und pflanzen genetischer Ressourcen sollte sowohl in Naturschutzgebieten als auch auf relevanten landwirtschaftlich genutzten Flächen stärker verankert werden. Zukünftig sollte bei der Zielbestimmung, der Ausweisung von Schutzgebieten sowie der Aufstellung von Management- und Pflegeplänen die biologische Vielfalt ausdrücklich berücksichtigt werden. Die bisher isolierten Schutzgebiete sollten durch ein Biotopverbundsystem vernetzt werden. Die Erhaltung z.B. der sehr unterschiedlichen Grünland-Pflanzenarten- und Sorten setzt differenzierte und an lokale Gegebenheiten angepasste Nutzungsformen voraus. Um die Beeinträchtigung vieler naturnaher Ökosysteme (und involvierter In-situ-Maßnahmen) zu verhindern, ist schließlich eine weitere Reduzierung der Nährstoff- und Schadstoffeinträge aus Verkehr, Industrie und Landwirtschaft notwendig.

Die *On-farm-Erhaltung* ist eine Sonderform der In-situ-Erhaltung für domestizierte Pflanzen, die durch traditionelle bäuerliche und gärtnerische Bewirtschaftungsweisen geprägt ist. Die On-farm-Erhaltung erfolgt durch Anbau und Nutzung der betreffenden Arten und Sorten (z.B. Alte Sorten) in landwirtschaftlichen Betrieben. Hierbei handelt es sich im Gegensatz zur konservierenden Erhaltung (z.B. in Genbanken) um eine dynamische Erhaltung, die fortgesetzte evolutionäre Prozesse ermöglicht. Während in Deutschland die Vielfalt der Ackerpflanzen on farm stark eingeschränkt ist, bestehen bei Gräsern und Futterpflanzen, Obstgehölzen sowie im Gartenbau gute Ausgangsbedingungen

für die On-farm-Erhaltung. Die On-farm-Erhaltung ist ein relativ neues Konzept, Langzeiterfahrungen liegen daher noch nicht vor.

Die On-farm-Erhaltung bedarf der weiteren konzeptionellen Konkretisierung sowie der Entwicklung geeigneter Förderinstrumente. Der Kooperation von staatlichen Stellen und Wissenschaft mit NROs und Interessierten kommt bei der On-farm-Erhaltung ein besonders hoher Stellenwert zu. Mit der On-farm-Erhaltung verbindet sich die Chance, wertvolle Kulturlandschaften (Kulturökosysteme) zu schützen, zu pflegen und zu entwickeln. Wesentlich für das Gelingen von On-Farm-Maßnahmen in diesem Sinne ist die Vernetzung der Interessen von Landwirtschaft, Naturschutz, Ökonomie und Tourismus, auf der Basis einer gezielten Förderung des Anbaus von pflanzengenetischen Ressourcen in den entsprechenden Gebieten.

Die Ex-situ-, On-farm- und In-situ-Erhaltung haben jeweils spezifische Vor- und Nachteile. Eine alleinige Konzentration auf einen Erhaltungsansatz kann den Anforderungen an die Erhaltung und nachhaltige Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen nicht gerecht werden. Eine stärkere Gewichtung von On-farm- und In-situ-Erhaltung bei PGR ist noch zu vollziehen. Für die Erhaltung der biologischen Vielfalt insgesamt ist die In-situ-Erhaltung von ganz zentraler Bedeutung. Eine Abstimmung und Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Erhaltungsansätzen gibt es in Deutschland nur in Einzelfällen, eine systematische Kombination der Erhaltungsmöglichkeiten erfolgt nicht.

Da es in Deutschland noch kein abgestimmtes Verfahren zur Erhaltung von PGR unter Einbeziehung aller Erhaltungsformen gibt, sollte eine kombinierte Erhaltungsstrategie entwickelt und umgesetzt werden. Insgesamt betrachtet, sollte diese Strategie unter dem Primat einer Erhaltung durch Nutzung vor einer Erhaltung für die Nutzung stehen. Der vorgeschlagene Sachverständigenrat zu pflanzengenetischen Ressourcen sollte unverzüglich vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten eingesetzt werden.

Umsetzung internationaler Verpflichtungen

Mit der Konvention über biologische Vielfalt (CBD, Rio 1992) und dem globalen Aktionsplan zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung der pflanzengenetischen Ressourcen (GPA, Leipzig 1996) ist die Bundesrepublik Deutschland wichtige internationale Verpflichtungen eingegangen. Der Erhalt der biologischen Vielfalt, insbesondere der PGR, in den Zentren der genetischen Vielfalt ist für Deutschland und die deutsche Landwirtschaft von großer Bedeutung.

Außerdem bedürfen die internationalen Vereinbarungen zur biologischen Vielfalt und zu PGR einer Harmonisierung.

Die Bundesrepublik Deutschland sollte für eine Harmonisierung zwischen den Abkommen bzw. Vereinbarungen zum Schutz der biologischen Vielfalt und der PGR eintreten. Weiterhin sind Regelungen der Zugangsfragen und des Vorteilsausgleichs bei der Nutzung genetischer Ressourcen (unter Berücksichtigung internationaler Handels- und Patentvereinbarungen), der Ausbau von Technologietransfer und Forschungszusammenarbeit (Stichwort "Clearinghouse Mechanismen"), die baldige Einigung auf das angestrebte "Biosafety-Protokoll" sowie die Verbesserung der internationalen Finanzierung zu forcieren.

Das Thema Biodiversität hat einen starken Querschnittscharakter. Auf *Bundesebene* ist das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit zuständig für die Konvention über biologische Vielfalt, das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten für die pflanzengenetischen Ressourcen. Die Aufgabe der Erhaltung von biologischer Vielfalt und pflanzengenetischen Ressourcen betrifft darüber hinaus verschiedene Fachpolitiken bzw. Ressorts auf der *Ebene von EU, Bund und Ländern*, wobei Verständnis und Akzeptanz dieser neuen Aufgabe in vielen dieser Institutionen noch gering sind. Der im Rahmen der Verpflichtungen aus der Biodiversitätskonvention vorgelegte "Nationalbericht Biologische Vielfalt" der Bundesregierung unter Federführung des BMU formuliert ein *strategisches Rahmenkonzept* zur Erfüllung der Handlungsziele im Bereich biologische Vielfalt. Aufgabe der kommenden Jahre wird es sein, bestehende Aktivitäten und Ansätze auf den verschiedensten gesellschaftlichen und politischen Ebenen zusammenzuführen und zu einer *nationalen Strategie* weiterzuentwickeln und umzusetzen.

Der Umsetzung einer umfassenden und integrierten nationalen Strategie zum Erhalt der biologischen Vielfalt (incl. PGR) sollte eine hohe Priorität eingeräumt werden. Die Bedeutung des Themas und der Aufgabe muß sowohl in der Öffentlichkeit als auch in einer Reihe von Ressorts klarer herausgearbeitet werden, um einen höheren Grad von Akzeptanz und eine Bereitschaft zur Durchführung auch aufwendiger Maßnahmen und Konzepte zu erreichen. Da der Bund in entscheidenden Bereichen (z.B. Naturschutz, Wasserwirtschaft, Land- und Forstwirtschaft, Raumplanung) nur Rahmenkompetenzen besitzt, muß ein verstärktes Engagement der Bundesländer für die Erhaltung der biologischen Vielfalt erfolgen. Eine effektive Zusammenarbeit der unterschiedlichen staatlichen Ebenen ist bestenfalls ansatzweise zu erkennen; diese Zusammenarbeit sollte deshalb unbedingt verbessert werden. Da insgesamt sehr unterschiedliche Politikfelder, Interessen und Akteure betroffen sind, sollten bei der

Weiterentwicklung von Leitbildern, Zielen und Handlungskonzepten interessierte und betroffene gesellschaftliche Gruppen kontinuierlich miteinbezogen werden.

I. Einleitung

Die Untersuchung des Themenfeldes "*Gentechnik und Züchtung unter dem Aspekt der 'biologischen Vielfalt' im Agrarbereich*" geht auf einen Vorschlag des Ausschusses für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten zurück. Nach Vorlage eines Untersuchungskonzeptes durch das TAB und Beschlußfassung des Ausschusses für Bildung, Wissenschaft, Forschung, Technologie und Technikfolgenabschätzung wurde die Bearbeitung des Projektes im Herbst 1996 begonnen. Die Fragestellung wurde auf den *Bereich der Pflanzenzüchtung* eingegrenzt und sollte - so weit wie möglich - auf den *deutschen Agrarbereich*, unter *Berücksichtigung der europäischen Rahmenbedingungen*, beschränkt werden.

1. Problemskizze

Arten- und Sortenverluste landwirtschaftlicher Nutzpflanzen und damit ein Verlust an genetischer Vielfalt stellen ein *weltweites Problem* dar. Der globale Verlust an Biodiversität insgesamt wird entscheidend durch die Abholzung der tropischen Regenwälder und durch landwirtschaftliche Veränderungen in den Genzentren der Entwicklungsländer geprägt. Im deutschen bzw. europäischen Agrarbereich sind die *ökonomischen und agrarpolitischen Rahmenbedingungen* der modernen Landwirtschaft von großer Bedeutung für den *Arten- und Sortenverlust*, der sich in einer *Reihe von Vorgängen* manifestiert:

- Verlust von Landsorten
- Verringerung der Zahl der im Anbau befindlichen Sorten und (auf dem größten Teil der Anbaufläche) Konzentration auf wenige Sorten
- Verlust an Variabilität zwischen den Sorten
- Verringerung der Fruchtarten im Anbau und Verengung der Fruchtfolgen
- Verlust von Ackerbegleitflora
- Verlust von Wildpflanzenarten

Eine Schätzung des Gesamtsortenverlustes ist kaum möglich; Untersuchungen in verschiedenen Ländern zeigen jedoch, daß seit Beginn des 20. Jahrhunderts Rückgänge von über 90 % bei der Zahl der angebauten Sorten keine Ausnahmen, sondern eher die Regel darstellen.

Pflanzenzüchtung in Richtung auf moderne Hochleistungssorten hat zu diesem Prozeß beigetragen. Allerdings ist die Züchtung gleichzeitig auf den Erhalt der genetischen Ressourcen angewiesen, denn neue Sorten werden durch Neukombination der Eigenschaften aus bereits vorhandenem Material - Züchtungssorten, Landsorten, Wildmaterial - gewonnen.

Für die *Beziehung zwischen Gentechnik und Biodiversität* werden hauptsächlich zwei gegensätzliche Thesen diskutiert:

- Einerseits wird, aufgrund der zunehmenden Verbreitung weniger gentechnisch veränderter Sorten und der potentiellen Risiken von Genfluß und Verwilderung, ein verstärkter Trend zum Verlust biologischer Vielfalt befürchtet.
- Andererseits werden positive Effekte auf die Biodiversität erwartet, da neue Gene in die Pflanzenzüchtung eingeführt werden und das Interesse am Erhalt der genetischen Vielfalt steigt.

Darüber hinaus können bio- und gentechnologische Methoden zur Erfassung und Charakterisierung der biologischen Vielfalt eingesetzt werden, insbesondere im Rahmen von Anstrengungen zur Konservierung der genetischen Vielfalt ex situ mittels Genbanken.

Von besonderer Bedeutung für die menschliche Zukunftsvorsorge ist der Schutz der pflanzengenetischen Ressourcen (PGR), d.h. derjenigen Kultur- und Wildpflanzen, die für Landwirtschaft und Ernährungssicherung genutzt werden oder werden können. Angesichts fortschreitender Bedrohung und Zerstörung der weltweiten Pflanzenvielfalt wurden auf der 4. Internationalen Technischen Konferenz über Pflanzengenetische Ressourcen der FAO in Leipzig im Juni 1996 auf der Grundlage eines Weltzustandsberichtes ein Globaler Aktionsplan sowie die "Deklaration von Leipzig über die Erhaltung und nachhaltige Nutzung der pflanzengenetischen Ressourcen für die Ernährung und Landwirtschaft" verabschiedet. Völkerrechtlich verbindlich ist die Konvention über Biologische Vielfalt (Biodiversitätskonvention), die auf der Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung (UNCED) 1992 verabschiedet und von der Bundesrepublik Ende 1993 ratifiziert worden ist. Sie definiert Ziele für Schutz und Nutzung der globalen Biodiversität und einen gerechten internationalen Vorteilsausgleich im Kontext nachhaltiger Entwicklungsstrategien. Fragen der Erhaltung und Nutzung der biologischen Vielfalt haben somit einerseits eine starke internationale Dimension, andererseits sind die resultierenden Handlungsanforderungen im nationalen Rahmen durch entsprechende Maßnahmen umzusetzen.

2. Zielsetzung und Vorgehensweise

Zielsetzung des TA-Projektes ist es, ausgehend von den genannten Thesen zu untersuchen, *welche negativen Einflüsse vom Einsatz der Gentechnik in der Pflanzenzüchtung auf die Biodiversität ausgehen können, welche Beiträge Züchtung und Gentechnik zum Erhalt der Biodiversität leisten können und schließlich welche politischen Gestaltungsmöglichkeiten ableitbar sind.*

Schon während der Konzepterstellung zeigte sich, daß eine *Beschränkung auf eine technikzentrierte Perspektive bei diesem Thema unbefriedigend* wäre. Insbesondere zur Frage der *Erhaltungsmöglichkeiten pflanzengenetischer Ressourcen und biologischer Vielfalt* allgemein erschien eine thematische Erweiterung notwendig, um die Bedeutung von Gentechnik und Züchtung im Rahmen der Gesamtproblematik darstellen zu können. Dementsprechend wurde *folgendes Arbeitsprogramm* festgelegt:

- *Zuchtziele konventioneller und gentechnischer Pflanzenzüchtung:* Es sollte dargestellt werden, ob und wie sich Zuchtziele und -strategien durch den Einsatz gentechnischer Methoden und Verfahren von bisherigen Ansätzen unterscheiden. Hierbei können sowohl neue technologische Möglichkeiten als auch die dadurch ermöglichten neuen Nutzungsformen (z.B. nachwachsende Rohstoffe) eine Rolle spielen.
- *Genetische Ressourcen als Grundlage der Pflanzenzüchtung:* Zu untersuchen war, welchen Einfluß gentechnische gegenüber konventionellen Züchtungsmethoden auf die Nutzung unterschiedlicher Quellen (Alte Sorten und Landsorten, Wildpflanzen, nicht verwandte Pflanzenarten oder Mikroorganismen etc.) für neue Merkmale oder Merkmalskombinationen haben oder haben können.
- *Einflüsse auf Forschung, unternehmerische Aktivitäten und Regulierungsfragen:* Wichtige Parameter hierfür sind Strukturveränderungen der Saatgutbranche, Zugang zu gentechnischen Forschungspotentialen, der Wandel in der privaten und der öffentlich geförderten Züchtungsforschung sowie Zulassungsfragen und sonstige rechtliche Bedingungen.
- *Direkte Auswirkungen der Pflanzenzüchtung auf die Arten- und Sortenvielfalt:* Prinzipiell können die Zahl (und Bedeutung) der züchterisch bearbeiteten Kulturarten und der angebotenen und angebauten Sorten, aber auch die Variabilität zwischen den Sorten beeinflusst werden. Dazu kommen mögliche Veränderungen von Flächennutzungen und Fruchtfolgen.

- *Indirekte Auswirkung der Pflanzenzüchtung auf die Biodiversität:* Hierbei sollte einerseits untersucht werden, welche Folgen von einer veränderten Anbaupraxis neuer Sorten ausgehen können, andererseits beschrieben werden, ob neue Züchtungsmethoden und Merkmale Gefahren von Verwildерung und Auskreuzung oder horizontalem Gentransfer hervorrufen.
- *Ansätze zum Schutz der genetischen Ressourcen und zum Arten- und Sortenschutz:* Das Spektrum reicht von DNA- und Genbanken über Botanische Gärten bis zur Ausweisung von Naturschutzgebieten und Biosphärenreservaten bzw. grundsätzlichen Änderungen vor allem der Agrarpolitik. Die Leistungen und Begrenzungen der verschiedenen Strategien und Methoden zum Schutz der biologischen Vielfalt sollten erfaßt und miteinander verglichen werden (besonders In-situ- versus Ex-situ-Ansätze).
- *Internationale Übereinkommen und Problemzusammenhänge:* Eine Vielzahl internationaler Vereinbarungen hat Einfluß auf die Agrobiodiversität sowie auf Anwendung, Verbreitung und Implikationen gentechnischer Methoden in der Pflanzenzüchtung. Hierzu zählen insbesondere die Verpflichtungen, die sich aus der Biodiversitätskonvention und dem sog. globalen System der Welternährungsorganisation (FAO) ergeben, sowie Regelungen zum Patent- und Sortenschutz.
- *Handlungsmöglichkeiten in den Bereichen Forschungs-, Agrar-, Umwelt- und Entwicklungspolitik:* Auf der Grundlage der Ergebnisse der genannten Untersuchungsbereiche sollten Handlungsoptionen für die betroffenen Politikbereiche erarbeitet werden.

Ein besonderes Augenmerk wurde dabei auf den *Vergleich gentechnisch erzeugter mit nicht gentechnisch erzeugten neuen Pflanzensorten* gelegt. Folgende vier Gutachten wurden vom TAB zur *Darstellung des wissenschaftlichen Diskussionsstandes dieser Fragestellungen* in Auftrag gegeben und ausgewertet:

- *Zuchtziele konventioneller und gentechnischer Pflanzenzüchtung und die Bedeutung pflanzen genetischer Ressourcen* (Prof. Dr. Wolfgang Friedt und Mitarbeiter, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Universität Giessen)
- *Direkte und indirekte Auswirkungen konventioneller und gentechnisch unterstützter Pflanzenzüchtung auf die Biodiversität* (Dr. Stephan Albrecht, Prof. Dr. Volker Beusmann und Mitarbeiter, Forschungsschwerpunkt Biotechnik, Gesellschaft und Umwelt (BIOGUM), FG Landwirtschaft und Pflanzenzüchtung, Universität Hamburg)

- *Evaluation von Ex-situ- und In-situ-Maßnahmen zur Erhaltung pflanzengenetischer Ressourcen sowie Ableitung von Handlungsbedarf und -ansätzen* (parallel an Prof. Dr. Karl Hammer, Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK), Gatersleben, sowie Dr. Thomas Plän, Institut für Biodiversität und Naturschutz e.V. (IBN), Regensburg)

Da im Rahmen der Umsetzung der Biodiversitätskonvention sowie der Vorbereitung der FAO-Konferenz in Leipzig 1996 vielfältige Aktivitäten verschiedenster Experten und Gruppen, die in diesem Themenfeld engagiert und kompetent sind, unter Federführung des Bundesministeriums für Landwirtschaft, Ernährung und Forsten und des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit angeregt, koordiniert und ausgewertet worden sind, wurde von den Projektarbeitern des TAB ein intensiver Informationsaustausch mit den zuständigen Vertreterinnen und Vertretern beider Ministerien gepflegt.

Eine vorläufige Version der Ausarbeitungen zum Handlungsbedarf und den Handlungsmöglichkeiten wurde einer Reihe von Expertinnen und Experten aus Wissenschaft, Industrie, Behörden, Verbänden und kritischen Nichtregierungsorganisationen zur Kommentierung vorgelegt.

3. Themen und Aufbau des Endberichtes

Die umfangreichen inhaltlichen Zusammenhänge machten eine Beschränkung des vertieft bearbeiteten Themenspektrums notwendig. Eine grundlegende Entscheidung war die Eingrenzung des TA-Projektes auf den Bereich der Pflanzenzüchtung.¹ Doch auch innerhalb der Pflanzenzüchtung wurde eine *Auswahl* getroffen, so daß es eine Reihe von Aspekten gibt, die der vorliegende Bericht nicht behandelt, obwohl sie zum Themenkreis gehören.

Grundsätzlich ausgeschlossen wurde zum Beispiel der gesamte Bereich der *Forstpflanzen*. Dieser wird zum einen wissenschaftlich recht klar getrennt diskutiert, zum andern spielen Pflanzenzüchtung und daher auch die Gentechnik aufgrund der langen Vegetationszeit eine vergleichsweise geringere Rolle als in der Landwirtschaft. Des weiteren *nicht behandelt* wurden *neueste gentechnische Ansätze in der Pflanzenzüchtung* - wie z.B. die Produktion von pharmazeutischen Wirkstoffen -, die sich *in einem sehr frühen Stadium* befinden und

1 Auswirkungen des Einsatzes moderner Reproduktionstechniken bei Tieren, auch unter dem Aspekt der möglichen Folgen für die biologische Vielfalt, werden in einem laufenden Projekt des TAB zum Thema "Klonen" behandelt.

deren Folgen in der Anbaupraxis daher nur *allzu spekulativ* beschrieben werden können. Der Einsatz von (gentechnisch veränderten) Pflanzen als sog. *nachwachsende Rohstoffe* wurde nicht gesondert, sondern im Zusammenhang der Veränderung von Qualitäts- bzw. Verwertungseigenschaften behandelt. Das letztgenannte Thema ist darüber hinaus Gegenstand einer TAB-Monitoring-Reihe (TAB 1996, 1997a u. b).

Die *Schwerpunkte* des Berichtes sind die *Beschreibung von Wirkungsketten*, die vom Einsatz neuer Pflanzensorten in der Landwirtschaft auf die Biodiversität ausgehen können, sowie eine *zusammenfassende Darstellung und Diskussion der Erhaltungsmöglichkeiten* für biologische Vielfalt, insbesondere pflanzen genetische Ressourcen.

Der Bericht beginnt mit einer Auswahl *grundlegender Informationen* (Kap. II). Nach einer Definition der wichtigsten Begriffe (Biodiversität, pflanzen genetische Ressourcen, Pflanzenzüchtung, Bio- und Gentechnik) wird ein Überblick zum aktuellen Kenntnisstand über Bestand und Verlust an biologischer Vielfalt und an pflanzen genetischen Ressourcen (weltweit und in Deutschland) sowie zur Entwicklung der Kulturarten und Sorten im Anbau gegeben. Eine Darstellung der wichtigsten rechtlichen Regelungen (Sorten-, Patent- und Gentechnikrecht) sowie eine Skizze der politischen und ökonomischen Rahmenbedingungen schließen sich an.

Das darauffolgende *Kapitel (III)* behandelt *Stand und Entwicklung der Pflanzenzüchtung*, mit besonderem Augenmerk auf dem Vergleich klassischer/konventioneller und bio- bzw. gentechnisch unterstützter Ansätze. Außer den eigentlichen Züchtungszielen werden die vergangene und zukünftige Bedeutung genetischer Ressourcen für die Pflanzenzüchtung, die deutsche Forschungslandschaft sowie Strukturveränderungen der Saatgutbranche diskutiert. Als Basis für die Analyse möglicher Wirkungsketten (Kap. IV) werden insbesondere die Perspektiven der Züchtung neuer Sorten sowie die Voraussetzungen für deren Einsatz in der Landwirtschaft beschrieben.

Die *möglichen Auswirkungen neuer Pflanzensorten* bilden das Thema von *Kapitel IV*. Unter direkten Auswirkungen werden mögliche Einflüsse auf Zahl und genetische Diversität der angebotenen und der angebauten Sorten, Veränderungen bei Fruchtarten und -folgen sowie mögliche Entwicklungen im Bereich der Flächennutzung verstanden und dargestellt. Indirekte Auswirkungen auf die biologische Vielfalt (der Ackerbegleitflora und sonstiger Elemente der Agrarökosysteme wie der angrenzenden Habitate) werden über zwei Wirkungsketten untersucht, zum einen über eine Beeinflussung der Anbaupraxis, zum andern über Möglichkeiten der Verwilderung neuer Pflanzensorten bzw. ihrer

Gene und Eigenschaften via Auskreuzung und horizontalen Gentransfer. Gerade bei den potentiellen (negativen) Folgen für die Biodiversität steht die Frage nach der Besonderheit "gentechnisch gezüchteter" gegenüber "konventionellen" Sorten im Mittelpunkt des Interesses.

Kapitel V befaßt sich mit den verschiedenen *Strategien und Verfahren zum Schutz der biologischen Vielfalt*, also Ex-situ-, In-situ- und On-farm-Maßnahmen, deren Kombinationsmöglichkeiten sowie dem spezifischen Beitrag, den biotechnologische Methoden zum Erhalt genetischer Ressourcen leisten können. Besondere Aufmerksamkeit wird den jeweiligen Problemen und Leistungen der sehr unterschiedlichen Herangehensweisen gewidmet.

Die *Verpflichtungen*, die sich aus *internationalen Vereinbarungen* ergeben, werden in *Kapitel VI* aufgegriffen. Hier werden die beiden wichtigsten weltweiten Übereinkommen bzw. Aktivitäten zur (Agro-)Biodiversität, die Konvention über Biologische Vielfalt sowie das Globale System der FAO zu pflanzengenetischen Ressourcen, kurz resümiert und im Hinblick auf ihre Bedeutung für die Situation in Deutschland und Europa diskutiert. Schwerpunkte bilden hierbei die nötige Harmonisierung der internationalen Vereinbarungen sowie der Stand der Umsetzung der Handlungsanforderungen.

Im *Kapitel VII* werden *Handlungsbedarf und Handlungsmöglichkeiten* soweit es geht speziell für Deutschland abgeleitet, zum einen nach zwölf Themenfeldern geordnet, zum andern nach Politikfeldern zusammengefaßt. Dieses abschließende Kapitel soll auch als eine Art *Resümee* dienen; daher wird der Nennung der Handlungsmöglichkeiten in den einzelnen Themenfeldern eine ganz kurze Zusammenfassung bzw. *Einschätzung der Hauptegebnisse* aus dem Projekt vorangestellt. Ein *Glossar* zur Erläuterung der wichtigsten Begriffe findet sich im *Anhang*.

Der *vorliegende Bericht basiert in weiten Teilen* auf den genannten, vom TAB vergebenen *Gutachten*. Das *Gutachten von Friedt und Mitarbeitern* bildete eine wichtige Grundlage vor allem für *Kapitel III*, diejenigen von *Hammer* und von *Plän* für *Kapitel II, V und VI*. Die Arbeit von *Albrecht, Beusmann und ihren Mitarbeitern* ist in *Kapitel II und III*, vor allem aber in *Kapitel IV* ausgewertet worden. In ihrem Gutachten wurde unseres Wissens zum ersten Mal eine umfassende, wissenschaftlich valide und ausgewogene Analyse der konkreten und theoretisch möglichen Wirkungsketten des Einsatzes neuer Sorten auf die biologische Vielfalt samt einer Beschreibung der zugehörigen Rahmenbedingungen vorgenommen. Die *Verantwortung für Auswahl und Interpretation der Informationen aus den Gutachten*, insbesondere für dabei unbeabsichtigt vor-

genommene Verfälschungen oder Verkürzungen, liegt selbstverständlich *bei den zuständigen Mitarbeitern des TAB*.

Allen Gutachtern sei herzlich für die gute Zusammenarbeit gedankt, ebenso wie den Expertinnen und Experten, die Informationen zur Verfügung gestellt haben oder die Entwurfsversion von Kapitel VII kommentiert haben, insbesondere: Herrn Prof. Dr. *Blanke* (BfN), Herrn Dr. *Bulich* (GFP), Herrn Dr. *Engelbert* (KATALYSE), Herrn Dr. *Himmighofen* (BML), Frau Dr. *Kosak* (BML), Frau Dr. *Oetmann* (ZADI/IGR), Frau *Prall* (BUKO), Herrn *Schellberg* (BMU), Frau Dr. *Schulte* (BATS), Herrn Dr. *Steinberger* (BSA), Frau *Suplie* (BMU), Herrn *Waskow* (KATALYSE), Herrn Dr. *Witting* (BMU) und Herrn Dr. *Zimmer* (KWS).

Ein *Hinweis* sei zur *Schreib- bzw. Leseweise* gegeben: Im folgenden werden die Begriffe "konventionelle" und "gentechnisch unterstützte Pflanzenzüchtung" verwendet, die keine allgemein anerkannten Fachtermini darstellen. Sie wurden gewählt, um umständlichere oder verklausulierte Formulierungen wie "Pflanzenzüchtung unter Einbeziehung gentechnischer Methoden" zu vermeiden. "Konventionell" meint dabei alle züchterischen Methoden ohne die Gentechnik, ist also nicht kongruent mit dem Begriff "klassische" Pflanzenzüchtung, der auch alle sonstigen modernen biotechnologischen Verfahren ausschließt.

Last not least gilt *unser besonderer Dank Gabriele Brunschede und Kirsten Lippert* für die Gestaltung der Abbildungen und Tabellen und die Erstellung des Endlayouts des vorliegenden Berichts.

II. Grundlagen

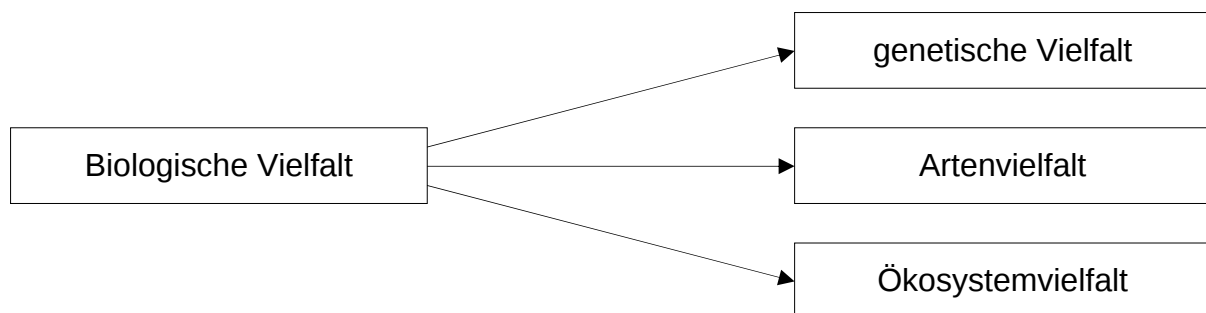
1. Definitionen

Als allgemeine Grundlage werden zunächst die Begriffe Biodiversität, pflanzengenetische Ressourcen, Pflanzenzüchtung und Gentechnik erläutert.

1.1 Biodiversität

Die Konvention über die Biologische Vielfalt definiert die biologische Vielfalt in Art. 2 als "die Variabilität unter lebenden Organismen jeglicher Herkunft, darunter unter anderem Land-, Meeres- und sonstige aquatische Ökosysteme und die ökologischen Komplexe, zu denen sie gehören; dies umfaßt die Vielfalt innerhalb der Arten und zwischen den Arten und die Vielfalt der Ökosysteme" (BMU, S. 28). Der Begriff "Biodiversität" umfaßt also die *drei Ebenen der genetischen Vielfalt, der Artenvielfalt und der Ökosystemvielfalt* (Abb. 1). Anstelle der Ökosystemvielfalt wird teilweise auch von der Habitatvielfalt gesprochen. Bei der Abschätzung der Auswirkungen der Pflanzenzüchtung (neuer Sorten) auf die Biodiversität sind jeweils diese drei Ebenen zu beachten.

Abb. 1: Bestandteile der Biodiversität



Erst seit Beginn der 80er Jahre hat die Biodiversität, parallel zu ihrer globalen Bedrohung, breitere wissenschaftliche und politische Aufmerksamkeit gefunden. Während zunächst der Artenreichtum im Mittelpunkt stand, wurden später

die genetischen und ökologischen Aspekte hinzugefügt (Hammer 1997, S. 13). Der Begriff Biodiversität erlangte seinen Durchbruch mit dem Kongreß "National Forum on BioDiversity" im September 1986 in Washington DC, durchgeführt von der National Academy of Sciences und dem Smithsonian Institute (Wilson 1997, S. 2). Schon 1992 wurde mit der auf der Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro verabschiedeten "Konvention über die Biologische Vielfalt" ein globaler Rahmen für den Umgang mit der Biodiversität geschaffen (Kap. VI.1). Dagegen sind viele wissenschaftliche Fragen zum Konzept der Biodiversität noch ungeklärt (Kap. II.2).

1.2 Pflanzengenetische Ressourcen

Pflanzengenetische Ressourcen sind ein Teil der gesamten biologischen Vielfalt. Als eine natürliche Grundlage der menschlichen Existenz haben sie eine herausragende Bedeutung. Ihr Umfang ist stark vom Menschen beeinflusst (BML 1996a, S. 3).

Der Begriff der pflanzengenetischen Ressourcen wird international unterschiedlich definiert. Nach der Konvention über die Biologische Vielfalt sind genetische Ressourcen alles genetische Material von tatsächlichem und potentielltem Wert. Diese Definition bezieht sich auf die biologische Vielfalt insgesamt und geht über den Bereich der Pflanzen hinaus. Die Internationale Verpflichtung der FAO definiert pflanzengenetische Ressourcen als das gesamte generative und vegetative Reproduktionsmaterial mit gegenwärtigem und zukünftigem ökonomischem und/oder sozialem Wert. Hierin sind beispielsweise Pflanzen, die für die Arzneimittelherstellung genutzt werden oder von Bedeutung sein könnten, eingeschlossen. Eine wiederum andere Abgrenzung liegt der EU-Verordnung über die Erhaltung, Beschreibung, Sammlung und Nutzung der genetischen Ressourcen der Landwirtschaft (Nr. 1467/94) zugrunde (Kap. II.5.3). Einen Einblick in den je nach Betrachtungsweise unterschiedlichen Artenreichtum gibt Tabelle 1.

Tab. 1: Artenreichtum der Pflanzen, der pflanzengenetischen Ressourcen und der genutzten landwirtschaftlichen Kulturpflanzen

	<i>Welt</i>	<i>Europa</i>	<i>Deutschland</i>
<i>Pflanzen insgesamt</i> (incl. Moose, Flechten, Pilze, Algen)	415.000 ¹	-	28.000 ¹
<i>Höhere Pflanzen</i> (Farn- und Blütenpflanzen = Gefäßpflanzen)	250.000 ² (-320.000 ³)	11.500 ²	2.500 ² (-3.200 ¹)
<i>pflanzengenetische Ressourcen, weite Definition</i> (Pflanzen mit aktuellem oder potentiell ökonomischen und/oder sozialem Wert)	100.000 ²	4.730 ²	1.055 ²
<i>pflanzengenetische Ressourcen, engere Definition</i> (Pflanzen mit aktuellem oder potentiell Wert für Ernährung und Landwirtschaft)	30.000 ⁴	-	-
<i>Kulturpflanzen</i> , unterschiedlich stark domestiziert, für die menschliche Ernährung	7.000 ² (-2.500 ³)	500 ²	150 ²
<i>pflanzengenetische Ressourcen in Ex-situ-Sammlungen</i> (Muster/Arten in Genbanken)	>6 Mio. Muster ⁵	-	>160.000/ >2.000 ⁵
<i>Kulturpflanzen im landwirtschaftlichen Anbau</i>	>1.500 ² (incl. Gartenbau)	-	ca. 60 ⁶
<i>Hauptkulturarten</i> in der landwirtschaftlichen Nutzung (>90 % der AF)	30 ⁷	-	10 ⁸

1 BfN 1996, S. 87

2 Hammer 1997, S. 77

3 UNEP 1995, S. 128

4 FAO 1996, S. 7 (eßbare Arten)

5 Hammer 1997, S. 30 (Muster/Arten; zusätzlich in Deutschland forstgenetische Ressourcen (45 Arten) und Botanische Gärten)

6 Albrecht et al. 1997, S. 6; Plän 1997, S. 31 (incl. Gemüse- und Obstarten)

7 FAO 1996, S. 7

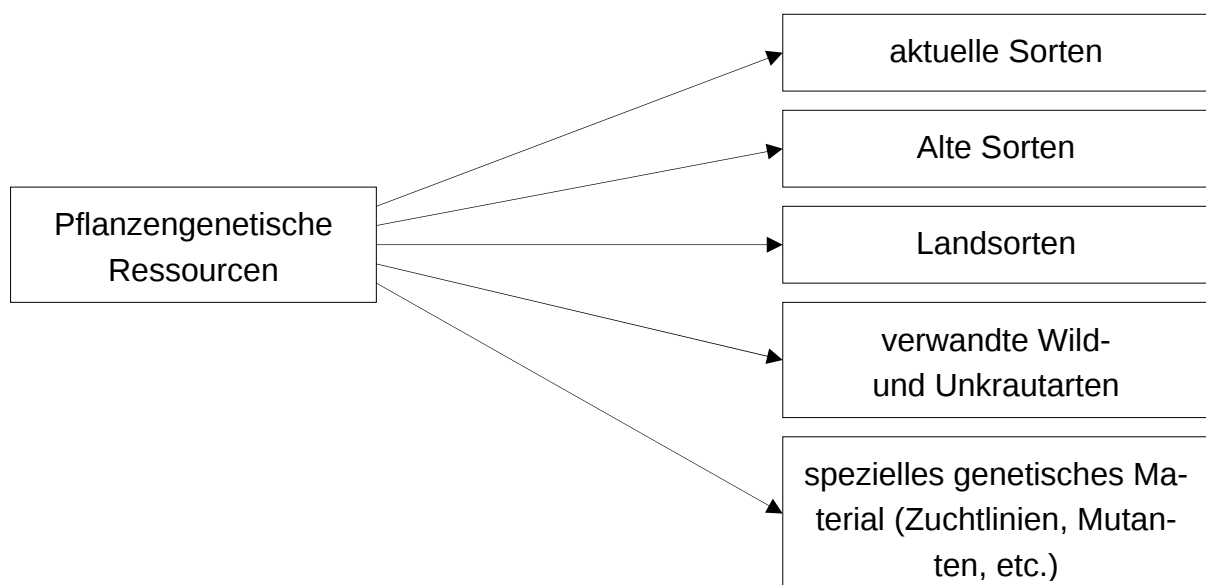
8 Albrecht et al. 1997, S. 12

Unter pflanzengenetischen Ressourcen wird hier das gesamte generative und vegetative Reproduktionsmaterial von Pflanzen mit aktuellem oder potentiell Wert für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten verstanden (Abb. 2). Die hier in Anlehnung an die Abgrenzung des Deutschen Berichtes zur Vorbereitung der

4. Internationalen Technischen Konferenz der FAO über pflanzengenetische Ressourcen gewählte Definition schließt die Ackerpflanzen, Grünlandpflanzen, Gemüsepflanzen, Obstkulturen, sonstige Dauerkulturen, Sonderkulturen, Zierpflanzen, Forstpflanzen sowie Wildpflanzen mit potentieller Nutzbarkeit ein.

Die pflanzengenetischen Ressourcen umfassen die *Kategorien* aktuelle Sorten, Alte Sorten, Landsorten, verwandte Wild- und Unkrautarten sowie spezielles genetisches Material (Abb. 2). *Aktuelle Sorten* sind solche Sorten, die derzeit eine Zulassung nach dem Sortenschutzgesetz (Kap. II.5.1) besitzen. Als *Alte Sorten* werden solche Sorten bezeichnet, deren Schutzfrist nach dem Sortenschutzgesetz abgelaufen ist, die keine Zulassung nach dem Saatgutverkehrsgesetz mehr besitzen und die daher nicht mehr gehandelt werden dürfen. *Landsorten* sind lokal angebaute, nicht geschützte Sorten, die durch Selektion von Landwirten im Rahmen des Anbaus über einen langen Zeitraum an die speziellen Nutzungsanforderungen und Umweltbedingungen des jeweiligen Anbauortes angepaßt sind (Plän 1997, S. 5). Unter speziellen genetischen Ressourcen werden schließlich Zuchtlinien und Mutanten verstanden, die insbesondere Arbeitsmaterial in der Züchtung darstellen.

Abb. 2: Bestandteile der pflanzengenetischen Ressourcen



Als wissenschaftliche Basis für die Abgrenzung der pflanzengenetischen Ressourcen haben sich die Kategorien von Harlan/de Wet (1971) bewährt. Da viele verwandte Pflanzenarten in der Lage sind, Gene auszutauschen, können Gen-

pools verschiedener Ordnung definiert werden (Tab. 2). Zum primären Genpool gehören alle Arten, mit denen vollfertile Kreuzungsprodukte gebildet werden. Der sekundäre Genpool umfaßt alle Arten, bei denen bestimmte Kreuzungsbarrieren auftreten, aber noch fertile Hybridisierungen gebildet werden können. Der tertiäre Genpool beinhaltet schließlich die Arten, die sich mit der Zielart nur unter Ausnutzung radikaler neuer Techniken (z.B. Zell- und Gewebekulturtechniken, Kap. II.1.4) kreuzen lassen. Ein quartärer Genpool ergibt sich daraus, daß sich mit Hilfe der Gentechnik prinzipiell Erbmateriale von jeder Art auf eine andere übertragen läßt (vgl. Hammer 1997, S. 16; UNEP 1995, S. 76).

Tab. 2: Genpools von Nutzpflanzen zur Abgrenzung pflanzengenetischer Ressourcen

Kategorien	Beschreibung und Zuordnung
<i>Primärer Genpool (GP1)</i>	Gentransfer uneingeschränkt möglich, d.h. vollfertile Kreuzungsprodukte (Hybride) • mit Kulturarten • mit Unkrautarten • mit Wildarten
<i>Sekundärer Genpool (GP2)</i>	Gentransfer möglich aber schwierig, d.h. teilweise fertile Kreuzungsprodukte (Hybride) • mit nahen Verwandten • mit anderen Pflanzenarten
<i>Tertiärer Genpool (GP3)</i>	Gentransfer nicht möglich, d.h. keine klassischen Kreuzungen möglich, fertile Kreuzungsprodukte (Hybride) nur mittels radikaler neuer Techniken • überlebensfähige, aber sterile Hybride • nicht überlebensfähige Hybride
<i>Quartärer Genpool</i>	Gentransfer nicht möglich, d.h. keine Kreuzungen möglich, fertile Kreuzungsprodukte (Hybride) nur mittels Gentechnik • transgene Hybride

Quelle: nach Hammer 1997, S. 93, und UNEP 1995, S. 77

Schon kurz nach Beginn der wissenschaftlichen Pflanzenzüchtung wurden die ersten umfangreichen Sammlungen von Landsorten angelegt. Denn weitschauende Pflanzenzüchter erkannten schon gegen Ende des vergangenen Jahrhun-

derts, daß die neuen Sorten mit zunehmender Geschwindigkeit die althergebrachten, gut angepaßten Landsorten aus dem Anbau verdrängten. Die Sammlungsaktivitäten dienten aber vor allem der Bereitstellung von Material für die Pflanzenzüchtung. Erst nach dem zweiten Weltkrieg setzte ein deutlicher Wandel ein, und neben der Beschaffung des Materials spielte immer mehr der Aspekt seiner Rettung vor dem drohenden Verlust eine Rolle (Kap. II.3). In den 60er Jahren begann die FAO sich intensiver mit den Quellen zur züchterischen Verbesserung der Kulturpflanzen zu beschäftigen. Der Begriff "genetische Ressourcen" wurde erstmals auf einer FAO-Konferenz 1967 eingeführt. Diese Konferenz war gleichzeitig Ausgangspunkt für weltumspannende Untersuchungen der genetischen Vielfalt der Kulturpflanzen und ihrer wildwachsenden Verwandten. Mit der Internationalen Verpflichtung ("International Undertaking on Plant Genetic Resources") wurden 1983 Rahmenbedingungen für Sammlung, Austausch, Nutzung und Schutz der pflanzengenetischen Ressourcen festgelegt (Hammer 1997, S. 10 f.) (Kap. VI.2).

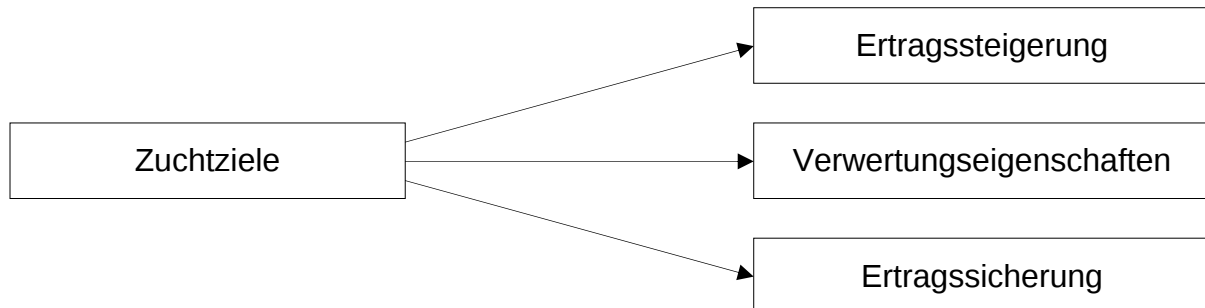
1.3 Pflanzenzüchtung

Als Pflanzenzüchtung wird die gezielte Entwicklung von neuen Pflanzensorten mit neuen, gewünschten Eigenschaften bezeichnet. Die Pflanzenzüchtung ist auf die Nutzung der pflanzengenetischen Ressourcen angewiesen, denn neue Pflanzensorten werden durch Neukombination von Eigenschaften aus bereits vorhandenem Material gewonnen (Kap. II.4).

Die private Pflanzenzüchtung konzentriert sich weitgehend auf die Bearbeitung der wirtschaftlich wichtigen Ackerkulturen (Getreide, Mais, Raps, Zuckerrüben, Kartoffel, Futterpflanzen). Die Züchtung seltener, meist wirtschaftlich wenig bedeutender Kulturarten sowie von Dauer- und Sonderkulturen wird weitgehend von staatlichen und universitären Institutionen getragen (BML 1996a, S. 12).

Die *Zuchtziele* - d.h. die neuen, gewünschten Eigenschaften - ergeben sich aus den Ansprüchen der Landwirtschaft, der nachgelagerten Industrien und der Verbraucher sowie den saatgutrechtlichen Voraussetzungen für die Sortenzulassung (Kap. III.1). Die Zuchtziele lassen sich einteilen in die Bereiche Ertragssteigerung, Ertragssicherung und Qualitäts- bzw. Verwertungseigenschaften (Abb. 3).

Abb. 3: Zuchtziele der Pflanzenzüchtung



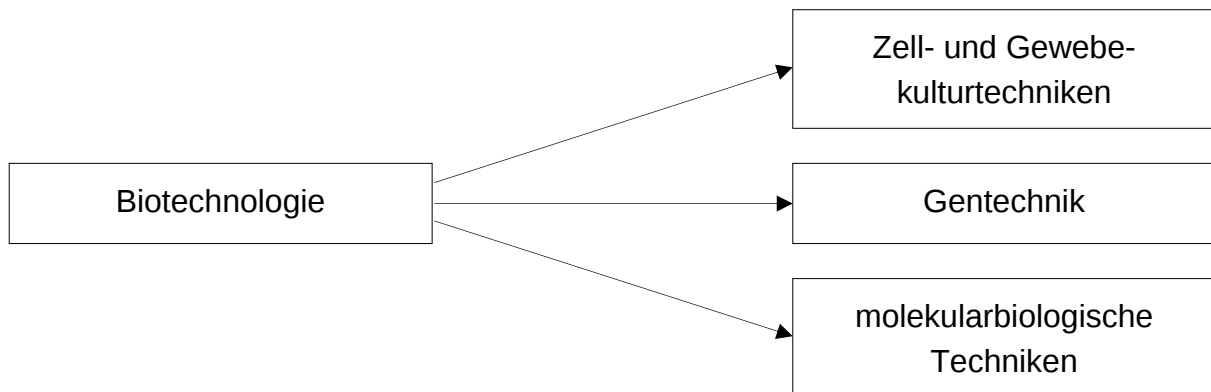
Über die Jahrtausende landwirtschaftlicher Praxis ist eine große Vielfalt bei den Kulturpflanzen entstanden. Erst mit dem Beginn der wissenschaftlichen Pflanzenzüchtung, der etwa mit der Entstehung der Vererbungswissenschaften zusammenfällt, wurde Ende des 19. Jahrhunderts ein gezieltes Eingreifen in die Kulturpflanzen möglich. Die Vielfalt der Landsorten wurde zunächst für die Auslese von Linien und Sorten genutzt (Auslesezüchtung). Die später einsetzende Kombinations- bzw. Kreuzungszüchtung hat unmittelbar auch auf Material aus anderen Ländern zurückgegriffen und so die genetische Basis verbreitert. Material aus Wildarten ist bisher nur in einem relativ geringem Umfang in die Sortenzüchtung einbezogen worden. Zu den *klassischen Züchtungsmethoden* zählt neben der Auslesezüchtung und der Kreuzungszüchtung noch die Hybridzüchtung. Die Polyploidiezüchtung (künstliche Chromosomenverdoppelung) und die Mutationszüchtung (Mutationsauslösung durch ionisierende Strahlung oder mutagene Chemikalien) erlangten nur in Einzelfällen Bedeutung. Mit der Einführung der *Gentechnik* in die Pflanzenzüchtung ist auch die Übertragung von Genen aus nicht kreuzbaren Arten möglich geworden.

1.4 Bio- und Gentechnik

Pflanzenzüchtung und landwirtschaftlicher Anbau sind im weitesten Sinne zur "Biotechnologie" zu zählen, stellen sie doch eine gezielte Nutzung und Beeinflussung biologischer Prozesse für menschliche Zwecke dar. Mit den allgemeinen Fortschritten von Molekularbiologie und Genetik hat sich die *moderne Biotechnologie* entwickelt und zunehmende Bedeutung sowohl für die Pflanzen-

züchtung als auch für den Erhalt pflanzengenetischer Ressourcen erlangt. Zur modernen Biotechnologie zählen die Zell- und Gewebekulturtechniken, die molekularbiologischen Techniken und die Gentechnik (Abb. 4).

Abb. 4: Bereiche der modernen Biotechnologie



Zell- und Gewebekulturtechniken

Die Zell- und Gewebekulturtechniken sind In-vitro-Kulturverfahren von Zellen, Geweben und Organanlagen. Diese Verfahren dienen der Erhaltung von Pflanzenmaterial, der Vermehrung von Pflanzen, der Erzeugung von Variabilität und der Selektion (vgl. Friedt et al. 1997, S. 28 ff.).

Für *Erhalt und Vermehrung* werden die schnelle Vermehrung (Mikropropagation), die Meristemkultur und die Protoplastenkultur eingesetzt, wobei die Regeneration vollständiger Pflanzen aus Zellen oder Gewebeteilen, die auf Nährmedien unter genau definierten Bedingungen im Labor gehalten werden, erfolgt. Diese Verfahren dienen der schnellen Vermehrung von vegetativen Pflanzenarten (z.B. Erhaltungszüchtung von Klonsorten), der Erzeugung von virusfreiem Pflanzgut oder der beschleunigten Vermehrung von Arten mit langen Generationszeiten (z.B. Forst- und Ziergehölze).

In Zell- und Gewebekulturen wird häufig die zufällige und ungerichtete Entstehung von Variationen beobachtet. Während diese sog. somaklonale Variation in der Genbank bei der identischen Vermehrung unerwünscht ist, kann sie in der Züchtung als zusätzliche Quelle von Variabilität genutzt werden. Weitere Techniken zur *Erzeugung von Variabilität* sind die Protoplastenfusion und die somatische Hybridisierung (Fusion von Zellen). Zu den Gewebekulturtechniken

gehört weiterhin die Embryo-Rescue-Technik, bei der Kreuzungen von weiter auseinanderliegenden Arten, die auf natürlichem Wege nach dem Embryonalstadium nicht überlebensfähig wären, durch In-vitro-Kultur zu fertilen Pflanzen herangezogen werden.

Zur *Selektion* gewünschter Eigenschaften können die Haploid-Techniken, Mikrosporenkulturen sowie In-vitro-Selektionen mit Kalluskulturen und Protoplasten genutzt werden. Viele dieser Techniken stellen weitgehende Eingriffe in das pflanzliche Genom dar und bilden daher eine Art Übergangsfeld zwischen konventioneller und gentechnisch unterstützter Züchtung.

Molekularbiologische Techniken

Zu den für dieses TA-Projekt relevanten molekularbiologischen Techniken gehören vor allem *Marker-Techniken* (molekulare bzw. DNA-Marker). Zur Charakterisierung von Genotypen werden vor allem Restriktions-Fraktions-Längen-Polymorphismen (RFLP), Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD), Amplified Fragment Length Polymorphisms (AFLP) und Mikrosatelliten (Simple Sequence Repeats - SSR) genutzt. Sie dienen der Aufstellung genetischer Karten, der Kartierung einzelner Gene sowie der Erfassung und Nutzung der pflanzengenetischen Diversität. Diese Techniken sind für die Pflanzenzüchtung und für den Erhalt pflanzengenetischer Ressourcen von Relevanz (vgl. Friedt et al. 1997, S. 35 ff.).

Gentechnik

Zur Gentechnik zählen alle Methoden zur Isolierung und Vervielfältigung von Genen sowie deren gezielten Umgestaltung, Neuzusammenfügung und Übertragung in den Ursprungs- oder einen Fremdorganismus. Ziel bzw. Produkt dieser Rekombination von Erbsubstanz sind *transgene Organismen* mit neuen bzw. veränderten Eigenschaften. Die Gentechnik ist für die Pflanzenzüchtung von direkter Bedeutung, jedoch nicht für den Schutz genetischer Ressourcen. 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 (ggf. gezielte) Genintegration (Introgression) sowie die weitere züchterische Bearbeitung der transgenen Pflanze (vgl. Friedt et al. 1997, S. 41 ff.). Mit der Gentechnik wird potentiell die gesamte biologische Vielfalt zur pflanzengenetischen Ressource.

2. Bestand und Verlust an biologischer Vielfalt

In diesem Kapitel wird ein kurzer Überblick über Bestand und Entwicklungstendenzen der biologischen Vielfalt gegeben. Dies stellt den allgemeinen Hintergrund für die pflanzen genetischen Ressourcen (Kap. II.3) und für mögliche Auswirkungen neuer Sorten (Kap. IV) dar.

2.1 Bestand an biologischer Vielfalt

Biologische Vielfalt wird nach wie vor oftmals mit Artenvielfalt gleichgesetzt. Auch in der Ökologie wird unter Diversität in vielen Fällen die Vielfalt der Arten in einer Lebensgemeinschaft verstanden. Dementsprechend ist das Wissen über die Artenvielfalt noch am größten. Die Kenntnisse über den Umfang als auch über die Bedeutung der biologischen Vielfalt sind insgesamt nach wie vor begrenzt. Im folgenden werden einige wichtige Aspekte der globalen biologischen Vielfalt angesprochen.

Artenvielfalt

Der *Artbegriff* ist die Basiseinheit der Taxonomie. Trotzdem ist es schwierig, genau zu definieren, was eine Art ausmacht. Verschiedene Konzepte und Nutzungen des Artbegriffes liegen vor, was zu differierenden Klassifikationen und Artenzahlen führt (UNEP 1995, S. 21 ff.). Zur Artenvielfalt liegen umfangreiche Kenntnisse vor, aber einige grundlegende Fragen sind noch unbeantwortet, wie (Solbrig 1994, S. 45): Woher kommt die Artenvielfalt? Wie wird Artenvielfalt erhalten? Wie kann Artenvielfalt gemessen werden? Welche ökologische Rolle spielt die Artenvielfalt?

Die *Schätzungen über die Zahl der Arten, die auf der Erde leben*, schwanken stark und beinhalten große Unsicherheiten. Die Angaben reichen von 2 bis zu 100 Mio. Arten. Mehr als 90 % aller Arten sollen auf die Gruppe der Gliederfüßer (Arthropoden) entfallen. Neuere Abschätzungen halten 13 bis 14 Mio. Arten weltweit für realistisch. Von dieser vermuteten Artenzahl sind derzeit etwa 1,75 Mio. Arten bekannt bzw. wissenschaftlich beschrieben (UNEP 1995, S. 119). Von den bekannten Arten entfallen etwa 2,7 % auf die Wirbeltiere, 56 % auf die Insekten und 15 % auf die höheren Pflanzen. Während die große Mehrzahl der Wirbeltiere und höheren Pflanzen beschrieben ist, sind vor allem

Mikroorganismen wie Bakterien, Viren und Einzeller sowie Algen und Pilze erst wenig erforscht (UNEP 1995, S. 119 f.; Weigel 1997, S. 188).

Genetische Vielfalt

Die genetische Vielfalt bezieht sich sowohl auf die innerartliche als auch auf die zwischenartliche Vielfalt. Insbesondere höhere Arten enthalten eine enorme Menge an genetischer Information, die entsprechend variieren kann. Innerhalb der genetischen Vielfalt können die drei Ebenen

- der genetischen Variation zwischen Individuen einer Population,
- der genetischen Variation zwischen Populationen innerhalb einer Art und
- der genetischen Variation zwischen Arten

unterschieden werden. *Die Kenntnisse über die genetische Vielfalt sind noch sehr begrenzt.* Für die meisten Arten wird ein hoher Grad an genetischer Variabilität vermutet und für wichtig gehalten.

Allgemein wird angenommen, daß mit *abnehmender Individuenzahl einer Art* sich gleichermaßen die genetische Vielfalt dieser Art verringert. Mit der verringerten Bandbreite der Erbanlagen ist in der Regel weiterhin verbunden, daß diese Art sich verändernden Umweltbedingungen nur noch eingeschränkt anpassen kann. Weiterhin wird davon ausgegangen, daß geringe Individuenzahlen in der Regel zu Inzuchtproblemen führen. Allerdings sind auch Beispiele bekannt, wo für bestimmte Arten nur eine sehr geringe genetische Variabilität nachweisbar ist (UNEP 1995, S. 197; Brookes 1997).

Eine *hohe genetische Vielfalt innerhalb einzelner Populationen einer Art* ist nicht generell günstig, da teilweise die Angepaßtheit einer Population an spezielle Standortbedingungen wichtiger ist. Beispielsweise ist dies für Hochlagenstandorte des Bayerischen Waldes gezeigt worden, wo standortangepaßte Fichtenbestände mit relativ geringer genetischer Vielfalt anderen, genetisch vielfältigeren Beständen an Wuchs- und Widerstandskraft klar überlegen sind (Natur und Landschaft 1997). Deshalb kommt es oftmals eher auf eine hohe genetische Variabilität zwischen den Populationen einer Art an.

Ökosystemvielfalt

Die Ökosystemvielfalt läßt sich auf verschiedenen Ebenen beschreiben, von Lebensräumen (Habitate bzw. Biotope) über Lebensgemeinschaften (Biozöosen), Landschaften usw. bis zu biogeographischen Weltregionen. *Ein global*

einheitliches System zur Klassifikation von Ökosystemen liegt nicht vor. Von Interesse ist sowohl die Artenvielfalt innerhalb eines Ökosystems als auch die Vielfalt der Ökosysteme innerhalb größerer geographischer Einheiten.

Strukturen und Funktionen von Ökosystemen bedürfen eines *Minimums an Vielfalt*. Unklarheit herrscht allerdings noch darüber, welche Mindestzahl von Arten für die Erhaltung der Stabilität der jeweiligen Ökosysteme notwendig ist. Bei vielfältigen Ökosystemen wie dem tropischen Regenwald kann der Verlust einzelner Arten (z.B. einer Baumart) gravierendere Folgen haben als bei den einfacheren Ökosystemen der gemäßigten Breiten. Inwieweit vielfältige ökologische Systeme stabiler sind und ob ihre Produktivität und nachhaltige Nutzung von der Vielfalt abhängig ist, bedarf allerdings noch der Klärung. Die vielfach der biologischen Vielfalt zugewiesene stabilisierende Wirkung auf den Naturhaushalt ist bisher weder schlüssig nachgewiesen noch widerlegt worden (Weigel 1997, S. 189).

Unstrittig ist, daß bereits der Verlust einzelner Arten, die wichtige Glieder einer Nahrungskette sind, erhebliche Auswirkungen auf die Stabilität von Ökosystemen haben kann. Der Verlust von *Schlüsselarten* kann sich sehr umfassend auf die biologische Vielfalt auswirken. Beispielsweise ist die Mehrzahl der Blütenpflanzen von bestäubenden Insekten abhängig. Der Verlust von Bestäubern wirkt sich daher auf die Pflanzenwelt aus, die wiederum Nahrungsgrundlage für eine Vielzahl von Arten ist. Insgesamt ist aber noch unentschieden, ob Schlüsselarten oder der gesamten Vielfalt eine größere Bedeutung für die Stabilität und Produktivität von Ökosystemen zukommt (Tiegel/Erber 1996; vgl. Grime 1997).

Insgesamt ist das Wissen über die Muster (Verteilung der Arten in Raum und Zeit), die Mechanismen (Ursachen für die beobachteten Muster) und die Funktionen (Bedeutung von Vielfalt für Prozesse in Ökosystemen) der natürlichen Ökosysteme noch als gering einzustufen (vgl. Gettkant et al. 1997a).

Bedeutung der biologischen Vielfalt

Auf vielfältige Weise bildet die belebte Natur die Lebensgrundlage für die Menschheit. Die Bedeutung der Arten- und Ökosystemvielfalt für die Menschheit ist unstrittig hoch, aber ihr genauer Nutzen läßt sich gegenwärtig nicht bestimmen. Der *direkte Nutzen* der biologischen Vielfalt läßt sich noch teilweise monetär bewerten. Hierzu zählt die direkte Nutzung von Pflanzen- und Tierarten durch Verbrauch oder in der Produktion, z.B. zur Gewinnung von Nah-

rungsmitteln, Rohstoffen, Pharmazeutika und zur Nutzung von Umwelttechnologien (Weigel 1997, S. 189).

Der *indirekte Nutzen* der biologischen Vielfalt ergibt sich aus der Funktion von Arten und Populationen in Ökosystemen und ist ungleich wichtiger. Zu diesen Ökosystem-Leistungen gehört beispielsweise der Erhalt der Erdatmosphäre, klimabildende und stabilisierende Wirkungen, die Sicherstellung des hydrologischen Kreislaufes, das Recycling von Nährstoffen, die Bodengenese, die Bestäubung von Kulturpflanzen usw. Die Biodiversität ist schließlich Grundlage für die weitere Evolutionsentwicklung. Biologische Vielfalt hat aber auch einen hohen ästhetischen und wissenschaftlichen Wert und ist Inspirationsquelle der kulturellen Entwicklung. Schließlich bildet die Vielfalt der Natur eine wichtige Grundlage für Freizeit und Erholung (BfN 1997, S. 19 f.; Gettkant et al. 1997a; Weigel 1997, S. 189).

Schließlich kann der Arten- und Ökosystemvielfalt unabhängig von Wertzuweisungen durch den Menschen ein *Eigenwert* bzw. eine innere Werthaftigkeit zugewiesen werden, aus der eine moralische Verpflichtung zu ihrer Erhaltung abgeleitet wird (BfN 1997, S. 19).

2.2 Verlust an biologischer Vielfalt

Durch menschliche Einflüsse ist die biologische Vielfalt erheblich bedroht. Im folgenden wird auf globale Entwicklungstendenzen sowie auf die Gefährdung von Pflanzen und Biotopen in Deutschland eingegangen.

Artenvielfalt

Abschätzungen des Artenverlustes sind noch unsicherer als die Schätzungen der Artenzahl. Seit dem Jahr 1.600 sollen ca. 500 Tierarten ausgestorben sein, was sich noch im Rahmen der normalen Aussterberate bewegen würde. Die Mehrzahl dieser ausgestorben Arten gehört allerdings zu den Wirbeltieren, die nur einen sehr kleinen Anteil an der Artenvielfalt ausmachen. Viele andere, kleinere Tierarten (z.B. Insekten) könnten unbemerkt ausgestorben sein. Abschätzungen zukünftigen Artenverlustes beruhen auf Flächen-Arten-Beziehungen und auf entsprechenden Biotopflächenverlusten der letzten Jahre (insbesondere von Regenwald). Der so abgeschätzte *globale Artenverlust* wird mit 1 bis 11 % pro Dekade bzw. 3 bis 130 Arten pro Tag angegeben (Tab. 3), was den Verlust von 50 % aller Arten in nur 70 bis 700 Jahren bedeuten würde (Weigel 1997, S. 190).

Tab. 3: Abschätzungen zum globalen Artenverlust

<i>Schätzung der Aussterberate</i>	<i>globaler Verlust (% pro Dekade)</i>	<i>Artenverlust (pro Jahr)</i>	<i>Quelle</i>
1 Million Arten 1975-2000	4	40.000	Meyers (1979)
15-20 % der Arten 1980-2000	8 - 11	110.000	Lovejoy (1980)
25 % der Arten 1985-2015	9	100.000	Raven (1988)
0,2-0,3 % der Arten/Jahr	2 - 3	30.000	Wilson (1988, 1989)
2-8 % der Arten 1990-2015	1 - 5	25.000	Reid (1992)
2.000 Pflanzenarten/Jahr in den Tropen und Subtropen	8	-	Raven (1987)
mind. 7 % der Pflanzenarten	7	-	Ugers (1988)

Quelle: nach Weigel 1997, S. 190

In *Deutschland* sind bei den *Farn- und Blütenpflanzen* 26,8 % der einheimischen Arten bestandsgefährdet und 1,6 % ausgestorben oder verschollen. Besonders hohe Anteile an gefährdeten Arten weisen folgende Pflanzenformationen auf: Vegetation nährstoffarmer Gewässer, Schlammbodenvegetation, nährstoffarme Moore, Salzvegetation, Trocken- und Halbtrockenrasen, Feuchtwiesen, Ackerwildkrautfluren, Staudenfluren trockenwarmer Standorte und Zwergstrauchheiden. Besonders betroffen sind damit Vegetationsformen der vorindustriellen Landnutzung. Aus pflanzengeographischer Sicht sind atlantische, mediterran-submediterrane, eurasisch-kontinentale und boreale Elemente, die sich in Mitteleuropa am Rande ihres Verbreitungsareals befinden, besonders bedroht (BfN 1995, S. 32; BfN 1996, S. 89).

Genetische Vielfalt

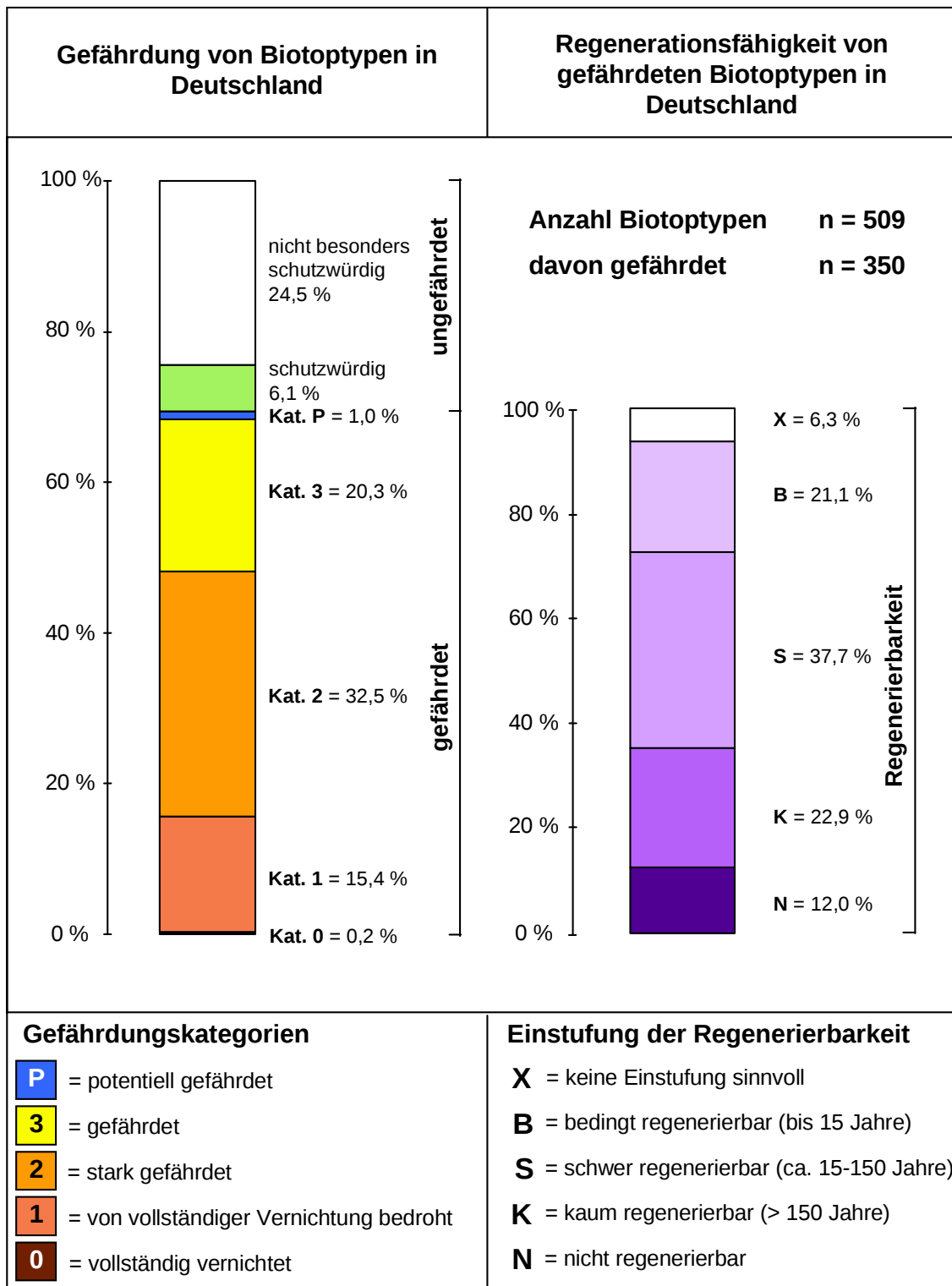
Mit dem Artenverlust wird ein entsprechender Verlust an genetischer Vielfalt verbunden sein. Verlust an genetischer Vielfalt kann aber schon vor dem Aussterben einer Art durch die Verkleinerung und das Verschwinden von Populationen eintreten. Aufgrund der großen Kenntnisdefizite zur genetischen Vielfalt dürften Abschätzungen zum Verlust nicht vorliegen.

Ökosystemvielfalt

Gesamtschätzungen zum Verlust an *globaler Ökosystemvielfalt* liegen ebenso wenig vor. Die Zerstörung terrestrischer natürlicher Lebensräume (wie Wälder, Savannen und Grasland) erfolgt hauptsächlich durch deren Umwandlung in Ackerland und durch den mit der Urbanisierung verbundenen Flächenverbrauch. Von 1770 bis 1980 hat die globale Waldfläche um ca. 20 % von 6,2 Mrd. ha auf 5,1 Mrd. ha abgenommen. Die FAO schätzt den jährlichen Verlust an Tropenwald auf über 15 Mio. ha - ein Gebiet viermal so groß wie die Schweiz. Die Vernichtung von tropischen Regenwäldern spielt eine zentrale Rolle für den Verlust an Artenvielfalt. Die Schätzungen für den bisherigen Verlust an ursprünglichen Gras- und Savannenlandschaften der Erde reichen bis zu 50 %. Die Umwandlung von Nutzungsformen führt in der Regel zur Fragmentierung und Zerstörung von Ökosystemen (Habitaten). Veränderungen der Nutzung innerhalb bestimmter Nutzungsformen (z.B. von extensiver zu intensiver Grünlandnutzung) sind ebenfalls relevant. Mit veränderten Nutzungen sind oftmals Übernutzungen (z.B. Überweidung, Überfischung) verbunden (Gettkant et al. 1997a, S. 2; Weigel 1997, S. 194).

Die Auswertung der Roten Liste gefährdeter Biotoptypen (Gefährdungsstatus von 509 Biotoptypen und 67 Biotopkomplextypen) für *Deutschland* zeigt, daß über zwei Drittel (69 %) aller vorkommenden *Biotoptypen* als gefährdet eingestuft sind. Von allen Biotoptypen sind bereits rund 15 % von völliger Vernichtung bedroht. Von diesen wiederum gelten rund 40 % als nicht oder kaum regenerierbar (Abb. 5). Der Rückgang an natürlichen und naturnahen Lebensräumen hat vor allem in den letzten fünf Jahrzehnten dazu geführt, daß heute etwa 110 natürliche Ökosystemtypen mit insgesamt fast 73.000 Tier- und Pflanzenarten auf 3 bis 5 % der Fläche Deutschlands beschränkt sind. Nicht gefährdet sind insbesondere intensiv genutzte Biotope (z.B. landwirtschaftliche Flächen, Forste, Parkrasen) sowie Biotoptypen, die an natürlich eutrophen Standorten vorkommen oder relativ kurzlebige Sukzessionsstadien darstellen (z.B. Säume, Vorwälder) (BfN 1995, S. 31; BfN 1996, S. 68).

Abb. 5: Gefährdung von Biotoptypen in Deutschland und deren Regenerationsfähigkeit (Auswertung der Roten Liste der Biotoptypen)



Quelle: BfN 1997, S. 112

Ursachen

Für *Artenverluste in der Vergangenheit* lassen sich teilweise die Ursachen bestimmen. Dabei sind Artenverluste im Tierreich besser dokumentiert als der Verlust von Pflanzenarten. Von den in den letzten 450 Jahren ausgestorbenen 486 Tierarten sollen 80 durch direkte menschliche Nutzung (Jagen und Fangen für Nahrungszwecke, Verwertung von Häuten, Handel mit lebenden Tieren, Tötung wegen Krankheitsgefahren), 114 Arten aufgrund der (beabsichtigten oder unbeabsichtigten) Einschleppung fremder Arten oder Krankheitserreger sowie 98 Arten wegen der Zerstörung ihrer Lebensräume verschwunden sein. Für 195 Arten sind die genauen Ursachen ihres Verschwindens nicht bekannt (Weigel 1997, S. 191).

Für den *zukünftig drohenden erheblichen Arten- und Ökosystemverlust* können folgende wesentliche Ursachen benannt werden (BfN 1995, S. 43 ff.; UNEP 1995, S. 711 ff.; Weigel 1997, S. 187):

- *Änderung der Landnutzung*: z.B. Umwandlung natürlicher und naturnaher Ökosysteme in intensiv landwirtschaftlich genutzte Systeme, Umwandlung von Ökosystemen in Verkehrs-, Industrie- und Siedlungsflächen
- *Eingriffe in terrestrische Lebensräume* (Landschaftsoberfläche): Fragmentierung, Verkleinerung und Zerstörung von Lebensräumen z.B. durch Flurbereinigung, Verkehrswege usw.
- *Eingriffe in Wasserhaushalt und Gewässer*: z.B. Grundwassernutzung, Entwässerung, Ausbau von Fließgewässern, Küstenschutzmaßnahmen
- *Bodendegradation*: z.B. Erosion, Verwüstung
- *Änderung wichtiger Elementkreisläufe* (C, N, S, P): z.B. Eutrophierung von natürlichen Systemen durch Stickstoffeinträge, Versauerung von Böden und Gewässern
- *Änderung der Spurenstoffkreisläufe und Klimaänderungen*: z.B. stratosphärischer Ozon-Abbau und Zunahme der UV-B-Strahlung, troposphärische Ozon-Anreicherung bzw. Oxidantienbelastung, Anstieg der atmosphärischen CO₂-Konzentration, Anstieg der mittleren globalen Temperatur, Änderungen in der Niederschlagsverteilung und im Auftreten von Wetterextremen
- *Stoffliche Belastungen von Luft, Wasser und Boden sowie zunehmende Abfallproduktion*: z.B. ubiquitäre Verbreitung von Chlororganika, einigen weiteren Xenobiotika und Schwermetallen, Stoffe mit hormoneller Wirkung
- *Übernutzungen*: z.B. nicht nachhaltige Holznutzung, Überfischung, Überweidung, Sammeltätigkeit von Pflanzen bzw. Pflanzenteilen, Handel mit exotischen Arten

- *Einbringung nichtheimischer Arten*: z.B. gezielte und unbeabsichtigte Verschleppung bzw. Einführung von Organismen in neue Lebensräume

3. **Bestand und Verlust an pflanzengenetischen Ressourcen**

Die pflanzengenetischen Ressourcen sind ein wichtiger Teil der pflanzlichen Biodiversität. Die *Anzahl der Arten, die zu den pflanzengenetischen Ressourcen gehören* (zur Definition siehe Kap. II.1.3), ist weltweit sehr hoch und dürfte nach dem heutigen Kenntnisstand etwa 40 % der Gesamtartenzahl der höheren Pflanzen umfassen. Nach dieser Schätzung zählen etwa 100.000 Arten zu den pflanzengenetischen Ressourcen. Mit fortschreitender wissenschaftlicher Erkenntnis dürfte die Anzahl der Arten, die den pflanzengenetischen Ressourcen zuzurechnen sind, noch ansteigen (Hammer 1997, S. 4, 17). Der Bestand an pflanzengenetischen Ressourcen in Deutschland wird in Kapitel 3.1 ausführlich beschrieben.

Unter *Generosion* wird der Verlust einzelner Gene, der Verlust bestimmter Genkombinationen als auch der Verlust von lokal angepassten Landsorten verstanden. Die Ersetzung Alter Landsorten durch moderne Hochleistungssorten in der Nutzung (on farm) wird als Hauptursache der Generosion betrachtet und ist noch am besten beschrieben (FAO 1996, S. 21). Was dieser Sortenverlust genau für die genetische Vielfalt der Kulturpflanzen (d.h. Verlust von einzelnen Genen und Genkomplexen) bedeutet und inwieweit die aus der On-farm-Nutzung verschwundenen pflanzengenetischen Ressourcen zumindest in Genbanken ex situ noch erhalten sind, ist nur sehr begrenzt bekannt. Entsprechende Abschätzungen sind also mit großen Unsicherheiten behaftet.

Nach ersten vorliegenden Schätzungen dürften die im Anbau auf Feldern und in Gärten befindlichen pflanzengenetischen Ressourcen nur noch etwa 25 % der Vielfalt ausmachen, die noch in der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts zu verzeichnen war. Diese Schätzung umfaßt einen gewissen Artenschwund, aber vor allem den genetischen Verlust innerhalb der reich gegliederten Kulturpflanzenarten. Bei der *Ressourcenverfügbarkeit on farm* ist ein deutliches Nord-Süd-Gefälle zu beobachten, wobei die modernen Industriestaaten über relativ wenige pflanzengenetische Ressourcen on farm verfügen. Dies gilt auch für Deutschland, wo der Anbau traditioneller Sorten sehr gering ist. Die Generosion dürfte hier insgesamt Größenordnungen von über 90 % erreicht haben.

Bei diesem geschätzten Durchschnittswert ist allerdings zu berücksichtigen, daß die Situation von Fruchtart zu Fruchtart unterschiedlich ist (Hammer 1997, S. 4 f.).

Große Ex-situ-Einrichtungen zur Aufnahme der durch Generosion extrem gefährdeten Kulturpflanzen sind besonders in den letzten 30 Jahren entstanden. Sie beherbergen eine beeindruckende Fülle von Material der wichtigsten Kulturpflanzen. Für den Durchschnitt der Hauptkulturpflanzen dürften sich etwa 60 % der vorhandenen Variabilität in Ex-situ-Sammlungen befinden. Während sich für einige Hauptfruchtarten wie Ährengetreide und Zuckerrüben schon die übergroße Mehrheit der pflanzengenetischen Ressourcen in der Ex-situ-Erhaltung befindet, ist dieser Anteil bei Gräsern und Futterpflanzen sowie Arznei- und Gewürzpflanzen als viel geringer einzuschätzen. Pflanzen des Ackerbaus sind insgesamt in den Genbanken besser vertreten als solche des Gartenbaus. Die Kollektionen von Wildpflanzen in Genbanken sind relativ bescheiden. Zierpflanzen und Wildpflanzen werden oft in Botanischen Gärten und Arboreten ex situ erhalten. Auch die Aktivitäten von NROs spielen eine steigende Rolle.

Die Ex-situ-Sammlungen in Deutschland haben mehr als 90 % der vorhandenen Variationsbreite heimischer Kulturpflanzen aufgenommen. Dazu kommt viel Material, das aus anderen geographischen Zonen stammt, dort aber oftmals nicht mehr verfügbar ist. Bei der Ex-situ-Erhaltung gibt es ein typisches Nord-Süd-Gefälle mit umfangreichen Sammlungen in den Industrieländern und relativ kleinen Kapazitäten in den Entwicklungsländern (Hammer 1997, S. 5 f.).

3.1 Bestand an pflanzengenetischen Ressourcen

Von 2.500 höheren Pflanzen in der deutschen Wildflora sind mehr als 900 Arten mit potentieller Nutzbarkeit für den Menschen identifiziert worden, die früher genutzt wurden, die derzeit nicht kommerziell genutzt werden oder für die in Zukunft Nutzungsmöglichkeiten erwartet werden (Tab. 1). Auf eine historische Nutzung, z.B. als wild gesammelte Heilpflanzen, weisen die deutschen Namen vieler Wildkräuter (z.B. Augentrost, Leberblümchen, Lungenkraut, Beinwell, Blutwurz) hin (BML 1996a, S. 26).

Damit verfügt auch Deutschland über umfangreiche heimische pflanzengenetische Ressourcen. Dies gilt insbesondere für Zierpflanzen, Arznei- und Gewürzpflanzen, Gehölze einschließlich Obstpflanzen und Futterpflanzen. Dagegen sind Gemüse, stärke- und zuckerhaltige Pflanzen sowie Körnerernte- und

pflanzen deutlich weniger zahlreich vertreten, da die primäre Domestikation und ein Großteil der weiteren Evolution hier außerhalb Mitteleuropas erfolgten (Hammer 1997, S. 21).

Im folgenden werden nur die Pflanzenfamilien vorgestellt, die als genetische Ressourcen für landwirtschaftliche Kulturpflanzen von besonderer Bedeutung sind. Dabei wird jeweils der globale und deutsche Artenanteil an pflanzengenetischen Ressourcen beschrieben.

Süßgräser (Gramineae)

Zu den *Gramineae* gehören die Getreidearten als wichtigste Kulturpflanzen für die menschliche Ernährung überhaupt. Aber auch als Futterpflanzen spielen sie eine überragende Rolle. Von den etwa 10.000 Arten sind etwa 4.000 als pflanzengenetische Ressource zu werten. Aufgrund der intensiven Bemühungen zur Ausweitung des Genpools für wichtige Getreidearten ist der Anteil der pflanzengenetischen Ressourcen wohl eher noch höher anzusetzen.

Die *Gramineae* sind weltweit verbreitet. Von wenigen Ausnahmen abgesehen (u.a. Quecke (*Agropyron repens*), Grüne Borstenhirse (*Setaria viridis*)), kommen die wildwachsenden Verwandten der Getreide nicht in Deutschland vor. Mit mehr als 100 Arten sind aber die Verwandten der Futtergräser vertreten. Damit ist die heimische Flora als artenreich an *Gramineae* einzuschätzen (Hammer 1997, S. 17).

Rosengewächse (Rosaceae)

Viele Obstpflanzen gehören zu dieser Familie, die insgesamt etwa 3.100 Arten umfaßt. Die Zuordnung von etwa 1.240 Arten zu den pflanzengenetischen Ressourcen dürfte an der oberen Grenze liegen, weil diese Familie auch viele krautige Arten enthält, die relativ wenige Kulturpflanzen hervorgebracht haben.

Die Familie verfügt über eine weltweite Verbreitung, mit Schwerpunkt in temperaten und warmen Gebieten der nördlichen Halbkugel. Obwohl für die meisten Arten der Obstgehölze Deutschland nicht als primäres Domestikationsgebiet eingeschätzt werden kann, sind zahlreiche Wildarten vorhanden, die in sehr enger Beziehung zu den Kulturformen stehen, und über Introgressionen kommt es nicht selten zum Genaustausch. Die *Rosaceae*, ebenso wie die *Gramineae*, sind mit mehr als 100 Arten als pflanzengenetische Ressourcen in Deutschland reich vertreten (Hammer 1997, S. 18).

Schmetterlingsblütengewächse (Leguminosae)

Diese Familie ist reich an Futterpflanzen, aber auch an Hülsenfrüchten für die menschliche Ernährung. Sie umfaßt etwa 16.000 Arten. Davon sind etwa 6.400 Arten als genetische Ressourcen zu werten. Der große Anteil an Futterpflanzen kann auch diese Zahl noch etwas ansteigen lassen.

Die *Leguminosae* sind weit verbreitet mit Schwerpunkten in den mediterranen Klimaten. Die Futterleguminosen haben viele nahe Verwandte in der heimischen Flora, während dies für die Hülsenfrüchte nur in geringem Umfang zutrifft (u.a. verschiedene *Lathyrus*-Arten (Platterbsen)). Mit etwa 90 Arten gehören die *Leguminosae* zu den artenreichen, natürlich vorkommenden pflanzen genetischen Ressourcen in Deutschland. Wiederum ist es besonders ihre relativ universelle Eignung als Futterpflanzen, die diesen hohen Anteil bestimmt. Die Hülsenfrüchte haben ihre verwandten Arten meist im Mittelmeergebiet und in Westasien (Hammer 1997, S. 18).

Korbblütengewächse (Compositae)

Viele Gemüse und Ölpflanzen kommen in dieser großen Familie vor. Ihr gehören über 20.000 Arten an. Davon zählen etwa 8.400 Arten zur Gruppe der genetischen Ressourcen. Diese große Familie hat jedoch insgesamt relativ wenige Kulturpflanzen hervorgebracht.

Die Hauptverbreitung dieser Familie liegt in den gemäßigten und temperaten Regionen der Welt. Daher ist der Anteil der genetischen Ressourcen der Kornblütengewächse in Deutschland auch relativ hoch. Nahe Verwandte zu den wichtigsten Kultursippen treten hier jedoch nicht sehr häufig auf. Die in Deutschland vorkommenden etwa 70 Arten genetischer Ressourcen aus dieser Familie sind potentiell wertvoll und lassen sich verschiedenen Nutzungsrichtungen zuordnen, die weit über den allgemeinen Hauptverwendungszweck der Vertreter der *Compositae* hinausgehen. Besonders zahlreich sind die Arzneipflanzen vertreten (Hammer 1997, S. 19).

Kreuzblütengewächse (Cruciferae)

Die Kreuzblütengewächse umfassen etwa 3.000 Arten mit temperatgemäßigem Verbreitungsschwerpunkt. Davon gehören etwa 1.200 Arten zu den pflanzen genetischen Ressourcen. Bei der großen Anzahl sehr nützlicher

Kulturpflanzen scheint diese Zahl durchaus realistisch zu sein, oder sogar zu niedrig angesetzt zu sein.

Wie die *Compositae* haben die *Cruciferae* besonders viele Gemüse und Ölpflanzen hervorgebracht. Der Anteil an wichtigen Kulturpflanzen ist aber bei den *Cruciferae* deutlich höher. Die etwa 60 Arten genetischer Ressourcen aus dieser Familie in Deutschland haben Potenzen als Gemüse und Ölpflanzen, aber auch als Arznei-, Futter- und Zierpflanzen (Hammer 1997, S. 19).

Doldenblütengewächse (Umbelliferae)

Diese Familie umfaßt etwa 3.100 Arten und hat ihre Verbreitungsschwerpunkte besonders in den nördlichen temperaten Gebieten sowie in tropischen Gebirgen. Schwerpunkte der Nutzung sind Gemüse-, sowie Arznei- und Gewürzpflanzen. Etwa 1.240 Arten können insgesamt den genetischen Ressourcen zugerechnet werden.

Die Beziehungen der heimischen genetischen Ressourcen zu wichtigen Kulturpflanzen sind oft recht eng. Etwas mehr als 30 Arten der heimischen Flora können zur Gruppe der genetischen Ressourcen gerechnet werden (Hammer 1997, S. 19 f.).

Nachtschattengewächse (Solanaceae)

Mit etwa 2.600 Arten ist diese Familie weltweit verbreitet. Die wichtigsten Vertreter Kartoffeln, Tomaten und Paprika sind allerdings neuweltlichen Ursprungs. Die Nutzung als Gemüse überwiegt. Es kommen aber auch zahlreiche Arzneipflanzen vor. Etwa 1.000 Arten können als genetische Ressourcen gewertet werden.

Es gibt praktisch nur sehr wenige Beziehungen der Vertreter der heimischen Flora zu den wichtigsten Kulturpflanzenarten, was sich logischerweise aus der überwiegenden neotropischen Herkunft der Kultursippen ergibt. Trotzdem zählen immerhin noch etwa 10 Arten der heimischen Flora zu den genetischen Ressourcen. Sie gehören aber zum größten Teil zur Gruppe der Arzneipflanzen (Hammer 1997, S. 20).

Weitere Familien

Eine sehr große Anzahl weiterer Familien führt Vertreter genetischer Ressourcen. Nach dem Mansfeld-Verzeichnis (Schulze-Motel 1986) gibt es etwa 230 Familien mit Kulturpflanzen der Landwirtschaft und des Gartenbaus (ohne Zierpflanzen). Cronquists System der Angiospermen umfaßt insgesamt etwa 380 Familien. Damit sind in etwa 60 % der botanischen Familien genetische Ressourcen anzutreffen. Der Prozentsatz liegt sicherlich noch höher, denn inzwischen sind zahlreiche neue Arten auch aus bisher nicht erfaßten Familien dazugekommen und Zier- sowie Forstpflanzen sind im Mansfeld-Verzeichnis noch nicht mit erfaßt.

Pflanzen aus tropischen Verwandtschaftskreisen haben in Deutschland in der Regel keine oder nur sehr wenige Vertreter. In anderen Familien gibt es aber noch heimische genetische Ressourcen, wie die Nelkengewächse (*Caryophyllaceae*) mit knapp 30 entsprechenden Arten oder die Gänsefußgewächse (*Chenopodiaceae*) und Knöterichgewächse (*Polygonaceae*) mit je etwa 15 Arten (Hammer 1997, S. 20).

3.2 Verlust an pflanzengenetischen Ressourcen

In diesem Kapitel wird die On-farm-Situation und die Ex-situ-Erhaltung der land- und gartenbaulichen Kulturpflanzen für Deutschland beschrieben, um Bedrohung und Verlust der pflanzengenetischen Ressourcen zu verdeutlichen.

Getreide

Abgesehen von ganz wenigen Ausnahmen, die als Pseudocerealien (z.B. Buchweizen) bezeichnet werden, gehören alle Arten zu den *Gramineae*.

On farm kommen nur noch sehr vereinzelt Landsorten vor, vor allem im ökologischen Landbau, im Rahmen von Schauanlagen, in Biosphärenreservaten oder im Anbau für Sondernutzungen (z.B. Emmer und Spelz für spezielle Produkte) (Hammer 1997, S. 23). Geschützte und für den Handel zugelassene Hochleistungssorten bestimmen den Saatgutmarkt und den Anbau (BML 1996a, S. 18). Die Generosion im Getreideanbau wird als sehr hoch eingeschätzt.

Aufgrund ihrer Bedeutung u.a. für die menschliche Ernährung sind die Getreide in den *Ex-situ-Sammlungen* zahlreich vertreten. Gatersleben verfügt über etwa 39.000 Muster, Braunschweig über rund 30.000 Muster. Die Getreide sind

eine dankbare Gruppe für die Ex-situ-Erhaltung. Sie sind meist Selbstbefruchter (abgesehen von Roggen und Mais) und ihre Karyopsen sind für die Langzeitlagerung sehr gut geeignet (außer Roggen und Hafer). Daher sind sie auch weltweit in den Kollektionen überdurchschnittlich repräsentiert. Bei den wichtigsten Getreidearten dürfte etwa 90 % der Variationsbreite in den Sammlungen vorhanden sein. Die wildwachsenden Verwandten spielen für die Getreidezüchtung eine zunehmende Rolle und müssen aus Verfügbarkeits-, teilweise aber auch aus Schutzgründen in die Sammlungen integriert werden (Hammer 1997, S. 31).

Beta-Rüben

Alle hier einbezogenen Rüben gehören zur Gattung *Beta*, aus der nur die Art *Beta vulgaris* mit einer Reihe von Formen in Kultur ist. Eine Population der wildwachsenden Ausgangssippe kommt in Deutschland nur auf der Insel Helgoland vor.

Die Landsorten der Rüben sind, abgesehen von einigen wenigen Gemüseformen, schon längst aus dem *On-farm-Anbau* verschwunden (Hammer 1997, S. 26). Bei den Zucker- und Futterrüben werden faktisch nur die zugelassenen, aktuellen Sorten angebaut.

In Gatersleben befinden sich etwa 300 Muster in der *Ex-situ-Erhaltung*, in Braunschweig sind rund 2.000 Muster vorhanden. Beta-Rüben sind überwiegend zweijährig und Fremdbefruchter. Die Langzeitlagerfähigkeit ihrer Samen ist gut. Aufgrund der erstgenannten beiden Charakteristika ist ihre Erhaltung ex situ nicht einfach. Etwa 80 % der Variationsbreite dürfte sich in den Ex-situ-Sammlungen befinden. Wildformen werden vor allem zur züchterischen Verbesserung der Zuckerrübe benötigt.

Kartoffeln

Die Kartoffeln gehören zu einer knollentragenden Sektion der großen Gattung *Solanum*. Von den heimischen Vertretern dieser Gattung kommen nur wenige Arten als genetische Ressource zur züchterischen Verbesserung der Kartoffel in Betracht.

On farm gibt es hier ebenso wie bei anderen Feldfrüchte nur noch sehr wenig altes Material im Anbau. Es herrscht aber großes Interesse seitens der Kleinanbauer und NROs. Dem Anbau und der Erhaltung sind aber enge Grenzen aufgrund phytopathologischer Probleme gesetzt (Hammer 1997, S. 26).

Kartoffeln und ihre nahe verwandten Wildarten sind in den *Ex-situ-Sammlungen* zahlreich vertreten. In der Sammlung Gatersleben (Station Groß Lüsewitz) gibt es rund 5.000, in Braunschweig ca. 3.500 Akzessionen. Die Sammlung Braunschweig ist mehr auf Wildarten ausgerichtet, und im Zuge der deutsch-niederländischen Zusammenarbeit wird diese Sammlung in die Niederlande überführt. Kulturkartoffeln werden meist vegetativ vermehrt und müssen entsprechend oft angebaut werden - neuerdings werden sie verstärkt *in vitro* erhalten. Der Aufwand ist in beiden Fällen sehr hoch. Wildkartoffeln lassen sich über Samen vermehren. International gibt es intensive Programme zur Sammlung von Kultur- und Wildsippen. Die Gesamtvariabilität der Kartoffel wird zu etwa 70 % in den Sammlungen enthalten sein. Für einen sehr engen Verwandtschaftskreis ist ein erstaunlich umfangreiches Material zusammengetragen worden (Hammer 1997, S. 34).

Ölsaaten und Faserpflanzen

In diese Gruppe gehören zahlreiche Arten aus diversen Familien. Auch verwandte Wildarten aus der heimischen Flora kommen vor.

Der *On-farm-Anbau* ist durch moderne Hochleistungssorten bestimmt. Für diese Gruppe treffen die gleichen Aussagen wie für die Getreide zu. Dazu kommt das für Deutschland typisch enge Arten- und Sortenspektrum, das keine Tendenzen der Diversifizierung erkennen läßt. Die im Zuge europäischer Fördermaßnahmen und spezieller Unterstützung der nachwachsenden Rohstoffe zu erwartende Tendenz zur Vielfalt hat sich bisher nicht bestätigt (Hammer 1997, S. 25).

Diese Gruppe ist in den meisten *Ex-situ-Sammlungen* nicht adäquat vertreten. Etwa 7.000 Muster werden in Gatersleben und rund 4.000 Muster in Braunschweig erhalten. In dieser Gruppe spielt der Raps eine dominierende Rolle und macht aufgrund seiner Bedeutung für Europa den größten Teil der Sammlungen aus. Die in die Gruppe der Ölsaaten und Faserpflanzen gehörenden Sippen sind meist einjährig, und ihr Saatgut eignet sich gut für die Langzeitlagerung. Durch die Fremdbefruchtung sind aber aufwendige Isoliermaßnahmen notwendig. Möglicherweise ist das ein Grund für ihre Vernachlässigung in vielen Sammlungen. Ein weiterer Grund liegt in einer für die Geschwindigkeit der Generosion nicht adäquate Aufsammlung der Landsorten. Etwa 50 % der Variabilität wird in den Sammlungen insgesamt vorhanden sein (Hammer 1997, S.32 f.).

Hülsenfrüchte

Die Hülsenfrüchte gehören alle zur Familie der *Leguminosae*. Nahe Verwandte sind in der heimischen Flora recht selten.

Ein *On-farm-Anbau* von traditionellen Hülsenfruchtsorten findet sich nur noch sehr vereinzelt und ist vergleichbar mit dem der Getreide. Einige Sippen dürften sich noch im Gartenanbau (als Gemüse) befinden (Hammer 1997, S. 24).

Ebenso wie die Getreide sind auch die Hülsenfrüchte in den *Ex-situ-Sammlungen* in großer Vielfalt vertreten. Etwa 17.000 Muster befinden sich in der Genbank Gatersleben, Braunschweig verfügt über ca. 9.000 Muster. Hülsenfrüchte sind zu einem großem Teil Selbstbefruchter, die für eine Ex-situ-Erhaltung keine besonderen Probleme bereiten. Das Saatgut eignet sich ausgezeichnet für die Langzeitlagerung, von wenigen Ausnahmen, wie etwa der Sojabohne, abgesehen. Etwa 80 % der gesamten Variationsbreite dürfte in den Genbanken erfaßt sein. Das Kulturmateriel ist hochdomestiziert. Wildformen spielen eine wachsende Rolle für die züchterische Verbesserung vieler Arten dieser Gruppe (Hammer 1997, S. 32).

Gräser und Futterpflanzen

Viele Pflanzen des Grünlandes rekrutieren sich aus den lokalen Genotypen, die sich in den heimischen Ökosystemen herausgebildet haben. Sie stellen den größten Anteil an genetischen Ressourcen in dieser Gruppe. Auf dem intraspezifischen Niveau führt die vorhandene Artenfülle zu einem fast unüberschaubaren ökogeographisch und morphologisch gegliederten Material. 148 Arten aus 18 Familien sind nachgewiesen worden. Den größten Anteil stellen aber die *Gramineae* und *Leguminosae* (Hammer 1997, S. 24). Der Begriff Landsorte ist für die Pflanzen des Dauergrünlandes nicht definiert, da es sich um Wildpflanzen in menschlicher Nutzung handelt. Eine Selektion findet nur indirekt durch die Umwelt- und Bewirtschaftungsbedingungen statt. Die daran speziell angepaßten Populationen werden als Ökotypen bezeichnet (BML 1996a, S. 18).

Der größte Teil des Materials befindet sich dementsprechend gewissermaßen in der *On-farm-Erhaltung* (Hammer 1997, S. 24). Alte Sorten spielen gemäß den Regelungen des Saatgutverkehrsgesetzes im Anbau keine Rolle.

Bei den Gräsern und Futterpflanzen existieren nur relativ bescheidene *Ex-situ-Sammlungen*. Für Gatersleben können etwa 13.000 Muster angesetzt werden, die Sammlung Braunschweig umfaßt ca. 4.000 Muster. Gräser und Futterpflanzen sind oft Fremdbefruchter. Ihr Saatgut ist für die Langzeitlagerung we-

niger gut geeignet. Für die meist ausdauernden Arten sind zuweilen Feldgenbanken die Methode der Wahl, die allerdings einen relativ großen Platzbedarf verursachen. Daher ist diese Gruppe in den Genbanken oft nur in geringem Umfang vertreten. Es wird hier geschätzt, daß deutlich weniger als 10 % der Gesamtvariabilität in die Sammlungen aufgenommen wurden. Die Domestikation ist bei den Gräsern nur wenig vorangeschritten, so daß die Unterschiede zwischen Wild- und Kulturmaterial oft nur gering sind (Hammer 1997, S. 31).

Gemüse

Die Gemüse gehören ganz unterschiedlichen Pflanzenfamilien an. Besonders reich an Gemüsesippen sind die Kreuzblütengewächse (*Cruciferae*), Doldenblütengewächse (*Umbelliferae*) und Liliengewächse (*Liliaceae*), die auch über heimische verwandte Wildsippen verfügen.

Die *On-farm-Situation* ist dadurch gekennzeichnet, daß in Haus- und Kleingärten noch ein gewisser Anbau traditioneller Gemüsesorten betrieben wird. Es werden auch im Handel einige alte, nicht mehr geschützte Sorten insbesondere für den Bereich Klein- und Hausgärten angeboten, die ohne Sortenschutz beim Bundessortenamt zugelassen sind. Der periodische Saat- und Pflanzgutkauf hat allerdings auch in den Klein- und Hausgärten die eigene Saatgutgewinnung verdrängt. An einem Anbau von Gemüse ist der informelle Sektor besonders interessiert, so daß hier noch gewisse Kapazitäten für eine On-farm-Erhaltung gegeben sind. Insgesamt befindet sich die Gemüsenutzung mit Schwerpunkten auf Diversität und Qualität in einer positiven Entwicklung, die wiederum den Anbau einer größeren Vielfalt unterstützt. Im gewerblichen Gemüsebau werden Alte Sorten und Landsorten nur in Ausnahmefällen angebaut (BML 1996a, S. 18; Hammer 1997, S. 24 f.).

Die Gemüse gehören zu den schwierigsten Gruppen für eine Erhaltung unter *Ex-situ-Bedingungen*. Sie sind in der Regel Fremdbefruchter, mehrjährig und ihre Samen haben bei einigen Arten eine sehr geringe Keimfähigkeitsdauer (z.B. Salat, Zwiebel). Mit etwa 10.000 Mustern verfügt die Genbank Gatersleben über eine der größten Gemüsesammlungen weltweit. Die Sammlung Braunschweig umfaßt rund 4.000 Muster. Aufgrund der technischen und biologischen Schwierigkeiten sind nur relativ wenige Gemüse in den Sammlungen insgesamt vorhanden. Neben hochdomestizierten Arten kommen auch solche vor, die kaum über Kulturmerkmale verfügen. Für die hochdomestizierten Arten besteht ein hoher Bedarf an Wildmaterial für deren züchterische Verbesserung. Inse-

samt gibt es eine hohe Nachfrage an pflanzengenetischen Ressourcen aus den sehr vielfältigen Verwandtschaftskreisen der Gemüse (Hammer 1997, S. 32).

Arznei- und Gewürzpflanzen

Zu dieser Gruppe gehören sehr viele Arten aus den unterschiedlichsten Familien, von denen die wichtigsten die *Labiatae*, *Compositae* und *Umbelliferae* sind. Sehr viel Material ist aus heimischen Verwandtschaftskreisen hervorgegangen.

On-farm-Situation: Die Arten dieser Gruppe sind in der Regel noch wenig domestiziert. Die angebauten Sorten sind bei vielen Arten einfache Auslesen aus Wildmaterial. In den Gärten befindet sich noch ein größeres Spektrum im Anbau. Interessant ist diese Gruppe auch für jede Art von Demonstrationsanbauten, historische Anlagen und NRO-Aktivitäten (Hammer 1997, S. 25).

Bei den *Ex-situ-Sammlungen* enthält die Gaterslebener Genbank etwa 2.690 Arten aus 269 Gattungen. Die Braunschweiger Sammlung ist ebenfalls von großer Bedeutung. Die beiden Genbanken verfügen über ein recht unterschiedliches Material, obwohl sie im gleichen kulturell-ökologisch-geographischen Gebiet angesiedelt sind. Aufgrund der unterschiedlichen Sammlungsstrategie sollten die Duplikate zwischen beiden Sammlungen 20 % nicht übersteigen. Diese Gruppe ist sehr heterogen, enthält viele Fremdbefruchter und ist in Genbanken schwierig zu erhalten. International enthalten die Genbanken deshalb relativ wenig Material, wenn man die ungeheure Materialfülle berücksichtigt. Es dürften sich deutlich weniger als 10 % der Gesamtvariabilität in den Sammlungen befinden. Die Erfassung von Landsorten ist insgesamt vernachlässigt worden. Das Studium der wildwachsenden Sippen befindet sich noch in der Anfangsphase der Entwicklung (Hammer 1997, S. 33).

Obst

Unsere Obstgehölze gehören ganz überwiegend zur Familie der Rosengewächse (*Rosaceae*). Wildwachsende Verwandte sind relativ häufig.

On-farm-Situation: Alte Obstgehölze kommen noch verbreitet in Deutschland vor. Allerdings ist ihre weitere Erhaltung aufgrund ihres oft hohen Alters sehr gefährdet. Agrarhistorische Museen, NROs und andere beteiligen sich am Anbau alter Sorten, dazu kommen noch Programme zum Schutz und zur Erhaltung von Streuobstwiesen. Zahlreiche Initiativen beim Obstanbau lassen eine erhebliche Zunahme im Anbau von traditionellem Material erwarten. Der informelle Sektor wird hier zunehmend an Bedeutung gewinnen (Hammer 1997, S. 26).

Vom Markt ist das Obst von Alten Sorten und Landsorten allerdings weitgehend verdrängt worden (BML 1996a, S. 19).

Ex-situ-Sammlungen: Mehr als 2.500 Obstmuster befinden sich in der Spezialsammlung Dresden-Pillnitz der Genbank Gatersleben. Obst und Reben müssen in der Regel als Feldgenbanken erhalten werden. Damit ist ein hoher Aufwand verbunden, der an die Genbanken große Anforderungen stellt. Insgesamt dürften sich weniger als 50 % der vorhandenen Mannigfaltigkeit in Ex-situ-Sammlungen befinden. Die Obstgehölze sind meist hochdomestiziert. Wildmaterial hat vor allem für die Resistenz- und Unterlagenzüchtung Bedeutung.

Zierpflanzen

Die Anzahl der entsprechenden Arten aus unterschiedlichen Familien ist sehr groß. Viele haben nahe Verwandte in der heimischen Flora.

On-farm-Situation: Alte Zierpflanzen sind noch häufig in den Gärten zu finden, wo ein geeignetes und reich gegliedertes Rückzugsgebiet gegeben ist. Die Zahl der Interessenten für Zierpflanzen ist groß, so daß die Erhaltungsbedingungen als relativ günstig einzuschätzen sind (Hammer 1997, S. 27).

Eine kleine Kollektion von Zierpflanzen, die etwa 1.000 Muster umfaßt, befindet sich in der Genbank Gatersleben. Bedeutende *Ex-situ-Sammlungen* sind bei Botanischen Gärten oder Arboreten etabliert. Auch im privaten Sektor befinden sich beachtliche Sammlungen. Zierpflanzen sind in ihrem Ansprüchen sehr heterogen. Bei ausdauernden Arten überwiegen die Feldgenbanken. Nur ein geringer Teil des variablen Materials befindet sich in der Ex-situ-Erhaltung. Neben hochdomestizierten alten gibt es eine große Menge neuer und potentiell wertvoller Arten.

4. Kulturarten und Sorten im Anbau

Aus der Entwicklung der zugelassenen und angebauten Sorten (Kap. 4.2) können weitere Hinweise zur Situation der pflanzengenetischen Ressourcen in Deutschland gewonnen werden. Die Frage der genetischen Variabilität der Sorten und der Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen in der Pflanzenzüchtung wird dann in Kapitel III.2 diskutiert. Anzahl und Anteile der Kulturarten im Anbau (Kap. 4.1) geben einen grundsätzlichen Eindruck von der Vielfalt in der

Agrarproduktion der Bundesrepublik Deutschland. Diese ist von erheblicher Bedeutung für die biologische Vielfalt insgesamt.

4.1 Entwicklung der Kulturarten im Anbau

Anzahl und Flächenanteile der angebauten Kulturarten sind ein Indikator für die Vielfalt landwirtschaftlicher Produktionssysteme. Seit den 50er Jahren hat ein Konzentrationsprozeß bei den angebauten Kulturarten stattgefunden (Tab. 4).

Tab. 4: Konzentration der Ackerflächenanteile (% AF) der angebauten Kulturarten (alte Bundesländer)

Rang	1935/38		1955		1995	
	Kulturart	% AF	Kulturart	% AF	Kulturart	% AF
1.	Roggen	19	Roggen	18	Winterweizen	21
2.	Hafer	16	Spätkartoffeln	13	Mais	16
3.	Spätkartoffeln	13	Winterweizen	13	Wintergerste	13
4.	Winterweizen	13	Hafer	12	(Brache)	(9)
5.	Sommergerste	7	Sommergerste	8	Sommergerste	7
6.	Futtermrüben	6	Futtermrüben	6	Winterraps	6
7.	Wintergerste	3	Sommerneng- getreide	4	Roggen	5
8.	Zuckerrüben	2	Zuckerrüben	3	Zuckerrüben	5
9.	Kohlrüben	1	Sommerweizen	2	Hafer	4
10.	Sommerneng- getreide	1	Wintergerste	2	Spätkartoffeln	3
* 11.	Winternengge- treide	1	Kohlrüben	1	Triticale	3

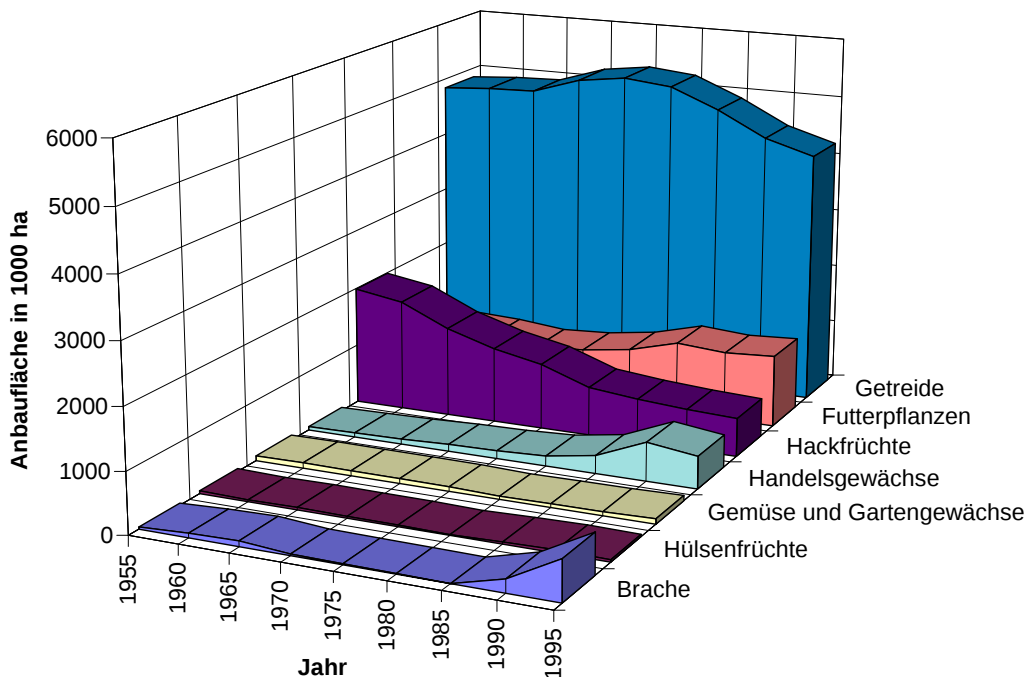
* Die Kulturarten oberhalb der gestrichelten Linie nehmen jeweils 80 % der Ackerfläche ein. Durch Rundungsfehler wird bei der Summe der %-Anteile jeweils die 80 %-Grenze überschritten.

Quelle: Albrecht et al. 1997, S. 13

Nimmt man als Maß für die Anbauvielfalt die Anzahl der meistangebauten Arten, die 80 % der AF repräsentieren, so sind dies für 1935/38 und 1955 jeweils 10 Kulturarten, für 1995 jedoch nur noch sieben. Dies gilt unter der Annahme,

daß die aufgrund der EU-Agrarreform stillgelegte Fläche (Brache) ansonsten mit den entsprechenden Marktordnungsfrüchten (Getreide, Ölsaaten, Eiweißpflanzen) bestellt worden wäre. In den neuen Bundesländern ist bei etwas anderer Rangfolge die gleiche Entwicklungstendenz zu beobachten (Albrecht et al. 1997, S. 12).

Abb. 6: Entwicklung der Ackerflächennutzung in den alten Bundesländern von 1955 bis 1995



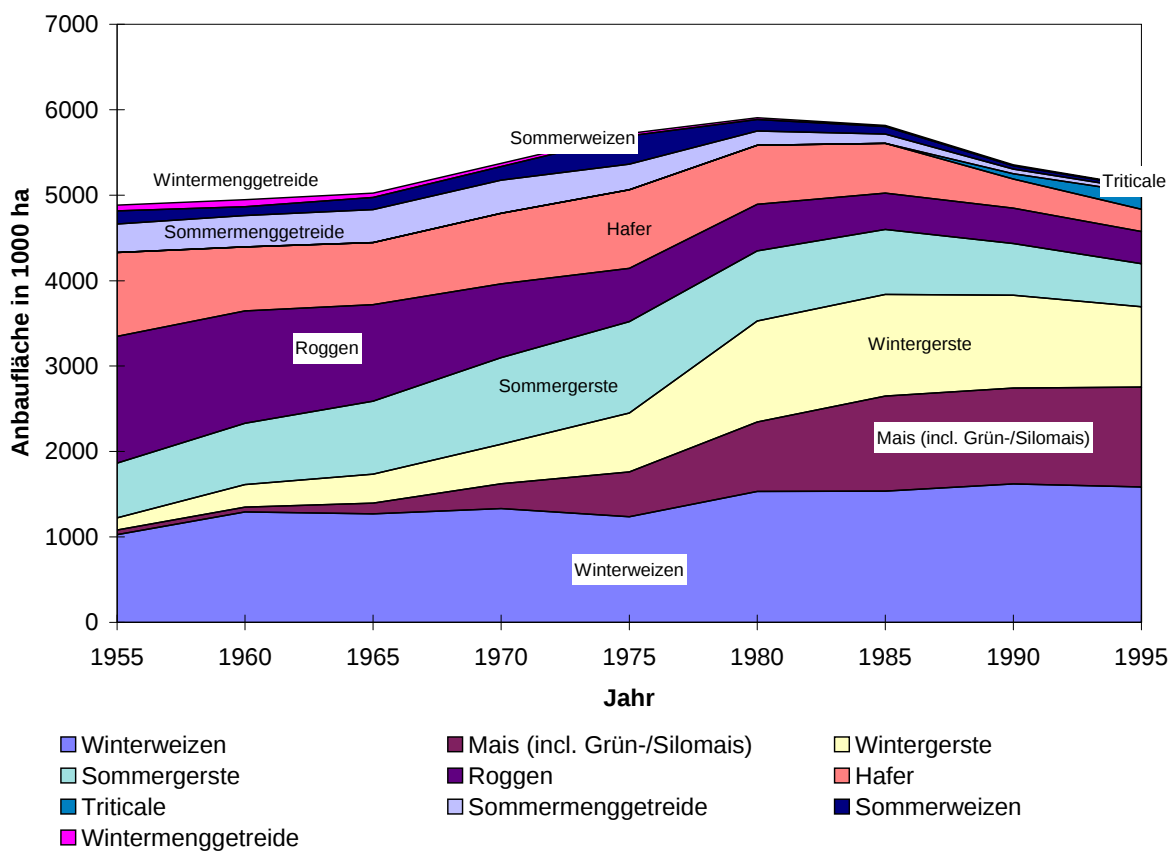
Quelle: nach Albrecht et al. 1997, S. 7

Alte Bundesländer

Wie die Tabelle 4 weiterhin zeigt, haben in dem Betrachtungszeitraum erhebliche Verschiebungen zwischen den Kulturarten stattgefunden (Abb. 6). Die dominierenden Früchte im Anbau sind die *Getreidearten*. Der Anbauumfang erreichte in den alten Bundesländern (ABL) Anfang der achtziger Jahre mit über 70 % der AF seinen Höhepunkt und sank 1995 mit 60 % in etwa auf das Niveau der fünfziger Jahre. Die aufgrund ihres Anbauumfanges bedeutendste Getreideart im Ackerbau ist der Winterweizen. Sein Anteil an der AF stieg von 13 % in

1955 auf 21 % in 1995. Die Früchte mit den höchsten Steigerungsraten sind demgegenüber Mais (von 1 auf 16 %) und Wintergerste (von 2 auf 13 % jeweils im gleichen Zeitraum). Der Anbau von Roggen und Hafer dagegen ging drastisch zurück (von 18 auf 5 % bzw. von 12 auf 4 % der AF) (Abb. 7) (Albrecht et al. 1997, S. 6 f.).

Abb. 7: Entwicklung der Anbaufläche der Getreidearten in den alten Bundesländern von 1955 bis 1995



Quelle: Albrecht et al. 1997, S. 8

Der Anbau von *Hackfrüchten* wurde erheblich eingeschränkt. Während 1955 noch etwa 25 % der AF mit Hackfrüchten bestellt wurden, ging dieser Anteil auf weniger als 10 % in 1995 zurück. Die bedeutendsten Arten sind Kartoffeln und Rüben, deren Entwicklung im Anbau aber sehr unterschiedlich verlief. 1955 wurden auf 54 % der Hackfruchtfläche Spätkartoffeln angebaut, 1995 nur noch auf 35 %. Allerdings schwankt der Anbauumfang zwischen den einzelnen Jahren sehr stark. Innerhalb des Rübenanbaus vollzog sich ein starker Wandel.

Zunächst dominierte der Anbau von Futter- und Kohlrüben gegenüber dem Anbau von Zuckerrüben. Ab 1975 wurden dann aber bereits auf mehr Flächen Zuckerrüben als Futterrüben, aber auch als Spätkartoffeln angebaut. Inzwischen ist der Anbau von Futterrüben vollkommen zusammengebrochen, da sie als Futtermittel vorwiegend durch Mais oder Gerste ersetzt wurden. Zuckerrüben- und Kartoffelanbau machen 1995 zusammen mehr als 90 % des Hackfruchtanbaus aus (Albrecht et al. 1997, S. 8).

Im Gegenzug stieg der Anbau von *Handelsgewächsen* bis zum Ende der achtziger Jahre in etwa auf das Niveau des Anbaus von Hackfrüchten an, um in der Folge wieder zurückzugehen. Die vorherrschende Stellung innerhalb der Handelsgewächse nimmt Winterraps ein. Die Steigerung des Anbauumfangs durch neue Winterrapssorten² und eine entsprechende agrarpolitische Förderung erfolgte ab 1980. Innerhalb von nur 10 Jahren wurde die Anbaufläche vervierfacht (von 138 auf 558 Tsd. ha und damit knapp 90 % der mit Handelsgewächsen bebauten AF). Durch agrarpolitische Maßnahmen bedingt, ging der Anbau seit Anfang der neunziger Jahre absolut gesehen wieder zurück (auf 452 Tsd. ha). Der Anbau anderer Handelsgewächse wie Mohn, Flachs oder Hanf nahm zwar von 33 Tsd. ha in 1955 auf 68 Tsd. ha in 1995 zu, jedoch ist ihr Anteil an der AF nach wie vor sehr gering (1955: 0,4 %; 1995: 0,9 %) (Albrecht et al. 1997, S. 9).

Der Anteil der *Futterpflanzen* blieb über die Jahre mit etwa 15 % AF relativ stabil. Der Anteil der Futterpflanzen (ohne Grün- und Silomais) sank von 13 % AF in 1955 auf etwa 4 % AF in 1995 und damit auf den Umfang des Zuckerrübenanbaus. Als Futterpflanzen werden vor allem (Weidel-)Gräser angebaut (Albrecht et al. 1997, S.6 u. 9).

Sowohl *Hülsenfrüchte* als auch *Gemüse und Gartengewächse* sowie zum *Unterpfügen bestimmte Hauptfrüchte* nahmen auf sehr geringem Niveau ab oder wurden von der Statistik nicht mehr erfaßt (Albrecht et al. 1997, S. 6).

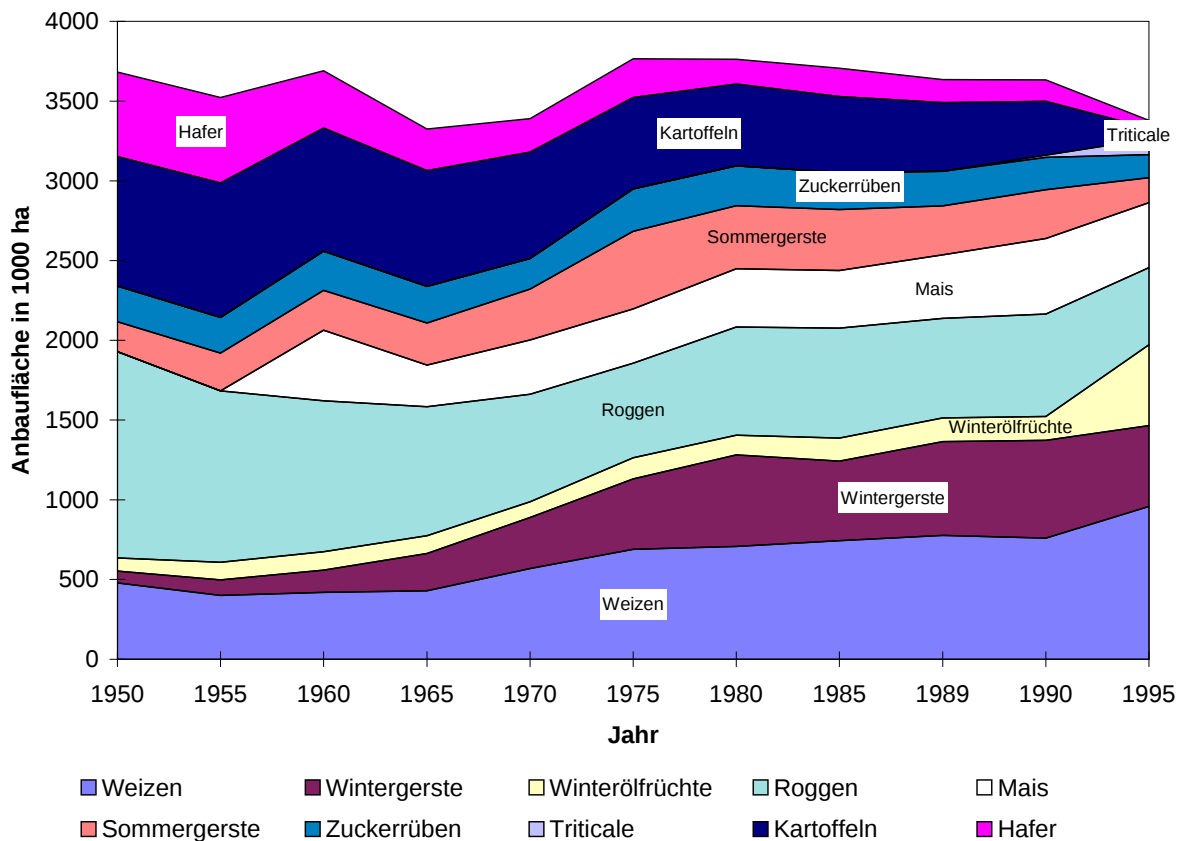
Neue Bundesländer

Bei der Untersuchung der Veränderungen in der Anbaustruktur müssen für die neuen Bundesländer (NBL) zwei unterschiedliche Perioden betrachtet werden, zum einen die Zeit der zentralen Verwaltungswirtschaft seit Ende der vierziger

2 Durch die neugezüchteten Rapssorten, die nur geringe Gehalte an Glukosinolaten und Erukasäuren besitzen (00-Raps), war es erst im größeren Umfang möglich geworden, das Öl im Ernährungsbereich (z.B. bei der Margarineherstellung) und das bei dem Entzug des Öls anfallende Rapsextraktionsschrot als Futtermittel zu verwenden.

Jahre bis zum Zusammenbruch der DDR 1989 und zum anderen die Periode der Transformation seit 1990 nach der Wiedervereinigung unter den Bedingungen der Agrarpolitik der Europäischen Union (Abb. 8) (Albrecht et al. 1997, S. 10).

Abb. 8: Entwicklung der Anbauflächen der Hauptkulturarten in der DDR bzw. den neuen Bundesländern von 1950 bis 1995



Quelle: nach Albrecht et al. 1997, S. 10

Von 1960 bis 1989 nahm der Anbau von Weizen und Wintergerste stark zu. Dabei stieg Weizen von 9 auf 17 % AF an und löste damit Roggen als dominierende Getreideart ab. Der Anbauumfang von Wintergerste erhöhte sich auf 13 % AF. Leichte Gewinne erzielten auch der Anbau von Sommergerste und Winterölrüchten. Stark zurückgegangen ist in dieser Zeitspanne hingegen der Anbau von Roggen (von 20 auf 13 % AF) und Kartoffeln (von 16 auf 9 %). Außerdem wurde der Anbauumfang von Feldfutterpflanzen (von 19 auf 13 % AF) und auf niedrigerem Niveau der von Hafer, Sommermenggetreide und Futterhackfrüchten reduziert. Die Verschiebungen innerhalb der Getreidearten entsprechen dabei in etwa dem Verlauf in den alten Bundesländern. Der Anbau von Winteröl-

früchten blieb im Anbauumfang weit hinter dem westdeutschen Niveau zurück (Albrecht et al. 1997, S. 10 f.).

Von 1989 bis 1995 stieg der Anbauumfang von Weizen um weitere 5 % auf 22 % AF an. Noch stärker weitete sich der Anbau von Winterölfrüchten (zumeist Winterraps) aus. Sein Anteil stieg von 3 auf 11 % AF und damit auf das Niveau des Wintergersten- und Roggenanbaus. Als neue Anbauf Frucht wurde auf 2 % der AF *Triticale* eingeführt. Bis auf Kartoffeln, bei denen es zu einem kräftigen Einbruch kam (Rückgang um 7 % auf nur noch 2 % AF), verloren die anderen Kulturarten nur geringfügig Anteile an der AF (Albrecht et al. 1997, S. 11). Damit sind heute die Unterschiede in der Anbaustruktur zwischen den alten und neuen Bundesländern relativ gering.

4.2 Entwicklung der Sorten im Anbau

Neben der Anzahl und Bedeutung der angebauten Fruchtarten ist die Anzahl und Bedeutung der zugelassenen Sorten ein weiteres Maß für biologische Vielfalt in Agrarökosystemen. Mit der Zahl zugelassener Sorten ist noch keine Aussage über die genetische Variation zwischen diesen Sorten getroffen (Kap. III.3).

Zugelassene Sorten

In den *alten Bundesländern* verdoppelte sich von 1974 bis 1994 die Zahl der zugelassenen Sorten (Kap. II.5.1) von 839 auf 1.639. Zum einen beruht dies auf der Ausweitung des Sortenangebotes, zum anderen aber auch darauf, daß auch die Zahl der Arten, für die Sortenschutzrechte erlangt werden können, ausgeweitet wurde. Die Zahl der zugelassenen Sorten bei Winterweizen stieg in diesem Zeitraum von 28 auf 61 (bei gleichzeitiger Ausweitung der Anbaufläche um 25 %) und bei Kartoffeln von 128 auf 154 (bei einer Einschränkung der Anbaufläche um 40 %) (Albrecht et al. 1997, S. 14).

In den *neuen Bundesländern* war das Angebot an Sorten vor 1990 deutlich geringer. Für den Winterweizenanbau standen 1975 nur 7 Sorten zur Verfügung, für den Kartoffelanbau 20. Bis 1990 nahm die Sortenvielfalt auf geringem Niveau stark zu (Winterweizen 13 Sorten, Kartoffeln 31 Sorten). Seit 1990 steht auch den Landwirten in den NBL das gesamte Angebot aus den jeweils gültigen Sortenlisten der Bundesrepublik zur Verfügung (Albrecht et al. 1997, S. 14).

Die Anzahl der Sorten, die im *gemeinsamen Sortenkatalog der EU* eingetragen sind, ist noch stärker angestiegen als die Zahl der zugelassenen Sorten in der Bundesrepublik Deutschland. Von 1992 bis 1994 hat die Zahl der eingetragenen Sorten bei den landwirtschaftlichen Kulturarten von 1.512 auf 10.856 und bei den Gemüsearten von 2.980 auf 9.123 zugenommen. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, daß auch neue EU-Mitgliedsstaaten hinzugekommen sind (Steinberger 1995a, S. 154 f.; Steinberger 1995b).

Veränderungen im Sortenspektrum

Die Gesamtzahl der zugelassenen Sorten ist nur begrenzt aussagefähig. Deshalb wird nun betrachtet, wie sich das Spektrum der Sorten innerhalb der einzelnen landwirtschaftlichen Kulturarten in den letzten fast 50 Jahren verändert hat. Dazu wurde das Angebot an landwirtschaftlichen Kulturarten des ersten Nachkriegs-Sortenregisters (1949) mit den Sortenregistern von 1979 und 1996 verglichen. Der relativ große Abstand wurde gewählt, weil die Sortenzulassung für 10 Jahre erfolgt und die Zuchtzyklen in der Regel über 10 Jahre betragen (vgl. Albrecht et al. 1997, S. 108).

Insgesamt ist bei den *Getreidearten* eine Zunahme der zugelassenen Sorten zu betrachten, wobei Mais gefolgt von Wintergerste den deutlichsten Zuwachs zeigt. Ausnahmen bilden die Arten Hafer und Spelz, bei denen eine geringfügige Abnahme zu verzeichnen ist. Neu dazugekommen ist *Triticale*, ein Roggen-Weizen-Bastard (Albrecht et al. 1997, S. 108).

Bei den *Öl- und Faserpflanzen* sowie den *Hackfrüchten* sind im Vergleich zu 1949 Hanf und Saflor nicht mehr vorhanden, das Angebot an Mohnsorten hat ebenfalls abgenommen. Neu dazugekommen ist die Sonnenblume. Bei den Arten Lein, Winterrüben und Runkelrüben ist die Anzahl der Sorten etwa gleichgeblieben. Deutlich zugenommen hat die Anzahl der zugelassenen Sorten bei Raps, Senf, Zuckerrübe und Kartoffel (Albrecht et al. 1997, S. 109).

Bei landwirtschaftlichen *Leguminosen* fehlen im Vergleich zu 1949 Esparsette, Trockenspeiseerbse und Sumpfschotenklee in der Zulassung. Neu hinzugekommen sind dagegen Saatwicke und zwei Kleearten. Stark zugenommen hat die Sortenzahl bei Ackerbohnen, Futtererbsen und Lupinen (Albrecht et al. 1997, S. 110). Die größte Veränderung im angebotenen Artenspektrum gab es bei den *Futterpflanzen*. Es gibt eine Reihe von Kulturarten, die im Unterschied zu 1949 nicht mehr aufgeführt sind, wie z.B. Fruchtbare Rispe, Oldenburger Weidelgras und Wehrlose Trespe. Es sind allerdings auch einige neue Arten

hinzugekommen, wie z.B. Lieschgras, Rohrschwengel und Schafschwengel (Albrecht et al. 1997, S. 111).

Insgesamt kann man bei der Anzahl der Kulturarten, bei denen Sorten zugelassen sind, nicht von einer Abnahme reden. Die Entwicklung der Vergangenheit ist vielmehr von einigen Wechseln bestimmt, d.h. einerseits sind Kulturarten aus dem Angebot verschwunden und andererseits neue hinzugekommen. Es gibt eher einen Wechsel als eine Abnahme. Die Zunahme der zugelassenen Sorten konzentriert sich allerdings auf die bedeutendsten Kulturarten, die den Anbau beherrschen (Kap. II.4.1).

Verbreitung einzelner Sorten

Wie zuvor dargestellt, hat das Angebot an Sorten bei den Hauptfruchtarten zugenommen. Über die Vielfalt auf den Äckern wird damit allerdings noch nichts ausgesagt. Tatsächlich ist es so, daß in der Regel einige wenige Sorten den Hauptanteil des Marktes und damit der Fläche für sich in Anspruch nehmen. Bis Mitte der 80er Jahre ging man - je nach Kulturart unterschiedlich - davon aus, daß 5-6 Sorten 70-80 % des Marktanteils ausmachten. Der Konkurrenzkampf um die Märkte hat allerdings zugenommen, heute machen die 10 bedeutendsten Sorten nur noch etwa 60 % des Marktanteils aus. Auch der Sortenwechsel erfolgt deutlich häufiger. Bei Getreide ging man früher davon aus, daß sich erfolgreiche Getreidesorten 10-15 Jahre am Markt halten, heute sind es in der Regel 7-9 Jahre. Ein noch schnellerer Wechsel ist beim Raps (wegen wiederholter Sortenwechsel - 0/00-Sorten) zu beobachten. Die Kartoffel stellt mit einer Zeit von etwa 15 Jahren in dieser Hinsicht eher eine Ausnahme dar. Auch bei mehrjährigen Pflanzen halten sich die Sorten länger am Markt. Die *Beschleunigung des Sortenwechsels* ist unter anderem auf starke Investitionen in die Pflanzenzüchtung in den 70er und 80er Jahren zurückzuführen. Durch die langwierige Zuchtarbeit kommen die Auswirkungen der Rationalisierung sowie die durch einen höheren Technisierungsgrad ermöglichte Verbreiterung des Zuchtmaterials erst in jüngerer Zeit zum Tragen. Es sind im Vergleich zu früher mehr Zuchtschritte pro Zeiteinheit möglich (Albrecht et al. 1997, S. 112).

In der Bundesrepublik sind keine flächendeckenden und kulturartenspezifischen Angaben darüber vorhanden, welchen Anteil einzelne Sorten an der bestellten Ackerfläche haben. Üblicherweise wird deshalb die Bedeutung der ein-

zernen Sorten über ihren Anteil an der *Gesamtvermehrungsfläche* gemessen³. Die Nachteile bei dieser Methode liegen vor allem in der unvollständigen Erfassung der Flächen, auf denen Saat- und Pflanzgut für den Export vermehrt wird, sowie der Zurechnung der aus der Außenhandelsstatistik zu entnehmenden Mengen an importiertem Saat- und Pflanzgut zu einzelnen Sorten. Für Kulturarten, die fast vollständig im Ausland vermehrt werden (Zuckerrübe, Mais), sind auf diesem Weg überhaupt keine Aussagen zu gewinnen (Albrecht et al. 1997, S. 14, 113).

Tab. 5: Anteil von Winterweizensorten an der Gesamtvermehrungsfläche (1980 bis 1991)

<i>Jahr</i>	<i>Gesamtvermehrungsfläche (ha)</i>	<i>Anteil der erfolgreichsten Sorte (%)</i>	<i>Anteil der 5 erfolgreichsten Sorten (%)</i>	<i>Anteil der 10 erfolgreichsten Sorten (%)</i>
1980	37.341	20,4	66,4	89,8
1981	37.382	17,7	67,5	84,3
1982	38.142	17,7	70,0	84,3
1983	32.624	32,3	65,0	79,7
1984	38.012	25,6	60,4	78,8
1985	38.207	23,2	59,0	77,5
1986	40.265	24,0	65,7	82,0
1987	37.568	25,0	67,8	86,0
1988	39.252	24,5	69,2	86,4
1989	41.445	23,0	63,3	83,0
1990	37.537	16,7	51,6	78,0
1991 ¹	69.132	13,4	44,1	65,7
<i>Durchschnitt</i>		22,0	62,5	81,3

1 Der starke Anstieg der Vermehrungsfläche ist durch die deutsche Vereinigung bedingt.

Quelle: Albrecht et al. 1997, S. 114

3 Im Zuge der Einführung der Nachbauregelung (Kap. II.5.1) könnten diese Angaben aber in Zukunft verfügbar werden, da die Bauern dann anzugeben haben, auf welcher Fläche sie Sorten zertifizierten Saatguts anbauen.

Die Sortenverbreitung im Anbau kann deshalb hier nur exemplarisch - am Beispiel des *Winterweizens* - beschrieben werden. Die Anzahl der zur Verfügung stehenden Winterweizensorten lag in den Jahren 1980 bis 1991 zwischen 29 und 56. Die erfolgreichste Sorte hat im Durchschnitt 22 %, die 5 erfolgreichsten Sorten schon über die Hälfte (62,5 %) und die zehn erfolgreichsten Sorten im Schnitt über 80 % der gesamten Vermehrungsfläche ausgemacht (Tab. 5). Damit bestätigt sich, daß auch bei einer Vielzahl von angebotenen Sorten sich der Anbau in der Regel auf relativ wenige erfolgreiche Sorten beschränkt. Allerdings sinkt der Anteil der bedeutendsten Sorten in den Jahren 1990 und 1991 deutlich, was sowohl durch die Wiedervereinigung erklärt als auch im Sinne einer stärker gewordene Sortenkonkurrenz interpretiert werden kann.

Sorten im ökologischen Landbau

Zur Zeit wirtschaften gut 1 % der Betriebe auf knapp 2 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche der Bundesrepublik Deutschland nach Prinzipien des ökologischen Landbaus. In den vergangenen 10 Jahren hat eine kontinuierliche Ausweitung des ökologischen Landbaus stattgefunden. In der Regel ändert sich bei der Umstellung vom konventionellen Anbau auf ökologischen Landbau das Spektrum der angebauten Fruchtarten erheblich. Es kommt vermehrt zum Anbau von Ackerfutter, dafür spielen Mais, Zuckerrüben und Ölsaaten nur noch eine untergeordnete Rolle (Albrecht et al. 1997, S. 121 f.).

Der Saatgutwechsel ist bei vielen ökologisch bewirtschafteten Betrieben deutlich geringer als bei konventionellen Betrieben. Der Umgang mit Saatgut ist sehr unterschiedlich und reicht von selbst züchterisch nachbearbeiteten bekannten Liniensorten bis zum Zukauf von zertifiziertem Saatgut. Insbesondere im biologisch-dynamischen Landbau wird der Anbau von "Hofsorten" verfolgt. Unter Hofsorte versteht man in der Regel "eine auf einem bestimmten landwirtschaftlichen oder gärtnerischen Betrieb über viele Jahre nachgebaute Zuchtsorte". Die Beweggründe sind neben dem Fehlen von Nachbaumöglichkeiten bei Hybridsorten hauptsächlich im ganzheitlichen Ansatz dieser Richtung des ökologischen Landbaus zu sehen (Albrecht et al. 1997, S. 122).

Es ist nicht genau bekannt, in welchem Umfang im ökologischen Landbau zertifiziertes Saatgut eingesetzt wird. Nach Angabe des Bundessortenamtes verwenden ca. 80 % der Ökobetriebe Sorten aus der konventionellen Züchtung. Die Vermehrung des Saatgutes erfolgt entweder durch die großen ökologischen Verbände selbst oder durch klassische Saatguthändler, die die Vermehrung entsprechend den EU-Vorschriften für Anbaumethoden des ökologischen Land-

baus durchführen. Die besonderen Bewirtschaftungsgrundsätze des ökologischen Landbaus schreiben auch in der Saatgutauswahl zusätzliche Prüfungen vor, was in der Regel zu einem deutlich höheren Saatgutpreis führt (Albrecht et al. 1997, S. 123).

Bisher gibt es nur wenige Sortenversuche, die auf die Bedürfnisse des ökologischen Landbaus ausgerichtet sind. Landessortenprüfungen im ökologischen Anbau werden mittlerweile von einer Reihe von Landwirtschaftskammern durchgeführt, eine bundesweite Zusammenfassung der Ergebnisse ist allerdings noch nicht verfügbar. Entgegen der Vermutung vieler ökologisch wirtschaftender Landwirte sind moderne Sorten grundsätzlich auch im ökologischen Landbau alten Sorten überlegen, wobei der Ertragszuwachs der Neuzüchtungen im ökologischen Anbau geringer als im konventionellen Anbau ausfällt. Unter bestimmten Bedingungen können aber auch durch langjährigen Nachbau entwickelte Hofsorten konventionellen Sorten überlegen sein. Darüber hinaus werden vom ökologischen Landbau teilweise andere Qualitätseigenschaften verlangt. Bei einigen Vertretern des ökologischen Landbaus führt das vermehrte Angebot von Hybridsorten (die von einigen Verbänden abgelehnt werden) ebenso wie die befürchtete zukünftige Einführung gentechnisch veränderter Sorten zu einer verstärkten Ablehnung der konventionellen Züchtung.

5. Rechtliche Grundlagen

Das Sortenrecht (Kap. 5.1) stellt den klassischen rechtlichen Rahmen für die Pflanzenzüchtung. Mit der Entwicklung der modernen Biotechnologien gewinnt zusätzlich das Patentrecht (Kap. 5.2) zunehmend an Bedeutung für die Pflanzenzüchtung. Weiterhin ist in diesem Zusammenhang das Gentechnikrecht (Kap. 5.3) zu beachten. Schließlich gehören zu den relevanten rechtlichen Rahmenbedingungen die Regelungen, die direkt die biologische Vielfalt betreffen (Kap. 5.4).

5.1 Sortenrecht

Während das Sortenschutzgesetz die gewerblichen Schutzrechte bestimmt, wird der Handel mit landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Saat- und Pflanzgut durch das Saatgutverkehrsgesetz reguliert. Der Sortenschutz nach dem Sortenschutzgesetz und die Zulassung nach dem Saatgutverkehrsgesetz sind nicht prinzipiell miteinander verknüpft.

Sortenschutzgesetz und EU-Verordnung über den gemeinschaftlichen Sortenschutz

Der Sortenschutz ist ein privates Ausschließkeitsrecht, das anderen Regelungen zum Schutz des geistigen Eigentums nachempfunden ist (z.B. Patentrecht, Kap. II.5.2). Das *Sortenschutzgesetz* (SortG) von 1985 dient dem Schutz der Rechte der Züchter an von ihnen entwickelten Sorten und der Förderung der Pflanzenzüchtung. Sorten aller Pflanzenarten können diesen Schutz erhalten. Der Sortenschutzinhaber hat alleine das Recht, eine geschützte Sorte für den Verkehr zu erzeugen und in den Verkehr zu bringen. Er kann dies auch gegen Lizenz von anderen durchführen lassen. Der Sortenschutz wird für eine neue Sorte vom Bundessortenamt erteilt, wenn sie den Kriterien Neuheit, Unterscheidbarkeit, Homogenität und Beständigkeit genügt und mit einer eintragbaren Sortenbezeichnung versehen ist. Der Sortenschutz wird allgemein für 25 Jahre, bei Hopfen, Kartoffel, Rebe und bestimmten Baumarten für 30 Jahre erteilt und ist nicht verlängerbar (Albrecht et al. 1997, S. 99; BML 1996a, S. 95; Steinberger 1995a, S. 151).

Der sog. *Züchternvorbehalt* erlaubt jedem Züchter die Verwendung von Vermehrungsmaterial einer geschützten Sorte zur Züchtung einer neuen Sorte sowie die gewerbliche Nutzung der daraus hervorgehenden neuen Sorten. Vom Züchternvorbehalt wurde in der Vergangenheit rege Gebrauch gemacht, wie der teilweise hohe Verwandtheitsgrad zwischen den Sorten zeigt (Albrecht et al. 1997, S. 100; BML 1996a, S. 95).

Landwirten war bislang die Verwendung von Erntegut geschützter Sorten als Saatgut im eigenen Betrieb und im Rahmen der Nachbarschaftshilfe erlaubt (sog. *Landwirteprivileg*), da sich der Sortenschutz auf das Inverkehrbringen zu gewerblichen Zwecken beschränkt (Albrecht et al. 1997, S. 100; BML 1996a, S. 95).

Seit Juli 1994 besteht ein *gemeinschaftlicher Sortenschutz in der Europäischen Union* (Verordnung (EG) Nr. 2100/94 des Rates vom 27. Juli 1994 über den gemeinsamen Sortenschutz). Die Verordnung hat die Einführung einer Gemeinschaftsregelung zum Ziel, die parallel zu den einzelstaatlichen Regelungen besteht und die Erteilung von gemeinschaftsweit geltenden gewerblichen Schutzrechten erlaubt. Zu diesem Zweck wurde ein "Gemeinschaftliches Sortenamt" geschaffen, dessen Aufgaben und Befugnisse in der Verordnung geregelt sind. Nationaler Schutz und EU-Sortenschutz schließen sich aus, d.h. ein Züchter kann entweder den gemeinschaftlichen Sortenschutz oder verschiedene nationale Schutzrechte beantragen (Albrecht et al. 1997, S. 87).

Der deutsche und europäische Sortenschutz beruht auf dem *Internationalen Übereinkommen zum Schutz von Pflanzenzüchtungen* (UPOV - International Convention of New Varieties of Plants). Das UPOV-Übereinkommen von 1978 ist 1991 revidiert worden. Auf der Basis des revidierten Übereinkommens hat die EU 1994 die Verordnung über den gemeinschaftlichen Sortenschutz erlassen. Mit der Novellierung des deutschen Sortenschutzgesetzes (Bundesregierung 1997) ist das neue europäische und internationale Recht übernommen worden.

Angesicht der Patentfähigkeit von Genkonstrukten im Sortenmaterial geschützter Sorten (Kap. II.5.2) und der daraus entstehenden einseitigen Patentabhängigkeit der Züchter wurde nach Regelungen gesucht, um Sortenschutz und Patentrecht gegeneinander abzugrenzen. Zu diesem Zweck wurde der Begriff der *"im wesentlichen abgeleiteten Sorte"* eingeführt: "Eine Sorte ist eine im wesentlichen abgeleitete Sorte, wenn 1. für ihre Züchtung oder Entdeckung vorwiegend die Ausgangssorte oder eine andere Sorte, die selbst von der Ausgangssorte abgeleitet ist, als Ausgangsmaterial verwendet wurde, 2. sie deutlich unterscheidbar ist und 3. sie in der Ausprägung der Merkmale, die aus dem Genotyp oder einer Kombination von Genotypen der Ausgangssorte herrühren, abgesehen von Unterschieden, die sich aus der verwendeten Ableitungsmethode ergeben, mit der Ausgangssorte im wesentlichen übereinstimmen" (§ 10 (3) SortG). Inhalt dieser Regelung ist, daß der Züchter einer im wesentlichen abgeleiteten Sorte zwar den normalen Sortenschutz erhalten und die daraus entstehenden Rechte gegenüber Dritten geltend machen kann, beim Handel mit der abgeleiteten Sorte aber der Zustimmung des Ursprungszüchters bedarf. Insoweit ist der Züchternvorbehalt eingeschränkt. Damit soll verhindert werden, daß durch das Einfügen eines Gens in das Genom einer durch langwierige Zuchtarbeit entstandenen Sorte einfach eine neue Sorte angemeldet werden kann (Albrecht et al. 1997, S. 87).

Auch das bislang uneingeschränkte Landwirteprivileg ist durch die Einführung einer Gebührenregelung sowie das Nachbauverbot für Hybridsorten und synthetische Sorten eingeschränkt worden. Landwirte (außer Kleinlandwirten) haben danach eine *Nachbauggebühr* an den Sortenschutzinhaber zu entrichten, die deutlich niedriger sein muß als der Betrag, der im selben Gebiet für die Erzeugung von Vermehrungsmaterial derselben Sorte in Lizenz verlangt wird (Albrecht et al. 1997, S. 89).

Die *Auswirkungen des Sortenschutzes auf die genetische Vielfalt* sind umstritten. Einerseits wird der Sortenschutz als ein wirksames Instrument gesehen, um der Privatwirtschaft Anreiz zu Investitionen zu geben und darüber die Sortenvielfalt zu erhöhen. Auch die überwiegend mittelständische Struktur der

Pflanzenzüchtung in Deutschland wird darauf zurückgeführt, daß Deutschland bereits seit den zwanziger Jahren dem heutigen Sortenschutz entsprechende Regelungen hatte. Andererseits ist dem Sortenschutz eine Einengung der genetischen Vielfalt geradezu immanent, da eine Sorte nur schützenswert ist, wenn sie neu, homogen, unterscheidbar und beständig ist. Die Anforderung an Homogenität steht per se im Widerspruch mit erwünschter genetischer Vielfalt (Albrecht et al. 1997, S. 102). An der neuen Nachbauregelung wird kritisiert, daß diese die Weiterentwicklung konventioneller Sorten in Betrieben des ökologischen Landbaus erschwere.

Saatgutverkehrsgesetz sowie EU-Richtlinien zum Saatgutverkehr und zum gemeinschaftlichen Sortenkatalog

Das *Saatgutverkehrsgesetz* (SaatG) ist ein öffentlich-rechtliches Gesetz und regelt den Handel mit landwirtschaftlichem und gartenbaulichem Vermehrungsmaterial zum Schutz der Verbraucher (Landwirte, Gärtner, Verarbeiter usw.). Derzeit unterliegen 68 landwirtschaftliche und 32 gartenbauliche Pflanzenarten diesem Gesetz. Saat- und Pflanzgut von diesen Arten darf zu gewerblichen Zwecken nur gehandelt werden, wenn die Sorte nach dem Saatgutverkehrsgesetz beim Bundessortenamt zugelassen oder in einem der "Gemeinsamen Sortenkataloge" der EU eingetragen ist. Die Zulassung wird für 10 Jahre (bei Reben 20 Jahre) ausgesprochen und ist auf Antrag bei entsprechender Marktbedeutung für denselben Zeitraum verlängerbar (BML 1996a, S. 93).

Für die Zulassung einer Sorte zum Saatgutverkehr müssen die Kriterien Unterscheidbarkeit, Homogenität und Beständigkeit erfüllt sein. Landwirtschaftliche Sorten müssen außerdem einen "*landeskulturellen Wert*" aufweisen. Die Hürde für die Erfüllung des Kriteriums "*landeskultureller Wert*" liegt außerordentlich hoch. 90 bis 95 % aller zur Zulassung angemeldeten Sorten scheitern daran. Damit soll ein ausreichender Anreiz zur Verbesserung von Sorten geschaffen werden. Der landeskulturelle Wert 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." In umfangreichen Anbauversuchen beurteilt das Bundessortenamt die Anbau-, Resistenz-, Ertrags- und Qualitätseigenschaften der Sorten. Die Gewichtung der Eigenschaften hat sich in der Vergangenheit verändert: Bis Mitte der 60er Jahre stand die Ertragsleistung im Mittelpunkt, bis Ende der 70er Jahre wurde stärker

Wert auf die Qualität gelegt und seitdem ist die Beurteilung der Resistenzeigenschaften in den Vordergrund gerückt. Heute erfolgt die Prüfung bei den wichtigsten Arten in zwei Intensitätsstufen, zum einen "nach guter fachlicher Praxis" mit ortsüblichem Einsatz von synthetischem Dünger und Pflanzenschutzmitteln und zum anderen in einer Extensivvariante mit reduzierter Stickstoffdüngung und herabgesetztem Pflanzenschutzmitteleinsatz, teilweise zusätzlich auch im ökologischen Anbau (Albrecht et al. 1997, S. 95; Steinberger 1995a, S. 153).

Mit der Richtlinie über einen gemeinsamen Sortenkatalog für landwirtschaftliche Pflanzenarten (70/457/EWG) und sechs Richtlinien über den Saatgutverkehr (66/400/EWG, 66/401/EWG, 66/402/EWG, 66/403/EWG, 69/208/EWG, 70/458/EWG) bestehen auf *EU-Ebene* entsprechende Regelungen.

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, die somit aus dem weiteren Anbau ferngehalten werden. Ein Problem ist dies insbesondere für den ökologischen Landbau. Außerdem widerspreche dies dem Ziel einer möglichst breiten Nutzung pflanzen genetischer Ressourcen.
- Das Kriterium "landeskultureller Wert" stellt eine hohe Hürde bei der Sortenzulassung dar. Gehe man davon aus, daß viele Sorten Vielfalt begünstigen, schränke die restriktive Sortenzulassung diese ein. Außerdem werde durch die momentane Auslegung des "landeskulturellen Wertes" eine Zulassung von Sorten, die für den ökologischen Anbau von Nutzen sind, erschwert, da entsprechende Eigenschaften nicht ausreichend berücksichtigt würden. Schließlich sei zur Zeit die Erhaltung abgelehnter Sorten nicht sichergestellt.

Dem ersten Kritikpunkt soll durch die Einführung einer Regelung zum *Inverkehrbringen von Saatgut zur Erhaltung der pflanzen genetischen Ressourcen* (Herkunftssaatgut) begegnet werden. Dieses Vorhaben wird auch unter dem Begriff der Einrichtung eines *Zweitregisters* diskutiert. Dazu hat mehrmals eine Arbeitsgruppe beim Bundessortenamt mit Vertretern der Züchter, der Händler, des ökologischen Landbaus, des Vereins zur Erhaltung der Nutzpflanzenvielfalt und des Forums Umwelt und Entwicklung getagt. Einigkeit besteht bisher dahingehend, daß neben den Zuchtsorten für die Landwirtschaft - die weiterhin dem bisherigen Zulassungsverfahren unterliegen werden - ein neues Verfahren

für PGR eröffnet werden soll, bei dem auf die Voraussetzungen der Homogenität, Stabilität, Unterscheidbarkeit und des landeskulturellen Wertes verzichtet wird. Danach soll beim Bundessortenamt eine Liste sog. Herkunftssaatgutes erstellt werden. Für das Inverkehrbringen entsprechender Sorten ist die Aufnahme in diese Liste des Bundessortenamtes sowie eine Mitteilung an die zuständige Landesbehörde (in der Regel Landwirtschaftskammer) notwendig. Dieses Saatgut soll eine besondere Kennzeichnung erhalten. Die Qualitätsansprüche (Keimfähigkeit, technische Reinheit, Gesundheit) an das Herkunftssaatgut sollen denen des konventionellen Saatguts entsprechen. Diskutiert wird eine Gebühr von 250 DM für die Registrierung von Herkunftssaatgut. Schließlich ist eine Begrenzung auf eine Höchstmenge vorgesehen. Strittig war insbesondere die genaue Definition von Herkunftssaatgut, d.h. welche Sorten bzw. welches Saatgut unter das sog. Zweitregister fallen sollen (Albrecht et al. 1997, S. 97 ff.; Horneburg 1997). Die Realisierung dieses Konzeptes hängt davon ab, ob und wann die Richtlinie zur Änderung der Saatgutrichtlinien der EU in Kraft tritt.

5.2 Patentrecht

Das Patentrecht regelt allgemein den Schutz von geistigem Eigentum. Patente bieten die Möglichkeit, neue technische Gegenstände, Konstruktionen oder Verfahren für eine begrenzte Zeitdauer gegen Nachahmung oder unberechtigte Verwertung durch Dritte zu schützen. Ein Patent wird für eine neue Erfindung - also eine Lehre zum technischen Handeln - gewährt, die Resultat einer erfinderischen Tätigkeit und gewerblich anwendbar ist. Ein Patent für ein Erzeugnis erstreckt sich auf jede Benutzung dieses Erzeugnisses, auch für zum Zeitpunkt der Patenterteilung noch nicht bekannte Nutzanwendungen. Der Patentschutz für Verfahren erstreckt sich auch auf die unmittelbar damit hergestellten Erzeugnisse. Die Benutzung von patentrechtlich geschütztem Material für gewerbliche Zwecke ist unzulässig, soweit der Patentinhaber dem nicht zugestimmt hat. Eine Nutzung für weiterführende Forschung ist erlaubt (sog. Forschungsvorbehalt) (BML 1996a, S. 96; GFP 1997, S. 7).

Pflanzensorten und im wesentlichen biologische Verfahren zur Züchtung von Pflanzen können nicht patentiert werden. Dieses Patentierungsverbot (sog. Doppelschutzverbot) ist sowohl im Sortenschutzrecht als auch im Patentrecht verankert (Albrecht et al. 1997, S. 90; BML 1996a, S. 96).

Mit der steigenden Bedeutung bio- und gentechnologischer Arbeiten - auch in der Pflanzenzüchtung - nimmt die Relevanz des Patentrechtes international

zu. Patentfähig sind beispielsweise Pflanzenbestandteile (z.B. Gene), einzelne Pflanzen als solche oder bestimmte Verfahren zur genetischen Veränderung von Pflanzen. Aus der Fähigkeit biologischen Materials, sich selbst zu vermehren, ergeben sich Fragen der Reichweite von Patenten. Außerdem ist eine klare Trennung zwischen patentierbaren Erfindungen und sortenschutzfähigen Entwicklungen notwendig.

Das Patentrecht der Bundesrepublik Deutschland basiert im wesentlichen auf dem nationalen Patentgesetz und internationalen Vereinbarungen.

Internationale Übereinkommen

Das Übereinkommen über die Vereinheitlichung bestimmter Merkmale des Erfindungspatentrechts (Straßburg 1963), das Übereinkommen über die Erteilung europäischer Patente (München 1973) und das Abkommen über handelsbezogene Aspekte der Rechte des geistigen Eigentums (TRIPS - Trade Related Aspects of Intellectual Property Rights, GATT-Uruguay-Runde 1994) stellen Völkerrecht dar. Nach dem *Straßburger Abkommen* und dem *Europäischen Patentabkommen* sind Pflanzensorten, Tierrassen und im wesentlichen biologische Verfahren zur Züchtung von Pflanzen und Tieren nicht patentierbar. Patentfähig ist bereits heute nach der Rechtsprechung des Europäischen Patentamtes jede Erfindung, die sich auf die einer Pflanzensorte übergeordneten (Pflanzenarten, Pflanzengattungen) oder untergeordneten (Gene, Plasmide) biologische Einheiten bezieht. Ebenso können mikrobiologische Verfahren patentiert werden.

Das mit der GATT-Schlußakte verabschiedete *TRIPS-Abkommen* regelt detailliert Schutzvoraussetzungen, Schutzfristen, Schutzzumfang, Patentierungsverbote, Zwangslizenzierung sowie die Durchsetzung gewerblicher Schutzrechte. Das Abkommen zwingt alle Unterzeichnerstaaten, insbesondere auch die Entwicklungsländer, ihre nationalen Systeme zum Schutz gewerblicher Rechte im Rahmen abgestufter Übergangsfristen auf das in den Industrieländern bestehende Niveau anzuheben. Für Pflanzensorten muß ein Schutz durch Patente oder durch ein wirksames System eigener Art (*Sui Generis*) oder durch eine Verbindung beider zur Verfügung gestellt werden (Art. 27.3.b). Diese Regelung ist Gegenstand einer Überprüfungskonferenz, die für 1999 vorgesehen ist. Mit der Möglichkeit eines *Sui-Generis*-Systems wird die Übernahme der UPOV-Konvention in das nationale Recht oder gar ein Beitritt zum Verband nicht zwingend vorgeschrieben.

EU-Patentrichtlinie

In den Rechtsvorschriften und Praktiken der EU-Mitgliedsstaaten bestehen auf dem Gebiet des Schutzes biotechnologischer Erfindungen Unterschiede. 1988 hatte die EU-Kommission einen ersten Vorschlag für eine Richtlinie über den rechtlichen Schutz biotechnologischer Erfindungen vorgelegt. Nach mehrjähriger Beratung und Vermittlungsverfahren hatte das Europäische Parlament im März 1995 den Richtlinienentwurf endgültig abgelehnt. Im Dezember 1995 hat die Kommission einen neuen Vorschlag für eine *"Richtlinie des Europäischen Parlamentes und des Rates über den rechtlichen Schutz biotechnologischer Erfindungen"* vorgelegt, der wesentliche Einwände des Europäischen Parlaments zu berücksichtigen versucht (EU-Kommission 1995). Dieser zweite Vorschlag ist im Juli 1997 in erster Lesung vom Europäischen Parlament beraten und danach von der EU-Kommission mit wenigen Änderungen übernommen worden (GFP 1997, S. 9).

Ziel der Richtlinie ist, durch einheitliche und harmonisierte Regeln für die Patentierung biotechnologischer Erfindungen in der EU Rechtsunsicherheiten zu beseitigen und das Funktionieren des Binnenmarktes sicherzustellen. Besonderer Regelungen bedarf es insbesondere im Hinblick auf die Abgrenzung zum Sortenschutzrecht sowie die Frage, in welchem Umfang und mit welchen Folgen sich der Rechtsschutz auf die durch generative oder vegetative Vermehrung entstandenen Folgegenerationen erstreckt. Schließlich spielen ethische Fragen der Patentierung von "Leben" eine zentrale Rolle (vgl. Europäisches Parlament 1997). Der Richtlinienvorschlag sieht so u.a. vor, den menschlichen Körper und seine Teile in ihrem natürlichen Zustand (Art. 3 Abs. 1) und die Methoden der Keimbahntherapie zur Anwendung am Menschen (Art. 9 Abs. 2a) ausdrücklich von der Patentierbarkeit auszuschließen (EU-Kommission 1995, S. 35 f.).

Hinsichtlich des *Schutzumfangs* sind folgende Regelungen vorgesehen: Der Patentschutz soll sich auf alle Folgegenerationen erstrecken, d.h. auf jedes biologische Material, das durch generative oder vegetative Vermehrung in gleicher oder abweichender Form gewonnen wird und patentierte Eigenschaft bzw. Merkmal aufweist (Art. 10). Unter den Patentschutz soll ebenso die "horizontale" Ausbreitung fallen, d.h. für jedes Material, in dem die patentierte genetische Information enthalten und ausgedrückt ist, besteht Patentschutz (Art. 11). Rechte aus einem Patent sollen dann nicht mehr bestehen (sog. patentrechtliche Erschöpfung), wenn die Vermehrung notwendigerweise das Ergebnis der Verwendung ist, für die das patentierte Material in Verkehr gebracht bzw. erwor-

ben wurde (Art. 12). Schließlich ist ein Landwirteprivileg vorgesehen, das den Nachbau von patentiertem Saatgut für die Bedürfnisse des jeweiligen landwirtschaftlichen Betriebes als Ausnahme vom Patentschutz erlauben soll (Art. 13). Hinsichtlich der Vergütungslösung wird auf die Regelungen für den gemeinschaftlichen Sortenschutz verwiesen (Kap. II.5.1).

Ein *Patentausschluß* für Pflanzensorten und Tierarten (im Sinne von Tierrasen) soll weiterhin bestehen (Art. 4 Abs. 2). Damit würde es dabei bleiben, daß für Pflanzensorten Schutzrechte nur national nach dem Sortenschutzgesetz oder auf europäischer Ebene nach der Verordnung (EG) Nr. 2100/94 erlangt werden können. Eine Erfindung, die die Verwendung von Pflanzensorten betrifft, soll patentierbar sein (Art. 7). Diese Möglichkeit bedeutet nicht, daß eine Pflanzensorte selbst unter Patentschutz gestellt werden könnte (BMJ 1996, S. 26).

Schließlich ist die Möglichkeit von *Zwangslizenzen wegen Abhängigkeit* vorgesehen. Dies soll einerseits für Pflanzenzüchter gelten, die ein Sortenschutzrecht nicht erhalten oder nutzen können, ohne ein früher erteiltes Patent zu verletzen (Art. 14 Abs. 1), und andererseits für Patentinhaber, die dieses nicht verwerten können, ohne ein früher erteiltes Sortenschutzrecht zu verletzen (Art. 14 Abs. 2). Jeweils ist die Zahlung einer angemessenen Vergütung vorgesehen. Es muß nachgewiesen werden, daß die Nutzung der Pflanzensorte oder Erfindung, für die die Lizenz beantragt wird, im öffentlichen Interesse geboten ist und die Pflanzensorte oder die Erfindung einen bedeutenden technischen Fortschritt darstellt (Art. 14 Abs. 3b).

Verhältnis von Patent- und Sortenschutzrecht

Patent- und Sortenschutz bestehen nebeneinander, greifen allerdings auch ineinander. Die wesentlichen Unterschiede sind in der Tab. 6 zusammengestellt. Als *Schutzgegenstand* wird beim Patent eine neue Erfindung - also eine Lehre zum technischen Handeln - und beim Sortenschutz das Ergebnis der Züchtung - also die neue Pflanzensorte selbst - geschützt. Die in der revidierten UPOV-Konvention von 1991 neu enthaltene Sortendefinition stellt klar, daß eine neue Pflanzensorte im Kern eine pflanzliche Gesamtheit mit spezifischen Merkmalen darstellt, die sich aus einer einzigartigen Neukombination von Genen bzw. Genotypen ergibt und die sich von jeder anderen Sorte unterscheidet. Mit dem Kriterium Unterscheidbarkeit werden beim Sortenschutz geringere Ansprüche an die *Neuheit* als beim Patentschutz gestellt, wo ein "erfinderischer Schritt" notwendig ist (GFP 1997, S. 7 f.).

Der *Schutzumfang* ist im Patentrecht wesentlich stärker ausgeprägt als beim Sortenschutz. Beim Sortenschutz darf ein Pflanzenzüchter die geschützte Sorte eines anderen Züchters in seiner Züchtung verwenden und ohne Zustimmung dieses Züchters die daraus entwickelte neue Sorte auf den Markt bringen (*Züchternvorbehalt*) (GFP 1997, S. 8). Dagegen ist beim Patent zwar die Erfindung zu veröffentlichen, und damit sind die technischen und wissenschaftlichen Erkenntnisse der weiteren Forschung zugänglich (*Forschungsvorbehalt*), aber die Verwendung der Erfindung bedarf der Zustimmung des Patentinhabers.

Tab. 6: Vergleich von Patent- und Sortenschutz

Kriterien	Patentschutz (nach EPÜ 197/Vorschlag EU-Patentrichtlinie 1995)	Sortenschutz (nach UPOV 1991 und EU Sortenschutz 1994)
<i>Schutzgegenstand</i>	Erfindungen (Neuheit, erfinderische Tätigkeit, gewerbliche Anwendbarkeit)	Sorten aller Arten (Neuheit, Unterscheidbarkeit, Homogenität, Beständigkeit)
<i>Kategorien</i>	Erzeugnisse Verfahren	Sorte im wesentlichen abgeleitete Sorte
<i>Schutzumfang</i>	Herstellen, Anwenden, Abieten, Inverkehrbringen, Gebrauchen	alle Handlungen mit Vermehrungsmaterial (Erzeugung, Vermehrung, Aufbereitung, Vertrieb usw.) Erntegut und unmittelbare Erzeugnisse
<i>Begrenzung des Schutzzumfanges</i>	Forschungsvorbehalt Nachbausaatregelung (eingeschränkter Landwirtevorbehalt)	Züchternvorbehalt Nachbausaatregelung (eingeschränkter Landwirtevorbehalt)
<i>Dauer des Schutzes</i>	allgemein 20 Jahre	allgemein 25 Jahre

Quelle: nach Friedt et al. 1997, Tab. 8

Zwar sind Pflanzensorten als solche nicht patentierbar, aber Pflanzenbestandteile (z.B. einzelne Gene, DNA-Sequenzen) können patentiert werden. Dies hat zur Folge, daß *der Züchternvorbehalt in der Pflanzenzüchtung nicht mehr uneingeschränkt genutzt werden kann*. Immer dann, wenn ein Pflanze patentiertes Mate-

rial enthält, selbst patentiert ist oder unmittelbares Produkt eines patentierten Verfahrens ist, kann der Züchternvorbehalt nur noch unter dem Vorbehalt der Zustimmung des Patentinhabers wahrgenommen werden. Dadurch werden auch konventionelle Pflanzenzüchter in Zukunft verstärkt darauf achten müssen, ob eventuell patentierte Gene in ihrem Zuchtmaterial vorhanden sind, um Rechtsstreitigkeiten zu vermeiden. Dazu benötigen sie die entsprechende Sachkenntnis und Laborausstattung (Albrecht et al. 1997, S. 91; Friedt et al. 1997, S. 92).

Wenn Pflanzenzüchter patentierte Eigenschaften in ihrer Züchtung verwenden wollen, sind sie auf entsprechende *Lizenzen der Patentinhaber* angewiesen. Derzeit läßt sich nicht beurteilen, wie die zukünftige Lizenzerteilungspraxis der großen Unternehmen, die in der Regel über die relevanten Patente verfügen, sein wird und ob ggf. das System der Zwangslizenzen ausreicht, um den Zugang zu gewünschten Genkonstrukten zu erhalten. Außerdem wird der Einsatz gentechnischer Methoden in den bisher ausschließlich konventionell arbeitenden, mittelständischen Züchtungsunternehmen durch die Tatsache erschwert, daß die wesentlichen Verfahren zur Anwendung der Gentechnik weitgehend patentiert sind. Dabei ist nicht in jedem Fall sichergestellt, daß hierfür Lizenzen erteilt werden. Prinzipiell können Patente genutzt werden, um Wettbewerbsvorteile zu erlangen (Friedt et al. 1997, S. 92).

Mit der neuen Kategorie *der im wesentlichen abgeleiteten* Sorte im Sortenschutzrecht werden grundsätzlich die Rechte der konventionellen Pflanzenzüchter sichergestellt, denn nach dem Einfügen eines oder weniger Gene in das Genom einer durch langwierige Zuchtarbeit entstandene Sorte - unter Beibehaltung der wesentlichen Merkmale der Ursprungssorte - darf diese ohne Zustimmung des Ursprungszüchters nicht einfach als neue Sorte angemeldet werden. Allerdings ist bisher nicht geklärt, wo im Falle einer im wesentlichen abgeleiteten Sorte die Beweislast liegt. Außerdem ist weder im UPOV-Übereinkommen noch in der EU-Verordnung genau geregelt, wie eine im wesentlichen abgeleitete Sorte bestimmt werden soll. Eine Rechtspraxis dazu ist auch noch nicht vorhanden (Albrecht et al. 1997, S. 87 f.).

Die *Kontroversen um die Patentierung* beinhalten in diesem Kontext folgende, unterschiedliche Wahrnehmungen: Auf der einen Seite werden Patente als notwendige Voraussetzung gesehen, um die aufwendigen Investitionen in Forschung, Entwicklung und industrieller Verwertung der Biotechnologie zu sichern sowie erfinderische Tätigkeit und technische Innovationen in diesem Feld zu fördern. Auch die Länder der Dritten Welt seien nicht gegen Patente auf dem Gebiet der Biotechnologie, vielmehr wollten sie an der Nutzung der genetischen Ressourcen angemessen finanziell und in anderer Weise beteiligt sein. Auf der

anderen Seite steht die Befürchtung, daß die große Mehrzahl der Patente in der Hand weniger multinationaler Konzerne sind bzw. gelangen werden, mit der Folge einer zunehmenden Konzentration des Saatguthandels auf wenige Hochleistungssorten. Weiterhin wird erwartet, daß Landwirte und Züchter durch Lizenzgebühren erheblich finanziell belastet werden (Europäisches Parlament 1997).

5.3 Gentechnikrecht

Die gentechnisch unterstützte Pflanzenzüchtung hat die Bestimmungen des Gentechnikrechts zu beachten. Dies gilt für gentechnische Arbeiten im Labor, insbesondere aber für Freilandversuche mit gentechnisch veränderten Pflanzen (Freisetzung) und für den kommerziellen Einsatz transgener Pflanzensorten in die Landwirtschaft (Inverkehrbringen). Schließlich sind für das Inverkehrbringen neuartiger Lebensmittel und Lebensmittelzutaten, die u.a. auf der Basis gentechnisch veränderter Pflanzen hergestellt werden, Zulassungsregeln eingeführt worden (Novel-Food-Verordnung der EU).

Europäische Richtlinien zur Gentechnik und deutsches Gentechnikgesetz

Mit den Richtlinien 90/219/EWG und 90/220/EWG ist ein gemeinsamer rechtlicher Rahmen für den Umgang mit der Gentechnik in der EU geschaffen worden. Die *Richtlinie 90/219/EWG* enthält Regelungen über die Anwendung gentechnisch veränderter Mikroorganismen in geschlossenen Systemen, die *Richtlinie 90/220/EWG* regelt die absichtliche Freisetzung genetisch veränderter Organismen in die Umwelt. Ziel der letzteren Richtlinie ist es, bei der absichtlichen Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen in die Umwelt und beim Inverkehrbringen von Produkten, die gentechnisch veränderte Organismen enthalten oder aus solchen bestehen, die Rechts- und Verwaltungsvorschriften innerhalb der EU zum Schutz der menschlichen Gesundheit und Umwelt zu harmonisieren (Albrecht et al. 1997, S. 91).

Sowohl die *Freisetzungen* zu Forschungs- und Entwicklungszwecken als auch das *Inverkehrbringen* von Produkten, die gentechnisch veränderte Organismen (GVO) enthalten, bedürfen einer *Genehmigung*. Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens müssen folgenden *Anforderungen* erfüllt werden (Albrecht et al. 1997, S. 92):

- Die Freisetzung muß bei der Behörde des Mitgliedstaates, auf dessen Boden die Freisetzung erfolgen soll, angemeldet werden.
- Die Anmeldung muß Informationen zur Beurteilung der vorhersehbaren Gefahren von Sofort- oder Spätfolgen eines GVO oder einer Kombination von GVO für die menschliche Gesundheit und die Umwelt enthalten.
- Eine Beschreibung der Methoden muß vorgelegt werden.
- Informationen über Personal und dessen Ausbildung, Informationen über den GVO, die Bedingungen der Freisetzung und die Umwelt, in die der GVO freigesetzt werden soll, sowie über Wechselwirkung zwischen GVO und Umwelt müssen erbracht werden.
- Informationen über Überwachung, Kontrollmaßnahmen, Abfallbehandlung und Notfalleinsatzpläne müssen vorhanden sein.
- Eine Erklärung über die Folgen und Gefahren der GVO für die menschliche Gesundheit und die Umwelt bei den vorgesehenen Anwendungen muß abgegeben werden.

Beim Inverkehrbringen müssen als zusätzliche Anforderungen erfüllt werden:

- Die Produkte müssen den einschlägigen gemeinschaftlichen Produktvorschriften entsprechen.
- Die Produkte müssen die Anforderungen an eine Umweltverträglichkeitsprüfung erfüllen.

Sobald ein Produkt eine schriftliche Zustimmung durch die nationale Zulassungsbehörde bzw. die Kommission erhalten hat, darf es ohne weitere Anmeldung in der gesamten Gemeinschaft in Verkehr gebracht und verwendet werden, unter Berücksichtigung der im Genehmigungsbescheid vorgeschriebenen sachlichen und örtlichen Einsatzbedingungen. Hat ein Mitgliedstaat berechtigten Grund zu der Annahme, daß ein Produkt eine Gefahr für die menschliche Gesundheit oder die Umwelt darstellt, so kann er den Einsatz und/oder den Verkauf dieses Produktes vorübergehend einschränken oder verbieten. Unter Angabe von Gründen muß dann die Kommission unterrichtet werden, die dann innerhalb von drei Monaten darüber zu entscheiden hat (Albrecht et al. 1997, S. 93).

Gentechnisch veränderte Sorten bedürfen neben der gentechnischen Zulassung zusätzlich noch der sortenrechtlichen Zulassung (nach dem Saatgutverkehrsgesetz, s. Kap. 5.1).

Da nach Ansicht der Kommission genügend Erfahrungen mit der Freisetzung bestimmter gentechnisch veränderter Organismen gewonnen wurden, besteht seit Oktober 1993 ein *vereinfachtes Verfahren für die absichtliche Freisetzung*

genetisch veränderter Pflanzen (94/730/EG). Für das vereinfachte Verfahren müssen folgende Kriterien erfüllt sein (vgl. Albrecht et al. 1997, S. 93):

- Taxonomie und Biologie der Empfängerpflanze ist ausreichend bekannt.
- Informationen über die Wechselbeziehungen zwischen den Empfängerpflanzenarten und anderen Organismen in landwirtschaftlichen Ökosystemen oder in dem Ökosystem der experimentellen Freisetzung liegen vor.
- Wissenschaftliche Daten über die Sicherheit experimenteller Freisetzung gentechnisch veränderter Pflanzen derselben Empfängerpflanzenart im Hinblick auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt liegen vor.
- Die eingefügte Gensequenz ist charakterisiert, und ihre Unbedenklichkeit für Mensch und Umwelt ist bekannt.
- Die eingefügte Gensequenz ist in das pflanzliche Genom integriert.

Nach dem vereinfachten Verfahren (94/730/EG) ist es möglich (Albrecht et al. 1997, S. 94)

- eine einzige Anmeldung für mehr als eine Freisetzung gentechnisch veränderter Pflanzen einzureichen. Es muß sich dabei um ein und dieselbe Empfängerpflanzenart handeln, die sich jedoch hinsichtlich irgendeiner eingeführten/entfernten Sequenz unterscheiden kann oder die ein und dieselbe eingeführte/entfernte Sequenz beinhaltet, sich aber im Phänotyp unterscheidet.
- Der Anmelder kann eine einzige Anmeldung einreichen, die ein ganzes, im voraus festgesetztes Programm von Entwicklungsarbeit mit einer einzigen spezifischen Empfängerpflanzenart und einer festgelegten Reihe von Inserts/Deletionen über mehrere Jahre und an mehreren verschiedenen Orten umfaßt. Die einzelne Orte, Kreuzungen und/oder Bedingungen der Freisetzungen müssen dabei nicht in Einzelheiten beschrieben werden. Der Anmelder hat der Behörde aber weiterhin eine Erklärung zu übermitteln, ob die ursprüngliche Risikobeurteilung weiterhin zutrifft und wenn nicht, eine weitere Abschätzung zu übermitteln.

Diese europäischen Richtlinien gelten für alle Mitgliedsstaaten der Europäischen Union und sind von ihnen in nationales Recht zu übernehmen. In der Bundesrepublik Deutschland wurden sie durch das *Gentechnikgesetz* (GenTG) umgesetzt. Innerhalb des Gesetzes wird unterschieden nach dem Umgang in geschlossenen Systemen (Labor oder Gewächshaus), der Freisetzung unter kontrollierten Bedingungen (Freisetzungsversuche) und dem Inverkehrbringen (Verbreitung zu kommerziellen Zwecken) (Albrecht et al. 1997, S. 102 f.).

Auf der Grundlage des Gentechnikgesetzes wurden eine Reihe von *Verordnungen* erlassen, die die Vorgaben für Verfahren und einzuhaltende Sicherheitsmaßnahmen näher bestimmen (Gentechnik-Aufzeichnungsverordnung (GenTAufzV), Gentechnik-Sicherheitsverordnung (GenTSV), Gentechnik-Anhörungsverordnung (GenTAnhV), Gentechnik-Verfahrensverordnung (GenTVfV), Gentechnik-Beteiligungsverordnung (GenTBetV) u.a.) (Albrecht et al. 1997, S. 103).

Ziel des Gentechnikgesetzes ist es, sowohl Leben und Gesundheit von Menschen, Tieren, Pflanzen sowie die sonstige Umwelt in ihrem Wirkungsgefüge und Sachgüter vor möglichen Gefahren gentechnischer Verfahren und Produkte zu schützen und dem Entstehen solcher Gefahren vorzubeugen als auch den rechtlichen Rahmen für die Erforschung, Entwicklung, Nutzung und Förderung der wissenschaftlichen, technischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten der Gentechnik zu schaffen (§ 1).

Zulassungsvoraussetzung für Freisetzen und Inverkehrbringen ist nicht nur der Schutz gegen Gefahren, sondern auch die Vorsorge gegen Risiken der Gentechnik unterhalb der Gefahrenschwelle. Es sind daher auch Schadensmöglichkeiten zu berücksichtigen, die sich deshalb nicht ausschließen lassen, weil nach dem gegenwärtigem Wissensstand bestimmte Kausalzusammenhänge weder bejaht noch verneint werden können, und die somit ein bloßes Gefährdungspotential darstellen, sofern für diese Schadensmöglichkeiten Anhaltspunkte bestehen (SRU 1998b, S. 482). Im einzelnen bestehen erhebliche Meinungsverschiedenheiten darüber, wie greifbar die Anhaltspunkte für eine Gefährdungspotential sein müssen, bei denen Vorsorge gegen Risiken ergriffen werden sollte (SRU 1998b, S. 484).

Die Zulassung des Inverkehrbringens baut regelmäßig auf die vorherige Prüfung und Zulassung der Freisetzung sowie den bei der Freisetzung gewonnen Erfahrungen auf. Der Grundgedanke dieses *Stufenkonzeptes* besteht darin, daß in den vorangegangenen Freisetzungsversuchen ausreichendes Risikowissen über Eigenschaften und Verhalten des gentechnisch veränderten Organismus in der Umwelt gewonnen wurde, um auf der Grundlage der zusätzlichen Angaben des Antragstellers (über Art und Umfang der Verwendung, vorgesehene Verbreitung, ggf. vorgesehene Kontrollmaßnahmen) die Risiken des Inverkehrbringens beurteilen zu können. Das Inverkehrbringen bedingt im Vergleich zum Freisetzungsversuch jedoch eine weitgehende Offenheit des Systems, und dieser Übergang kann nicht nur eine quantitative, sondern ggf. auch eine qualitative Veränderung der Auswirkungen bedeuten. Hinzu kommt, daß eventuelle Beschränkungen des Inverkehrbringens auf bestimmte Verwendungszwecke

sich nicht gegenüber den Verwendern (z.B. Landwirte) durchsetzen lassen, wenn sie nicht mit dem Inhaber der Zulassung identisch sind. Für eine angemessene Regulierung zunächst nicht erkannter oder irrtümlich als vertretbar bzw. unbedeutend angesehener Fernwirkungen fehlen Anforderungen zur begleitenden Risikoforschung, Kontrolle und Monitoring sowie zur ggf. erforderlichen nachträglichen Entscheidung (SRU 1998a, S. 55).

Novel-Food-Verordnung der EU

Neben der gentechnischen und saatgutverkehrsrechtlichen Zulassung des Ausgangsproduktes (Saatgut) besteht mittlerweile eine weitere Zulassungspflicht bei den verarbeiteten Produkten (Lebensmitteln). Nach langjährigen kontroversen Beratungen ist am 15. Mai 1997 die *Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates über neuartige Lebensmittel und neuartige Lebensmittelzutaten (Novel-Food-Verordnung)* (Verordnung (EG) Nr. 258/97 vom 27. Januar 1997) in Kraft getreten. Aus dem *Anwendungsbereich* der Verordnung (Art. 1 und 2) ergibt sich, daß neuartige Lebensmittel (und Lebensmittelzutaten) solche sind, die bisher in der Europäischen Gemeinschaft noch nicht in nennenswertem Umfang für den menschlichen Verzehr verwendet wurden und die zu bestimmten Produktgruppen gehören. Unter die Verordnung fallen u.a. Lebensmittel, die gentechnisch veränderte Organismen (GVO) enthalten oder aus solchen bestehen (z.B. transgene Tomaten), und Lebensmittel, die aus GVOs hergestellt wurden, solche jedoch nicht enthalten (z.B. Tomatenmark aus transgenen Tomaten).

Die Novel-Food-Verordnung unterwirft die neuartigen (u.a. gentechnisch veränderten) Lebensmittel dem *Verbotsprinzip mit Erlaubnisvorbehalt*. Diese Lebensmittel dürfen erst nach Überprüfung und Genehmigung in Verkehr gebracht werden. In bestimmten Fällen tritt an die Stelle des Genehmigungsverfahrens ein Anmeldeverfahren (Schroeter 1997, S. 374). Das Lebensmittelrecht beruht ansonsten auf dem Grundsatz der Marktfreiheit (Ausnahme: Zusatzstoffe) und untersagt lediglich das Inverkehrbringen gesundheitsgefährdender Lebensmittel (SRU 1998a, S. 57).

Als *Voraussetzungen für die Zulassung* neuartiger Lebensmittel schreibt die Verordnung (Art. 3 Abs. 1) vor, daß die Produkte

- keine Gefahr für den Verbraucher darstellen,
- keine Irreführung des Verbrauchers bewirken und
- sich von vergleichbaren Produkten, die sie ersetzen sollen, nicht so unterscheiden, daß ihr normaler Verzehr Ernährungsmängel für den Verbraucher mit sich brächte.

Mit der Forderung nach Vergleichbarkeit im Hinblick auf die Zusammensetzung der Nährstoffe geht diese Regelung über die Anforderungen des Gentechnikrechts und des bestehenden Lebensmittelrechts hinaus (Schauzu 1997, S. 245 f.).

Bei der *Zulassung* gibt es ein zweistufiges Prüfungsverfahren, daß zur Freigabe oder Genehmigung des Inverkehrbringens führt (Schroeter 1997, S. 381 f.). Hierzu hat der Hersteller den Nachweis für die Unbedenklichkeit des neuartigen Lebensmittels zu erbringen. Für Lebensmittel, die GVOs enthalten oder aus ihnen bestehen, sind auch die Freisetzungsgenehmigung, die Ergebnisse der Freisetzungen und die Genehmigungsunterlagen für das Inverkehrbringen vorzulegen (SRU 1998a, S. 57). Es erfolgt eine nationale Zulassung (Freigabe) mit Wirkung in der ganzen Europäischen Gemeinschaft, wenn die Erstprüfung ergibt, daß eine ergänzende Prüfung nicht erforderlich ist und andere Mitgliedsstaaten keine Einwände erheben. Aufgrund der Erfahrungen mit der Freisetzungsrichtlinie wird damit gerechnet, daß auf absehbare Zeit jede Zulassungsentscheidung in diesem Verfahren von den Gemeinschaftsorganen getroffen werden wird (SRU 1998b, S. 505).

Für bestimmte Gruppen neuartiger Lebensmittel (u.a. Lebensmittel, die zwar aus GVOs hergestellt wurden, solche aber nicht enthalten) ist lediglich eine *Anmeldung* erforderlich, wenn sie im Hinblick auf Zusammensetzung, Nährwert, Stoffwechsel, Verwendungszweck und Gehalt an unerwünschten Stoffen im wesentlichen gleichwertig mit konventionellen Lebensmitteln sind. Mit der Anmeldung ist der Nachweis für die substantielle Äquivalenz beizubringen (Schroeter 1997, S. 380). Am Anmeldeverfahren wird teilweise kritisiert, daß die wesentliche Gleichwertigkeit nicht stets zweifelsfrei festzustellen ist, der Hersteller selbst über die Wahl zwischen Anmeldung und dem beschwerlicherem Zulassungsverfahren entscheidet sowie die Verordnung keine eigentlichen Verfahrensregeln für die Überprüfung der Anmeldung enthält (SRU 1998b, S. 504 f.).

Neben der Zulassung steht die *Kennzeichnung* neuartiger, insbesondere gentechnisch veränderter Lebensmittel, im Zentrum der Verordnung wie der öffentlichen Diskussion. Über den Gesundheitsschutz hinaus soll die Kennzeichnung den Verbraucher vor Täuschung schützen und Transparenz gewährleisten. Ausnahmslos sind alle Produkte, die GVOs enthalten, mit einem entsprechenden Hinweis zu versehen. Außerdem ist eine Kennzeichnung immer dann vorzunehmen, wenn sich das neuartige Lebensmittel in einem oder mehreren Merkmalen "nachweisbar" von einem vergleichbaren konventionellen Lebensmittel unterscheidet (Schauzu 1997, S. 246; Schroeter 1997, S. 383 f.). Da die

wissenschaftliche Beurteilung der Gleichwertigkeit unterschiedlich ausfallen kann, wird eine erhebliche Rechtsunsicherheit erwartet bei der Frage, ob überhaupt eine Kennzeichnung vorgenommen werden muß (Schroeter 1997, S. 385). Weiterhin ist unklar, bis zu welcher Verarbeitungsstufe und bis zu welchem Anteil eines gentechnisch veränderten Stoffes im Endprodukt eine Kennzeichnungspflicht besteht (SRU 1998b, S. 507). Schließlich kann eine Kennzeichnung beim Verbraucher nur insoweit Vertrauen schaffen, wie auch ein Nachweis möglich ist, was nicht bei allen gentechnischen Veränderungen der Fall ist (vgl. SRU 1998b, S. 508 f.).

Bei der Kennzeichnung sind anzugeben die veränderten Merkmale bzw. Eigenschaften, das Verfahren sowie die Stoffe, die die Gesundheit oder ethische Vorbehalte bestimmter Bevölkerungsgruppen betreffen. Aber die *genaue Art der Kennzeichnung* ist in der Novel-Food-Verordnung nicht festgelegt. Ohne gemeinschaftsrechtliche Durchführungsvorschriften, die die Form der Kennzeichnung auf den Lebensmitteletiketten konkretisieren und die noch ausstehen, wird die Kennzeichnungspflicht praktisch nicht vollziehbar sein (Schroeter 1997, S. 387 f.). Zur Ausgestaltung der Kennzeichnung bestehen unterschiedliche, strittige Vorstellungen.

Die *Auswirkungen der Kennzeichnung* auf das Verbraucherverhalten, und damit auf die Absatzchancen transgener Produkte für die Ernährungsindustrie bzw. Ernährung sind mit großen Ungewißheiten behaftet. Möglicherweise wird die Kennzeichnung die schon bestehenden Akzeptanzprobleme bei gentechnisch veränderten Lebensmitteln noch verstärken, weil der Hinweis auf das Vorhandensein transgener Bestandteile bzw. Spuren von den Verbrauchern als zu vermeidendes Restrisiko interpretiert wird. Es ist aber auch denkbar, daß eine umfassende Verbraucherinformation letztlich die Akzeptanz gentechnisch veränderter Lebensmittel fördert (vgl. SRU 1998a, S. 58).

5.4 Recht zur biologischen Vielfalt

Die internationalen Übereinkommen zur biologischen Vielfalt und zu den pflanzengenetischen Ressourcen sowie die daraus folgenden europäischen und nationalen Berichterstattungen und Programmentwicklungen werden im Kap. VI behandelt. Im folgenden werden Regelungsansätze auf EU-Ebene zu den genetischen Ressourcen vorgestellt. In der Bundesrepublik Deutschland besteht keine gemeinsame Rechtsgrundlage für alle Aspekte der Erhaltung und Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen (BML 1996a, S. 90). Die deutsche Rechtsordnung sieht grundlegend eine private Güter- und Übertragungsordnung für

genetische Ressourcen vor, die von öffentlich-rechtlichen Vorgaben überlagert ist (Wolfrum/Stoll 1996, S. 58). Bei der Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen sind Sorten- und Patentrecht von großer Bedeutung (Kap. 5.1 und 5.2). Für die Erhaltung pflanzengenetischer Ressourcen und biologischer Vielfalt spielt das Bundesnaturschutzgesetz eine zentrale Rolle. Zahlreiche weitere gesetzliche Regelungen berühren Erhalt und Nutzung der biologischen Vielfalt. Vom Bundesamt für Naturschutz ist eine umfangreiche Analyse der Rechtssituation und des Handlungsbedarfs vorgelegt worden (BfN 1997, S. 125 ff.).

EU-Richtlinie über genetische Ressourcen

Die *Verordnung über die Erhaltung, Beschreibung, Sammlung und Nutzung der genetischen Ressourcen in der Landwirtschaft* (Verordnung (EG) Nr. 1467/94 vom 20. Juni 1994) hat das Ziel, im Hinblick auf die Verwirklichung der Ziele der gemeinsamen Agrarpolitik die Anstrengungen der Mitgliedsstaaten auf diesem Gebiet zu koordinieren und zu fördern. Die biologische und genetische Vielfalt in der Landwirtschaft der EU wird als ein unersetzliches Erbe bezeichnet, das es zu bewahren gilt. Die bisher auf diesem Gebiet durchgeführten Arbeiten werden von der Gemeinschaft als unzureichend betrachtet. Mit der Verordnung werden alle pflanzen- und tiergenetischen Ressourcen der Land- und Forstwirtschaft erfaßt (Albrecht et al. 1997, S. 84).

Die Verordnung 1467/94 sieht folgende *Aktivitäten* (Aktionsprogramm) vor (EU-Kommission 1997, S. 5):

- Erstellung eines laufenden Verzeichnisses der genetischen Ressourcen der Landwirtschaft in der Gemeinschaft
- konzertierte Aktionen und Vorhaben auf Kostenteilungsbasis zur Erhaltung, Beschreibung, Sammlung und Nutzung dieser genetischen Ressourcen
- flankierende Maßnahmen und Koordinierung auf Gemeinschaftsebene

Bei den *konzertierten Aktionen und Vorhaben* sind nach der ersten Aufforderung (23.12.1994) 72 Vorhaben eingereicht worden, von denen nach ihrer technischen und wissenschaftlichen Begutachtung durch unabhängige Sachverständige die Dienststellen der Kommission 9 Vorhaben ausgewählt haben. Die zweite Aufforderung (19.4.1996) erbrachte 28 Vorschläge, von denen 5 Vorhaben bewilligt wurden (EU-Kommission 1997, S. 8 f.). Der Schwerpunkt liegt auf Arten, die für die Landwirtschaft, den Gartenbau und die Forstwirtschaft der Gemeinschaft von wirtschaftlicher Bedeutung sind oder sein können (Albrecht et al. 1997, S. 84). Dabei wird solchen Vorhaben der Vorzug gegeben, bei denen es um die Nutzung der genetischen Ressourcen zu folgenden Zwecken geht:

- Diversifizierung der landwirtschaftlichen Erzeugnisse
- Verbesserung der Qualität der Erzeugnisse
- besserer Schutz der Umwelt

Als *flankierende Maßnahmen* sind die Einrichtung spezialisierter Fachgruppen, die Veranstaltung von Seminaren, Fachkonferenzen und Workshops, Maßnahmen zur Ausbildung und zur Mobilität von Fachkräften sowie die Förderung der Nutzung der Ergebnisse vorgesehen (EU-Kommission 1997, S. 10 ff.).

Das erste gemeinschaftliche Aktionsprogramm in Rahmen der Verordnung ist bei einer Laufzeit von 5 Jahren mit einem *Finanzrahmen* von 20 Mio. ECU ausgestattet. 10 % der Mittel sind für das laufende Verzeichnis, 88 % für Erhaltung, Beschreibung, Sammlung und Nutzung von genetischen Ressourcen (davon 66 % auf pflanzen genetische Ressourcen und 22 % auf tiergenetische Ressourcen) und 2 % auf die Programmbewertung vorgesehen. Mit den bewilligten Vorhaben sind Mittel im Umfang von 6 Mio. ECU gebunden (Albrecht et al. 1997, S. 85; EU-Kommission 1997, S. 15 f.).

Im *Mid-Term-Report* der EU-Kommission und von Mitgliedsstaaten wird vor allem eine stärkere Berücksichtigung tiergenetischer Ressourcen, ein Ausbau der flankierenden Maßnahmen, eine stärkere Beteiligung von Nichtregierungsorganisationen sowie eine höhere Mittelausstattung gefordert (Albrecht et al. 1997, S. 85; EU-Kommission 1997, S. 17 f.).

EU-Verordnungen mit Bezug zu genetischen Ressourcen

Mit der Verordnung (EWG) Nr. 2078/92 für *umweltgerechte und den natürlichen Lebensraum schützende landwirtschaftliche Produktionsverfahren* wurde die Möglichkeit geschaffen, daß Landwirte, die Tiere vom Aussterben bedrohter Rassen züchten oder an die lokalen Bedingungen angepaßte und von der genetischen Erosion bedrohte Nutzpflanzen anbauen und vermehren, eine jährliche Prämie erhalten. Die Verordnung gehört zu den flankierenden Maßnahmen der Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik 1992. Die Förderung bedrohter Nutzpflanzensorten im Rahmen dieser Verordnung ist von den zuständigen Bundesländern bisher durchweg nicht aufgegriffen worden. Ursachen sind vor allem das Fehlen von Kriterien, welche Sorten als förderwürdig einzustufen sind, sowie der erhebliche Aufwand zur Entwicklung der Kriterien und zur Beantragung der Kofinanzierung der EU (vgl. Plän 1997, S. 86).

Die Verordnung (EWG) Nr. 2081/92 *zum Schutz von geographischen Angaben und Ursprungsbezeichnungen für Agrarerzeugnisse und Lebensmittel* sowie

die Verordnung (EWG) Nr. 2082/92 über Bescheinigungen besonderer Merkmale von Agrarerzeugnissen und Lebensmitteln sollen die Vermarktung von Lebensmitteln mit identifizierten Merkmalen und einem bestimmten geographischen Ursprung unterstützen. Hiervon können auch Lebensmittel, die aus einer örtlichen Rasse oder Pflanzensorte gewonnen werden, profitieren (EU-Kommission 1997, S. 15).

Bundesnaturschutzgesetz

Das *Bundesnaturschutzgesetz* (BNatSchG) ist die entscheidende rechtliche Grundlage zur Erhaltung der biologischen Vielfalt in Deutschland. Seine *Zielsetzung* ist (§ 1), Natur und Landschaft im besiedelten und unbesiedelten Bereich so zu schützen, zu pflegen und zu entwickeln, daß die Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes, die Nutzungsfähigkeit der Naturgüter, die Pflanzen- und Tierwelt sowie die Vielfalt, Eigenart und Schönheit von Natur und Landschaft als Lebensgrundlage des Menschen und als Voraussetzung für seine Erholung in Natur und Landschaft nachhaltig gesichert sind (BfN 1997, S. 125 f.).

Es handelt sich um ein Rahmengesetz, das durch die Naturschutzgesetze der Länder ausgefüllt und konkretisiert wird (BML 1996a, S. 91). Die Bundesregierung hat 1996 einen Entwurf zur *Novellierung* des Bundesnaturschutzgesetzes vorgelegt (Bundesregierung 1996), die Novelle wurde 1997 vom Bundestag verabschiedet (Umweltausschuß 1997) und befindet sich derzeit (März 1998) im Vermittlungsverfahren.

Von besonderer Relevanz für die biologische Vielfalt sind sowohl die Regelungen zum Artenschutz als auch zum gebietsbezogenen Naturschutz. Der fünfte Abschnitt des Bundesnaturschutzgesetzes enthält die Regelungen zum *Artenschutz*. Hierzu gehören zum einen die Bestimmungen zum Schutz und zur Entwicklung der Biotope wildlebender Tier- und Pflanzenarten sowie zur Wiederansiedlung verdrängter wildlebender Arten (§ 20c). Zum andern handelt es sich um unmittelbar geltende Vorschriften zum Schutz wildlebender Tiere und Pflanzen vor menschlichem Zugriff. In Verbindung mit der Bundesartenschutzverordnung sind dort (§§ 20-23) etwa Verbote der Störung, der Entnahme und des Besitzes von bzw. des Handels mit besonders geschützten oder vom Aussterben bedrohten Tier- und Pflanzenarten festgeschrieben (BML 1996a, S. 92). Bei den geschützten Arten sind Entnahme aus der Natur und Beschädigungen grundsätzlich verboten, bei den vom Aussterben bedrohten Arten zusätzlich die Störung und Beeinträchtigung (Wolfrum/Stoll 1996, S. 55).

In der unmittelbar geltenden Verordnung (EWG) Nr. 3626/82 sind vor allem *Handelsbeschränkungen* enthalten. Diese Verordnung dient der Umsetzung und einheitlichen Anwendung des Übereinkommens über den Internationalen Handel mit gefährdeten Arten freilebender Tiere und Pflanzen (Washingtoner Artenschutzabkommen, CITES). Die Bundesartenschutzverordnung weitet die Zahl der geschützten Arten gegenüber dem CITES-Abkommen und der EG-Verordnung aus, entsprechend ihrer Gefährdung sind rund 40.000 Pflanzenarten in den Anhängen zu diesen Regelungen zu finden.

Der *gebietsbezogene Naturschutz* mit seinen verschiedenen *Flächenschutzkategorien* ist im vierten Abschnitt des Bundesnaturschutzgesetzes geregelt. Es werden folgende Kategorien unterschieden (BML 1996a, S. 91):

- *Nationalparke* sind Großschutzgebiete, die nicht oder wenig anthropogen beeinflusst sein sollen und weitgehend nicht genutzt werden (§ 14).
- *Naturschutzgebiete* dienen vornehmlich der Erhaltung möglichst artenreicher Tier- und Pflanzengemeinschaften (§ 13).
- *Landschaftsschutzgebiete* sind schwächer geschützte Gebiete, meistens Kulturlandschaften (§ 15).
- *Naturparke* sind größere Gebiete, in denen Erholung und Naturschutz gleichermaßen Vorrang haben (oftmals unterteilt in Erschließungs- und Ruhezonen) (§ 16).
- Schließlich gibt es noch die Kategorien Naturdenkmal (§ 17) und geschützte Landschaftsbestandteile (§ 18).

Die Schutzkategorie *Biosphärenreservat* ist bisher im Bundesnaturschutzgesetz nicht vorgesehen. Ebenso steht die deutsche Umsetzung der EU-Richtlinie zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen - *Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie* (Richtlinie Nr. 92/43/EWG) - noch aus.

Ziel der *Eingriffsregelung* des Bundesnaturschutzgesetzes (§ 8) ist es, die Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes und damit auch die biologische Vielfalt bei der Planung und Durchführung von Vorhaben nach Möglichkeit in ihrem gegenwärtigen oder einem zumindest gleichwertigen Zustand zu erhalten. Mit dieser Regelung sollen die Schutzziele insbesondere auch außerhalb von Schutzgebieten gewährleistet werden. Vermeidbare Eingriffe sind zu unterlassen. Ansonsten müssen Eingriffe vom Verursacher vor Ort oder an anderer Stelle ausgeglichen werden. Falls Beeinträchtigungen nicht vermeidbar und nicht ausgleichbar sind, die Belange des Vorhabens aber vorrangig sind, müssen vom Verursacher Ersatzmaßnahmen ergriffen oder der Eingriff auch durch Ausgleichs- bzw. Ersatzzahlungen kompensiert werden. Eine ordnungsgemäße

land- und forstwirtschaftliche Bodennutzung wird nicht als Eingriff angesehen (BfN 1997, S. 153; BML 1996a, S. 91).

Weitere gesetzliche Regelungen mit Bezug zu Erhalt und Nutzung der biologischen Vielfalt

Die Ansprüche, die die Erhaltung der biologischen Vielfalt an die Flächenbeschaffenheit und Raumstruktur stellt, müssen abgeglichen werden mit den wirtschaftlichen und sozialen Ansprüchen an den Raum. Die gesetzlichen Grundlagen für die Abstimmungsprozesse bei der *Raumnutzung* bilden auf der Ebene des Bundes, der Länder und der Regionen das Raumordnungsgesetz (ROG) und die Landesplanungsgesetze der Länder, auf der Ebene der Städte und Gemeinden das Baugesetzbuch (BauGB) und die Landesbaugesetze (BfN 1997, S. 133).

Das Bundeswaldgesetz und die Waldgesetze der Länder beinhalten die zentralen Regelungen für den *forstwirtschaftlichen Bereich*. Ziel des Bundeswaldgesetzes ist es, den Wald wegen seines wirtschaftlichen Nutzens und seiner Bedeutung für die Umwelt zu schützen (BML 1996a, S. 92).

Die *medienbezogenen Umweltgesetze* mit ihrem Ziel der Verminderung stofflicher Belastungen sind für den Schutz der biologischen Vielfalt ebenfalls von großer Bedeutung. Hierzu gehören das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG), das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) und das Abwasserabgabengesetz (AbwAG), das Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) sowie das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (BfN 1997, S. 146). Die *stoffbezogenen gesetzlichen Regelungen* - wie Chemikaliengesetz (ChemG), Benzinbleigesetz (BzBlG), Düngemittelgesetz, Pflanzenschutzgesetz (PflSchG) - können sich indirekt ebenfalls auf die Erhaltung der Biodiversität auswirken.

Insgesamt sind die rechtlichen Regelungen zur Erhaltung und Nutzung der biologischen Vielfalt (und der pflanzengenetischen Ressourcen) sehr komplex, und es besteht keine gemeinsame Rechtsgrundlage (BML 1996a, S. 90). Die einzelnen Umweltbereiche haben einen unterschiedlich starken Bezug zur biologischen Vielfalt und weisen eine unterschiedliche Regelungsdichte auf. Die Europäische Union nimmt in den verschiedenen Bereichen zunehmend Harmonisierungen durch Richtlinien, die in nationales Recht umgesetzt werden müssen, und durch direkt wirksame Verordnung vor (vgl. Gündermann 1997). Zusätzlich sind aufgrund der föderalen Ordnung die Kompetenzen in Deutschland nicht in einer Hand. In vielen Fällen kann der Bund nur Rahmengesetze erlassen, die durch Landesvorschriften ausgefüllt werden.

6. Politische und ökonomische Rahmenbedingungen

Neben den rechtlichen Vorgaben bestimmen politische und ökonomische Rahmenbedingungen entscheidend die Entwicklung der Landwirtschaft insgesamt wie auch der Pflanzenzüchtung. Die *Rahmenbedingungen für den Absatz der erzeugten Produkte wie für die Ausgestaltung der landwirtschaftlichen Produktionssysteme* beeinflussen dabei die Auswirkungen der Landwirtschaft auf die biologische Vielfalt. Im folgenden können nur einige wichtige Aspekte angesprochen werden.

Die *Märkte innerhalb der Europäischen Gemeinschaft für die wichtigsten landwirtschaftlichen Kulturarten* (Getreide, Mais, Raps, Zuckerrüben, Kartoffeln) sind aufgrund historischer agrarpolitischer Zusammenhänge sehr unterschiedlich konzipiert. Zudem unterliegen sie den Auswirkungen der *Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik von 1992*. Allen gemeinsam ist ein hoher Außenschutz gegenüber Importen aus Nicht-EU-Ländern, sofern nicht durch besondere Abkommen (z.B. Lomé-Abkommen) der Import bestimmter Güter (z.B. Rohrzucker) in begrenztem Umfang begünstigt wird. Bei vielen pflanzlichen Produkten ist zudem innerhalb der EU bzw. Deutschlands die Erzeugung größer als die Nachfrage, d.h., der Selbstversorgungsgrad ist größer als 100 % (Albrecht et al. 1997, S. 35 f.).

Der Markt für *Getreide* ist seit der EG-Agrarreform von 1992 durch die Absenkung der garantierten Mindestpreise auf Weltmarktniveau, eine Einschränkung bei der Intervention, die Gewährung flächenbezogener Ausgleichszahlungen und die konjunkturelle Stilllegung von Teilflächen gekennzeichnet. Je nach (Welt-)Marktlage müssen die Landwirte einen bestimmten Prozentsatz ihrer Getreideflächen brachfallen lassen. Dieser Prozentsatz betrug im Wirtschaftsjahr 1992/93 15 % und sank für das Wirtschaftsjahr 1996/97 auf 5 %. Bei den mit Mais bestellten Flächen kann sich der Landwirt entscheiden, ob er sie mit in dieses Programm einbringt oder nicht. Auf den stillgelegten Flächen ist der Anbau von nachwachsenden Rohstoffen unter bestimmten Bedingungen möglich (Albrecht et al. 1997, S. 36).

Innerhalb des Agrarmarkt- und -preissystems der EU kommt dem Getreidemarkt die zentrale Rolle für die Landwirtschaft zu. Dies liegt darin begründet, daß die Getreidepreise die Rentabilität sowohl von getreideproduzierenden Betrieben (z.B. Marktfruchtbetrieben) als auch von getreidenachfragenden Betrieben (v.a. Veredelungsbetrieben) stark beeinflusst (Albrecht et al. 1997, S. 36).

Der Markt für *Ölsaaten* (Raps, Rübsen, Sonnenblumen) ist hinsichtlich der Binnenmarktregelung ähnlich ausgestaltet wie der Getreidemarkt. Er unterliegt aber zudem noch den Bestimmungen des sog. Blair-House-Abkommens zwischen der EU und den USA, in dem für den Anbau von Ölsaaten die Anbaufläche in der EU begrenzt wurde. Nach dem Beitritt Österreichs, Finnlands und Schwedens beträgt sie 5.482 Mio. ha. Zur Ernte 1996 galt in Deutschland eine nationale, für den sanktionsfreien Ölsaatenanbau zugelassene Garantiefäche von 836 Tsd. ha, die auf die einzelnen Bundesländer aufgeteilt wurde. Eine Überschreitung dieser Fläche im Anbau hat für die Landwirte Einbußen bei den Ausgleichszahlungen zur Folge, die für die einzelbetriebliche Rentabilität des Rapsanbaus von höchster Bedeutung sind (Albrecht et al. 1997, S. 37).

Der Markt für *Zuckerrüben* ist durch ein Quotensystem geregelt. Die zuckerrübenverarbeitenden Betriebe vergeben Lieferrechte über bestimmte Mengen an Zucker an die Anbauer ("Kontingente"). Durch diese Kontingente, die sich am voraussichtlichen Verbrauch innerhalb der EU orientieren, wird eine Preisspaltung auf Erzeugerebene erreicht, da für unterschiedliche Teilmengen der Kontingente (A- und B-Quoten) unterschiedlich hohe Preise gezahlt werden. Für die A-Quote wird dabei ein höherer Preis gezahlt als für die B-Quote, für darüber hinausgehende Mengen (die sog. C-Rüben) orientiert sich der Auszahlungspreis am Weltmarkt. Ebenfalls in die Zuckermarktordnung eingebunden sind Isoglukose und Inulinsirup (Albrecht et al. 1997, S. 37).

Für *Kartoffeln* existieren je nach Verwendungsart unterschiedlich strukturierte Märkte. Während der Speisekartoffelmarkt als Musterbeispiel für eine freie Preisbildung gilt, ist der Anbau von Kartoffeln zur Erzeugung von Stärke reglementiert. Im Zuge der Agrarreform der EU erfolgte auch bei Stärkekartoffeln eine Umstellung der Stützung von den administrierten Preisen auf direkt einkommenswirksame Ausgleichszahlungen. Mit Beginn des Wirtschaftsjahres 1995/96 wurde zusätzlich eine Kontingentierungsregelung für die Kartoffelstärkeerzeugung eingeführt. Die Kontingente wurden an Stärkefabriken vergeben, die wiederum Anbauverträge mit den Landwirten abschließen (Albrecht et al. 1997, S. 37).

Neben den preis- und marktpolitischen Vorgaben der Agrarpolitik beeinflussen die Absatzchancen für landwirtschaftliche Produkte die Nachfrage nach Saatgut und Sorten. Neben den Vorgaben für die Sortenzulassung (Kap. II.5.1) leitet sich die Nachfrage des Landwirts nach bestimmten Sorten u.a. aus den Ansprüchen ab, die aus den unterschiedlichen Verwendungsrichtungen (Nahrungsmittel, Futtermittel, nachwachsende Rohstoffe) resultieren. Verschiebungen bei den Anteilen je nach Verwendungsrichtung sind dabei ebenso möglich

wie Veränderungen der Anforderungen über längere Zeiträume hinweg. Die *Nachfrage nach pflanzlichen Produkten auf der Verbraucherebene* hängt von den Faktoren Einkommen, Preise und persönliche Präferenzen ab. In der Vergangenheit sank mit steigenden Einkommen die Nachfrage nach pflanzlichen Erzeugnissen, und die Nachfrage nach tierischen Erzeugnissen stieg an. Dadurch kam es zu einer Verlagerung in der landwirtschaftlichen Produktion von pflanzlichen Nahrungs- zu pflanzlichen Futtermitteln (Albrecht et al. 1997, S. 32). Der Fleischverbrauch ist allerdings seit den 80er Jahren wieder rückläufig.

Aber auch *innerhalb der pflanzlichen Nahrungsmittel* kann es zu *Nachfrageverschiebungen* kommen. Beispiele dafür sind der Rückgang der Nachfrage nach Brotroggen und der Verbrauchsanstieg bei Brotweizen bei steigendem Einkommen sowie die Änderung der Verzehrgeohnheiten bei Kartoffeln (weniger Speisekartoffeln, mehr Kartoffelveredelungserzeugnisse wie Pommes frites, Chips, Kloßmehl, Püreeflocken und -pulver). Während die Substitution von Brotroggen durch -weizen eine Veränderung der Fruchtfolgen nach sich zieht, verlagerte sich im Kartoffelanbau die Nachfrage durch veränderte Ernährungsgewohnheiten von Speisesorten auf Stärkesorten (Albrecht et al. 1997, S. 33).

Die *Kosten für die Entwicklung und Zulassung einer Sorte* können die Pflanzenzüchter allein über den Verkauf ihres Saatgutes erwirtschaften. Bei gegebenem Saatgutpreis lohnt sich die Züchtung einer Sorte für einen privaten Züchter erst dann, wenn eine bestimmte Menge von dieser Sorte verkauft wird. Steigende Kosten für Züchtung und Zulassung führen dazu, daß einzelne Sorten einen immer größer werdenden *Anteil an der Anbaufläche einer Kulturart* einnehmen müssen, um die entstandenen Kosten zu decken. Steigende Kosten können durch die Anwendung neuer, kostenintensiver Techniken, z.B. Gentechnik, entstehen, aber auch durch die Folgen einer Veränderung des rechtlichen Rahmens (z.B. Patent- oder Haftungsrecht). Durch technische Fortschritte (z.B. durch Biotechnologien), die innerhalb der Pflanzenzüchtung realisiert werden, ist aber auch eine Verringerung der Kosten der Züchtung und damit wiederum eine Verringerung der Mindestverkaufsmenge möglich (Albrecht et al. 1997, S. 33 f.).

Die neu eingeführte *Nachbaugebühr* (Kap. II.5.1) kann dazu führen, daß sich die Erlöse der Pflanzenzüchter erhöhen und dadurch die Mindestabsatzmenge pro Sorte sich vermindert. Gleiches gilt für den in den USA erhobenen "*Technologieaufschlag*" (technology fee) für gentechnisch verändertes Saatgut. Hier wird zusätzlich zu dem Preis für das Saatgut eine Gebühr für die Eigenschaft erhoben, die durch die gentechnische Veränderung erzeugt wurde. Dadurch kommt es ebenfalls zu einer Erhöhung der Erlöse. Allerdings bleibt ab-

zuwarten, in welchem Zeitraum diese Zusatzabgabe (Pionierrente) durch hinzukommende Konkurrenten am Markt erodiert (Albrecht et al. 1997, S. 34 f.).

Neben einem geänderten Konsumentenverhalten (z.B. steigendes Qualitäts- und Umweltbewußtsein) ist die Pflanzenzüchtung auch damit konfrontiert, daß die Zuchtziele - und entsprechende, aufwendige Zuchtprogramme - den sich verändernden agrarpolitischen Rahmenbedingungen (z.B. GATT, WTO oder EG-Agrarreform) angepaßt werden müssen. Die *Saatgutvermehrungsfläche* war in Deutschland in den letzten Jahren stetig rückläufig: Während 1991 noch auf ca. 305.000 ha Saat- und Pflanzgut erzeugt wurde, sind es 1996 nur noch ca. 203.000 ha gewesen. Pflanzenzüchtung und Saatgutwirtschaft haben damit auch auf die veränderten Markterfordernisse (z.B. Flächenstillegung) reagiert (Friedt et al. 1997, S. 89). Der Rückgang beim Saat- und Pflanzgutverbrauch (vor allem bei Getreide und Kartoffeln) führt dazu, daß durch die neue Nachbauregelung erst einmal nur die Erlösminderung der Pflanzenzüchter kompensiert wird.

Die deutsche Landwirtschaft ist von einer *Vielzahl von Produktionssystemen* gekennzeichnet, die sich teilweise nur sehr wenig, teilweise aber auch gravierend unterscheiden. Ihre Ausprägung ist abhängig davon, welche *Marktbedingungen* herrschen, welche *natürlichen Bedingungen* vorhanden sind und welche *persönlichen Präferenzen ein Landwirt* hat (Albrecht et al. 1997, S. 15). Zwischen den nachfolgend skizzierten landwirtschaftlichen Produktionssystemen gibt es fließende Übergänge.

Das Spektrum beginnt bei einer nahezu *industriellen Produktionsweise*, wie sie beispielsweise bei bodenunabhängiger Tierproduktion oder bei Pflanzenbau unter Glas in Nährlösung gegeben ist. In den *konventionellen Anbausystemen* sind die künstlichen Elemente (z.B. der Einsatz von industriellen Vorleistungen wie Dünge- und Pflanzenschutzmitteln) noch relativ stark ausgeprägt (Albrecht et al. 1997, S. 16). Sinkende Erzeugerpreise (s.o.), rationellerer Einsatz von Betriebsmitteln (z.B. gezieltere Düngeempfehlungen und Berücksichtigung des Stickstoffgehaltes im Boden) und technische Weiterentwicklungen (z.B. Pflanzenschutzmittel mit deutlich geringeren Aufwandsmengen) haben in den letzten Jahren auch in der konventionellen Landwirtschaft tendenziell zu einer extensiveren Produktion geführt.

Mit dem in den 80er Jahren ausgearbeiteten Konzept des *integrierten Pflanzenbaus* wird eine optimale Lösung des Konfliktes zwischen Ökologie und Ökonomie angestrebt. Die Ausnutzung der standortlichen Gegebenheiten und die Einbeziehung einer Vielfalt an möglichen Maßnahmen sollen die negativen Effekte der Landbewirtschaftung minimieren. Besonders die Einführung von Schadschwellen bei der Bekämpfung von Unkräutern, Krankheiten und Schäd-

lingen beabsichtigt eine Reduzierung des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln auf ökonomisch sinnvolle Maßnahmen. Eine Schwäche dieser Vorgehensweise ist, daß trotz einzelbetrieblich sinnvoller Maßnahmen weiterhin negative externe Effekte auftreten können. Die Integration dieser externen Effekte in das Entscheidungskalkül von Bauern und Bäuerinnen ist aufgrund von Marktversagen nur durch politische Vorgaben möglich (Albrecht et al. 1997, S. 16).

Der *ökologische Landbau* unterscheidet sich grundlegend vom konventionellen und integrierten Landbau dadurch, daß er auf den Einsatz synthetisch hergestellter Dünge- und Pflanzenschutzmittel verzichtet. Weitere Besonderheiten sind eine vielgestaltige Fruchtfolge mit hohem Anteil von Leguminosen und Ackerfutter, hingegen weniger Getreide und Zuckerrüben, ein geringer Viehbesatz, die Verwendung betriebseigener organischer Dünger und Leguminosen als Stickstoffdünger sowie nur sehr geringer Zukauf von Futtermittel, da innerbetrieblich ein weitgehend geschlossener Nährstoffkreislauf erreicht werden soll. Der biologisch-dynamische Landbau (als eine Richtung des ökologischen Landbaues) bezieht schließlich sogar die Beobachtung kosmischer Konstellationen in seine Anbauplanung mit ein (Albrecht et al. 1997, S. 16 f.). Auch aufgrund der Verbrauchernachfrage stellt der ökologische Landbau nach wie vor eine Produktionsnische dar.

Seit 1993 werden in Deutschland besonders umweltfreundliche und den natürlichen Lebensraum schützende landwirtschaftliche Produktionsverfahren im Rahmen von mittlerweile 25 *Agrarumweltprogrammen* des Bundes und der Länder auf der Grundlage der Verordnung (EWG) 2078/92 gefördert. Im Jahr 1997 haben die landwirtschaftlichen Betriebe aus diesen Programmen 883 Mio. DM erhalten. Insgesamt wurden 1996 für rund 5,2 Mio. ha oder rund 30 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche Fördermittel in Anspruch genommen. Schwerpunkte lagen bei Maßnahmen der umweltgerechten Grünlandnutzung (knapp 1,4 Mio. ha oder 23 % des Dauergrünlandes), des umweltgerechten Ackerbaues (rund 0,9 Mio. ha oder 7,3 % der Ackerfläche) und zu den ökologischen Anbauverfahren (rund 160.000 ha) (BML 1998, S. 103 ff.).

Innerhalb der landwirtschaftlichen Produktionssysteme sind insbesondere die Ausgestaltung der Fruchtfolgen und der Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmittel entscheidend für die Auswirkungen auf die biologische Vielfalt. Der Betriebsmitteleinsatz entscheidet gleichzeitig darüber, in welchem Umfang das durch die Pflanzenzüchtung erreichte Ertragspotential ausgenutzt wird. Die genannten agrarpolitischen Rahmenbedingungen, Faktor- und Produktpreis-Relationen sowie Nachfrageentwicklungen sind hier prägende Einflußgrößen.

III. Stand und Entwicklung der Pflanzenzüchtung

Aufgabe der Pflanzenzüchtung ist es, Sorten zu schaffen, die unter den jeweils gegebenen Umwelt- und Anbaubedingungen hohe und stabile Erträge mit der jeweils geforderten Qualität des Ernteproduktes liefern. In methodischer Hinsicht ist Pflanzenzüchtung angewandte Genetik. Die grundlegende Entdeckung, welche eine systematische Pflanzenzüchtung zum Erreichen der genannten Ziele erst ermöglichte, ist die Aufklärung der Gesetzmäßigkeiten der Vererbung durch den Brünner Mönch Gregor Mendel Mitte des 19. Jahrhunderts bzw. deren Wiederentdeckung durch Correns, de Vries und von Tschermak zu Beginn des 20. Jahrhunderts. Die konsequente Umsetzung dieser genetischen Grundlagen in der praktischen Pflanzenzüchtung hat zu eindrucksvollen Erfolgen geführt, wie anhand der Steigerung der Winterweizenerträge in Deutschland von ca. 18 dt/ha im Jahre 1890 auf nahezu 73 dt/ha im Jahre 1996 deutlich wird (Friedt et al. 1997, S. 9).

Diese Ertragssteigerung ist selbstverständlich nicht ausschließlich auf unmittelbare pflanzenzüchterische Aktivitäten zurückzuführen, sondern auch auf eine Verbesserung der pflanzenbaulichen Maßnahmen. Vielfach ermöglichte jedoch erst die Züchtung angepaßter Genotypen - wie z.B. die Entwicklung kurzstrohiger, standfester Getreidesorten, welche eine intensivere Düngung vertragen - neue Entwicklungen in der Pflanzenproduktion (Friedt et al. 1997, S. 9). Da starke Wechselwirkungen zwischen Sortenwahl, Bodenbearbeitungs- und Anbautechniken, Nährstoffversorgung und Pflanzenschutzmaßnahmen bestehen, ist eine Bestimmung des Beitrages der Züchtung zur Erhöhung der Erträge allerdings nur näherungsweise möglich. Unter dieser Einschränkung wird der Beitrag der Züchtung zur Steigerung der Erträge auf bis zu 50 % geschätzt (Albrecht et al. 1997, S. 4).

Im folgenden werden diejenigen Aspekte der Pflanzenzüchtung diskutiert, die Grundlagen für die Abschätzung der Wirkungen neuer Sorten auf die biologische Vielfalt sind. Zunächst erfolgt eine kurze Skizzierung der öffentlichen und privaten Forschung im Bereich der Pflanzenzüchtung (Kap. 1). Dann werden die wichtigsten Zuchtziele konventioneller und gentechnisch unterstützter Pflanzenzüchtung vorgestellt (Kap. 2). Im nächsten Kapitel wird die Bedeutung genetischer Ressourcen für die Pflanzenzüchtung behandelt. Es wird analysiert, welche Rolle pflanzen genetische Ressourcen für die angestrebten Zuchtziele spielen (Kap. 3). Darauf aufbauend werden die Kulturarten und Merkmale be-

schrieben, für die in den nächsten Jahren neue Sorten mit signifikanten Veränderungen zu erwarten sind (Kap. 4). Da Entwicklung und Angebot neuer Sorten nicht automatisch entsprechende Veränderungen in der landwirtschaftlichen Praxis bedeuten, wird als nächster Schritt analysiert, von welchen Faktoren der Anbau neuer Sorten in der Landwirtschaft abhängt (Kap. 5). Abschließend werden Strukturveränderungen der Pflanzenzüchtung bzw. Saatgutbranche untersucht (Kap. 6).

1. Forschung im Bereich Pflanzenzüchtung

Im folgenden wird ein Überblick über die biotechnologische Forschung und die Züchtungsforschung in Deutschland gegeben. Die öffentlichen Forschungsanstrengungen in diesen Bereichen schaffen wichtige Grundlagen für die Pflanzenzüchtung und ergänzen die Forschungsanstrengungen der privaten Züchtungsunternehmen.

Biotechnologische Forschung

Vom Statistischen Bundesamt wurden im Rahmen eines Forschungsprojektes erst- und einmalig für 1992 die *Ausgaben für biotechnologische Forschung und Entwicklung* (FuE) in der Bundesrepublik Deutschland ermittelt. Danach wurden im Jahr 1992 in Deutschland 2,72 Mrd. DM für FuE im Bereich der Biotechnologie ausgegeben. Davon entfielen 1,33 Mrd. DM auf gentechnische FuE und 1,39 Mrd. DM auf biotechnologische FuE ohne Gentechnik. Die Wirtschaft und der gesamte öffentliche Bereich waren etwa zu gleichen Hälften an den Gesamtausgaben beteiligt. Der Anteil der Ausgaben für gentechnische FuE an den jeweiligen Gesamtausgaben war im Unternehmenssektor mit 56 % am höchsten. Er belief sich im Hochschulsektor auf 53 % und bei den sonstigen öffentlichen Forschungseinrichtungen auf 34 % (Albrecht et al. 1997, S. 69). Bio- und Gentechnik werden auf Bundesebene insbesondere durch das BMBF gefördert (s.u.).

Die moderne Biotechnologie und die Gentechnik ist bisher zu einem erheblichen Teil in öffentlich finanzierten wissenschaftlichen Einrichtungen entwickelt worden. Bis heute leisten die öffentlichen Wissenschaftseinrichtungen, in Deutschland ebenso wie in anderen OECD-Staaten, einen wichtigen Beitrag zum biotechnischen Fortschritt (Albrecht et al. 1997, S. XV).

Grundlagenforschung in anderen Bereichen

Insbesondere in der Genetik, in Biochemie, Physiologie, Taxonomie und Ökologie werden für die Züchtungsforschung und Pflanzenzüchtung relevante, grundlegende Fragen bearbeitet. In der Grundlagenforschung sind pflanzen genetische Ressourcen wichtiges Material bei der Bearbeitung vieler Fragestellungen (BML 1996a, S. 58).

Züchtungsforschung

In der *Züchtungsforschung* werden Züchtungsmethoden entwickelt, züchtungsrelevantes Genbankmaterial und andere pflanzen genetische Ressourcen auf wertvolle Eigenschaften evaluiert (sekundäre Evaluierung) sowie züchterische Vorarbeiten an primitivem Pflanzenmaterial zur Erstellung von Ausgangsmaterial geleistet (pre-breeding). Die Züchtungsforschung hat damit eine Mittlerrolle zwischen der Grundlagenforschung, den PGR erhaltenden Institutionen und der praktischen Pflanzenzüchtung (BML 1996a, S. 58).

Die innovativen und biotechnisch orientierten Forschungen zur Pflanzenzüchtung in Deutschland verteilen sich v.a. auf Universitäten, Max-Planck- und Blaue-Liste-Institute sowie Institute der Ressortforschung. Für die letzteren ist das *Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten* (BML) der größte Förderer. Diese Förderung dient nicht primär der Erkenntnisgewinnung zugunsten Dritter, sondern ist aufgrund des Charakters der Ressortforschung auf die Aufgaben und den Entscheidungsbedarf des BML bezogen. Die Ausgaben für Pflanzenzüchtung innerhalb der Ressortforschung des BML betrugen 1993 etwa 50 Mio. DM (rund 10 % der Gesamtausgaben der Ressortforschung). Für die außeruniversitäre Züchtungsforschung wurden 1993 von Bund und Ländern über 130 Mio. DM aufgewendet (Albrecht et al. 1997, S. 71 f.).

Das *Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie* (BMBF) ist ebenfalls an der Förderung der Züchtungsforschung beteiligt. Mit dem Beitritt der neuen Länder sind das Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung in Gatersleben (IPK) und das Institut für Pflanzenbiochemie in Halle dem Geschäftsbereich des BMBF zugeordnet worden. Sie werden jeweils zur Hälfte vom BMBF und dem Sitzland finanziert. Im Rahmen des BMBF-Forschungs- und Entwicklungsprogrammes "Biotechnologie 2000" (insgesamt jährlich ca. 300 Mio. DM) wurden in den letzten Jahren jährlich ca. 40 Mio. DM für den Schwerpunkt "Pflanzenzüchtung, biologischer Pflanzenschutz" ausgegeben. Dazu kommen noch Fördermaßnahmen für Genzentren, die sich mit

pflanzenzüchterischer Grundlagenforschung beschäftigen, mit einem Fördervolumen zwischen 8 und 10 Mio. DM (Albrecht et al. 1997, S. 73 ff.). 1996 wurde vom BMBF der "BioRegio-Wettbewerb" durchgeführt, der aus Mitteln des Programmes "Biotechnologie 2000" finanziert wird. Die drei siegreichen Regionen werden für 5 Jahre mit je etwa 10 Mio. DM zusätzlich gefördert. Die BioRegio Rheinland (Köln-Düsseldorf-Aachen-Jülich) wurde auch wegen ihrer Stärke im Bereich Pflanzenzüchtung ausgewählt (Albrecht et al. 1997, S. 76).

Die privaten Pflanzenzüchtungsunternehmen fördern über die *Gesellschaft zur Förderung der privaten deutschen Pflanzenzüchtung* (GFP) ebenfalls kontinuierlich Projekte der Züchtungsforschung, wenn auch auf einem wesentlich niedrigeren Niveau gegenüber den öffentlichen Investitionen. Das Gesamtforschungsvolumen der GFP betrug 1997 6,16 Mio. DM, wozu die privaten Pflanzenzüchter etwa 3 Mio. DM beitrugen. Eine Unterstützung der GFP erfolgt durch die Bundesministerien für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (BML), Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF) und das Bundesministerium für Wirtschaft (BMWi) sowie die Deutsche Bundesstiftung Umwelt. Der Anteil der unterschiedlichen Ministerien an der Forschungsförderung hat sich etwas verschoben, die absolute Höhe ist aber trotz allgemein sinkender Forschungsförderung annähernd gleich geblieben. Die Erschließung neuer Resistenzen und deren Nutzbarmachung stellt den Hauptförderbereich der GFP dar. Dieser Bereich macht über 50 % aller Forschungsvorhaben aus. Weitere Forschungsschwerpunkte sind die Verbesserung von Qualitätsparametern, nachwachsenden Rohstoffen und der Nährstoffeffizienz (Albrecht et al. 1997, S. 78 ff.; GFP 1997, S. 17).

Das *Spektrum der geförderten Kulturarten* hat sich in den letzten zehn Jahren mehrfach stark gewandelt. Insbesondere die starke Zunahme des Fördervolumens für Mais fällt auf. Den größten Anteil machen weiterhin Öl- und Eiweißpflanzen, zeitweise aber auch Kartoffel und Getreide aus. Der größte Anteil der Forschungsförderung richtet sich auf die ökonomisch bedeutenden Hauptkulturpflanzen, die auch im Anbau dominieren. An zweiter Stelle rangiert die Förderung der nachwachsenden Rohstoffe (Albrecht et al. 1997, S. 82).

Soweit erkennbar, findet keine Forschungsförderung zur *Optimierung von Sorten für die Anforderungen im ökologischen Anbau* statt, obwohl es einige Projekte zur Züchtung von "low-input"-Pflanzen oder zu verbesserter Nährstoffaneignung gibt. Diese Parameter stellen allerdings nur einen Ausschnitt der Anforderungen für den ökologischen Anbau dar (Albrecht et al. 1997, S. 82).

Der Schwerpunkt der Forschungsförderung liegt sowohl bei öffentlicher als auch bei privater Forschungsförderung im Bereich der *Krankheits- und Schäd-*

lingsresistenz. Das kann sowohl bedeuten, daß nach Resistenzmechanismen gesucht wird, als auch, daß pflanzengenetische Ressourcen nach neuen Resistenzeigenschaften evaluiert werden oder durch Gentransfer Resistenzgene (pflanzliche oder aus anderen Organismen) eingefügt werden (Albrecht et al. 1997, S. 82).

Biotechnologie spielt als Methode eine große Rolle und wird in sehr vielen Bereichen eingesetzt. Molekularbiologische Techniken im diagnostischen Bereich (Marker, Genomanalyse) scheinen einen größeren Stellenwert zu haben als die eigentliche Gentechnik (Gentransfer) (Albrecht et al. 1997, S. 82).

Wie groß der Anteil der Forschungsförderung im Bereich *pflanzengenetischer Ressourcen* (PGR) ist, läßt sich nur schwer abschätzen. In der ZADI-Projektdatenbank finden sich über 200 Projekte. Es ist allerdings unklar, wie der Begriff PGR jeweils definiert ist, so daß sehr viele Bereiche der Pflanzenzüchtung darunter fallen können. Deswegen kann nicht präzise gesagt werden, mit welchem Aufwand Forschungen zum Erhalt und zur (optimierten) Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen gefördert werden.

2. Zuchtziele konventioneller und gentechnisch unterstützter Pflanzenzüchtung

Die Zuchtziele der Pflanzenzüchtung ergeben sich aus

- den Ansprüchen, die Landwirtschaft, verarbeitende Industrie und zuständige Zulassungsbehörden an die Nutzpflanzen und die daraus hervorgehenden Produkte stellen,
- den genetischen und technischen Möglichkeiten, die den Züchtern zur Verfügung stehen, sowie
- den geographischen und klimatischen Bedingungen beim landwirtschaftlichen Anbau (Albrecht et al. 1997, S. 3; Friedt et al. 1997).

Die *Zuchtziele* lassen sich in drei Hauptgruppen einteilen:

- *Ertragssteigerung*
- *Ertragssicherung*
- *Qualitätseigenschaften*

Diese allgemeinen Zuchtziele gelten sowohl für konventionelle als auch für gentechnisch unterstützte Züchtungsansätze.

Die *Steigerung der Ertragspotentiale* stellt seit Beginn der systematischen Züchtung und nach wie vor das wesentliche Zuchtziel in der Pflanzenzüchtung dar.

Die Züchtungsziele bei der *Ertragssicherung* beziehen sich vor allem auf Resistenzen gegenüber biotischen (Krankheiten und Schädlinge) sowie abiotischen Streßfaktoren (z.B. Nährstoff-, Wassermangel) am jeweiligen Standort. Die Pflanzen sollen widerstandsfähiger werden sowohl gegen ertrags- als auch gegen qualitätsmindernde Einwirkungen. Auch sollen Ertragsschwankungen verringert werden. Zur Ertragssicherung kann auch die *Anpassung an veränderte Anbautechniken* gezählt werden. Ziel der Züchtung ist es hier, die Anwendung neuer landwirtschaftlicher Anbausysteme zu ermöglichen (z.B. Steigerung der Stickstoffdüngung durch Erhöhung der Standfestigkeit bei Getreide, Ablage des Saatgutes auf Endabstand durch monogermes Saatgut bei Zuckerrüben, Einsatz bestimmter Unkrautbekämpfungsmittel durch herbizidresistente Kulturpflanzen).

Die *Qualitäts- bzw. Verwertungseigenschaften* haben in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen. Der Verbesserung der äußeren und inneren Qualität der Produkte wird gerade bei den zunehmenden Absatzschwierigkeiten wieder mehr Aufmerksamkeit gewidmet. Durch die Züchtung können dabei eine Reihe von je nach Fruchtart unterschiedlichen Faktoren beeinflußt werden. Von besonderer Bedeutung sind dabei die Inhaltsstoffe (insbesondere Gehalt und Zusammensetzung von Stärke, Zucker und Ölen), aber auch andere wertgebende Eigenschaften wie beispielsweise Knollenform und Augenlage bei Kartoffeln oder Form und Größe des Rübenkörpers.

Ertragssteigerung

Bei der Steigerung der Ertragsleistung sind die Möglichkeiten *konventioneller Zuchtmethoden* noch nicht ausgeschöpft. Bei generell kontinuierlich weiter steigenden Erträgen der geprüften und neu zugelassenen Sorten über die letzten Jahrzehnte fallen die Zuwachsraten bei den einzelnen Fruchtarten unterschiedlich hoch aus (z.B. Weizen > Roggen, Mais > Raps). Diese artbedingten Differenzierungen sind mit biologischen Besonderheiten einerseits und der unterschiedlichen wirtschaftlichen Bedeutung der Arten andererseits zu erklären (Friedt et al. 1997, S. 86).

Es besteht kein Zweifel, daß insbesondere bei den eher fremdbefruchtenden Spezies (d.h. Mais, Roggen, Sonnenblume, Zuckerrübe und auch Raps) noch beträchtliche Reserven durch eine gezielte Nutzung der Heterosis erschlossen

werden können. Die Einführung der *Hybridzüchtung* dürfte sich am stärksten bei denjenigen Pflanzenarten auswirken, die bisher weniger intensiv im Hinblick auf die Ertragssteigerung bearbeitet wurden (z.B. Roggen, Sonnenblume, Raps) (Friedt et al. 1997, S. 49, 86).

Durch die Identifikation von Genloci mit starker Wirkung auf quantitative Merkmale wie den Ertrag (QTLs, Quantitative Trait Loci) mittels *molekularer Marker* sind darüber hinaus Potentiale für eine systematischere Züchtung auf eine weitere Ertragssteigerung gegeben. Wie stark sich diese molekularen Marker im Züchtungsprozeß jedoch auf Ertragssteigerungen auswirken werden, ist noch unsicher, da bisher nur eine mangelhafte Übertragbarkeit dieser QTLs zwischen verschiedenen Kreuzungen besteht (Friedt et al. 1997, S. 49).

Da es sich bei der Ertragsleistung um ein sehr komplexes Merkmal handelt, das von einer Vielzahl von Genen bestimmt wird, die jeweils u.U. nur einen sehr kleinen Teil zur Merkmalsausprägung beitragen, stehen gentechnische Optimierungen in bezug auf die Ertragsleistung momentan nicht im Zentrum züchterischer Bemühungen. Es ist nicht davon auszugehen, daß in naher Zukunft signifikante Ertragssteigerungen durch den *Einsatz der Gentechnik* möglich sein werden.

Ertragssicherung

Die *Resistenzzüchtung* gegenüber pilzlichen und viralen Krankheitserregern sowie vereinzelt auch gegen Insektenbefall hat schon in der Vergangenheit erhebliche Erfolge erzielt und dürfte in Zukunft eine noch wichtigere Rolle für die Sicherung der Ernteerträge spielen.

Die Bedeutung der Resistenzzüchtung wird z.B. bei Betrachtung der Mehltresistenz des Winterweizens deutlich. Waren 1973 lediglich vier Sorten mit einer Boniturnote kleiner gleich 3 (geringe Anfälligkeit) zugelassen, so sind es 1997 bereits 34 Sorten, von denen drei mit der Bestnote 1 eingestuft wurden. Ein ähnliches Bild zeigt sich bei Betrachtung der Gelbmosaikvirose der Gerste, die erstmals 1978 in der Bundesrepublik auftrat und welche sich aufgrund erheblicher Ertragsverluste zu einer der bedeutendsten Krankheiten der Wintergerste entwickelt hat. Heute stehen bereits 27 resistente Wintergerste-Sorten mit hervorragenden agronomischen Eigenschaften zur Verfügung (Friedt et al. 1997, S. 50). Landsorten und Alte Sorten waren meist nur gegen einzelne Krankheiten resistent. Erst durch die gezielte Zusammenführung von Resistenzeigenschaften aus verschiedenen Herkünften (Primitivformen, Landsorten, Kultursorten) durch *Kombinationszüchtung* sind moderne Sorten (z.B. bei Weizen) entstanden, die

ein zuvor nicht gekanntes Maß an Widerstandsfähigkeit gegen eine ganze Reihe von Krankheitserregern aufweisen (Friedt et al. 1997, S. 86).

Heute kann die Pflanzenzüchtung noch planmäßiger und gezielter vorgehen, da man von vielen pflanzeigenen Resistenzgenen schon die chromosomale Position kennt und sie nunmehr mit Hilfe *molekularer Marker* sehr viel effizienter im Rahmen der Resistenzzüchtung kombinieren kann. Damit wird die Selektion bis zu einem gewissen Grad von der phänotypischen auf die genotypische Ebene verlagert. Molekulare Marker sind beispielsweise in der Resistenzzüchtung u.a. bei Weizen und Gerste mittlerweile von großer Bedeutung (Friedt et al. 1997, S. 52 ff., 86).

Für die *Gentechnik* wird in Zukunft eine zunehmende Bedeutung in der Resistenzzüchtung erwartet. Zu unterscheiden ist zwischen der Nutzung pflanzeigener Resistenzgene und der Nutzung nicht-pflanzlicher, resistenzvermittelnder Resistenzen. Die Funktion und Struktur vieler pflanzeigener Resistenzgene ist erst seit kurzer Zeit bekannt und die Anzahl klonierter Resistenzgene (z.B. aus Mais, Tabak, Lein, Tomate, Reis) bisher relativ klein. Theoretisch könnte durch *klonierte pflanzeigene Resistenzgene* erreicht werden, verschiedene Resistenzgene leichter zu kombinieren, durch die Kombination mit einem Markierungsgen die Selektion zu erleichtern und den Züchtungsprozeß zu beschleunigen, die Einführung von Resistenzgenen ohne unerwünschte gekoppelte Eigenschaften zu erzielen sowie den Transfer in Arten ohne effektive Resistenzen gegen einzelne Pathogene vorzunehmen. Bisher hat die gentechnische Nutzung klonierter pflanzeigener Resistenzgene noch keine Anwendung bei landwirtschaftlichen Nutzpflanzen gefunden (Friedt et al. 1997, S. 58 ff.).

Insbesondere für einige wirtschaftlich bedeutende Viruserkrankungen sind keine voll wirksame Resistenzen im Genpool der jeweiligen Kulturart bekannt. In diesem Fall besteht die einzige Möglichkeit zur Erzeugung resistenter Sorten in der Nutzung *pathogen vermittelter Resistenz*. Mit den heute zur Verfügung stehenden gentechnischen Methoden konnten Resistenzen u.a. über die Transformation mit Satelliten-RNAs und Antisense-Konstrukten sowie über die Übertragung von Genen, welche für virale Proteine wie das Hüllprotein oder die Replikase kodieren, erzeugt werden. Diese Ansätze haben sich insbesondere bei den sog. plus-Strang-RNA-Viren als erfolgreich erwiesen, z.B. bei den Tobamoviren, Cucumoviren, Potexviren, Potyviren, Luteoviren, Carlaviren, Ilarviren, Tobraviren, Nepoviren und Alfalfa-Mosaik-Viren, während bezüglich DNA-Viren, wie den Gemini- und Caulimoviren, noch erhebliche Schwierigkeiten bestehen. Während in Deutschland bisher keine transgenen virusresistenten Kulturpflanzen zugelassen sind, befinden sich in den USA bereits Kürbis-

sorten mit Resistenz gegen Zucchini Yellow Mosaic Virus (ZYMV) und Watermelon Mosaic Virus II (WMV2) im Anbau. Weltweit gesehen ist die Nutzung transgener Virusresistenzen, gemessen an der Anzahl der durchgeführten Freisetzungsversuche, von erheblicher Bedeutung (Friedt et al. 1997, S. 60 ff.).

Im Vergleich zu Virus- und Pilzresistenzen sind gegen Insekten nur relativ wenige pflanzeigene Resistenzgene bekannt. Im Interesse einer Verhinderung von Ertragsverlusten und einer Einsparung von Insektiziden kommt somit der Erstellung transgener, insektenresistenter Pflanzen eine erhebliche Bedeutung zu. Insbesondere das *B.t.-Protein* aus *Bacillus thuringiensis* (B.t.) findet bereits breite Anwendung im Mais, in der Kartoffel und in der Baumwolle. Das B.t.-Toxin wird in der Landwirtschaft bereits seit über 30 Jahren kommerziell im konventionellen Pflanzenschutz eingesetzt und bietet hier einige Vorteile, wobei es bisher allerdings eher als ein Nischenprodukt zu betrachten ist. Neben dem B.t.-Toxin sind weitere nicht in Pflanzen vorkommende Toxine sowie auch Designer-Proteine theoretisch nutzbar, um Resistenzen gegen Insekten zu erzeugen, ebenso wie pflanzeigene Stoffe (z.B. Terpenoide, Alkaloide, Lectine und Proteaseinhibitoren). Deshalb wird davon ausgegangen, daß der Entwicklung gentechnisch modifizierter Insektenresistenzen in Zukunft eine erhebliche Bedeutung zukommen wird (Friedt et al. 1997, S. 62).

Im Vergleich mit der Krankheitsresistenzzüchtung hat die gezielte Züchtung auf *Toleranz gegen abiotische Stressoren* in der Vergangenheit eine eher unbedeutende Rolle gespielt. Allerdings sind bei den winterannuellen Formen (insbesondere Winterweizen, -roggen, -gerste, -raps) beachtliche Verbesserungen der "Winterhärte" (Kälte und Frosttoleranz) erreicht worden. Dagegen steht die Züchtung auf Toleranz gegen Hitze, Wassermangel, Schwermetalle bzw. Nährstoffmangel noch eher am Anfang. Im Vergleich zu den gentechnisch induzierten Resistenzen gegen biotische Schaderreger sind Verbesserungen der Resistenzreaktion gegen abiotische Stressoren deutlich weiter von einer praktischen Anwendung entfernt (Friedt et al. 1997, S. 63, 87).

Bei den Züchtungszielen im Zusammenhang mit der Anbautechnik kommt aktuell der gentechnisch erzeugten *Herbizidresistenz* (bzw. Herbizidtoleranz) besondere Bedeutung zu. Moderne, breit wirksame (nicht-selektive) Herbizide konnten bisher nur sehr begrenzt in der Landwirtschaft eingesetzt werden, da sie nicht nur die Unkräuter, sondern auch viele Kulturpflanzen angreifen. Mit Hilfe gentechnischer Ansätze sind verschiedene Strategien möglich, um Kulturpflanzen gegen Breitband-Herbizide resistent zu machen. Als ertragsstabilisierende Maßnahme wird die gentechnisch erzeugte Herbizidresistenz beim So-

jaanbau in den USA und beim Rapsanbau in Kanada schon praktisch angewendet (Friedt et al. 1997, S. 64 ff., 87).

Qualitätseigenschaften

Während die zuvor besprochenen Züchtungsziele "Input-Merkmale" darstellen, welche zunächst im wesentlichen für den Landwirt von Bedeutung sind, kommt den Kriterien der *Produktqualität* (Inhaltsstoffzusammensetzung) für die Vermarktung der Erzeugnisse eine herausragende Bedeutung zu. Hier kommt es darauf an, den Qualitätsanforderungen und Wünschen der Verarbeiter und Verbraucher entsprechend die Qualität der pflanzlichen Produkte hinsichtlich der wertgebenden Inhaltsstoffe (Öle und Fette, Eiweiß, Stärke, Zucker u.a.m.) züchterisch zu optimieren. Bei den pflanzlichen Nahrungsmitteln sind für viele Teilbereiche

- z.B. Nährwert, Gesundheitswert, Genußwert, Eignungswert, verarbeitungstechnologischer Wert - Anforderungen festzulegen. Neben der Verwendung als Nahrungsmittel kommt dabei auch der chemischen oder technischen ("non food") Verwendung pflanzlicher Rohstoffe eine wachsende Bedeutung zu. Die Ansprüche an die Produktqualität können also sehr vielfältig sein und sind einem gewissen zeitlichen Wandel unterworfen (Friedt et al. 1997, S. 67 ff.)

Die *konventionelle Qualitätszüchtung* hat in der Vergangenheit bei der Verbesserung von Nahrungsqualität (z.B. Brotweizen, Braugerste, Speiseerbsen und -kartoffeln) und Futterwert (z.B. Silomais, Futtergerste, Gräser und Kleearten) beachtliche Erfolge erzielt (Friedt et al. 1997, S. 88). Die Qualitätszüchtung hat den Ertragszuwachs bisher vermutlich verzögert, weil sich mit zunehmender Anzahl von Selektionskriterien der Züchtungsfortschritt zwangsläufig verlangsamt (Friedt et al. 1997, S. 69). Die konventionelle Qualitätszüchtung wird auch zukünftig von Bedeutung sein.

Für die *gentechnisch unterstützte Pflanzenzüchtung* wird erwartet, daß sie hinsichtlich der Qualitätseigenschaften ganz neue Perspektiven eröffnen könnte. Dies gilt sowohl für die gezielten Eingriffsmöglichkeiten in die betreffenden Stoffwechselwege als auch wegen der Möglichkeit der Übertragung einzelner definierter Gene, ohne den Genotyp insgesamt zu sehr "aus dem Gleichgewicht zu bringen", wie es im Falle der konventionellen Kombinationszüchtung zunächst stets der Fall ist. Gerade das Problem der negativen Korrelation zwischen Ertrags- und Qualitätsmerkmalen (vgl. z.B. Kornertag und Proteingehalt) kann mit Hilfe der Gentechnik möglicherweise umgangen werden (Friedt et al. 1997, S. 88).

3. Bedeutung genetischer Ressourcen für die Pflanzenzüchtung

Genetische Ressourcen werden in primäre, sekundäre und tertiäre Genpools eingeteilt (Kap. II.1.2). Die Nutzung der jeweiligen Genpools ist bisher bei den einzelnen Kulturarten unterschiedlich intensiv. Für die züchterische Nutzung in Form der Einlagerung von Resistenzen oder der Einkreuzung veränderter Qualitätseigenschaften ist zunächst einmal der primäre Genpool maßgeblich, wobei in der Regel die Nutzung von angepaßtem Zuchtmaterial die dominierende Rolle spielt. Erst wenn für bestimmte Eigenschaften im primären Genpool keine genetische Variation vorliegt, wird auf den sekundären und schließlich den tertiären Genpool zurückgegriffen. In der Züchtungspraxis wird zunächst auf möglichst angepaßtes Material zurückzugegriffen, weil durch die Einkreuzung von nicht adaptiertem Material in der Regel eine Vielzahl unerwünschter Eigenschaften (Gene) mit eingeführt werden, die in aufwendigen Rückkreuzungsverfahren wieder eliminiert werden müssen (Friedt et al. 1997, S. 101 f.).

Bisherige Nutzung pflanzen-genetischer Ressourcen

Während bei der *Gerste (Hordeum vulgare)* bisher nahezu ausschließlich der primäre Genpool genutzt wird, stammt eine Vielzahl von Resistenzgenen im Brot- oder *Backweizen (Triticum aestivum L.)*, der aufgrund seiner allohexaploiden Natur ein gewisses Maß an Chromosomenumbauten toleriert, aus dem sekundären und tertiären Genpool dieser Kulturart. Beim *Roggen (Secale cereale)* sind aus verwandten Wildarten die Kurzstrohigkeit und die Auswuchsfestigkeit sowie die Selbstfertilität übertragen worden. Gegen den Schneeschimmel finden sich gute Resistenzeigenschaften in alten alpenländischen Landsorten, und für die Frostresistenz sind russische Landsorten von Bedeutung (Friedt et al. 1997, S. 102 f.).

Die Gattung *Zea* umfaßt lediglich 3 Arten, den *Mais (Zea mays)* sowie die beiden mit dem Mais kreuzbaren Arten der Teosinte. Diese drei Arten sind jedoch äußerst formenreich, so daß in der Art *Zea mays* insgesamt betrachtet eine erhebliche Variation in bezug auf einzelne Merkmale, wie z.B. Inhaltsstoffe, besteht. Beim Mais ist jedoch in bezug auf die Nutzung der umfangreich vorhandenen genetischen Ressourcen (z.B. im internationalen Maisforschungsinstitut CIMMYT, Mexiko) zu bedenken, daß insbesondere bei den europäischen Züchtern, die über 90 % ihres Genmaterials aus den USA beziehen und hieraus

schnell und erfolgreich Hybriden entwickeln, kaum eine Neigung besteht, diese genetischen Ressourcen zu nutzen. In Europa werden allerdings momentan von der EU (RER GEN 88) geförderte Projekte zur Evaluierung europäischer Landsorten durchgeführt (Friedt et al. 1997, S. 103).

Unter allen Kulturarten besitzt die *Kartoffel* (*Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum*) mit insgesamt ca. 160 Wildarten und 8 weiteren im Ursprungsgebiet bekannten Kulturarten wahrscheinlich die umfangreichste Genreserve. In nahezu allen Wildarten finden sich wertvolle Resistenzeigenschaften und i.d.R. zudem ein hoher Stärke- und Eiweißgehalt. Die Mitte bis Ende des 19. Jahrhunderts einsetzende, systematische Kartoffelzüchtung beruhte zunächst auf einer sehr schmalen genetischen Basis, da die Kartoffel nur in wenigen Exemplaren aus Südamerika in die Botanischen Gärten Europas gelangt war. Diese enge genetische Basis erklärt auch die verheerenden Seuchenzüge der Krautfäule (*Phytophthora infestans*) in dieser Zeit. Bereits Anfang dieses Jahrhunderts wurde jedoch Resistenz in der Wildart *S. demissum* gegen diesen Pilz gefunden und bereits 1935 wurden die ersten *Phytophthora*-resistenten Sorten zugelassen. Die guten Resistenzeigenschaften der heutigen Sorten sind letztendlich auf Bastardierungen mit entsprechenden Wildarten zurückzuführen. In Zukunft werden aufgrund der Möglichkeiten der Protoplastenfusion u.U. weitere Wildarten, die nur schwer oder gar nicht mit *S. tuberosum* kreuzbar sind, Eingang in die Kartoffelzüchtung finden, so daß der traditionell starken Nutzung pflanzen genetischer Ressourcen bei der Kartoffel vermutlich eine weiter steigende Bedeutung zukommt (Friedt et al. 1997, S. 103 ff.).

Die Gattung *Beta* gliedert sich in vier Sektionen mit jeweils verschiedenen Arten, und auch innerhalb *Beta vulgaris* besteht von den Blattmangolden über die Rote Bete und die Runkelrübe (Futterrübe) bis zur Zuckerrübe eine erhebliche genetische Variation. Die Wildformen haben sich gerade in bezug auf Resistenzeigenschaften als sehr wertvoll erwiesen: So stammt z.B. die Toleranz der Zuckerrübe gegen *Cercospora beticola* aus der wildwachsenden *B. vulgaris* spec. *maritima* und Resistenz gegenüber *Heterodera schachtii* wurde aus der Wildart *B. procumbens* eingelagert. Neben den genannten Resistenzmerkmalen wurden weitere Eigenschaften, wie z.B. Kälte- und Trockenresistenz, in die Kulturart übertragen. Da die genetische Basis der Zuckerrübe im Vergleich zur Ausgangssituation in der Kartoffelzüchtung jedoch wesentlich breiter ist und diese Kulturart darüber hinaus im Vergleich zur Kartoffel von weniger Schadern befallen wird, ist die bisherige Nutzung genetischer Ressourcen in der Sortenzüchtung vergleichsweise gering. Von besonderer pflanzenzüchterischer Bedeutung dürfte in Zukunft die aus *B. procumbens* stammende Nematodenre-

sistenz sein. Das entsprechende Resistenzgen ist inzwischen isoliert worden, so daß für eine weitere Nutzung dieser Resistenz aus der Wildart der gezielte Gentransfer möglich ist (Friedt et al. 1997, S. 105).

Der *Raps* (*Brassica napus*) ist eine vergleichsweise junge Kulturpflanze. Da bisher noch keine Stammform - weder als Wildform noch als Unkraut - entdeckt wurde, geht man davon aus, daß er auf eine spontane Bastardisierung zwischen Rüben und Kohl (*B. rapa* und *B. oleracea*) verbunden mit Polyploidisierung zurückgeht. Aufgrund seiner relativ jungen Entwicklungsgeschichte scheint die natürliche genetische Variabilität im Genpool des Rapses (*B. napus*) in vielen züchterisch wertvollen Merkmalen stark eingeschränkt zu sein. Berücksichtigt man dagegen die ausgeprägte Formenmannigfaltigkeit von *B. oleracea* und *B. rapa*, so wird deutlich, daß das genetische und züchterisch nutzbare Potential der experimentellen Synthese neuer Rapsformen bei weitem noch nicht ausgeschöpft ist. Die jüngsten Beispiele für erfolgreiche Anwendungen der Raps-Resynthese belegen, daß dieser Ansatz auch heute, im Zeitalter der Molekularbiologie, nichts von seiner Bedeutung verloren hat. Die Bedeutung von re-synthetisiertem Raps liegt in der Einkreuzung und Verbesserung von vorhandenem leistungsfähigem Raps-Zuchtmaterial im Hinblick auf Krankheitsresistenzen (z.B. gegen Wurzelhals- und Stengelfäule oder Kohlhernie) oder Qualitätseigenschaften (z.B. Gelbsamigkeit, Glucosinolat-Muster) sowie die Entwicklung von Systemen für die Hybridraps-Produktion (Friedt et al. 1997, S. 105 ff.).

Nutzung von Genbanken und anderen Sammlungen

Die derzeitige Nutzung von pflanzengenetischen Ressourcen (PGR) ist bei den verschiedenen Kulturarten, Nutzergruppen und Nutzungsrichtungen sehr unterschiedlich (s.o.). Es liegen keine vollständigen Daten darüber vor, welche PGR aus Genbanken und anderen Kollektionen *Eingang in zugelassene Sorten* gefunden haben. Aus der staatlichen Züchtung der ehemaligen DDR ist bekannt, daß im Zeitraum von 1973 bis 1990 in 56 zugelassene Sorten Material aus der Genbank des heutigen IPK in Gatersleben eingegangen ist (BML 1996a, S. 59).

Einen Anhaltspunkt für die Bedeutung von PGR aus Genbanken liefert der Umfang der *Materialabgabe aus den Sammlungen*. Das Interesse der züchterischen Nutzung von PGR war danach vorwiegend auf Material alter Sorten der wichtigsten Fruchtarten des Acker- und Gemüsebaues gerichtet (BML 1996a, S. 59).

Von der *Genbank des Instituts für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung* (IPK) in Gatersleben (mit Außenstellen) wurden im Mittel der letzten

40 Jahre jährlich mehr als 12.000 Muster (in den vergangenen Jahren etwa 20.000) an jeweils ca. 400 verschiedene Nutzer abgegeben. Die *Genbank an der Bundesforschungsanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen (BAZ)* in Braunschweig-Völkenrode (ehemals am Institut für Pflanzenbau der FAL) hat im Mittel der letzten 17 Jahre jährlich rund 7.000 Muster abgegeben. Bei den Abgaben spielten jeweils neben den Kulturformen auch Primitiv- und Wildformen eine Rolle (BML 1996a, S. 60).

Zukünftige Bedeutung pflanzen genetischer Ressourcen

Wie anhand der aufgeführten Beispiele deutlich wird, hatten die pflanzen genetischen Ressourcen schon bisher einen beachtlichen Stellenwert in der Züchtung dieser Arten und werden dies auch künftig haben. Die Züchtungspraxis wird dabei zunächst immer im primären Genpool in der Abstufung Hochleistungssorten vor Landsorten vor unadaptierten Sorten nach den jeweiligen Eigenschaften suchen und erst im Bedarfsfall in einem weiteren Schritt entfernte Kreuzungen mit Arten des sekundären und des tertiären Genpools heranziehen. Sind diese Kreuzungen jedoch erfolgreich durchgeführt und nach mehrmaligen Rückkreuzungen die erwünschten Gene in adaptierte Hochleistungssorten eingelagert, so liegen diese Gene dann im primären Genpool der jeweiligen Art vor und sind damit wesentlich einfacher und schneller für die weitere Züchtung nutzbar. *Die Nutzung genetischer Ressourcen in der praktischen Pflanzenzüchtung hat somit zu einer ständigen Erweiterung der genetischen Variation im primären Genpool der einzelnen Kulturarten in bezug auf agronomisch bedeutende Merkmale geführt.* Andererseits wurden zweifellos im Laufe der Züchtungsentwicklung unerwünschte Gene eliminiert und die Sorten sind - den Zielvorstellungen entsprechend - phänotypisch einheitlicher als früher und zwischen den Sorten bestehen teilweise enge Verwandtschaftsbeziehungen (Kap. II.4.2). Derzeit noch schwierig zu beurteilen ist, ob und in welchem Maße damit eine genetische "Einengung" oder "Verarmung" verbunden ist. Das sich entwickelnde molekularbiologische Repertoire wird künftig bessere Bewertungsmöglichkeiten bieten (Friedt et al. 1997, S. 108, 111).

Für die bisherige und zukünftige züchterische Nutzung von pflanzen genetischen Ressourcen ist von essentieller Bedeutung, daß das jeweilige Ausgangsmaterial - unabhängig davon, ob es dem primären, sekundären oder tertiären Genpool zuzurechnen ist - hinlänglich evaluiert ist. Während diese *Evaluierungsarbeiten*, z.B. bezüglich Krankheitsresistenzen, in früherer Zeit ausschließlich an Freilandversuche oder aufwendige künstliche Infektionsverfahren

gebunden waren, können für diese Zwecke heute teilweise bereits molekulare Marker eingesetzt werden, mit deren Hilfe Resistenzgene effizienter identifiziert werden können. Mit Unterstützung molekularer Marker dürfte sich die Nutzung genetischer Ressourcen in Form der Inkorporation definierter Gene in Kulturpflanzen künftig wesentlich einfacher und effizienter gestalten (Friedt et al. 1997, S. 108 f.).

Neue genetische Variation ist die Grundvoraussetzung jedes züchterischen Handelns, d.h. ein Selektionserfolg ist nur dann zu erzielen, wenn das zu verändernde Merkmal variiert. Bedingt durch ihre intensive züchterische Bearbeitung ist in landwirtschaftlich genutzten Kulturpflanzen die Variabilität im Hinblick auf erwünschte neue Eigenschaften sehr eingeschränkt oder überhaupt nicht mehr gegeben. In Wildpflanzen hingegen liegt ein schier unerschöpfliches Reservoir an "Genquellen" vor, z.B. für wertvolle und industriell interessante Pflanzeninhaltsstoffe wie hohe Gehalte an ungewöhnlichen Fettsäuren, speziellen Kohlenhydraten und Eiweißstoffen. Frühere pflanzenzüchterische Bemühungen, diese *Wildpflanzen zu domestizieren*, d.h. zu anbau- und leistungsfähigen Nutzpflanzen weiterzuentwickeln, haben sich in der Vergangenheit als sehr schwierig erwiesen (Friedt et al. 1997, S. 109).

Sofern die genetische Distanz zwischen Wild- und Kulturart nicht allzu groß ist, besteht die Möglichkeit, mit *herkömmlichen Methoden der Art- und Gattungskreuzungen* oder unterstützt durch *Biotechniken*, wie z.B. die Embryokultur (Embryo rescue), die gewünschte Eigenschaft in die Kulturform zu übertragen. Solche Zuchtprogramme sind aber stets sehr langwierig, da viele unerwünschte Eigenschaften des "Genspenders" ebenfalls eingekreuzt werden, die dann durch mehrmalige Rückkreuzungen und anschließende Selektion mit viel Zeit und Mühe und manchmal sogar ohne Erfolg wieder eliminiert werden müssen (Friedt et al. 1997, S. 109 f.).

In diesem Zusammenhang eröffnet die *Gentechnik* prinzipiell die Möglichkeit, eine spezifische, erwünschte neue Eigenschaft auch aus verwandtschaftlich weit entfernten Arten (Wild- oder Nutzpflanzen) oder gänzlich anderen Taxa - etwa aus dem Tierreich, aus Bakterien oder Viren - einzulagern, ohne dabei unerwünschte "Wildeigenschaften" zu übertragen oder den genetischen Hintergrund bzw. die Ertragsfähigkeit der Leistungssorte zu verschlechtern (Friedt et al. 1997, S. 110).

Vor diesem Hintergrund sind folgende Entwicklungen bei der *zukünftigen Nutzung pflanzen-genetischer Ressourcen* (PGR) zu erwarten (Friedt et al. 1997, S. 110 f.):

- Die Verwendung von PGR wird auch in Zukunft gerade bei den *leistungsstärksten und daher landwirtschaftlich am weitesten und intensivsten genutzten Kulturpflanzen* (wie z.B. Weizen und Gerste) im Vordergrund stehen, weil es bei zunehmendem Leistungsniveau und weitgehender Annäherung an die meisten Zuchtziele immer schwieriger wird, innerhalb der Kulturform noch eine hinreichende Variation zu finden.
- Ein besonderer Bedarf wird auch künftig an *Resistenz- und Toleranzeigenschaften* gegen biotische und abiotische Faktoren aus verwandten Wild- oder Primitivformen unserer Kulturpflanzen bestehen. Das molekularbiologische Instrumentarium und die Gentechnik werden es erlauben, definierte Gene viel direkter als bisher zu nutzen, d.h. sie zu isolieren und gezielt in Kultursorten zu übertragen.
- Für die züchterische Verbesserung komplexer (polygenischer) Eigenschaften unserer Hauptnutzpflanzen, wie den *Ertrag* oder *quantitative Resistenzen*, wird man auf absehbare Zeit weiterhin vor allem im primären Genpool (insbes. Kultursorten) nach geeigneten Formen (Eltern) suchen, um das Zielmerkmal über Kreuzung und Selektion in adaptierte Hochleistungssorten einzulagern. Damit dürfte der klassischen Pflanzenzüchtung auch zukünftig die Aufgabe zukommen, quantitative Eigenschaften ihrer komplexen Natur entsprechend durch Kombinationszüchtung zu optimieren.
- Keine Rolle dürfte die Gentechnik für die *Adaptation und Leistungssteigerung marginaler Nutzpflanzen* spielen, d.h. solcher Pflanzen, die zuletzt nicht mehr oder bisher noch nie eine nennenswerte Bedeutung als Nutzpflanze hatten. Als Beispiele zu nennen wären hier etwa der Hanf und andere Faserpflanzen oder verschiedene Ölpflanzen (Krambe, Leindotter, etc.). Solche Pflanzenarten bedürften zunächst einer intensiven konventionell-züchterischen Bearbeitung, um ihr Leistungsniveau auf ein für die landwirtschaftliche Nutzung akzeptables Niveau zu bringen.
- Damit ist von einem Einsatz der *Gentechnik* im Zusammenhang mit PGR eine Erweiterung der genutzten landwirtschaftlichen Vielfalt - in Form einer größeren Zahl von Nutzpflanzenarten - nicht zu erwarten. Innerhalb unserer Hauptkulturarten - seien es Getreidearten, Ölpflanzen, Körnerleguminosen, Wurzel- und Knollenfrüchte - könnte die Gentechnik in dem Umfang zu einer Erweiterung der genetischen Variation beitragen, wie einzelne, zusätzliche Gene in diese Kulturarten übertragen werden.

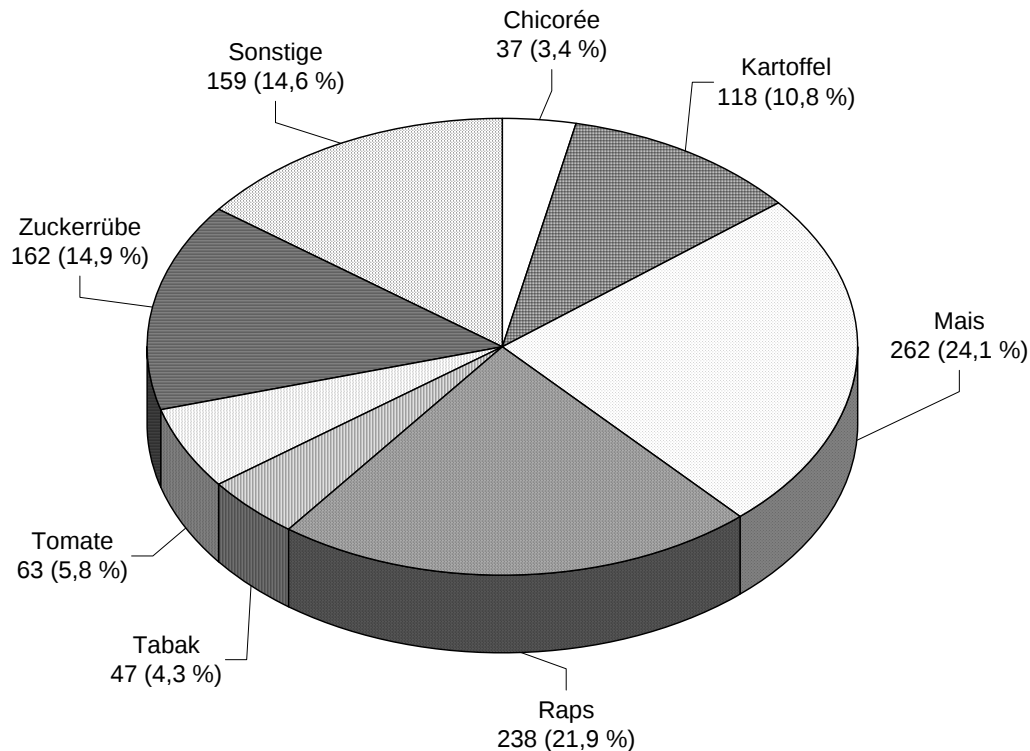
4. Perspektiven der Züchtung neuer Sorten

Die Pflanzenzüchtung stellt einen kontinuierlich stattfindenden Prozeß dar, d.h. bestimmte Merkmale innerhalb einer Kulturart werden über längere Zeiträume hinweg verändert. Durch die Einführung neuer Methoden und Techniken innerhalb der Züchtung kann es aber auch zu sprunghaften Merkmalsveränderungen kommen (z.B. Ertragspotentialsteigerung bei Raps und Roggen durch Hybridzüchtung, Herbizidtoleranz bei Mais, Raps und Zuckerrübe durch Gentransfer) (Albrecht et al. 1997, S. 127).

Aufbauend auf den allgemeinen Züchtungszielen (Kap. III.2) sollen im folgenden für die wichtigsten in Deutschland angebauten Kulturarten die Züchtungsentwicklungen, die voraussichtlich in den nächsten Jahren zu neuen Sorten mit signifikant veränderten Eigenschaften führen werden, dargestellt werden. Berücksichtigt werden insbesondere solche Veränderungen, die potentiell Auswirkungen auf die Anbautechnik, den Einsatz von Betriebsmitteln, die Fruchtfolgen oder den Anbauumfang haben oder relevant für eine Verwilderung und einen Gentransfer sein könnten und sich damit potentiell auf die biologische Vielfalt auswirken könnten (Kap. IV).

Im Hinblick auf den Stand der gentechnisch unterstützte Pflanzenzüchtung liefern die beantragten bzw. genehmigten Freisetzungsexperimente wichtige Informationen (Abb. 9 u. 10). Von den bisher insgesamt 1.086 in der EU beantragten Freisetzungen entfallen 77 bzw. 7,1 % auf Deutschland (Stand 27.1.1998) (RKI 1998). Die tatsächliche Anzahl der Freisetzungsversuche ist höher, da in den Freisetzungsanträgen oftmals mehrere Freisetzungsversuche zusammengefaßt sind (vgl. Friedt et al. 1997, S. 94). Im Vergleich zur EU wurden in den USA bis 1995 schon 3.652 Freisetzungsprojekte durchgeführt (SRU 1998b, S. 430). Zulassung nach der Richtlinie 90/220/EWG zum Inverkehrbringen gentechnisch veränderter Pflanzen sind bisher in der EU erteilt worden für Raps mit männlicher Sterilität und Herbizidtoleranz (1997), Mais mit Schadinsektenresistenz und Herbizidtoleranz (1997), Tabak mit Herbizidtoleranz (1994) sowie Sojabohnen mit Herbizidtoleranz für eingeschränkte Zwecke (Import, Lagerung, Verarbeitung, kein Anbau) (1996) und Radicchio mit männlicher Sterilität und Herbizidtoleranz nur zur Saatguterzeugung (1996) (RKI 1998).

Abb. 9: Anzahl und Verteilung der Freisetzungsanträge für gentechnisch veränderte Organismen (zu 96,8 % Pflanzen) in den EU-Mitgliedsstaaten

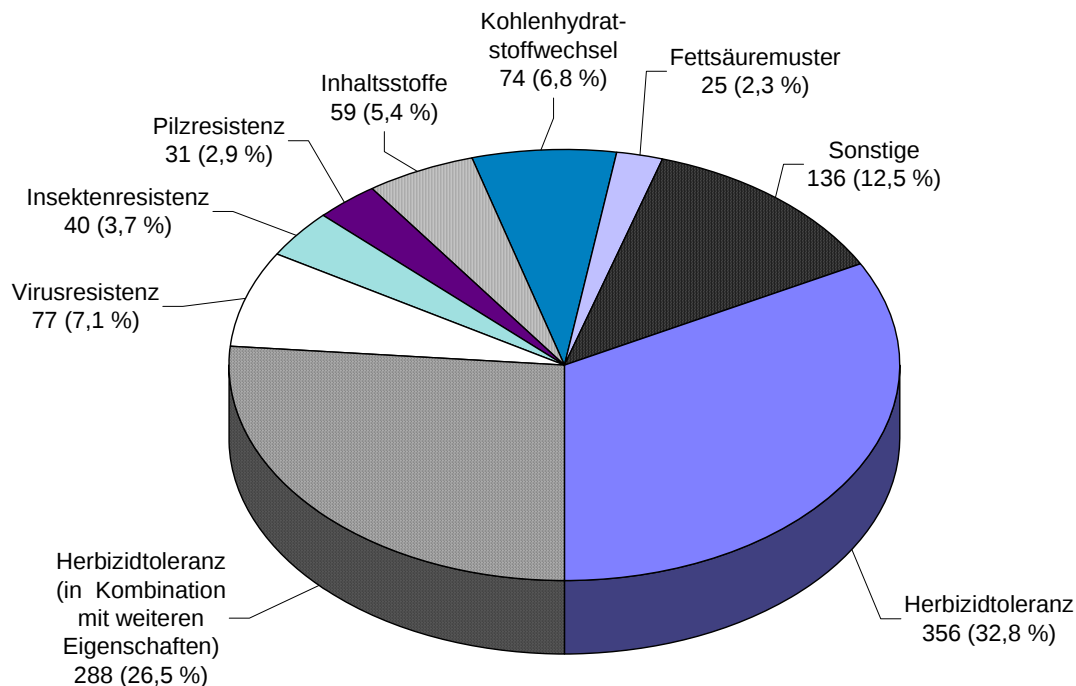


Quelle: Robert-Koch-Institut 1998, Summary Notification and Information Format (SNIF), Stand 27.01.1998

Beim *Winterweizen* wird das Hauptaugenmerk nach wie vor auf die Möglichkeiten der Ertragssteigerung gelegt. Eine besondere Bedeutung könnte daher der Einführung von Hybridsaatgut zukommen. Gentechnische Ansätze zur Verbesserung von Eigenschaften (z.B. Herbizidtoleranz) sind bisher nur vereinzelt bis in das Stadium von Freisetzungsversuchen gekommen (Albrecht et al. 1997, S. 129).

Bei der *Gerste* sind im Rahmen der konventionellen Züchtung kontinuierliche Verbesserungen des Ertragspotentials und der Resistenzeigenschaften zu erwarten. In Europa sind bisher erst 2 Freisetzungsversuche mit Gerste beantragt worden. Eine Anhebung des Lysingehaltes (essentielle Aminosäure) im Korn könnte zu einem verstärkten Einsatz von Gerste als Futtermittel führen, da dadurch bisherige Lysinquellen wie Sojaschrot oder Fischmehl aus den Futterrationen verdrängt werden könnten (Albrecht et al. 1997, S. 130).

Abb. 10: Anzahl und Verteilung der Eigenschaften von gentechnisch veränderten Organismen (zu 96,8 % Pflanzen) in den EU-Mitgliedsstaaten, entsprechend den Freisetzungsanträgen



Quelle: Robert-Koch-Institut 1998, Summary Notification and Information Format (SNIF), Stand 13.01.1998

Der züchterisch bedeutendste Schritt beim *Roggen* war in den letzten Jahren die Einführung der Hybridzüchtung. Es ist zu erwarten, daß bei diesen Sorten sowohl Resistenzeigenschaften als auch Backqualität noch verbessert werden können. In Europa sind bis zum Januar 1998 keine Freisetzungsversuche mit gentechnisch veränderten Roggensorten beantragt worden (Albrecht et al. 1997, S. 131).

Die bedeutendste Veränderung beim *Hafer* könnte sich aus der Ausweitung der Anbaufläche von Winterhafer ergeben. Ähnlich wie bei Winterweizen und Gerste ist bei Sommerhafer weder in qualitativen noch in quantitativen Merkmalen in absehbarer Zukunft mit signifikanten Veränderungen zu rechnen. Bisher wurden in Europa keine Freisetzungsversuche mit gentechnisch verändertem Hafer durchgeführt (Albrecht et al. 1997, S. 132).

Beim *Mais* ist eine weitere sprunghafte Steigerung der Erträge nicht zu erwarten, da es sich bei den angebauten Maissorten bereits um Hybridsorten handelt. Transgene Maissorten, die ein *Bacillus thuringiensis*-Toxin bilden und dadurch gegenüber dem Befall durch den Maiszünsler (*Ostrinia nubilalis*) resistent sind, haben Marktreife erlangt und stehen in Europa vor der Sortenzulassung. Ebenfalls zu erwarten sind herbizidtolerante Maissorten (Albrecht et al. 1997, S. 134). Rund ein Viertel aller Freisetzungsversuche in der EU wird mit Mais durchgeführt (Abb. 9).

Signifikante Veränderungen beim *Winterraps* werden sich höchstwahrscheinlich durch die Einführung von Hybridrapssorten ergeben. Das höhere Ertragspotential in Verbindung mit gegenüber bisherigen Liniensorten zur Zeit noch gesteigerter Krankheits- und Schädlingsanfälligkeit würde eine Erhöhung des Betriebsmitteleinsatzes zur Folge haben. Herbizidresistente Sorten befinden sich bereits in der Sortenprüfung. Aus den Möglichkeiten, die Inhaltsstoffe und hier vor allem die Ölsäurezusammensetzung stärker als bisher zu variieren, können sich neue Verwendungsmöglichkeiten und Absatzmärkte für Raps ergeben. In den USA wurde bereits 1995 eine gentechnisch veränderte Rapssorte mit einem höheren Gehalt der Fettsäure Laurin zugelassen (Albrecht et al. 1997, S. 135). Der Raps ist die zweitwichtigste Kulturart bei den Freisetzungsversuchen in Europa.

Während bei der Steigerung der Erträge der *Zuckerrübe* lediglich eine Fortschreibung des bisherigen Trends zu erwarten ist, werden sowohl virus- als auch nematodentolerante und -resistente Zuckerrübensorten (infolge konventioneller und gentechnisch unterstützter Züchtung) in wenigen Jahren auf den Markt kommen. Die Zulassung von herbizidtoleranten Zuckerrübensorten wird in der EU für 1999, in Deutschland frühestens nach der Jahrtausendwende erwartet. Neu wären auch Sorten, die an unterschiedliche Produktionssysteme (Hohertrag oder Low-input) angepaßt wären. Schließlich wird an der gentechnischen Veränderung von Inhaltsstoffen gearbeitet, insbesondere zur Erzeugung von längerkettigen Kohlenhydraten wie Inulin für den Nahrungsmittel- und Non-food-Bereich (Albrecht et al. 1997, S. 137).

Bei der *Kartoffel* steht die Verbesserung der Resistenzeigenschaften und der Qualität im Vordergrund. Neue Sorten werden daher vor allem eine oder mehrere der folgenden Eigenschaften besitzen: Resistenz gegenüber Viruserkrankungen, gegen Kraut- und Knollenfäule (*Phytophthora infestans*), Naßfäule und Schwarzbeinigkeit (*Erwinia*) und die Pathotypen des Weißen Kartoffelnematoden (*Globodera pallida*). Sowohl konventionelle als auch gentechnisch erzeugte virusresistente Kartoffelsorten können durch die Züchter bereitgestellt wer-

den. Weiterhin ist in den USA bereits eine Kartoffelsorte auf dem Markt, bei der auf gentechnischem Wege eine Resistenz gegenüber dem Kartoffelkäfer (*Leptinotarsa decemlineata*) erzeugt wurde. Hinsichtlich der Qualität sind neue Sorten mit einer auf gentechnischem Wege veränderten Stärkezusammensetzung (z.B. Zunahme Amylopektin, Abnahme Amylose) zu erwarten (Albrecht et al. 1997, S. 137). Auf die Kartoffel entfallen rund 10 % der in der EU beantragten Freisetzungsversuche.

Tab. 7: Sorteneigenschaften (für die in den nächsten 10 Jahren signifikante Veränderungen erwartet werden) mit potentiell indirekten Auswirkungen auf die biologische Vielfalt der Agrarökosysteme

<i>konventionelle Züchtung</i>	<i>gentechnisch unterstützte Züchtung</i>
<i>Ertragssteigerung</i>	
• Ertragssteigerung (Hybridsorten) (Winterroggen, Winterraps) • Winterhärte (Winterhafer)	
<i>Ertragssicherung</i>	
• Virusresistenz (Gerste, Kartoffel) • Toleranz gegen Wurzelbärtigkeit (<i>Rhizomania</i>) (Zuckerrübe) • Resistenz gegen <i>Phytophthora</i> (Kartoffel) • Toleranz gegen Rübenzystennematoden (Zuckerrübe, Ölrettich, Senf)	• Herbizidresistenz (Mais, Zuckerrübe, Winterraps) • Virusresistenz (Kartoffel) • Resistenz gegen Wurzelbärtigkeit (<i>Rhizomania</i>) (Zuckerrübe) • Resistenz gegen <i>Phytophthora</i> (Kartoffel) • Resistenz gegen Rübenzystennematoden (Zuckerrübe, Raps) • Resistenz gegen Maiszünsler (Mais) • Resistenz gegen Kartoffelkäfer (Kartoffel)
<i>Qualitätseigenschaften</i>	
• Fettsäurezusammensetzung (Raps, Sonnenblume)	• Stärkegehalt und -zusammensetzung (Kartoffel, Getreide, Mais) • Fettsäurezusammensetzung (Winterraps)

Quelle: nach Albrecht et al. 1997, S. 139

Abschließend werden in Tabelle 7 die Einzelergebnisse aus der Betrachtung der verschiedenen Kulturarten zusammengefaßt. Dabei stehen diejenigen Eigenschaften, bei denen es in Zukunft zu einer signifikanten Verbesserung kommen kann, im Vordergrund. Alle anderen Merkmale bei den einzelnen Kulturarten werden i.d.R. ebenfalls züchterisch bearbeitet und kontinuierlich verbessert (Albrecht et al. 1997, S. 138).

5. Voraussetzungen für den Einsatz neuer Sorten in der Landwirtschaft

Neue Sorten werden von Landwirten nur dann angebaut, wenn sich dadurch für sie ein größerer Nutzen erzielen läßt. Die Nutzung von züchterischem Fortschritt ist dabei sowohl von *ökonomischen Zielen* (Gewinn-, Einkommensmaximierung) als auch von *subjektiven Zielen* (Selbständigkeit, Naturverbundenheit, soziale Anerkennung) abhängig. Diese können sich ergänzen, konkurrieren oder unabhängig voneinander sein (Albrecht et al. 1997, S. 139).

Der Markterfolg einer neuen Pflanzensorte resultiert aus der Vielzahl einzelner *Entscheidungen von Landwirten*, die wiederum von den Sorteneigenschaften als auch von den betrieblichen Situationen abhängig sind. Entscheidungen zur Übernahme neuer Sorten in die landwirtschaftliche Flächennutzung sind *von folgenden Faktoren abhängig* (vgl. Albrecht et al. 1997, S. 139 ff.):

- Erhöhung der *Erlöse*:
 - durch gesteigerte Erträge (infolge höheren Ertragspotentials oder geringerer Ertragsverluste)
 - durch höhere Produktpreise (infolge verbesserter Produktqualität)
- Verringerung der *Kosten*:
 - durch verminderten Betriebsmitteleinsatz
 - durch Wegfall von Arbeitsschritten
- Verminderung des *Anbaurisikos*:
 - durch Aufhebung von Anbaurestriktionen
 - durch höhere Ertragsstabilität
 - durch bessere Gestaltbarkeit des Anbausystems
- *Informationssituation* und Kosten der Informationsbeschaffung:
 - Verfügbarkeit von Sorteninformationen
 - Sortenempfehlungen von Anbauverbänden
 - Informationsbedarf durch Veränderungen des Anbausystems

- *sozialer Kontext:*
 - Selbstverständnis des Landwirtes und Ausrichtung des Betriebes
 - Verhalten anderer Landwirte
- *Absatzsituation* (Reaktionen der Verarbeiter und Konsumenten):
 - Nachfrage nach konventionellen, gentechnisch veränderten und ökologischen Nahrungsmitteln
 - Nachfrage nach nachwachsenden Rohstoffen

Im Hinblick auf eine Veränderung der landwirtschaftlichen Pflanzenvielfalt sind prinzipiell zwei Fälle zu unterscheiden: Einerseits die Substitution von Sorten innerhalb einer Fruchtart, andererseits die Substitution von Fruchtarten und damit eine Veränderung der Fruchtfolgen.

Sortenwechsel

Im kurzfristigen Planungszeitraum ist die Betriebsstruktur und das Produktionsprogramm festgelegt und mit der Sortenwahl wird nur über den Vorleistungseinsatz und die Erlöse des Anbauprogramms entschieden. Mit dem Wechsel zu einer neuen Sorte können ggf. *höhere Erlöse* durch höhere Erträge oder höhere Preise je Produkteinheit erzielt werden. Eine *Ertragserhöhung* kann wiederum aus einem "direkten" Höherertrag der neuen Sorte, z.B. einer Hybridsorte, oder aus der Verringerung von Ertragsverlusten durch *Resistenzen* gegen Krankheiten bzw. Schädlinge, die zuvor nicht bekämpft werden konnten, resultieren. Höhere *Preise* können erzielt werden als Folge verbesserter innerer (Ölsäurezusammensetzung beim Raps oder bereinigter Zuckergehalt bei der Zuckerrübe) oder äußerer Qualitäts- bzw. Verwertungseigenschaften (Albrecht et al. 1997, S. 143 f.).

Eine *Verringerung* des notwendigen *Betriebsmitteleinsatzes* kann vor allem durch die Verwendung neuer Sorten mit *Resistenzen* gegen Krankheiten oder Schädlinge erreicht werden, gegen die bislang Pflanzenschutzmittel ausgebracht oder hygienische und anbautechnische Maßnahmen ergriffen werden mußten. Die Erhöhung des Nährstoffaneignungsvermögens und eine daraus folgende Einsparung an Düngemitteln ist - gerade im Hinblick auf gentechnisch unterstützte Züchtungsansätze - für absehbare Zeit von untergeordneter Bedeutung.

Resistente Sorten können darüber hinaus dazu beitragen, das *Anbaurisiko* für den jeweiligen Betrieb zu *senken*, da eine Reihe von Entscheidungen über Bekämpfungsmaßnahmen im Pflanzenschutz unter Unsicherheit (z.B. bezüglich

der Entwicklung der Schädlingspopulation oder des Witterungsverlaufes) getroffen werden müssen (Albrecht et al. 1997, S. 146).

Im idealisierten Fall treffen die Betriebe ihre Entscheidungen über den Einsatz neuer Sorten unter Abwägung und Verrechnung all dieser Parameter sowie weiterer Faktoren (Aufwand für Informationsbeschaffung und Schulung der Mitarbeiter zum Anbaumanagement der neuen Sorten, Einhaltung geänderter Anbauvorschriften wegen notwendigen Resistenzmanagements etc.) (Albrecht et al. 1997, S. 145). Grundsätzlich gilt, daß *ein Sortenwechsel um so schneller erfolgt, je ähnlicher die Faktoransprüche von alter und neuer Sorte (bei höherem Erlös oder Deckungsbeitrag) sind* (Albrecht et al. 1997, S. 158).

Neben einer rein betriebswirtschaftlich begründeten Entscheidung können gerade bei gentechnisch veränderten Pflanzensorten auch *subjektive Gründe* - z.B. ein prinzipiell ablehnende Einstellung gegenüber der Gentechnik - zum Tragen kommen.

Kulturartenwechsel

Neue Sorten können die relative Vorzüglichkeit zwischen den Kulturarten verändern. Im mittel- bis langfristigen Planungszeitraum können dadurch folgende *Veränderungen des Produktionsprogramms landwirtschaftlicher Betriebe* ausgelöst werden:

- *Verschiebungen innerhalb eines bestehenden Produktionszweiges* (z.B. innerhalb des Getreideanbaues von Gerste zu Weizen)
- *Verschiebungen zwischen bestehenden Produktionszweigen* (z.B. Getreide zu Raps)
- *Aufnahme neuer Produktionszweige* (z.B. Sonnenblumen oder Lein)

Veränderungen des angebauten Kulturartenspektrums bedürfen eines stärkeren Anreizes durch die neuen Sorteneigenschaften. Je ähnlicher die Faktoransprüche von zwei Kulturarten sind, um so leichter kann eine Sorte zu einem Wechsel bei diesen Fruchtarten führen. Sind die Ansprüche hingegen stark unterschiedlich, so kommt es nur bei stark ausgeprägten Veränderungen der relativen Vorzüglichkeit zu einer Substitution (Albrecht et al. 1997, S. 153).

Insbesondere folgende *Wirkungen neuer Sorten* können zum Kulturartenwechsel und damit zur Veränderung von Fruchtfolgen führen:

- *Verringerung des Flächenbedarfs* für eine Kulturart aufgrund von Ertragssteigerungen, wodurch mehr Fläche für andere Kulturarten zur Verfügung steht

- *Verschiebung der Wirtschaftlichkeit* zwischen verschiedenen Kulturarten aufgrund unterschiedlicher Züchtungsfortschritte, was zu entsprechenden Veränderungen zwischen den Produktionszweigen führen kann
- *Freisetzung von Produktionsfaktoren* (Arbeit und Kapital) durch geringeren Betriebsmittelbedarf (z.B. weniger Pflanzenschutzmaßnahmen durch Resistenzen), die dann für andere Produktionszweige eingesetzt werden können
- *Aufhebung pflanzenbaulicher Restriktionen* aufgrund von Krankheits- bzw. Schädlingsresistenzen, was zur Ausdehnung des Anbaues und/oder zur Verengung der Fruchtfolgen führen kann
- *neue Verwendungsmöglichkeiten* aufgrund verbesserter oder veränderter Qualitäts- und Verwertungseigenschaften und dadurch Ausdehnung bzw. Neuanbau dieser Kulturart

Inwieweit entsprechende Wirkungen eintreten, ist nicht alleine von den jeweiligen Sorteneigenschaften abhängig. Wichtige Einflüsse gehen von der Entwicklung der Produkt- und Faktorpreise, den Absatzbegrenzungen (z.B. Quoten bei Zuckerrüben), den Informations- und Managementkosten sowie der Nachfrageentwicklung incl. Nischenmärkte (z.B. biologischer Landbau) aus. Insgesamt handelt es sich um ein *komplexes Wirkungsgefüge*.

In der Vergangenheit haben insbesondere die Spezialisierung, Intensivierung und Rationalisierung der Landwirtschaft sowie die ökonomischen und agrarpolitischen Rahmenbedingungen zur Konzentration bei den angebauten Kulturarten und zur Verengung von Fruchtfolgen geführt (Kap. II.4.1).

Bei den Auswirkungen auf die Vielfalt der angebauten Kulturarten ist schließlich eine Unterscheidung zwischen *regionalen und sektoralen Effekten* von besonderer Bedeutung. So kann eine Verringerung der gesamten Anbaufläche bei einer Kulturart aufgrund von Ertragssteigerungen zwar sektoral zu einer Diversifizierung im Anbau führen, regional aber zu einer Vereinfachung von Fruchtfolgen und einer Konzentration des Anbaues (Albrecht et al. 1997, S. 176).

6. Strukturveränderungen der Saatgutbranche

In diesem Kapitel werden die internationale und deutsche Struktur von Saatgutmarkt und Pflanzenzüchtungsunternehmen beschrieben. Von der Entwicklung der Züchtung und Gentechnik sind Auswirkungen auf die Strukturentwicklung

der Saatgutbranche zu erwarten. Diese Strukturveränderungen könnten schließlich für die zukünftige Vielfalt des Sortenangebotes von Bedeutung sein.

Internationale Struktur der Saatgutbranche

Der Weltmarkt für Saatgut wird auf ca. 45 Mrd. US\$ (1995/96) geschätzt. In dieser Schätzung ist sowohl kommerzielles Saatgut als auch Nachbausaatgut und Saatgut von Regierungsinstitutionen einbegriffen. Der Weltmarkt für kommerzielles Saatgut (Landwirtschaft und Gartenbau) wird auf ca. 15 Mrd. US\$ geschätzt. Davon entfallen allein 14 Mrd. US\$ auf die OECD-Länder, wobei die EU, die USA und Japan die größten Märkte darstellen. Der kommerzielle Saatgutmarkt der EU beträgt ca. 7 Mrd. US\$. Hier stellen Deutschland und Frankreich die größten Einzelmärkte dar. In Regionen wie Afrika und Lateinamerika wird der Saatgutbedarf dagegen zu einem erheblichen Teil durch Nachbau bestritten (Albrecht et al. 1997, S. 39).

Es existieren etwa 1.500 *Saatgutunternehmen weltweit*. Der überwiegende Teil ist in den USA (600) und in Europa (400) angesiedelt. Die Hälfte des gesamten Umsatzes im weltweiten Markt für kommerzielles Saatgut wird von den 24 größten Unternehmen erwirtschaftet (Albrecht et al. 1997, S. 40). Im Vergleich dazu entfallen in der Agrarchemie auf die führenden 10 Unternehmen 86 % des Weltmarktes (Zimmer 1998). Von den 24 größten Saatzuchtunternehmen sind zwei Drittel Saatgutspezialisten, ein Drittel gehört zu größeren Mischkonzernen. Zwei deutsche Unternehmen (KWS und Saaten-Union) gehören zu den führenden Unternehmen mit einem Umsatz von mehr als 100 Mio. US\$ (Albrecht et al. 1997, S. 40 f.).

Deutsche Struktur der Saatgutbranche

Der kommerzielle *Saatgutmarkt in Deutschland* wird auf ca. 1,5 Mrd. US\$ geschätzt. Davon entfällt ca. ein Drittel auf Zierpflanzen.

Rund 100 meist mittelständische *Saatgutunternehmen* beschäftigen sich in Deutschland mit der Züchtung und dem Vertrieb von landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Kulturpflanzen. 70 Unternehmen haben eigene Zuchtprogramme, während die restlichen 30 Unternehmen auf den Vertrieb deutscher und ausländischer Sorten spezialisiert sind. Insgesamt sind ca. 2.300 feste Mitarbeiter in der deutschen Saatgutbranche beschäftigt. Die meisten Unternehmen haben 1 bis 20 festangestellte Mitarbeiter (BML 1996a, S. 11; Albrecht et al. 1997, S. 43).

Die Unternehmen bearbeiten in der Regel einige wenige Kulturarten. Die private Pflanzenzüchtung konzentriert sich dabei weitgehend auf die *wirtschaftlich wichtigsten Ackerkulturen* (Getreide, Mais, Raps, Zuckerrübe, Kartoffel, Futterpflanzen). Die Züchtung seltener, meist wirtschaftlich wenig bedeutender Arten sowie der Dauer- und Sonderkulturen wird weitgehend von staatlichen und universitären Einrichtungen getragen. Auch in der Gemüsezüchtung sind nur noch wenige Unternehmen aktiv (BML 1996a, S. 12).

Entwicklungstendenzen

Im *internationalen Saatgutsektor* haben in der Vergangenheit Konzentrationsprozesse stattgefunden. In den 70er Jahren haben sich branchenfremde Firmen, z.B. aus der Petrochemie, in die Saatgutbranche eingekauft. Dies führte allerdings zu keinem dauerhaften Strukturwandel. In den letzten Jahren sind - im Kontext der modernen Biotechnologien - branchenfremde Unternehmen (aus der Agrarchemie, Pharma- und Ernährungsindustrie) in die Pflanzenzüchtung eingestiegen bzw. haben Saatgutunternehmen übernommen (Albrecht et al. 1997, S. 66).

Es wird erwartet, daß international in Zukunft die Konzentration in der Saatgutbranche zunehmen wird. Als Gründe hierfür werden genannt: zunehmend stärker umkämpfte Märkte durch internationale Konkurrenz, schwieriger Zugang zu neuen Märkten, steigende Kosten für Forschung und Entwicklung (insbesondere durch die Gentechnik), hohe Kosten für die Untersuchung gentechnisch veränderter Pflanzen im Rahmen der Zulassung sowie verbesserte private Schutzrechte (Patente) für gentechnisch veränderte Sorten (Albrecht et al. 1997, S. 42 f., 66).

In der *deutschen Saatgutbranche* hat in der Vergangenheit keine signifikante Verringerung der Zahl der Saatzuchtunternehmen stattgefunden. Stark zugenommen haben allerdings unterschiedlichste Kooperationsformen, wobei oft nicht zu erkennen ist, inwieweit die Eigenständigkeit der Firmen noch gewahrt ist. Branchenfremde Unternehmen haben in den letzten 10 Jahren in der deutschen Sortenentwicklung keine Rolle gespielt (Albrecht et al. 1997, S. 67).

Die führenden *Unternehmen der Bio- und Gentechnikentwicklung im Pflanzenbereich* verfolgen vereinfacht zwei unterschiedliche Strategien. Zum einen wird eine "indoor"-Strategie verfolgt, bei der das Unternehmen von der Forschung und Entwicklung der gentechnischen Produkte über die Herstellung bis zur Vermarktung alles in einer Hand behält. Zum anderen treten Unternehmen als reine Anbieter von bio- und gentechnischem Know-how auf. Als Vertreter

der "indoor"-Strategie kann Novartis gelten (obwohl auch bei Novartis Kooperationen bestehen), während AgrEvo sich eher als Biotechnologie-Anbieter versteht und Monsanto eine Mischung beider Strategien verfolgt. Die großen Saat-zuchtunternehmen engagieren sich ebenfalls seit Jahren in der Bio- und Gentechnik (Albrecht et al. 1997, S. 67).

Verglichen mit konventioneller Züchtung wird bei der gentechnisch unterstützten Züchtung mit einer Erhöhung der Züchtungskosten um 15 bis 50 % gerechnet. Unklar ist, ob diese zusätzlichen Kosten dauerhaft so hoch bleiben. Die Haltung der deutschen Pflanzenzüchter gegenüber der Gentechnik war lange Zeit sehr reserviert. Insgesamt setzten 1996 von 70 aktiven Züchtern 17 % Gentechnik ein, die meisten davon in Kooperationen. Der überwiegende Teil der Züchter rechnet erst nach dem Jahr 2000 damit, *Gentechnik in der Züchtung* einzusetzen. In der Bundesrepublik arbeiten in erster Linie die größeren Züchtungsunternehmen mit gentechnisch veränderten Pflanzen. Gut die Hälfte der Züchter verfügt aber über Kooperationen, über die gentechnisch verändertes Material zur Verfügung gestellt werden könnte. Beziehungen bestehen sowohl zu Universitäten und Instituten als auch zu anderen Züchtern und Firmen. Die kooperierenden Universitäten/Instituten sind hauptsächlich in der Bundesrepublik angesiedelt, während die Kooperationen zwischen Züchtern größtenteils auf EU-Ebene bestehen (Albrecht et al. 1997, S. 68). Die Züchtungsunternehmen werden voraussichtlich kurz- und mittelfristig eine parallele Strategie von konventioneller und gentechnisch unterstützter Züchtung verfolgen, d.h. nicht ihr gesamtes Zuchtmaterial gentechnisch verändern (Albrecht et al. 1997, S. 63).

Zur Zeit wird der *Einfluß der Gentechnik auf die Wettbewerbssituation* in der deutschen Saatgutbranche als sehr gering eingeschätzt. Hinsichtlich des zukünftigen Einflusses der Gentechnik auf die Strukturentwicklung gehen die Einschätzungen aber auseinander. Insbesondere der Bundesverband Deutscher Pflanzenzüchter (BDP) schätzt die deutschen Saat-zuchtunternehmen als flexibel und innovativ und die Möglichkeiten für Kooperationen (um Zugang zu gentechnischen Innovationen zu erhalten) als ausreichend ein. Dementsprechend wird kein besonderer Wettbewerbsnachteil infolge der Bio- und Gentechnik für die mittelständische Pflanzenzüchtung erwartet (Albrecht et al. 1997, S. 64). Eine andere Einschätzung beruht darauf, daß bei international interessanten Kulturarten (wie Mais, Raps, Zuckerrübe) die Züchtung schon heute in der Hand sehr weniger Unternehmen ist. Und es wird befürchtet, mit der Gentechnik könnte sich die Wahrscheinlichkeit erhöhen, daß bei einzelnen Kulturen (z.B. Mais) ein Unternehmen eine Monopolstellung erlangen wird. Die mittel-

ständischen Unternehmen würden dann in Nischen abgedrängt oder sogar ganz verdrängt. Dagegen wird wiederum vorgebracht, daß es unwahrscheinlich sei, daß ein Unternehmen den gesamten Genpool einer Kulturart abdecken könnte und deshalb auch nicht dauerhaft eine marktbeherrschende Position einnehmen werde.

Die *Patentierbarkeit von Genen oder molekularbiologischen Techniken* wird von der deutschen Pflanzenzüchtung als unproblematisch angesehen, solange der Zugang zu Patenten nicht verwehrt wird. Da es rechtlich allerdings möglich ist, sowohl den Zugang zu Patenten zu verwehren als auch Exklusivverträge abzuschließen oder das Gen bzw. die Eigenschaft nur innerhalb der eigenen Produktkette zu nutzen, wird es als wichtig angesehen, daß die Züchtungsunternehmen eigene FuE betreiben und dadurch eigene Konstrukte und Techniken entwickeln. Die Gefahr, daß einzelne Unternehmen durch die Verfügungsrechte über bestimmten Technologien bzw. über deren Vermarktungsstrategie langfristig einen entscheidenden Marktvorteil bekommen, wird als relativ gering angesehen und eher als temporäres Problem aufgefaßt. Als Grund wird angegeben, daß ein patentfähiges Produkt in der Regel nicht ausreicht, um eine erfolgreiche Sorte auf den Markt zu bringen (Albrecht et al. 1997, S. 64 ff.).

IV. Auswirkungen neuer Sorten auf die biologische Vielfalt

Ein Hauptziel des TA-Projektes war es zu prüfen, welche Einflüsse von der Pflanzenzüchtung auf die biologische Vielfalt innerhalb und außerhalb der Landwirtschaft ausgehen können. Unterschieden werden im folgenden direkte und indirekte Auswirkungen des Einsatzes neuer Sorten (Tab. 8), wobei grundsätzlich gentechnisch veränderte und konventionell gezüchtete neue Sorten in die Analyse miteinbezogen werden. Mit den *direkten Wirkungen* werden Veränderungen bei der Vielfalt der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen beschrieben. Unter den *indirekten Wirkungen* werden die Einflüsse neuer Sorten auf die Vielfalt der übrigen Lebewesen in Agrarökosystemen sowie der umgebenden bzw. über Wirkungsketten verbundenen Ökosysteme verstanden.

Tab. 8: Systematik der Auswirkungen neuer Sorten auf die biologische Vielfalt

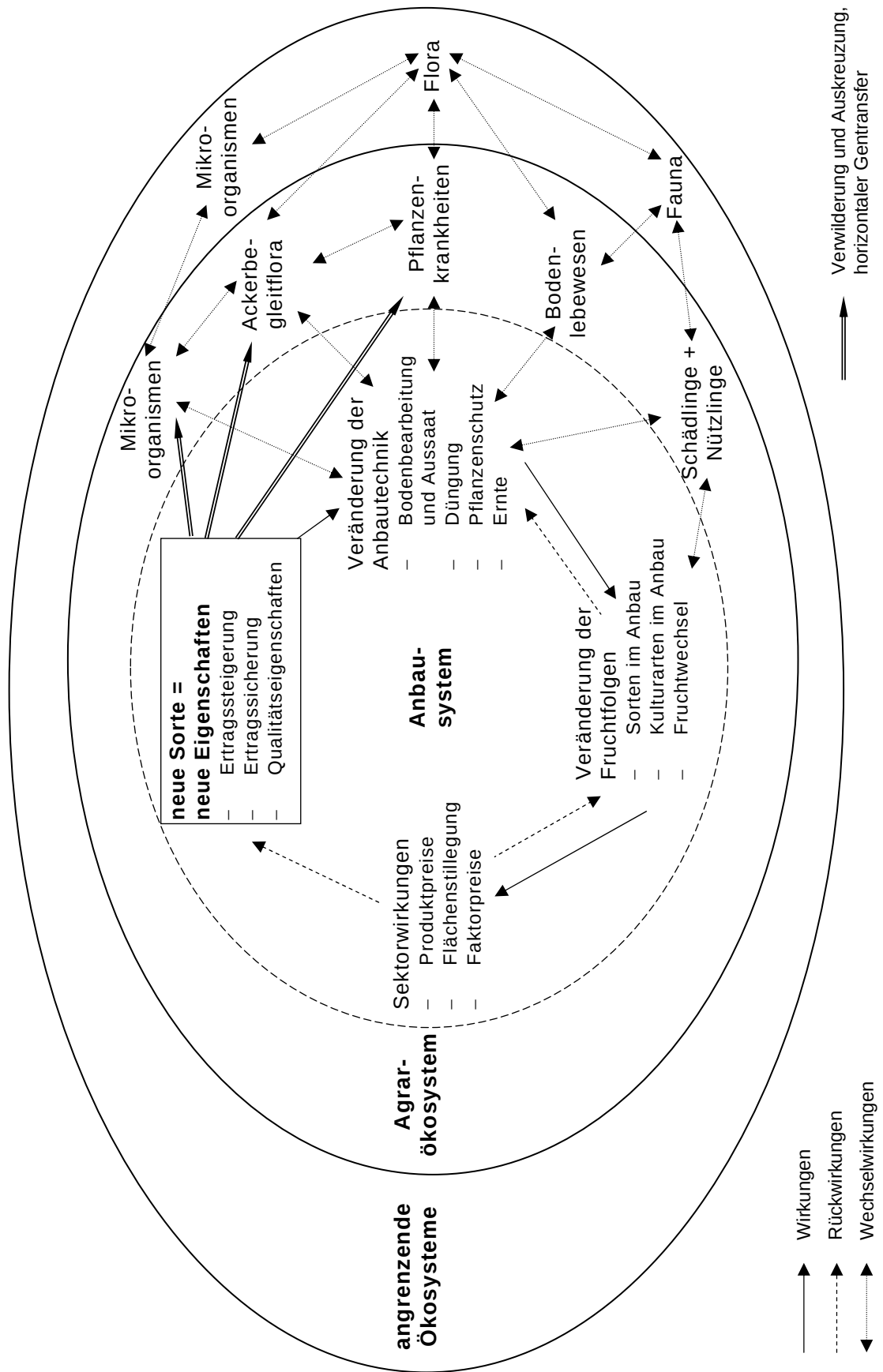
<i>Ebene</i>	<i>direkte Auswirkungen</i>	<i>indirekte Auswirkungen</i>
<i>genetische Vielfalt</i>	• genetische Diversität der Sorten • Sortenvielfalt	• genetische Diversität der verbundenen Fauna und Flora
<i>Artenvielfalt</i>	• Kulturarten im Anbau	• Ackerbegleitflora (Bei- und Unkräuter) • Pflanzenkrankheiten • Schädlinge und Nützlinge • Bodenlebewesen
<i>Ökosystemvielfalt</i>	• Fruchtfolgen • landwirtschaftliche Flächennutzung	• Agrarökosysteme • angrenzende Ökosysteme

Die *direkten Auswirkungen* umfassen damit die Sortenvielfalt, die Kulturartenvielfalt und die Vielfalt der landwirtschaftlichen Flächennutzung. Als *indirekte Auswirkungen* werden alle denkbaren Folgen für die biologische Vielfalt, außer den landwirtschaftlichen Nutzpflanzen und Produktionssystemen selbst, zu-

sammengefaßt. Durch neue Sorten verursachte Veränderungen der Anbaupraxis können sich insbesondere auf der Ebene der Artenvielfalt und der Ökosystemvielfalt der landwirtschaftlich genutzten und der angrenzenden Flächen auswirken. Mögliche Auswirkungen eines Verwilderungspotentials neuer Sorten sind Veränderungen der Ackerbegleitflora der Agrarökosysteme und der Pflanzengesellschaften angrenzender Ökosysteme. Bei den gentechnisch veränderten neuen Sorten wird schließlich eine intensive Diskussion über verschiedene Möglichkeiten des Gentransfers geführt, der potentiell die genetische Diversität der umgebenden Fauna und Flora sowie als weitere Folge dann die Artenvielfalt verändern könnte.

Mit der Abbildung 11 wird der Versuch unternommen, die *komplexen Zusammenhänge* zu illustrieren. Innerhalb des landwirtschaftlichen Anbausystems können neue Sorten bzw. ihre neuen Eigenschaften zu direkten Auswirkungen auf die Anbautechnik, den Sorten- und Kulturartenanbau und die Gestaltung der Fruchtfolgen führen (Kap. IV.1). Dies kann auf Sektorebene, insbesondere längerfristig, Auswirkungen auf die Produkt- und Faktorpreise und die Flächennutzung (z.B. Flächenstillegung) haben, was wiederum auf die Züchtungsziele und das weitere Angebot an neuen Sorten zurückwirken kann. Vor allem Veränderungen der Anbautechnik (Bodenbearbeitung und Aussaat, Düngung, Pflanzenschutz, Ernte), die aus den neuen Sorteneigenschaften resultieren, können sich auf die anderen Bestandteile der Agrarökosysteme (Ackerbegleitflora, Pflanzenkrankheiten, Schädlinge und Nützlinge) indirekt auswirken (Kap. IV.2.1). Die Agrarökosystembestandteile stehen dabei zusätzlich in Wechselwirkungen untereinander und mit den angrenzenden Ökosystemen. Neue Resistenzeigenschaften können die Ausbreitung von Pflanzenkrankheiten und Schädlingen auch unmittelbar verändern. Außerdem beeinflusst die Fruchtfolgegestaltung einerseits das Auftreten bestimmter Krankheiten und Schädlinge, andererseits wirkt sich der vorhandene Befallsdruck auf die Gestaltungsfreiheit bei den Fruchtfolgen aus. Von den neuen Sorten ausgehend, können Verwilderung und Auskreuzung potentiell Veränderungen der Ackerbegleitflora und der Flora verbundener Ökosysteme auslösen (Kap. IV.2.2). Horizontaler Gentransfer findet dagegen potentiell mit Mikroorganismen der Agrarökosysteme statt, die die übertragenen Gene theoretisch wie angegeben weiterreichen könnten (Kap. IV.2.3). Die in Abb. 11 dargestellten Wirkungsketten können nicht vollständig sein. Nur begrenzt liegen Kenntnisse über ihre Ausgestaltung vor, die in der Regel von den konkreten (Agrar-)Ökosystemen abhängig ist. Noch schwieriger ist die Beurteilung, was mögliche Veränderungen jeweils für die biologische Vielfalt bedeuten.

Abb. 11: Schema potentieller Wirkungen neuer Pflanzensorten auf die biologische Vielfalt



1. Direkte Auswirkungen

In diesem Kapitel werden mögliche Auswirkungen neuer Sorten auf die Vielfalt der landwirtschaftlicher Kulturpflanzen und der landwirtschaftlichen Flächennutzung beschrieben.

1.1 Genetische Vielfalt der Sorten

Auswirkungen auf die genetische Vielfalt lassen sich anhand der genetischen Diversität zwischen den Sorten sowie der Anzahl der zugelassenen und angebauten Sorten beschreiben.

Genetische Diversität der Sorten

Mit der Entwicklung der letzten 100 Jahre vom Anbau vieler verschiedener Landsorten und lokaler Varietäten zur Nutzung weniger moderner Hochleistungssorten ist eine *starke Abnahme der genetischen Diversität* verbunden. Denn mit der züchterischen Auslese ist unabdingbar eine Einschränkung der genetischen Vielfalt verbunden (vgl. BML 1996a, S. 59). Ein erheblicher Teil der pflanzen genetischen Ressourcen der für Deutschland wichtigen Kulturpflanzen wird nur noch in Genbanken (ex situ) erhalten (Kap. II.3.2).

Gleichzeitig hat in den heute angebotenen Sorten eine *Anreicherung agronomisch bedeutender Merkmale (Gene)* stattgefunden und in diesem Sinne die genetische Basis verbreitert (Kap. III.2). Dies bedeutet, daß die heutigen Sorten viel mehr agronomisch positive Eigenschaften (z.B. Resistenzen, Qualitätseigenschaften) in sich vereinigen als frühere Sorten. Die genetischen Ressourcen, die die Pflanzenzüchtung in der Vergangenheit genutzt hat und auch zukünftig nutzen wird, stammen sowohl aus Alten Landsorten als auch aus Wildformen der Ursprungsgebiete.

Die Sorten einer Kulturart sind mittlerweile phänotypisch relativ einheitlich. Für einzelne Kulturarten ist belegt, daß zwischen den Sorten teilweise *enge Verwandtschaftsbeziehungen* bestehen. Verwandtschaftsbeziehungen und sichtbare (phänotypische) Einheitlichkeit geben allerdings keine ausreichende Information über die genetische Diversität der Sorten. Deshalb kann letztlich nicht beurteilt werden, in welchem Umfang eine genetische "Einengung" statt-

gefunden hat und inwieweit daraus eine erhöhte Verwundbarkeit der Agrarproduktion resultiert (Kap. III.3).

Konventionelle und gentechnisch unterstützte Züchtung werden in Zukunft weitere agronomisch bedeutende Merkmale in die Sorten einfügen. Die *vermutlich relativ geringe genetische Diversität zwischen den Sorten* wird sich dadurch aber *nicht entscheidend verändern*.

In der *konventionellen Züchtung* werden die pflanzen genetischen Ressourcen als Quelle gewünschter Eigenschaften auch zukünftig eine wichtige Rolle spielen. Infolge der *Gentechniknutzung in der Pflanzenzüchtung* sind zwei unterschiedliche Auswirkungen denkbar. Einerseits könnte die heute vorherrschende Verwendung isolierter Gene aus Viren, Pilzen, Bakterien, Tieren oder Pflanzen, die nicht zum Genpool der jeweiligen Kulturarten gehören, zu einer abnehmenden Bedeutung der pflanzen genetischen Ressourcen führen. Andererseits wird erwartet, daß mit Hilfe der Gentechnik die Übertragung einzelner Gene aus wilden bzw. primitiven Verwandten der Kulturpflanzenarten (also aus dem sekundären und tertiären Genpool) wesentlich erleichtert und damit die Nutzung der pflanzen genetischen Ressourcen noch an Bedeutung gewinnen wird (Friedt et al. 1997, S. 113).

Schließlich könnte der *Strukturwandel in der Saatgutbranche* (Kap. III.6) zu einer Verringerung der genetischen Diversität führen, da die internationale Präsenz und die steigenden Züchtungskosten eine überregionale Verbreitung von wenigen Sorten fördern. Dies könnte insbesondere dann eintreten, wenn die Erwartung zutrifft, daß Saatgutunternehmen infolge der Gentechnik bei einzelnen international bedeutenden Kulturarten - zumindest auf Zeit - eine Monopolstellung erlangen werden. Allerdings ist es unwahrscheinlich, daß, selbst wenn in Zukunft ein Unternehmen die Kontrolle über alle relevanten Genkonstrukte für eine Kulturart haben sollte, dieses gleichzeitig die Kontrolle über die große Vielfalt der anderen (in der konventionellen Züchtung verwendeten) Merkmale hat oder diese ihre Bedeutung verlieren. Außerdem dürften nur sehr wenige Sorten für die Vielfalt der unterschiedlichen Standortbedingungen in Europa gleichermaßen geeignet und vorteilhaft sein.

Anzahl der zugelassenen Sorten

In den letzten 20 Jahren hat die Zahl der zugelassenen Sorten erheblich zugenommen. Dies gilt insbesondere für Mais, Zuckerrüben, Kartoffeln und Raps (Kap. II.4.2). Zusätzlich ist ein schnellerer Wechsel im Sortenangebot zu beobachten (Albrecht et al. 1997, S. 115). Diese *Zunahme der zugelassenen Sorten*

bedeutet nicht automatisch auch eine Zunahme der genetischen Vielfalt bei den Hauptkulturarten (s.o.).

Allgemein wird erwartet, daß sich *in Zukunft* bei den Hauptkulturarten der *Trend* zu mehr zugelassenen Sorten und zu einem schnelleren Wechsel im Sortenangebot noch *fortsetzen wird* (vgl. Albrecht et al. 1997, S. 68). Als Ursache werden die zunehmende Konkurrenz auf dem Saatgutmarkt, die fortbestehende Regionalbindung von Sorten und der beschleunigte Züchtungsfortschritt (z.B. durch moderne Biotechnologien) genannt. Dieser Erwartung liegt außerdem die Einschätzung zugrunde, daß sich der Strukturwandel in der Saatgutbranche nicht auf diesen Trend im Sortenangebot auswirken wird (s.o.).

Die Möglichkeit der *Zulassung abgeleiteter Sorten* (Kap. II.5.1), d.h. von Sorten, die mittels Gentechnik nur in einem oder wenigen Merkmalen verändert sind, könnte zusätzlich zu einer größeren Zahl von zugelassenen Sorten beitragen. Dieser Sachverhalt ist aber für die genetische Vielfalt der Sorten praktisch irrelevant, da ja nur einzelne Gene hinzukommen.

Anzahl der angebauten Sorten

Von den zugelassenen Sorten dominieren in der Regel wenige den landwirtschaftlichen Anbau (Kap. II.4.2). Damit ist die *genetische Vielfalt bei den meisten Kulturarten in der deutschen Landwirtschaft sehr gering*. Während in den letzten Jahren der Anteil der führenden Sorten bei Winterweizen, Winterroggen und Winterraps zurückgegangen ist, blieb er bei anderen Kulturarten unverändert hoch. Eine Ausnahme bildet der Kartoffelanbau, bei dem ein breites Sortenspektrum eingesetzt wird (vgl. BML 1996a, S. 67 f.).

Die Entscheidungen der Landwirte zur Sortenwahl (und damit zum Anbau neuer Sorten) sind ein sehr komplexer Vorgang (Kap. III.5), so daß Aussagen über die zukünftige Entwicklung der angebauten Sorten kaum möglich sind. Grundsätzlich ist eine deutliche Verringerung der Anzahl angebauter Sorten immer dann zu erwarten, wenn ein sehr großer Züchtungsfortschritt (Kap. III.4) zunächst nur bei einer oder sehr wenigen neuen Sorten realisiert wird (die damit eine große ökonomische Vorteilhaftigkeit erlangen) und wenn bei der jeweiligen Kulturart eine Verwendungsrichtung bestimmend ist. Die bisher in Freisetzungsversuchen getesteten gentechnisch veränderten Sorten weisen offensichtlich nicht für alle Standorte oder Situationen eine solche eindeutige Überlegenheit auf. *Damit fehlen Indizien, die auf eine zukünftige grundlegende Veränderung bei der Vielfalt der angebauten Sorten hinweisen könnten.*

1.2 Kulturartenvielfalt

Auswirkungen auf der Ebene der Artenvielfalt betreffen insbesondere die Anzahl der angebauten Kulturarten und die regionale Konzentration von Kulturarten.

Vielfalt der angebauten Kulturarten

In den letzten Jahrzehnten hat sich in Deutschland die Anzahl der angebauten Kulturarten zwar nicht grundsätzlich verringert, aber die Anbauanteile zwischen den Kulturarten haben sich erheblich verschoben. Insbesondere hat ein *Konzentrationsprozeß* stattgefunden, d.h. auf dem größten Teil der Anbaufläche werden weniger Kulturarten angebaut (Kap. II.4.1).

Konventionelle und gentechnisch unterstützte Züchtung konzentrieren sich auf die Hauptkulturarten, so daß Verbesserungen von Ertragspotential, Ertragsicherheit und Qualitätseigenschaften bei den ökonomisch wichtigsten Kulturarten, die schon heute die Flächennutzung dominieren, zu erwarten sind (Kap. III.2). Von dieser Seite ist also tendenziell eine *Fortsetzung des bisherigen Trends* zu erwarten. Die Entwicklung der angebauten Kulturarten wird neben der Leistungssteigerung neuer Sorten allerdings auch wesentlich durch ökonomische und agrarpolitische Rahmenbedingungen bestimmt.

Die Adaption und Leistungssteigerung *marginaler oder neuer Kulturarten* ist erst einmal auf die konventionelle Pflanzenzüchtung angewiesen, wobei Aufwand und Unsicherheit die meisten privaten Pflanzenzüchter überfordern, so daß die züchterische Entwicklung neuer Kulturarten in der Regel auf staatliche Unterstützung angewiesen ist. Züchtung für neue Verwendungszwecke (z.B. nachwachsende Rohstoffe) führt nur dann zu einer Erhöhung der Kulturartenvielfalt, wenn es sich nicht um die Hauptkulturarten der Nahrungsmittelproduktion handelt.

Schließlich tragen private Initiativen und einzelne staatliche Programme zum *Anbau vernachlässigter Kulturarten* und zum Anbau pflanzengenetischer Ressourcen (alte Sorten, Landsorten) bei (Kap. V.3). Diese Aktivitäten sind zwar im Hinblick auf die gesamte Flächennutzung unbedeutend, haben aber für die Erhaltung der Kulturartenvielfalt eine große Bedeutung.

Regionale Veränderungen der Kulturartenvielfalt

Auch wenn auf der Gesamtfläche die Anbauanteile unverändert bleiben, kann es regional zu einer geringeren Kulturartenvielfalt kommen. Solche Entwicklungen könnten theoretisch ausgelöst werden durch

- neue Resistenzen gegen Schadorganismen, die bisher nicht bekämpfbar waren, und dadurch Wegfall von regionalen Anbaubeschränkungen,
- Ertragssteigerungen bzw. Reduzierung der Ertragsverluste bei fehlenden Möglichkeiten zur Nachfrageerhöhung und dadurch Konzentration des Anbaus auf die für die jeweilige Kulturart günstigsten Standorte sowie
- neue Qualitätseigenschaften und dadurch regionale Konzentration des Anbaues in der Nähe von Abnehmern bzw. Verarbeitern.

Neue Sorten sind dabei immer nur ein Faktor unter vielen (Kap. III.5). Deshalb können hier keine Aussagen getroffen werden, inwieweit die zu erwartenden neuen Sorten zu regionalen Veränderungen der Kulturartenvielfalt führen werden.

1.3 Vielfalt der landwirtschaftlichen Flächennutzung

In diesem Kapitel werden schließlich mögliche direkte Auswirkungen neuer Sorten auf die Diversität landwirtschaftlich genutzter Kulturlandschaften untersucht. Dabei sind sowohl Veränderungen an einem Standort in der Zeit (Kulturartenvielfalt innerhalb einzelner Fruchtfolgen) als auch Beeinflussungen der Vielfalt zwischen verschiedenen Standorten (Vielfalt der Fruchtfolgen und Vielfalt der landwirtschaftlichen Flächennutzung) zu betrachten. Diese direkten Veränderungen der Vielfalt landwirtschaftlicher Produktionssysteme ist außerdem Ausgangspunkt für indirekte Auswirkungen auf die Agrarökosysteme und angrenzende Ökosysteme (Kap. IV.2).

Kulturartenvielfalt innerhalb einzelner Fruchtfolgen

In den vergangenen Jahrzehnten hat in Deutschland eine deutliche *Vereinfachung* bzw. *"Verengung"* der Fruchtfolgen stattgefunden (vgl. SRU 1985, S. 72 f.). Die wichtigsten Ursachen hierfür waren:

- Die starke *betriebliche Spezialisierung* war entscheidend für die Einengung der Produktionspalette der einzelnen Betriebe. Dies mußte zwangsläufig zu einer Vereinfachung der Fruchtfolgen führen.
- Die *Marktordnungs- und Preispolitik der EU* hat die Vorzüglichkeit weniger Kulturarten begünstigt und daher diese Entwicklung verstärkt.
- Mit den *Möglichkeiten des chemischen Pflanzenschutzes* haben phytosanitäre Maßnahmen mittels Fruchtfolgegestaltung an Bedeutung verloren.
- *Moderne Bodenbearbeitung, mineralische Düngung sowie Stroh- und Gründüngung* haben Funktionen der Bodenfruchtbarkeits-Erhaltung durch vielfältige Fruchtfolgen übernommen.
- *Schlagkräftige Landmaschinenteknik* ermöglichte die Bewältigung von Arbeitsspitzen, so daß die Notwendigkeit vielfältiger Fruchtfolgen zur gleichmäßigeren Auslastung der vorhandenen Arbeitskräfte wegfiel.
- Die unterschiedliche *züchterische Verbesserung* bei den einzelnen Kulturarten dürfte dagegen nur eine untergeordnete Rolle gespielt haben.

Deshalb können auch von den zukünftigen neuen Sorten nur schwache Einflüsse auf die Gestaltung der Fruchtfolgen ausgehen.

Vielfalt der Fruchtfolgen

Durch die *Intensivierung* der Agrarproduktion (und der damit verbundenen Angleichung von Standorten) und die *räumliche Konzentration* von Produktionszweigen - in Verbindung mit der Spezialisierung der landwirtschaftlichen Betriebe (s.o.) - hat sich *die Vielfalt der Fruchtfolgen in der Vergangenheit erheblich verringert*. Die wirtschaftlichen und agrarpolitischen Rahmenbedingungen der deutschen Landwirtschaft waren wesentliche Ursachen für diese Entwicklung. Indem sich die Pflanzenzüchtung auf die ökonomisch interessanten Hauptkulturarten konzentriert hat, ist sie dieser Entwicklung gefolgt.

Da konventionelle und gentechnisch unterstützte Züchtung auch in Zukunft ihren Schwerpunkt bei den Hauptkulturarten haben wird, ist von ihr keine Veränderung des bisherigen Trends zu erwarten. Dies bedeutet, daß von den zu erwartenden neuen Sorten (Kap. III.4) voraussichtlich *keine wesentlichen Anreize zur Erweiterung der Fruchtfolgen bzw. zu einer größeren Vielfalt der Fruchtfolgen* ausgehen werden.

Bestimmte, insbesondere gentechnisch verfolgte Zuchtziele wie Resistenzen gegen bisher nicht bekämpfbare Pilzkrankheiten, Virose oder Nematoden oder neue Qualitätseigenschaften könnten *regional zu Veränderungen der Fruchtfol-*

gen führen. Auch eine Aufhebung von Fruchtfolgebeschränkungen (z.B. durch neue Resistenzen) muß nicht automatisch eine Verengung von Fruchtfolgen bewirken. In der Regel wird es voraussichtlich nur zu einem Austausch von Fruchtfolgegliedern kommen. Da Anbauprogramm und Fruchtfolgegestaltung der landwirtschaftlichen Betriebe von zahlreichen Faktoren (Kap. III.5) abhängen, ist keine eindeutige Aussage darüber möglich, ob diese regionalen Veränderungen zu einer Zunahme oder Verringerung der Fruchtfolgenvielfalt führen werden.

Zuchtziele, die sich auf Anbausystem und Betriebsmitteleinsatz auswirken, dürften in der Regel kurz- bis mittelfristig keine Auswirkung auf die Fruchtfolgegestaltung haben, da der Einsatz der neuen Sorten zwar einen wirtschaftlichen Vorteil gegenüber den bisherigen Sorten darstellt (und den Sortenwechsel auslöst), aber keine gravierende Verschiebung der Vorteilhaftigkeit zwischen den Kulturarten bewirkt (Kap. III.5). Erst wenn durch diese Zuchtziele längerfristig bei einer Kulturart die Produktionskosten erheblich gesenkt werden, kann sich dies auf den Produktionsumfang und damit auf die Fruchtfolgen auswirken.

Veränderungen der landwirtschaftlichen Flächennutzung

Signifikante *Ertragssteigerungen* sind vor allem durch die Hybridzüchtung bei Winterroggen und -raps sowie durch die Verbesserung der Winterhärte (v.a. bei Winterraps und in gewissem Maße bei Winterhafer) zu erwarten (Kap. III.4). *Bei konstanter Nachfrage* führen höhere Flächenerträge zu einer *abnehmenden Anbaufläche*. Steigende Erträge können eine Senkung der landwirtschaftlichen Erzeugerpreise bewirken, was aufgrund der stagnierenden Nahrungsmittelmärkte aber oftmals nicht mit einer Ausweitung der Nachfrage verbunden ist (Albrecht et al. 1997, S. 177). Höhere Produktionsmengen durch Ertragssteigerungen führen schließlich nicht zu abnehmenden Anbauflächen, wenn die zusätzlichen Produktionsmengen auf den Weltagrarmärkten abgesetzt werden können. Diese Möglichkeit ist von der Entwicklung der Weltagrarmärkte und der Exportsubventionen der EU abhängig.

Sind neue Sorten gegenüber bestimmten Krankheiten und Schädlingen resistent (Zuchtziel *Ertragssicherung*), kommt es zu einer Verminderung von Ertragsverlusten, die durch diese Krankheiten und Schädlinge verursacht wurden. Konnten diese Krankheiten und Schädlinge bisher nicht bekämpft werden oder war eine Bekämpfung unwirtschaftlich, so kommt es durch den Anbau von resistenten Sorten zu einer Erhöhung der Erträge (Albrecht et al. 1997, S. 180). Dies gilt insbesondere für neue Virusresistenzen bei Kartoffeln und Zuckerrü-

ben und neue Nematodenresistenzen bei Zuckerrüben (Kap. III.4). In diesen Fällen werden die gleichen Auswirkungen auf die Anbauflächenentwicklung ausgelöst wie bei einer direkten Ertragssteigerung.

Eine *verbesserte Ertragssicherheit neuer Sorten, bei der die neue Resistenz bisherige chemische Bekämpfungsmaßnahmen ersetzt* (beispielsweise Resistenz gegen Maiszünsler oder gegen Kartoffelkäfer, Kap. III.4), ist in der Regel ertragsneutral (allerdings nicht erlösneutral) und hat daher keine Auswirkungen auf die gesamte Anbaufläche. Die Aufhebung von Anbaurestriktionen (z.B. Resistenzen bei Kartoffeln) kann zu einer Ausweitung der regionalen Anbaufläche führen, die sich jedoch in der Regel auf jene Betriebe beschränken wird, die bisher schon Kartoffeln angebaut haben, da die Schwelle zur Neuaufnahme des Kartoffelanbaus aufgrund der hohen Kosten für die notwendigen Spezialmaschinen sehr hoch ist. Dadurch könnte es zu einer regionalen Konzentration des Kartoffelanbaus, z.B. in der Nähe von Stärkefabriken, kommen (Albrecht et al. 1997, S. 183).

Neue Sorten mit veränderten *Qualitätseigenschaften* werden dann von den Landwirten angebaut, wenn für die erzeugten Produkte auch ein Markt besteht. Hinsichtlich der Bedeutung für den Anbauumfang der neuen Sorte wie auch für andere Kulturarten ist zu untersuchen, ob es sich um Veränderungen auf einem bereits bestehenden Markt oder um eine neue Nische handelt (Albrecht et al. 1997, S. 185).

Eine Ausdehnung des Stärkemarktes kann zu einer verstärkten Nachfrage nach Weizen und nach Kartoffeln führen. Die durch den Anbau von Stärkekartoffeln mögliche Auflockerung von getreidereichen Fruchtfolgen ist positiv zu bewerten. Käme es hingegen an den Standorten der Stärkefabriken zu einer regionalen Konzentration im Anbau, so bedeutet dies eine Einengung der Fruchtfolgen (Albrecht et al. 1997, S. 186).

Eine Folge der Veränderung der Ölsäurezusammensetzung in Raps könnte neben der Ausweitung des Anbaus für chemisch-technische Verwendungen auch eine Unterlassung oder Verdrängung der Züchtung an anderen bisher nicht oder kaum züchterisch bearbeiteten Ölpflanzen (z.B. Kreuzblättrige Wolfsmilch, Färberdistel, Crambe, Ölräuke oder Öl-Lein) sein. Handelt es sich um nachwachsende Rohstoffe, so kann die Bereitstellung von neuen Sorten mit veränderten Inhaltsstoffen zu einer Ausweitung des Rapsanbaus beitragen, wenn die Anforderungen der Abnehmer an die Verarbeitungsqualität erfüllt werden und der Anbau auf im Rahmen der EU-Agrarreform stillgelegten Flächen erfolgt. Die Ausweitung der Rapsanbaufläche wird allerdings durch das

Blair-House-Abkommen mit seiner anbauflächenbegrenzenden Wirkung limitiert (Albrecht et al. 1997, S. 186).

Der Fortschritt der Pflanzenzüchtung und die daraus resultierenden neuen Sorten führen *insgesamt* zu wachsenden Ertragspotentialen. Diese treffen auf eine weitgehend stagnierende Gesamtnachfrage nach Agrarprodukten. Unter den derzeitigen Rahmenbedingungen muß dies zur Ausweitung der Flächenstilllegung bzw. zur vollständigen Aufgabe der landwirtschaftlichen Flächennutzung (Sozialbrache) führen, (sofern keine Anbau- und Verwendungsalternativen, z.B. nachwachsende Rohstoffe, vorhanden sind). Insbesondere periphere Regionen mit ungünstigen natürlichen und agrarstrukturellen Produktionsbedingungen werden davon betroffen sein. Ob eine entsprechende Entwicklung zukünftig eintreten wird, ist vor allem von agrar- und regionalpolitischen Rahmensetzungen (z.B. flächendeckende Extensivierung, Förderung neuer Landnutzungsformen könnten diesem Entwicklungstrend entgegenwirken) abhängig.

2. Indirekte Auswirkungen

Indirekte Wirkungen des Einsatzes neuer Pflanzensorten auf die biologische Vielfalt können sowohl die Organismen der Agrarökosysteme als auch die der umgebenden oder über Wirkungsketten verbundenen Ökosysteme betreffen. Zwei *potentielle Einwirkungspfade* werden im folgenden unterschieden: einerseits die *Folgen einer veränderten Anbaupraxis* (Kap. 2.1), die aus den Eigenschaften neuer Sorten resultieren können, andererseits *mögliche Auswirkungen der Einbringung neuer Merkmale* auf das *Verwildierungspotential der Kulturpflanzen selbst* (Kap. 2.2.1) oder auf andere Organismen durch *Auskreuzung* (Kap. 2.2.2) bzw. *horizontalen Gentransfer* (Kap. 2.3) der neuen Gene und Eigenschaften.

2.1 Folgen veränderter Anbaupraxis neuer Sorten

Zu den Anbautechniken mit Bedeutung für die Fragestellung des TA-Projektes (also den Auswirkungen auf die Biodiversität) zählen insbesondere Fruchtfolgegestaltung, Bodenbearbeitung, Aussaat, Düngung, Unkrautbekämpfung, Pflanzenschutzmaßnahmen und Erntetechniken. Einige Elemente der Anbaupraxis sind direkt verknüpft mit den Sorteneigenschaften, so z.B. die Düngungsintensität mit dem Ertragspotential und dem Stickstoffaneignungsvermö-

gen oder die Pflanzenschutzmaßnahmen mit den Resistenzmerkmalen. In den meisten Fällen ist es jedoch nicht einmal in der Rückschau klar, ob neue Züchtungsmerkmale Ursache oder Folge veränderter Anbautechnik waren, u.a. wegen der kaum überschaubaren Wechselwirkungen der verschiedenen Elemente der Anbaupraxis untereinander (vgl. Torgersen 1996).

Die *Komplexität des gesamten Wirkungsgefüges Sorteneigenschaften-Anbaupraxis-Biodiversität* macht eine systematische Abarbeitung aller denkbaren Wirkungsketten unmöglich. Wie in Tabelle 8 und Abbildung 11 (Kap. IV.1) dargestellt, können indirekte Folgen insbesondere die Ackerbegleitflora, Schädlinge und Nützlinge, Pflanzenkrankheiten und Bodenlebewesen betreffen bzw. über diese vermittelt werden. Wirkungen auf die Ackerbegleitflora sowie Wechselwirkungen mit Schädlingen und Nützlingen werden im folgenden diskutiert. Das Thema der (viralen) Pflanzenkrankheiten wird im Zusammenhang des horizontalen Gentransfers behandelt (Kap. 2.3). Auswirkungen auf Bodenlebewesen sind dagegen noch wenig erforscht und konnten im TA-Projekt nicht ausführlich untersucht werden. Sie werden im Zusammenhang mit der Herbizidresistenztechnik nur kurz angesprochen. Die drei Ebenen der biologischen Vielfalt - genetische, Arten- und Ökosystemvielfalt - können wegen der allgemeinen fundamentalen Wissenslücken zu Biodiversität und Ökosystemen (Kap. II.1) für den Bereich der indirekten Folgen nicht (entsprechend den direkten Auswirkungen im vorhergehenden Kapitel) sinnvoll getrennt behandelt werden.

2.1.1 Ackerbegleitflora

Als Ackerwildpflanzen oder Ackerbegleitflora werden diejenigen Pflanzenarten bezeichnet, deren Auftreten von einer Bewirtschaftung des Bodens abhängig ist, ohne daß ihr Vorkommen durch die Bewirtschaftung angestrebt wird.

Die Vielfalt der Ackerbegleitflora ist durch die Diversifizierung der Landwirtschaft entstanden und mit deren Intensivierung und Nivellierung seit den 50er Jahren stark zurückgegangen (Albrecht et al. 1997, S. 188 f.). Die oftmals gefährdeten Arten stehen im Mittelpunkt vieler Schutzbemühungen. Hierbei besteht jedoch das Problem, daß bislang in der Landwirtschaft die Bekämpfung dieser vorrangig als Unkräuter betrachteten Pflanzen im Vordergrund stand. Dagegen betont eine ökologische Betrachtungsweise, daß die (dann Ackerwildkräuter genannten) Ackerwildpflanzen wichtige Elemente der Agrarökosysteme darstellen, die eine positive Wirkung, u.a. als Grundlage für Nutzinsekten, haben (Albrecht et al. 1997, S. 187 f.).

Aus dem Bereich der Anbautechnik lassen sich folgende fünf *Faktoren für den Diversitätsverlust* und die Verschiebungen in der Artenzusammensetzung der Ackerbegleitflora anführen, deren Wechselwirkungen mit Sorteneigenschaften diskutiert werden können (Albrecht et al. 1997, S. 190 f.):

- Herbizideinsatz
- Düngung
- Bodenbearbeitung
- Fruchtfolgen
- Meliorierung von Sonderstandorten

Herbizideinsatz

Der großflächige Einsatz von Herbiziden führte seit den 50er Jahren zu einer starken Reduktion der Gesamtverunkrautung, einem Rückgang zahlreicher Ackerwildpflanzenarten und zu Umschichtungen in der Dominanzstruktur. Herbizidempfindliche Arten wurden zurückgedrängt, Ungräser und andere schwer bekämpfbare Arten gefördert (Albrecht et al. 1997, S. 191 f.).

Bis vor wenigen Jahren verfolgte die Pflanzenzüchtung bezüglich des Herbizideinsatzes höchstens das Ziel einer höheren Beikrauttoleranz bei Blattpflanzen (Albrecht et al. 1997, S. 192). Mit der Einführung gentechnischer Methoden jedoch ist das Merkmal *Herbizidresistenz* zu einem der prominentesten Arbeitsfelder geworden. Transgene herbizidresistente Pflanzen standen im Fokus vieler Kontroversen über Sinn und Zweck gentechnischer Anwendungen in der Landwirtschaft (so im partizipativen TA-Verfahren unter Federführung des Wissenschaftszentrums Berlin (WZB); van den Daele et al. 1996) und repräsentierten im Jahr 1997 in Deutschland zwei Drittel der Freisetzungsexperimente (BfN 1997, S. 283).

Als Vorteil der sog. HR-Technik werden vor allem die geringere Human- und Ökotoxizität der Herbizide, gegen die Resistenzmerkmale gentechnisch übertragen werden können, im Vergleich zu den bisher benutzten Präparaten angeführt; in wirtschaftlicher Hinsicht kann eine gezieltere Bekämpfung nach dem Schadschwellenprinzip erfolgen (Friedt et al. 1997, S. 65 f.). Bislang waren nicht-selektive Herbizide nur in Einzelfällen, bei toleranten Pflanzen, anwendbar. (Strategie und Einschätzung der HR-Technik können an dieser Stelle nicht im Detail behandelt werden; verwiesen sei auch hierzu auf: van den Daele et al. 1996.)

Mittlerweile wurden viele Kulturpflanzen mit Resistenzgenen gegen die nicht-selektiven Herbizide Glufosinat (L-Phosphinothricin; Handelsname Basta®) oder Glyphosat (Round-up®) versehen, seit Jahren finden Feldversuche statt, doch erst seit kurzem werden entsprechende Sorten in den USA, Kanada und Australien verkauft und in größerem Stil angebaut. Praktische Erfahrungen zu den Einflüssen von nicht-selektiven Herbiziden auf die Ackerbegleitflora liegen daher noch nicht vor, und bei den bislang durchgeführten Feldversuchen stand zumeist die Leistung des gewählten Anbausystems im Vordergrund (Albrecht et al. 1997, S. 194). Die *langfristigen Auswirkungen* von HR-Systemen auf die Diversität der Ackerbegleitpflanzen sind daher noch *spekulativ und umstritten*. Folgende Effekte werden *für möglich erachtet* (Albrecht et al. 1997, S. 193):

- eine Verringerung der Anwendungshäufigkeit, da eine Bekämpfung im Nachauflauf möglich wird;
- ein vermehrter Einsatz von Bodenherbiziden wegen der Zunahme von Wurzelunkräutern;
- ein zunehmender Einsatz von Bodendeckern als Zwischensaat, die in der ersten Anbauphase frühkeimende Unkräuter ausdunkeln, danach dann mit einer einzigen Anwendung entfernt werden können;
- aber auch ein vermehrtes Auftreten resistenter Pflanzen, wenn zahlreiche Kulturarten mit der Resistenz gegen eine geringe Zahl von Herbiziden ausgestattet werden, welche dann großflächig angewendet würden.

Auf jeden Fall werden sich Verschiebungen in der Ackerkrautflora regional und temporär ergeben, ihr Umfang und die ökosystemare Reichweite hängen neben dem Anwendungszeitpunkt insbesondere von der Einsatzhäufigkeit herbizidresistenter Pflanzen in der Fruchtfolge ab. Mahn (1994) hat im genannten WZB-Verfahren Szenarien für verschiedene Anwendungsintensitäten erarbeitet, die in Tabelle 9 zusammengefaßt sind und einen massiven Einfluß auf die Ackerbegleitflora bei häufiger Ausbringung erwarten lassen. Im Hinblick auf die Gefahren von Resistenzbildung und nachhaltiger Reduzierung der sog. Unkrautsamenbank des Bodens fordert auch das Umweltbundesamt eine starke Begrenzung der Anwendung von nicht-selektiven Herbiziden innerhalb der Fruchtfolgen (BfN 1997, S. 295).

Tab. 9: Potentieller Einfluß von HR-Pflanzen auf die Ackerbegleitflora

<i>Einsatzhäufigkeit</i>	<i>Fruchtart (Bsp.)</i>	<i>Veränderung der Ackerbegleitflora</i>
in einem Fruchtfolgeglied (singuläre Störung)	Kartoffeln, Zuckerrübe	<i>Umschichtung des Artenspektrums:</i> Ausschaltung von frühauflaufenden Arten, Förderung von spätauflaufenden Wärme- keimern
	Raps	<i>großflächige Unterdrückung der vegetati- ven/generativen Erneuerung:</i> Ausschalt- tung der Winterannuellen durch frühe Be- kämpfung, schwache Entwicklung von Wärmekeimern durch Lichtlimitierung
in mehreren Fruchtfolgegliedern (wiederholte, diskontinu- ierliche Störung)	Mais	<i>Umschichtung des Artenspektrums:</i> Förderung von spätauflaufenden Wärme- keimern, Auftreten von nitrophilen Un- krautarten im Spätsommer, Herausbildung resistenter Biotypen
in allen Fruchtfolgegliedern (kontinuierliche Störung)	Fruchtfolge (Halm-/Hack- kultur 2:1)	<i>tiefgreifende Veränderung der Unkrautzö- nose:</i> Abnahme der Winterannuellen, För- derung der ausdauernden Unkräuter, Her- ausbildung resistenter Biotypen

Quelle: Albrecht et al. 1997, S. 194 (zusammengefaßt aus Mahn 1994)

Düngung

Der zunehmende Düngereinsatz hat in den vergangenen Jahrzehnten zu einer starken Zunahme der stickstoffliebenden Unkräuter und einer Abnahme der Arten mit geringeren Nährstoffansprüchen geführt. Düngung und Herbizidanwendung sind ursächlich miteinander verbunden: Hohe Stickstoffgaben fördern konkurrenzkräftige Stickstoffzeiger, die daraufhin durch Herbizidanwendung bekämpft werden. Über einen Stoffaustrag in Abhängigkeit von Hangneigung und die Art der Bodenbearbeitung kann eine Vegetationsverschiebung auch außerhalb der Anbaufläche bewirkt werden (Albrecht et al. 1997, S. 195 f.). Die Düngeintensität ist jedoch nur zu einem geringen Teil von den Sorteneigenschaften abhängig. Unklar ist, ob auch in Zukunft höhere Erträge neuer Sorten mit einer Erhöhung des Düngeraufwandes einhergehen werden. Eine Verbesserung des Nährstoffaneignungsvermögens über die Vermittlung der Fähigkeit der Stickstofffixierung ist jedenfalls kein Zuchtziel, das kurz- bis mittelfristig

erreicht werden kann. Eine regionale Konzentration von düngerintensiven Kulturen infolge von Züchtungsfortschritten (s. Kap. IV.1.3) könnte die negativen ökologischen Folgen gebietsweise verstärken (Albrecht et al. 1997, S. 196 f.).

Bodenbearbeitung

Auch die mechanische Bodenbearbeitung ist im Zusammenhang mit dem Herbizideinsatz zu betrachten: Beide Techniken wirken gegen eine Reihe von Ackerbegleitkräutern, schädliche wie nützliche oder gefährdete (Albrecht et al. 1997, S. 197). Neue Pflanzensorten können das Ausmaß der Bodenbearbeitung auf zwei Wegen reduzieren: entweder durch *Erhöhung der Beikrauttoleranz* (höhere Konkurrenzkraft gegenüber Unkräutern, hoher Bodenbedeckungsgrad, schnelles Schließen der Reihen) oder durch *Optimierung der chemischen Unkrautbekämpfung*, wie beim Anbau von herbizidresistenten Nutzpflanzen im Mulchsaatverfahren. Anbausysteme mit Einsaat der Nutzpflanzen in lebende oder abgestorbene Zwischensaatn erfordern nur ein geringes Maß an flachgründiger Bodenbearbeitung (Mulchen) und gewähren gleichzeitig einen guten Erosionsschutz. Das Bewertungsproblem besteht in diesem Fall darin, die nicht-selektive Wirkung von Totalherbiziden gegen die positiven Effekte einer konservierenden Minimalbodenbearbeitung abzuwägen, was wegen fehlender praktischer Erfahrungen nicht möglich ist (Albrecht et al. 1997, S. 197).

Fruchtfolge

Einen prägenden Einfluß auf die Ackerbegleitflora haben - wie dargestellt - Art und Zeitpunkt von Pflanzenschutzmaßnahmen und Bodenbearbeitung sowie von Saat und Ernte; diese wiederum sind abhängig von der Art der Anbaupflanze. Je vielfältiger Fruchtfolgen gestaltet sind, desto stärker fluktuieren die Begleitpflanzen. Durch die Einführung von Handelsdüngern und Pestiziden wurden vormals differenzierte Getreide- und Hackfruchtgesellschaften weitgehend nivelliert (Albrecht et al. 1997, S. 198). Ein deutlicher Unterschied ist mittlerweile lediglich beim Anbau von Sommerungen gegenüber Winterungen feststellbar (Albrecht et al. 1997, S. 198). Dieser Rest an Vielfalt könnte durch die Züchtung weiterer winterharter Kulturen (Hafer) oder den verstärkten Anbau von Winterfrüchten (Weizen, Raps) noch weiter eingeschränkt werden. Eine Zunahme von kulturspezifischen Problemunkräutern und einer Abnahme der Vielfalt anderer Ackerbegleitpflanzen ist immer dann zu erwarten, wenn als Folge züchterischer Überwindung von Fruchtfolgebeschränkungen oder sonsti-

ger verbesserter Vorzüglichkeit eine *regionale Anbaukonzentration* stattfindet (Albrecht et al. 1997, S. 198 f.).

Meliorierung

In den vergangenen Jahrzehnten wurden zahlreiche Ackerstandorte den Erfordernissen einer intensiven Bewirtschaftung angepaßt, z.B. durch Entwässerung. Grenzertragsflächen, auf denen eine solche Meliorierung nicht durchgeführt werden konnte, wurden hingegen aus der bisherigen Bewirtschaftung herausgenommen und in Grünland umgewandelt, aufgeforstet oder gänzlich stillgelegt. Diese Nivellierung auf der einen und Polarisierung auf der anderen Seite entzieht an die speziellen Bedingungen angepaßten Ackerwildkräutern den Lebensraum. Die Pflanzenzüchtung hat diese Entwicklung insofern begleitet, als sie keine gezielt an Sonderstandorte angepaßten Sorten zur Verfügung gestellt hat. Eine dezentrale Züchtung von entsprechenden sog. Regional- oder Hofsorten ist unter den derzeitigen Rahmenbedingungen nicht wirtschaftlich (Albrecht et al. 1997, S. 199). Ohne eine öffentliche Förderung wird hier kaum eine Änderung eintreten (Kap. V.3).

2.1.2 Schädlinge und Nützlinge

Zwischen den tierischen und pflanzlichen Lebewesen der Agrarökosysteme besteht eine kaum überschaubare Fülle von Wechselwirkungen. Für die landwirtschaftliche Praxis von besonderer Bedeutung sind die sog. Schädlinge und Nützlinge. Als Schädlinge werden Tiere bezeichnet, die einen ertragsmindernden Einfluß ausüben; Nützlinge wirken ertragsfördernd (z.B. durch Bestäubung) oder ertragsstabilisierend, meist indem sie den Befallsdruck von Schädlingen verringern. Die bedeutendste Gruppe bilden die Arthropoden oder Gliedertiere, unter ihnen wiederum Spinnentiere und vor allem Insekten.

Eine *recht enge Verknüpfung* besteht zwischen der *Ackerbegleitflora* und der *Größe und Vielfalt von Nützlingspopulationen*. Beikräuter können zum einen Nützlingen (bzw. deren zugehöriger Lebensgemeinschaft und Nahrungskette während Nichtbefallszeiten) Lebensraum bieten, zum andern Schädlinge von den Anbaupflanzen ablenken. Die positive Wirkung der Ackerbegleitflora via Nützlingsförderung ist in vielen Untersuchungen gezeigt worden und wird mittlerweile verbreitet durch die Anlage von Ackerrandstreifen genutzt, Maßnah-

men, die unabhängig von Wirtschaftsweise und angebauten Sorten sind (Albrecht et al. 1997, S. 213).

Die *Frage der Nützlingsförderung durch Unkrautdeckung im Feld* und ihre Abwägung gegenüber der ertragsmindernden Einflüsse der Unkräuter ist bislang kaum bearbeitet, stellt sich jedoch verstärkt bei der Verwendung von Totalherbiziden und entsprechend herbizidresistenten Pflanzen (Albrecht et al. 1997, S. 214). Es ist unklar, ob Nützlinge durch die Anwendung von Totalherbiziden im späten Nachauflauf und durch das vereinfachte Management von Zwischensaat in der Frühphase der Kulturpflanzenentwicklung eher gefördert oder eher durch den plötzlich eintretenden vollständigen Ausfall der Unkräuter an ihrer ganzjährigen Entwicklung gehindert und dadurch in ihrem Bestand gefährdet werden (Albrecht et al. 1997, S. 214). Über die realen Effekte werden im Einzelfall die speziellen Anbaubedingungen und die daraus resultierende Anwendung der Herbizide entscheiden.

Unter den Züchtungszielen ist es aber vor allem die Schädlingsresistenz, von der Effekte z.B. auf Nützlingspopulationen ausgehen könnten und deren Problematik daher im folgenden eingehender dargestellt werden soll.

Gefährdung von Nützlingen durch Nicht-Ziel-Effekte schädlingsresistenter Sorten

Pflanzliche Resistenzen gegen Krankheiten und Schädlinge basieren häufig auf der Produktion von *speziellen Abwehrstoffen*, die die Erreger direkt schädigen oder ihre Ausbreitung auf der Pflanze verhindern (Albrecht et al. 1997, S. 216). Die meisten dieser Abwehrstoffe sind nicht erregerspezifisch, sondern erfassen ganze Organismengruppen. Um *Gefahren für Nicht-Zielorganismen*, die von neugezüchteten resistenten Sorten ausgehen können, *abzuschätzen*, müssen *folgende Parameter* ermittelt werden (Albrecht et al. 1997, S. 216):

- die Toxizität der Abwehrstoffe und ihrer Abbauprodukte auf eine repräsentative Auswahl (verschiedener Lebensstadien) von Nicht-Zielorganismen unter Berücksichtigung möglicher physiologischer Folgeeffekte des Abwehrstoffes in der Pflanze,
- das Auftreten und die Verteilung der Abwehrstoffe und ihrer Abbauprodukte in der Pflanze sowie
- Art und Umfang der möglichen Exposition der Nicht-Zielorganismen.

Nicht-Ziel-Effekte können prinzipiell bei konventionell gezüchteten ebenso wie bei gentechnisch veränderten Sorten auftreten. Bei der klassischen Resistenz-

züchtung wurden Nicht-Ziel-Effekte in der Regel nicht untersucht, weil "meist Einigkeit darüber (bestand), daß sie dem Pestizideinsatz aus toxikologischer, ökologischer und ökonomischer Sicht vorzuziehen sei" (Franck-Oberaspach/Keller 1996, S. 24.), auch wenn in Einzelfällen Nicht-Ziel-Effekte im Nachhinein beobachtet worden waren (Albrecht et al. 1997, S. 216 f.). Trotzdem resultiert aus der meist langjährigen Erfahrung mit den Eigenschaften der bearbeiteten Pflanzen in der konventionellen Züchtung *allgemein ein weitgehendes Vertrauen in die Harmlosigkeit der Resistenzeigenschaften*.

Gentechnisch veränderte Sorten unterscheiden sich in mehrfacher Hinsicht von konventionell (und auch mit Hilfe der meisten sonstigen biotechnischen Methoden) gezüchteten Sorten. *Stärkere oder gänzlich neue und damit schwerer absehbare Effekte* auf Nicht-Zielorganismen können sich ergeben, wenn (Albrecht et al. 1997, S. 217)

- das Expressionsniveau von Abwehrstoffen gegenüber bekannten Sorten quantitativ, räumlich (in anderen Pflanzenteilen) oder zeitlich verändert ist,
- neue, nicht-pflanzliche Abwehrstoffe eingesetzt werden oder
- sog. Sekundäreffekte der Genübertragung nicht ausgeschlossen werden können. Diese auch Positioneffekte genannten Phänomene können auftreten, wenn die Integration eines oder mehrerer Gene bzw. DNA-Stücke in irgendeiner Weise in die Regulation der betroffenen Zelle bzw. des Organismus eingreift und dadurch unerwartete und unvorhersehbare physiologische Wirkungen hervorruft.

Gerade dieser letzte Aspekt spielt allgemein in der Diskussion über die Risiken gentechnischer Anwendungen eine besondere Rolle. Ob von der Übertragung einzelner Genkonstrukte (auch in mehreren Kopien) bzw. in Zukunft mehrerer Gene (z.B. über die Akkumulation in bevorzugt bearbeiteten Sorten) eine größere *Gefahr von Sekundär- oder Positionseffekten* ausgeht, als dies bei der Durchmischung zweier Gesamtgenome im Zuge klassischer oder nicht-gentechnischer biotechnologischer Züchtung der Fall ist, kann aufgrund mangelnder Daten, aber auch fehlender plausibler Modelle wissenschaftlich nicht seriös eingeschätzt werden, sondern bleibt Spekulation. Mögliche Szenarien, die von Positionseffekten zu einer relevanten Beeinträchtigung der biologischen Vielfalt führen könnten, sind *im Vergleich zu den ansonsten im vorliegenden Bericht behandelten Wirkungsketten* unseres Erachtens so hypothetisch bzw. vage, daß sie nicht weiter behandelt werden.

Konkretere nachteilige Folgen könnten aus der gentechnischen Übertragung von fungizid wirkenden Enzymen (Chitinasen) resultieren, wenn diese nicht

nur die angepeilten Schadpilze, sondern daneben auch Wurzelpilze, die symbioseartig die Nährstoffaufnahme vieler Pflanzen verbessern, schädigen würden (Albrecht et al. 1997, S. 217). Allerdings liegen hierzu noch keine belastbaren Untersuchungsergebnisse vor, und es scheint schwierig zu sein, unter Anbaubedingungen den spezifischen Effekt der Chitinasen von anderen Einflüssen, z.B. der Düngung, zu unterscheiden (Albrecht et al. 1997, S. 218).

Unter den gentechnisch veränderten Sorten mit *nicht-pflanzlichen Abwehrstoffen* stehen solche mit *B.t.-Toxin-vermittelten Resistenzen* im Mittelpunkt der Diskussion über Folgen für Nicht-Zielorganismen. Die verschiedenen natürlich vorkommenden Toxinvarianten des *Bacillus thuringiensis* (B.t.) wirken gegen eine ganze Reihe von Schadinsekten und sind gleichzeitig für andere Organismen sehr wenig toxisch. Durch die Übertragung des Gens für das B.t.-Toxin können Pflanzensorten recht spezifisch schädlingsresistent gemacht werden. Neben den ersten zugelassenen Sorten befindet sich eine große Zahl verschiedenster sog. *B.t.-Pflanzen* im Versuchsstadium.

B.t.-Toxine werden seit Jahrzehnten in begrenztem Umfang für spezielle Zwecke im Pflanzenschutz eingesetzt und sind wegen ihrer guten Umweltverträglichkeit (hohe Spezifität, geringe Persistenz, schwache Dispersion) auch für den ökologischen Landbau zugelassen. Die *Unbedenklichkeit des Wirkstoffs läßt sich jedoch nicht ohne weiteres auf B.t.-Toxin-exprimierende Pflanzen übertragen*, weil sich diese auf einen erweiterten Kreis an Nicht-Zielorganismen auswirken können (Albrecht et al. 1997, S. 218). So werden Organismen, die nur in einer bestimmten Phase ihrer Entwicklung für B.t.-Toxin sensitiv sind, bei der Anwendung als Spray nur dann erfaßt, wenn die Applikation in den sensitiven Zeitraum fällt. In transgenen Pflanzen mit konstitutiver B.t.-Toxin-Expression ist die Wahrscheinlichkeit einer Exposition für jene Tiere, die sich an oder in der Pflanze ernähren, erhöht. Durch die Expression von B.t.-Toxin in Wurzeln und den Abbau von totem Pflanzenmaterial sind auch die Bodenbewohner in der transgenen Variante stärker exponiert. Veränderungen in der Artenzusammensetzung von Bodentieren (Wirbellose und Mikroorganismen) können sich über das Nährstoffrecycling auf die Bodenfruchtbarkeit auswirken (Albrecht et al. 1997, S. 218 f.).

Diese *theoretischen Wirkungsketten* konnten bislang nicht bestätigt werden, allerdings ist die Zahl der entsprechenden Untersuchungen auch sehr gering. Im Mittelpunkt der Risikoüberlegungen zu B.t.-Pflanzen standen bisher die Resistenzproblematik sowie der Gentransfer (PAN 1997; Schulte/Käppeli 1997; Skorupinski 1996). Zumindest subtile Folgen einer massiv erhöhten Anwesenheit von B.t.-Toxinen auf die entsprechenden Agrarökosysteme und betroffene Le-

bensgemeinschaften sind sehr wahrscheinlich, völlig offen jedoch ist die Frage nach deren Bedeutung für die Biodiversität. Falls durch B.t.-vermittelte Insektenresistenz chemische Pflanzenschutzmittel in größerem Maßstab eingesetzt werden können, dürfen *auch ökologische Vorteile* im Hinblick auf die Nützlingspopulationen angenommen werden (Albrecht et al. 1997, S. 219 f.).

Resistenzentwicklung der Schädlinge

Auch im Hinblick auf eine mögliche Resistenzentwicklung der Zielorganismen, also der Schadinsekten, stehen die B.t.-Pflanzen im Zentrum kontroverser Einschätzungen der ökologischen und landwirtschaftlichen Folgen des Einsatzes gentechnisch veränderter Sorten. Für die Bewertung entscheidend ist dabei der Vergleich der B.t.-Pflanzen mit der bisherigen Praxis der B.t.-Toxin-Verwendung.

Während bislang B.t.-Präparate nur einen sehr geringen Anteil am Gesamtumsatz von Pflanzenschutzmitteln repräsentieren, wird der B.t.-Pflanzen-Technologie ein *enormes Potential zur Einsparung von Insektiziden* (bis zu ein Drittel) zugesprochen (Krattiger 1997).

Trotz jahrzehntelanger Anwendung von konventionellen B.t.-Präparaten wurde eine Resistenzentwicklung im Anbau bislang lediglich in einem Fall (bei der Kohlmotte oder -schabe *Plutella xylostella* in tropischen Ländern) festgestellt (Roush/Shelton 1997). In Laborversuchen konnte bei hoher Dosierung Resistenz bei einer Reihe von Insekten provoziert werden (Tabashnik 1994, nach Albrecht et al. 1997, S. 221).

Die *geringe Resistenzentwicklung bei konventioneller Applikation* wird zum einen auf die Produktion mehrerer verschiedener Toxine durch die Wildstämme von B.t. zurückgeführt, zum andern auf die vergleichsweise geringe Persistenz der Stoffe (Albrecht et al. 1997, S. 222). Beide Bedingungen sind im Fall von B.t.-Pflanzen nicht mehr gegeben, da - zumindest bislang - lediglich jeweils eine Toxinvariante in die Sorten eingebaut wurde und das Toxin konstitutiv, d.h. in allen Pflanzenteilen über die gesamte Lebenszeit, gebildet wird. Damit wird ein *permanenter Resistenzdruck* ausgeübt. Wie im Fall der gentechnisch vermittelten Virusresistenzen sollen zukünftige Strategien eine räumliche und zeitliche Regulierung der Expression des Toxins (oder sogar verschiedener Toxinvarianten) ermöglichen (Albrecht et al. 1997, S. 223). Derzeit werden jedoch vor allem *anbautechnische Maßnahmen des Resistenzmanagements* diskutiert, die wegen des großflächigen Anbaus von B.t.-Pflanzen in den USA (sowie Kanada und Australien) bereits von hochgradiger Aktualität sind (IFOAM 1997).

Im Mittelpunkt der Maßnahmen steht die *Garantie von Refugien* mit Nicht-B.t.-Pflanzen, damit nichtresistente Schädlingspopulationen die resistenten Individuen "überwachsen" bzw. neutralisieren können. Große Unterschiede bestehen allerdings in der Einschätzung, welchen Umfang diese Refugien haben müssen. Die Meinungen reichen dabei von 4 % (Vorgabe der US-amerikanischen Umweltbehörde EPA für den Anbau von B.t.-Baumwolle) bis 30 oder 40 % (Epping 1997). Solche *pauschalen Werte* sind eigentlich mehr oder weniger *nichtssagend*, da eine ganze Reihe von Parametern die tatsächlich resultierende Refugiengröße und den Zuschnitt bestimmen muß:

- Ein wichtiger Faktor ist die Mobilität des Schädlings bzw. seiner verschiedenen Entwicklungsstadien, wonach die Anordnung der Refugienflächen (ob innerhalb oder außerhalb der Felder, in welchem Abstand) gewählt werden muß.
- Eine weitere Frage ist, ob der Schädling auch andere Wild- oder Kulturarten befällt und diese daher als Ausweichpflanzen dienen können.
- Erst recht komplex wird die Situation, sobald mehrere Kulturarten mit dem gleichen B.t.-Toxin ausgestattet und in der gleichen Region angebaut werden.

Die *Wirksamkeit* der Refugien- und auch einer entsprechenden Rotationsstrategie, bei der die Refugien zusätzlich zeitlich über die Frucht- bzw. Sortenfolge garantiert werden sollen, wird sich *erst in der Praxis erweisen*. Wissenschaftlich unumstritten ist, daß bei großflächigem Anbau Resistenzen unvermeidbar sind (Roush/Shelton 1997; Tabashnik 1994). Da die bislang gefundene Feldresistenz der Kohlmotte sich als Mehrfach- bzw. Kreuzresistenz erwiesen hat (d.h. eine auf einem Gen beruhende Eigenschaft schützt gegen verschiedene Toxinvarianten) (Tabashnik et al. 1997, nach Roush/Shelton 1997), muß man befürchten, daß auch die zukünftige *Verwendung multipler Toxine keine sinnvolle Gegenmaßnahme* sein wird, sondern möglicherweise eine Resistenzbildung sogar beschleunigt (Albrecht et al. 1997, S. 224).

Während für die konventionelle Landwirtschaft ein Versagen der B.t.-vermittelten Schädlingsresistenz durch die Verwendung anderer Insektizide aufgefangen werden kann, könnte der *ökologische Landbau* empfindlich und nachhaltig durch kreuzresistente Erreger, insbesondere durch solche mit breitem Wirtsspektrum, *beeinträchtigt* werden (Albrecht et al. 1997, S. 226). B.t.-Präparate gehören zu den ganz wenigen dort zugelassenen Pflanzenschutzmitteln und stellen z.B. für die Bekämpfung des Kartoffelkäfers eine praktisch unersetzbare Maßnahme dar (Epping 1997).

Zur grundsätzlichen Problematik des Einsatzes monogener Resistenzen

In der Diskussion über Chancen und Risiken transgener Pflanzen stellt sich die prinzipielle Frage nach der Beurteilung der Verwendung monogener Resistenzen, da nur solche bislang gentechnisch handhabbar sind (s. Kap. III.2). Dabei wird zumeist angenommen, daß monogene Resistenzen "anfälliger" sind als polygen determinierte.

Die Resistenzeigenschaft einer Pflanzensorte kann über zwei sehr verschiedenen Mechanismen unwirksam werden: Zum einen kann die Resistenz - wie am Beispiel der B.t.-Pflanzen diskutiert - durch die Anpassung des Erregers überwunden werden, zum andern kann die Resistenz aber auch spontan in der Pflanze "zusammenbrechen" (Albrecht et al. 1997, S. 205).

Ursache für ein *Versagen des Resistenzmechanismus in der Pflanze* können sog. Geninstabilitäten sein, wobei das Gen an sich in der Pflanze erhalten bleibt (und nicht etwa auskreuzt oder mutiert), jedoch seine Aktivität verliert (Albrecht et al. 1997, S. 205 f.). Die biologischen Gründe können unterschiedlicher Natur sein, im Hinblick auf die Methoden der Pflanzenzüchtung steht die Frage im Vordergrund, *ob gentechnisch übertragene Resistenzgene leichter inaktiviert werden als konventionell eingekreuzte*. Hierzu gibt es theoretische Überlegungen, daß bestimmte Charakteristika des Gentransfers (illegitime Rekombination, Unterschiede im Methylierungsgrad) eine Inaktivierung fördern könnten. Praktische Erfahrungen mit eingeführten Sorten sind jedoch nicht verfügbar. Die überraschend geringe Wirksamkeit der 1996 in den USA angebauten B.t.-Baumwolle gegen den Baumwollkapselwurm soll nach Angaben des Herstellers Monsanto nicht auf einem Resistenzzusammenbruch, sondern auf einem ungewöhnlich hohen Schädlingsdruck basieren (Albrecht et al. 1997, S. 206).

Ob überhaupt spontane Inaktivierungen nach vielen Generationen erst stattfinden können, so daß sie nicht längst während der Sortenentwicklung und -zulassung erfaßt werden, ist nicht bekannt, aber eher unwahrscheinlich; in der langen Geschichte konventioneller Sortenzucht scheinen Beispiele jedenfalls zu fehlen (Albrecht et al. 1997, S. 206).

Der *weitaus häufigere Grund* für die Abnahme einer Sortenresistenz ist die *Anpassung der Erreger*. Bei konventionellen resistenten Sorten, bei denen der molekulare Mechanismus der Resistenz allerdings in den meisten Fällen unbekannt ist, haben sich sehr große Unterschiede in der "Haltbarkeit" der Resistenz gezeigt (Albrecht et al. 1997, S. 206 f.). Kriterien für eine Prognose der Haltbarkeit von Sortenresistenzen gibt es nicht, lediglich Erfahrungswerte aus der konventionellen Züchtung sowie einige plausible wissenschaftliche Annahmen.

Prinzipiell üben *starke und weitflächig verbreitete Resistenzen einen hohen Selektionsdruck auf die Erregerpopulation* aus. Es wird angenommen, daß auch *genetische Diversität* einen entscheidenden Vorteil darstellt, sowohl für den Erreger und seine Fähigkeit zur Resistenzbrechung als auch für die Haltbarkeit der Resistenz. Es ist biologisch naheliegend, daß *polygene Resistenzen schwerer zu brechen sind* als auf Einzelgenen beruhende, jedoch gibt es auch Beispiele für sehr haltbare monogene Resistenzen (Albrecht et al. 1997, S. 208). Streng genommen ist *die Zahl der Gene des Erregers, die für die Resistenzüberwindung mutieren müssen, das entscheidende Kriterium*, d.h. der molekulare Mechanismus bestimmt die Haltbarkeit der Resistenz. Ob hingegen auch die Herkunft der resistenzvermittelnden Gene, die unter Zuhilfenahme der Gentechnik auch aus nicht-pflanzlichen Organismen stammen können, einen (beschleunigenden oder verzögernden) Einfluß auf die Resistenzbrechung haben kann, wird nur empirisch zu ermitteln sein (Albrecht et al. 1997, S. 209).

Es ist also vermutlich *nicht vorrangig die Art der Übertragung*, d.h. ob gentechnisch, sonstwie biotechnologisch oder klassisch gezüchtet, sondern das *Merkmal der Monogenität und der Resistenzmechanismus*, die über die Stabilität der Resistenz entscheiden. Nachteilig im Fall gentechnisch übertragener Eigenschaften könnte sein, kurzfristig erfolgreiche Resistenzen in möglichst viele Pflanzensorten oder gar -arten einzubauen (um die hohen FuE-Investitionen zu rechtfertigen), woraus ein besonders hoher Druck auf die Erreger resultieren würde. Allerdings müssen gerade die Züchter das größte Interesse an längerfristig resistenten Sorten haben. Ziel der Differenzierung gentechnischer Strategien zur Entschärfung der Problematik sind zum einen die Verwendung polygener Resistenzen, zum andern der Versuch einer Einflußnahme auf Expressionsstärke und -verteilung (Albrecht et al. 1997, S. 209).

2.1.3 Resümee

Die Beeinflussung der Anbaupraxis durch die derzeit absehbaren Pflanzensorten ist nur sehr eingeschränkt zu prognostizieren, zum einen wegen der Vielfalt der geographischen Regionen allein in Mitteleuropa (im Gegensatz z.B. zu den Great plains der USA), zum andern wegen der Vielzahl interagierender Faktoren. Im Fall herbizidresistenter Sorten und bei größerflächigem Anbau von B.t.-Pflanzen wird zwar sicherlich ein Einfluß auf die Zusammensetzung des jeweiligen Agrarökosystems ausgeübt werden, die Bedeutung dieser Veränderungen für die biologische Vielfalt ist aber schwierig zu beurteilen, da *die*

Auswirkungen abhängig von den Einsatzbedingungen (z.B. Anteil an Fruchtfolgen und bebauter Fläche) *sind und häufig gegenläufige Effekte* auftreten werden. In Bezug auf die Ackerbegleitflora dürfte die größte Bedrohung von einer *regionalen Konzentration von Anbaufrüchten* infolge von Züchtungsfortschritten zu erwarten sein, wenn dadurch z.B. die Düngung intensiviert oder Fruchtfolgen verändert werden.

Beim Einsatz schädlingsresistenter Sorten muß ein deutliches Augenmerk auf ein *effektives Resistenzmanagement* gelegt werden. Eine Erregerresistenz gegen B.t.-Toxin sollte auf jeden Fall vermieden werden, z.B. um den ökologischen Landbau nicht nachhaltig zu schädigen, der in Hinsicht auf die biologische Vielfalt besonders förderenswert ist. Mehr aus *betriebs- und volkswirtschaftlichen Gründen* ist es darüber hinaus grundsätzlich angezeigt, mit dem massenhaften Einsatz uniformer Resistenzmerkmale sehr zurückhaltend zu sein. Der großflächige Anbau vieler verschiedener B.t.-Pflanzenarten/-sorten würde *hohe Anforderungen an eine Koordination* des Resistenzmanagements stellen, auf einzelbetrieblicher, regionaler, nationaler und grenzüberschreitender Ebene. Der nötige Aufwand, auch auf öffentlich-administrativer Ebene, muß bei Nützlichkeitsüberlegungen und Wirtschaftlichkeitsberechnungen zum Einsatz von B.t.-Sorten berücksichtigt werden.

2.2 Verwilderung und Auskreuzung

Das Problem der Verwilderung steht im Mittelpunkt vieler Überlegungen zu den potentiellen Gefahren neuer Pflanzensorten. Einfach ausgedrückt, bedeutet Verwilderung die Ausbreitung von Kulturpflanzen bzw. ihren Genen außerhalb ihres gewünschten und vorhergesehenen Anbaugesbietes. Verschiedene *Mechanismen* können eine Verwilderung in diesem Sinne bewirken⁴ (Albrecht et al. 1997, S. 229 f.):

- *Verbreitung oder Persistenz von Fortpflanzungskörpern*: Keimfähige Samen, Knollen oder sonstige Fortpflanzungskörper können durch Wind, Tiere oder menschliche Aktivitäten an andere Standorte verbracht werden oder

4 Auch durch sog. horizontalen Gentransfer über Mikroorganismen können pflanzliche Gene theoretisch "verwildern". Die Wahrscheinlichkeit und Bedeutung dieses Ausbreitungsweges ist vor allem im Hinblick auf gentechnisch veränderte Organismen sehr umstritten und wird daher in Kapitel 2.3 gesondert behandelt.

bei einem Fruchtwechsel auf der Anbaufläche verbleiben und den sog. Durchwuchs bilden.

- *Züchterischer Rückschlag*: Kulturpflanzen können theoretisch bestimmte, im Lauf ihrer Züchtung erworbene Merkmale durch spontane Mutation wieder verlieren. Dabei können Eigenschaften des Wildtyps wieder hervortreten, die der mutierten Pflanze eine Ausbreitung in- oder außerhalb der Anbaufläche ermöglichen.
- *Kreuzung mit Wild- oder Nutzpflanzen (vertikaler Gentransfer)*: Mit kreuzungsfähigen Pflanzen können Hybride entstehen, die sich dann wieder mit einer der Elternpopulationen oder mit weiteren verwandten Ackerunkräutern oder Wildpflanzen fortpflanzen können.

Die jeweils resultierende, hypothetische "*Problempflanze*" ist im ersten Fall (Verbreitung oder Persistenz) genetisch mit der Nutzpflanze identisch, im zweiten Fall (Rückschlag) in wahrscheinlich nur einem, möglicherweise jedoch ökologisch bedeutsamen Merkmal mutiert, im dritten Fall (Auskreuzung) durch Hybridisierung mit einer anderen Pflanze stark verändert (Albrecht et al. 1997, S. 230).

Die *ökologischen Auswirkungen*, die von diesen verwilderten Problempflanzen ausgehen können, sind (Albrecht et al. 1997, S. 230)

- die Entstehung von *Unkräutern auf landwirtschaftlichen Flächen*,
- die *Einwanderung in natürliche oder halbnatürliche Habitate* oder
- die *genetische Assimilation von Wildbeständen*.

Neuartige Ackerunkräuter als Folge verwilderter Kulturpflanzen können zum einen direkt über Verdrängung von Elementen der Ackerbegleitflora, zum anderen indirekt über eine notwendige Veränderung der Pflanzenschutzmaßnahmen Auswirkungen auf die biologische Vielfalt haben (Albrecht et al. 1997, S. 231). Eine direkte Einwanderung von Kulturpflanzen in nicht-agrarische Ökosysteme ist nur in Ausnahmefällen bekannt (wie z.B. beim Raps), wahrscheinlicher ist eine Verbreitung einzelner Gene oder Merkmale aus Ackerpflanzen in Wildpopulationen über Auskreuzung.

2.2.1 Verwilderung ohne Gentransfer

Tendenziell *verringert sich das Verwilderungspotential von Nutzpflanzen mit dem Grad ihrer züchterischen Bearbeitung*, d.h. es nimmt mit zunehmender "Kultivierung" und Ertragsoptimierung unter Anbaubedingungen ab. Die meis-

ten der in der Bundesrepublik angebauten Fruchtarten sind daher unter natürlichen Bedingungen wenig konkurrenzkräftig (Albrecht et al. 1997, S. 233).

Unter den Hauptfruchtarten sind in Mitteleuropa bei Gerste, Mais und Roggen keine Fälle von Verwilderung bekannt, Einzelfälle bei Kartoffeln und Zuckerrüben, ohne daß diese allerdings fruchtbare Dauerbestände bilden könnten; wilde Weizenvorkommen wurden in Österreich gefunden, nicht jedoch in der Bundesrepublik (Albrecht et al. 1997, S. 233 f.).

Eine *Ausnahme stellt der Raps dar*, der einerseits recht häufig Durchwuchsprobleme bereitet, andererseits regelmäßig verwildert an sog. Ruderalstandorten auftritt, d.h. in anthropogen beeinflussten Habitaten wie Wegrändern oder Schuttplätzen (Albrecht et al. 1997, S. 233). Rapssamen können in der sog. Samenbank des Bodens jahrelang keimfähig bleiben. Eckelkamp et al. (1997b, S. 20 f.) folgern aufgrund ihrer Literaturschau, daß die Verwilderungstendenz des Rapses in den letzten Jahren an Dynamik gewonnen hat und er z.B. im Rheinland als eingebürgert gelten muß.

Züchterisch kaum bearbeitete Nutzpflanzen können - unabhängig von Kreuzungspartnern - ein *Verwilderungspotential* haben, wenn sie aus geographisch, klimatisch und ökologisch verwandten Regionen stammen. Im Rahmen des TA-Projektes der Fachstelle BATS⁵ zu "Gentechnisch veränderte(n) krankheits- und schädlingsresistenten Nutzpflanzen" (Schulte/Käppeli 1996) wurden die Anbaufrüchte der Schweiz bezüglich ihres Verwilderungspotentials (sowie ihrer Auskreuzungswahrscheinlichkeit) bewertet (Ammann et al. 1996). Das höchste Potential wurde (neben Raps) verschiedenen Gräsern, Kopfsalat, Luzerne und Rüben zugeschrieben (Tab. 11, Kap. 2.2.2; Ausbreitungsindex der Diasporen "Dd"). Die Übertragbarkeit dieser Ergebnisse auf die klimatischen Gegebenheiten und Anbauweisen der Bundesrepublik bleibt zu überprüfen.

Eine Verwilderung als Folge einer Rückmutation von Zuchtmerkmalen, also ein *Rückschlag*, ist bei hochgezüchteten Pflanzen praktisch nicht möglich. Die Wahrscheinlichkeit nimmt auch hier mit der Nähe zur Ausgangswildpflanze zu. Ein konkreter Fall ist die Unkrauthirse, die durch den Verlust einer Kultureigenschaft (Zähigkeit der Ährchenspindel) aus den Kulturformen entstanden ist (Albrecht et al. 1997, S. 235).

Daß gentechnisch veränderte Pflanzen in bisherigen Freilandversuchen keine erhöhte Konkurrenzkraft gegenüber vergleichbaren konventionellen Sorten zeigten (Albrecht et al. 1997, S. 235), nimmt nicht Wunder, da die transgenen Ei-

5 BATS: Biosicherheitsforschung und Abschätzung von Technikfolgen des Schwerpunktprogrammes Biotechnologie des Schweizerischen Nationalfonds.

genschaften Herbizid-, Insekten- und Antibiotikaresistenz unter natürlichen Bedingungen keinen (bzw. im Fall der Insektenresistenz nur im Ausnahmefall eines hohen Befallsdrucks einen) Vorteil vermitteln können. Eine ganze Reihe der *mittel- und langfristig anvisierten gentechnisch zu erreichenden Ziele* könnte den entsprechenden Pflanzen allerdings sehr wohl einen *ökologisch relevanten Fitneßzuwachs* bieten (Albrecht et al. 1997, S. 236 f.). Insbesondere Toleranzen gegen abiotische Streßfaktoren (Dürre, Kälte) oder ein erhöhtes Stickstoffaneignungsvermögen könnten gegebenenfalls große Standortvorteile vermitteln.

Bei der Einschätzung des Verwilderungspotentials ist allerdings grundsätzlich zu bedenken, daß Freisetzungsexperimente gegenüber der Anbausituation immer nur einen *winzigen Ausschnitt der realen Bedingungen* simulieren können, sowohl was die räumliche als auch was die zeitliche Dimension betrifft (Albrecht et al. 1997, S. 236). Eine verlässliche prognostische Einordnung neuer Merkmale erscheint nicht möglich, da in der Vergangenheit erfolglos versucht wurde, Kriterien für ökologische Pflanzeigenschaften zu definieren, die eine erhöhte Ausbreitungsfähigkeit mit sich bringen (Albrecht et al. 1997, S. 237).

2.2.2 Auskreuzung (Vertikaler Gentransfer)

Der wahrscheinlichste Weg einer Genübertragung von Kulturpflanzen auf verwandte Arten führt über sexuelle Fortpflanzung (Albrecht et al. 1997, S. 238). Vertikaler Gentransfer kann unter Sorten der gleichen Art oder zwischen nahe verwandten, kreuzbaren Pflanzensippen verschiedener Arten stattfinden. Kreuzungen zwischen solchen Sippen bezeichnet man als *Hybridisierung*. Verschiedene Wege der Hybridisierung zwischen Kultur- und Wildpflanzen sind möglich (Albrecht et al. 1997, S. 238):

- Die Kulturpflanzen können entweder als Pollenspender oder -empfänger mit verwandten Wildpflanzen in der Umgebung hybridisieren.
- Durch anschließende Rückkreuzung mit einer der beiden Elternpopulationen werden Bestandteile von deren Genom in die Empfängerpopulation eingeführt. Dieser Vorgang wird als *Introgression* bezeichnet.
- Durch Introgression können Pflanzen entstehen, die äußerlich einem der beiden Eltern ähneln, jedoch einzelne Gene aus einer anderen Population besitzen.
- Schließlich können sich Hybride auch eigenständig vermehren.

Während die *Kreuzbarkeit* von Nutz- und Wildpflanzen noch relativ einfach experimentell zu bestimmen ist, ist eine empirische Bestimmung oder gar prognostische Abschätzung der *Konkurrenzfähigkeit* der Hybridpflanzen praktisch nicht möglich (Albrecht et al. 1997, S. 239 f.). Kreuzungen zwischen zwei Arten führen immer zu einer Vielzahl unterschiedlicher Hybridvarianten, die unterschiedliche Mischungen der Erbanteile ihrer Eltern repräsentieren. Eine Risikoabschätzung kann deshalb am ehesten die *Wahrscheinlichkeit der Hybridisierung* liefern, die ökologischen Folgen eines vertikalen Gentransfers können (ähnlich wie im Falle des direkten Verwilderungspotentials) nur über eine plausible wissenschaftlich-argumentative Analyse der übertragbaren Eigenschaften beschrieben werden. Gewißheit über die Ausbreitungsfähigkeit und mögliche Folgen wird immer nur im Nachhinein zu erlangen sein, indem eine entsprechende Langzeitbeobachtung durchgeführt wird (Albrecht et al. 1997, S. 240). Der Erkenntniswert von Analogiemodellen und Beispielen aus der Evolution der Nutzpflanzen wird vermutlich oft überschätzt.

Im folgenden wird ein kurzer Überblick zur Ausbreitung von Pollen, der Kreuzbarkeit der Hauptfrüchte mit Wildarten sowie deren Vorkommen in Deutschland gegeben (Albrecht et al. 1997, S. 240 ff.). Dabei muß bzw. kann keine Unterscheidung zwischen konventionell und mit Hilfe der Gentechnik gezüchteten Pflanzen getroffen werden, da es weder Hinweise noch wissenschaftlich überzeugende Modelle gibt, wie sich gentechnisch übertragene Eigenschaften auf die Determinanten der Hybridisierungswahrscheinlichkeit auswirken könnten (Albrecht et al. 1997, S. 251).

Der erste Schritt auf dem Weg zur Auskreuzung ist die *Verbreitung des Pollens*. Die Ausbreitung korreliert, unabhängig davon, ob Wind- oder Insektenbestäubung stattfindet, mit der *Distanz zur Spenderpflanze*. Als Maß für die Pollentransferwahrscheinlichkeit wird in empirischen Untersuchungen die *Auskreuzungsfrequenz* bei gegebenem Anstand der Kreuzungspartner bestimmt (Albrecht et al. 1997, S. 241). Das Beispiel Raps zeigt, daß die Fremdbestäubungsrate bereits nach wenigen Metern stark abnimmt, Pollen jedoch auch noch in mehreren Kilometern nachgewiesen werden konnte (Tab. 10). Die Auskreuzungsraten sind von diversen Faktoren der Reproduktionsbiologie v.a. der Donorpflanze abhängig und oftmals sortenspezifisch verschieden. Eine minimale, absolut "sichere" Distanz ist daher - zumal bei Insektenbestäubung - nicht eindeutig bestimmbar. in der Praxis werden z.B. in den USA für die Saatgutproduktion Isolationsdistanzen von 200 m für Selbstbestäuber und 1.000 m für Fremdbestäuber empfohlen (Albrecht et al. 1997, S. 241).

Tab. 10: Experimentell ermittelte Fremdbestäubungsraten von Raps

<i>Entfernung</i>	<i>Fremdbestäubungsrate</i>
0 m	5,0 %
1 m	1,5 %
4 m	0,1 %
12 m	0,002 %
47 m	0,0003 %
800 m	(Befruchtungen beobachtet)
1,5-2,5 km	(geringe Pollendichten gemessen)

Quelle: Albrecht et al. 1997, S. 242 (verändert nach Wöhrmann et al. 1996)

Neben dem Einhalten von Sicherheitsabständen werden für die Saatgutvermehrung und im Rahmen von Freisetzungsversuchen häufig sog. *Mantelsaaten* um die eigentlichen Anbauflächen herum angelegt, an denen Bestäubungsinsekten den gesammelten Pollen abladen sollen und die dann z.B. vernichtet werden können. Für einen quantitativen Schutzeffekt muß die Mantelsaat einen enormen Umfang haben, so daß diese Maßnahme für den kommerziellen Anbau ungeeignet ist (Albrecht et al. 1997, S. 242).

Neben der Pollenverbreitungsdistanz ist es das *Vorkommen potentieller Kreuzungspartner*, das die Wahrscheinlichkeit bzw. Rate einer Auskreuzung determiniert. Dabei kann es sich sowohl um verwandte Nutz- als auch um Wildpflanzen handeln. Albrecht et al. haben zu den Hauptkulturarten in Deutschland folgende Ergebnisse zusammengetragen (Albrecht et al. 1997, S. 243 ff.):

- *Kartoffel*: Mit einigen wilden *Solanum*-Arten könnten Hybride entstehen, diese sind allerdings sehr unwahrscheinlich und - wenn doch - höchstwahrscheinlich infertil. Kartoffelsorten untereinander sind in Mitteleuropa sexuell nicht vermehrbar.
- *Raps*: Mit diversen Unterarten und anderen Arten der Gattung *Brassica* konnten Auskreuzungen beobachtet werden, so z.B. die Introgression von Rapsgenen in Rübsen. Auch mit Wildarten können prinzipiell Hybriden gebildet werden.
- *Zuckerrübe*: Sowohl mit Kultur- als auch Wildrüben findet ein Austausch statt, dabei sind bereits mehrere schwer bekämpfbare Unkrautrüben entstanden. Die Zuckerrübe und ihre wilden Verwandten können als "klassisches" Beispiel für einen Kulturpflanzen-Unkraut-Komplex bezeichnet wer-

den, wobei Wildrüben in Deutschland nur an der Ostseeküste Schleswig-Holsteins sowie auf Helgoland vorkommen.

- *Getreide*: Während der *Hafer* mit einigen Wildarten kreuzbar ist, hat der *Mais* bekanntermaßen in Europa keine Kreuzungspartner. Die Auskreuzungswahrscheinlichkeit von *Weizen*, *Roggen* und *Gerste* wird als sehr gering eingeschätzt.

Zur Illustration dessen, wie eine detailliertere Untersuchung des Verwildierungs- und Auskreuzungspotentials erfolgen könnte, ist in Tabelle 11 das Ergebnis der Untersuchungen von Ammann et al. (1996) für die Hauptfrüchte der Schweiz wiedergegeben.

Nach einer Idee niederländischer Autoren (De Vries et al. 1992) läßt sich das *Ausbreitungspotential* von Kulturpflanzen als *Kombination von drei Einzelwahrscheinlichkeiten* erfassen, die in ihrem Modell als Koeffizienten quantifiziert und einer Skala von 0-5 zugeordnet werden: der Frequenz kreuzbarer Wildpflanzen in der Natur (Df), der Ausbreitung der Diasporen (Samen, Knollen) (Dd) und der Wahrscheinlichkeit der Pollenausbreitung (Dp). Aus der Kombination der drei Koeffizienten wurden fünf Kategorien des Risikos für einen vertikalen Gentransfer abgeleitet (Albrecht et al. 1997, S. 245 f.). *Sehr große Wahrscheinlichkeitswerte* für eine Ausbreitung zeigen demnach *verschiedene Futterpflanzen, Kopfsalat und Karotten*, *geringere* finden sich für *Raps, Rübsen, Rettich und Chicorée*.

Eine *entsprechende Überprüfung* der Kulturarten in Deutschland konnte im Rahmen des TAB-Projektes nicht geleistet werden. Wegen der Vielfalt der biogeographischen Gebiete müßte sie *einzelnen für verschiedene Regionen Deutschlands* erfolgen, um ein verlässliches und differenziertes Bild zu erhalten. Insbesondere das Vorkommen von Wildpflanzen, aber auch die Fähigkeit zu Blüten- und Samenbildung sind regional sehr unterschiedlich (Albrecht et al. 1997, S. 246).

Tab. 11: Ausbreitungsindices und Wahrscheinlichkeit eines vertikalen Gentransfers auf verwandte Wildarten für Hauptfrüchte der Schweiz

<i>Art</i>	<i>Deutscher Name</i>	<i>Ausbreitungs- index Df.Dd.Dp</i>	<i>Wahrscheinlichkeit eines vertikalen Gen- transfers (Auskreuzung und Samenverbreitung)</i>
<i>Festuca arundinacea</i>	Rohrschwengel	5.5.5	erheblich und verbreitet
<i>Festuca pratensis</i>	Wiesenschwengel	5.5.5	erheblich und verbreitet
<i>Lolium multiflorum</i>	Italienisches Raygras	5.5.5	erheblich und verbreitet
<i>Lolium perenne</i>	Englisches Raygras	5.5.5	erheblich und verbreitet
<i>Medicago sativa</i>	Luzerne	5.4.5	erheblich und verbreitet
<i>Lactuca sativa</i>	Kopfsalat	2.5.5	erheblich, aber lokal
<i>Daucus carota</i>	Karotte	4.2.4	erheblich, aber lokal
<i>Brassica napus</i>	Raps	2.5.3	gering, aber lokal
<i>Brassica rapa</i>	Rübsen	2.4.3	gering, aber lokal
<i>Raphanus sativus</i>	Rettich	3.3.3	gering, aber lokal
<i>Cichorium intybus</i>	Chicorée	4.3.3	gering, aber lokal
<i>Secale cereale</i>	Roggen	4.3.2	minimal
<i>Cichorium endivia</i>	Endivien	2.2.3	minimal
<i>Brassica oleracea</i>	Kohl	3.3.3	minimal
<i>Triticum aestivum</i>	Weizen	4.2.2	null
<i>Hordeum vulgare</i>	Gerste	4.2.2	null
<i>Trifolium pratense</i>	Rotklee	5.3.1	null
<i>Trifolium repens</i>	Weißklee	5.3.1	null
<i>Solanum tuberosum</i>	Kartoffel	5.1.0	null
<i>Lycopersicon esculentum</i>	Tomate	0.1.0	null
<i>Zea mays</i>	Mais	4.0.0	null

Quelle: nach Albrecht et al. 1997, S. 247.; Ammann et al. 1996, S. 143; Schulte/Käppeli 1997, S. 20

2.2.3 Mögliche Folgen für die biologische Vielfalt

Die Verwilderungs- und Auskreuzungswahrscheinlichkeit von *gentechnisch veränderten Pflanzen* ist allem Anschein nach nicht größer als die von *konventionell gezüchteten Pflanzen*. Im Fall der *Verwilderung* spricht sogar einiges für eine *tendenziell geringere Wahrscheinlichkeit*, da auf absehbare Zeit aus ökonomischen Gründen nur Hochertragssorten mit den nach wie vor aufwendigen und teuren gentechnischen Methoden gezüchtet werden dürften. Je stärker aber Kulturpflanzen züchterisch bearbeitet sind, desto geringer ist ihre Verwilderungswahrscheinlichkeit (abgesehen von Ausnahmen wie z.B. dem Raps).

Zu den Folgen von Verwilderung und Auskreuzung für Ökosysteme im allgemeinen, denen für die biologische Vielfalt im speziellen, sind nur sehr pauschale Aussagen möglich, da nach wie vor unbekannt ist, welche Eigenschaften einer Pflanze ihre ökologische Fitneß und damit ihre Ausbreitungsfähigkeit determinieren.

Die *bislang bearbeiteten gentechnisch übertragbaren Merkmale* sind vermutlich von *geringer Bedeutung*: Herbizidresistenz kann nur in der Landwirtschaft und an Spezialstandorten wie Bahngleisen u.ä. einen Vorteil bieten, Krankheits- und Schädlingsresistenzen bei Befall auch an natürlichen Standorten, wobei dieser dort meist weitaus geringer als in der Anbausituation ist. *Zukünftig anvisierte Merkmale* wie Resistenzen bzw. Toleranzen gegen abiotische Streßfaktoren (Trockenheit, Kälte) oder erhöhte Nährstoffaufnahme lassen *klare Standortvorteile* vermuten.

Mögliche ökologische Vorteile neuer Pflanzeigenschaften und daraus resultierende Risikopotentiale bei Verwilderung oder Auskreuzung können wohl nur im Einzelfall näher eingeschätzt werden. Selbst wenn allerdings unter den absehbaren Bedingungen kein Vorteil erkennbar ist, kann das Merkmal theoretisch zu einem späteren Zeitpunkt unerwartete Vorteile bieten. Die früher oft vertretene Excess-Baggage-Hypothese, die besagt, daß nicht benötigte Gene (die keinen Vorteil bedeuten) nach relativ kurzer Zeit aus dem Genom entfernt werden, gilt schon seit längerem als überholt.

Daß durch gentechnische Methoden eingebrachten, dominanten Einzelgenen ein größeres ökologisches Risikopotential innewohnt als polygenen Merkmalskomplexen, wie von mancher Seite angeführt wird (Kareiva/Parker 1996, nach Albrecht et al. 1997, S. 251 f.), muß vorerst eine Hypothese bleiben. Es sollte nicht übersehen werden, daß auch mit konventionellen Züchtungsmethoden monogene Merkmale gehandhabt werden. Nichtsdestotrotz erscheint der *höhere Aufwand einer ökologischen Begleitforschung für gentechnische Sorten gerecht-*

fertigt, da mit Hilfe gentechnischer Methoden besonders neuartige, in ihren ökologischen Auswirkungen besonders unbekannte Merkmale übertragen werden können.

Daß Auskreuzungen transgener Merkmale stattfinden werden, kann mittlerweile als unumstritten angesehen werden. Auch wenn keine direkten relevanten Folgen für die agrarische oder natürliche biologische Vielfalt auftreten sollten, wird jedoch ein (sicherlich primär weltanschauliches und juristisches) Problem mit indirekter Bedeutung für die Biodiversität entstehen: *Auf Dauer wird der ökologische Landbau nicht garantieren können, daß seine Produkte absolut frei von transgenen Merkmalen sind.* Dies könnte zumindest einen Vertrauensverlust und einen verlangsamten Ausbau dieser als besonders biodiversitätsfördernd geltenden Bewirtschaftungsweise hervorrufen.

2.3 Horizontaler Gentransfer

Die *nicht-sexuelle Übertragung von genetischem Material* wird als horizontaler Gentransfer bezeichnet. Mikroorganismen, v.a. Bakterien, verfügen über verschiedene Mechanismen zur Aufnahme und Weitergabe von DNA untereinander und können theoretisch Gene, z.B. aus abgestorbenen Pflanzenteilen, in andere Organismen einbringen. Verschiedene Befunde zeigen, daß solch eine Genübertragung im Lauf der Evolution immer wieder stattgefunden hat, jedoch insgesamt ein sehr seltenes Ereignis bedeutet (Albrecht et al. 1997, S. 252 f.).

In der Diskussion um die Sicherheit der Gentechnik hat die Frage des horizontalen Gentransfers immer eine besondere Rolle gespielt, da ein solcher - ebenso wie ein vertikaler Gentransfer - es verhindern würde, daß im Rahmen von Freisetzungen einmal in die Umwelt entlassene Gensequenzen wieder "zurückgeholt" werden können. Die Sicherheitsforschung der letzten Jahre hat gezeigt, daß eine Verbreitung gentechnisch eingeführter Sequenzen über diesen Weg, z.B. von Pflanzen auf Bodenmikroorganismen, nicht zu verhindern ist; die *Frage* ist daher seit längerem *nicht mehr ob*, sondern *in welchem Ausmaß* und *mit welchen Folgen* horizontaler Gentransfer stattfindet bzw. stattfinden kann.

2.3.1 Genübertragungen zwischen Pflanzen und Bodenmikroorganismen

Als potentielle Genempfänger für Gene von Kulturpflanzen kommen vor allem Mikroorganismen in Betracht, die in engem Kontakt mit der Pflanze leben, zum Beispiel pathogene oder symbiontische Bakterien und Pilze sowie allgemein

Bodenbakterien im Wurzelraum der Pflanze. Drei Bedingungen müssen nacheinander erfüllt werden (Albrecht et al. 1997, S. 253 f.):

- *Persistenz des Gens*: Beim bzw. nach dem Verrotten der Pflanze muß die transgene Sequenz, d.h. die entsprechende DNA, eine Zeitlang chemisch stabil bleiben, um von den Mikroorganismen aufgenommen werden zu können. Entgegen früheren Annahmen haben Untersuchungen gezeigt, daß DNA (an Bodenpartikel gebunden) über lange Zeiträume, zumindest mehrere Monate lang intakt bleiben kann. Hierbei spielt es keine Rolle, ob die DNA natürlichen oder gentechnischen Ursprungs ist.
- *Aufnahme der DNA durch Mikroorganismen*: Die Herkunft der DNA spielt auch für den Aufnahmevorgang keine Rolle. Für diesen sind eine ganze Reihe von Parametern ausschlaggebend, angefangen von der sehr unterschiedlichen Kompetenz der Mikroorganismen zur DNA-Aufnahme über die Struktur der DNA (plasmidisch oder chromosomal), den Grad der Bindung an das jeweilige Bodenmineral bis zu den pH- und Temperaturverhältnissen (Albrecht et al. 1997, S. 254).
- *Etablierung der DNA im Genom der Mikroorganismen*: Bei Bakterien konnte eine solche Etablierung bislang weder im Freiland noch im Labor bewiesen werden, nur bei Pilzen konnte ein Gentransfer gezeigt und auch experimentell hervorgerufen werden (Albrecht et al. 1997, S. 255). Es gibt jedoch *mehrere biochemisch-strukturelle Unterschiede zwischen nativen Pflanzengenen und gentechnisch hergestellten Sequenzen*, die zumindest eine leichtere Expression der (transgenen) Genprodukte in Bakterien wahrscheinlich machen (u.a. Exon-Intron-Struktur, pflanzliche vs. bakterielle oder virale Promotoren, unterschiedlicher Codongebrauch) (Albrecht et al. 1997, S. 262 f.).

Aus den bisherigen Untersuchungsergebnissen lassen sich jedoch keine Angaben über die Häufigkeit eines horizontalen Gentransfers von Pflanzen auf Pilze oder Bakterien ableiten. Hierfür sind eine Reihe *methodischer Schwächen und Probleme* bisheriger Experimente verantwortlich (Albrecht et al. 1997, S. 255 f.): In den meisten Fällen wurde kein geeigneter Selektionsdruck simuliert (der z.B. bei den Totalherbiziden wirken könnte); die Beobachtungszeiträume waren verhältnismäßig kurz, die Probenmengen im Verhältnis zu zukünftigen Anbaumengen unvermeidlicherweise klein; viele Bodenbakterien lassen sich im Labor nicht kultivieren, Isolate aus dem Boden hingegen sind nach wie vor nur sehr schwer differentiell zu analysieren. Trotz geringer Raten *ist daher von einem*

Gentransfer von Pflanzen auf Mikroorganismen, die wiederum untereinander DNA sehr effektiv austauschen können, *auszugehen*.

Die *theoretisch konstruierbaren Wirkungsketten*, die zu einem *Retransfer der Gene auf andere als die Ausgangspflanzen* führen könnten (Albrecht et al. 1997, S. 256 f.), umfassen *mehrere Schritte sehr geringer Wahrscheinlichkeit* und sollen daher hier nicht im einzelnen diskutiert werden. Der nächstliegende Weg scheint die *Übertragung der entsprechenden Sequenzen durch sog. Agrobakterien* zu sein, die zum gezielten Gentransfer eingesetzt werden und nach der gentechnischen Übertragung in den Pflanzen verbleiben können.

Bei sexuell vermehrten Arten tritt dieses Problem jedoch nur in der ersten Generation auf, da Agrobakterien allem Anschein nach nicht samengängig sind und daher vor einer möglichen Freisetzung, erst recht vor einem kommerziellen Anbau nicht mehr in den Pflanzen erscheinen. In diesem Fall kann ein Gentransfer also nur in der - kontrollierbaren - Gewächshausphase erfolgen.

Möglich hingegen wäre eine Ausbreitung im Fall vegetativer Vermehrung, also z.B. bei Kartoffeln. Allerdings wurden zur Vermeidung dieser Gefahr spezielle Versuchsprotokolle entwickelt und auch angewendet, die durch Selektion und besonders empfindliche Überprüfung das Vorkommen intakter, transgener Agrobakterien erfolgreich verhindern (Albrecht et al. 1997, S. 257 f.).

2.3.2 Gentransfer von Pflanzen auf Viren

Ein biologisch besonders naheliegender und in letzter Zeit auch oft thematisierte Weg des horizontalen Gentransfers kann durch den *Anbau transgener virusresistenter Pflanzen* beschritten werden. Die bislang vorrangig verfolgte Strategie bei der gentechnisch vermittelten Virusresistenz besteht darin, Abschnitte von pathogenen Viren in das Pflanzengenom einzubauen, um darüber eine Art Immunität gegen das entsprechende Virus - sowie möglicherweise gegen nahe verwandte Viren - zu erzielen. Daß Pflanzen durch den Befall mit (schwach pathogenen) Viren gegen andere Infektionen geschützt werden können, wurde bereits in den 20er Jahren dieses Jahrhunderts beschrieben, ein Vorgang, den man als "*Prämunisierung*" bezeichnet (Eckelkamp et al. 1997a, S. 11).

Verschiedene virale Gene können verwendet, d.h. gentechnisch in Pflanzen "eingebaut", werden, um eine sog. *pathogeninduzierte Resistenz* zu erreichen. Im bislang am häufigsten verfolgten und vor der Anwendung stehenden Ansatz wird das Gen des jeweiligen Hüllproteins des Virus übertragen. Der genaue Resistenzmechanismus ist nicht in allen Fällen verstanden, auch wenn er meist

mit der Expression des rekombinanten Hüllproteins verbunden ist (Eckelkamp et al. 1997a, S. 25).⁶

Ein horizontaler Gentransfer könnte zwischen der transgenen Pflanze und Viren, die mit dem durch das eingebaute Gen "abgewehrten" Virus verwandt sind (ohne allerdings selbst auch abgewehrt zu werden), erfolgen. Hierbei könnte als Folge eines *Austausches der Hüllproteingene* das Wirtsspektrum der "nicht-abgewehrten" Viren auf das Spektrum des "abgewehrten" hin verändert werden. Die grundsätzliche Möglichkeit einer solchen Rekombination konnte dadurch nachgewiesen werden, daß (sequenz-)defekte Virusstämme durch die Aufnahme von ihnen fehlenden Genen aus entsprechenden transgenen Pflanzen wieder funktionsfähig wurden (Albrecht et al. 1997, S. 259; Kleiner 1997).

Auch beim natürlichen Auftreten einer *Mischinfektion* zweier verwandter Virusstämme kann eine ähnliche Rekombination erfolgen. Solch eine Mischinfektion bildet für die Risikodiskussion damit das "natürliche Referenzszenario" gegenüber der Situation beim Anbau transgener virusresistenter Pflanzen. Ob eine Rekombination der viralen Genome und danach eine Wirtserweiterung bei transgenen Pflanzen leichter als in dieser Referenzsituation stattfinden kann, ist unter Experten umstritten (siehe hierzu die Diskussion der Ergebnisse des Öko-Instituts auf einem Workshop des UBA, in: Eckelkamp et al. 1997a, S. 236 ff.). Für eine erhöhte Wahrscheinlichkeit spricht u.a., daß in den transgenen Pflanzen das virale Gen in allen Zellen andauernd vorhanden ist bzw. abgelesen wird und daher leichter auf einen meist lokal begrenzten Infektionspartner treffen kann, dagegen spricht z.B. eine angenommen höhere Vervielfältigungsquote im Fall einer natürlichen Infektion (Albrecht et al. 1997, S. 258 f.). Eine Möglichkeit zur Reduktion der Rekombinationswahrscheinlichkeit sind sog. *Sicherheitsklonierungen*, d.h. in diesem Fall die Entfernung essentieller Genbereiche vor der gentechnischen Übertragung.

Wie so oft muß insgesamt jedoch festgestellt werden, daß das Wissen über die molekularen Mechanismen und sonstigen Determinanten der Rekombination, von Wirts- und Überträgerorganismenerkennung sowie der Evolution von Viren sehr begrenzt ist. Insbesondere bezüglich ihres Vorkommens, ihrer Epidemiologie bei Wildpflanzen ist nur äußerst wenig bekannt (Albrecht et al. 1997, S. 259 f.). Dies schränkt auch die Ableitung von Wirkungsketten ein, die negative Folgen für die Biodiversität nach sich ziehen würden (Kap. 2.3.3).

6 Diese Studie des Öko-Institutes im Auftrag des Umweltbundesamtes bietet einen Überblick über die verschiedenen Möglichkeiten zur Erzeugung virusresistenter Pflanzen sowie eine Diskussion der damit möglicherweise verbundenen ökologischen Risiken.

Neue Pathogene hätten vermutlich *vorrangig agronomische Verluste* zur Folge, eine außerlandwirtschaftliche Verbreitung würde wohl erst bei einem massiveren Befall registriert werden (Albrecht et al. 1997, S. 260).

Eine *Übertragung von nicht-viralen Genen* aus Pflanzen auf Viren ist sehr unwahrscheinlich, da Viren prinzipiell extrem ökonomische Genome besitzen, mit "wenig Platz" für zusätzliche Gene (Albrecht et al. 1997, S. 258). Hier sind die sonstigen Übertragungswege (auf andere Mikroorganismen oder über vertikalen Gentransfer) sicherlich relevanter.

Der Vollständigkeit halber seien an dieser Stelle zwei weitere mögliche ökologische Wirkungswege von Virushüllprotein-exprimierenden transgenen Pflanzen erwähnt, zum einen sog. *virale Synergismen* (eine Verstärkung von Krankheitssymptomen bei Mischinfektionen), zum andern die *heterologe Enkapsidierung*, also die Verpackung eines Virus in ein fremdes Hüllprotein (Albrecht et al. 1997, S. 261 f.). Beide Effekte können möglicherweise im Fall einer großflächigen Nutzung virusresistenter transgener Pflanzen häufiger auftreten, die hypothetischen Folgen z.B. für Wildpopulationen sind jedoch aller Voraussicht nach geringer als im Fall der genannten Rekombination, da es sich nicht um vererbare Merkmale handelt, sondern um zeitlich und räumlich begrenzte Phänomene.

2.3.3 Mögliche Auswirkungen auf die biologische Vielfalt

Auch bezüglich der möglichen Folgen eines horizontalen Gentransfers interessiert im Hinblick auf die Fragestellungen des TA-Projektes vor allem der *Risikovergleich zwischen konventionell gezüchteten und gentechnisch veränderten Pflanzen*. Einer klassischen Risikoanalyse entsprechend, können bzw. müssen dabei Eintrittswahrscheinlichkeit und möglicher Schadensumfang betrachtet werden.

Die Ergebnisse zur *Eintrittswahrscheinlichkeit* von horizontalen Gentransferereignissen bei konventionell gezüchteten und gentechnisch veränderten Pflanzen werden in Tabelle 12 zusammengefaßt. *Insgesamt gesehen muß beim derzeitigen Kenntnisstand von einer leicht erhöhten Transferrate von gentechnisch eingebrachten Sequenzen ausgegangen werden*, wobei nicht vergessen werden sollte, daß es nach wie vor keine experimentellen Befunde über die tatsächlichen Verhältnisse im Ackerboden oder anderen Kompartimenten gibt (Albrecht et al. 1997, S. 264).

Tab. 12: Eintrittswahrscheinlichkeit von horizontalen Gentransferereignissen bei konventionell gezüchteten und gentechnisch veränderten Pflanzen

	<i>konventionell gezüchtete Pflanzen</i>	<i>gentechnisch veränderte Pflanzen</i>
<i>Gentransfer auf pflanzen-assoziierte Bakterien</i>		
• Persistenz der DNA		kein Unterschied
• Aufnahme		kein Unterschied
• Etablierung im Genom	<i>geringere Wahrscheinlichkeit:</i> – Exon-Intron-Struktur – pflanzliche Promotoren in Bakterien nicht funktionsfähig	<i>höhere Wahrscheinlichkeit:</i> – keine Introns in den eingefügten Sequenzen – Transgene oft an virale oder bakterielle Promotoren gekoppelt
<i>Gentransfer auf Pflanzen über transformierende Agrobakterien</i>	unwahrscheinlich	Persistenz von transgenen Agrobakterien muß vor allem bei vegetativ vermehrten Pflanzen experimentell ausgeschlossen werden
<i>Rekombination zwischen viralen Sequenzen</i>	<i>Rekombinationswahrscheinlichkeit bei Mischinfektion eventuell erhöht durch höhere RNA-Konzentration in der Zelle (im Vergleich zur transgenen Situation)</i>	<i>erhöhte Begegnungswahrscheinlichkeit:</i> – Vorkommen von viralen Genen in allen Pflanzenzellen – "Neue" Begegnungen zwischen Virusstämmen mit unterschiedlicher Wirts- oder Organspezifität – großflächiger Anbau

Quelle: nach Albrecht et al. 1997, S. 264

Eine Prognose *möglicher Folgen für die Biodiversität* ist mit noch größeren Unsicherheiten versehen. Im folgenden werden potentielle Wirkungen von pflanzeigenen oder gentechnisch übertragenen Genen (*Endo-* bzw. *Transgene*) bzw. Merkmalen bei Mikroorganismen nach der Art des möglichen Selektionsvorteils zusammengefaßt. Der Fall der Rück- bzw. Weiterübertragung auf Pflanzen wird nur kurz gestreift. Im Resultat entspräche er vertikalen Gentransferereignissen (Kap. 2.2.2); er beträfe zwar einen viel größeren potentiellen

Empfängerkreis, allerdings ist die Wahrscheinlichkeit vermutlich viel geringer (Kap. 2.3.1). Zu beachten ist, daß im Gegensatz zum vertikalen Gentransfer mögliche Risiken des horizontalen Gentransfers grundsätzlich nur auf der Art des Endo- oder Transgens, nicht jedoch auf der Art der Anbaufrucht basieren (Albrecht et al. 1997, S. 264).

Drei Kategorien bezüglich des Selektionsvorteils des von den Mikroorganismen aufgenommenen Gens können unterschieden werden (wobei die Zuordnung der transgenen Eigenschaften zu diesen Kategorien nur unter dem großen Vorbehalt der geringen Kenntnis über die Determinanten von Selektionsvorteilen möglich ist):

- *Kein Selektionsvorteil* (vgl. Albrecht et al. 1997, S. 265 f.): Die meisten Endo- und Transgene dürften Mikroorganismen keinen Vorteil vermitteln. Entgegen früherer Annahme scheint es nicht so zu sein, daß solche "nutzlosen" Gene in allen Fällen schnell wieder entfernt werden. Trotz der vielfältigen Genaustauschmöglichkeiten zwischen Mikroorganismen kann vermutet werden, daß ohne Selektionsdruck keine umfängliche Ausdehnung über die Empfängerpopulation hinaus erfolgen wird. Auswirkungen auf die Biodiversität sind daher nicht erkenn- bzw. ableitbar; unter veränderten Bedingungen könnte jedoch eines der beiden folgenden Szenarien wirksam werden.
- *Temporärer Selektionsvorteil* (vgl. Albrecht et al. 1997, S. 266 f.): Einen vorübergehenden Vorteil können beispielsweise HR-Gene darstellen, wenn das Herbizid auch auf Bodenmikroorganismen wirkt. Ähnlich wie bei Antibiotikaresistenzen kann eine erhöhte Verbreitungsrate durch Einwirken des Selektionsdrucks angenommen werden. Je umfangreicher bzw. vor allem je öfter die Herbizidausbringung erfolgt, desto stärker dürfte der Selektionsdruck für das Resistenzgen sein. Ein Übergang auf andere Bakterienstämme sowie ein Austrag auf weit entfernt Standorte als Folge landwirtschaftlicher Aktivität (Ernte, Kompostierung) ist naheliegend. Nur durch die Herbizidanwendung können jedoch als Folge der Resistenzausbreitung Verschiebungen der Mikroflora (und darüber möglicherweise auch anderer Elemente des Agroökosystems) resultieren, so daß argumentiert werden kann, daß nicht die Resistenzgene, sondern der Herbizideinsatz die Ursache für solche Veränderungen ist. Die Einschätzung, daß HR-Gene gerade für Mikroorganismen keine Novität darstellen, da sie dem mikrobiellen Genpool entstammen, ist zwar allgemein richtig, erscheint aber angesichts eines möglichen großflächigen Anbaus herbizidresistenter Pflanzen nicht überzeugend. Vermutet

wird allerdings, daß Pflanzen (abgesehen von vertikalem Gentransfer) unter Herbiziddruck eher direkt herbizidresistente Mutanten bilden, als daß sie z.B. durch transformierte Agrobakterien widerstandsfähig werden.

- *Permanenter Selektionsvorteil* (vgl. Albrecht et al. 1997, S. 267 f.): Einen dauerhaften Vorteil würde z.B. die Erschließung eines neuen Wirtskreises als Folge der Aufnahme eines anderen Hüllproteingens durch ein Virus bedeuten. Der Einfluß von Viruserkrankungen auf Wildpflanzenpopulationen ist jedoch so unerforscht, daß keine wissenschaftlich plausiblen Wirkungsketten prognostiziert werden können.

Daß ein relevanter Einfluß von der Verbreitung transgener Sequenzen aus Pflanzen über Mikroorganismen auf die Biodiversität ausgehen wird, ist beim derzeitigen Kenntnisstand unseres Erachtens nicht überzeugend ableitbar. Dies heißt nicht, daß nicht in einzelnen Fällen und in gewissem Umfang die jeweils existierende Situation eines Ökosystems - möglicherweise auch dauerhaft - beeinflusst werden kann. Im Vergleich zu den in anderen Kapiteln vorgestellten Mechanismen, insbesondere gegenüber den Auswirkungen der Anbausysteme von Hochleistungspflanzen, werden diese Auswirkungen jedoch auf absehbare Zeit von untergeordneter Bedeutung bleiben.

V. Erhaltungsmöglichkeiten für pflanzengenetische Ressourcen

Mit der Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung 1992 in Rio haben Arbeiten zur *Erhaltung* und Nutzung *pflanzengenetischer Ressourcen* (PGR) eine neue Dimension erhalten. In der dort verabschiedeten Agenda 21 werden die pflanzengenetischen Ressourcen explizit angesprochen (Kap. 14, Abschnitt 6). Mit der dort gezeichneten Konvention über die biologische Vielfalt, die Ende 1993 in Kraft getreten ist, werden die Arbeiten auf eine international rechtlich verbindliche Grundlage gestellt. Die Konvention soll die Erhaltung der biologischen Vielfalt, die nachhaltige Nutzung ihrer Bestandteile sowie die gerechte und ausgewogene Aufteilung der sich aus der Nutzung genetischer Ressourcen ergebenden Vorteile fördern.

Vor diesem Hintergrund stehen die Bemühungen, die Konzeptionen (der FAO) im Bereich der pflanzengenetischen Ressourcen mit denen zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung der biologischen Vielfalt abzustimmen und zu vernetzen (Becker 1997, S. 11) (Kap. VI). Die Erhaltung pflanzengenetischer Ressourcen (PGR) betrifft nicht nur den Agrar-, sondern verschiedene andere Politikbereiche; von besonderer Bedeutung hierbei sind die Regelungen des Naturschutz-, Forst- Saatgutverkehrs-, Sortenschutz- und Patentrechtes. Die Aktivitäten zur Erhaltung pflanzengenetischer Ressourcen in der Bundesrepublik Deutschland werden überwiegend von öffentlichen Institutionen betrieben oder öffentlich gefördert (BML 1996a).

Bei der Beurteilung, welche *Methoden* der Erhaltung von PGR in Frage kommen, gibt es verschiedene Ansichten (Plän 1997, S. 76). Zur Erhaltung der Kulturpflanzen innerhalb der genetischen Ressourcen hatte sich über lange Zeit ein Schwerpunkt herausgebildet, der von einer effektiven Erhaltungsmöglichkeit fast ausschließlich in Genbanken und ähnlichen Einrichtungen ausging (*Ex-situ-Erhaltung*) (Kap. V.1). Erst später kamen Überlegungen hinzu, die Erhaltung und Entwicklung einer möglichst großen biologische Vielfalt bei Arten und Sorten und der verwandten heimischen Wildarten der Kulturpflanzen durch Maßnahmen zur Erhaltung ihrer Lebensräume, also *in situ*, zu gewährleisten (Kap. V.2). Die *On-farm-Erhaltung*, die Erhaltung durch Anbau und Produktion der betreffenden Arten (z.B. früher kultivierte Arten) und Sorten (Landsorten, Alte Sorten) in landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Betrieben oder agrarhistorischen Freilandmuseen, ist das jüngste Konzept. Das On-farm-Management

landwirtschaftlicher Kulturarten ist in Deutschland noch nicht weit verbreitet und bedarf daher des größten konzeptionellen Inputs (Kap. V.3). Wie im folgenden aufgezeigt werden kann, haben diese verschiedenen Erhaltungsansätze jeweils spezifische Vor- und Nachteile. Deshalb sollten verstärkt *Kombinationsmöglichkeiten* entwickelt werden, die ein differenziertes und zugleich integratives Vorgehen ermöglichen (Kap. V.4).

Im folgenden sollen die unterschiedlichen Maßnahmen und Möglichkeiten für die Erhaltung pflanzen genetischer Ressourcen dargestellt werden.

1. Ex-situ-Maßnahmen

Die *Ex-situ-Maßnahmen* zur Erhaltung der inter- und intraspezifischen Vielfalt landwirtschaftlicher und gartenbaulicher Kulturpflanzen sowie von Forst- und Wildpflanzen lassen sich wie folgt gliedern:

- Ex-situ-Erhaltung in Genbanken und in Spezial- und Arbeitssammlungen als Saatgut, Pollen, Gewebe sowie Feldkollektionen, Samenplantagen und Klonarchiven bei Kulturpflanzen und deren wilden Verwandten sowie Forst- und Wildpflanzen
- Ex-situ-Erhaltung in forstlichen Beständen sowie in Botanischen Gärten und Arboreten bei Kultur-, Forst- und Wildpflanzen

1.1 Formen der Ex-situ-Erhaltung

Durch fortschreitende Generosion waren schon gegen Ende des vergangenen Jahrhunderts Ex-situ-Maßnahmen zur Erhaltung von PGR notwendig geworden. Pflanzenzüchter machten auf den möglichen Verlust von aussichtsreichem Zuchtmaterial aufmerksam. Durch die rasche Ausbreitung neuer, erfolgreicher Sorten drohten die traditionellen Landsorten aus ihrem angestammten Verbreitungsgebiet verdrängt zu werden. Schon zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurden deshalb größere Sammlungen pflanzen genetischer Ressourcen angelegt, die bald in oft spezialisierten, doch zugleich zentralen Einrichtungen zusammengeführt wurden. Diese Züchterkollektionen ermöglichten ein leicht zugängliches Ausgangsmaterial für die Pflanzenzüchtung, gut charakterisiert und auch evaluiert verfügbar (Hammer 1997, S. 28).

Genbanken

Die bedeutendste Rolle bei der Ex-situ-Erhaltung pflanzengenetischer Ressourcen haben sog. Genbanken. *Genbanken* sind Einrichtungen zur Sammlung, Erhaltung, Reproduktion und Charakterisierung, sie dienen der Evaluierung und Dokumentation sowie zur Führung von Basissammlungen und Bereitstellung von genetischen Ressourcen der Kulturpflanzen und verwandter Wildpflanzenarten als Ausgangsmaterial für die Pflanzenzüchtung und als Studienobjekt für verschiedene Wissenschaftszweige. Der Begriff Genbanken umfaßt die Sammlung pflanzlicher Organismen "in toto" (als Saatgut, Pflanzen "in vivo" und "in vitro") (Hammer 1997, S. 14; BML 1996a, S. 40).

In Deutschland werden in mehreren Genbanken über 200.000 Muster pflanzengenetischer Ressourcen erhalten. Für landwirtschaftliche und gartenbauliche Kulturpflanzen bestehen zwei große Genbanken: Am Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (*IPK*) in Gatersleben und an der Bundesforschungsanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen (*BAZ*) in Braunschweig-Völkenrode. Eine bedeutende Sammlung für die Weinrebe ist am Institut für Rebenzüchtung (*IRZ*) der Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen in Siebeldingen vorhanden. Für den Forstbereich wurden die Forstgenbanken der Bund-Länder-Arbeitsgruppe "Erhaltung forstlicher Genressourcen" dezentral aufgebaut. Es gibt viele weitere Sammlungen genetischer Ressourcen, unter anderem in Universitätsinstituten, anderen öffentlichen Forschungseinrichtungen und Botanischen Gärten. Auch die Pflanzenzüchter verfügen über z.T. umfangreiche Arbeitssammlungen, die jedoch überwiegend zur eigenen Nutzung aufgebaut wurden. Informationen über das dort erhaltene Material sind im allgemeinen nicht öffentlich zugänglich.

Den Genbanken ist durch die Konservierung genetischer Varietäten, die teilweise in situ (on farm) verloren gingen, die Aufgabe zugewachsen, ihre Ex-situ-Vielfalt zur Wiederbegründung oder Bestandsstützung bedrohter Vielfalt in situ/on farm verfügbar zu machen: sei es als Materiallieferanten, als Koordinationsinstanzen für eine Verquickung von In-situ- und Ex-situ-Ansätzen sowie zur Durchführung von Charakterisierungen und Evaluationen, um auf diese Weise Landsorten oder Wildpflanzenverwandte attraktiver für die Nutzung durch moderne Pflanzenzucht zu machen (Plän 1997, S. 56).

Botanische Gärten und Arboreten

In jüngster Zeit werden auch die *Botanischen Gärten* und *Arboreten* immer mehr in Erhaltungsmaßnahmen miteinbezogen, da diese über lange und intensive Erfahrungen bei der Vermehrung und Erhaltung ex situ verfügen. Diese Einrichtungen sind aber im wesentlichen auf Wildpflanzen und komplizierte Pflanzensippen spezialisiert und können sich um die große Menge der für den Betrachter oft morphologisch einheitlichen Landsorten nicht kümmern, während die Genbanken (im engeren Sinne) auf spezielle Kenntnisse beim Umgang mit der intraspezifischen Variabilität, der Langzeitlagerung von Saatgut und der Anwendung moderner Methoden (u.a. In-vitro-Kultur, Kryokonservierung; Kap. V.5.1) verweisen können. Die besonders auf dem Artenniveau angelegten Sammlungen Botanischer Gärten erfordern auch eine andere Herangehensweise als die Vermehrung und Erhaltung der intraspezifischen Variabilität der Kulturpflanzen in Genbanken, die besonders die Verhinderung von nicht beabsichtigten Fremdbefruchtungen einschließen (Hammer 1997, S. 28).

In Deutschland kultivieren ca. 90 Botanische Gärten und andere Lebendpflanzensammlungen mit zum Teil sehr langer Tradition bis zu 18.000 Arten aus nahezu allen Vegetationszonen der Erde. Der älteste deutsche Botanische Garten wurde bereits 1542 in Leipzig gegründet. Viele Botanische Gärten führten neue, ökonomisch bedeutsame Pflanzen ein, um sie zu kultivieren. Die Gärten gehören meist den Universitäten an und spielen in erster Linie eine Rolle in der taxonomischen Grundlagenforschung und der Lehre. Daneben unterhalten auch Städte eigene Botanische Gärten (BML 1996a, S. 45). Einige Botanische Gärten widmen sich darüber hinaus speziellen Fachgebieten, wovon einige für die Erhaltung pflanzen genetischer Ressourcen von Bedeutung sein können. So erhält z.B. der Botanische Garten der Universität Würzburg im Gewächshaus und Freiland Sammlungen verschiedenster Nutzpflanzen aus gemäßigten sowie subtropischen und tropischen Klimaten (Garten mit Acker- und Gemüsepflanzen, Arznei- und Gewürzpflanzen sowie einen Bauerngarten mit traditionellen Nutz- und Zierpflanzen). Der Botanische Garten der Universität Frankfurt/Main betreibt seit ca. 25 Jahren eine Samenbank. Es werden ca. 5.000 Pflanzenarten in insgesamt ca. 10.000 Akzessionen gelagert, davon etwa die Hälfte unter Tiefkühlbedingungen. Es handelt sich im wesentlichen um Wildpflanzen heimischer und mitteleuropäischer Herkunft. Viele der Arten sind in ihrem Bestand gefährdet. Der Botanische Garten der Universität Jena hat mit der Einrichtung einer Samenbank für die Gefäßpflanzen Thüringens (ca. 1.700

Arten) begonnen. Es wurden bereits etwa 450 Samenproben von Wildherkünften eingelagert (Begemann/Oetmann 1997, S. 232 f.).

Eine FAO-Untersuchung verwies schon 1984 auf die Notwendigkeit, insbesondere die weniger bedeutenden Nahrungspflanzen und verwandte Arten verstärkt auch durch Botanische Gärten ex situ zu erhalten. Mehrere deutsche Botanische Gärten haben in jüngster Zeit diese Zielvorgaben aufgenommen, um einen Beitrag zum Erhalt standortangepaßter Nutzpflanzen und mit ihnen vergesellschafteter PGR zu ergreifen (Plän 1997, S. 62). Ziel einer Zusammenarbeit der Botanischen Gärten in Bundesverbänden und internationalen Verbänden ist die bessere Dokumentation der Sammlungen und eine optimierte Koordination des Pflanzenaustausches.

Spezial- und Arbeitssammlungen

Im Zusammenhang mit der Etablierung eines Gesamtsystems zur Erhaltung und Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen ist auch die Einbindung schon längerer Zeit existierender *Spezialsammlungen* von Kulturpflanzen privater Organisationen, wie z.B. von Arche Noah, Seed Savers Exchange, Pomologenvereinen und Arboreten u.ä., zu erwähnen (Hammer 1997, S. 15), wie es auch der "Deutsche Bericht zur Vorbereitung der 4. Internationalen Technischen Konferenz der FAO über pflanzengenetische Ressourcen vom 17.-23. Juni 1996 in Leipzig" ausdrücklich dargestellt hat. In Deutschland werden teilweise sehr speziell ausgerichtete Ex-situ-Kollektionen verschiedener Fruchtarten von zahlreichen Institutionen des Bundes und der Länder, Hochschulen, privaten Forschungs- und Züchtungsunternehmen sowie einigen Verbänden erhalten. Zumeist handelt es sich um Sammlungen, die in erster Linie der *Forschung und Entwicklung* dienen. Ihre Muster stammen nicht selten aus Genbanken verschiedener Nationen. Die Erhaltungsinstitutionen (i.d.R. IPK und BAZ) übernehmen nach Beendigung entsprechender Forschungsvorhaben als wertvoll eingestufte *Arbeitssammlungen*. Als zusätzliches Ziel von *Sammelaktivitäten* und *Spezialsammlungen* wird in jüngster Zeit verfolgt, im Ursprungsgebiet gefährdete genetische Ressourcen ex situ zu sichern. Aufrufe zu Suchaktionen in einschlägigen Fachzeitschriften haben zum Wiederauffinden von verschollenen Obst-, Reben- und Gemüsesorten geführt (BML 1996a, S. 46). Auch forstliche Arbeitssammlungen werden bei den Forschungsanstalten und Universitäten gehalten. Schwerpunkt sind Sammlungen seltener und gefährdeter Baum- und Straucharten sowie besonderer lokaler Vorkommen. Ziel ist neben der Erhaltung die Vermehrung und Rückführung in den Waldbau (BML 1996a, S. 45 ff.).

Dokumentation, Charakterisierung und Evaluierung

Dokumentation, Charakterisierung und Evaluierung der Bestände pflanzengenetischer Ressourcen werden in Deutschland entsprechend den Empfehlungen des Internationalen Institutes für pflanzengenetische Ressourcen (IPGRI) unterschieden. Genetische Ressourcen sind für Pflanzenzüchter oder Genbanken von geringem Nutzen, wenn das Material nicht von entsprechenden Informationen begleitet wird. Informationen, die der genauen Identifizierung der Muster dienen, werden in Form von sog. *Passport-Daten* erhoben. Dazu gehören u.a. Informationen wie Art- und Sortenname, lokale Namen, Herkunft und Anbaumethoden, Ursprungsland, Lage des Fundortes etc. Diese Informationen werden vom Sammler am Fundort des Musters aufgezeichnet (Dethlefsen/von Westernhagen 1997, S. 147).

Charakterisierungsdaten sind Deskriptoren für Merkmale, die in hohem Maße erblich sind. Sie beschreiben die mit bloßem Auge sichtbaren Eigenschaften der Pflanzen, wie z.B. Gestalt der Blätter, Wuchshöhe, Blühzeitpunkt und Samenreife oder Anzahl der Samen pro Hülse. Diese Informationen sind für die Verwaltung des Saatguts unerlässlich, um die Muster der Sammlung zu unterscheiden. Neben den Deskriptorenlisten von IPGRI wurden weitere Listen im Rahmen des RGW (Rat für gegenseitige Wirtschaftshilfe) und von UPOV (International Convention for the Protection of New Varieties of Plants) veröffentlicht. Viele pflanzenbauliche Merkmale, die von den Züchtern benötigt werden, sind genetisch zu komplex, um in der ersten Charakterisierung der Muster genetischen Materials erfaßt zu werden. Diese Informationen werden normalerweise im Stadium der Evaluierung des genetischen Materials nach nützlichen pflanzenbaulichen Merkmalen offenbar.

Evaluierungsdaten beschreiben somit vor allem Eigenschaften, die für die landwirtschaftliche Nutzung wichtig sind, wie Ertrag, Anbaueigenschaften, Standorteigenschaften und Resistenzen (BML 1996a, S. 29; Dethlefsen/von Westernhagen 1997, S. 147). Die evaluierten Merkmale können zusätzlich in einen primären und sekundären Bereich unterteilt werden, wobei die sekundäre Evaluierung auch Merkmale umfaßt, die nur mit speziellen Methoden erfaßt werden können (z.B. Resistenzen gegen bestimmte Pathotypen von Krankheitserregern, nur im Labor festzustellende Qualitätsmerkmale, Vorhandensein bestimmter Gene etc.) (BML 1996a, S. 53). Deutsche Genbanken beteiligen sich aktiv an den internationalen Bestrebungen, ein *weltweites Gen-Banken-Netz* aufzubauen. Um den internationalen Informationsaustausch zu erleichtern, fördert das Internationale Institut für PGR (IPGRI) die Entwicklung von standardi-

sierten Deskriptorenlisten, nach denen Daten über die Pflanzenmuster in festgelegter Form erhoben werden können. Auf europäischer Ebene wurde das Europäische Programm für Genetische Ressourcen (ECP/GR) initiiert. Im Rahmen dieses Programms und des Europäischen Programms zu forstgenetischen Ressourcen (EUFORGEN) haben deutsche Einrichtungen die Verantwortung für eine Reihe von Netzen für einzelne Frucht- und Baumarten übernommen (BML 1996a, S. 29).

1.2 Ex-situ-Bestand an pflanzengenetischen Ressourcen

Die Bestände an genetischen Ressourcen sind in Deutschland als reichhaltig einzuschätzen. In Deutschland werden in Genbanken und anderen Sammlungen insgesamt über 200.000 Muster pflanzengenetischer Ressourcen aus weltweiten Herkünften erhalten (etwa 2,5 % des Genbank-Weltbestandes), wobei die Kapazitäten weitgehend ausgeschöpft sind. (Zum Vergleich: In den USA befinden sich etwa 4,5 % des Genbank-Weltbestandes, die Kapazitäten sind aber auf 16 % ausgelegt; Hammer 1997, S. 30).

Die *Sammlung am Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung in Gatersleben* (IPK) umfaßt rund 100.000 Muster, die zu fast 2.000 Arten aus 70 Familien gehören. Nach Fruchtartengruppen teilen sich die Muster auf in Getreide und Mais (39 %), Kartoffeln (5 %), Beta-Rüben (2 %), Hülsenfrüchte (17 %), Ölsaaten- und Faserpflanzen (7 %), Grünlandpflanzen (13 %), Gemüsepflanzen (10 %), Obstkulturen (2 %), Sonderkulturen (4 %) und Zierpflanzen mit 1 %. Nach der Kultivierungsstufe teilen sich die erhaltenen Muster auf in Aktuelle Sorten und Zuchtlinien (33 %), sog. Alte Sorten und Landsorten (48 %), Wildmaterial (15 %) und Mutanten (4 %) (BML 1996a, S. 40). Über 90 % der gesamten Kollektion ist ausreichend charakterisiert und primär evaluiert. Jährlich werden 12-15 % der Gesamtbestände auf 85 ha Versuchsfläche und 5 ha Gewächshausfläche regeneriert.

Die *Genbank der BAZ in Braunschweig* (ursprünglich zur FAL gehörend) wurde 1970 als zentrale Genbank der Bundesrepublik Deutschland etabliert und beherbergt rund 57.000 Muster von 948 Arten aus 58 Familien. Nach Fruchtartengruppen teilen sich die Muster auf in Getreide und Mais (53 %), Kartoffeln (6 %), Beta-Rüben (4 %), Hülsenfrüchte (16 %), Ölsaaten und Faserpflanzen (7 %) und Sonderkulturen (1 %). Alte Sorten und Landsorten machen dabei 35 %, Aktuelle Sorten und Zuchtlinien 42 %, Wildmaterial 15 %, Mutanten 1 % und Muster ohne Zuordnung 7 % aus (BML 1996a, S. 41). Im Gegensatz zum

IPK ist bei der BAZ in Braunschweig die Regenerationsfläche viel zu klein. Arbeiten zur Charakterisierung und primären Evaluierung können aus der Grundfinanzierung des Instituts nur ganz begrenzt geleistet werden.

Die größte spezialisierte Genbank in Deutschland ist die des *Instituts für Rebenzüchtung (IRZ)* der Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen (BAZ). An diesem Institut in Siebeldingen befinden sich rund 2.500 Rebmuster der Kulturrebe *Vitis vinifera*, 32 andere Arten (dokumentiert werden 15.900 Sorten) der Gattung *Vitis* und Kreuzungen der Kulturrebe mit anderen Arten (BML 1996a, S. 40). Die nach der Kultivierungsstufe erhaltenen Muster verteilen sich zu 67 % auf Aktuelle Sorten und Zuchtlinien, zu 26 % auf Alte Sorten und Landsorten sowie zu 7 % auf Muster ohne Zuordnung, hauptsächlich Wildmaterial. Das IRZ führt ein weltweit sehr bedeutendes Rebensortiment und nimmt eine führende Rolle in der internationalen Dokumentation genetischer Ressourcen der Rebe in Zusammenarbeit mit dem Internationalen Weinamt (OIV) in Paris ein.

In neun *regionalen Forstgenbanken* werden rund 68.000 Muster aus etwa 50 Baum- und Straucharten erhalten. Circa 17.600 Muster davon sind in Genbanken eingelagert, zu 61 % als Saatgut, zu 37 % als Pollen und zu 2 % als Gewebe (in vitro). Über 50.000 Genotypen befinden sich in 404 Samenplantagen und Klonarchiven auf 816 ha, davon etwa 20.000 als Pfropflinge und über 30.000 als Stecklinge. An erhaltenen Mustern nach Fruchtartengruppen fallen 99 % auf Waldbaumarten (darunter 4 % Wildobst) und 1 % auf Straucharten. Die erhaltenen Muster nach Kultivierungsstufe beziehen sich fast ausschließlich auf reine Wildformen.

Insgesamt gesehen beherbergen die angesprochenen *deutschen* Genbankensammlungen zu knapp 20 % einheimisches Material, wobei mehr als 90 % der vorhandenen Variationsbreite heimischer Kulturpflanzen aufgenommen wurde. Das übrige Material stammt aus anderen Kollektionen, von Sammelreisen und aus weiteren Quellen. Die große Menge nicht einheimischen Materials, das in Deutschland aber in der Regel an die nördlichen gemäßigten Breiten angepaßt ist, ist charakteristisch für die Sammlungen vieler Industrieländer (Hammer 1997, S. 30).

Von den *global* etwa 7.000 kultivierten Pflanzenarten sind ca. 2.000 Arten mit mehr als sechs Millionen Akzessionen in Ex-situ-Sammlungen verfügbar. Davon werden etwa 600.000 Muster innerhalb der Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR) erhalten, der Rest befindet sich unter der Obhut regionaler oder nationaler Genbanken. Zwölf Länder verfügen über mehr als 45 % des Gesamtmaterials in ihren nationalen Genbanken (FAO

1996). Die Hauptmasse des erhaltenen Materials gehört nur 30 Kulturarten an. Für den Durchschnitt dieser Kulturpflanzen und wenige nächstverwandte Wildarten wiederum dürften sich etwa 60 % der vorhandenen Variabilität der wichtigsten Fruchtarten in Ex-situ-Sammlungen befinden. Obwohl die CGIAR-Zentren günstig in den sog. Mannigfaltigkeitszentren der Kulturpflanzen gelegen sind, gibt es ein *Nord-Süd-Gefälle* mit umfangreichen Sammlungen in den Industrieländern, denen der finanzielle Aufwand zum Bewahren großer Kollektionen möglich ist, und relativ kleinen Kapazitäten in den Entwicklungsländern, wobei die Kollektionen in den Industrieländern nur einen relativ kleinen Anteil heimischer PGR enthalten, während dieser Anteil in den Kollektionen der Entwicklungsländer meist recht hoch ist (Hammer 1997, S. 28 f., 36; Plän 1997, S. 64).

1.3 Verfahren und Technologien der Ex-situ-Erhaltung

Zur Konservierung von pflanzengenetischen Ressourcen sind eine Fülle von Methoden entwickelt worden, die entsprechend dem Ex-situ-Zweck, dem Lagerverhalten des genetischen Materials und der verfügbaren finanziellen Ressourcen sehr unterschiedlich ausfallen. Die FAO (1996) hat Technologien, die zur Ex-situ-Konservierung verschiedener Formen von PGR in Frage kommen, tabellarisch zusammengestellt. Begriffsbestimmung und Kategorisierung dieser Ex-situ-Technologien werden in Tabelle 13 dargestellt.

Konservierungs- und Erhaltungstechnologien von PGR finden Anwendung auf fortpflanzungsfähige Organismen, Organe, Gewebe oder Zellen/Protoplasten oder - auf der subzellulären Ebene - auf genetisches Material. Bei den *Verfahren zur Ex-situ-Erhaltung* von Kulturpflanzen sind in der Hauptsache Feldkollektionen, Saatgutkonservierung, Gewebekonservierung, Pollenkonservierung und Protoplastenkultur zu unterscheiden.

In *Feldkollektionen*, bei denen die Bestände ausgepflanzt sind, werden in Deutschland rein vegetativ vermehrbare sowie langlebige und veredelte Pflanzenarten erhalten. Dies sind insbesondere viele Zwiebelgewächse, einige Heil- und Gewürzpflanzen (z.B. Pfefferminze), Obstgehölze, Hopfen, Reben, langlebige Zierpflanzen (z.B. Stauden) und einige Forstpflanzen. Gehölze werden in der Regel als Pfropflinge oder Stecklinge vermehrt. Zu den Feldkollektionen zählen Feldanbauten, Waldbestände und Samenplantagen. Mögliche Gefährdungen, z.B. durch Krankheitsbefall und Immissionen, sind wesentlich höher zu veranschlagen als z.B. bei der Gewebekultur (BML 1996a, S. 49).

Tab. 13: Technologien zur Ex-situ-Konservierung für unterschiedliche PGR

<i>Lagertechnologie</i>	<i>Lagermaterial</i>	<i>Anwendungsfeld/Funktion</i>
<i>niedrige Temperatur</i> (-18°C), 3-7 % <i>Feuchtigkeitsgehalt</i>	Samen	langfristige Konservierung; Vorhaltung von Mustern für Nutzungszwecke
<i>getrocknete Samen</i> bei <i>Kältetemperaturen</i>	Samen	mittelfristige Konservierung; Vorhaltung von Mustern für Nutzungszwecke
<i>ultra-trockene</i> Samen bei <i>Raumtemperatur</i>	Samen mit langer Keimfähigkeitsdauer	mittel- und langfristige Kon- servierung; Vorhaltung von Mustern für Nutzungszwecke
Kultivierung ganzer Pflanzen in <i>Feldgenbanken</i>	vegetativ vermehrte Arten, Arten mit gefriersensitiven Samen; langen Lebenszyklen, geringer Samenproduktion	kurz- oder mittelfristige Kon- servierung; Vorhaltung von Mustern für Nutzungszwecke
langsames Wachstum in <i>In-vitro-Kultur</i>	vegetativ vermehrte Arten und einige Arten mit gefriersensitiven Samen	mittelfristige Konservierung, Vorhaltung von Mustern für Nutzungszwecke
<i>Kryokonservierung</i> bei -196°C unter flüssigem Stickstoff	Samen, Pollen, Gewebezellen, Embryonen, die fähig zur In-vitro-Regeneration nach Gefriertrocknung sind	langfristige Konservierung

Quelle: FAO 1996

Die gegenwärtig bevorzugte Methode der Ex-situ-Erhaltung von Kulturpflanzen ist die *Konservierung von Saatgut* und beruht auf dessen Langlebigkeit. Der Vorteil dieser Methode ist ein großer Umfang der Sammlungen bei relativ niedrigem Arbeitsaufwand. Diese Samenbank-Technologie ist anwendbar auf Pflanzenarten, deren Samen 20 Jahre oder länger überdauerungsfähig sind. Bei den meisten Arten nimmt die Lebensdauer der Samen bei Reduzierung der Samenfeuchte und der Lagerungstemperatur logarithmisch zu. Die Lebensdauer ist genotypisch determiniert und die Keimfähigkeitsdauer läßt sich unter Berücksichtigung aller Einflußgrößen relativ genau vorherbestimmen. Die wichtigsten Kulturpflanzen der nördlichen gemäßigten Breiten gehören diesem Samentyp an (Getreide, Gräser, Leguminosen, Rüben etc.), während viele Pflanzen der immerfeuchten Tropen keine Samenruhe durchmachen und hier die Samen nicht ohne Schädigungen getrocknet werden können (Hammer 1997, S. 37 f.; Plän 1997, S. 59).

Das Verfahren der Erhaltung über Samen erscheint im Prinzip relativ unproblematisch, da weitgehend standardisiert. Es verleitet daher häufig zu vereinfachenden Schlußfolgerungen hinsichtlich der Führung einer Genbank. Ein großes Problem der Genbankarbeit besteht jedoch in der Reproduktion des Materials. Während einjährige Selbstbefruchter noch relativ einfach zu handhaben sind, müssen bei Fremdbefruchtern eine Reihe von Sicherungsmaßnahmen eingehalten werden. Für Wildpflanzen ohne Kultivierungsmerkmale wird die Reproduktion durch ausfallendes Saatgut, ungleichmäßige Abreife und weitere Wildpflanzenmerkmale noch komplizierter (Hammer 1997, S. 38).

Global hat die Samenbank-Technologie bislang quantitativ vor allem auf die zwischen- und innerartliche Kulturpflanzenvielfalt Anwendung gefunden. Mengemäßig weniger als 2 % des eingelagerten Materials stammt von wildlebenden Verwandten von Nutzpflanzen (Ceppi 1994, nach Plän 1994, S. 11). Zur Zeit sind etwa 500.000 Pflanzenproben weltweit in 40 Hauptsammelstationen von Forschungseinrichtungen eingelagert. *Prinzipiell* nachteilig ist die Abhängigkeit von dauerhafter und sicherer Stromversorgung (und daher für Entwicklungsländer evtl. problematisch) sowie die Notwendigkeit ständiger Überwachung der Keimfähigkeit der Samen (Auskeimung in regelmäßigen Abständen ist erforderlich). Nur für 1 % der in Samenbanken gesammelten Samen liegen verwertbare Aussagen vor, bei ca. 65 % fehlen grundlegende Angaben zur Herkunft, für 80 % gibt es keine Daten über nützliche Eigenschaften, etwa Methoden zur Vermehrung, und 95 % sind ohne jegliche weitere Angaben, es fehlen z.B. Aussagen zur Keimfähigkeit. Ein Gutteil der nicht auf Keimfähigkeit getesteten Zugänge könnte abgestorben sein (Plän 1994, S. 11).

In *Gewebekulturen* (In-vitro-Konservierung) lassen sich über lange Zeit Genotypen von Populationen unverändert erhalten. Die grundlegenden Mechanismen sind bislang jedoch nur unzureichend verstanden, so daß für jede Pflanzenart auf Grundlage von Versuch und Irrtum die optimalen Kultivierungsbedingungen entwickelt werden müssen (Woolf 1990, nach Plän 1994, S. 12). Nach heutigem Wissensstand lassen sich die etablierten Gewebetechniken bei ca. der Hälfte aller Taxa einsetzen (Plän 1994, S. 12). So werden in Deutschland die Methoden der Gewebekultur nicht nur zur vegetativen Pflanzenvermehrung und zur Eliminierung von Viren eingesetzt, sondern dienen zur In-vitro-Erhaltung von Kartoffeln, Zwiebeln und verwandten Arten, Obstgehölzen, Zierpflanzen mit komplizierter genetischer Struktur (z.B. Triploide) und derzeit nicht anders regenerierbaren Forstgehölzen. Die Kulturbedingungen für Gewebekulturen hängen von den Bedürfnissen der jeweiligen Pflanzenart und den zur Verfügung stehenden technischen und räumlichen Möglichkeiten ab.

Probleme bei der In-vitro-Erhaltung können aus der Übertragung von Virose, durch somaklonale Variation und dem häufigen Regenerationsbedarf erwachsen.

An der Entwicklung verbesserter Methoden, z.B. der *Kryokonservierung* (Tiefrost-Lagerung von regenerationsfähigem Gewebe unter flüssigem Stickstoff bei -196°C ; führt zu einer sehr starken Verlängerung der Keimfähigkeitsdauer von Saatgut), wird daher u.a. bei Kartoffeln und Forstpflanzen gearbeitet (BML 1996a, S. 49). Bei Gewebekulturen, die sich Kälteschutzverfahren verweigert haben (im englischen: recalcitrant), sind in jüngerer Zeit durch die Kälteeinlagerungen unreifer Embryonen (z.B. Walnuß- und Kakaobohnen-Embryonen) Erfolge erzielt worden. Die Deutsche Sammlung für Mikroorganismen GmbH (DSMZ) hält eine Gewebekultursammlung pflanzlicher Zellkulturen für pharmakologische Applikationen vor. Auch bei Wildpflanzen finden Gewebekulturen inzwischen Anwendungen. Im Kings Park and Botanic Garden in Perth/Australien wurden aus dem tiefgefrorenen Gewebekulturmateriel einer seltenen Grevillea-Art (*Grevillea scapigera*) große Mengen von Pflanzen regeneriert und 1994 ausgebracht, nach Kenntnis der durchführenden Wissenschaftler die erste Anwendung von Gewebekultur- und Kälteschutztechnik auf die Vermehrung und Freisetzung von geschützten bzw. gefährdeten Wildarten (Plän 1997, S. 60).

Der Einsatz der Ex-situ-Technologie der *Pollenerhaltung* (d.h. nur der männlichen Fortpflanzungszellen) ist geeignet bei Arten mit langlebigen Pollen. Eingeschränkte Anwendung kann diese Methode bei Pflanzenfamilien mit intermediärer Erhaltungsfähigkeit von Pollen finden. Nicht sinnvoll anwendbar ist sie bei Arten mit kurzlebigen Pollen (Plän 1997, S. 60). Der Einsatz der Ex-situ-Technologie der Pollenerhaltung wird durch die Notwendigkeit des Vorhandenseins von Befruchtungspartnern nach dem Auftauen limitiert.

Die *Protoplastenkultur* hat bislang bei einigen Nutzpflanzenarten (z.B. Kartoffeln, Raps und Möhre) und Zierpflanzenarten Anwendung gefunden. Im Nutzpflanzenbereich werden große Erwartungen an diese Technik geknüpft (Plän 1997, S. 61). Da bei Protoplasten (wandlose Zellen) die Zellmembran die einzige Barriere zwischen der Zelle und der Außenwelt bildet und somit auch größere Moleküle problemlos in die Zelle eindringen können, haben Protoplasten weitere Anwendungsfelder in der In-vitro-Selektion und der Gentechnik (Kap. V.5).

Zur Konservierung von PGR wurde verschiedentlich vorgeschlagen, sog. *DNA-Bibliotheken* aufzubauen, um die gesamte genomische Information einer Pflanzenart zu konservieren. Der prinzipielle Nutzen dieser DNA-Bibliotheken bestünde in der Isolierung oder Verfügbarmachung nützlicher Gene insbesondere durch Verfahren der Gentechnologie, nicht aber in der Erhaltung genetischer

Ressourcen. Das Konservierungsinteresse würde sich vermutlich auf spezifische Gensequenzen richten, die eine gentechnologische Nutzbarmachung (z.B. Resistenzeigenschaften, Stoffproduktion) verheißen. Insgesamt gesehen ist die Nützlichkeit in Bezug auf Schutzanstrengungen jedoch fraglich, da Genotyp und Phänotyp voneinander separiert werden, nur einzelne Gene genutzt werden können, ein hoher finanzieller Aufwand mit der Errichtung einer DNA-Bibliothek verbunden ist und letztlich jede Bibliothek nicht die genetische Vielfalt einer Population bzw. einer Ressource widerspiegelt (Plän 1997, S. 61).

1.4 Leistungen und Probleme

Aufgrund ihres über Jahrzehnte erarbeiteten Spezialwissens beim Umgang mit pflanzen genetischen Ressourcen sind Genbanken theoretisch in der Lage, auch schwierigste Probleme bei der Erhaltung seltener und gefährdeter Pflanzen zu lösen, obgleich es natürlich nicht Hauptaufgabe der Genbanken war und ist, der umfassenden Generosion Einhalt zu gebieten bzw. deren Folgen zu kompensieren (Hammer 1997, S. 14). Doch die in dieser Hinsicht neu gewonnene Verantwortung der Genbanken ist heute zugleich mit dem problematischen Zustand konfrontiert, daß die Zahl der Genbanken weltweit in den vergangenen 25 Jahren zwar zugenommen hat, die finanziellen und personellen Aufwendungen für die Aufrechterhaltung dieser Einrichtungen jedoch rückläufig sind. Eine Vielzahl von Ex-situ-Sammlungen ist aufgrund technologischer, legislativer und finanzieller Defizite weltweit in ihrem Bestand bedroht. Der Weltaktionsplan (GPA) fordert deshalb die internationale Gemeinschaft auf, eine zusätzliche kontinuierliche Unterstützung zur Finanzierung der Lagerkapazitäten für die pflanzen genetischen Ressourcen von den Staaten zu gewährleisten, die hierzu selbst nicht in der Lage sind. In Deutschland sind die *Lagerkapazitäten der Genbanken* von BAZ (Braunschweig) und IPK (Gatersleben) erschöpft. Zwischen den Aufgaben einzelner Erhaltungseinrichtungen bestehen deutliche Überschneidungen. Kostengünstige Techniken der Langzeitlagerung für bisher überwiegend vegetativ erhaltene Arten und einige Waldbaumarten sind noch nicht ausreichend erarbeitet (BML 1996a, S. 122).

Zwar leisten Ex-situ-Technologien wertvolle Hilfestellungen für den Schutz genetischer Vielfalt und werden zukünftig vielleicht sogar noch an Bedeutung gewinnen, doch sind insgesamt gesehen Ex-situ-Maßnahmen eher als vorübergehende oder unterstützende Vorhaben einzustufen. Ex-situ-Projekte können nur einen kleinen Ausschnitt der existierenden biologischen Diversität betreffen, sie

arbeiten unvermeidbar mit *reduzierter genetischer Vielfalt*, so daß seltene Genvarianten (Allele), die für nicht vorhersehbare zukünftige Adaptationsprozesse notwendig sein können, verloren zu gehen drohen. So stellen Genbanken eher eine ultima ratio dar und können nicht die Vielfaltigkeit einer lebendigen Landwirtschafts- und Gartenbaukultur ersetzen. Nicht nur von NROs, sondern auch innerhalb der für Genbanken relevanten Wissenschaftskreise wird diese Problematik deutlich erkannt. Die *Gefahr des Verlustes seltener Gene* während der Regeneration über genetische Drift und selektive Beeinflussung kann bisher nur unzureichend eingeschätzt werden. Teilweise werden zu kleine Populationen regeneriert. Die Regenerationsintervalle sind bei den Institutionen ohne ausreichende Kapazitäten für die Langzeitlagerung sehr kurz (Plän 1997; S. 65, 68). Probleme bereitet auch die Isolation bei Fremdbefruchtern. Darüber hinaus fehlen sichere Entscheidungsgrundlagen für den Umgang mit identifizierten Duplikaten (BML 1996a, S. 122). Eine Limitierung von Ex-situ-Erhaltungs-Technologien liegt also auch in ihrer statischen Natur, die evolutionäre Prozesse nicht zuläßt, da die dynamischen Prozesse der natürlichen Selektion und die Notwendigkeit einer Anpassung an wechselnde Umwelteinflüsse so nicht gewährleistet sind. Allein eine dynamische Umwelt kann langfristig das evolutionäre Potential aufrechterhalten, das auf Umweltveränderungen reagieren und dauerhaftes Überleben biologischer Vielfalt sicherstellen kann (Plän 1997, S. 66).

Über Umfang und Bedeutung *weiterer Ex-situ-Kollektionen* von Dauer- und Sonderkulturen, Spezial- und Arbeitssammlungen sowie Sammlungen von Nutzpflanzen in Botanischen Gärten und Arboreten besteht kein vollständiger Überblick. Sie sind noch unzureichend in die Konzeption zur Erhaltung und Nutzung integriert und nicht immer finanziell abgesichert. *Zielgerichtete Sammlungen* sollten der Lückenschließung gesammelter PGR dienen und zur Erhaltung bestandsgefährdeter Ressourcen beitragen (Begemann/Hammer 1993). Bisher haben ein eher lockeres Netz verschiedener Einzelinitiativen sowie vielfältige Aufgabenüberschneidungen paralleler Institutionen und deren mangelnde Koordination sowie ungeklärte Zuständigkeiten der unterschiedlichen Einrichtungen ein effektives Sammlungs- und Erhaltungssystem verhindert. Auch bei der Sammlung und Aufnahme ganz neuer Muster fehlt teilweise eine schlüssige Strategie. Einzelne Kulturen sind in den Sammlungen nur sehr unzureichend vertreten (z.B. Beerenobst, Dauer- und Sonderkulturen, Sträucher). Eine systematische Sicherheitslagerung existiert nur in Einzelfällen (BML 1996a, S.122).

Die Wirksamkeit von Ex-situ-Schutzprojekten wird nicht nur durch technische, logistische und kapazitative Rahmenbedingungen limitiert, sie sind ihrer Natur nach auch arbeits-, kosten- und energieintensiv und als Einzelmaßnahme

ohne Anbindung an weitere Erhaltungsmaßnahmen nicht sinnvoll. Der Weltaktionsplan (GPA) regt daher dringend an (Kap. VI.2), die Ex-situ-Sammlungen zwecks koordinierter Schutz- und Nutzungsanstrengungen auf regionaler, nationaler und internationaler Ebene in *übergreifende Programme* zu überführen, die sie in sinnvolle Ergänzung zu In-situ- und On-farm-Maßnahmen bringen (Kap. V.4).

2. In-situ-Maßnahmen

In-situ-Erhaltung ist ein zentrales Element der Konvention über Biologische Vielfalt: Laut dem "Übereinkommen über die biologische Vielfalt" umfaßt die In-situ-Erhaltung "...die Erhaltung von Ökosystemen und natürlichen Lebensräumen sowie die Bewahrung und Wiederherstellung lebensfähiger Populationen von Arten in ihrer natürlichen Umgebung und - im Fall domestizierter oder gezüchteter Arten - in der Umgebung, in der sie ihre besonderen Eigenschaften entwickelt haben" (Art. 15.5.f). Zugleich ist die In-situ-Erhaltung ein traditioneller Schwerpunkt der Aktivitäten des Natur- und Landschaftsschutzes (sowie der Forstwirtschaft) in ihren Bemühungen zum Erhalt der biologischen Vielfalt. Natur- und Landschaftsschutz entwickelten sich aus der Bewußtwerdung der ökologischen, soziokulturellen und ökonomischen Werte der Naturgüter bzw. der Wahrnehmung der Gefährdung von Arten, Biotopen und Ökosystemen.

Bei der In-situ-Erhaltung sollen zahlreiche pflanzengenetische Ressourcen *am natürlichen Wuchsort* geschützt werden. Am natürlichen Wuchsort können jedoch nur die Wildflora (Grünland-, Forst- und Wildpflanzen) bzw. die verwandten Wildarten und -formen von Kulturpflanzen erhalten werden (Begemann/Oetmann 1997, S. 225 ff.). Bei der In-situ-Erhaltung ist das Pflanzenmaterial innerhalb der jeweiligen Ökosysteme in die dynamischen Prozesse evolutionärer Abläufe in vollem Umfang integriert und eine fortgesetzte Anpassung an ständig wechselnde Umwelteinflüsse garantiert.

Wegen der engen Verflechtung der (früheren und aktuellen) Landnutzung mit der bestehenden Artenvielfalt und ihrer Gefährdung wurden Naturschutz und Landschaftspflege zunehmend in die Land- (und Forstwirtschaft) integriert. Insbesondere extensiv genutztes Grünland und naturnahe Wälder stellen essentielle Standorte für eine Reihe gefährdeter Pflanzen dar. Eine In-situ-Erhaltung am natürlichen Wuchsort ist hier jedoch in der Regel nur in Verbindung mit einer Nutzung möglich (Begemann/Oetmann 1997, S. 225).

2.1 In-situ-Erhaltung am natürlichen Wuchsort

Die Beschreibung der In-situ-Erhaltung pflanzen genetischer Ressourcen am natürlichen Wuchsort ist wegen der o.g. Verflechtung mit der Landnutzung nicht völlig stringent zu leisten. Als wichtigste Maßnahmen zur In-situ-Erhaltung am natürlichen Wuchsort sind die Aktivitäten des Natur- und Landschaftsschutzes sowie der Forstwirtschaft zu nennen. Die Aktivitäten umfassen zum einen Maßnahmen des *Artenschutzes*, zum anderen solche des flächenbezogenen *Biotopschutzes*. Die Erhaltung am natürlichen Standort kommt im wesentlichen für die Wildpflanzen in Betracht. Verglichen mit der relativ geringen Anzahl der Arten von Kulturpflanzen sind die pflanzen genetischen Ressourcen unter den Wildpflanzen recht zahlreich vertreten (Kap. II.3.1).

Teile der Fläche Deutschlands sind als *Schutzgebiete nach dem Naturschutzrecht* (Naturschutzgesetze) von Bund und Ländern rechtsverbindlich geschützt. Darüber hinaus wurden *Biosphärenreservate* im Rahmen des UNESCO-Programmes "Man and Biosphere" (MAB) und *Feuchtgebiete* von internationaler Bedeutung nach der *Ramsar-Konvention* anerkannt. Hinzu kommen *Schutzgebiete nach dem Forstrecht*, die ebenfalls für den Schutz von Wildpflanzen eine Rolle spielen. Die unterschiedlichen Schutzzwecke begründen eine z.T. erhebliche Überschneidung der Flächen der einzelnen Schutzgebiete mit Zonen unterschiedlicher Schutzintensität, wie z.B. Großschutzgebiete (Nationalparke, Naturparke, Biosphärenreservate), in die sich Naturschutzgebiete, Landschaftsschutzgebiete, Einzelobjekte, Feld-, Dorf-, und Stadtflorareservate sowie Streuobstwiesen etc. einfügen (Begemann/Oetmann 1997, S. 225 f.; Hammer 1997, S. 39). Allen gemeinsam ist, daß sie mittels Schutz, Pflege und Entwicklung der gebietsspezifischen Biotop- und Nutzungstypen einen besonderen Beitrag zur langfristigen Erhaltung der heimischen PGR leisten. Dabei sind nicht nur für die besonders gefährdeten Pflanzenarten Erhaltungs-, Förder- bzw. Reproduktionsmaßnahmen durchzuführen, sondern gleichfalls auch für autochthone Vorkommen von ansonsten ungefährdeten Arten. Insgesamt ist jedoch festzuhalten, daß die seit langem bestehende Empfehlung der EU, Natur- und andere Schutzgebiete auch im Sinne einer Entwicklung sog. biogenetischer Reservate zu nutzen, die besonders dem Schutz und dem Erhalt pflanzen genetischer Ressourcen zum Vorteil gereichen, in der Bundesrepublik nicht genügend aufgegriffen wurde (MRLU Sachsen-Anhalt 1997, S. 30).

Die reine Fläche der Schutzgebiete nimmt in der Bundesrepublik derzeit zu. So unterliegt in Deutschland z.B. etwa die Hälfte der Gesamtfläche des Waldes mindestens einer der o.g. Schutzkategorien. Daneben erfolgt eine Vernetzung

kleinräumiger Schutzzonen im Rahmen integrierter Schutzkonzepte. Diese Maßnahmen tragen der Erkenntnis Rechnung, daß Artenschutz dauerhaft nur in Form von Biotopschutz verwirklicht werden kann und die Erhaltung der inter- und intraspezifischen Vielfalt zudem nur unter Berücksichtigung dynamischer Abläufe in den Ökosystemen möglich ist. Wildformen und verwandte Wildarten von Futter- und Grünlandpflanzen, Heil- und Gewürzpflanzen sowie Obstgehölze kommen häufig in Schutzgebieten vor (Kap. V.2.2). Auch einige Wildarten, die als Zierpflanzen genutzt werden, unterliegen an ihrem natürlichen Wuchsort den Maßnahmen des Natur- und Landschaftsschutzes sowie dem speziellen Artenschutz (Begemann/Oetmann 1997, S. 226).

2.2 In-situ-Bestand an pflanzengenetischen Ressourcen

Über die Bedeutung von Schutzgebieten zur In-situ-Erhaltung von Kulturpflanzen und deren verwandten Wildarten wurde 1982 in der DDR eine Untersuchung und Bestandserhebung durchgeführt. Es wurde eine Liste von 642 originalen Formen kultivierter Pflanzen, autochthonen gefährdeten Forstpflanzen, mit Kulturpflanzen verwandten Wildarten und -formen sowie potentiell kultivierbaren Pflanzen für die in den ca. 700 untersuchten Naturschutzgebieten vorkommenden Arten erstellt. Beim Informationszentrum für genetische Ressourcen in Bonn (IGR) wurde später, auf diesen Daten basierend, eine Datenbank errichtet, welche etwa 950 nutzbare Wildpflanzenarten ausweist. Eine umfassende Kartierung der Wildflora-Bestände in ganz Deutschland wird durch das Bundesamt für Naturschutz (BfN) durchgeführt, koordiniert und ständig aktualisiert. Das BfN führt diese Daten in einer Datenbank, die auch Angaben über die Gefährdung und notwendigen Schutz der jeweiligen Arten enthält (Begemann/Oetmann 1997, S. 233 ff.).

Ackerpflanzen

Für die wenigen in der deutschen Wildflora vertretenen verwandten Wildarten und -formen von Kulturarten des Ackerbaus bestehen keine speziellen Aktivitäten zur In-situ-Erhaltung. Im Falle der Zucker- und Futterrübe existiert eine einzige stabile Wildrübenpopulation auf der Insel Helgoland. Auch der Lein dotter hat ein wildes Vorkommen. Die Fruchtarten Hafer, Raps, Schwarzer Senf, Weißer Senf, Gerste, Lein, Kartoffel, Ackerbohne und Saatwicke haben verwandte Wildarten innerhalb derselben Gattung. Verwildert und teilweise in

der heimischen Flora eingebürgert sind z.B. Rübsen, Hanf, Sonnenblume, Topinambur, Lupine und Zottelwicke. Keine verwandten Wildarten oder -formen in Deutschland haben Buchweizen, Phazalie, Erbse, Roggen, Weizen und Mais (BML 1996a, S. 22).

Gemüsepflanzen

Auch für die Wildarten und Wildformen von Fruchtarten der Gemüsepflanzen bestehen keine speziellen Aktivitäten zur In-situ-Erhaltung. Die Ursprungs- und Diversitätszentren der meisten in Deutschland wichtigen Gemüsearten liegen in anderen Großklimagebieten (Südamerika, Ferner Osten, Mittelmeergebiet). Von den Gemüsepflanzen sind in Deutschland heimische Arten: Sellerie, Gemüsekohl, Zichorie, Karotte, Pastinak und Feldsalat. Verwandte Wildarten innerhalb derselben Gattung gibt es von Zwiebel, Porree, Endivie, Kopfsalat, Gartenkresse, Rettich und Tomate. Eingebürgert oder verwildert sind Portulak und Schwarzwurzel. Keine verwandten Wildformen in Deutschland haben Paprika, Gurke, Kürbis, Linse, Petersilie, Erbse, Spinat, Garten- und Feuerbohne (BML 1996a,

S. 23). Historisch fanden eine ganze Reihe weiterer Wildpflanzen als Salate oder Gemüse Verwendung, so Ackerrapunzel, Gänsefuß, Kälberkropf, Brunnenkresse, Wilde Rauke, Rainkohl, Wegdistel, Brennessel u.v.a.m. (Plän 1997, S. 50).

Grünlandpflanzen

Wildlebende Verwandte von Nutzpflanzen, die in Deutschland für die züchterische Nutzung am natürlichen Wuchsort dynamisch zu erhalten wären, sind zuallererst Pflanzen des Dauergrünlandes. Autochthone Grünlandflächen sind in Deutschland noch vorhanden, wobei es sich zum einen um natürlich waldfreie Flächen (seltener), zum anderen (überwiegend) um durch (Vieh-) Bewirtschaftung (Waldweide, Rodung und Weide) entstandene Grünlandflächen handelt. Beide Kategorien sind vielerorts durch Nutzungsänderungen (Umbruch in Ackerland, Aufforstung, Auflassung bzw. Sukzession), durch Intensivierung (Düngung, Drainage, hoher Viehbesatz) oder Umweltbelastungen (Eutrophierung, Immissionen) gefährdet. Im Laufe der Zeit hat sich im Grünland ein breites Spektrum von Ökotypen entwickelt, die an die Bewirtschaftungsweise und an die örtlichen Umweltbedingungen angepaßt sind. Im Rahmen von Schutz- und Erhaltungsbemühungen für Pflanzen des (natürlichen) Dauergrünlandes

(z.B. Aufforstungsverbote für Wiesenbereiche in walddreichen Gebieten, Ausweisung von Schutzgebieten etc.) spielen die Mitte der 80er Jahre entstandenen sog. *Landschaftspflegeverbände* (LPV) eine Rolle. Es handelt sich um freiwillige Zusammenschlüsse von Naturschützern, Landnutzern und Kommunalpolitikern. Die LPV arbeiten in einem relativ engen regionalen Bezug. Die Bewirtschaftung von Grünland als eine relativ kostengünstige und effektive Landschaftspflege spielt im Einsatz der Naturschutz- und Landschaftspflegeverbände für eine biologische Vielfalt eine große Rolle. Sogenannte *Kulturlandschaftsprogramme* fördern die Grünlandwirtschaft und unterstützen den Erhalt von Feuchtwiesen, Magerrasen, Trockenrasen und Wacholderheiden. Insbesondere auch die alten Formen extensiver Grünlandwirtschaft (Zweitschnittwiesen, extensive Mähweiden etc.) erhalten ein weites Spektrum an speziellen Lebensräumen und daran angepaßter Arten und Ökotypen (Begemann/Oetmann 1997, S. 227).

Von Wildpflanzen in menschlicher Nutzung sind die folgenden züchterisch bearbeiteten Grünlandarten in Deutschland heimisch: Straußgras, Wiesenfuchschwanz, Glatthafer, Knaulgras, Rohr-, Schaf-, Wiesen- und Rotschwingel, Deutsches Weidelgras, Lieschgras, Wiesenrispe, Goldhafer, Hornschotenklee, Gelbklee, Schweden-, Rot- und Weißklee. Verwandte Wildarten innerhalb derselben Gattung haben Luzerne und verschieden Kleearten (BML 1996, S. 17 ff.). Insgesamt sind nur wenige Arten hiervon intensiv züchterisch bearbeitet worden (es sind aber noch viele alte Sorten im Anbau, die zum Teil schon vor 1950 zugelassen wurden), so daß im Grünland die biologische Vielfalt stärker durch die Ökotypen des Dauergrünlands als durch Zuchtsorten repräsentiert wird (BML 1996a, S. 18).

Neben der Erhaltung der Artenvielfalt im Grünland wird auch die Erhaltung innerartlicher Vielfalt bedeutender Futterpflanzen als wichtig angesehen (insgesamt 148 Arten der mitteleuropäischen Flora sind als Futterpflanzen ausgewiesen; Hammer/Willner 1996, S. 138). Zu nennen wäre hier z.B. die modellhafte Maßnahme zur Erhaltung des Deutschen Weidelgrases. An *Lolium perenne* sind die Fragen der In-situ-Erhaltung besonders intensiv bearbeitet worden (Oetmann 1994). Für eine Erhaltung sind nach diesem Modell besonders Flächen zu nutzen, die hinsichtlich der Geographie, des Bodens und der Nutzung sehr unterschiedlich sind, weil unter diesen Bedingungen die intraspezifische Variabilität des Weidelgrases am größten ist.

Obstkulturen, Sonderkulturen, sonstige Dauerkulturen

Bei Baumobst gibt es etliche sehr alte Sorten, die heute noch verbreitet angebaut werden. Dies liegt zum Teil an der Langlebigkeit der Bäume. Darüber hinaus sind viele alte Sorten bei den Verbrauchern bekannt und geschätzt. So stammen z.B. die beliebten Apfelsorten Goldparmäne, Boskop und Cox Orange schon aus dem 19. Jahrhundert. Auch bei Wein spielen alte Sorten wie Riesling, Silvaner und Spätburgunder eine wichtige Rolle.

Im kommerziellen Obstbau haben rund ein Dutzend Sorten pro Art eine nennenswerte Anbaubedeutung. Eine wesentlich größere Anzahl läßt sich jedoch in Streuobstwiesen, entlang von Alleen und in privaten Gärten finden, wo viele alte und lokale Sorten überdauern konnten. Von der Bund-Länder-Arbeitsgruppe "Erhaltung forstlicher Genressourcen" werden spezielle Maßnahmen zur In-situ-Erhaltung der seltenen heimischen Wildobstarten durchgeführt. Im Rahmen von Streuobstprogrammen finden für Obstsorten die relativ umfangreichsten Erhaltungsanstrengungen in situ in Deutschland statt. Hierbei ist auch hervorzuheben, daß gerade durch die wirtschaftliche (aber extensive) Nutzung der Wiesen und Weiden der Streuobstwiesen zahlreiche pflanzen genetische Ressourcen des extensiven Grünlandes und der Magerrasen erhalten werden können. Zugleich sind diese Biotope auch Lebensraum für blütenbestäubende Insektenarten. Beispielhaft für die Erhaltung von natürlich vorkommenden Wildreben sei ein Projekt im Pfälzer Auenwald am Oberrhein genannt, das von der Landeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Wein- und Gartenbau (Neustadt/Weinstraße) unterstützt wird (BML 1996a, S. 29).

Zu den verwandten Wildarten und -formen nichtholziger Pflanzen aus Obst-, Dauer- und Sonderkulturen gilt das zu den Gemüse- und Ackerpflanzen Gesagte (BML 1996a, S. 29). Zu den Wildformen unserer Obstarten gehören Apfel, Birne, Süßkirsche, Stachelbeere, Johannisbeere, Himbeere, Brombeere. Weitere selten oder nicht kultivierte Wildobstarten sind Haselnuß, Sanddorn, Wacholder, Traubenkirsche, Schlehe, Holunder, Heidelbeere und Preiselbeere. Sauerkirsche, Mirabelle, Pflaume und Erdbeere haben gattungsverwandte Wildarten in Deutschland. Edelkastanie, Erdbeere, Walnuß, Kulturpflaume, Kulturbirne sind verwildert bzw. eingebürgert. Historische Verwendung fanden auch noch Hundsrose, Zottige Rose und Berberitze. Verbreitet in der Natur ist der wilde Hopfen. Der Spargel hat sich in Deutschland auch in die Wildflora eingegliedert. Als spargelartige Pflanzen fanden neben dem Gemeinen Hopfen historisch auch der Gute Heinrich, der Schmalblättrige Weiderich und die Gemeine Klette Verwendung (Plän 1997, S. 50).

Arznei- und Gewürzpflanzen

Als Wildpflanzen (mit relativ hoher Anbaubedeutung) kommen vor: Schnittlauch, Kümmel, Gelber Enzian, Fingerhut, Johanniskraut, echte Kamille, Spitzwegerich, Baldrian, Arnika, Eibe. In Deutschland eingebürgert oder verwildert sind Meerrettich, Fenchel, Sonnenhut und Pfefferminze. Thymian und Pfefferminze sind durch gattungsverwandte Wildarten in Deutschland vertreten. Die meisten früher genutzten Färberpflanzenarten sind in der deutschen Wildflora vertreten. Einige Arten wurden eingeführt, sind jedoch nicht verwildert. Weitere historisch verwendete wildlebende Gewürzpflanzen waren z.B. Portulak, Schwarzer Senf, Gemeiner Beifuß, Märzveilchen und die Schwarze Bibernelle (Plän 1997, S. 50).

Zierpflanzen

In über 750 Gattungen der deutschen Wildflora sind Arten vertreten, die als Zierpflanze genutzt werden oder verwandte Wildarten von nicht heimischen Zierpflanzenarten darstellen. Dies schließt Schnittblumen, Topf-, Beet- und Balkonpflanzen, winterharte Gartenstauden, Ziersträucher, Park- und Allee-bäume ein. Die verwandten Wildarten und -formen der Ziergehölze gehören zu den Forstpflanzen (BML 1996a, S. 25). Einige Wildarten, die als Zierpflanzen genutzt werden, sind an ihrem natürlichen Wuchsort auch durch die Maßnahmen des Natur- und Landschaftsschutzes betroffen. Einige gefährdete Arten (z.B. Orchideen, Osterglocken, Alpenveilchen, Primeln) genießen einen speziellen Artenschutz (BML 1996a, S. 30).

Forstpflanzen

Zum überwiegenden Teil handelt es sich bei Forstpflanzen um Waldbäume und -sträucher, zumeist Wildarten, soweit sie nicht züchterisch bearbeitet wurden. In Deutschland sind 196 Gehölzarten heimisch. Neben den heimischen Waldbaumarten (59 Arten) werden zahlreiche fremdländische Waldbaumarten in Deutschland mit Erfolg angebaut, die sich teilweise natürlich vermehren können (Neophyten). Die bekanntesten und wichtigsten heimischen Waldbaumarten sind u.a. Weißtanne, Ahorn, Erle, Birke, Hainbuche, Rotbuche, Esche, Lärche, Fichte, Kiefer, Pappel, Trauben- und Stieleiche, Weide, Linde und Ulme; fremdländische Waldbaumarten sind z.B. Roßkastanie, Douglasie, Roteiche,

Pappelarten und Robinie. Zu den wichtigsten Straucharten gehören Berberitze, Hartriegel, Weißdorn, Faulbaum und Schneeball (BML 1996a, S. 25).

Bei Waldbewirtschaftung findet eine Auslese der Bäume nach forstlichen Gesichtspunkten statt. Dennoch ist die Befruchtung keiner gezielten Beschränkung unterworfen. Die Waldbaumarten weisen eine hohe und weitgehend natürliche Diversität auf. Die verschiedenen Arten und Herkünfte stellen in Deutschland auf über 10 Mio. ha eine bedeutende genetische Ressource für Forstwirtschaft, Obstbau sowie Garten- und Landschaftsbau dar, wobei vergleichsweise die genetischen Ressourcen der Straucharten zu einem wesentlich geringeren Teil erschlossen sind (BML 1996a, S. 26). Die relativ geringe Artenvielfalt der europäischen Wälder wird durch eine beträchtliche innerartliche Vielfalt ergänzt, die sich in erster Linie durch natürliche Selektion unter den unterschiedlichen Umweltbedingungen der verschiedenen Wuchsgebiete entwickelt hat.

Im Rahmen des Programms der Bund-Länder-Arbeitsgruppe "Erhaltung forstlicher Genressourcen" werden spezielle In-situ-Erhaltungsbestände für Baum- und Straucharten ausgewiesen, die möglichst die ganze Breite der genetischen Vielfalt unter den verschiedenen Umweltbedingungen erfassen sollen. Bis 1996 wurden über 2.000 In-situ-Erhaltungsbestände mit einer Ausdehnung von insgesamt 5.300 ha etabliert. Zusätzlich wurden insgesamt 26.000 Einzelbäume ausgewählt. In In-situ-Erhaltungsbeständen wird kein genetisches Material von außen eingeführt. Der Prozeß der natürlichen Verjüngung und Selektion wird dokumentiert. Für verbreitete Baumarten ist vorgesehen, In-situ-Erhaltungsbestände auf 1-2 % ihrer Fläche einzurichten, bei ganz seltenen Arten kann der Anteil 100 % betragen (BML 1996a, S. 59 ff.).

2.3 Leistungen und Probleme

Im Global Plan of Action (FAO 1996) wird der In-situ-Erhaltung eine größere Bedeutung zugemessen (bis dato stand der Ex-situ-Schutz im Mittelpunkt der weltweiten Bemühungen zur Erhaltung der pflanzen genetischen Ressourcen). Der Global Plan of Action (GPA) steht mit seinen Empfehlungen für eine systematische Überwachung und Erfassung der pflanzen genetischen Ressourcen in situ, des On-farm-Managements von PGR (Kap. V.3) und des In-situ-Schutzes wildlebender, für den Ernährungssektor wichtiger Pflanzen für eine Schwerpunktverlagerung (Bommer 1996, S. 3 ff.).

Während die *Konservierung* genetischer Ressourcen die Erhaltung von Individuen und Gruppen in ihrem status quo anstrebt und die Aufrechterhaltung

von Genbanken involviert, in denen physiologische und reproduktive Prozesse ebenso wie Schädlinge und Krankheiten kontrolliert werden können, jedoch die Gewährleistung evolutionärer Rahmenbedingungen nicht angestrebt wird, hängt der *Schutz* genetischer Vielfalt von der Erhaltung von Lebensräumen und im Fall von pflanzen genetischen Ressourcen auch von einer entsprechend angepassten menschlichen Nutzung dieser Lebensräume ab (vgl. Giacometti 1993). In den Ländern des industrialisierten Nordens sind die Möglichkeiten zum Schutz und zur *Erhaltung von PGR* durch In-situ-Maßnahmen im Acker- und Gartenbau z.Z. nur in sehr eingeschränktem Maße vorhanden bzw. genutzt, im Grünlandbereich sieht die Situation etwas günstiger aus (Hammer/Gladis 1996). Als Folge einer industrialisierten Landwirtschaft geht der Rückgang von In-situ-Ressourcen mit einem Verlust an Kulturerfahrung und landwirtschaftlicher Tradition einher. In-situ-Schutz von PGR ist großenteils nur im Gefolge von zumeist landschaftspflegerisch motivierten Naturschutzleistungen und einer Bewirtschaftung durch den ökologischen Landbau möglich (Plän 1997, S. 47), obwohl das schon 1990 beschlossene nationale Konzept für die Erhaltung und Nutzung von PGR als prioritäre Maßnahmen für Grünland-, Forst- und Wildpflanzen vorrangige Erhaltungsmaßnahmen am natürlichen Standort (also: in situ) empfiehlt und fordert (BML 1996a, S. 12).

Eine der wichtigsten Aufgaben ist es deshalb auch, den Verbrauch der Landschaft und den damit verbundenen Verlust an PGR zu begrenzen. Bei der Flächennutzung ist durch Integration von Naturschutzbelangen eine nachhaltige, umweltgerechte Nutzung anzustreben und zu verwirklichen. Die unmittelbar und dringlich vom Naturschutz zu lösenden Aufgaben müssen durch flankierende Maßnahmen der großen Flächennutzer, durch eine naturnahe Waldwirtschaft, eine ökologisch orientierte Landwirtschaft und Flurgestaltung, naturnah gestaltete Gewässer und deren Randbereiche unterstützt werden.

Eine besondere Bedeutung hinsichtlich der Erhaltung von pflanzen genetischen Ressourcen, besonders auch Wildpflanzen mit potentieller Nutzbarkeit, haben die Schutzgebiete. Doch für zahlreiche Naturschutz- und Großschutzgebiete wurden noch immer keine Pflege- und Entwicklungspläne erarbeitet. Dadurch wird eine fachlich überprüfbare und zielgerichtete Planung erschwert. Besonders defizitär sind Effizienzkontrollen der durchgeführten Maßnahmen. Deshalb werden Fehlentwicklungen bei der Biotoppflege und infolgedessen auch des Finanzmitteleinsatzes häufig gar nicht oder erst zu spät festgestellt (Plän 1997, S. 95).

Während pflanzen genetische Ressourcen insbesondere von Wildformen und verwandten Wildarten von Futter- und Grünlandpflanzen, Heil- und Gewürz-

pflanzen sowie Obstgehölzen in Schutzgebieten bedeutsam sind, wurden zur Erhaltung der agrar-ökosystemaren Wildpflanzenvielfalt Förderprogramme wie z.B. das Ackerrandstreifenprogramm entwickelt. Hier wird Verzicht auf jegliche Herbizidbehandlung auf einem einige Meter breiten Feldrandstreifen finanziell unterstützt. Die Samenvorräte vieler mit Kulturpflanzen koadaptierter Beikrautarten im Boden können so wieder aufgefüllt werden. Umfassender würden seltene und gefährdete Beikräuter jedoch bei flächendeckender ökologischer Bewirtschaftung gefördert (Begemann/Oetmann 1997, S. 226; BML 1996a, S. 35). Die ökologische Bewirtschaftung kann mit den für sie typischen Strukturen in den Bereichen der Betriebsgestaltung, Saatzucht und Forschung zumindest in indirekter Weise einige wesentliche Aufgaben eines In-situ-Schutzes von PGR an ihrem natürlichen Wuchsort übernehmen, da die Betriebsstrukturen eine ökologische Gliederung der Hoflandschaft, des Lebensraumes und eine vielfältige Fruchtfolge unterstützen, der Artenvielfalt der Flora und Fauna somit in den jeweiligen (nicht bewirtschafteten) Lebensräumen insgesamt eine positive, naturverträgliche Unterstützung gegeben wird (Schmidt 1995, S. 117).

3. On-farm-Erhaltung

Für *Kulturpflanzen* wurde der Begriff On-farm-Erhaltung (On-farm-Management) geprägt (vgl. Wood/Lenne 1997). Dieser bezieht sich auf die *Erhaltung* der Kulturpflanzen in *ihrer natürlichen Umgebung*, d.h. im üblichen Anbau durch Landwirte und Gärtner (Hammer 1997, S. 15). Als gezielte Erhaltungsmethode für Kulturpflanzen und andere ko-domestizierte Arten ist dieser Ansatz noch sehr neu und wenig untersucht sowie weder in der Konvention über die biologische Vielfalt noch im FAO-Undertaking (Kap. VI) definiert. Durch Anbau und Nutzung der betreffenden Arten (z.B. früher kultivierter Arten) und Sorten (z.B. Landsorten, Alte Sorten) in landwirtschaftlichen Betrieben werden in der On-farm-Erhaltung genetische Ressourcen also nicht nur erhalten, sondern gleichzeitig genutzt und evtl. züchterisch weiterentwickelt, wenn z.B. nur die Samen ausgewählter Pflanzen für die nächste Aussaat verwendet werden. Bei der On-farm-Erhaltung überschneiden sich somit Erhaltung, Nutzung und Weiterentwicklung von pflanzen genetischen Ressourcen, wobei es sich im Gegensatz zur konservierenden Ex-situ-Erhaltung z.B. in Genbanken um eine dynamische Erhaltung durch fortgesetzte evolutionäre Prozesse handelt. Das On-farm-Management landwirtschaftlicher Kulturarten ist in Deutschland noch

nicht weit verbreitet. (Begemann/Oetmann 1997, S. 228; BML 1996a, S. 35; Hammer 1997, S. 40).

Da die On-farm-Erhaltung also bei laufender Produktion erfolgt, wobei in der Regel ertragsüberlegene neue Sorten als ständig mögliche Konkurrenz anzusehen sind, muß ein finanzieller oder auf einer anderen Basis wirkender Ausgleich in das System eingebaut werden, um eine dauerhafte Erhaltung zu gewährleisten. In der Praxis gibt es in Deutschland bescheidene Nischen der On-farm-Erhaltung in kleinflächigem Gartenbau und auf weniger intensiv genutzten landwirtschaftlichen Flächen (Hammer 1997, S. 40). Es bestehen auch Kooperationen zwischen landwirtschaftlichen Betrieben, agrarhistorischen Museen und Genbanken (Begemann/Oetmann 1997, S. 228).

3.1 Stand der On-farm-Erhaltung

Ackerpflanzen

Während die Erhaltung aktueller, nach dem Saatgutverkehrsgesetz zugelassener Sorten durch die Zuchtbetriebe, das System der Saatgutvermehrung und den kommerziellen Anbau in den landwirtschaftlichen Betrieben gesichert ist, spielen bei den Ackerpflanzen Alte Sorten und Landsorten nur noch eine geringe Rolle. Seit einiger Zeit wird jedoch überlegt, inwieweit Großschutzgebiete wie Biosphärenreservate in die On-farm-Erhaltung von nicht bzw. nicht mehr zugelassenen Sorten einbezogen werden können. Im von der Landesanstalt für Großschutzgebiete Brandenburg betreuten Pilotprojekt werden derzeit in den Biosphärenreservaten Schorfheide-Chorin, Elbtalaue und Spreewald Alte Sorten und Landsorten von Weizen, Roggen und Kartoffeln durch ortsansässige Landwirte in Kooperation mit der Genbank Gatersleben und unter Nutzung der dortigen Bestände angebaut (Kap. V.4). Anbau und Vermehrung der Sorten beinhalten eine Merkmalsbeobachtung des Pflanzenmaterials im Feld. Daneben bestehen Kooperationen zwischen agrarhistorischen Museen und der Genbank. In größeren Museen wurden Landsorten und Kulturpflanzen-Unkraut-Komplexe (z.B. Kulturhafer-Wildhafer) vermehrt, um diese weiteren Evolutionsprozessen auszusetzen (BML 1996a, S. 36).

In neuerer Zeit praktizieren nach den ökologischen Richtlinien anerkannter Anbauverbände wirtschaftende Landwirte oder spezielle Zusammenschlüsse nichtstaatlicher Organisationen einen konsequenten Eigennachbau, um standortangepaßte Sorten zu erhalten. Im Mittelpunkt der On-farm-Eignungs- und Er-

haltungskriterien steht eine langjährige, auf lokaler Anpassung und breit angelegten Resistenzen basierende Ertragssicherheit bei geringem Bedarf an Düngemitteln und Pflanzenschutzmitteln. Ein relativ neuer Ansatz ist hierbei die Entwicklung dynamischer Populationen (z.B. von Winterweizen und Speisegerste) auf der Basis alter und aktueller Sorten. Diese sollen unter den lokalen Umwelt- und Produktionsbedingungen im Nachbauverfahren zu angepassten Hofsorten weiterentwickelt werden (Plän 1997, S. 51).

Grünlandpflanzen

Auch bei den Grünlandpflanzen ist die Erhaltung aktueller, nach dem Saatgutverkehrsgesetz zugelassener Sorten der Grünlandarten durch die Züchter und das Saatgutvermehrungssystem gewährleistet. In einigen landwirtschaftlichen Betrieben wird versucht, durch Neuansaat oder Nachsaat bestimmter Sorten in sog. Grünlandnarben eine Annäherung an die Rahmenbedingungen für historisch gewachsene Grünland-Pflanzengesellschaften wiederherzustellen. Ob, in welchem Umfang oder über welche Zeiträume Pflanzen dieser Sorten langfristig on farm erhalten werden können, ist derzeit jedoch völlig unbestimmt (BML 1996a, S. 36; Plän 1997, S. 51). Allerdings wird in geringem Umfang die Möglichkeit genutzt, im Rahmen einer kombinierten On-farm-Erhaltung bzw. Bewirtschaftung von Streuobstwiesen und den oftmals zugehörigen, extensiv genutzten Wiesen- und Weideflächen dort alte Sorten der Grünpflanzenarten anzubauen (Kap. V.2.2.4).

Gemüsepflanzen

Die genetische Basis der Gemüsesortimente ist breiter einzuschätzen als die der ackerbaulichen Kulturen und Grünlandkulturen, da die gewünschten Eigenschaften für Anbau und Vermarktung stärker variieren. Auch beim nichtgewerblichen Gemüseanbau in Klein- und Hausgärten hat der periodische Saat- und Pflanzgutkauf im wesentlichen die eigene Saatgutgewinnung verdrängt. Hierbei werden jedoch hauptsächlich alte Sorten gehandelt und angebaut. Auch nach Auslaufen der Schutzfristen des Sortenschutzgesetzes wird die weitere Zulassung einiger Sorten nach dem Saatgutverkehrsgesetz beantragt. Diese Sorten werden dann von Vermehrungsfirmen erhalten und vermehrt. Der Züchtungsfortschritt wirkt sich dadurch auf den nichtgewerblichen Saatgutmarkt in der Regel verzögert aus (Begemann/Oetmann 1997, S. 229). Insgesamt gesehen ist dennoch davon auszugehen, daß in den vergangenen Jahrzehnten bei den

Gemüsepflanzen ein großes Potential genetischer Vielfalt verloren gegangen ist (Plän 1997, S. 51).

Eine On-farm-Erhaltung alter Gemüsesorten findet sich aber noch z.T. in Haus- und Kleingärten. Einige kommerzielle und nichtkommerzielle Privatinitiativen bearbeiten alte Gemüsesorten züchterisch, um eine Angepaßtheit an lokale Bedingungen und eine Eignung für extensivere Anbaumethoden zu erreichen. Zudem werden auch alte, ansonsten nicht mehr angebaute Gemüsesorten wie z.B. Guter Heinrich, Echte Spargelerbse und Haferwurz wieder in Kultur genommen. Alte Gemüsesorten sind auch Gegenstand des oben erwähnten Pilotprojektes der Landesanstalt für Großschutzgebiete (Kap. V.3.1). Einige Gärtnereien beteiligen sich an der Erhaltung, Beschreibung und Vermehrung von Gemüsearten und Gemüsesorten. Die Vermehrung und Regeneration insbesondere fremdbefruchtender Gemüsearten wird in Einzelfällen auch in agrarhistorischen Museen durchgeführt (BML 1996a, S. 37; Plän 1997, S. 51).

Obstkulturen und sonstige Kulturen

Obwohl auf Obstsorten das Saatgutverkehrsgesetz keine Anwendung findet, sind Alte Sorten und Landsorten weitgehend vom Markt verdrängt worden. Regionaltypische Sorten verschiedener Obstgehölze sind noch in alten Obstwiesen, Alleen, Klein- und Hausgärten sowie in verschiedenen Sammlungen vorhanden. Innerhalb einer Sorte ist wegen der üblichen vegetativen Vermehrung von einer relativ hohen Homogenität auszugehen. Eine hohe Diversität dürfte dagegen zwischen den Sorten existieren. Leider findet bei Obstpflanzen eine Erfassung und Dokumentation vorhandener Sorten kaum statt (Plän 1997, S. 52).

Nach den Biotoprichtlinien der Bundesländer ergibt sich die besondere Bedeutung und der Schwerpunkt der Schutzbemühungen aus der Funktion der Biotope als Lebensraum. Kulturhistorisch bedingt finden sich auf Streuobstwiesen oft noch alte Landsorten, die zusammen mit diesem speziellen Lebensraum erhalten und gefördert werden können. Unter dem Aspekt, daß die Erhaltung und Pflege von Streuobstwiesen durch gemeinnützige Tätigkeiten und staatliche Förderprogramme nicht ausreichend gesichert werden kann, sollte darauf hingearbeitet werden, eine bestimmte Wirtschaftlichkeit im On-farm-Erhalt zu erreichen. Gezielte Pflegemaßnahmen und geeignete Sortenwahl bei Nachpflanzungen können dazu beitragen, die Streuobstanlagen für die Verwertung der Sorten in Mostereien, Keltereien und Obst-Brennereien wirtschaftlich zu nutzen. Die Kombination von erhaltenswerten Altbeständen von Landsorten

und solchen für Nach- und Ergänzungspflanzungen, die den Standort- und Resistenzanforderungen (u.a. Frosthärte, Krankheitsresistenz, Wüchsigkeit, Langlebigkeit, hohe Ertragsleistung, gute Fruchtqualität, Großfrüchtigkeit, Industrie-eignung, Virusfreiheit usw.) gerecht werden, kann als mögliche Lösung für die nutzbringende Bewirtschaftung und damit auch Erhaltung der Streuobstwiesen angesehen werden. Dienlich sind u.U. auch Beispielanlagen, die für die Bildung und Erziehung zum Thema "Erhaltung und Nutzung von PGR" on farm dienen (MRLU Sachsen-Anhalt 1996, S. 34 f.).

Zunehmend Bedeutung erhalten Bäume regional typischer Obstsorten bei landespflegerischen Leistungen. Hierzu bieten die Baumschulen wieder entsprechendes Material an. Das BML fördert ein Modellvorhaben zur Erhaltung und vielfältigen Nutzung obstgenetischer Ressourcen am natürlichen Standort unter obstbaulichen und landespflegerischen Gesichtspunkten. Hiermit soll ein für Europa einzigartiges Vorkommen alter Obstbäume im Großraum Berlin und Frankfurt/Oder mit vermutlich über 1.000 Sorten erfaßt, evaluiert und langfristig erhalten werden (Plän 1997, S. 52; Schwärzel/Schwärzel 1996).

Von den vielen Alten Sorten der Weinrebe findet man nur noch vereinzelte Vorkommen in alten Weinbergen und als Hausreben. Beim Hopfen sind neben Neuzüchtungen Alte Sorten heute noch im Anbau von Bedeutung. Hierunter befinden sich auch Landsorten. Seit etwa 1925 wird in Deutschland eine systematische Kreuzungszüchtung betrieben. Als Ausgangsmaterial dienen neben Wildpflanzen und ausländischen Sorten auch Alte Sorten und Landsorten. Alte Sorten des Tabaks und wahrscheinlich auch des Spargels werden nicht mehr angebaut. Bei den Heil- und Gewürzpflanzen dagegen befinden sich Landsorten, Herkünfte und in neuerer Zeit auch züchterisch bearbeitete Sorten im Anbau. Die Erhaltung Alter Sorten von Dauerkulturen wie dem Rhabarber ebenso wie von Sonderkulturen der Heil- und Gewürzpflanzen wird in agrarhistorischen Museen in sog. Bauerngärten betrieben (Plän 1997, S. 52).

3.2 Leistungen und Probleme

Auch wenn sich zahlreiche Naturschutzbestrebungen der Kulturlandschaftserhaltung und -pflege dem Schutz und Erhalt biologischer Vielfalt verschrieben haben, spielt die Erhaltung der Vielfalt von pflanzen genetischen Ressourcen - zumal im On-farm-Management - im Rahmen dieser Bemühungen eher eine marginale Rolle. Die Maßnahmen, die auf eine Förderung einer In-situ- und On-farm-Erhaltung ausgerichtet sind (Umsetzung der FFH-Richtlinie, Anpas-

sung des Saatgutverkehrsgesetzes, agrarpolitische Fördermaßnahmen für den Anbau Alter Sorten und Landsorten), werden bislang nicht im Rahmen der Möglichkeiten genutzt (Blümlein/Henne 1996, S. 30; Plän 1997, S. 51). Die in der EU-Verordnung (EWG) Nr. 2078/92 festgehaltenen Grundsätze zum Anbau von bedrohten Kulturpflanzenbeständen erbringen spezielle Förderungsmöglichkeiten von Maßnahmen der On-farm-Erhaltung Alter Sorten und vom Aussterben bedrohter Sorten (Kap. II.5.4). Diese Möglichkeiten sind bisher nicht auf Länderebene aufgegriffen worden (Begemann/Oetmann 1997, S. 229). Der bisherige Umsetzungsmangel könnte auf fehlende Operationalisierung möglicher Förderkriterien zurückgehen. Solche Kriterien müssen dringend mit Hilfe der Wissenschaft entwickelt werden (Plän 1997, S. 95). Lediglich der Entwurf eines Programms zur Förderung von Pilot- und Demonstrationsvorhaben auf dem Gebiet der Produktions- und Verwendungsalternativen für die Land- und Forstwirtschaft Thüringens beinhaltet die Aufrechterhaltung und Wiedereinführung von historischen Landnutzungsformen und den Schutz von durch genetische Erosion bedrohten Kulturpflanzen. Auch regional entwickelte Landsorten von Kulturpflanzen fallen unter dieses Vorhaben (Begemann/Oetmann 1997, S. 229).

Biosphärenreservate stellen bisher keine im Bundesrecht verankerte Schutzkategorie dar. Obwohl eine Sicherung mit dem bestehenden Schutzinstrumentarium (Sicherung von Kern- und Pflegezone als Naturschutzgebiet und der Entwicklungszone überwiegend als Landschaftsschutzgebiet) gewährleistet werden kann (BFN 1997, S. 194 f.), sollten zur Verdeutlichung der speziellen Funktionen und Möglichkeiten einer On-farm-Erhaltung gefährdeter PGR Biosphärenreservate als eigenständige Kategorie in der Neufassung des Bundesnaturschutzgesetzes verankert werden (Erdmann 1997, S. 51 ff.).

Die fehlende Erstellung bzw. Umsetzung von Pflege- und Entwicklungsplänen durch die Länder (einziges Gegenbeispiel bislang: Sachsen-Anhalt) mag mit den hohen Kosten bei der Erhaltung von PGR on farm zusammenhängen. Größere Platzansprüche und höhere Unterhaltungsansprüche (gegenüber ex situ) beschränken die Anwendungen im wesentlichen auf bestimmte Sorten sowie obstgenetische Ressourcen.

Ein weiteres Problem bei der Erhaltung, Nutzung und Weiterentwicklung von pflanzengenetischen Ressourcen speziell im On-farm-Management als Schnittstelle dieser drei Bereiche stellt die häufig mangelnde Fachkenntnis dar. Doch sind in jüngster Zeit zunehmende Bemühungen in der Beschäftigung mit Programmen für On-farm-Aktivitäten zu erkennen, bei denen die Bedeutung der einheimischen Wissenskomponente als bedeutsame Ressource, resultierend

aus der Kenntnis traditioneller Landwirtschaft, besonders deutlich wird. Auch in der internationalen Konvention über biologische Vielfalt wird ausdrücklich die Bedeutung dieser Komponente und die Notwendigkeit der weiteren Entwicklung erwähnt (Art. 8j). "Wird die Erhaltung von den Nutzern der Ressourcen selbst betrieben, so liegt sie definitionsgemäß in der Hand derer, die auch über das einheimische Wissen verfügen - wenn es denn überhaupt noch vorhanden ist. Zur erfolgreichen Kombination dieser Komponenten müssen bestimmte Voraussetzungen erfüllt sein, wenn das Ziel der Rettung vor der Generosion erreicht werden soll und darüber hinaus gesellschaftsrelevante Innovationen geschaffen werden sollen. Zu diesen Voraussetzungen gehört oft die Überwindung erheblicher Widerstände" (Stegemann 1996, S. 43).

Auch stellt bisweilen das Saatgutverkehrsgesetz in der züchterischen Arbeit mit den betroffenen ackerbaulichen Kulturen, Grünlandkulturen und Gemüsekulturen in der On-farm-Erhaltung ein Hindernis dar. Für Sorten, die nur in kleinen Mengen gehandelt werden (können oder sollen), sind zum einen die Zulassungskosten zu hoch. Zum anderen können die Anforderungen an die Einheitlichkeit und den landeskulturellen Wert, und somit die Zulassungsanforderungen, in der Regel nicht erfüllt werden. Hier wäre also eine Änderung des Saatgutverkehrsgesetzes bzw. der entsprechenden EU-Richtlinien dahingehend nötig, daß nicht angemeldete Sorten in kleinen Mengen für die On-farm-Erhaltung handelsfähig sind (Kap. II.5.1).

Einige der ökologischen Züchtungsinitiativen arbeiten an der Weiterentwicklung von regionalspezifischen Sorten bzw. vernachlässigten genetischen Ressourcen, für die ein gewisses Maß an Heterogenität Voraussetzung für ihre Anpassungsfähigkeit ist (Blümlein/Henne 1996, S. 33). Verschiedene Züchter verwenden Alte Sorten und Landsorten als Ausgangsmaterial für die Züchtung von speziell an ökologische Landbaumethoden und an die lokalen Umweltbedingungen angepaßten Sorten. Ein relativ neuer Ansatz ist hierbei die Entwicklung dynamischer Populationen (z.B. von Winterweizen) auf der Basis alter und aktueller Sorten. Diese sollen unter den lokalen Umwelt- und Produktionsbedingungen zu angepaßten "Hofsorten" weiterentwickelt werden (BML 1996b, S. 49). Momentan haben diese Sorten aber keine Chance zugelassen zu werden und gelangen infolgedessen auch nicht in den Anbau.

Durch eine spezifische Förderung dieser Arbeiten in den entsprechenden landwirtschaftlichen Betrieben, auf allen Ebenen von Erhaltungszüchtung bis Neuzucht, könnten zugleich die Dezentralisierung und Diversifizierung der Züchtung und Vermehrung gefördert und eine langfristige Perspektive geschaffen werden. Darüber hinaus können mit den vorgeschlagenen Maßnahmen noch

in der Praxis vorhandene Sorten sowie Proben aus Genbanken auch wieder einem breiteren Kreis zugänglich gemacht werden (Horneburg 1996, S. 201 ff.).

4. Kombinationsmöglichkeiten

Die zuvor dargestellten Erhaltungsansätze haben jeweils spezifische Vor- und Nachteile (Kap. 4.1). Kombinierte Ansätze sollten die verschiedenen Erhaltungsmaßnahmen in geeigneter Weise verbinden. Zwar gibt es in Deutschland noch kein abgestimmtes Verfahren zur Erhaltung der PGR unter Einbeziehung von Ex-situ-, In-situ- und On-farm-Maßnahmen, jedoch entwickelt sich zunehmend eine punktuelle Zusammenarbeit (Kap. 4.2). Da erst wenige Erfahrungen vorliegen, sind die Leistungen und Probleme von kombinierten Erhaltungsstrategien derzeit nur sehr begrenzt beurteilbar (Kap. 4.3).

4.1 Vor- und Nachteile der verschiedenen Erhaltungsansätze

Die unterschiedlichen Erhaltungsstrategien für pflanzengenetische Ressourcen haben verschiedene spezifische Vor- und Nachteile, die außerdem aus den unterschiedlichen Perspektiven der Nutzer und Schützer differenziert beurteilt werden (vgl. Hammer 1997, S. 47).

Die *Ex-situ-Erhaltung* ist besonders für die reich gegliederten Kulturpflanzen notwendig. Für die wichtigsten Kulturarten kann sehr umfangreiches Material, überwiegend im intraspezifischen Bereich, gesichert werden. Die Erfassung und Charakterisierung des Materials ist systematisch sehr gut möglich. Die Zugriffsmöglichkeiten werden für das Ex-situ-Material positiv bewertet. Ein Kritikpunkt bezieht sich auf die oft unzureichende Ausstattung der Genbanken und eine Überbewertung der Saatgutlangzeitlagerung bei gleichzeitiger Unterschätzung der Reproduktionsanforderungen durch das Material. Zudem müssen Genbanken ihr Material oft entfernt vom Standort der Originalherkunft reproduzieren, wobei es leicht zu Änderungen in der Populationszusammensetzung kommen kann.

Die *In-situ-Erhaltung* ist in Schutzgebieten gut etabliert. Eine Vernetzung dieser Gebiete führt zu einer stärkeren Berücksichtigung der ökologischen Komponente. Fast alle Wildarten, einschließlich der zugehörigen pflanzengenetischen Ressourcen, sind auf diese Weise am besten zu schützen. Unbestritten sind die Vorteile der In-situ-Erhaltung zur Bewahrung eines großen Artenreich-

tums bei gleichzeitiger Garantie einer weiteren evolutionären Anpassung. Eine systematische Erfassung und Charakterisierung des Materials ist jedoch erschwert. Von Nutzerseite wird an der In-situ-Erhaltung vor allem kritisiert, daß der Zugriff von Grundlagen- und Züchtungsforschung auf das Material erschwert ist.

Die *On-farm-Erhaltung* ist ein relativ neues Konzept und eher als Mischtyp anzusehen. Bei dieser Maßnahme zur Erhaltung von PGR steht der landwirtschaftliche Anbau im Vordergrund. Langzeiterfahrungen mit diesem Konzept sind nicht vorhanden, es befindet sich noch in der Erprobungsphase. Besonders für kultivierte Fremdbefruchter und die große Masse der sog. vernachlässigten Kulturpflanzen ist dieses Verfahren aussichtsreich. Da es von der bewußten Erhaltung im Rahmen einer landwirtschaftlichen oder gärtnerischen Produktion ausgeht, aber in bezug auf die Sortenwahl für den Anbau eher ein statisches, konservierendes Prinzip verfolgt, sind Schwierigkeiten abzusehen, die sich u.a. auf einen finanziellen Ausgleich im wirtschaftlichen Wettbewerb beziehen.

Von *kombinierten Erhaltungsansätzen* wird erwartet, daß sie die verschiedenen Erhaltungsmaßnahmen in geeigneter Weise verbinden. Unstrittig ist, daß eine Strategie, die ausschließlich einen Erhaltungsansatz verfolgt, den Anforderungen an die Erhaltung und Nutzung pflanzen genetischer Ressourcen nicht gerecht werden kann.

4.2 Vorhandene Ansätze zur Kombination von Erhaltungsmaßnahmen

Es gibt seit geraumer Zeit Überlegungen zu einer integrierten Arbeitsweise von Genbanken (ex situ), Naturschutz (in situ) sowie Landwirtschaft und Gartenbau (on farm); seit Beginn der 90er Jahre zeigen sich *national und international erste Ansätze zu einer Konzeption und Umsetzung* in größeren Vorhaben (Hammer 1997, S. 40). Der anfangs diesbezüglich recht zurückhaltende Board for Plant Genetic Resources der FAO in Rom reagierte auf die erforderliche Entwicklung umfassender Planungsansätze, die Management, Produktion und Erhaltung genetischer Vielfalt unter dem Primat des Schutzes in situ/on farm unter Einbezug der Genbanken beinhalten, schon 1984 mit einem entsprechenden Grundsatzpapier (IBPGR 1984).

Im Lichte des Zieldreiklangs der Biodiversitätskonvention (Schutz, Erhaltungsnutzung, Verteilungsgerechtigkeit) sind neue Leitbilder für den Schutz und die nachhaltige Nutzung der biologischen Vielfalt im allgemeinen und von

PGR im speziellen abgeleitet worden (Kap. VI.1) und fließen in Bestandsaufnahme- und Maßnahmenkataloge ein. Die wissenschaftliche Erforschung der Ursachen für den Rückgang der biologischen Vielfalt sowie der genetischen Ressourcen, der zunehmenden Veränderung von Lebensgemeinschaften und Ökosystemen sowie der Möglichkeiten, diesem Trend entgegenzusteuern, sind weltweit zu einer zentralen Aufgabe geworden. Bisher wurden nur einzelne Teile der vorliegenden Konzepte für die Erhaltung von PGR und biologischer Vielfalt umgesetzt. Als *Grundlage für die Entwicklung von Strategien, Plänen und Programmen in Deutschland* können inzwischen erstellte umfangreichere Studien dienen, wie z.B.: "Erhaltung der biologischen Vielfalt - Wissenschaftliche Analyse deutscher Beiträge" (BfN 1997), "Bericht über die Erhaltung und nachhaltige Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen" (BML 1996a) sowie die "Analyse der Situation pflanzengenetischer Ressourcen in der BRD nach der Wiedervereinigung - unter besonderer Berücksichtigung der Genbank in Gatersleben sowie konzeptionelle Überlegungen für ein deutsches Gesamtprogramm" (Begemann/Hammer 1993).

Mehr und mehr sind *Aktivitäten, Programme und private Initiativen* zur In-situ-/On-farm-Erhaltung zu beobachten, ebenso Konzeptionen staatlicher, der Erhaltung und Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen verpflichteter Einrichtungen, die sich stärker gegenüber der In-situ-Erhaltung öffnen und auch die engere Zusammenarbeit (mit NROs und privaten Initiativen) suchen. Darüber hinaus ist insgesamt die Weiterentwicklung von Artenschutzprogrammen zu Populationenschutzprogrammen, die den innerartlichen genetischen Zustand miterfassen und bewerten, festzustellen. Doch in noch stärkerem Maße als bisher müßten (unter dem Primat des In-situ-Schutzes) In-situ- und Ex-situ-Schutz von pflanzengenetischen Ressourcen mit Züchtung, Saatgutproduktion und Saatgutvertrieb sowie Bildungs- und Öffentlichkeitsarbeit verknüpft werden. Eine stärkere Verquickung von In-situ- und Ex-situ-Schutz erschiene auch unter Regenerationsgesichtspunkten sinnvoll, um Ex-situ-Genpools den Selektionswirkungen der "In-situ-Umwelt" auszusetzen (Erdmann 1997, S. 61; Plän 1997, S. 94).

Integrierte Genbanken

Die Genbanken wären eine geeignete *Schaltstelle für eine Koordination* von In-situ- und Ex-situ-Schutz- und Nutzungsanstrengungen (unter der Voraussetzung einer entsprechenden Anpassung der finanziellen Ausstattung). So arbeitete die Sammlung in Braunschweig (BAZ) z.B. schon recht frühzeitig mit der

"Stiftung zum Schutz gefährdeter Pflanzen" mit dem Ziel zusammen, Samen gefährdeter Wildpflanzen in die Langzeitlagerung zu übernehmen, bei anschließender Wiederausbringung in Schutzgebiete. In der Genbank Gatersleben (IPK) wurde größerer Handlungsbedarf vor allem für einige Unkräuter vom konvergenten Entwicklungstyp gesehen. Außerdem begann eine intensive Zusammenarbeit hinsichtlich der Erfassung und Untersuchung von genetischen Ressourcen in geschützten Gebieten (Hammer 1997, S. 41).

Auch im *internationalen Rahmen* hat die Genbank Gatersleben ein übergreifendes Konzept entwickelt und wiederholt auf die Notwendigkeit einer In-situ-Erhaltung hingewiesen, besonders in solchen Fällen, in denen die rasche Evolution durch Introgressionen ihren deutlichen Ausdruck findet (vgl. Hammer et al. 1985; Hammer/Perrino 1995). Bedenken seitens des Naturschutzes (bezüglich der Bedrohung der genetischen Integrität von Wildsippen) stehen dabei häufig Interessen der Kulturpflanzenforschung gegenüber. Ein interessantes Beispiel integrierter Ansätze stellt z.B. der Vorschlag zur Unterschutzstellung einer kleinen süditalienischen Insel (Linosa) dar, die eine charakteristische natürliche Flora hat und auf der gleichzeitig noch eine autochthone Landwirtschaft betrieben wird. Hier ließen sich die verschiedenen Varianten für ein kombiniertes Herangehen untersuchen (Hammer 1997, S. 41).

Mit Blick auf die angesprochene Funktion der Genbanken als Koordinations- und Schaltstelle bleibt insgesamt jedoch festzuhalten, daß Ex-situ-Sammlungen nicht in der Lage sind - und es auch nicht sein werden -, als das universelle Mittel zur Verhinderung der Auswirkungen der Generosion zu dienen. Die Sammlungen werden in dieser Funktion immer beschränkt sein (Hammer 1997, S. 44).

Schutzgebiete und Schutzstrategien

Die Diversität der Wildflora hat sich in einem komplexen System von Wechselwirkungen zwischen Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen sowie abiotischen Faktoren wie Bodenbedingungen und klimatischen Bedingungen entwickelt. Der Schutz von Wildpflanzen (als PGR) ist ohne die Bewahrung ihrer natürlichen Lebensräume nicht möglich. Ein Element von Naturschutzstrategien ist deshalb die Einrichtung von Schutzgebieten. In Biosphärenreservaten, Naturschutzgebieten, geschützten Feuchtgebieten, Nationalparks, Naturparks und Landschaftsschutzgebieten genießen Biotope unterschiedlich strengen Schutz. Hierbei scheint insgesamt das Modell *Biosphärenreservat* (vgl. Erdmann 1997; EUROMAB 1993; Goerke/Erdmann 1994) sich sehr gut für eine *Kombination*

von *In-situ-* und *On-farm-Maßnahmen* zu eignen. Nach dem UNESCO-Programm "Der Mensch und die Biosphäre" (*Man and the Biosphere; MAB*) haben sie die Aufgabe, exemplarische Wege zur nachhaltigen Nutzung natürlicher Ressourcen aufzuzeigen. Der disziplinenübergreifende Gedanke in den Konzepten des MAB-Programms fördert wissenschaftliche Erkenntnisse von naturnahen bis hin zu stark anthropogen überformten Ökosystemen. Es ist das besondere Anliegen von MAB, Modelle für eine am Prinzip der Nachhaltigkeit orientierte sorgsame Bewirtschaftung der Biosphäre zu konzipieren und diese in repräsentativen (Kultur-)Landschaften beispielgebend zu entwickeln, zu erproben und umzusetzen.

Biosphärenreservate beherbergen repräsentative Ausschnitte der jeweiligen naturräumlichen Fauna und Flora. In ihnen sollen die administrativen und praktischen Voraussetzungen für den Schutz autochthoner und endemischer Tier- und Pflanzenarten, den Schutz wilder Vorfahren von Kulturpflanzen sowie den Schutz alter Kulturformen geschaffen werden (UNESCO 1984, S. 12). Zielsetzung von Biosphärenreservaten ist es, die Leistungsfähigkeit und Funktionsfähigkeit des Naturhaushaltes nachhaltig zu sichern durch *Schutz* (Erhaltung natürlicher und naturnaher, vom Menschen weitgehend unbeeinflusster Ökosysteme in ihrer Dynamik), *Pflege* (Erhaltung halbnatürlicher Ökosysteme und vielfältiger Kulturlandschaften einschließlich der Landnutzungen, die diese hervorgebracht haben) und eine nachhaltige, *standortgerechte Nutzung* (Sicherstellung und Stärkung der Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes, insbesondere Bodenschutz, Grund-, Oberflächen- und Trinkwasserschutz, Klimaschutz, Arten- und Biotopschutz) (Erdmann 1996, S. 10 ff).

Biosphärenreservate sind deshalb besonders geeignet, Modelle für die Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen in der praktizierten Landwirtschaft zu entwickeln. In Deutschland wurde an der Landesanstalt für Großschutzgebiete in Brandenburg ein *Pilotprojekt* etabliert, welches gleichzeitig, entsprechend dem in der Konsolidierungsphase der Biosphärenreservate vereinbarten arbeitsteiligen Weg, stellvertretend für alle anderen Reservate die Vorreiterrolle bei der Entwicklung eines tragfähigen Konzeptes für die Erhaltung genetischer Ressourcen in den Biosphärenreservaten Deutschlands übernimmt (Erdmann 1996, S. 25). In den Biosphärenreservaten Schorfheide-Chorin, Elbtalland und Spreewald werden dazu alte Landsorten verschiedener Kulturarten vermehrt und erhalten. Dieses Material stammt zum großen Teil aus der Genbank Gatersleben (Kap. V.3). Die Saatgutmuster alter Sorten und Landsorten werden von Arbeitsgruppen aus Landwirten und anderen interessierten Personen vermehrt. Das Saatgut wird dann an Landwirte abgegeben, die sich für diese Sorten interessie-

ren, z.B. aufgrund ihrer Eignung für extensive Anbaumethoden oder um den lokalen Charakter ihrer Produkte für die Direktvermehrung zu betonen. Das 1993 begonnene Projekt umfaßt heute 80 Getreidesorten, 15 Kartoffelsorten, 90 Tomaten- und Paprikasorten und 30 andere Gemüsearten und -sorten (BML 1996b, S. 48 f.). Die Methode vermittelt die sonst vermißte evolutionäre Weiterentwicklung der Sorten unter landwirtschaftlichen Produktionsbedingungen.

Kombinierte Nutz- und Schutzkonzepte, die für die Erhaltung pflanzen genetischer Ressourcen von Bedeutung sind, können auch durch eine weitere Umsetzungsanstrengung hinsichtlich der FFH-Richtlinie intensiviert werden. Die Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie 92/43/EWG des Rates zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen vom 21.5.1992 ist eins der wichtigsten Naturschutzabkommen in der Europäischen Union. Sie sieht einen umfassenden Schutz der Lebensräume, der Tiere und Pflanzen vor. Kern der Richtlinie ist die Schaffung eines Netzes von Schutzgebieten (NATURA 2000) sowie deren Entwicklung zu einem Biotopverbundsystem unter Einbeziehung auch der (möglichst extensiv) landwirtschaftlich genutzten Flächen. Durch den hier anvisierten Biotopschutz werden auch verwandte Wildarten von Kulturpflanzen und Wildpflanzen für eine potentielle Nutzung geschützt sowie die Notwendigkeit einer flächendeckend nachhaltigen Landwirtschaft thematisiert. Somit ist auch diese Maßnahme auf die Förderung einer In-situ-/On-farm-Erhaltung pflanzen genetischer Ressourcen ausgerichtet (Blümlein/ Henne 1996, S. 30 f.).

Einen weiteren integrierten Ansatz stellen die *Streuobstwiesen* dar (Kap. V. 2.1). Intensitätsstufen sind dabei vorgeschlagen worden, die die Kombination der verschiedenen Erhaltungsstrategien aufzeigen. Eine besondere Rolle können auch *Feldflorareservate* für eine Kombination von Schutz der Ackerbegleitflora und Erhaltung genetischer Ressourcen spielen. Die entsprechenden Landsorten und Unkräuter gehen zumeist auf Ex-situ-Bestände zurück (Hammer 1997, S. 42).

Nachhaltige Landwirtschaft

Kulturlandschaften bestehen aus einer Vielzahl von Ökosystemen, die einerseits durch das Zusammenwirken natürlicher Umweltbestandteile und andererseits durch historische sowie aktuelle Nutzungseinflüsse bestimmt werden. Zahlreiche Tier- und Pflanzenarten sind auf eine fortgesetzte, standortangepaßte Nutzung angewiesen. Natürliche Lebensgrundlagen und pflanzen genetische Vielfalt können deshalb nicht ausschließlich in natürlichen und naturnahen

Ökosystemen erhalten werden. Vielmehr müssen insbesondere für landwirtschaftlich genutzte Ökosysteme nachhaltige und standortangepaßte Nutzungsweisen entwickelt werden und dauerhaft erfolgen, um den Erhalt von biologischer Vielfalt und pflanzengenetischen Ressourcen zu sichern (Erdmann 1996, S. 15).

Die Landwirtschaft war und ist ein zentraler Faktor in der Entwicklung von biologischer Vielfalt, z.Z. jedoch gleichzeitig auch ein wichtiger Faktor für den Artenverlust in etlichen Bereichen (z.B. in Unkraut- oder Grünlandgesellschaften). Artenreiche landwirtschaftliche Biotop sind zumeist an extensive Bewirtschaftungsweisen gebunden. In naturnahen Biotopen wie Grünlandflächen ist die Überschneidung von Naturschutz und Erhaltung pflanzengenetischer Ressourcen besonders augenfällig. Bedeutsam ist daher eine konsequente Umsetzung der verschiedenen Grünlandprogramme der Bundesländer, z.B. die Bewirtschaftung magerer Grünlandflächen, die sonst nicht mehr wirtschaftlich durchzuführen wäre. Ebenso wichtig ist die Fortführung der Entschädigungsprogramme zum Schutz von Feuchtwiesen, damit die Grünlandbewirtschaftung nicht z.B. durch Entwässerung intensiviert wird und somit die ursprüngliche Flora dieser Standorte erhalten werden kann (BML 1996b, S. 46 f.).

4.3 Leistungen und Probleme

Ansätze für die Kombination von Ex-situ-, In-situ- und On-farm-Maßnahmen sind in Deutschland durchaus erkennbar. Es gibt aber noch keine angemessene organisatorische Basis. Der Vorschlag von Bommer und Beese zur Bildung eines *"Fachausschusses Pflanzengenetische Ressourcen Artenschutz"*, der schon aus dem Jahr 1990 stammt, wäre eine Möglichkeit, eine systematischere Koordination der Erhaltungsanstrengungen zu erreichen. Dieser Fachausschuß soll folgende Aufgaben haben (Hammer 1997, S. 42):

- Prioritäten für den Artenschutz zu setzen,
- Nutzungskonzepte für den Natur- und Artenschutz bei landwirtschaftlichen Extensivierungsprogrammen zu entwickeln,
- den interdisziplinären Gedankenaustausch mit ökologisch, genetisch und taxonomisch orientierten Arbeitsgruppen zu fördern,
- die Zusammenarbeit mit dem Fachausschuß Forstliche Genressourcen zu entwickeln,
- Standards für Datenspeicherung und Datenaustausch aufzustellen,
- Botanische Gärten in die Ex-situ-Erhaltung einzubeziehen und

- die Beteiligung der Bundesrepublik Deutschland an internationalen Natur- und Artenschutzprogrammen sicherzustellen.

Eine wichtige Funktion bei der Koordination und Kombination der Erhaltungsansätze könnte ebenfalls dem wiederholt vorgeschlagenen *Sachverständigenrat für pflanzen genetische Ressourcen* zukommen (vgl. Begemann/Hammer 1993, S. 57 f.). Als Aufgaben eines solchen Sachverständigenrates werden vorgeschlagen:

- die Situation der pflanzen genetischen Ressourcen in der Bundesrepublik Deutschland zu beobachten und Empfehlungen zum Handeln zu geben;
- in regelmäßigen Abständen zu prüfen, ob die durch Arten- und Naturschutz, Forstwirtschaft sowie Programme zur Sicherung des kulturhistorischen Erbes ergriffenen Maßnahmen zur Erhaltung ausreichen und ob die Verfügbarkeit von genetischen Ressourcen für Landwirtschaft, Gartenbau, Forstwirtschaft, Industrie und Wissenschaft sichergestellt ist;
- auf eine Abstimmung verschiedener Aktivitäten von staatlicher und privater Seite hinzuwirken;
- die Bundesregierung und die Regierungen der Bundesländer in wichtigen Fragen der Erhaltung und Nutzung pflanzen genetischer Ressourcen zu beraten sowie
- zum Bewußtsein der Öffentlichkeit über die Bedeutung dieses Themenfeldes beizutragen.

Die Erhaltungsmaßnahmen für pflanzen genetische Ressourcen waren in der Vergangenheit von Verständigungsschwierigkeiten der beteiligten Institutionen und Personen begleitet. Die Vertreter einer Ex-situ-Erhaltung gingen anfangs davon aus, daß es kaum möglich sei, Kulturpflanzen und die meisten ihrer wildwachsenden Verwandten in situ bzw. on farm zu erhalten. Heute ist die Bedeutung der In-situ-Verfahren weitgehend anerkannt. Andererseits werden von etlichen Vertretern der In-situ-Strategie auch heute noch die Ex-situ-Maßnahmen bestenfalls als Übergangslösung anerkannt, die unbedingt zu einer erneuten In-situ-Erhaltung führen sollten. Die unterschiedlichen Haltungen haben auch in den internationalen Dokumenten und Abkommen ihren Ausdruck gefunden.

Neben den deutlich abnehmenden Verständigungsproblemen stehen kombinierte Erhaltungsansätze vor dem Problem, daß sehr *unterschiedliche fachliche Zuständigkeiten* und *verschiedene politische Ebenen* zusammengeführt werden müssen. Hier ist nicht nur an die Zusammenarbeit verschiedener wissenschaftlicher Disziplinen, sondern insbesondere der unterschiedlichen Fachbehörden bzw. -institutionen aus den Bereichen Arten- und Naturschutz, Landwirtschaft,

Züchtung, Genbanken usw. bis auf die Ebene von Landwirtschafts-, Umwelt- und Forschungsministerium zu denken. Ebenso sind die Programme und Aktivitäten von EU, Bund, Ländern und Regionen sowie von staatlichen Institutionen und privaten Akteuren abzustimmen. Inwieweit dies gelingt und zu einer wirklich kombinierten Erhaltungsstrategie führen wird, muß sich zukünftig noch zeigen.

Schließlich sind Ex-situ- wie In-situ- und On-farm-Erhaltung von politischen und wirtschaftlichen Einflüssen abhängig. International gilt dies auch für Genbanken, wie erst unlängst in den osteuropäischen Ländern zu beobachten war, als viele dieser Einrichtungen durch Personal- und Geldmangel erheblich reduziert werden mußten. Nur die internationale Unterstützung hat hier den katastrophalen Zusammenbruch verhindern können (Hammer 1997, S. 44). Gerade kombinierte Erhaltungsansätze sind auf staatliche Unterstützung und Finanzierung angewiesen.

5. Biotechnologie und genetische Ressourcen

Die Nutzung der Methoden der modernen Biotechnologie setzt die Verfügbarkeit biologischer Vielfalt bzw. genetischer Ressourcen voraus. Zugleich besitzt die Biotechnologie einen Einfluß auf die pflanzengenetischen Ressourcen und ihren Erhalt, denn einerseits bietet das Methodenspektrum der Biotechnologie die Möglichkeit, biologische Vielfalt nachzuweisen und zu erhalten, andererseits ermöglicht sie ihre bessere Nutzung als Ausgangsmaterial zur weiteren züchterischen Verbesserung von Kulturpflanzen (BfN 1997, S. 277 f.; Hammer 1997, S. 47 ff). Dieser vielseitigen Bedeutung der modernen Methoden der Biotechnologie wurde auch im Rahmen der Weltkonferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung (UNCED) in Rio Rechnung getragen. Sowohl die Agenda 21, in der der Biotechnologie ein eigenes Kapitel (Nr. 16) gewidmet ist, als auch die Konvention über die Biologische Vielfalt enthalten Bestimmungen zum Bereich Biotechnologie und Gentechnik (Kap. VI). Dabei geht es zum einen um den Zugang zu genetischen Ressourcen, ihre nachhaltige Nutzung und die gerechte Verteilung der Vorteile aus deren Nutzung (Konventionsartikel 6, 15 und 16). Zum anderen beschäftigen sich sowohl die Konvention über die biologische Vielfalt als auch die Agenda 21 mit dem sicheren Umgang mit der Biotechnologie und ihrer nachhaltigen Nutzung (Konventionsartikel 19, Abs. 3; Agenda 21, Kapitel 16) (BfN 1997, S. 277).

Nach der in der Konvention über die Biologische Vielfalt niedergelegten Definition bedeutet Biotechnologie "...jede technologische Anwendung, die biologische Systeme, lebende Organismen oder Produkte daraus benutzt, um Erzeugnisse oder Verfahren für eine bestimmte Nutzung herzustellen oder zu verändern" (Art. 2). Die *Nutzungsmöglichkeiten*, die sich durch die Bio- und Gentechnologie eröffnen, tragen zu einer verstärkten Nachfrage nach genetischen Ressourcen bei (BfN 1997, S. 279 f.).

Im Bereich der *Grundlagenforschung*, z.B. der Erforschung von *genetischer Vielfalt*, hat die Populationsbiologie durch die modernen Methoden der Biotechnologie international starken Auftrieb erhalten. Zentrale Konzepte der Evolutionsbiologie erhalten durch populationsgenetische Methoden eine neue konkrete Datenbasis und Zugang zur experimentellen Analyse. Neue Bereiche in der Biodiversitätsforschung können auf dem Gebiet der Artentstehung und Art-erhaltung erschlossen werden.

Zugleich stellt die Biotechnologie ein *neues Arsenal von Methoden* bereit, das sich für die Untersuchung der genetischen Ressourcen und die praktische Pflanzenzüchtung, aber auch für bestimmte Konservierungsstrategien eignet. Hierdurch hat die moderne Biotechnologie auch *Bedeutung für den Erhalt pflanzen genetischer Ressourcen* erlangt. Zur modernen Biotechnologie zählen die *In-vitro-Methoden*, die *molekularbiologischen Methoden* und die *Gentechnik* (Kap. II.1.4). Diese Methoden sind in der Regel sehr aufwendig und nur an ausgewähltem Material nutzbar. Sie sind aber einer raschen Entwicklung unterworfen und werden sich nach mancher Einschätzung in naher Zukunft insbesondere besser für die Charakterisierung und Evaluierung umfangreicher Ex-situ- und In-situ-Bestände eignen (Hammer 1997, S. 50).

In-vitro-Methoden

Verschiedene biotechnologische Methoden können die *Effektivität der Erhaltungsmöglichkeiten pflanzen genetischer Ressourcen erhöhen*. *In-vitro-Methoden* werden zur Erhaltung vegetativ vermehrter Arten sowie von schwierig vermehrbaren Mustern angewandt (Kap. V.1.3), indem entweder der ganze Fruchtknoten (Ovarium-Kultur), die unreife Samenanlage (Ovulum-Kultur) oder der isolierte Embryo (Embryo-Kultur) unter aseptischen Bedingungen auf geeigneten Medien kultiviert werden. Bei diesen Verfahren kann es jedoch im Verlauf von Zell- und Gewebekulturphasen durch sog. somaklonale Variation zu genetischen Veränderungen in dem Material kommen, die für eine sippengerechte Erhaltung nicht erwünscht ist (während dies in der Pflanzenzucht zur

Schaffung von Ausgangsvariation gezielt eingesetzt wird). Optimale Kulturbedingungen sind somit nötig, um das Auftreten genetischer Variation soweit wie möglich verhindern zu können (Friedt et al. 1997, S. 28 ff.). In Deutschland werden In-vitro-Methoden vor allem bei Kartoffeln, Zwiebeln und Strauchkohl angewandt. Gegenüber der konventionellen vegetativen Erhaltung garantiert die Methode einen hohen Schutz vor Krankheiten und Schädlingsbefall. Die Methode ist jedoch technisch sehr aufwendig und kann nur für spezielles Material als Langzeitmethode zum Einsatz kommen. *Seltene Arten können in großer Zahl vermehrt und so für eine Wiederausbringung in die In-situ-Erhaltung vorbereitet werden.* Für die Vermehrung seltener Arten kommt sie weit verbreitet auch in Botanischen Gärten zur Anwendung (Hammer 1997, S. 48).

Ziel der *Protoplasten-Methode* (Kap. V.1.3) ist die Fusion von Protoplasten (asexuelle Kreuzung), also die (im Labor durchgeführte) Verschmelzung zweier pflanzlicher Zellen, deren Zellwände zuvor entfernt wurden, zur Kombination des Erbmaterials der beiden Ausgangszellen. Es soll die Vereinigung von genetisch verankerten Eigenschaften von Pflanzen, die sich auf normalem sexuellem Wege nicht kreuzen lassen, ermöglicht werden (interspezifische bzw. intergenerische Hybriden). Protoplasten (wandlose Zellen) können aus nahezu allen Pflanzenteilen sowie kultivierten Pflanzengeweben gewonnen werden. Durch die Fusion genetisch verschiedener Protoplasten kann neue Variation geschaffen werden. An die Fusion schließen sich die Selektion der Hybridprotoplasten und die Regeneration kompletter Pflanzenzellen an, welche schließlich wieder zu einer vollständigen und fertilen Pflanze heranwachsen können. Die Protoplasten-Methode wird vorrangig in der Pflanzenzüchtung eingesetzt, kann aber auch als eine *spezifische In-vitro-Methode zur schnellen Vermehrung und Erhaltung von Mustern vegetativ vermehrter Arten und anderer schwierig vermehrbarer Arten* (auch von Arten mit langen Generationszeiten) *in der Ex-situ-Erhaltung* genutzt werden (Friedt et al. 1997, S. 29 f.).

Molekularbiologische Methoden

Die in den vergangenen Jahren erfolgte Entwicklung molekularer *Kartierungsmethoden* kann zu einer besseren *Charakterisierung und Evaluierung der genetischen Ressourcen* genutzt werden, z.B. zum Messen genetischer Variation, zur Bestimmung und Evaluierung wünschenswerter, bei der Introgression zu berücksichtigender Eigenschaften und damit der Verbesserung der Steuerbarkeit von Kreuzungsprozessen (Introgressionsmethode auf der Grundlage von markergestützter Selektion). Mit Hilfe der *molekularen Marker* können Pflanzen-

züchter schneller und genauer prüfen, ob eine bestimmte Pflanze erwünschte Eigenschaften besitzt, als mit den konventionellen Methoden, da die für die Einkreuzung bestimmter Merkmale benötigte Zeit verringert werden kann (Dethlefsen/von Westernhagen 1997, S. 149). Außerdem lassen sich molekulare Marker-Techniken zur umfassenden Identifizierung und zur systematischen Einordnung von Mustern und damit zur genaueren Verwandtschaftsanalyse und zum sicheren Auffinden von Duplikaten heranziehen. Aufgrund der zahlreichen Muster in den Genbanken und der damit einhergehenden Unterhaltungskosten ist eine Suche nach unerwünschten Duplikaten auch mit molekularen Methoden interessant, damit nicht notwendige Duplikate dann nicht mehr in den aufwendigen Reproduktions- und Lagerungsprozeß einbezogen werden müssen. Das ist besonders wichtig für nur vegetativ vermehrbare Arten, insbesondere wenn sie in ausgedehnten Feldgenbanken erhalten werden müssen (Hammer 1997, S. 49).

Insgesamt gesehen tragen die molekularbiologischen Methoden (insbesondere Marker-Techniken) zur *Effektivitätserhöhung beim Erhalt pflanzen genetischer Ressourcen* bei. Diese Methoden werden aber zur Zeit wegen ihres hohen technologischen Aufwandes selbst in Industrieländern noch wenig angewandt, und die gegenwärtigen Kosten solcher Technologien verhindern ihre Anwendung in den meisten Erhaltungs- und Züchtungsprogrammen der Entwicklungsländer (Dethlefsen/von Westernhagen 1997, S. 149).

Gentechnik

Das genetische Material, das in der Züchtung einer Nutzpflanze eingesetzt werden kann, umfaßt zunächst nur diejenigen Pflanzen, mit denen sie kreuzbar ist. Das sind im allgemeinen Sorten und Wildformen derselben, manchmal auch nahe verwandter Arten. Interessante Eigenschaften können jedoch auch in entfernter verwandten Arten gefunden werden, mit denen eine Kreuzung nicht ohne weiteres möglich ist. Die moderne Biotechnologie stellt zum einen die entsprechenden Verfahren bereit (Zell- und Gewebekulturtechniken), mit denen in vielen Fällen solche "Kreuzungsbarrieren" überwunden und somit neue Gene in den Züchtungsprozeß eingebracht werden können (Beispiel: Nutzbarmachung wilder Verwandter der Kartoffel). Zum anderen können mittels Gentechnik Gene gezielt verändert bzw. unabhängig von ihrer Herkunft über Artgrenzen hinweg neu kombiniert werden, wie es unter natürlichen Bedingungen nicht hätte geschehen können (Beispiel: Flunder-Gene in Kartoffel) (BfN 1997, S. 293). Seit 1984 die ersten transgenen Tabakpflanzen erzeugt worden sind, ist es mög-

lich geworden, ein immer größeres Spektrum von Pflanzenarten gentechnisch zu verändern. Weitere neuere Entwicklungen in der Gentechnik umfassen die gentechnische Veränderung des Chloroplastengenoms, so daß höhere Mengen der Genprodukte gewonnen werden, und die Entwicklung von sog. antisense- und gene-silencing-Techniken, um nicht erwünschte Gene, deren DNA-Sequenz bekannt ist, abzuschalten (Dethlefsen/von Westernhagen 1997, S. 151; Hammer 1997, S. 47 ff.).

Um eine Verbesserung bestehender Zuchtlinien durch fremdes genetisches Material zu erreichen (z.B. durch gezielte Übertragung von Resistenzgenen), wird als züchterischer Ansatz die *Introgression* verfolgt. Unter Introgression wird die Einführung spezifischer genetischer Eigenschaften aus fremdem Erbgut in das züchterisch adaptierte Material durch wiederholtes Rückkreuzen über eine Vielzahl von Generationen verstanden. Dies kann schwierig sein, wenn das Gen von pflanzenbaulichem Interesse mit unerwünschten Genen gekoppelt ist (Dethlefsen/von Westernhagen 1997, S. 149). Das spezifische Potential der Gentechnik für das Verfahren der Introgression liegt hier in der gezielten Inkorporation definierter Gene, wobei auf den gesamten verfügbaren Genpool zurückgegriffen werden kann und auch durch andere züchterische Verfahren nicht zugängliche Gene transferiert werden können. Dabei erweisen sich Techniken zur Identifizierung und Isolierung relevanter Gene zur Zeit als aufwendiger als die Techniken des Transfers der Gene.

Gentechnische Methoden sind zum überwiegenden Teil noch begrenzt auf die Übertragung einzelner Gene oder kleiner Genomabschnitte (vor allem qualitative Merkmale). Die Gentechnik könnte evtl. dann eine größere Bedeutung erlangen, wenn zunehmend auch die Übertragbarkeit ganzer Genkomplexe gelänge, da für eine Vielzahl agronomischer Eigenschaften die Übertragung ganzer Gengruppen (quantitative oder polygene Merkmale) erforderlich ist (Plän 1997, S. 81). Bei den verschiedenen Erhaltungsmaßnahmen wird die Gentechnik nicht angewendet oder hat höchstens eine indirekte Bedeutung.

Bedeutung für Nutzung und Erhalt pflanzen-genetischer Ressourcen

Die Dimensionen der vielfältigen künftigen Einsatzmöglichkeiten für die bio- und gentechnologischen Verfahren, z.B. bei der Pflanzenzüchtung und in der landwirtschaftlichen Produktion, werden von den zuständigen Fachvertretern einerseits als hoch eingeschätzt, hat sich die Gentechnik doch das Ziel gesteckt, die gesamte Biodiversität als Merkmalsquelle nutzbar zu machen und zu einer Erweiterung der genetischen Variation in Form zusätzlicher, genutzter Gene

beizutragen. Bedingt durch ihre intensive züchterische Bearbeitung ist in landwirtschaftlich genutzten Kulturpflanzen die Variabilität für erwünschte Eigenschaften häufig nur noch sehr eingeschränkt, in Landsorten und Wildpflanzen hingegen liegt ein nahezu unerschöpfliches Reservoir an "Genquellen". Der Rückgriff auf pflanzen genetische Ressourcen wird somit auch in Zukunft gerade bei den am intensivsten genutzten Kulturpflanzen eine sehr große Rolle spielen (Friedt et al. 1997, S. 109). Dementsprechend werden die pflanzen genetischen Ressourcen auch zukünftig die wichtigsten Merkmalsträger bleiben, die auch den konventionellen Verfahren zugänglich sind (Hammer 1997, S. 50).

Daß die biotechnologischen Methoden und die derzeit absehbare zukünftige gentechnisch unterstützte Pflanzenzüchtung tatsächlich einen wesentlichen Beitrag zum Erhalt bzw. zur Erweiterung der biologischen Vielfalt, der pflanzen genetischen Ressourcen oder der genutzten landwirtschaftlichen Vielfalt leisten können, ist eher unwahrscheinlich. Es erscheint wenig begründet, daß die Einführung einzelner oder weniger, für die Pflanzenzüchtung wünschenswerter Gene mittels Gentechnik in viele Kulturarten und -sorten zu einer Erhöhung der biologischen Vielfalt in einer relevanten Art und Weise führen könnte. Veränderungen der biologischen Vielfalt werden wie schon bisher eher von der Ausgestaltung der landwirtschaftlichen Produktionssysteme ausgehen. Eine grundsätzliche Veränderung dieses Prozesses wird durch den Einsatz von Bio- und Gentechnik zumindest mittelfristig nicht erwartet.

Insgesamt ist festzuhalten, daß mit der Gentechnik die gesamte biologische Vielfalt potentiell zur pflanzen genetischen Ressource wird, für die Pflanzenzüchtung sind Bio- und Gentechnik von direkter Bedeutung. *Auch für den Schutz und Erhalt pflanzen genetischer Ressourcen können die modernen biotechnologischen Methoden von direktem Nutzen sein, die Gentechnik besitzt hier aber höchstens eine indirekte Bedeutung.*

VI. Internationale Übereinkommen und nationale Umsetzung

In diesem Kapitel werden die internationalen Abkommen, Vereinbarungen und strategischen Systeme, die in besonderer Weise für die Erhaltung und den Schutz pflanzengenetischer Ressourcen von Bedeutung sind, vorgestellt sowie die Möglichkeiten und Probleme, die sich aus ihrer internationalen und nationalen Umsetzung und dem resultierenden Harmonisierungsbedarf ergeben, erläutert. Im wesentlichen sind dies die Konvention über die biologische Vielfalt, das Globale System der FAO und der Globale Aktionsplan.

1. Konvention über die biologische Vielfalt

Die Konvention der Vereinten Nationen über die biologische Vielfalt (im folgenden *Biodiversitätskonvention* oder CBD - Convention on Biological Diversity), die während der UN-Konferenz über Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro (UNCED) im Jahr 1992 nach vier Jahren schwieriger Verhandlungen am 5. Juni von 154 Staaten unterzeichnet wurde, bringt die Einsicht der Staatengemeinschaft zum Ausdruck, daß ein tiefgreifender *Paradigmenwechsel* in bezug auf den internationalen Naturschutz dringend erforderlich ist. Das sehr komplexe Regelwerk über den Schutz und die Nutzung der biologischen Vielfalt stellt zunächst eine gemeinsame Problem- und Zieldefinition der Staatengemeinschaft dar. Am 28. Dezember 1993 trat das Übereinkommen in Kraft, Anfang 1998 war es formell von über 170 Staaten ratifiziert worden. Das bedeutet, daß fast alle Länder dieser Welt sich verpflichtet haben, ihre nationale Gesetzgebung gemäß den Anforderungen der Biodiversitätskonvention auszurichten bzw. umzugestalten.

Die Konvention geht über die zuvor vorhandenen internationalen Instrumente zum Artenschutz weit hinaus, weil sie nicht gebietsbezogen oder artenspezifisch angelegt ist, sondern die biologische Vielfalt im Ganzen und als Ganzes schützt. Darüber hinaus verbindet das Übereinkommen erstmalig den Schutzzansatz mit dem Gedanken der nachhaltigen Entwicklung (sustainable development). Außer der Bewahrung der biologischen Vielfalt wird nämlich auch die nachhaltige Nutzung der biologischen und besonders der genetischen Ressourcen angesprochen.

Charakter und Gegenstand der Konvention

Die Biodiversitätskonvention ist ein Rahmenabkommen. In systematischer Weise werden relativ allgemeine Prinzipien, Programme und Leitlinien als Orientierungsrahmen für die nationale Politik vorgeschrieben. Zugleich bietet die Konvention ein Dach für weitere, bereits existierende und Teilaspekte aufgreifende sowie noch abzuschließende Abkommen. Viele Probleme, die in der Konvention angesprochen werden, bedürfen spezieller Regelungen auch auf internationaler Ebene. Dafür sieht die Konvention sog. Protokolle vor (BfN 1997, S. 20).

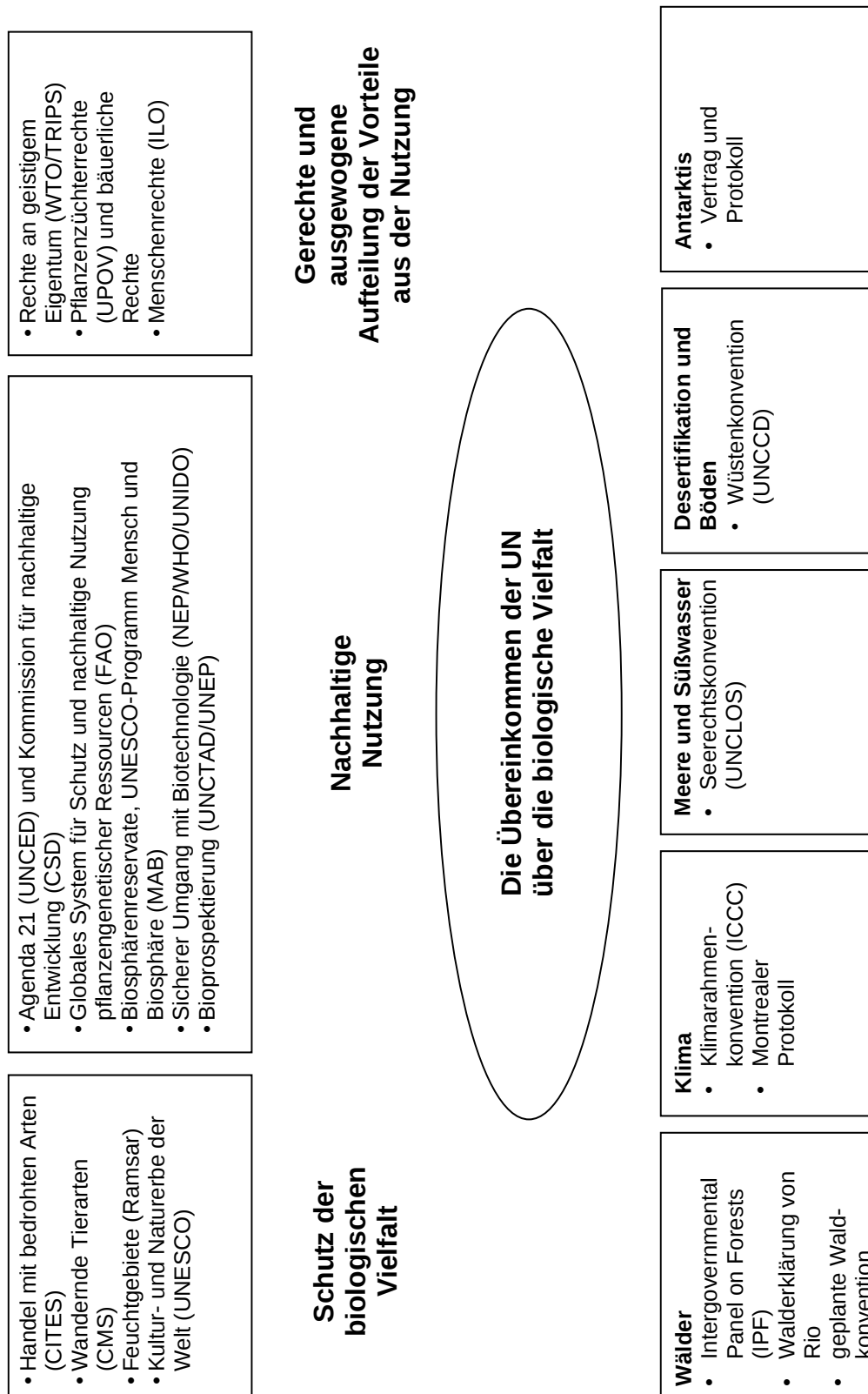
Die *Hauptziele* und Prinzipien der Konvention bilden einen *Dreiklang*, der zugleich Programm und Handlungsvorschlag der Konvention ist und sich in ihrer konkreten Umsetzung widerspiegeln soll:

- Erhaltung der biologischen Vielfalt
- nachhaltige Nutzung der Bestandteile der biologischen Vielfalt
- gerechte Aufteilung der sich aus der Nutzung genetischer Ressourcen ergebenden Vorteile

Die Biodiversitätskonvention ist dabei in einem umfassenden System völkerrechtlich verbindlicher und politisch verpflichtender Erklärungen eingebunden, wie die Abbildung 12 verdeutlicht. Die Biodiversitätskonvention erkennt erstmals in einem völkerrechtlich verbindenden Vertragswerk an, daß *die biologische Vielfalt unter die Souveränität der Nationalstaaten fällt*. Sie stellt damit eine Ressource dar wie andere Rohstoffe (Erdöl, Erdgas, Metalle etc.).

Weiterhin ist die Konvention Ausdruck einer generellen Bereitschaft der Staatengemeinschaft, durch geeignete institutionelle Strukturen und internationale Kooperation für den Erhalt der Biodiversität Sorge zu tragen. Die Konvention fordert den Einsatz eines umfassenden Spektrums von rechtlichen, ökonomischen, administrativen und wissenschaftlichen Instrumenten auf internationaler und nationaler Ebene. Während bisherige völkerrechtliche Regelungen bestimmte Problemkreise selektiv herausgriffen, liegt der Biodiversitätskonvention ein funktionales Verständnis von Naturschutz mit einer Anerkennung der sozialen und sozioökonomischen Bedeutung von biologischer Vielfalt zugrunde. Die Konvention verfolgt nicht einseitig den Schutzgedanken, sondern strebt zugleich die Nutzung der Bestandteile der biologischen Vielfalt an, wo dies in nachhaltiger Weise möglich ist. Der *Erhalt* der biologischen Vielfalt wird als integraler Bestandteil von *Entwicklung* verstanden. Voraussetzung dafür ist, daß alle Programme zur *Nutzung* biologischer Ressourcen ökologisch nachhaltig gestaltet werden (BfN 1997, S. 20).

Abb. 12: Einordnung der Biodiversitätskonvention in die Weltwirtschafts- und Weltumweltpolitik



Quelle: nach Gettkant et al. 1997b, S. 84

Der umfassende Ansatz der Biodiversitätskonvention kommt schon in der Präambel zum Ausdruck, in der bereits auf Ex-situ- und In-situ-Maßnahmen zum Schutz biologischer Vielfalt hingewiesen wird. Die zu beachtenden Vorschriften zum Erhalt (pflanzen-)genetischer Ressourcen behandeln die Konventionsartikel 8 und 9, während auf die nachhaltige Nutzung in Art. 10 und auf den Zugang zu den genetischen Ressourcen in Art. 15 eingegangen wird. Mit Blick auf Art. 15 ist jedoch zu beachten, daß sich die Biodiversitätskonvention in ihrem Schutzzumfang nicht auf diejenigen pflanzengenetischen Ressourcen bezieht, die vor ihrem Inkrafttreten weltweit in Genbanken eingelagert wurden (Kap. VI.3). So müssen nun Fragen des Zugangs zu pflanzengenetischen Ressourcen (in situ und ex situ) sowie der gerechten Aufteilung der durch die Nutzung zu erzielenden Vorteile geklärt werden (Flitner 1995, S. 239 ff).

In insgesamt 42 Artikeln verbindet die Biodiversitätskonvention Anliegen des Naturschutzes mit technologie- und wirtschaftspolitischen Problemen. Neben den Artikeln, die den Schutz und die nachhaltige Nutzung der biologischen Vielfalt sowie den Finanz- und Technologietransfer regeln (Art. 1-22), sind im zweiten Teil des Vertrages (Art. 23-42) innovative institutionelle Mechanismen enthalten, die sich auf den Kooperationsprozeß und die *Weiterentwicklung des Vertragswerkes* beziehen (Gettkant et al. 1997a, S. 3).

Institutioneller Rahmen der Konvention

Entsprechend der anspruchsvollen Zielsetzung der Biodiversitätskonvention und ihres weitgefaßten Zuständigkeitsbereiches ergibt sich ein äußerst breites Aufgabenspektrum für den Umsetzungsprozeß. So findet regelmäßig eine *Vertragsstaatenkonferenz (VSK)* statt, während der die Unterzeichnerstaaten ihre Verhandlungen zu einzelnen Bereichen der Konvention fortsetzen und die Umsetzung der Bestimmungen überprüfen. Durch diesen *permanent angelegten Verhandlungsprozeß* ist die CBD grundsätzlich in der Lage, neue Fragen aufzugreifen und die strittigen Punkte zu verfolgen, über die es bei Vertragsabschluß noch keine Einigung gab. Als besonders wichtig ist hierbei die Möglichkeit anzusehen, daß die Vertragsstaaten Umsetzungsprotokolle zu einzelnen Themenfeldern (z.B. zum Thema biologische Sicherheit oder zu den pflanzengenetischen Ressourcen) annehmen können. Solche Protokolle können dazu beitragen, die Inhalte der Konvention für die Umsetzung zu konkretisieren.

Im Mittelpunkt der Bemühungen auf der ersten VSK 1993 stand die Schaffung eines institutionellen Rahmens für die zukünftige Arbeit. So wurde unter anderem beschlossen, im kanadischen Montreal für die permanente Betreuung

und Verwaltung der CBD ein *ständiges Sekretariat* mit z.Z. etwa 20 Beschäftigten einzurichten. Von besonderer Bedeutung bei der zweiten VSK 1995 in Jakarta war der Beschluß über die Erarbeitung eines Protokolls über den sicheren Umgang mit Biotechnologien (Biosafety Protocol), das bis Ende 1998 fertiggestellt sein soll. Nicht zuletzt ist auch die Einrichtung eines dezentral angelegten Informationsmechanismus der CBD (Clearinghouse Mechanism) zur Förderung des internationalen Wissens- und Technologietransfers zu nennen. Während auf der dritten VSK 1996 in Buenos Aires die Formulierung eines Arbeitsprogramms zu Agrobiodiversität auf der Tagesordnung stand, muß die durch Art. 26 der CBD geforderte jeweilige *nationale Berichterstattung* auf der vierten VSK im Mai 1998 in Bratislava die Umsetzungen des Art. 6 (Entwicklung nationaler Strategien, Pläne oder Programme bzw. deren Anpassung und Einbindung der Biodiversitätsziele in übergreifende Programmatiken und Politikziele) nachweisen. Das besondere Augenmerk richtet sich auf die zum 1. Januar 1998 eingeforderten Nationalberichte aller Vertragsstaaten. Aus diesen Berichten sollen auch die jeweiligen nationalen Strategien der Länder erkennbar hervorgehen (Kap. VI.4). Weiterhin soll Aufschluß über den In-situ-Schutz sowie die Zusammenarbeit mit anderen UN-Konventionen und Institutionen gegeben werden (Gettkant et al. 1997b, S. 87 f.).

Regelungen zur In-situ-Erhaltung (Art. 8)

Der Art. 8 der Biodiversitätskonvention ist der *zentrale Naturschutzartikel*. Er behandelt in 13 Unterpunkten den Schutz von Ökosystemen, wildlebenden Arten und genetischer Vielfalt und schließt den In-situ-Schutz von domestizierten Pflanzen- und Tierarten sowie gezüchteten Sorten und Rassen mit ein. Bedeutsam ist insbesondere die geforderte Balance von Schutz- und Erhaltungsmaßnahmen innerhalb und außerhalb geschützter Flächen. Diese Anforderungen verlangen eine Überprüfung der nationalen Naturschutzgesetze, der Gesetze und Verordnungen über Schutzgebiete, der direkten Artenschutzregelungen sowie der Regelungen über risikobehaftete Prozesse und Tätigkeiten einschließlich der Gentechnik. Vor allem wird eine Anpassung an die systematischen Zielsetzungen und Vorgaben, z.B. an ein System von Schutzgebieten, erforderlich sein (BfN 1997, S. 21).

Der Art. 8 behandelt die In-situ-Erhaltung in 13 Unterpunkten (BMU o.J., S. 30; Hammer 1997, S. 52 f.):

- Die Punkte eins und zwei behandeln die *Einrichtung eines Schutzgebietsystems* sowie die Entwicklung von Leitlinien für Auswahl, Einrichtung und Management von Schutzflächen. Ein solches System liegt dem Schutzgebietskatalog Deutschlands bislang nicht zugrunde.
- Punkt drei fordert das *Management* schutzwürdiger biologischer Ressourcen zum Zwecke der Erhaltung und nachhaltigen Nutzung innerhalb und außerhalb von Schutzgebieten.
- Punkt vier beinhaltet den Schutz von Ökosystemen und natürlichen Lebensräumen, bedeutsam für die *Aufrechterhaltung* der genetischen Diversität von Populationen und Arten in ihrer natürlichen Umgebung.
- Punkt fünf fordert die *Entwicklung* von Gebieten, die an Schutzgebiete angrenzen. Eine umweltverträgliche und nachhaltige Entwicklung ist anzustreben.
- Unter Punkt sechs wird die *Wiederherstellung* von geschädigten Ökosystemen zum Zwecke der Regenerierungsmöglichkeit gefährdeter Arten einschließlich wildwachsender pflanzengenetischer Ressourcen behandelt.
- Die Punkte sieben und acht verlangen nach *Kontrollmechanismen* für Freisetzung und Nutzung von Populationen biotechnologisch veränderter oder standortfremder Arten, von denen nachteilige Einflüsse auf das betroffene Ökosystem ausgehen können.
- Punkt neun fordert die *Kompatibilität* gegenwärtiger Nutzungen mit der Erhaltung der biologischen Vielfalt.
- Punkt zehn fordert den Schutz der *Erfahrungen* und Rechte von eingeborenen und ortsansässigen Gemeinschaften mit traditionellen Lebensformen sowie die gerechte Teilung der aus der Nutzung dieser Kenntnisse entstehenden Vorteile.
- Die Punkte elf bis dreizehn schließlich liefern die *Vorgaben* für zu ergreifende Maßnahmen zum Schutz bedrohter Arten und Populationen und deren legislative und finanzielle Untermauerung, insbesondere zugunsten der Entwicklungsländer.

Regelungen zur Ex-situ-Erhaltung (Art. 9)

Der Art. 9 der Konvention fordert Maßnahmen zur Erhaltung der biologischen Vielfalt außerhalb ihres natürlichen Lebensraumes, falls damit die In-situ-Erhaltung sinnvoll unterstützt werden kann. Es wird unzweideutig festgestellt, daß *Ex-situ-Maßnahmen einen ergänzenden Charakter* zu den In-situ-Maßnahmen besitzen, keinesfalls aber an ihre Stelle treten sollen. Dieser Artikel

behandelt die Ex-situ-Erhaltung in fünf Unterpunkten (BMU o.J., S. 30 f.; Hammer 1997, S. 53 f.):

- Punkt eins beschreibt die zu ergreifenden Maßnahmen zur Ex-situ-Erhaltung der Bestandteile der biologischen Vielfalt vorzugsweise in den *Ursprungsländern*.
- Punkt zwei fordert die Schaffung von Einrichtungen für die Ex-situ-Erhaltung und die Forschung in bezug auf *Pflanzen, Tiere und Mikroorganismen*, vorzugsweise in den Ursprungsländern der genetischen Ressourcen.
- Punkt drei spricht die Maßnahmen zur *Regenerierung und Förderung gefährdeter Arten* sowie zu ihrer *Wiedereinführung* in ihren natürlichen Lebensraum unter geeigneten Bedingungen an.
- Punkt vier fordert, die *Entnahme* biologischer Ressourcen aus ihrem natürlichen Lebensraum für Zwecke der Ex-situ-Erhaltung so zu regeln und zu beaufsichtigen, daß Ökosysteme und In-situ-Populationen von Arten nicht gefährdet werden, es sei denn, daß besondere vorübergehende Ex-situ-Maßnahmen nach Punkt drei notwendig sind.
- Der Punkt fünf schließlich beschreibt die notwendigen *finanziellen und sonstigen Maßnahmen*. Für die Entwicklungsländer sollen Einrichtungen für die Ex-situ-Erhaltung geschaffen werden.

Regelungen zur nachhaltigen Nutzung (Art. 10)

Art. 10 als wohl weitreichendster Artikel der Konvention legt Maßnahmen zur nachhaltigen Nutzung von Bestandteilen der biologischen Vielfalt fest. Die Nutzung der biologischen Vielfalt, insbesondere der pflanzengenetischen Ressourcen, ist ein immanentes Problem der Erhaltung von Biodiversität. Somit ist der Art. 10 der Biodiversitätskonvention auch für die in diesem Bericht zu behandelnden Fragen von Relevanz. Der Art. 10 verlangt von den Vertragsparteien, daß alle Politiken und Rechtsgrundlagen in den innerstaatlichen Entscheidungsprozessen, die für die Nutzung der biologischen Vielfalt relevant sind, auf das Ziel der Nachhaltigkeit ausgerichtet werden. Gleichzeitig müssen die Vertragsparteien sicherstellen, daß bei allen Nutzungsformen die schädigenden Einflüsse auf die biologische Vielfalt auf ein Minimum reduziert werden. Die moderne Landwirtschaft ist in Deutschland aufgrund ihrer Auswirkungen auf die biologische und genetische Vielfalt durch diesen Artikel besonders angesprochen. Im einzelnen ist in fünf Unterpunkten folgendes festgehalten (BMU o.J. S. 31; Hammer 1997, S. 54):

- Punkt eins fordert die Einbeziehung der Gesichtspunkte Erhaltung und nachhaltige Nutzung der biologischen Ressourcen in den *innerstaatlichen Entscheidungsprozeß*.
- Punkt zwei fordert, *Maßnahmen* im Zusammenhang mit der Nutzung der biologischen Ressourcen zu beschließen, um beeinträchtigende Auswirkungen auf die Vielfalt zu vermeiden.
- Punkt drei behandelt den Schutz und die Förderung der herkömmlichen *Nutzung biologischer Ressourcen im Einklang mit traditionellen Kulturverfahren*, die mit den Erfordernissen der Erhaltung oder nachhaltigen Nutzung vereinbar sind. Hier ist die On-farm-Erhaltung von Kulturpflanzen eingeschlossen.
- Punkt vier fordert die *Einbeziehung ortsansässiger Bevölkerungsgruppen* bei der Ausarbeitung und Durchführung von Abhilfemaßnahmen in beeinträchtigten Gebieten, in denen die biologische Vielfalt verringert worden ist. Auch hier sind On-farm-Maßnahmen vorstellbar.
- Punkt fünf fordert die *Zusammenarbeit zwischen Regierungsbehörden und privatem Sektor* bei der Erarbeitung von Methoden zur nachhaltigen Nutzung biologischer Ressourcen.

Die nachhaltige Nutzung bezieht sich im wesentlichen nur auf den In-situ-Bereich unter Einbezug der On-farm-Erhaltung. Der Frage der nachhaltigen Nutzung von Ex-situ-Material wird nicht nachgegangen, weil sie offenbar ohnehin als nicht nachhaltig bzw. zukunftsfähig angesehen wird (Hammer 1997, S. 54).

Regelungen zum Zugang zu genetischen Ressourcen und zum Vorteilsausgleich (Art. 15)

Der Art. 15 der Biodiversitätskonvention regelt in insgesamt sieben umfangreichen Unterpunkten den Zugang zu genetischen Ressourcen, wobei die nationalstaatliche Souveränität über die auf dem Territorium des jeweiligen ratifizierenden Nationalstaats befindliche genetische Vielfalt festgestellt wird. Von großer Bedeutung ist ebenso der Anspruch der Ressourcen-Ursprungsländer auf eine Beteiligung an den Vorteilen, die sich aus der kommerziellen und sonstigen Nutzung der genetischen Ressourcen ergeben.

Die Nutzung genetischer Ressourcen durch Personen aus Nichtursprungsländern muß nach wechselseitig vereinbarten Bedingungen mit den relevanten nationalstaatlichen Ressourceneignern erfolgen und erfordert in jedem konkre-

ten Fall die zuvor eingeholte Zustimmung der zuständigen Organe des Nationalstaates (Plän 1997, S. 23). Zwar ist die Gewährleistung und Sicherung der souveränen Rechte sehr wichtig, jedoch ist für zahlreiches Material der Kulturpflanzen eine Länderzuordnung wohl kaum möglich. Auch bei der Länderzuordnung von besonders wertvollen Wildpflanzen in situ könnte es zu Komplikationen kommen (Hammer 1997, S. 55).

In direktem Zusammenhang mit Art. 15 stehen die Art. 16, 17, und 18, durch die den Ressourcen-Ursprungsländern der Zugang zur Technologie und Informationsaustausch sowie technische und wissenschaftliche Zusammenarbeit zugesagt wird.

Regelungen zur Biotechnologie (Art. 19)

Art. 19 der Biodiversitätskonvention legt Grundsätze für den Umgang mit der Biotechnologie, der sicheren Weitergabe und Verwendung gentechnisch modifizierter Organismen und der Verteilung der daraus entstehenden Vorteile fest. Technologie- und Informationsaustausch und die technische und wirtschaftliche Kooperation werden nochmals genauer bestimmt, insbesondere auch dahingehend, daß der Einsatz neuer Technologien mit einer Kompetenzförderung vor Ort einhergehen muß. Durch die Bestimmungen der vorangegangenen Artikel will die Konvention eine gerechte Verteilung der aus dem Umgang mit Biotechnologie bei der Nutzung der biologischen Vielfalt entstehenden Vorteile ermöglichen. Darüber hinaus soll ein zusätzlicher Anreiz zum Schutz der biologischen Vielfalt geschaffen werden.

Auf die internationale Diskussion um die biologische Vielfalt und die Beratungen zur Biodiversitätskonvention hatte die Entwicklung der modernen Biotechnologie, und hier insbesondere der Bereich der Gentechnik mit großen Fortschritten bis hin zu marktfähigen Ergebnissen, einen bedeutsamen Einfluß. Die Entwicklungen hatten verdeutlicht, daß Tiere und Pflanzen genetische Informationen enthalten, die für biotechnologische Entwicklungen von großer Bedeutung sind, und daß solche Informationen auch in Arten vorkommen, die bisher durch den Menschen noch nicht genutzt worden sind. Zugleich reifte die Erkenntnis heran, daß der Reichtum an solchen potentiell nutzbaren genetischen Informationen im direkten Verhältnis zu der Vielfalt der existierenden Arten steht.

Schlußfolgerungen zur Agrarbiodiversität

Im Kontext der Umsetzung der Forderungen der CBD und der Durchführung der diesen Prozeß unterstützenden regelmäßigen Vertragsstaatenkonferenzen waren die Probleme der Agrarbiodiversität ein Schwerpunkt auf der 3. *Vertragsstaatenkonferenz (VSK) in Buenos Aires*. Auf der Tagesordnung stand das Beziehungsgeflecht von Landwirtschaft und Biodiversität, Auswirkungen des Welthandels, Schutz des geistigen Eigentums, Patentschutz, Sortenschutz und genetische Verarmung sowie Schutz landwirtschaftlicher Praktiken in den Entwicklungsländern und indigener Gemeinschaften. Kernpunkt war die Frage, in welcher Weise die CBD wirksam und detailliert zu einer naturverträglichen, die genetische Vielfalt bewahrenden nachhaltigen Landwirtschaft (*sustainable agriculture*) in den verschiedenen Weltregionen beitragen kann, ohne deshalb selbst Landwirtschaftspolitik zu betreiben, denn dafür sind nach Übereinstimmung aller Länder weder die Biodiversitätskonvention noch ihre Organe zuständig oder geeignet (Auer 1997, S. 37). Die Verhandlungen der dritten VSK standen unter dem Einfluß der Ergebnisse der Leipzig-Konferenz und des dort verabschiedeten Globalen Aktionsplans (Kap. VI.2), und so wurde insbesondere der Aspekt der pflanzengenetischen Ressourcen im Gesamtkontext landwirtschaftlicher Biodiversität behandelt. Die VSK beschloß ein knappes, aber mehrjähriges *Handlungsprogramm zur landwirtschaftlicher Vielfalt*. Mit Hilfe dieses Programms sollen

- positive Effekte landwirtschaftlicher Verfahrensweisen auf die biologische Vielfalt in Agrarökosystemen und anderen Ökosystemen gefördert und schädliche Einflüsse gemindert werden,
- Schutz und Erhaltungsnutzung genetischer Ressourcen mit tatsächlichem oder potentielltem Wert für Ernährung und Landwirtschaft gefördert werden,
- Verteilungsgerechtigkeit infolge der Nutzung genetischer Ressourcen sichergestellt werden.

Die Vertragsstaaten werden ermuntert, Indikatoren zu entwickeln, die die Auswirkungen landwirtschaftlicher Verfahrensweisen auf die Biodiversität einschließlich der Intensivierung und Extensivierung von Produktionssystemen abbilden und deren Einsatz fördern. Es sollen Fallstudien durchgeführt werden bezüglich der Entwicklung einer nachhaltigen Landwirtschaft, d.h. von Managementpraktiken und Technologien, die eine gesunde Umwelt, Produktionsstabilität, ökonomische Effizienz und Einkommens-Verteilungsgerechtigkeit gewährleisten, um die dynamischen Evolutions- und Umweltprozesse, die die landwirtschaftliche

Biodiversität formen und beeinflussen, zu verstehen sowie die nachhaltige Bewirtschaftung und den Schutz landwirtschaftlicher Ökosysteme im Lichte dieser Erkenntnisse zu organisieren. Des weiteren werden die Vertragsstaaten ermuntert, in ihren nationalen Strategien, Programmen und Plänen (Plän 1997, S. 24 f.)

- die Biodiversitäts-Schlüsselkomponenten in ihren landwirtschaftlichen Produktionssystemen zu ermitteln, die für die Aufrechterhaltung natürlicher Prozesse und Kreisläufe erforderlich sind, verschiedene landwirtschaftliche Wirtschaftsweisen zu überwachen und zu bewerten und Methoden zur Wiederherstellung und Aufrechterhaltung biologischer Vielfalt zu entwickeln,
- Maßnahmen, die den Zielen der Biodiversitätskonvention in diesem Kontext zuwiderlaufen, neu auszurichten,
- externe Umweltkosten zu internalisieren,
- Anreizmechanismen zielgerichtet zu entwickeln, um nachhaltige Landwirtschaft, die Wiederherstellung und Stützung biologischer Vielfalt und die Überwachung der Folgewirkungen nachhaltiger landwirtschaftlicher Biodiversität unterstützen zu können,
- indigene und lokale Gemeinschaften in die Lage zu versetzen und sie infrastrukturell zu unterstützen, In-situ-Schutz, nachhaltige Nutzung und nachhaltiges Management zu betreiben,
- integrierte Schädlingsbekämpfung zu fördern sowie
- notwendige Maßnahmen und/oder gesetzgeberische Maßnahmen zu ergreifen, um eine exzessive Abhängigkeit von schädlichen Agrochemikalien unattraktiv zu machen.

2. Globales System der FAO zu pflanzengenetischen Ressourcen

Seit etwa Mitte dieses Jahrhunderts begann sich das internationale Bewußtsein über die Bedeutung der pflanzengenetischen Ressourcen für die (zukünftige) Pflanzenzüchtung und über die zunehmenden Gefahren unwiederbringlicher Verluste zu entwickeln. Bereits 1950 veröffentlichte die FAO ein sog. "Introduction Newsletter", das Züchter über das Vorhandensein und neue Funde von genetischem Material informierte. 1959 erfolgte eine Resolution der FAO über die Gefährdung der pflanzengenetischen Ressourcen (PGR) und 1961 bereits der Vorschlag eines Aktionsprogramms. Die FAO organisierte die erste technische Sitzung über "Plant Exploration and Introduction", um Themen der Orga-

nisation von Sammelexpeditionen sowie deren Zielsetzung und Durchführung zu diskutieren. Gemeinschaftliche Bemühungen des Internationalen Biologischen Programms (IBP) und der FAO führten 1967 zur ersten richtungsweisen Technischen Konferenz über Erforschung, Nutzung und Erhaltung pflanzengenetischer Ressourcen, die als Meilenstein in der internationalen Diskussion gilt. Auf der UN-Umweltkonferenz 1972 in Stockholm erlangte die Problematik Weltbeachtung. Hierbei wurde die FAO aufgefordert, ein internationales Ressourcenprogramm zu etablieren. Diese Anstrengungen führten u.a. 1974 unter Beteiligung von UNEP (United Nations Environment Programme) zur Gründung des *International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR)*. IBPGR vollzog seit seiner Gründung eine schnelle Entwicklung und hatte maßgeblichen Anteil am Aufbau von Genbanken in heute mehr als 100 Staaten (Bege mann 1995, S. 8 f.; Bommer 1996, S. 2 f.).

Mit Beginn der 80er Jahre wurden Aktivitäten des IBPGR zusammen mit Fragen des Schutzes von Pflanzenzüchterrechten und ganz allgemein Fragen des Eigentumsrechtes an PGR starker Kritik unterzogen. Die Diskussion verstärkte sich unter dem Eindruck der Patentierung auch von lebendem Material und Ergebnissen der Gentechnik und kulminierte 1983 in der FAO mit der Forderung der unbeschränkten Verfügbarkeit von PGR und ihrer Erhaltung als gemeinschaftliches Erbe der Menschheit. Als Ergebnis der Diskussionen beschloß die 22. FAO-Konferenz 1983 die *Internationale Verpflichtung über Pflanzengenetische Ressourcen (International Undertaking on Plant Genetic Resources - IUPGR)*. Für landwirtschaftliche Nutzpflanzen wurde bei der FAO die zwischenstaatliche Kommission für Pflanzengenetische Ressourcen (*FAO-Commission on Plant Genetic Resources - CPGR*) eingerichtet. Die 1985 konstituierte Kommission ist offen für alle Mitgliedsländer der FAO. Sie soll die Durchführung des IUPGR betreuen und weiterentwickeln. Ihr Hauptarbeitsgebiet ist die Entwicklung eines weltweiten Systems zur Erhaltung und Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen (*Globales System*) (Bommer 1996, S. 5).

Charakter und Gegenstand des Globalen Systems

Ein zentrales Element bezüglich Erhaltung, Zugang und Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen und zugleich Grundlage des Globalen Systems der FAO ist die *Internationale Verpflichtung über pflanzengenetische Ressourcen (Undertaking)*. Das Undertaking ist zunächst eine nicht-bindende Verpflichtung bzw. Absichtserklärung (obgleich die vielfältigen Aktivitäten heute vielfach in z.T. rechtlich verbindliche Rahmenbedingungen eingebettet sind) und fordert den

uneingeschränkten Austausch, die internationale Zusammenarbeit und den Aufbau von Verbundsystemen nationaler, regionaler und internationaler Zentren. Das Undertaking strebt Standards zur Errichtung von Genbanken sowie anderer Systeme der Ex-situ- und In-situ-Erhaltung an (Bommer 1996, S. 4 f.).

Die Internationale Verpflichtung, der auch Deutschland beigetreten ist, allerdings mit einem Vorbehalt hinsichtlich in privater Verfügung befindlicher pflanzen genetischer Ressourcen, unterstreicht die Bedeutung der pflanzen genetischen Ressourcen. Dabei liegt dem Undertaking die Sichtweise zugrunde, daß die *genetischen Ressourcen ein gemeinsames Erbe der Menschheit* sind und zum Nutzen aller *frei verfügbar* sein sollten. Allgemein anerkannt war in diesem Zusammenhang, daß das Undertaking eine eingeschränkte Verfügbarkeit von Sorten aufgrund der Pflanzenzüchterrechte im Sinne der UPOV-Konvention (International Convention for the Protection of New Varieties of Plants - Internationales Übereinkommen um Schutz von Pflanzenzüchtungen) akzeptieren muß (Kap. II.5.1). In verschiedenen Zusatzdokumenten wurden weitere Klarstellungen erzielt und die sog. *Farmers' Rights*, die sich aus der jahrhundertelangen Selektionsarbeit der Bauern ableiten, festgestellt (Kosak 1996, S. 4 ff.).

Eine weitere Grundhaltung des Undertaking ist, daß *alle Nationen in der gemeinsamen Verantwortung für den Erhalt pflanzen genetischer Ressourcen* stehen. Diese Grundhaltung ergibt sich aus der Herkunft und Evolution der wichtigsten Kulturpflanzenarten. So stammen beispielsweise Kartoffel und Mais ursprünglich aus Amerika, bevor sie in Europa domestiziert wurden (Kartoffel) oder in einem jahrhundertelangen Selektions- und Anpassungsprozeß ein eigenständiges Domestikationsgebiet entwickelten (italienischer Mais). Das trifft auch für viele andere Kulturarten zu. Die Beispiele machen klar, daß eine Zuordnung der genetischen Ressourcen auf Länderebene praktisch unmöglich ist. Die geographische Heterogenität der Kulturpflanzen sollte ein kollektives Verantwortungsgefühl für Ressourcen unterstützen (Hammer 1997, S. 55).

Insgesamt ist festzustellen, daß wichtige Elemente des Globalen Systems mit einem Ex-situ-Netzwerk, einem In-situ-Netzwerk und einem Globalen Informations- und Frühwarnsystem für pflanzen genetische Ressourcen verwirklicht worden sind. Durch die Konvention über die biologische Vielfalt hat die Fortentwicklung des Globalen Systems der FAO zudem eine Reihe von Impulsen erfahren (Begemann 1995, S. 8 f; Bommer 1996, S. 7; Hammer 1997, S. 51):

- Der "Code of Conduct for Plant Germplasm Collecting and Transfer" wurde Ende 1993 verabschiedet,
- der "Code of Conduct on Biotechnology" steht vor der Verabschiedung,

- das Mandat (zur Überprüfung der FAO-Aktivitäten und Maßnahmen im Rahmen des Undertaking) der Kommission für pflanzengenetische Ressourcen (CPGR) wurde auf tierische und andere genetische Ressourcen erweitert und die Kommission 1995 entsprechend in CGRFA (Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture) umbenannt,
- wichtige Ergebnisse wurden 1996 auf der 4. Internationalen Technischen Konferenz der FAO über pflanzengenetische Ressourcen in Leipzig erzielt,
- der erste Weltzustandsbericht über PGR wurde verabschiedet,
- ebenso der Globale Aktionsplan zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen für Ernährung und Landwirtschaft (GAP).

Leipzig-Konferenz und Weltzustandsbericht

1996 war im Hinblick auf die Thematik der Erhaltung und nachhaltigen Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen ein wichtiges Jahr. Um Maßnahmen gegen eine zunehmende Generosion in der Landwirtschaft zu vereinbaren und um die möglichen Probleme und Zielkonflikte in der Beziehung von allgemeiner und landwirtschaftlicher biologischer Vielfalt zu thematisieren, führte die Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) im Juni 1996 die *"IV. Internationale Technische Konferenz über Pflanzengenetische Ressourcen"* in Leipzig (ITKPGR; im folgenden: *"Leipzig-Konferenz"*) durch. Zusammen mit der Ende 1996 veranstalteten dritten Vertragsstaatenkonferenz zur Konvention über die biologische Vielfalt hatte die Leipzig-Konferenz für den zukünftigen Umgang der Nationen mit der Thematik der Biodiversität und der Vielfalt landwirtschaftlicher Pflanzen (und Tiere) größte Bedeutung. Sie stellt eine wesentliche Etappe bei der Realisierung des Globalen Systems zu Schutz und Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen für Ernährung und Landwirtschaft dar. Sie verabschiedete den ersten Weltzustandsbericht über pflanzengenetische Ressourcen, Ergebnis eines umfassenden Vorbereitungsprozesses mit Beiträgen von 157 Ländern und über 50 Nichtregierungsorganisationen, 11 subregionalen und regionalen Vorbereitungssitzungen (Begemann/Oetmann 1997, S. 238; Bommer 1996, S. 5 f.).

Der *Weltzustandsbericht* beschreibt und bewertet den weltweiten Zustand der pflanzengenetischen Ressourcen selbst, beurteilt die Situation der Kapazitäten für die Erhaltung und nachhaltige Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen für Ernährung und Landwirtschaft auf nationaler, regionaler und internationaler Ebene und identifiziert Lücken und Hemmnisse. Er bietet auch eine Übersicht über den neuesten Stand der erforderlichen Techniken und Methoden und stellt

Informationsdefizite fest, die in der Zukunft behoben werden sollen. Der Bericht und die damit verbundenen Hintergrunddokumente wurden als FAO-Informationsdokumente veröffentlicht, die auch über das Internet einer breiten Öffentlichkeit zugänglich gemacht und regelmäßig aktualisiert werden (BML/IGR 1997, S. 4 f.).

Eindringliche Appelle an alle Verantwortlichen und Beteiligten, ihren Beitrag zur Sicherung der genetischen Ressourcen und der Welternährungslage zu leisten, enthält die *Leipziger Erklärung* (Leipzig Declaration). Die zum Abschluß der 4. Technischen Konferenz angenommene Erklärung macht in insgesamt 13 Punkten unmißverständlich deutlich, daß die Erhaltung und nachhaltige Nutzung von PGR für die Sicherung heutiger und künftiger Generationen eine wesentliche Bedeutung hat (Punkt 1), die Welternährungssicherheit durch pflanzengenetische Ressourcen gestärkt werden muß (Punkt 9) und pflanzengenetische Ressourcen die Grundlage für das Überleben und Wohlergehen der Menschheit bilden und darüber hinaus für die Anpassung an die Veränderungen der Umwelt, einschließlich Klimaveränderungen, benötigt werden (Punkt 3). Gemeinsam mit modernen Züchtern kommt Bauern, indigenen und lokalen Gemeinschaften das Verdienst der Erhaltung von PGR zu (Punkt 4). In Punkt 5 wird darauf hingewiesen, daß die biologische Vielfalt unter den Nutzpflanzen (auch in den gesammelten Beständen der Genbanken) gefährdet ist (BML/IGR 1997, S. 14 ff.).

Weltaktionsplan

Zusammen mit dem ersten Weltzustandsbericht zu pflanzengenetischen Ressourcen und darauf aufbauend, wurde im Rahmen der Leipzig-Konferenz ein zweites wichtiges Instrument des Globalen Systems in Kraft gesetzt und zugleich der Forderung der Agenda 21, Kapitel 14, zur Verfestigung des Globalen Systems Rechnung getragen: Es wurde der erste *Weltaktionsplan* der FAO zur Rettung der biologischen Vielfalt im Ernährungs- und Landwirtschaftsbereich verabschiedet (*Global Plan of Action; GPA*).

Der Globale Aktionsplan hat folgende übergeordnete Hauptziele (BML/IGR 1997, S. 20 ff.):

- die Erhaltung pflanzengenetischer Ressourcen für Ernährung und Landwirtschaft (PGRFA) als Grundlage für die Ernährungssicherheit zu gewährleisten

- die nachhaltige Nutzung der PGRFA zu fördern, um die Entwicklung voranzutreiben und den Hunger und die Armut insbesondere in den Entwicklungsländern zu lindern
- eine ausgewogene und gerechte Aufteilung der sich aus der Nutzung der PGRFA ergebenden Vorteile (Benefit sharing) zu fördern
- die Länder und Institutionen, die für die Erhaltung und Nutzung der PGRFA verantwortlich sind, bei der Bestimmung von vorrangigen Maßnahmen zu unterstützen
- insbesondere die nationalen Programme sowie die Programme auf regionaler und internationaler Ebene zur Erhaltung und Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen einschließlich der Bildung und Ausbildung zu stärken sowie die institutionellen Kapazitäten zu verbessern

Der Weltaktionsplan geht von der Tatsache aus, daß die Welternährung nicht gesichert ist und mehr als 800 Millionen Menschen unter Hunger leiden. In den nächsten 30 Jahren wird sich die Weltbevölkerung möglicherweise auf 8,5 Milliarden Menschen erhöhen, und nach Schätzungen der FAO muß die Nahrungsmittelerzeugung weltweit im gleichen Zeitraum um 75 % gesteigert werden, um mit dem Bevölkerungswachstum Schritt zu halten (BML 1997c, S. 3).

Basierend auf dem Weltzustandsbericht (FAO 1996), der aus mehr als 150 Länderberichten zusammengestellt wurde, wurde eine Anzahl von Lücken und Organisationsschwächen bei der Erhaltung und Nutzung der pflanzengenetischen Ressourcen aufgezeigt, aus denen ein Rückgang der Diversität (in situ und ex situ) resultiert. Das Zusammenspiel von Erhalt der pflanzengenetischen Ressourcen und ihrer Nutzung durch die Pflanzenzüchter oder die Landwirte und Gärtner gestaltet sich schwierig, die potentiellen Vorteile besser koordinierter und aufeinander abgestimmter Verfahrensweisen werden nicht genügend realisiert (Hammer 1997, S. 56 f.).

Der Weltaktionsplan umfaßt 20 *vorrangige Maßnahmenbereiche*, die für die Umsetzung einer weltweiten Strategie zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen essentiell erscheinen. Diese sind vier *Prioritätsgruppen* zugeordnet. Die erste Gruppe behandelt die In-situ-Erhaltung, die zweite die Ex-situ-Erhaltung, die dritte Gruppe die Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen und die vierte Gruppe die Stärkung der personellen und institutionellen Kapazitäten einschließlich Ausbildung und Öffentlichkeitsarbeit (BML/IGR 1997, S. 22 ff.). Die Maßnahmenbereiche werden im folgenden skizziert.

In-situ-Erhaltung

Natürliche Ökosysteme beherbergen zahlreiche Pflanzen, die als genetische Ressourcen für Ernährung und Landwirtschaft von großer Bedeutung sind. Diese Ressourcen sind aber z.T. selbst in den Nationalparks der Welt nicht sicher geschützt. Pflanzengenetische Ressourcen werden auch durch den Anbau traditionellen Materials erhalten. Diese Ressourcen wurden in den bisherigen globalen Untersuchungen eher vernachlässigt (Hammer 1997, S. 58). Mit seinen Empfehlungen für eine systematische Überwachung und Erfassung der PGR in situ und des In-situ-Schutzes wildlebender, für den Ernährungssektor wichtiger Pflanzen steht der Weltaktionsplan für einen Schwerpunktwechsel. Der Bereich In-situ-Schutz umfaßt folgende Unterpunkte:

- *Inventarisierung*: Erstellung einer Übersicht über die pflanzengenetischen Ressourcen für Ernährung und Landwirtschaft; hierzu sind Gebiets- und Länderstudien erforderlich.
- Unterstützung des *On-farm-Managements* sowie der Verbindungen zwischen Landwirten und Genbanken: Landsorten aus den Genbanken sollen aktiviert und der Selektion auf der Ebene der Landwirte zugänglich gemacht werden.
- *Wiederherstellung landwirtschaftlicher Systeme* nach Katastrophen: Um Krisensituationen begegnen zu können, wird die internationale Gemeinschaft aufgerufen, Methoden zur Gewinnung von Saatgut der Landsorten zu entwickeln und Unterstützung bei der Wiederherstellung lokaler landwirtschaftlicher Systeme zu gewähren.
- Die Förderung der *In-situ-Erhaltung wildwachsender Verwandter* der Kulturpflanzen und anderer potentiell nützlicher Pflanzenarten: Notwendig ist hier der Ausbau lokaler Kapazitäten.

Ex-situ-Erhaltung

Der Weltaktionsplan fordert die Überführung des bislang unkoordinierten, zufälligen, oft ineffizienten und häufig stark redundanten Ex-situ-Netzwerks in ein effektives, wohlkonzipiertes und nachhaltiges System (Plän 1997, S. 14). Obwohl es heute mehr als 1.000 Genbanken gibt, verfügen nur 30 Länder über eine sichere Langzeitlagerung. Daher sind viele Ex-situ-Kollektionen in einem schlechten Zustand, auch durch den starken Druck zur Rationalisierung (Hammer 1997, S. 57). Nach dem offiziellen Wortlaut des Weltaktionsplans müssen

etwa eine Million Proben dringend regeneriert werden. Nach den Erkenntnissen von Hammer (1997, S. 57) dürfte diese Zahl jedoch weitaus höher sein. Folgende Punkte hebt der Weltaktionsplan für den Bereich Ex-situ-Erhaltung hervor:

- *Erhaltung bestehender Sammlungen:* Alle Länder ohne Langzeitlagerung sollen die Möglichkeit zur Aufbewahrung ihrer Kollektionen in internationalen oder regionalen Genbanken erhalten. Die Rechte der Länder an ihrem Material können durch entsprechende Abkommen gewährleistet werden.
- *Vermehrung gefährdeter Muster:* Bei der geplanten Regeneration von einer Million Akzessionen weltweit in den Genbanken haben Proben aus der Langzeitlagerung und Unikate Priorität.
- *Zielgerichtete Sammlung von Material:* Lücken in den bestehenden Kollektionen sollen geschlossen werden. Bestimmte regionale und vernachlässigte Fruchtarten sowie Länder, die bisher noch nicht erfaßt worden sind, sollen in die Sammlungen einbezogen werden.
- *Ausweitung von Erhaltungsaktivitäten:* Feldgenbanken, In-vitro-Lagerung und neue Technologien sollen ausgebaut werden, um schwierige Pflanzengruppen zu erhalten. Botanische Gärten sollen eine größere Rolle spielen. Ihre besondere Rolle wird für Fruchtarten gesehen, die in konventionellen Genbanken nicht adäquat vertreten sind.

Nutzung pflanzen genetischer Ressourcen

Die Nutzung der pflanzen genetischen Ressourcen für die Züchtung stellt ein zentrales Problem dar. In den Entwicklungsländern ist die Nutzung meist relativ einfach, es gibt aber oft nur limitierte Kapazitäten im Züchtungsbereich. In den Ländern mit hochentwickelter Pflanzenzüchtung ist heute der Abstand zwischen den genetischen Ressourcen und den Hochleistungssorten oft so groß, daß die Züchter bei der Nutzung von PGR sehr zögerlich sind, wenn nicht spezielle Unterstützungsprogramme durch die Züchtungsforschung geboten werden (Hammer 1997, S. 59). Der Weltaktionsplan fordert eine Verbesserung der Querbezüge zwischen Schutz und Nutzung und eine Förderung der Nutzung von pflanzen genetischen Ressourcen. Im einzelnen umfaßt dieser Bereich folgende Unterpunkte:

- Intensivierung der *Charakterisierung und Evaluierung* des pflanzen genetischen Materials: Verstärkte Heranziehung von Core-Kollektionen (= begrenzte Anzahl von Mustern einer bestehenden Sammlung pflanzen genetischer

scher Ressourcen, die das genetische Spektrum der gesamten Sammlung repräsentiert und ein Maximum an genetischer Diversität umfaßt) zur Verbesserung der Evaluierungen

- *Verstärkung der Züchtung*: Mobilisierung der genetischen Ressourcen durch gut finanzierte Langzeitprogramme, zunächst bezogen insbesondere auf die 15 international wichtigsten Nahrungspflanzen
- *Anbaudiversifizierung*: Förderung einer nachhaltigen Landwirtschaft durch Diversifizierung der Kulturarten und innerhalb der Kulturarten. Wichtige Maßnahmen sind Untersuchungen zur genetischen Uniformität und ihre Auswirkungen; Erhöhung der Anzahl der Sortenmischungen, Verbesserung der Nutzung genetischer Ressourcen als Teil eines integrierten Pflanzenschutzes sowie Förderung dezentralisierter Pflanzenzüchtungsstrategien unter Beteiligung der Landwirte
- Förderung der *Entwicklung und Vermarktung vernachlässigter Kulturpflanzen* und anderer Arten durch die Erfassung solcher Fruchtarten; Entwicklung nachhaltigen Managements sowie von Nachernte- und Vermarktungsmethoden
- *Förderung der Saatgutproduktion und -verteilung* durch Einbeziehung aller Saatgutproduzenten bei Erweiterung der lokalen Saatgutproduktion und der Systeme der Verteilung; Einbeziehung wertvollen Materials aus den Ex-situ-Sammlungen in die Vermehrung sowie seine Verteilung und eine Überprüfung der Zertifizierungsbestimmungen
- Entwicklung neuer *Absatzmärkte und Produktnischen für Landsorten* und Produkte, die reich an Diversität sind

Aufbau von Institutionen und Kapazitäten

Eine Zusammenarbeit verschiedener Bereiche wird vom Weltaktionsplan als unerläßlich angesehen. Innerhalb der Regionen gibt es gewöhnlich eine große Anzahl gemeinsamer Kulturarten und anderer pflanzengenetischer Ressourcen. Daher ist weltweit zusätzlich zu den nationalen Aufgaben eine Zusammenarbeit auf dem regionalen und unterregionalen Niveau notwendig (Hammer 1997, S. 60). Im Bereich der nationalen, regionalen und internationalen Zusammenarbeit hebt der Weltaktionsplan folgende Unterpunkte hervor:

- Starke *nationale Planungs-, Handlungs- und Programmstrategien* zum Schutz und zur Nutzbarmachung pflanzengenetischer Ressourcen sollen als notwendige Basis für einen funktionierenden Gesamtplan aufgebaut werden.

- *Neue Netzwerke* sollen für den pazifischen Raum, die Karibik, Zentralasien und Kaukasus, West- und Zentralafrika, Ostafrika sowie die Inseln des Indischen Ozeans aufgebaut werden. Die bestehenden Kulturartennetzwerke sollen verbessert und die Zusammenarbeit mit den internationalen Agrarforschungszentren verstärkt werden.
- *Umfassende Informationssysteme* für pflanzen genetische Ressourcen auf nationaler Ebene sollen aufgebaut sowie deren globale Koordination durch das Weltinformations- und Frühwarnsystem der FAO gewährleistet werden. Das Frühwarnsystem soll weiter entwickelt werden, um drohende Verluste durch Generosion anzuzeigen.
- Die *Ausbildung und weitergehende Qualifizierungen* der mit pflanzen genetischen Ressourcen befaßten Personen sind zu entwickeln, unter besonderem Einbezug der Landwirte.
- Maßnahmen der *Öffentlichkeitsarbeit* durch nutzerfreundliche Informationssysteme sowie interdisziplinär ausgerichtete Ausbildungsaktivitäten im schulischen und außerschulischen Bereich sollen den Wert pflanzen genetischer Ressourcen im öffentlichen Bewußtsein verankern.

3. Harmonisierung internationaler Vereinbarungen

Die Konvention über die biologische Vielfalt (CBD) hat zahlreiche Überschneidungen mit völkerrechtlich verbindlichen Übereinkommen und politisch verpflichtenden Erklärungen (Abb. 12). Nach der Biodiversitätskonvention bleiben grundsätzlich die Rechte und Pflichten einer Vertragspartei aus bestehenden völkerrechtlichen Übereinkünften (insb. auch aus den bestehenden Arten- und Naturschutzabkommen) unberührt, außer wenn die Wahrnehmung dieser Rechte und Pflichten die biologische Vielfalt ernsthaft schädigen oder bedrohen würde (Art. 22). Aus dem umfassenden System internationaler Abkommen werden im folgenden die Berührungspunkte kurz dargestellt, bei denen ein besonderer Abstimmungsbedarf besteht bzw. die eine große Relevanz haben. Dieses trifft insbesondere für die Erhaltung und Nutzung pflanzen genetischer Ressourcen zu, also die Harmonisierung zwischen Undertaking der FAO und CBD. Abstimmungsbedarf besteht weiterhin bei den Regelungen zum internationalen Handel und zum geistigen Eigentum, also zwischen GATT/WTO und CBD. Von großer Relevanz sind schließlich noch die internationalen Aktivitäten zum Schutz der

Wälder und im Rahmen des UNESCO-Programms "Der Mensch und die Biosphäre". Abschließend werden Fragen der Finanzierung diskutiert.

Pflanzengenetische Ressourcen - Undertaking der FAO und CBD

Während der Vorbereitungen zur Konvention über die biologische Vielfalt wurde von der FAO möglicherweise nicht konsequent und mit zwingendem Nachdruck auf die Bedeutung der pflanzengenetischen Ressourcen im Bereich der Kulturpflanzen für Ernährung und Landwirtschaft hingewiesen, so daß die Regelungen der Internationalen Verpflichtung der FAO (Undertaking) zum *Zugang zu genetischen Ressourcen* den rechtlich verbindlichen Regelungen der Biodiversitätskonvention widersprechen. Nach der CBD fallen die genetischen Ressourcen unter die Souveränität der Nationalstaaten, und die Regierungen der Staaten haben deshalb das Recht, den Zugang zu genetischen Ressourcen zu regeln (Kap. VI.1). Dagegen sind nach dem schon 1983 beschlossenen Undertaking der FAO die pflanzengenetischen Ressourcen ein gemeinsames Erbe der Menschheit und sollen allen frei verfügbar sein (Kap. VI.2).

Aus diesen gänzlich unterschiedlichen Zugangsregelungen ergibt sich, daß hier dringend eine Harmonisierung notwendig ist. Zum einen ist zu klären, wie *zukünftig der Zugang zu den in situ und ex situ erhaltenen pflanzengenetischen Ressourcen* geregelt werden soll. Zum anderen muß geregelt werden, welchen Status die *genetischen Ressourcen* haben, die vor dem Inkrafttreten der CBD in Genbanken eingelagert wurden, und wie der Zugang zu ihnen gestaltet werden soll. Da sich u.a. die Herkunft und Entwicklung der meisten Kulturpflanzenarten kaum - bzw. meistens gar nicht - einzelnen Staaten zuordnen lassen und die Verfügbarkeit pflanzengenetischer Ressourcen für die weltweite Ernährungssicherung von sehr großer Bedeutung ist, bestehen bei der Ausgestaltung der Zugangsregelung für pflanzengenetische Ressourcen unterschiedliche Vorstellungen.

Der *Prozeß der Harmonisierung zwischen CBD und Undertaking der FAO* hat mittlerweile begonnen (Hammer 1997, S. 56). Auf einer außerordentlichen Sitzung Ende 1994 in Rom wurde von der Kommission für pflanzengenetische Ressourcen der FAO (CPGR) beschlossen, das Undertaking so umzuformulieren, daß es im Wortlaut mit der Konvention über biologische Vielfalt harmonisiert. Zentrale Punkte sind dabei die Hoheitsrechte jedes Landes beim Zugang zu genetischen Ressourcen, die Interpretation der Farmers' Rights, die Verfügbarkeit der Ressourcen, und hier insbesondere die Ex-situ-Sammlungen, die vor Inkrafttreten der Konvention bestanden haben, sowie die Finanzierungsinstrumente. Seit Ende 1996 (Sondersitzung der CPGR zur Anpassung des Underta-

king und 3. VSK für die CBD zur Agrobiodiversität) wurden Fortschritte erzielt (Bommer 1996, S. 8). Nach der Vorstellung der Bundesregierung könnte die überarbeitete Internationale Verpflichtung zukünftig auch als Protokoll unter der Konvention über die biologische Vielfalt verankert werden (Hammer 1997, S. 61).

Mit dem *Weltaktionsplan* wurde von der Leipzig-Konferenz ein wesentliches Element des Globalen Systems für pflanzengenetische Ressourcen für Ernährung und Landwirtschaft in Kraft gesetzt. Gleichzeitig erkannte die Konferenz an, daß der Weltaktionsplan einen *wichtigen Beitrag zur besseren Umsetzung der Agenda 21 und der Konvention über die biologische Vielfalt* leisten kann (BML/IGR 1997, S. 5). Er soll ebenso wie das Undertaking als ein Verzahnungsinstrument zwischen der Konvention und dem Globalen System fungieren. Der Weltaktionsplan soll gleichermaßen als Rahmenplan, Wegweiser und Katalysator auf internationaler, regionaler und nationaler Ebene Handlungen zu Schutz und Erhaltungsnutzung von pflanzengenetischen Ressourcen befördern und durch Stärkung von Infrastrukturen zur verbesserten Kooperation, Koordination und Planung beitragen. Die Umsetzung des Weltaktionsplans erfordert die Beteiligung eines möglichst breiten Spektrums aller Verantwortlichen vom Privatsektor über Regierungen bis zu internationalen Organisationen (Bommer 1996, S. 7; Plän 1997, S. 9).

Um eine möglichst breite Beteiligung und Unterstützung für die *Umsetzung des Weltaktionsplans* zu erreichen, wurden die Ergebnisse der Leipzig-Konferenz nach dort gefaßtem Beschluß umgehend den wichtigsten internationalen, regionalen und nationalen Gremien und Foren, die mit Ernährung und Landwirtschaft und biologischer Vielfalt befaßt sind, übermittelt. Hierzu zählen insbesondere die FAO-Konferenz, die Vertragsstaatenkonferenz der Konvention über die biologische Vielfalt, die Kommission für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen (CSD) sowie die Leitorgane des Umweltprogramms der Vereinten Nationen (UNEP), der Globalen Umweltfazilität (GEF), der Weltbank u.v.a.m. Die Mitglieder dieser Organisationen wurden aufgefordert, zum einen die Umsetzung des Weltaktionsplans zu fördern, zum anderen eine erste Anpassung an die Agenda 21 bzw. die CBD innerhalb einer Laufzeit von vier Jahren zu begleiten. Zur Überwachung und Begleitung dieses Prozesses wurde die Kommission für genetische Ressourcen für Ernährung und Landwirtschaft der FAO (CGRFA, vormals CPGR) bestimmt (BML/IGR 1997, S. 17 ff.).

Diese koordinativen Entwicklungen in den Aktivitäten bezüglich der FAO-Programme und der Konventions-Umsetzungen haben auch die Arbeit des *International Plant Genetic Resources Institute* (IPGRI), ein Forschungszentrum

im Rahmen der CGIAR (Consultative Group on International Agricultural Research), das eng mit der FAO zusammenarbeitet, beeinflusst. In seinen Aufgabenbereich fällt seit kurzem die Koordination des systemweiten Programms über genetische Ressourcen der CGIAR, was u.a. eine Abstimmung der Programme aller Institute sowie eine Koordinierungsfunktion bei internationalen Tagungen und Programmen zur Konvergenz von Globalem System der FAO und der CBD beinhaltet (Bommer 1996, S. 9).

Internationaler Handel und geistige Eigentumsrechte - GATT/WTO - CBD

Die handelspolitische Dimension der Biodiversitätskonvention macht es erforderlich, einen beständigen Dialog auch mit der Welthandelsorganisation (WTO) zu führen. Ein Grundstein dafür, daß der biologischen Vielfalt möglicherweise durch die WTO ein Förderinstrument erwachsen könnte, wurde zum Ende der Uruguay-GATT-Runde 1994 durch die Gründung eines Komitees "*Umwelt und Handel*" gelegt. Ausgangsidee war die Vermeidung eines Vorteils im internationalen Wettbewerb durch rücksichtslose Ausbeutung der Natur. Inzwischen werden als mögliches Sanktionsinstrument z.B. auch Zölle gegen Staaten erwogen, die den Bestimmungen der Konvention über die biologische Vielfalt zuwiderhandeln, oder um grenzübergreifenden Umwelteffekten zum Nachteil des eigenen Landes entgegenzuwirken. Biologische Vielfalt ist jedoch nur sehr schwer zu messen, und ohne plausible Umweltindikatoren werden bindende internationale Vereinbarungen wohl nicht zu treffen sein (Lückemeyer 1997, S. 259). Formal sind die Aspekte des Natur- und Umweltschutzes analog der Biodiversitätskonvention bis heute jedoch nicht im WTO/GATT-Abkommen verankert (Altmann 1997, S. 60).

Neben der Liberalisierung des Warenhandels gehören mittlerweile neue Bereiche wie zum Beispiel Patentrecht und andere Aspekte geistigen Eigentums, handelsbezogene Investitionen und der Handel mit Dienstleistungen zum Aufgabenspektrum der WTO. Das im Rahmen der Uruguay-GATT-Runde ausgehandelte "Übereinkommen über handelsbezogene Aspekte intellektueller Eigentumsrechte" (*Trade Related Intellectual Property Rights - TRIPS*) soll garantieren, daß einmal erworbene Patentrechte weltweit Geltung haben und diese Regelungen die Umsetzung der hierfür relevanten Bestimmungen aus der Konvention über die biologische Vielfalt unterstützen. Der Anwendungsbereich des Patentrechts hat sich auch durch das zunehmende kommerzielle Gewicht der Biotechnologie im Bereich der pflanzengenetischen Ressourcen und die Entstehung einer entsprechenden Industrie erweitert. Durch gerichtliche Klarstel-

lungen und extensive Auslegung bestehender sowie Schaffung neuer Rechtsgrundlagen haben besonders die Industrieländer dem Interesse an rechtlichem Schutz von Produkten und Verfahren der Biotechnologie Rechnung getragen (Wolfrum/Stoll 1997, S. 13 f).

Grundsätzlich muß jedes Mitgliedsland der WTO Patentgesetze erlassen, die den *Schutz von Erfindungen* garantieren. Für *Pflanzensorten* muß ein Schutz durch Patente oder durch ein wirksames Systems eigener Art (z.B. Sortenschutz) oder durch eine Verbindung beider zur Verfügung gestellt werden (Kap. II.5.2). Diese Vereinbarung kann daher weitgehende Auswirkungen auf die Stellung der pflanzen genetischen Ressourcen in den internationalen und nationalen Rechtssystemen haben. Der 1999 anstehenden Überprüfung der Regelung für Pflanzensorten wird eine große Bedeutung zugemessen (Gettkant et al. 1997a, S. 5 f.; Wolfrum/Stoll 1996, S. 21).

Insgesamt gesehen zeichnen sich bezüglich des Beziehungsgeflechts von CBD und GATT/WTO folgende *Konfliktlinien* ab (vgl. Altmann 1997; Gettkant 1997a; Wolfrum/Stoll 1996):

- Der *kollektive Charakter* des Eigentums an der Entstehung von Kenntnissen, Innovation etc., die z.B. *indigene Gruppen* im Bereich der genetischen Ressourcen entwickelt haben, erfüllt nicht die sonst üblichen Voraussetzungen für industriellen Patentschutz und erfordert daher die Schaffung neuer Schutzsysteme bezüglich geistiger Eigentumsrechte.
- Es besteht die Gefahr, daß die Erwartungen der Entwicklungsländern an den *Technologietransfer* und die *Kompetenzförderung* (wie sie auch in der CBD festgeschrieben sind) kollidieren mit den Interessen von Industrieländern am *Schutz geistigen Eigentums* und der *Patentsicherung*. Hierdurch könnten Anreize zum Erhalt der Biodiversität durch handelspolitische Konflikte behindert werden.
- Handelsbeschränkende Maßnahmen sind WTO-rechtlich nur dann zulässig, wenn dieselben Vorschriften auch auf inländisch produzierte Güter angewendet werden (*Grundsatz der Nicht-Diskriminierung* bzw. der Inländer-Behandlung). Deshalb ist fraglich, ob Handelsbeschränkungen ein geeignetes Instrument sind, um gegen von dem Territorium eines Landes ausgehende Umweltbelastungen vorzugehen.
- GATT/WTO läßt *Handelsbeschränkungen* nur dann zu, wenn diese zum *Schutz von Leben und Gesundheit von Menschen, Tieren und Pflanzen* im Importland dienen und wenn diese Maßnahmen notwendig sind, der angestrebte Zweck also nicht anders erreicht werden kann. Ein *wissenschaftlich*

beweisbarer Zusammenhang wird gerade im Bereich der biologischen Vielfalt nur sehr schwer zu führen sein, wie sich schon an anderen Beispielen gezeigt hat (z.B. Importverbot für hormonbehandeltes Fleisch).

Regelungsbedarf besteht auch hinsichtlich des Problemfeldes *biologische Sicherheit der Gentechnik im grenzüberschreitenden Handel*. Auf der zweiten VSK in Jakarta wurde deshalb eine internationale Arbeitsgruppe mit der Aushandlung eines Protokolls (zur CBD) zur biologischen Sicherheit (*Biosafety-Protocol*) beauftragt, das Handelsregeln für den sicheren Umgang von gentechnisch modifizierten Organismen (GVO) festlegen soll. Transaktionen innerhalb der Unterzeichnerstaaten mit GVO wie Freisetzung oder Inverkehrbringen sollen durch nationale Gesetze geregelt werden (Lückemeyer 1997, S. 257). Eine beschlußfähige Vorlage für ein Biosafety-Protocol soll bis Ende 1998 vorgelegt werden.

Schutz der Wälder - CBD

Die VN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung von Rio 1992 hat auch der internationalen Forstpolitik zum Schutz des Waldes wesentliche Impulse gegeben (Wolfrum/Stoll 1996, S. 17 f.). Die dort verabschiedete *Walderklärung* stellt eine politisch verpflichtende Grundsatzerklärung über die Bewirtschaftung, Bewahrung und nachhaltige Entwicklung von Wäldern dar. Sie war Ersatz für eine rechtsverbindliche Regelung, die in Rio nicht gelang. Das Sekretariat der CBD hat von der Vertragsstaatenkonferenz (VSK) den Auftrag erhalten, ein "Aktionsprogramm zur biologischen Vielfalt in Wäldern" zu entwerfen (Lückemeyer 1997, S. 259). Die politischen Verhandlungen zu diesem Teilbereich der Biodiversität finden im Rahmen des *Zwischenstaatlichen Waldausschusses (IPF)* statt, der die Aufgabe besitzt, die gravierenden Mängel in den bisherigen Ansätzen zur Ausarbeitung eines internationalen Instrumentariums zum Waldschutz zu beheben.

In den noch verbliebenen Naturwäldern befindet sich ein Großteil aller landlebenden Tier- und Pflanzenarten und damit der genetischen Ressourcen (Gettant et al. 1997a, S. 6), Handlungsbedarf zu deren Schutz ist im Prinzip unstrittig. Doch zu den Ursachen der mangelnden Umsetzung vorhandener Instrumente sowie einer unzureichenden völkerrechtlichen Regulierung gehört u.a., daß sich die Regierungen nicht auf *Grundprinzipien der nachhaltigen Bewirtschaftung und des Schutzes von Wäldern* einigen können. Damit eng verbunden sind die (ungeklärten) Fragen der Kompensationen für den Nutzungsverzicht und

die Höhe des Finanztransfers für Schutzmaßnahmen (Forum Umwelt & Entwicklung 1997, S. 18 f.).

Notwendig ist deshalb eine neue Initiative zur institutionellen Regelung der internationalen Waldpolitik, sei es in Form einer *eigenständigen Konvention über Wälder* oder eines *Waldprotokolls im Rahmen der Biodiversitätskonvention*. Die Deutsche Bundesregierung hat in den letzten Jahren deutlich gemacht, daß sie als rechtsverbindliches Regelwerk statt eines Protokolls ein eigenständiges Übereinkommen (Waldkonvention) anstrebt. Der Wert einer solchen Waldkonvention läge in der Eigenständigkeit dieser internationalen Plattform für die Waldproblematik (Lückemeyer 1997, S. 259). Auch Kanada spricht sich explizit für eine eigene Waldkonvention aus, und die EU will sich derzeit ebenso für die Verabschiedung einer solchen Konvention einsetzen. Von einigen europäischen Umweltverbänden und anderen NROs wird dagegen eingewandt, daß in einer Waldkonvention die Nutzungs- über die Schutzinteressen dominieren würden. Der ökonomische Faktor Holz stehe dabei im Vordergrund, und verbindliche und kontrollierbar auf internationaler und nationaler Ebene festgelegte Kriterien einer nachhaltigen Bewirtschaftung und Zertifizierung von Holz fehlten (Forum Umwelt & Entwicklung 1997, S. 18 f.). Daneben wird noch eine nachträgliche Eingliederung der forstgenetischen Ressourcen (FGR) in den Weltaktionsplan der FAO diskutiert. Für die 4. VSK im Jahr 1998 wird eine eingehende Diskussion und Beschlußfassung angestrebt (Nationales Komitee 1996).

UNESCO/MAB - CBD

Parallel zum FAO-Undertaking und der CBD existiert das *UNESCO-Programm "Der Mensch und die Biosphäre" (MAB)* (Kap. V.2.1). Als eine der ersten internationalen Organisationen erkannte die UNESCO (Organisation der Vereinten Nationen für Erziehung, Wissenschaft und Kultur) die globalen Herausforderungen im Umweltbereich und rief dieses Programm anlässlich der Generalkonferenz 1970 in Paris ins Leben. Zentrale Aufgabe des MAB-Programms ist es, auf nationaler und internationaler Ebene wissenschaftliche Grundlagen für eine wirksame Erhaltung der Funktionsfähigkeit des Naturhaushaltes sowie für eine ökologisch rationale Nutzung der Biosphäre zu erarbeiten bzw. zu verbessern. Seine Bedeutung für die *Erhaltung der genetischen Ressourcen* besitzt dieses Programm deshalb, weil es die Einflußnahme des Menschen bei Erhaltungs- und Nutzungsmaßnahmen integriert (Erdmann 1997, S. 52). International wurde es jedoch bislang als Instrument für eine In-situ-Erhaltung pflanzengenetischer Ressourcen nur unzureichend eingesetzt (Begemann 1995, S. 10).

Eine breite Resonanz von MAB und dem Konzept der Biosphärenreservate spiegelt sich u.a. in der Teilnahme von bisher über 120 UNESCO-Mitgliedsstaaten am Programm wider. Für die internationale Organisation, Planung und Koordination des Programms ist ein Internationaler Koordinationsrat (ICC) verantwortlich, der sich aus Vertretern von 30 Mitgliedstaaten des MAB-Programms zusammensetzt und alle zwei Jahre tagt. Von den Regierungen der am MAB-Programm teilnehmenden Staaten berufene Nationalkomitees bilden das Rückgrat des Programms. Sie haben die Aufgabe, bei der Fortentwicklung des internationalen MAB-Programms mitzuwirken sowie nationale Schwerpunkte zu konkretisieren und diese in nationalen Arbeitsprogrammen niederzulegen (Erdmann 1997, S. 51 ff.).

Im Verlauf des MAB-Programms hat sich auch die Konzeption der Biosphärenreservate in vielfältiger Weise weiterentwickelt. In den 80er Jahren stand im Mittelpunkt der Bemühungen die Erhaltung von Naturgebieten und des darin enthaltenen genetischen Materials. Seit Rio 1992 und unter dem Eindruck der Agenda 21 und der Biodiversitätskonvention ist es vorrangiges Ziel, die ausgewiesenen *Biosphärenreservate als funktionsfähige Modelllandschaften für Schutz, Pflege und Entwicklung von Natur- und Kulturlandschaften* zu etablieren, und es wurden erste Maßnahmen einer dauerhaft-umweltgerechten Entwicklung eingeleitet. Zweck des internationalen Netzes der Biosphärenreservate ist darüber hinaus auch die systematische Erfassung aller biogeographischen Räume der Erde, der Erforschung von Mensch-Umwelt-Interdependenzen und der Umweltbildung. Nach dem Willen der 1995 von der UNESCO überarbeiteten Programmatik ("Statutory Framework of the World Network of Biosphere Reserves") sollen die Biosphärenreservate explizit einen *wesentlichen Beitrag zur Umsetzung der Konvention über die biologische Vielfalt* leisten (Erdmann 1997, S. 57 ff.).

Finanzierungen

Ein zentrales Problem für die globale Biodiversitätspolitik stellt die geringe finanzielle Ausstattung der Konvention über die biologische Vielfalt dar. Zwar wurde Ende 1996 in Buenos Aires die *Global Environment Facility (GEF) als vorläufiger Finanzierungsmechanismus* bestätigt, nachdem die GEF 1994 nach zähen Verhandlungen für eine Laufzeit von zunächst drei Jahren beschlossen worden war. Doch gemessen am Handlungsbedarf - und zusätzlich belastet durch die gleichzeitige Zuständigkeit für die Umsetzung von Projekten zum Schutz des Klimas, der Ozonschicht und der Desertifikation - ist die GEF *stark*

überlastet. Angesichts eines von der UNEP geschätzten Finanzbedarfs von jährlich 20 Milliarden US\$ für den Schutz der biologischen Vielfalt und der Tatsache, daß der GEF für den Zeitraum 1995-97 nur 800 Mio. US\$ zur Verfügung standen, wird eine fehlende Bereitschaft der Geberländer zur finanziellen Unterstützung der Umsetzung der Biodiversitätskonvention festgestellt (Gettkant et al. 1997a, S. 6).

Die Bereitstellung finanzieller Mittel ist sicherlich ein wichtiger Indikator für die Bedeutung von politischen Prioritäten und kann gesellschaftliche Interessen reflektieren. Auf die Bundesrepublik bezogen kann jedoch zumindest für die Anfangszeit der GEF-Verhandlungen eine sehr aktive und konstruktive Mitarbeit in der GEF festgestellt werden. Diverse Projekte wurden gefördert, und die Bundesrepublik war bereit, die mangelnde Zahlungsbereitschaft anderer Industrieländer durch einen erhöhten eigenen Finanzbeitrag zu kompensieren (Forum Umwelt & Entwicklung 1997, S. 21).

Eine national wie international generell angestrebte Kostenneutralität (für die nationalen Finanzhaushalte sowie die internationalen Finanzierungsinstrumente) im Zuge der Umsetzung der CDB kann jedoch keinesfalls darüber hinwegtäuschen, daß aufgrund des Handlungsbedarfs *mittelfristig zusätzliche Finanzierungen* bereitgestellt werden müssen.

4. Stand der europäischen und deutschen Umsetzung

4.1 Umsetzungsanforderungen

Während sich aus der Konvention über die biologische Vielfalt *rechtlich verbindliche Umsetzungsanforderungen* für die Vertragsstaaten ergeben, besteht bei dem Weltaktionsplan zu pflanzengenetischen Ressourcen eine *politische Verpflichtung* zur nationalen Umsetzung. Aus beiden Dokumenten ergibt sich die Notwendigkeit, *umfassende nationale Strategien bzw. Programme* zum Erhalt und zur nachhaltigen Nutzung der biologischen Vielfalt bzw. der pflanzengenetischen Ressourcen zu erarbeiten. Aus der Biodiversitätskonvention leitet sich dazu eine Berichterstattungspflicht zum 1.1.1998 ab.

Infolge der Konvention ist der Biodiversität eine größere Bedeutung einzuräumen. Der Querschnittscharakter der CBD erfordert eine Integration in verschiedene Politikbereiche. Ebenso sind u.a. die Empfehlungen der 3. VSK zum Verhältnis von Biodiversität und Landwirtschaft umzusetzen (vgl. Plän 1997, S.

26). Der Weltaktionsplan stellt nicht nur ein wesentliches Element des Globalen Systems für pflanzengenetische Ressourcen dar, sondern seine Umsetzung soll gleichzeitig einen wichtigen Beitrag zur Umsetzung der Konvention über die biologische Vielfalt leisten. Dementsprechend ist die Stellung der pflanzengenetischen Ressourcen aufzuwerten und sind in seiner Folge nationale Strategien, Pläne und Programme zu erarbeiten.

Umsetzungsanforderungen der CBD

Die Konvention der Vereinten Nationen über die biologische Vielfalt ist ein Instrument, das in nationales Handeln umgesetzt werden muß. Bedeutung, Bewertung und Schutzmöglichkeiten der gesamten Biodiversität einschließlich funktionaler und dynamischer Aspekte werden durch die Konvention angesprochen. Generell müssen dynamische Prozesse und Variabilität auf allen Ebenen der biologischen Vielfalt zugelassen werden. Daher sind zusätzlich zu Schutzgebietssystemen sowohl regionalisierte allgemeine Leitlinien und Ansprüche des Naturschutzes als auch konkrete Anforderungen an die Landwirtschaft zu formulieren. Strategien zum Erhalt der biologischen Vielfalt müssen auf die langfristige Sicherung natürlicher Prozesse ausgerichtet sein und setzen gleichzeitig eine Reduzierung der Umweltbelastungen voraus. Den Konventionszielen des Schutzes und zugleich der nachhaltigen Entwicklung biologischer Vielfalt kann deshalb nur mit einer weitgehenden konstruktiven *Zusammenarbeit aller relevanten Politikbereiche* und einer daraus resultierenden gesellschaftlichen Akzeptanz zur Umsetzung verholffen werden (Blab/Klein 1997, S. 201 ff.).

Die hierfür notwendigen, grundlegenden und koordinierenden Vorgaben beschreibt Art. 6 der Konvention über die biologische Vielfalt, der die allgemeinen Maßnahmen zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung anspricht. Durch diesen Artikel wird *jede Vertragspartei aufgefordert*, entsprechend ihren besonderen Umständen und Möglichkeiten (BMU o.J., S. 29)

- *nationale Strategien, Pläne oder Programme* zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung der biologischen Vielfalt zu entwickeln oder zu diesem Zweck ihre bestehenden Strategien, Pläne und Programme anzupassen, in denen unter anderem die in der Konvention vorgesehenen Maßnahmen, die für die jeweilige Vertragspartei von Belang sind, zum Ausdruck kommen, sowie
- die Erhaltung und nachhaltige Nutzung der biologischen Vielfalt, soweit möglich und sofern angebracht, in ihre diesbezüglichen *sektoralen oder sektorübergreifenden Pläne, Programme und Politiken* einzubeziehen.

In Deutschland wurde am 9. September 1993 die Konvention in nationales Recht überführt, am 21. Dezember 1993 hinterlegte die Bundesregierung die Ratifikationsurkunde beim Sekretariat der Konvention. Deutschland wurde damit Vertragsstaat der Konvention. Die Vertragsstaaten der Konvention haben die Verpflichtung, den Vertragsstaatenkonferenzen (VSK) über die Maßnahmen, die sie zur Durchführung der Konvention ergriffen haben, sowie über die Wirksamkeit dieser Maßnahmen zu berichten (Art. 26). Die zweite VSK beschloß 1995, daß für die vierte VSK *Nationalberichte* zu erstellen seien und daß diese ihr Hauptaugenmerk auf die Umsetzung von Art. 6 der Konvention richten sollen. Die dritte VSK in Buenos Aires legte den Termin für die Abgabe der ersten Nationalberichte auf den 1. Januar 1998 fest. Die Ergebnisse dieser Nationalberichte sollen im Juni 1998 auf der vierten VSK in Bratislava behandelt werden. Die Bundesrepublik ist der Verpflichtung zur Erstellung eines Nationalberichtes bis zum Frühjahr 1998 nachgekommen (BMU 1998). Im Hinblick auf den Stand der Umsetzung der CBD in Deutschland wird in Kapitel 4.2 auf den Entwurf für den "Bericht der Bundesregierung nach dem Übereinkommen über die biologische Vielfalt" (Nationalbericht Biologische Vielfalt) eingegangen.

Umsetzungsanforderungen des Globalen Systems

Wesentliche inhaltliche Umsetzungsanforderungen des Globalen Systems sind im Rahmen der Beschlüsse der IV. Internationalen Technischen Konferenz über Pflanzengenetische Ressourcen ("Leipzig-Konferenz") ausführlich dargelegt worden (Kap. VI.2). Da die Nationalstaaten die zentralen Akteure im Globalen System bei der *Umsetzung des Weltaktionsplans* (GPA) sind und vorerst bleiben, ist zunächst die Erarbeitung nationaler Strategien von höchster Bedeutung. Die *nationalen Programme* sollen einen *formell anerkannten Status* haben.

Der nationalen Verpflichtung zur Bereitstellung einer nachhaltigen Finanzierung für nationale Programme und Projekte wird eine grundlegende Bedeutung beigemessen. Die ökologische, wirtschaftliche, soziale und ästhetische Bedeutung von pflanzengenetischen Ressourcen soll bei nationalen Planungen und Politiken sowie bei der Bestimmung von Prioritäten und der Verwendung finanzieller und anderer Mittel anerkannt werden (vgl. BML/IGR 1997, S. 66 ff.). Die nationalen Programme sollen auf der Basis wissenschaftlicher Grundsätze formuliert werden. Die Grundlagen dafür sind in Deutschland seit längerem vorhanden (Begemann/Hammer 1993, BML 1996a, Bommer/Beese 1990). Schon im Deutschen Bericht zur Vorbereitung der Leipzig-Konferenz werden als wichtige Punkte, bei denen *Handlungsbedarf* besteht, genannt (Hammer 1997, S. 66):

- die Verbesserung der Bildungs- und Öffentlichkeitsarbeit
- die Schaffung verbesserter wissenschaftlicher Qualifikationsmöglichkeiten
- die Förderung ressourcenschonender Produkte und Verfahren
- die Extensivierung und Diversifizierung der Landwirtschaft
- die weitere Entwicklung der In-situ-Erhaltung am natürlichen Standort
- die Entwicklung einer Sammlungsstrategie
- der Auf- und Ausbau eines Dokumentationssystems
- die Einbringung deutscher Sammlungen in das Ex-situ-Netzwerk der FAO
- die Prüfung einschlägiger Rechtsvorschriften

4.2 Stand der Umsetzung

Im folgenden wird der Stand der Umsetzung der Biodiversitätskonvention und des Globalen Systems der FAO (bzw. Weltaktionsplan) auf gesamteuropäischer Ebene, innerhalb der Europäischen Union und in der Bundesrepublik Deutschland dargestellt.

Europa

Die Beratung und Annahme einer *"Gesamteuropäischen Strategie über die biologische und landwirtschaftliche Vielfalt"* ist auf der 3. Ministerkonferenz "Umwelt für Europa" 1995 in Sofia durch das *Ministerkomitee des Europarates* erfolgt. Diese gesamteuropäische Strategie ist als eine flankierende Maßnahme zur Umsetzung der Biodiversitätskonvention konzipiert, die als Initiative des Europarates über den Wirkungsbereich der EU hinausgeht. Die Strategie soll einen einheitlichen Rahmen für die Intensivierung und den Ausbau bestehender Initiativen schaffen und ist auf zwanzig Jahre angelegt. Die praktische Durchführung erfolgt im Rahmen von Aktionsplänen, die jeweils eine Laufzeit von fünf Jahren haben. Zu den einzelnen Aktionsthemen sind im ersten *Aktionsplan* für die Jahre 1996 bis 2000 bereits eine Reihe von Maßnahmen festgelegt worden. Deren Umsetzung soll im Rahmen der regulären Arbeitsprogramme der beteiligten Regierungs- und Nichtregierungsorganisationen sowie auf Grundlage der nationalen Strategien erfolgen (BMU 1998, S. 15 f.).

Für die Erhaltung und nachhaltige Nutzung *pflanzengenetischer Ressourcen* ist auf gesamteuropäischer Ebene vor allem das regionale Netzwerk im Rahmen des *Europäischen Kooperationsprogramms für Genetische Ressourcen (ECP/GR)*, das beim *International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI)*

angesiedelt ist, relevant. Wichtigste Elemente des ECP/GR sind die kulturpflanzenspezifischen Netzwerke in Ost- und Westeuropa (Kosak 1996, S. 7). Der regionale Vorbereitungsprozeß der Leipzig-Konferenz hat auf europäischer Ebene dazu beigetragen, das ECP/GR zu stärken und u.a. im Rahmen eines Dokumentations- und Informationsnetzwerkes ein gemeinsames europäisches Informationssystem für genetische Ressourcen zu initiieren. Dieses Programm hat den Vorteil, daß es die gesamte geographische Region Europa umfaßt und somit auch die Nicht-EU-Staaten. Das deutsche Nationalkomitee zur Vorbereitung der Leipzig-Konferenz empfahl eine weitere Stärkung der ECP/GR-Programme auf nationaler Ebene, u.a. durch eine effizientere Sitzungsvor- und -nachbereitung sowie intensive Betreuung des Gesamtprogramms. Die Bundesregierung wird diesen Prozeß durch das für Juni 1998 in Braunschweig vorgesehene *Symposium über pflanzen genetische Ressourcen für Ernährung und Landwirtschaft*, für welches die Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen (BAZ) zusammen mit dem Informationszentrum für Genetische Ressourcen (IGR) Gastgeber ist, unterstützen. Ziel des Symposiums soll die Prüfung des Handlungsbedarfs und die Beratung von Maßnahmen zur Umsetzung des Globalen Aktionsplans auf europäischer Ebene sein. Die Ergebnisse sollen ihren Niederschlag in dem Programm für die 6. Phase des ECP/GR finden (1999-2003).

Außerdem hat das *UNESCO-Programm "Der Mensch und die Biosphäre"* (MAB) eine gesamteuropäische Dimension und ist für die Erhaltung von biologischer Vielfalt und pflanzen genetischen Ressourcen von Bedeutung. Mittlerweile bestehen in zahlreichen Ländern West- und Osteuropas Biosphärenreservate, die jeweils einen repräsentativen Ausschnitt einer bestimmten Landschaft darstellen. Ziel des internationalen Biosphärenreservatnetzes ist die systematische Erfassung aller biogeographischen Räume der Erde (Erdmann 1997, S. 55). Neben der nationalen Zusammenarbeit in den MAB-Nationalkomitees findet allerdings nur eine globale, aber keine europäische Koordination statt.

Europäische Union

Die Europäische Gemeinschaft hat die Konvention über die biologische Vielfalt am 21.12.1993 ratifiziert. Wie jede andere Vertragspartei hat sie daher Strategien, Pläne oder Programme zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung der biologischen Vielfalt zu entwickeln und zum 1.1.1998 einen Bericht für die 4. Vertragsstaatenkonferenz vorzulegen. Mit der *"Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament über eine Gemeinschaftsstrategie zur*

Erhaltung der Artenvielfalt" (KOM(1998)42) vom 4.2.1998 ist die EU-Kommission dieser Verpflichtung nachgekommen.

Diese Gemeinschaftsstrategie soll einen *Rahmen* für die erforderlichen Maßnahmen vorgeben, um die Verpflichtungen der Europäischen Gemeinschaft aus Art. 6 der Biodiversitätskonvention zu erfüllen. Lücken in den Schutzstrategien der EU-Mitgliedsstaaten sollen ermittelt, die biologische Vielfalt soll in die *Politikbereiche der EU integriert* werden. Die Gemeinschaftsstrategie ist in das 5. Aktionsprogramm "Für eine dauerhafte und umweltgerechte Entwicklung" der EU eingefügt (EU-Kommission 1998, S. 3 ff.).

Die Biodiversitätskonvention soll in der EU in *zwei Phasen* angewendet werden. Die Annahme der Gemeinschaftsstrategie mit allgemeinen Leitlinien für Maßnahmen stellt die erste Phase dar. Die zweite Phase besteht in der Ausarbeitung und Durchführung von Aktionsplänen und sonstigen konkreten Maßnahmen der Kommission durch die jeweils zuständigen Dienststellen. Um auf EU-Ebene die Aktionspläne zu konkretisieren und Maßnahmen durchzuführen, will die Kommission die Erstellung nationaler Strategien durch alle Mitgliedsstaaten abwarten, damit zusätzlicher Nutzen, Kohärenz und Koordinierung gewährleistet sind (EU-Kommission 1998, S. 5).

Die Gemeinschaftsstrategie ist in *zwei Teile* untergliedert. Zum einen werden vier *Schwerpunktbereiche* bestimmt, für die jeweils Ziele und Ansatzpunkte für Aktionspläne formuliert werden (EU-Kommission 1998, S. 6 ff.; DNR 1998, S. 7 f.):

Schwerpunkt 1: Erhaltung und nachhaltige Nutzung der biologischen Vielfalt

- In-situ-Erhaltung
 - Einbindung ausgewiesener Schutzgebiete in Netze (insbesondere NATURA-2000-Netz der EU)
 - Berücksichtigung des Erhalts der Artenvielfalt im Rahmen aller sektoralen und horizontalen Maßnahmen der EU
 - Schutz von Arten, Ökosystemen oder Lebensräumen vor negativen Auswirkungen von nichtheimischen Arten und von gentechnisch veränderten Organismen
- Ex-situ-Erhaltung
 - Förderung der Erhaltung genetischer Ressourcen durch Genbanken, Botanische Gärten, Zoos usw. und Beitrag zur Wiederherstellung ausreichender In-situ-Bestände

- Nachhaltige Nutzung der Bestandteile der Artenvielfalt
 - Berücksichtigung der Ziele der Biodiversitätsstrategie bei Plan- und Programm-Umweltverträglichkeitsprüfungen, Entwicklung von Kosten-Nutzen-Analysen
 - Änderung der Produktions- und Verbrauchsstrukturen, u.a. durch wirtschaftliche Anreize wie Beihilfen, Steuern und Abgaben sowie durch Umweltzeichen und Abschaffung kontraproduktiver Anreize
 - Berücksichtigung der Artenschutzbelange in Haftungsregelungen

Schwerpunkt 2: Aufteilung der sich aus der Nutzung der genetischen Ressourcen ergebenden Vorteile

- Souveränität bei der Nutzung der genetischen Ressourcen
 - Unterstützung angemessener multilateraler Regelungen
 - Unterstützung von Leitlinien für die bilaterale Zusammenarbeit auf freiwilliger Basis
 - Unterstützung der Ursprungsländer genetischer Ressourcen
- Technologietransfer
 - verstärkte Entwicklung von Technologien für die Erhaltung und nachhaltige Nutzung der biologischen Vielfalt
 - Förderung des Transfers dieser Technologien in die Entwicklungsländer

Schwerpunkt 3: Forschung, Bestimmung, Überwachung und Informationsaustausch

- Verbesserung des Wissensstandes auf allen Ebenen der biologischen Vielfalt
 - Forschungsinitiativen (Grundlagenforschung, Funktionsweise von Biosphäre und Ökosystemen und deren Störfaktoren, Methoden und Instrumente zum Schutz, molekularbiologische Methoden u.v.a.)
 - Bestimmung von Erhaltungszustand, Entwicklung, Belastungsfaktoren und Bedrohungen
 - Festlegung von Indikatoren zur Bewertung des Fortschritts bei der Umsetzung der Strategie
 - internationaler Informations- und Datenaustausch

Schwerpunkt 4: Erziehung, Ausbildung und Aufklärung

- Aufklärung der Öffentlichkeit
- Beteiligung von Nichtregierungsorganisationen
- Ausbildung der an der Umsetzung Beteiligten

Zum anderen wird die Bedeutung der verschiedenen *Politikbereiche* (Erhaltung der Naturgüter, Landwirtschaft, Fischerei, Regionalpolitik und Raumplanung, Wälder, Energie und Verkehr, Tourismus, Entwicklung und wirtschaftliche Zusammenarbeit) für die Erhaltung und nachhaltige Nutzung der biologischen Vielfalt hervorgehoben und für diese benannt, welche Maßnahmen die EU zur Umsetzung der Biodiversitätskonvention ergreifen muß. Diesen Politikbereichen sind insgesamt 53 konkrete Ziele zugeordnet. Die Gemeinschaftsstrategie sieht die Ausarbeitung sektoraler und sektorübergreifender *Aktionspläne* vor. Spezielle Aktionspläne sind vorgesehen für die Erhaltung der natürlichen Ressourcen, die Landwirtschaft, die Fischerei, die Regionalpolitik und Raumordnung sowie die Entwicklung und wirtschaftliche Zusammenarbeit. In den anderen Politikbereichen sollen die formulierten Ziele direkt berücksichtigt werden. Artenschutzbelange sollen insbesondere bei der derzeitigen Überarbeitung der Regelungen für die Strukturfonds, bei der in der Agenda 2000 angekündigten Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik und bei den neuen Regeln für die Entwicklungshilfe, die 1998 beschlossen werden sollen, berücksichtigt werden. *Die Aktionspläne sollen innerhalb der nächsten 2 Jahre erarbeitet werden.* Die Gemeinschaftsstrategie wie auch die Aktionspläne sollen alle drei Jahre, bzw. entsprechend den Planungszyklen der jeweiligen Politikbereiche, bewertet werden. Auf der Grundlage dieser *Bewertung* wird die Kommission einen Bericht vorlegen.

Umweltverbände haben die Gemeinschaftsstrategie und den darin enthaltenen Ansatz der Querschnittsintegration generell begrüßt. Kritisiert wird, daß entscheidende Politikfelder wie Finanz-, Handels-, Klimapolitik, Abfall- und Wassermanagement ausgeklammert sind. Weiterhin wird bedauert, daß die Strategie der EU als Kommissionsmitteilung keine rechtlich verbindliche Wirksamkeit hat. Darüber hinaus wird die Finanzierung der Strategie als ungeklärt angesehen. Die aktive Unterstützung der Strategie durch alle Generaldirektionen der Kommission muß nach Auffassung der Umweltverbände verbessert werden (DNR 1998, S. 9).

Für die *pflanzengenetischen Ressourcen* liegt keine Gesamtstrategie der EU vor. Schon vor der Verabschiedung des Weltaktionsplans hat die EU eine Reihe von *Einzelmaßnahmen* eingeleitet. Die wichtigsten werden hier nur kurz aufgezählt (Kap. II.5.4):

- Verordnung 1467/94 (EG) über die Erhaltung, Beschreibung, Sammlung und Nutzung der genetischen Ressourcen der Landwirtschaft
- Verordnung 2078/92 (EG) über umweltverträgliche und den natürlichen Lebensraum schützende landwirtschaftliche Produktionsverfahren, mit der Möglichkeit der Förderung des Anbaus und der Vermehrung an die lokalen Bedingungen angepaßter und von der genetischen Erosion bedrohter Nutzpflanzen
- Richtlinie 92/43/EWG zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen, mit Relevanz für die In-situ-Erhaltung pflanzengenetischer Ressourcen

Eine bedeutende Rolle bei den Beratungen über den globalen Aktionsplan haben Fragen des *Saatgutverkehrsrechts* gespielt. Es wurde vereinbart, die Voraussetzungen für das Inverkehrbringen von Saatgut pflanzengenetischer Ressourcen zu verbessern. Die Basis des deutschen Saatgutverkehrsgesetzes wird durch die Saatgutrichtlinien der EU gelegt, so daß eine nationale Änderung von Gesetzen und Verordnungen erst nach Abschluß der Verhandlungen auf europäischer Ebene geschehen kann. Die Saatgutrichtlinien der EU werden derzeit einer Revision unterzogen, um sie den Erfordernissen des vollendeten Binnenmarktes anzupassen. Dabei stehen technische und Verfahrensfragen im Vordergrund. Es wird aber auch die Möglichkeit diskutiert, eine Regelung für das Inverkehrbringen von Saatgut zur Erhaltung pflanzengenetischer Ressourcen zu schaffen (Rutz 1996, S. 23 ff). Die Kommission hat 1993 einen Vorschlag für eine Richtlinie zur Änderung der Saatgutrichtlinien vorgelegt. Das Europäische Parlament hat am 15.07.1997 eine Stellungnahme verabschiedet, die u.a. einen Vorschlag zum Inverkehrbringen von Saatgut pflanzengenetischer Ressourcen zum Inhalt hat. Der Richtlinienentwurf wird zur Zeit in der Ratsarbeitsgruppe "Agrarfragen" (Saatgut) behandelt. Der beim Bundessortenamt entwickelte deutsche Vorschlag zum Inverkehrbringen von Herkunftssaatgut (Kap. II.5.1) ist in Beratungen der genannten Ratsarbeitsgruppe eingebracht worden (BML 1997b).

Bundesrepublik Deutschland

Die deutsche Berichterstattungspflicht im Rahmen der Biodiversitätskonvention ist mit der Vorlage des *"Bericht der Bundesregierung nach dem Übereinkommen über die biologische Vielfalt"* (Nationalbericht Biologische Vielfalt) erfüllt worden. Ziel des Berichtes ist es, strategische Handlungsempfehlungen zu geben,

wie auf politischer Ebene in Bund und Ländern eine effektive Zusammenarbeit zur Umsetzung der Konvention praktiziert werden kann (BMU 1998, S. 6).

Der Nationalbericht ist federführend vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) erstellt worden. Der Entwurf des Nationalberichtes wurde mit Vertretern der *anderen Bundesministerien* und der *Länder* abgestimmt, Beiträge der Länder sind in den Bericht aufgenommen worden. Weiterhin wurden *Nichtregierungsorganisationen* (NROs) um Beiträge gebeten. Angesprochen wurden Verbände aus den Bereichen Natur- und Umweltschutz, Entwicklungspolitik, Landbewirtschaftung, Landschaftspflege, dem privaten Wirtschaftssektor, Sport und Tourismus, der Wissenschaft sowie Gewerkschaften und die großen Kirchen (BMU 1998, S. 12).

Der Entwurf des deutschen Nationalberichtes umfaßt folgende Kapitel bzw. *Themenfelder* (BMU 1998):

- *Einführung*: Bedeutung der biologischen Vielfalt für Deutschland, Verpflichtungen Deutschlands aus der Konvention und Ziel des nationalen Berichts
- *Hintergrund*: Rechtlicher und politischer Rahmen in Deutschland zur Erstellung des Nationalberichtes und der nationalen Strategie sowie eine kurze Zusammenfassung der biologischen Vielfalt Deutschlands und des institutionellen und gesetzlichen Rahmens
- *Ziele und Leitbilder*: Darstellung der allgemeinen und themenbezogenen Ziele und Leitbilder im Umgang mit biologischer Vielfalt in Deutschland sowie Anknüpfungspunkte zu ihrer Verwirklichung
- *Handlungsfelder und strategisches Rahmenkonzept*: Kurze Zusammenfassung der Lücken zwischen der gegenwärtigen Situation und den Zielen und Leitbildern sowie Darlegung eines strategischen Rahmens, der zur Schließung der Lücken dienen soll
- *Aktivitäten und Programme*: Überblick über bestehende Maßnahmen und Aktivitäten, die der Umsetzung der Konvention dienen, gleichzeitig Grundlage für die zukünftig zu erarbeitenden strategischen Handlungsempfehlungen
- *Finanzierung*: Überblick über die Förderung einzelner Maßnahmen und Aktivitäten
- *Wirkungsanalyse*: Erläuterung einiger der zu verwendenden Instrumente zur Analyse des Umsetzungsstandes der Konvention und zur Überwachung von Veränderungen in Wirtschaft, Umwelt und Gesellschaft

Als *sektorübergreifender strategischer Rahmen* wird formuliert, daß alle betroffenen Akteure im politisch-gesellschaftlichen Bereich sich ihrer Verantwortung stellen müssen, eine stärkere Koordination und Integration des Handelns zwischen den (staatlichen oder nichtstaatlichen) Akteuren angestrebt werden muß, die unterschiedlichen Akteure sich mit den Auswirkungen sektorübergreifender Politikbereiche und Rahmenbedingungen befassen sollen, das öffentliche Bewußtsein und die Partizipation der Bürger gefördert werden sollen sowie die grundlegenden Handlungsmaximen (Vorsorgeprinzip, Verursacherprinzip, Kooperationsprinzip) stärkere Beachtung finden müssen (BMU 1998, S. 53 ff.). Diese strategischen Empfehlungen sind sehr allgemein gehalten und haben appellativen Charakter.

Unter *Aktivitäten und Programme* werden behandelt (BMU 1998, S. 57 ff.):

- Erfassung und Bewertung der biologischen Vielfalt
- raumbedeutsame Planungen und Verfahren
- Schutz und Erhaltung von Lebensräumen
- Schutz und Erhaltung von Arten
- Erhaltung genetischer Vielfalt und genetischer Ressourcen
- Erhalt von biologischer Vielfalt durch nachhaltige Nutzung (Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Jagd, Fischerei, Wasserwirtschaft/Hochwasserschutz, Schutz und Nutzung des Bodens, Verkehr, Städtebau/Siedlungsentwicklung, militärische Nutzung, Freizeitaktivitäten/Tourismus, Biotechnologie/Gentechnologie)
- Schutz vor stofflichen und nichtstofflichen Belastungen
- Bildung und Forschung
- internationale Zusammenarbeit

Die bestehenden Maßnahmen und Aktivitäten werden einerseits als *Bestandteil einer Gesamtstrategie* verstanden, andererseits wird die konsequente *Weiterverfolgung* und der *Ausbau* der Aktivitäten sowie die Ergänzung durch *neue Maßnahmen* für notwendig gehalten. Insbesondere wird eine erheblich bessere *Verknüpfung* der über einzelne sektorielle Bereiche hinausgehenden Bemühungen gefordert (BMU 1998, S. 53). Wie der Bericht selbst feststellt, haben die bisherigen Aktivitäten nicht ausgereicht, um in Deutschland den Prozeß des Verlustes von Arten in seiner Gesamtheit zu bremsen (BMU 1998, S. 5). Daher ist die schwierige Aufgabe, eine politikfelderübergreifende nationale Strategie zu entwickeln und mit Programmen und Maßnahmen für die einzelnen Politikbereiche aufzufüllen, nicht gelöst.

An verschiedener Stelle, so auch im Nationalbericht, wird auf die Vielzahl der staatlichen und nichtstaatlichen Institutionen und Organisationen, die an der Umsetzung der Konvention und an der Politik zur biologischen Vielfalt beteiligt sind, hingewiesen. Alleine auf der politisch-administrativen Ebene des Bundes liegen Zuständigkeiten bei zahlreichen Ressorts. Aufgrund des föderalen Staatsaufbaues der Bundesrepublik Deutschland liegt die Verantwortung für die Durchführung von Maßnahmen in vielen Fällen bei den Ländern (vgl. BMU 1998, S. 13 f.). Somit besteht nach wie vor ein dringender Bedarf an *Koordinierung* und Harmonisierung von Erhaltungs- und Nutzungskonzepten und nach einer verbesserten Abstimmung von der EU- über die Bundes- und Länderebene bis hin zur regionalen und kommunalen Ebene.

Ein formell anerkanntes *nationales Programm zu pflanzengenetischen Ressourcen*, wie es im Weltaktionsplan gefordert wird, existiert in Deutschland nicht. Mit dem Konzept zur Erhaltung und Nutzung der pflanzengenetischen Ressourcen für die Bundesrepublik Deutschland (Bommer/Beese 1990), der Analyse der Situation pflanzengenetischer Ressourcen in der Bundesrepublik Deutschland nach der Wiedervereinigung (Begemann/Hammer 1993) und dem Deutschen Bericht zur Vorbereitung der 4. Internationalen Technischen Konferenz der FAO über pflanzengenetische Ressourcen (BML 1996a) liegen ausführliche konzeptionelle Überlegungen und handlungsbezogene Vorschläge vor. Schon seit 1987 besteht die Bund-Länder-Arbeitsgruppe forstgenetische Ressourcen: ein Beispiel für einen koordinierenden Fachausschuß. Mit der Einrichtung des Informationszentrums für Genetische Ressourcen (IGR) in der Zentralstelle für Agrardokumentation und -information (ZADI) 1990 wurde ein wichtiger Schritt zur Koordinierung und zum Informationsaustausch im Bereich der genetischen Ressourcen getan (Bommer 1996, S. 16). Auf die einzelnen, zahlreichen Aktivitäten, die zu pflanzengenetischen Ressourcen eingeleitet wurden, wird hier nicht eingegangen, da sie in Kapitel V. ausführlich dargestellt worden sind. Im BML wird derzeit eine interne Konzeption zu pflanzengenetischen Ressourcen erarbeitet.

Nach Abschluß der Leipzig-Konferenz ist vom deutschen Nationalkomitee folgender *offener Handlungsbedarf*, der bisher erst zu einem geringen Teil umgesetzt wurde, identifiziert worden (Nationales Komitee 1996; vgl. Bommer 1996, S. 16 f.):

- Berufung eines Sachverständigenrates zu Genetischen Ressourcen für Ernährung, Land- und Forstwirtschaft

- Ausbau des Informationszentrums für Genetische Ressourcen (IGR) in der ZADI
- Klärung von Organisationsstruktur und Funktion der großen Kulturpflanzengenbanken (Genbanken von IPK und BAZ)
- Forcierung der internationalen Zusammenarbeit und Arbeitsteilung der Genbanken
- Eintreten der Bundesregierung für eine bessere finanzielle Ausstattung und bessere Nutzbarkeit der Verordnung über die Erhaltung, Beschreibung, Sammlung und Nutzung der genetischen Ressourcen in der Landwirtschaft (Verordnung (EG) Nr. 1467/94)
- Umsetzung der Verordnung für umweltgerechte und den natürlichen Lebensraum schützende landwirtschaftliche Produktionsverfahren (Verordnung (EG) Nr. 2078/92) durch die Länder sowie Förderung der dazu unbedingt notwendigen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten - auch als ein Mechanismus der europäischen Umsetzung der Farmers' Rights
- Stärkung der Programme ECP/GR und EUFORGEN auf nationaler Ebene
- Intensivierung von Charakterisierung und Evaluierung in der Ex-situ- und In-situ-Erhaltung sowie Ergänzung von Sammlungen
- Ausbau der Forschungsförderung

Diese Handlungsanforderungen richten sich hauptsächlich an das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (BML). Ähnlich wie bei der biologischen Vielfalt sind auch bei der Umsetzung des Weltaktionsplans neben dem hier federführenden BML verschiedene andere Bundesressorts sowie die Bundesländer involviert. Außerdem ist bei der Umsetzung vielfach EU-Gemeinschaftsrecht berührt (vgl. BML 1997b). Dementsprechend besteht auch hier ein dringender Bedarf an *Koordinierung* und Harmonisierung der Erhaltungs- und Nutzungskonzepte sowie der dafür notwendigen politischen Entscheidungen zwischen den verschiedenen Politikbereichen und -ebenen. Mit der Erarbeitung des "Nationalberichtes Biologische Vielfalt" unter Federführung des BMU, bei der auch die pflanzengenetischen Ressourcen einbezogen wurden, und seiner zukünftigen Weiterentwicklung besteht ein erstes abgestimmtes Verfahren zwischen wichtigen Akteuren. Es ist aber fraglich, ob dieser Abstimmungsprozeß ausreichend ist oder ob nicht eigene Koordinierungsmechanismen für pflanzengenetische Ressourcen entwickelt werden müßten.

VII. Handlungsmöglichkeiten

Die Vielgestaltigkeit des Themenfeldes "Gentechnik, Züchtung und Biodiversität" spiegelt sich auch im Bereich des Handlungsbedarfes und der Handlungsmöglichkeiten wieder. Die folgende Beschreibung der Handlungsoptionen kann und will daher keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben, sondern beschränkt sich auf besonders wichtige Aspekte.

Die Handlungsmöglichkeiten werden in *Kapitel 1 nach Themenfeldern*, in etwa den Berichtskapiteln entsprechend, *ausführlicher aufgelistet*, bevor sie in *Kapitel 2 nach Politikbereichen zusammengefaßt* dargestellt werden. Im zweiten Teil erfolgt darüber hinaus eine Benennung von Zuständigkeiten und Adressaten, des Standes der bisherigen Umsetzung und gegebenenfalls des möglichen Zeithorizonts für die Realisierung.

Dieses abschließende Kapitel soll auch als eine Art *Resümee* dienen; daher wird der Auflistung der Handlungsmöglichkeiten in den einzelnen Themenfeldern eine *ganz kurze Zusammenfassung bzw. Einschätzung der Hauptergebnisse* aus dem Projekt vorangestellt.

Wesentliche Teile der im folgenden formulierten Handlungsoptionen stützen sich auf *Dokumente und Empfehlungen*, die *im Auftrag von BML und BMU* im Lauf der letzten Jahre erarbeitet worden sind. Insbesondere sind zu nennen: das Konzept zur Erhaltung und Nutzung der pflanzengenetischen Ressourcen für die Bundesrepublik Deutschland (Bommer/Beese 1990), die Analyse der Situation pflanzengenetischer Ressourcen in der Bundesrepublik Deutschland nach der Wiedervereinigung (Begemann/Hammer 1993), der Deutsche Bericht zur Vorbereitung der 4. Internationalen Technischen Konferenz der FAO über pflanzengenetische Ressourcen (BML 1996a), das Protokoll der Abschlußsituation des Nationalen Komitees zur Vorbereitung der internationalen technischen Konferenz (Nationales Komitee 1996), die Wissenschaftliche Analyse deutscher Beiträge zur Erhaltung der biologischen Vielfalt (BfN 1997), das Umweltgutachten 1998 des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen (SRU 1998a und 1998b) und der Entwurf zum Bericht der Bundesregierung nach dem Übereinkommen über die biologische Vielfalt (BMU 1998).

Ein *besonderes Anliegen* war es, die bislang oft getrennt behandelten Bereiche *biologische Vielfalt im allgemeinen* und *pflanzengenetische Ressourcen im speziellen* insgesamt abzudecken. Dabei war es nicht immer möglich, Vereinfachungen, Überschneidungen und Unschärfen zu vermeiden.

1. Handlungsmöglichkeiten nach Themenfeldern

Die moderne Landwirtschaft hat durch Intensivierung, Rationalisierung, Spezialisierung und Konzentration der Produktion maßgeblich zur Verringerung der biologischen Vielfalt bei Kultur- wie bei Wildpflanzen in Deutschland beigetragen. Wirkungen auf die biologische Vielfalt sind dabei insbesondere von den Veränderungen bei Düngung, Pflanzenschutz, Fruchtfolgen und Flurbereinigung ausgegangen. Pflanzenzüchtung und moderne Pflanzensorten sind Bestandteil der veränderten landwirtschaftlichen Produktionssysteme und wirken eher indirekt auf die biologische Vielfalt. Die Ergebnisse des TA-Projektes führen zu dem Schluß, daß *die Nutzung gentechnischer Verfahren in der Pflanzenzucht im Vergleich zu den konventionellen Züchtungsmethoden kurz- bis mittelfristig in Deutschland bzw. dem mitteleuropäischen Raum keinen spezifischen, signifikanten negativen Einfluß auf die biologische Vielfalt haben wird. Andererseits wird die gentechnisch unterstützte Pflanzenzüchtung auch keinen wesentlichen Beitrag zur Erhaltung und Ausweitung der pflanzen genetischen Ressourcen leisten.* Die Wirkungsketten, die mit der Einführung neuer Sorten verbunden sind und die zum Verlust von biologischer Vielfalt und pflanzen genetischen Ressourcen führen können, sind jedoch wissenschaftlich bisher nur sehr unvollständig verstanden und sollten daher in Zukunft *verstärkt untersucht* werden.

Wenn die Zielsetzung "Erhaltung der biologischen Vielfalt" mit hoher Priorität verfolgt wird, ergibt sich daraus, daß der *Handlungsbedarf insbesondere direkt bei den Erhaltungsmaßnahmen* liegt. Dazu sollten die Ex-situ-, In-situ- und On-farm-Erhaltungsmaßnahmen verbessert und ausgebaut werden. Da es in Deutschland noch kein abgestimmtes Verfahren zur Erhaltung von pflanzen genetischen Ressourcen unter Einbeziehung aller Erhaltungsmaßnahmen gibt, sollte eine *kombinierte Erhaltungsstrategie entwickelt* werden. Dies wäre gleichzeitig ein wesentlicher Beitrag zur Erhaltung der biologischen Vielfalt in Deutschland. Zur nationalen Umsetzung der internationalen Vereinbarungen und zur Entwicklung und Umsetzung einer nationalen Strategie zum Erhalt der biologischen Vielfalt (incl. PGR) ist eine *enge Abstimmung und Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen betroffenen Politikfeldern und -ebenen* notwendig. In den nationalen Strategieentwicklungs- und -umsetzungsprozeß sollten *interessierte und betroffene gesellschaftliche Gruppen einbezogen* werden. Von zentraler Bedeutung für eine dauerhafte Erhaltung der Biodiversität wäre ein *flächendeckender Wandel zu einer nachhaltigen Landbewirtschaftung*, die

die Förderung landwirtschaftlicher Vielfalt und den Schutz wildlebender Pflanzen und Tiere als wesentliche Elemente begreift. Prinzipien des ökologischen Landbaus, die im Vergleich zur nach wie vor vorherrschenden konventionellen Landwirtschaft eine stärkere Extensivierung und Diversifizierung einschließen, könnten dabei wichtige Leitlinien liefern.

Die Veränderung grundlegender agrar- und umweltpolitischer Rahmenbedingungen würde spezifische Erhaltungsmaßnahmen (wie sie im folgenden aufgelistet werden) nicht überflüssig machen, aber ihren Umfang und ihre Dringlichkeit relativieren. Handlungsmöglichkeiten werden hier nicht diskutiert, da dies über die Themenstellung des TA-Projektes weit hinausgeht.

1.1 Biodiversität

Die biologische Vielfalt (Biodiversität) umfaßt die drei Ebenen der genetischen Vielfalt, der Artenvielfalt und der Ökosystemvielfalt. Von den geschätzten 10 bis 20 Mio. Arten auf der Erde sind erst etwa 1,75 Mio. wissenschaftlich erfaßt. Noch geringer sind die Kenntnisse über genetische Vielfalt innerhalb von Arten bzw. Populationen. Ebenso sind die Kenntnisse über die Wechselwirkungen zwischen Ökosystemvielfalt einerseits und genetischer und Artenvielfalt andererseits sowie über die Auswirkungen von Fragmentierung, Verkleinerung, Vereinfachung und Zerstörung von Ökosystemen auf die biologische Vielfalt sehr unvollständig.

Es sind erhebliche nationale und internationale Forschungsanstrengungen notwendig, um die biologische Vielfalt zu erfassen und zu beobachten, die wechselseitige Abhängigkeit der drei Ebenen zu verstehen sowie die Mindestvoraussetzungen für den Erhalt von Vielfalt zu erkunden.

- Die *Erfassung (Inventarisierung) der biologischen Vielfalt* (Aufnahme, Klassifizierung, Katalogisierung, Quantifizierung und Kartierung von Genen, Individuen, Populationen, Arten, Habitaten, Ökosystemen und Landschaften) sollte verstärkt und verbessert werden. Wissenschaftliche Daten zur Biodiversität sind derzeit aufgrund ihrer begrenzten Verfügbarkeit, ihres fragmentarischen Charakters, ihrer geringen Vergleichbarkeit und ihrer häufigen Unzugänglichkeit nur schwierig zusammenzuführen und zu bewerten. Daher besteht ein hoher Bedarf an Standardisierung, Ausbau der Forschungskapazitäten und internationaler Zusammenarbeit.
- Die *Kenntnisse über die Wechselwirkungen zwischen genetischer, Arten- und Ökosystemvielfalt sowie über Entstehung und Verlust der Biodiversität*

sind noch sehr unzureichend und sollten daher verstärkt erforscht werden. Eine wichtige Fragestellung ist u.a., inwieweit Artenreichtum oder Schlüsselarten zur Stabilität und Funktionsfähigkeit von Ökosystemen unverzichtbar sind. Genauso bedürfen Umfang und Bedeutung der Vielfalt an Mikroorganismen der Erforschung. Schließlich sollten die Auswirkungen von Schadstoff- und Nährstoffeinträgen, von Fragmentierung, Verkleinerung, Vereinfachung und Zerstörung von Ökosystemen auf die biologische Vielfalt besser verstanden werden.

- Die *biologische Systematik* ist Grundlagenforschung mit großer Bedeutung für die Erfassung der biologischen Vielfalt, die Evolutionsforschung, die Naturschutzforschung und die Biotechnologie. Die bestehenden Defizite in Deutschland sollten behoben werden, indem die biologische Systematik an den naturhistorischen Museen, Hochschulen und anderen Forschungseinrichtungen verstärkt gefördert und (wieder) eingerichtet sowie der Mangel an Systematikern (Taxonomen) durch entsprechende Ausbildungsanstrengungen behoben wird. Eine moderne Systematik sollte methoden- und fächerübergreifend Ergebnisse aus Ökologie, (Molekular-)Genetik, Physiologie und Mikrobiologie aufgreifen.
- Die *Beobachtung der Biodiversitätsentwicklung (Monitoring)* sollte verstärkt und weiterentwickelt werden. Dazu sind geeignete Indikatoren, Meßparameter und Bewertungsmethoden zu entwickeln und zu erproben. Erste Ansatzpunkte liefern in Deutschland die Biotopkartierungen und die Erhebungen des Artenbestandes. Es sollte ein systematisches, bundesweites Biomonitoring von Landschaften, Ökosystemen und Arten entwickelt werden, das ausreichende Informationen über Zustand und Entwicklung der biologischen Vielfalt liefert.
- Um den *Wert der biologischer Vielfalt und der pflanzen genetischen Ressourcen* besser zu verstehen, sollten entsprechende Konzepte und Methoden der Ressourcenökonomie entwickelt werden. Dazu gehört sowohl die Bewertung des direkten Nutzens (d.h. mit Marktpreisen bewertbare Produkte wie z.B. Nahrungsmittel, Holz, Arzneimittel) und des indirekten Nutzens (d.h. z.B. die Beiträge zum Bodenerhalt, Mikroklima und Landschaftsbild) als auch die Abschätzung der Kosten für Erhaltungs- und Schutzmaßnahmen. Ein verbessertes Wissen über den heutigen und zukünftigen (monetarisierbaren und ideellen) Wert der biologischen Vielfalt und die externen Kosten ihrer Nutzung könnte wichtige Hinweise für die volkswirtschaftliche Bewertung von Erhaltungsmaßnahmen und die Ausgestaltung internationaler Finanzierungsinstrumente liefern.

1.2 Pflanzengenetische Ressourcen

Die pflanzengenetischen Ressourcen (PGR) umfassen das gesamte generative und vegetative Reproduktionsmaterial von Pflanzen mit aktuellem oder potentielltem Wert für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Als Folge der Intensivierung der Agrarproduktion ist - nach einem Höhepunkt agrarischer Vielfalt um die Mitte des 19. Jahrhunderts - ein erheblicher Teil der PGR bedroht bzw. verloren gegangen. Die noch vorhandenen PGR sind unzureichend erfaßt, charakterisiert und evaluiert. Insbesondere fehlen Kenntnisse über die genetische Variation von PGR an den natürlichen Standorten sowie über die Mindestgrößen von Populationen für die Erhaltung der genetischen Vielfalt.

Daher sind nationale Anstrengungen und internationale Koordination und Kooperationen notwendig, um die Kenntnisse über PGR zu vertiefen sowie das initiierte Dokumentations- und Informationssystem für PGR weiter auszubauen. Dies gilt sowohl für die Erarbeitung wissenschaftlicher Grundlagen, für die Erfassung und Beschreibung der PGR als auch für den Zugang zu den entsprechenden Informationen.

- *Wichtige Forschungsgebiete, die ausgebaut werden sollten, sind u.a. die Beziehung der genetischen Diversität zu ökogeographischen Faktoren und zur Biologie der Arten, die genetische Variation von PGR an natürlichen Standorten und ihre Bedeutung für die Gefährdung von Populationen, die genetische Variation und Distanz innerhalb von Kulturarten und zu ihren verwandten Wildarten sowie die Beziehungen zwischen taxonomischen Merkmalen, molekulargenetischen Charakteristika und ökologischen Bedingungen. Hierzu können u.a. Systematik (Taxonomie), Populationsgenetik, Molekulargenetik, Evolutionsbiologie und Ökologie beitragen.*
- *Die Charakterisierung und Evaluierung der Ex-situ-Kollektionen sollte intensiviert werden. Vorrangig sollten die aufzubauenden Core-Kollektionen charakterisiert und evaluiert werden. Die Evaluierung der PGR kann nicht alleine von den Genbanken geleistet werden, so daß die an der Nutzung des Materials interessierten Forschungs- und Züchtungseinrichtungen wie in der Vergangenheit auch weiterhin stark an der Evaluierung beteiligt und eine Weiterleitung der Evaluierungsergebnisse an die Genbanken gewährleistet werden sollten.*
- *Die Bestandsaufnahme, Charakterisierung und Evaluierung der In-situ-Vorkommen von PGR steht noch am Anfang. Entsprechende Verfahren sollten entwickelt und angewendet werden. Die im Rahmen des Naturschutzes*

gewonnen Daten aus Biotop-, Populations-, Florenkartierungen und Artenschutzhebungen sollten möglichst umfassend genutzt werden. Darüber hinaus sollten spezielle Programme und Erhebungen für PGR an ihren natürlichen Wuchsorten entwickelt werden. Für die meisten Pflanzengruppen müssen noch geeignete Deskriptorenlisten erstellt und Methoden für ein genetisches Monitoring entwickelt werden.

- Eine *systematische Inventur und Charakterisierung Alter Sorten und Landsorten* - als Voraussetzung für On-farm-Erhaltungsmaßnahmen - sollte vorgenommen werden.
- Die *Entwicklung und Nutzung molekularbiologischer Methoden und Techniken* zur Evaluierung pflanzen genetischer Ressourcen, insbesondere die Entwicklung von genetischen Karten und von molekularen Markern für züchterisch wertvolle Merkmale, gewinnt zunehmend an Bedeutung und sollte verstärkt werden.
- Der *Auf- und Ausbau des dezentralen deutschen Dokumentationssystems mit zentraler Informationsvermittlung beim IGR* sollte beschleunigt werden. Die Dokumentation sollte Passport-, Management-, Charakterisierungs- und Evaluierungsdaten umfassen. Dabei sollten Daten zur Taxonomie, Geographie, Nutzung, Gefährdung, Literatur und traditionelles Wissen berücksichtigt werden.
- Im Rahmen der *EU-Verordnung Nr. 1467/94* sollte ein neues Fünfjahresprogramm (1999-2004) aufgelegt, die finanzielle und personelle Ausstattung verbessert sowie Nichtregierungsorganisationen verstärkt in die Umsetzung der Verordnung und die Programmnutzung einbezogen werden.

1.3 Pflanzenzüchtung und Züchtungsforschung

Die kommerzielle Pflanzenzüchtung konzentriert sich aus ökonomischen Gründen auf wenige Hauptfruchtarten. Seit den 50er Jahren hat ein Konzentrationsprozeß bei den angebauten Kulturarten und Sorten stattgefunden, wobei seit Mitte der 80er Jahre ein schnellerer Sortenwechsel zu beobachten ist. Allerdings ist die genetische Diversität zwischen den Sorten vermutlich oftmals gering. Während in vielen Industrieländern Großunternehmen den Saatgutmarkt dominieren, wird die Situation in Deutschland durch eine Vielzahl kleiner und mittlerer Züchtungsunternehmen geprägt. Die moderne biotechnologische, insbesondere die gentechnisch unterstützte Züchtung stellt für die mittelständisch strukturierte deutsche Pflanzenzüchtung eine Herausforderung dar, weil sie mit

hohen Kosten verbunden und der Zugang zu Genkonstrukten infolge der Patentierung unter Umständen nicht gesichert ist.

Die Forschungsförderung im Bereich Pflanzenzüchtung sollte zu einer nachhaltigen Nutzung pflanzen genetischer Ressourcen beitragen. Insbesondere sollte sie einen Beitrag dazu leisten, daß die bisherige Breite des Sortenangebots auch zukünftig sichergestellt wird und darüber hinaus eine Erweiterung des bearbeiteten Kulturartenspektrums und eine verstärkte Nutzung von PGR erfolgt. Die Forschungsförderung sollte außerdem die Zielsetzung verfolgen, den kleinen und mittleren Saatzuchtunternehmen auch zukünftig eine eigenständige Pflanzenzüchtung zu ermöglichen.

- Die öffentliche Förderung der Züchtungsforschung sollte dahingehend überprüft werden, inwieweit eine *verstärkte Förderung der Biodiversität* (Erweiterung der genetischen Diversität, Erweiterung des bearbeiteten Fruchtartenspektrums, Eignung für umweltverträglichere Anbausysteme) erreicht werden könnte. Ziel sollte die Entwicklung marktfähiger Produkte sein, eine Erweiterung des Artenverzeichnisses des Saatgutverkehrsgesetzes sollte gegebenenfalls erwogen werden. Nutzpflanzen mit großer wirtschaftlicher Bedeutung sollten - entsprechend dem Subsidiaritätsprinzip - hingegen nur noch dann Gegenstand öffentlich finanzierter Forschung sein, wenn die spezifischen Züchtungsziele von privater FuE nicht bearbeitet werden und von öffentlichem Interesse sind.
- Insbesondere wildlebende Pflanzen sollten systematisch und längerfristig darauf untersucht werden, welche von ihnen *zukünftig als Nahrungs-, Genuß-, Heilmittel oder für technische Zwecke* genutzt werden könnten und welche für Züchtungsprogramme geeignet sind. In diesem Zusammenhang sollte auch die Züchtungsforschung zu nachwachsenden Rohstoffen kontinuierlich fortgesetzt werden, falls diese sich tatsächlich als eine ökologisch verträgliche Option erweisen.
- Es sollten *Züchtungsprogramme für den ökologischen Landbau* in einem Verbund von interessierten Züchtern, Wissenschaft und ökologischem Landbau initiiert und unterstützt werden.
- Die öffentliche Förderung von Züchtungsforschung und Pflanzenzüchtung sollte weiterhin dazu beitragen, daß auch *kleinen und mittleren Saatzuchtunternehmen der Zugang zu und die Nutzung von moderner Biotechnologie und Gentechnologie* ermöglicht wird.

1.4 Sortenschutz, Saatgutverkehr und Patentierung

Das Sortenschutzrecht stellt als privates Ausschließlichkeitsrecht die rechtliche Voraussetzung für die Refinanzierung der Züchtungsinvestitionen dar, während das Saatgutverkehrsgesetz den Handel von Saat- und Pflanzgut zum Schutz der Verbraucher regelt. Sorten, die über keine Zulassung verfügen, dürfen auch nicht gehandelt werden. Die derzeit geltenden Zulassungskriterien für neue Sorten verhindern die Handelbarkeit vieler Alter Sorten sowie von Land- und Hofsorten und wirken sich dadurch ungünstig auf die pflanzengenetische Vielfalt im Anbau aus. Nicht nur die Zulassungskriterien Homogenität und Beständigkeit, sondern auch die bisherige Praxis der Auslegung des Kriteriums "landeskultureller Wert" in Richtung Ertrags-, Resistenz- und Qualitätseigenschaften würden eine Diversifizierung der Zuchtziele und damit der Pflanzensorten einschränken, wird von Vertretern des ökologischen Landbaus z.T. kritisiert.

Im Hinblick auf das Verhältnis zwischen Sortenschutz und Patentrecht wird die Befürchtung geäußert, daß die konventionelle bzw. traditionelle Züchtung in Zukunft behindert werden könnte durch die neuen Schutzelemente, die aufgrund der spezifischen Anforderungen bio- und insbesondere gentechnologischen Methoden nötig wurden. Der Saatgutmarkt drohe dadurch eine unerwünschte Entwicklung in Richtung einer zunehmenden Konzentrierung, bei bestimmten Pflanzenarten gar Monopolisierung zu nehmen.

Mit der Einrichtung eines Systems zum Inverkehrbringen von "Herkunftssaatgut" bzw. pflanzengenetischen Ressourcen, aber auch mit der Weiterentwicklung des Sortenzulassungskriteriums "landeskultureller Wert" könnte die Erhaltung von PGR unterstützt werden. Die Bedeutung und Auswirkungen von Patentierungen in der Pflanzenzüchtung bedürfen der weiteren Beobachtung.

- Die Einführung des anvisierten Systems zum Inverkehrbringen von "Herkunftssaatgut" sollte möglichst umgehend erfolgen. Seine Ausgestaltung sollte insbesondere bei der Definition einzubeziehenden PGR, der Festlegung der Mengenbeschränkung und den Kosten der Anmeldung so erfolgen, daß dem Ziel der Förderung der Kulturpflanzenvielfalt Vorrang gegeben wird. Die rechtlichen Grundlagen sind durch Änderung der EU-Saatgutverkehrsrichtlinien und des deutschen Saatgutverkehrsgesetzes zu schaffen.
- Es sollte darüber hinaus in einem geeigneten Forum geklärt werden, ob durch dieses System eine hinreichende Förderung der Vielfalt gewährleistet wird oder ob nicht die Auslegung des Zulassungskriteriums "landeskultu-

reller Wert" bei der "klassischen" Saatgutzulassung stärker erweitert werden sollte. Denkbar wäre z.B. die Einbeziehung von Sorteneigenschaften, die für den ökologischen Landbau von Bedeutung sind, wie Beikrauttoleranz, Eignung für Mischanbau, horizontale Resistenz, Gesamtleistung, langfristige Nachbaufähigkeit. Eine solche Erweiterung könnte vor allem dazu dienen, die bislang vernachlässigte Züchtung für den ökologischen Landbau durch die Gewährung von Sortenschutzrechten zu stimulieren bzw. überhaupt erst zu ermöglichen.

- Im Hinblick auf das *Verhältnis von Sorten- und Patentschutz* sollte beobachtet und evaluiert werden, ob die Änderungen im Sortenschutzgesetz im Sinne einer gerechten Verteilung des Nutzens aus Pflanzenzüchtung und Gentechnik tatsächlich greifen, insbesondere ob die Kriterien und Methoden zur Feststellung abgeleiteter Sorten praktikabel und ausreichend sind.
- Auch bezüglich der *Auswirkungen der europäischen Patentierungsrichtlinie* sollte eine Reihe von Fragen kontinuierlich verfolgt werden: Wirken sich Patente im Bereich der Pflanzenzüchtung innovationsfördernd aus oder werden sie hauptsächlich zu defensiven Zwecken genutzt? Bleibt die Zugänglichkeit zu Züchtungsmaterial auch für kleine und mittelständische Züchtungsunternehmen gewahrt? Wird auch in Deutschland der Trend zur Konzentration im Saatgutmarkt verstärkt? Dient die mögliche Ausdehnung von Schutzrechten für biotechnologische Verfahrensanwendungen auf ganze Tier- und Pflanzenarten oder gar noch größere taxonomische Einheiten dem Schutz des geistigen Eigentums oder wird sie nur zur Ausschaltung von Forschungskonkurrenz verwendet werden? Insgesamt erscheint eine sorgfältige *Gesetzesfolgenevaluierung* mit dem Zweck möglicher Nachbesserungen bzw. Novellierungen nötig.

1.5 Direkte und indirekte Auswirkungen neuer Sorten auf die biologische Vielfalt

Direkte Auswirkungen neuer Sorten können auf innerartlicher Ebene die (genetische) Vielfalt der *zugelassenen und angebauten Sorten*, auf Speziesebene die Zahl der *angebauten Kulturarten* und auf Ökosystemebene die Mengenanteile der Kulturarten sowie die *Fruchtfolgen* betreffen. Die Wahl einer neuen, vorzüglichen Sorte kann im Einzelbetrieb oder auch in einer Region - je nach Rahmenbedingungen - entweder eine Ausweitung oder (z.B. im Falle einer Abnahmebegrenzung) eine Einschränkung der Anbauflächen nach sich ziehen,

wodurch wiederum die Anbauvielfalt erniedrigt oder erhöht bzw. als Folge von Extensivierungen oder gar Flächenstillegungen das Agrarökosystem grundlegender beeinflußt werden kann. Es ist - auf der Grundlage der vorliegenden Informationen - nicht plausibel, von der modernen (konventionellen oder gentechnisch unterstützten) Pflanzenzüchtung so überlegene neue Sorten zu erwarten, die (in Deutschland und/oder Europa) großflächig und in einem Umfang angebaut werden, daß daraus gegenüber der bestehenden Situation eine spürbare Einengung der Arten- und Sortenvielfalt resultieren würde. Vielmehr werden kurz- und mittelfristig - und aller Voraussicht nach auch langfristig - andere Faktoren, wie die agrarpolitischen Rahmenbedingungen, die weltweite Nachfrage nach Agrarprodukten oder auch geographische Restriktionen, die entscheidenden Einflüsse auf Art und Umfang der angebauten Kulturarten und Sorten ausüben.

Indirekte Auswirkungen des Einsatzes neuer Pflanzensorten können die inter- und intraspezifische Vielfalt der Agrarökosysteme (abgesehen von den angebauten Kulturpflanzen selbst) sowie der umgebenden bzw. verbundenen Ökosysteme betreffen. Einflüsse können insbesondere auf Bodenlebewesen, Ackerbegleitflora, Pflanzenkrankheiten, Schädlinge und Nützlinge ausgehen. Die Beeinflussung der Anbaupraxis durch die derzeit absehbaren gentechnisch veränderten Pflanzensorten sowie die daraus resultierenden Auswirkungen auf die Biodiversität sind nur sehr eingeschränkt zu prognostizieren, zum einen wegen der Vielfalt der geographischen Regionen in Mitteleuropa, zum andern wegen der Vielzahl interagierender Faktoren. Aus der - in Zukunft vermutlich meist gentechnisch vorgenommenen - Übertragung monogener Resistenzen gegenüber Krankheiten und Schädlingen lassen sich vor allem Wirkungsketten hinsichtlich der Resistenzentwicklung ableiten, die u.U. von großer praktischer Relevanz sein werden. Eine schnelle Resistenzüberwindung durch Krankheitserreger oder Schädlinge stellt primär einen Nachteil der Sorte und ihres Anbaus selbst dar. Bei einem großflächigen Anbau von transgenen Sorten mit *Bacillus thuringiensis*-(B.t.)-Genen ist allerdings auch die bisherige Anwendung von B.t.-Präparaten im konventionellen und vor allem im ökologischen Landbau bedroht. Der großflächige Anbau von B.t.-Mais und B.t.-Baumwolle in den USA wird erste konkrete Hinweise liefern, ob die bislang entwickelten Resistenzmanagement-Strategien adäquat und wirkungsvoll sind.

Wie sich die Einführung neuer Sorten auf die biologische Vielfalt von Agrarökosystemen und angrenzenden Ökosystemen auswirkt, ist noch sehr unvollständig verstanden und sollte verstärkt untersucht werden. Besondere Aufmerksamkeit verdienen dabei Fragen der Veränderung von Anbausystemen sowie

der Resistenzentwicklung und des Resistenzmanagements. Einbezogen werden sollten gleichermaßen neue konventionelle und transgene Pflanzensorten.

- Die *Wirkungen neuer Sorten auf Anbautechniken* und die daraus resultierenden Einflüsse auf die *Agrarbiodiversität* sollten in langfristig angelegten Untersuchungsprogrammen erfaßt und analysiert werden. In diese Untersuchungen sollten sowohl bio- und gentechnologisch als auch konventionell gezüchtete Sorten einbezogen werden.
- Über die Wirkungsanalyse von Sorteneigenschaften hinaus sollte im Hinblick auf Erhalt und Förderung von Biodiversität im Rahmen einer *systematischen Betrachtungsweise* analysiert werden, ob und wie sich neue Eigenschaften und damit verbundene Änderungen der Anbautechnik in umweltverträglichere Formen der Landwirtschaft, wie integrierten Landbau oder Öko-Landbau, einfügen lassen.
- Der *Einsatz monogener Resistenzen* sollte sehr sorgfältig geprüft werden. Dies gilt vor allem für die Fälle, wo durch einen singulär hohen Selektionsdruck über Kreuzreaktionen biologische Bekämpfungsmaßnahmen ihre Wirksamkeit verlieren könnten. In nächster Zukunft betrifft dies insbesondere die Verwendung von B.t.-Genen.
- *Resistenzmanagement bei B.t.-transgenen Pflanzen*: Die Wirksamkeit der verschiedenen vorgesehenen bzw. bereits angewendeten Maßnahmen sollte sehr detailliert analysiert werden. Nach einer Markteinführung dürften die Anbauflächen eigentlich nur sehr langsam ausgedehnt werden, um eine Resistenzentwicklung - die ja ein quantitatives Problem darstellt - frühzeitig erfassen und gegebenenfalls noch rechtzeitig reagieren zu können. Eine Erregerresistenz gegen B.t.-Toxin sollte auf jeden Fall vermieden werden, z.B. um den ökologischen Landbau nicht nachhaltig zu schädigen, der in Hinsicht auf die biologische Vielfalt besonders förderungswert ist.
- Der großflächige Anbau vieler verschiedener B.t.-transgener Pflanzenarten und -sorten würde sehr hohe Anforderungen an die Koordination des Resistenzmanagements stellen, und zwar auf einzelbetrieblicher, regionaler, nationaler und grenzüberschreitender Ebene. Der nötige Aufwand, auch auf öffentlich-administrativer Ebene, sollte unbedingt bei Nützlichkeitsüberlegungen und Wirtschaftlichkeitsberechnungen zum Einsatz von B.t.-Sorten berücksichtigt werden.

1.6 Biologische Sicherheit

In der Diskussion um die biologische Sicherheit der Gentechnik in der Pflanzenzüchtung werden als mögliche Auswirkungen die Verwilderung von Nutzpflanzen sowie der vertikale und horizontale Transfer von Genen aus der Nutzpflanze auf andere Arten diskutiert.

Das *Auswilderungspotential* von Nutzpflanzen ist - natürlich mit einem gewissen Maß an Unsicherheit - beschreibbar. Trotz der entwicklungsgeschichtlichen, verwandtschaftlichen Beziehungen zwischen Nutzpflanzen und Unkräutern ist bis heute kein Fall bekannt, in dem eine hoch domestizierte Nutzpflanze sich außerhalb von Agrarökosystemen hätte etablieren können. Denn grundsätzlich sinkt das Auswilderungspotential mit dem Grad an züchterischer Bearbeitung und der damit einhergehenden Distanz zur Wildpflanze. Die bisherigen Freisetzungsversuche mit transgenen Pflanzen haben keine erhöhte Fitneß gegenüber vergleichbaren konventionellen Sorten erkennen lassen. Das Wissen um die Parameter, die die ökologische Fitneß bestimmen, ist allerdings noch rudimentär. Da die konventionelle und gentechnisch unterstützte Pflanzenzüchtung auf die Anbaueignung für landwirtschaftliche Produktionssysteme hin selektiert, ist aber die Verwilderung von neuen Sorten prinzipiell unwahrscheinlich.

Über das Auskreuzen mit verwandten Wildpflanzen können einzelne Merkmale oder Merkmalsgruppen auf Dauer in Wildpopulationen eingebracht werden (sog. *vertikaler Gentransfer* zwischen fortpflanzungsfähigen Kreuzungspartnern). Ein spezifisches gentechnisch vermitteltes Risiko (immer verglichen mit entsprechenden konventionellen Hochleistungssorten) kann allgemein nicht benannt werden. Manche der längerfristig anvisierten, gentechnisch zu erreichenden Züchtungsziele, wie Resistenz- bzw. Toleranzeigenschaften gegenüber abiotischen Streßfaktoren oder ein erhöhtes Stickstoffaneignungsvermögen, könnten allerdings möglichen Empfängerpflanzen nach einem vertikalen Gentransfer einen ökologisch relevanten Vorteil bieten. Außer von den Merkmals-eigenschaften sind eventuelle Auswirkungen von einer Vielzahl von Ökosystemfaktoren abhängig. Ob über den vertikalen Gentransfer tatsächlich einmal relevante Auswirkungen auf die biologische Vielfalt resultieren können, ist beim derzeitigen Erkenntnisstand nicht abzuschätzen.

Ein ähnlich geringer Erkenntnisstand muß in der Frage des *horizontalen Gentransfers* konstatiert werden, also dem nicht-sexuellen Austausch genetischer Information zwischen Populationen. Im Gegensatz zum vertikalen ist der horizontale Gentransfer (Übertragung Pflanze-Pilz und Pflanze-Virus sind ex-

perimentell nachgewiesen) ein statistisch sehr seltenes Ereignis. Im Zusammenhang dieses TA-Projektes interessiert letztendlich nur die Frage, ob von einem Gentransfer ernsthafte Gefahren für die biologische Vielfalt ausgehen könnten. Bei den meisten bislang übertragenen Genen, ob für Antibiotika-, Herbizid- oder Insektenresistenzen, kann eine solche Gefährdung nicht plausibel beschrieben werden. Konkrete Probleme können jedoch möglicherweise aus der Verwendung viraler Sequenzen zur sog. Prämunisierung von Pflanzen erwachsen. Durch die konstitutive Anwesenheit viraler Gene in großflächig angebauten Pflanzen könnte die Entstehung neuer Virustypen, z.B. mit geändertem Wirtsspektrum, gefördert werden.

Ein konkretes (sicherlich primär weltanschauliches und juristisches) Problem mit indirekter Bedeutung für die Biodiversität wird als Folge von vertikalem oder horizontalem Gentransfer entstehen: Auf Dauer wird der ökologische Landbau nicht garantieren können, daß seine Produkte absolut frei von transgenen Merkmalen sind. Dies könnte zumindest einen Vertrauensverlust und einen verlangsamten Ausbau dieser als grundsätzlich besonders biodiversitätsfördernd angesehenen Bewirtschaftungsweise hervorrufen.

Die biologischen sicherheitstechnischen Zulassungsbewertungen sollten daraufhin überprüft werden, ob sie Auswirkungen der gentechnisch veränderten Pflanzensorten auf die biologische Vielfalt sorgfältig genug erfassen. Die fundamentalen - auf absehbare Zeit, möglicherweise prinzipiell nicht zu behebenden - Wissenslücken bezüglich langfristiger ökologischer Auswirkungen erfordern eine langfristig angelegte Begleitforschung bzw. ein umfangreiches Nachzulassungsmonitoring.

(Eine Evaluierung der Zulassungsverfahren für Freisetzung und Inverkehrbringen sowie der Begleitforschung konnte im Rahmen des TA-Projektes nicht vorgenommen werden, so daß im folgenden nur einige besonders wichtige Aspekte der Sicherheitsforschung und -bewertung benannt werden. Einen Vorschlag zur möglichen Fortentwicklung der bisherigen Sicherheitsbewertungsverfahren neuer Pflanzensorten hat jüngst der Sachverständigenrat für Umweltfragen vorgelegt (SRU 1998a u. b).)

- *Im Prinzip müßten alle Pflanzensorten, die relevante neue Eigenschaften aufweisen, einer biologischen sicherheitstechnischen Zulassung unterliegen. Dies ist jedoch aus verschiedensten Gründen unrealistisch. Die Sonderbehandlung gentechnischer Sorten bleibt aber auf jeden Fall zu rechtfertigen, da mit Hilfe gentechnischer Methoden auch in Zukunft besonders neuartige Merkmale übertragen werden können, für die keine Erfahrungen*

aus dem traditionellen Anbau vorliegen. Zu prüfen wäre, ob *im Rahmen der Zulassungsbewertungen der Wechselwirkung von Sorteneigenschaften mit der Anbaupraxis* (Kap. 1.5) und deren Folgen für die Situation der biologischen Vielfalt - auch im Agrarökosystem - ein größeres bzw. überhaupt ein Gewicht eingeräumt werden sollte.

- In bezug auf *Auswilderungs- bzw. Auskreuzungseigenschaften* sollten in Zukunft insbesondere Resistenzen gegen abiotische Faktoren beachtet werden. Die Möglichkeit eines *horizontalen Gentransfers* muß vor allem bei der Verwendung viraler Sequenzen berücksichtigt und ggf. ausgeschlossen werden.
- Über die komplexen Wechselwirkungen der Agrar- und der angrenzenden Ökosysteme, ob über Veränderung der Anbaupraxis oder über Gentransfer, werden nur *langfristig angelegte* (und vor allem *finanzierte*) *Monitoring-Programme* neue Erkenntnisse erbringen. Die entsprechenden Aktivitäten des Umweltministeriums und des Umweltbundesamtes sollten daher weitergeführt und ausgebaut werden. Da die Lücken und Mängel des Wissensstandes über mögliche langfristige ökologische Folgen der Einführung neuer Pflanzensorten nur auf der Grundlage *grundsätzlicher Erkenntnisfortschritte zum Thema Biodiversität und PGR*, wie sie in Kapitel 1.1 und 1.2 beschrieben werden, substantiell reduziert werden können, sollte der dort formulierte Forschungsbedarf mit Monitoring-Programmen zur biologischen Sicherheit verbunden werden.

1.7 Ex-situ-Erhaltung

Ex-situ-Sammlungen (Genbanken) enthalten im Durchschnitt etwa 60 % der vorhandenen Variationsbreite der wichtigsten Kulturpflanzen. Bei den hierzulande schon längere Zeit heimischen Kulturpflanzen, wie Ährengetreide und Zuckerrüben, befindet sich schon mehr als 90 % des genetischen Materials in deutscher Ex-situ-Erhaltung. Ex-situ-Maßnahmen sind für die reich gegliederten Kulturpflanzen und die Unkräuter vom konvergenten Entwicklungstyp unverzichtbar. Die Reproduktion des eingelagerten Materials stellt die Hauptschwierigkeit bei der Ex-situ-Erhaltung dar.

Durch eine organisatorische Zusammenführung sollte eine zentrale deutsche Genbank geschaffen werden. Ihre Kapazitäten zur Langzeitlagerung und Regeneration sollten dann ausgebaut werden. Außerdem sollte zur Ergänzung der vorhandenen Sammlungen eine zielgerichtete Sammelstrategie entwickelt und

umgesetzt werden. Die Botanischen Gärten und Arboreten sollten verstärkt in die Ex-situ-Erhaltung einbezogen werden. Schließlich sollten die deutschen Sammlungen in das weltweite Ex-situ-Netzwerk der FAO eingebracht werden.

- Die Frage der unterschiedlichen Zuständigkeiten für Ex-situ-Sammlungen bedarf dringend einer Lösung. Nur bei einer *organisatorischen Zusammenführung* der Genbanken des IPK und der BAZ (früher FAL) kann die Aufgabe der Erhaltung und Bereitstellung pflanzen genetischer Ressourcen landwirtschaftlicher und gartenbaulicher Kulturpflanzen sinnvoll erfüllt werden. Ebenso können nur so die Kapazitäten zur Langzeitlagerung und Regeneration optimal gebündelt und genutzt werden. Schließlich wäre dies der beste Weg, um Aufgabenüberschneidungen zu vermeiden. Eine organisatorische Zusammenführung muß nicht notwendigerweise eine räumliche Zusammenlegung bedeuten.
- Eine genaue Beschreibung der jeweiligen *Aufgaben- und Arbeitsbereiche* für die verschiedenen Genbanken bzw. die zentrale Genbank sollte vorgenommen werden. Unstrittig ist, daß Genbanken nicht mit dem Ziel der Vollständigkeit sammeln können. Unterschiedliche Auffassungen bestehen aber darüber, ob eine breite Aufgabenstellung für Sammlung, Austausch, Erhaltung, Information und Forschung verfolgt oder eine Konzentration auf PGR mit aktuellem Interesse für Forschung und Züchtung erfolgen sollte. Um der Bedeutung von PGR gerecht zu werden und den zukünftigen Bedarf an PGR befriedigen zu können, sollte eine breite Aufgabenstellung festgelegt werden.
- Die Kapazitäten der vorgeschlagenen zentralen Genbank zur *Langzeitlagerung und Regeneration* sollten ausgebaut werden. Um die Gefahr genetischer Verschiebung im Erhaltungsmaterial zu verringern, sollten parallel zum Ausbau der Langzeitlagerung die Regenerationsintervalle verkürzt sowie bei der Regeneration die Verwendung ausreichend großer Muster und eine sichere Isolierung von Fremdbefruchtern sichergestellt werden.
- Zu den vordringlichen Aufgaben der Genbanken sollte die *vollständige Beschreibung des vorhandenen Materials* gehören. Während die Charakterisierung im wesentlichen in den Ex-situ-Sammlungen zu leisten ist, sollten diese bei der Evaluierung des Materials breit durch die Nutzer (Forscher, Züchter, usw.) unterstützt werden. Der Einsatz und die Weiterentwicklung molekularbiologischer Methoden sollten hier eine wichtige Rolle spielen.
- Die Charakterisierung und Evaluierung des Genbankmaterials sollte weiterhin dazu genutzt werden, *Duplikate* zu identifizieren und zu eliminieren.

Der derzeitige Kenntnisstand spricht allerdings dafür, daß Duplikate nur begrenzt vorhanden sind, so daß auch der Rationalisierungseffekt für die Genbanken nur begrenzt sein kann.

- Die *Einrichtung von kulturartenspezifischen Fachausschüssen* ist zu überlegen, da sie wichtige Funktionen erfüllen könnten bei der notwendigen Rationalisierung von Sammlungen und der Ausrichtung von Neubeschaffungen durch Sammlung oder Austausch sowie bei der Weiterentwicklung von Methoden zur Charakterisierung, Evaluierung, Konservierung und Nutzung.
- Die *Botanischen Gärten und Arboreten* sollten verstärkt in die Ex-situ-Erhaltung einzogen werden, insbesondere um die z.Z. weniger bedeutenden Kulturpflanzen und verwandte Arten sowie Wildpflanzen zu erhalten.
- Bei der Sammlung und Aufnahme neuer Muster sollte eine *schlüssige Sammlungsstrategie* entwickelt werden. Zielgerichtete Sammlungen sollten zur Lückenschließung gesammelter PGR und zur Erhaltung bestandsgefährdeter Ressourcen beitragen. Die Strategie soll Lücken im Artenspektrum und in der Diversität einzelner Arten, den Grad der Bedrohung von Arten und Formen berücksichtigen, ebenso die für Deutschland/Europa wichtigen Nutzungsmöglichkeiten.
- Die Sammelaktivitäten und Spezialsammlungen sollten auch das Ziel verfolgen, *im Ursprungsgebiet gefährdete genetische Ressourcen* durch Ex-situ-Erhaltung zu sichern.
- Im Rahmen eines multilateralen Systems sollten ein möglichst freier Zugang zu den genetischen Ressourcen in Ex-situ-Sammlungen, ein wechselseitiger Austausch sowie eine effektive wissenschaftlich-technische Zusammenarbeit gewährleistet sein. Die deutschen Ex-situ-Sammlungen sollten in das *weltweite Netzwerk* unter der Schirmherrschaft der FAO integriert werden.

1.8 In-situ-Erhaltung und Naturschutz

Deutschland verfügt über eine hohe Vielfalt an heimischen genetischen Ressourcen im Bereich der Zierpflanzen, der Arznei- und Gewürzpflanzen, der Futterpflanzen sowie der Gehölze einschl. Obstpflanzen. Die In-situ-Erhaltung ist die einzige Möglichkeit zur Erhaltung der großen Mehrzahl der Wildpflanzen und zur Bewahrung eines großen Artenreichtums bei gleichzeitiger Garantie einer weiteren evolutionären Entwicklung. Die Verankerung der Erhaltung der biologischen Vielfalt und des Schutzes der PGR im deutschen Naturschutz

ist unzureichend. Da reine Schutzgebiete in Deutschland kaum 2 % der Gesamtfläche ausmachen, land- und forstwirtschaftlich genutzte Flächen dagegen rund 85 %, kommt der engen Kooperation von Naturschutz und Landwirtschaft eine hohe Bedeutung zu.

Die In-situ-Erhaltung biologischer Vielfalt und pflanzengenetischer Ressourcen sollte sowohl in Naturschutzgebieten als auch auf relevanten landwirtschaftlich genutzten Flächen stärker verankert werden. Zukünftig sollte bei der Zielbestimmung, der Ausweisung von Schutzgebieten sowie der Aufstellung von Management- und Pflegeplänen die biologische Vielfalt ausdrücklich berücksichtigt werden. Die bisher isolierten Schutzgebiete sollten durch ein Biotopverbundsystem vernetzt werden. Die Erhaltung z.B. der sehr unterschiedlichen Grünland-Pflanzenarten- und Sorten setzt differenzierte und an lokale Gegebenheiten angepasste Nutzungsformen voraus. Um die Beeinträchtigung vieler naturnaher Ökosysteme (und involvierter In-situ-Maßnahmen) zu verhindern, ist schließlich eine weitere Reduzierung der Nährstoff- und Schadstoffeinträge aus Verkehr, Industrie und Landwirtschaft notwendig.

- Für eine In-situ-Erhaltung sollten insbesondere solche Flächen genutzt werden, die hinsichtlich der *Geographie, des Bodens und der Nutzung* sehr unterschiedlich sind, weil unter diesen Bedingungen die intraspezifische Variabilität und somit die standorttypische innerartliche Vielfalt in unterschiedlichen Pflanzengesellschaften am besten abgebildet und geschützt werden kann.
- Bei der In-situ-Erhaltung am natürlichen Wuchsort sollte der *Schutz autochthoner Grünlandassoziationen und forstlicher Ökosysteme* eine besondere Priorität genießen. Repräsentative Vorkommen sollten so bewirtschaftet werden, daß genetisch diverse Populationen unter dem Einfluß der natürlichen und anthropogenen Selektion aus sich selbst verjüngt werden.
- Der dringende *Bedarf an Kartierungen* wichtiger Vorkommen von Grünland-, Forst- und Wildpflanzen für alle relevanten Arten und Gebiete sollte erfüllt werden.
- Erhaltungsmaßnahmen sollten immer von einer *Untersuchung der zeitlich-räumlichen Verteilung der genetischen Vielfalt* begleitet werden. Bezüglich der wirkungsvollen Erhaltung der innerartlichen Vielfalt von Futterpflanzen unter menschlicher Bewirtschaftung besteht ein hoher Forschungsbedarf bezüglich der Umwelt- und Bewirtschaftungseinflüsse auf die genetische Zusammensetzung autochthoner Populationen.

- Zur Verbesserung ihrer In-situ-Erhaltung sollten sowohl die biologische Vielfalt als auch die pflanzengenetischen Ressourcen bei *Eingriffen in Natur und Landschaft, Umweltverträglichkeitsprüfungen, Schutzgebietsausweisungen, Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen sowie durch Besucherlenkung in stark frequentierten Gebieten* verstärkt berücksichtigt werden.
- Die in Deutschland bestehenden Umsetzungsdefizite bei der *Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie der EU*, die ein wichtiges europäisches Instrument zum In-situ-Schutz der biologischen Vielfalt darstellt, sollten möglichst umgehend abgebaut werden. Zum europaweiten Schutzgebietsnetzwerk NATURA 2000 sollte Deutschland einen angemessenen Beitrag leisten.
- *Naturschutzgebiete* und *andere Schutzgebietstypen* sollten stärker (in Anlehnung an die Empfehlungen der EU) für die Entwicklung biogenetischer Reservate genutzt werden.
- Eine weitere Entwicklung (bzw. Umsetzung) des Konzepts der Schutzgebietssysteme (*Biotopverbundsysteme*) sollte auch zur Erhaltung von PGR genutzt werden. Unter Beachtung der Zielstellung der Erhaltung von PGR (nicht nur vorhandene Biotopausstattung) sollte eine systematische Ausweisung von geschützten Landschaftsbestandteilen erfolgen: Feldflora-, Stadtflora- und Dorfflorareservate, Streuobstwiesen, Einzelobjekte etc.
- Schließlich sollten Artenschutzprogramme weiterentwickelt werden zu *Populationsschutzprogrammen*, die den innerartlichen genetischen Zustand miterfassen und bewerten.

1.9 On-farm-Erhaltung

Die On-farm-Erhaltung ist eine Sonderform der In-situ-Erhaltung für domestizierte Pflanzen, die durch traditionelle bäuerliche und gärtnerische Bewirtschaftungsweisen geprägt ist. Die On-farm-Erhaltung erfolgt durch Anbau und Nutzung der betreffenden Arten und Sorten (z.B. Alte Sorten) in landwirtschaftlichen Betrieben. Hierbei handelt es sich im Gegensatz zur konservierenden Erhaltung (z.B. in Genbanken) um eine dynamische Erhaltung, die fortgesetzte evolutionäre Prozesse ermöglicht. Während in Deutschland die Vielfalt der Ackerpflanzen on farm stark eingeschränkt ist, bestehen bei Gräsern und Futterpflanzen, Obstgehölzen sowie im Gartenbau gute Ausgangsbedingungen für die On-farm-Erhaltung. Die On-farm-Erhaltung ist ein relativ neues Konzept, Langzeiterfahrungen liegen daher noch nicht vor.

Die On-farm-Erhaltung bedarf der weiteren konzeptionellen Konkretisierung sowie der Entwicklung geeigneter Förderinstrumente. Der Kooperation von staatlichen Stellen und Wissenschaft mit NROs und Interessierten kommt bei der On-farm-Erhaltung ein besonders hoher Stellenwert zu. Mit der On-farm-Erhaltung verbindet sich die Chance, wertvolle Kulturlandschaften (Kulturökosysteme) zu schützen, zu pflegen und zu entwickeln. Wesentlich für das Gelingen von On-farm-Maßnahmen in diesem Sinne ist die Vernetzung der Interessen von Landwirtschaft, Naturschutz, Ökonomie und Tourismus, verbunden mit der Verfügbarkeit von Fördermitteln.

- *Die Möglichkeiten zur Förderung des "Anbaues von bedrohten Kulturpflanzenbeständen" in der Verordnung (EWG) Nr. 2078/92 sollten von den Ländern aufgegriffen, entsprechende Förderkriterien entwickelt und umgesetzt werden. Die Länder sollten weiterhin prüfen, ob es sinnvoll ist, entsprechende Landesprogramme ohne Inanspruchnahme von EU-Fördermitteln zu initiieren.*
- *Eine umfassende und systematische Inventur Alter Sorten und Landsorten sollte vorgenommen werden. Für die On-farm-Erhaltung sollten auf europäischer Ebene abgestimmte Konzepte entwickelt werden, bei Vervollständigung der Bestandsaufnahme noch vorhandener regionaltypischer Arten und Sorten von Kulturpflanzen in Europa. Auf der Basis dieser Bestandserhebung sollte dann die Ermittlung der Leistung und Eignung von Alten Sorten und Landsorten für den On-farm-Anbau verstärkt gefördert werden, z.B. im Rahmen der Verordnung (EG) Nr. 1467/94.*
- *Die On-farm-Erhaltung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen - insbesondere von Sonder-, Dauer- und Obstkulturen sowie vernachlässigten und alten Kulturpflanzen - in Biosphärenreservaten sollte verstärkt genutzt und ausgebaut werden. Ebenso sollten agrarhistorische Museen und Freilandmuseen zur On-farm-Erhaltung beitragen.*
- *Die häufig notwendige extensive Bewirtschaftung, teilweise unter Verzicht auf synthetischen Dünger und Pflanzenschutzmittel, sollte durch Bereitstellung von Fördermitteln zur Förderung des Absatzes und Erhöhung des Anteils von On-farm-Produkten unterstützt werden. Eine "rein museale" On-farm-Erhaltung- und Bewirtschaftung von PGR in dauernder Abhängigkeit von öffentlichen Fördermitteln sollte jedoch vermieden werden.*
- *Es sollten Möglichkeiten geschaffen werden, Stilllegungsflächen im Rahmen der EG-Agrarreform für den Anbau vernachlässigter Kulturarten oder Alter*

Sorten zu nutzen und damit einen Beitrag zu ihrer On-farm-Erhaltung zu leisten.

- Die *Konzepte und Methoden der On-farm-Erhaltung* sollten kontinuierlich weiterentwickelt werden, einschließlich geeigneter Monitoringverfahren und Effektivitätskontrollen. Die räumlich, inhaltlich und organisatorisch unterschiedlich angesiedelten On-farm-Maßnahmen sollten schließlich eine Vernetzung zum Informations- und Erfahrungsaustausch erfahren.

1.10 Kombination der Erhaltungsmöglichkeiten

Die Ex-situ-, On-farm- und In-situ-Erhaltung haben jeweils spezifische Vor- und Nachteile. Eine alleinige Konzentration auf einen Erhaltungsansatz kann den Anforderungen an die Erhaltung und nachhaltige Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen nicht gerecht werden. Eine stärkere Gewichtung von On-farm- und In-situ-Erhaltung bei PGR ist noch zu vollziehen. Für die Erhaltung der biologischen Vielfalt insgesamt ist die In-situ-Erhaltung von ganz zentraler Bedeutung. Eine Abstimmung und Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Erhaltungsansätzen gibt es in Deutschland nur in Einzelfällen, eine systematische Kombination der Erhaltungsmöglichkeiten erfolgt nicht.

Da es in Deutschland noch kein abgestimmtes Verfahren zur Erhaltung von PGR unter Einbeziehung aller Erhaltungsformen gibt, sollte eine kombinierte Erhaltungsstrategie entwickelt und umgesetzt werden. Insgesamt betrachtet, sollte diese Strategie unter dem Primat einer Erhaltung durch Nutzung vor einer Erhaltung für die Nutzung stehen. Eine solche Strategie sollte planvolle, koordinierte Monitoringanstrengungen zur Erfassung wildlebender PGR sowie deren Einbindung in konzertierte In-situ-/Ex-situ-Programme und in Maßnahmen der In-situ-/On-farm-Erhaltung einschließen.

- Der vorgeschlagene *Sachverständigenrat zu pflanzengenetischen Ressourcen* sollte unverzüglich vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten eingesetzt werden. Er sollte das BML insbesondere bei der Konzeption und Durchführung kombinierter Erhaltungsstrategien beraten, den Informationsaustausch und die Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen betroffenen Institutionen anregen sowie in einem gewissen Umfang Koordinierungsaufgaben übernehmen. Aus dieser Aufgabenbestimmung ergibt sich, daß kein rein wissenschaftlicher Sachverständigenrat, sondern ein Gremium unter Einbeziehung der interessierten und betroffenen

gesellschaftlichen Gruppen gebildet werden sollte, ähnlich dem nationalen Komitee zur Vorbereitung der Leipzig-Konferenz.

- Neben dem Sachverständigenrat (und in Abstimmung mit ihm) sollten die schon für die Ex-situ-Erhaltung vorgeschlagenen *kulturartenspezifischen Fachausschüsse* (Kap. 1.7) Koordinierungsaufgaben für ihre jeweilige Kulturart übernehmen.
- Im Rahmen einer kombinierten Erhaltungsstrategie sollte die *Zusammenarbeit von Ex-situ- und On-farm-Erhaltung* ausgebaut werden. So sollte für eine Wiederbegründung und nutzende Erhaltung regional angepaßter Sorten auf ex situ eingelagerte PGR des gleichen oder eines ökologisch analogen Standorts zurückgegriffen werden. Unter Umständen wäre auch der Rückgriff auf Materialien vergleichbarer Standorte aus anderen Ländern zu prüfen. Biosphärenreservate sind besonders geeignet, um Material aus Genbanken zwecks Anbau, Erhaltung und Vermehrung von alten Landsorten einzusetzen. Hierzu sollte eine kontinuierliche Zusammenarbeit beispielsweise von Genbanken und Biosphärenreservaten aufgebaut werden. Außerdem sollten agrarhistorische Museen als Referenzen auf- und ausgebaut werden. Sie bieten die Möglichkeit einer Kombination von Ex-situ- und On-farm-Maßnahmen und können im Rahmen von Schausammlungen alter Kulturpflanzen einen spezifischen Beitrag zur Erhaltung und Vermehrung von PGR leisten sowie Aufgaben einer landwirtschaftlichen Beratung übernehmen. Genbanken könnten die Koordinierung und Anleitung der Agrarmuseen übernehmen.
- Ebenso sollte ein *Austausch zwischen In-situ- und Ex-situ-Erhaltung* stattfinden. Gefährdete Wildpflanzen, die z.B. von Genbanken in die Langzeitlagerung von Samen übernommen wurden, sollten in Schutzgebieten wieder ausgebracht werden. Genauso sollte eine Zusammenarbeit und ein Materialaustausch zwischen Naturschutz und Botanischen Gärten, Freilandmuseen usw. erfolgen.
- Außerdem sollte eine *Abstimmung zwischen On-farm- und In-situ-Erhaltung* erfolgen. Hier wäre eine enge Kooperation zwischen Naturschutz und Landwirtschaft erforderlich, unter Einbeziehung von privaten Initiativen zur Erhaltung von PGR sowie von örtlichen und regionalen Umwelt- und Naturschutzinitiativen.
- Zu einer kombinierten Erhaltungsstrategie sollte auch gehören, die *Entwicklung von (regionalen) Märkten für Produkte* zu unterstützen, die die Erhaltung von PGR und biologischer Vielfalt fördern. Eine intensive Öffentlichkeitsarbeit und Aufklärung der Verbraucher über die möglichen

Beiträge zur Erhaltung und Entwicklung der Kulturpflanzenvielfalt und der regionalen biologischen Vielfalt sollte organisiert werden.

1.11 Entwicklung und Umsetzung einer nationalen Strategie

Das Thema Biodiversität hat einen starken Querschnittscharakter. Auf Bundesebene ist das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit zuständig für die Konvention über biologische Vielfalt, das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten für die pflanzengenetischen Ressourcen. Die Aufgabe der Erhaltung von biologischer Vielfalt und pflanzengenetischen Ressourcen betrifft darüber hinaus verschiedene Fachpolitiken bzw. Ressorts auf der Ebene von EU, Bund und Ländern, wobei Verständnis und Akzeptanz dieser neuen Aufgabe in vielen dieser Institutionen noch gering sind. Der im Rahmen der Verpflichtungen aus der Biodiversitätskonvention vorgelegte "Nationalbericht Biologische Vielfalt" der Bundesregierung unter Federführung des BMU formuliert ein strategisches Rahmenkonzept zur Erfüllung der Handlungsziele im Bereich biologische Vielfalt. Aufgabe der kommenden Jahre wird es sein, bestehende Aktivitäten und Ansätze auf den verschiedensten gesellschaftlichen und politischen Ebenen zusammenzuführen und zu einer nationalen Strategie weiterzuentwickeln und umzusetzen.

Der Umsetzung einer umfassenden und integrierten nationalen Strategie zum Erhalt der biologischen Vielfalt (incl. PGR) sollte eine hohe Priorität eingeräumt werden. Die Bedeutung des Themas und der Aufgabe muß sowohl in der Öffentlichkeit als auch in einer Reihe von Ressorts klarer herausgearbeitet werden, um einen höheren Grad von Akzeptanz und eine Bereitschaft zur Durchführung auch aufwendiger Maßnahmen und Konzepte zu erreichen. Da der Bund in entscheidenden Bereichen (z.B. Naturschutz, Wasserwirtschaft, Land- und Forstwirtschaft, Raumplanung) nur Rahmenkompetenzen besitzt, muß ein verstärktes Engagement der Bundesländer für die Erhaltung der biologischen Vielfalt erfolgen. Eine effektive Zusammenarbeit der unterschiedlichen staatlichen Ebenen ist bestenfalls ansatzweise zu erkennen; diese Zusammenarbeit sollte deshalb unbedingt verbessert werden. Da insgesamt sehr unterschiedliche Politikfelder, Interessen und Akteure betroffen sind, muß bei der Weiterentwicklung von Leitbildern, Zielen und Handlungskonzepten ein breiter, partizipativer gesellschaftlicher Dialog geführt werden.

- Die Verantwortlichkeiten der verschiedenen Ressorts für die Weiterentwicklung und Umsetzung der nationalen Strategie sollten geklärt und ent-

sprechend den jeweiligen Kompetenzen verpflichtend geregelt werden. In diesem Zusammenhang sollte auch diskutiert werden, inwieweit institutionelle Zuständigkeiten (z.B. für die Genbanken) weiterentwickelt und verändert werden müßten.

- Es sollte geprüft werden, ob eine *Bund-Länder-Arbeitsgruppe zur biologischen Vielfalt* eingesetzt werden sollte, um eine enge Abstimmung und Zusammenarbeit zu erleichtern.
- In den nationalen Strategieentwicklungs- und -umsetzungsprozeß sollten *interessierte und betroffene gesellschaftliche Gruppen kontinuierlich* einbezogen werden. Dabei könnte an die positiven Erfahrungen mit dem nationalen Komitee zur Vorbereitung der 4. Internationalen Technischen Konferenz über pflanzengenetische Ressourcen angeknüpft werden.
- Um eine angemessene gesellschaftliche und politische Beachtung und Behandlung des Themas "Schutz und Nutzung der biologischen Vielfalt" zu erreichen, sollte unbedingt durch *Öffentlichkeitsarbeit, Umweltbildung und Umwelterziehungsmaßnahmen* auf allen gesellschaftlichen Ebenen das Bewußtsein für die Bedeutung und Dringlichkeit der anstehenden Aufgaben gefördert werden.

1.12 Internationale Zusammenarbeit

Mit der Konvention über biologische Vielfalt (CBD, Rio 1992) und dem globalen Aktionsplan zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung der pflanzengenetischen Ressourcen (GPA, Leipzig 1996) ist die Bundesrepublik Deutschland wichtige internationale Verpflichtungen eingegangen. Der Erhalt der biologischen Vielfalt, insbesondere der PGR, in den Zentren der genetischen Vielfalt ist für Deutschland und die deutsche Landwirtschaft von großer Bedeutung. Außerdem bedürfen die internationalen Vereinbarungen zur biologischen Vielfalt und zu PGR einer Harmonisierung.

Die Bundesrepublik Deutschland sollte für eine Harmonisierung zwischen den Abkommen bzw. Vereinbarungen zum Schutz der biologischen Vielfalt und der PGR eintreten. Weiterhin sind Regelungen der Zugangsfragen und des Vorteilsausgleichs bei der Nutzung genetischer Ressourcen (unter Berücksichtigung internationaler Handels- und Patentvereinbarungen), der Ausbau von Technologietransfer und Forschungszusammenarbeit (Stichwort "Clearinghouse Mechanismen"), die baldige Einigung auf das angestrebte "Biosafety-Protokoll" sowie die Verbesserung der internationalen Finanzierung zu forcieren.

- Strategisch vorrangig ist eine *Harmonisierung bzw. praktikable Lösung der völlig unterschiedlichen Zugangsregelungen von CBD und GPA (bzw. Undertaking der FAO)*. Dabei sollten im Hinblick auf eine Sicherung der Welternährung und eine erweiterte Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen zumindest diejenigen Pflanzen, die für Landwirtschaft und Ernährung von Bedeutung sind, frei zugänglich bleiben.
- Materiell prioritär bleibt eine hinreichende *finanzielle Ausstattung der internationalen Umsetzungsinstrumente* von CBD und FAO, die in den vergangenen Jahren immer wieder gefährdet war.
- Das *besondere Engagement der Bundesrepublik* sollte - neben der weiteren Umsetzung des sog. Clearinghouse-Mechanismus im Bereich "Technologie-transfer und Informationsaustausch" - ausgedehnt werden auf die Themen "Gestaltung bilateraler Nutzungsverträge" und "Entwicklung international praktikabler Sicherheitskriterien und -maßnahmen im Umgang mit Biotechnologie".
- Im Rahmen der *Entwicklungszusammenarbeit* sollte mit Blick auf Schutz und Nutzung weltweiter landwirtschaftlicher Biodiversität die Entwicklung angepasster und nachhaltiger Anbaumethoden in den jeweiligen Ländern und den internationalen Agrarforschungszentren (IARCs) verstärkt gefördert werden. Auch die international ausgerichtete deutsche Agrarforschung sollte gerade auf den Gebieten Biodiversität - pflanzengenetische Ressourcen ausgebaut werden.
- Die *Auswirkungen der Einführung neuer, speziell gentechnisch veränderter Pflanzensorten*, sollten mit besonderer Intensität in Ländern, die *in den Zentren genetischer Vielfalt* liegen, untersucht und beobachtet werden.

2. Handlungsmöglichkeiten nach Politikbereichen

Untersuchungsgegenstand dieses TA-Projektes ist, wie sich Züchtung und Gentechnik bei landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Kulturpflanzen auf den Verlust und die Bewahrung von biologischer Vielfalt und insbesondere von pflanzengenetischen Ressourcen auswirken. Der identifizierte Handlungsbedarf bezieht sich deshalb sowohl auf die Erhaltung als auch auf die nachhaltige Nutzung der biologischen Vielfalt (incl. pflanzengenetischer Ressourcen). Angesichts der Bedrohung der biologischen Vielfalt liegt der Schwerpunkt bei den Erhaltungsmaßnahmen.

Die Handlungsmöglichkeiten werden im folgenden nach Politikbereichen zusammengefaßt, nachdem sie zuvor ausführlich für die einzelnen Themenfelder entwickelt worden sind. Insbesondere auf inhaltliche Details der Handlungsmöglichkeiten wird hier nicht eingegangen. Vielmehr erfolgt eine Konzentration auf die wichtigsten Punkte. Auch auf Fragen der internationalen Zusammenarbeit (Kap. 1.12) wird nicht noch einmal eingegangen.

Die Zuständigkeiten bzw. Adressaten in den verschiedenen Handlungsbereichen werden benannt. Ebenso wird versucht, den Stand der Umsetzung bzw. den Zeithorizont für die Realisierung der Handlungsmöglichkeiten darzustellen. Die Handlungsmöglichkeiten stellen durchweg keine Alternativen dar, sondern haben einen ergänzenden Charakter.

2.1 Koordination zwischen verschiedenen Politikbereichen

Die Zuständigkeiten für die Erhaltung und Nutzung der biologischen Vielfalt sind vielfältig, und es besteht keine gemeinsame Rechtsgrundlage (Kap. II.5). Deshalb kommt einer engen Abstimmung und Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen betroffenen Politikfeldern und -ebenen eine hohe Bedeutung zu. Es sind vier Bereiche identifiziert worden, in denen die Koordination und Kooperation vorrangig verbessert werden sollte, um die Erhaltungsmaßnahmen effektiver und wirkungsvoller gestalten zu können. Dies sind

- eine europäische und eine deutsche Strategie zur biologischen Vielfalt,
- eine kombinierte Erhaltungsstrategie für pflanzengenetische Ressourcen,
- die organisatorische Zusammenführung von Genbanken sowie
- eine koordinierte Sicherheits- und Begleitforschung und ein Monitoring zu (gentechnisch veränderten) neuen Sorten.

In der Biodiversitätskonvention ist festgelegt (Art. 6 und 26), daß die Unterzeichnerstaaten bis 1998 nationale Strategien, Programme und Pläne zu entwickeln und vorzulegen haben (Kap. VI.1). Mit den vorliegenden Berichten der EU-Kommission und der Bundesregierung (Kap. VI.4.2) sind hierfür entscheidende Vorarbeiten geleistet worden. In Deutschland liegt die Zuständigkeit für die Biodiversitätskonvention beim Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Erhaltung und nachhaltige Nutzung der biologischen Vielfalt ist allerdings eine Querschnittsaufgabe, von der auf der Ebene des Bundes neben dem Umweltministerium eine Reihe weiterer Ressorts (z.B. Wirtschafts-, Landwirtschafts-, Forschungs-, Verkehrs-, Finanzministerium und

Ministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit) betroffen sind. In der europäischen und in der deutschen *Strategie zur biologischen Vielfalt* ist die Notwendigkeit einer *Integration der verschiedenen Politikbereiche* grundsätzlich anerkannt. Die Bundesregierung sollte dafür eintreten, daß die Gemeinschaftsstrategie der EU eine höhere Verbindlichkeit erhält und damit in die einzelnen Politikbereiche wirken kann. Innerhalb der Bundesregierung sollte die Koordinierung und Abstimmung der politischen Programme und Entscheidungen zur biologischen Vielfalt verbindlich geregelt werden. Auch dies könnte kurzfristig in Angriff genommen werden; allerdings ist bei der Etablierung neuer Koordinierungsmechanismen mit den üblichen Schwierigkeiten sektorübergreifender Politikgestaltung zu rechnen. Weiterhin sollten prioritär Qualitäts- und Handlungsziele zur biologischen Vielfalt in einem abgestimmten Verfahren erarbeitet werden. Hier kann teilweise auf Vorarbeiten zurückgegriffen werden, aber insgesamt wird es sich um eine längerfristige Aufgabe handeln. Neben der Koordination auf Bundesebene sollte die Abstimmung einerseits mit der EU und andererseits mit den Ländern verbessert werden. Für letzteres könnte die Einsetzung einer Bund-Länder-Arbeitsgruppe zur biologischen Vielfalt hilfreich sein. Schließlich wird alleine staatliches Handeln nicht ausreichen, um die biologische Vielfalt zu erhalten. Daher hat die Koordinierung zwischen staatlichen und nichtstaatlichen Akteuren ebenfalls eine große Bedeutung. Anknüpfend an die vorhandenen Ansätze (z.B. Beiträge von NROs zum Nationalbericht Biologische Vielfalt) sollte deshalb eine *kontinuierliche Einbeziehung interessierter und betroffener gesellschaftlicher Gruppen* in den Strategieentwicklungs- und -umsetzungsprozeß erfolgen.

Auch bei den pflanzengenetischen Ressourcen (für Ernährung, Land- und Forstwirtschaft) haben Ex-situ-, On-farm- und In-situ-Erhaltung jeweils spezifische Vor- und Nachteile und eine alleinige Konzentration auf einen Erhaltungsansatz kann den Anforderungen an die Erhaltung und nachhaltige Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen nicht gerecht werden. Innerhalb der einzelnen Erhaltungsansätze finden in Deutschland zahlreiche Aktivitäten statt, aber es fehlt ein abgestimmtes Verfahren zur Erhaltung von PGR unter Einbeziehung aller Erhaltungsformen (Kap. V.4). Deshalb sollte eine *kombinierte Erhaltungsstrategie zu pflanzengenetischen Ressourcen* entwickelt und umgesetzt werden. Die Erhaltung und Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen gehört zum Aufgabenbereich des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (BML). Innerhalb dieses Politikbereiches ist insbesondere eine Koordination zwischen Ex-situ- und On-farm-Erhaltung (und den unterschiedlichen beteiligten Institutionen) notwendig. Für die In-situ-Erhaltung ist

zusätzlich die Abstimmung mit der Naturschutzpolitik (und ihren Institutionen) von großer Relevanz. Für eine kombinierte Erhaltungsstrategie sind bereits weitreichende Vorarbeiten geleistet, so daß kurzfristig mit der inhaltlichen und organisatorischen Umsetzung begonnen werden könnte. Eine wichtige Rolle bei der Koordination könnte der vorgeschlagene Sachverständigenrat zu genetischen Ressourcen übernehmen (Kap. 2.3).

Innerhalb der Ex-situ-Maßnahmen wird die Erhaltung und Nutzung der pflanzen genetischen Ressourcen durch die organisatorische Trennung und unterschiedliche Zuständigkeit bei den Genbanken des IPK und der BAZ (früher FAL) behindert (Kap. V.1). Deshalb sollte dringend durch eine organisatorische Zusammenführung dieser Genbanken eine *zentrale deutsche Genbank für landwirtschaftliche und gartenbauliche Kulturpflanzen* geschaffen werden. Diese Zusammenführung ist schon direkt nach der deutschen Wiedervereinigung vorgeschlagen worden. Zur Realisierung bedarf es einer interministeriellen Einigung und einer entsprechenden neuen Zuordnung der Finanzmittel. Diese zentrale Genbank sollte im Zuständigkeitsbereich des BML liegen. Ihre Aufgaben sollten breit definiert werden und ein Ausbau bei Sammlung, Austausch, Erhaltung, Information und Forschung sollte vorgenommen werden, um der Bedeutung der PGR gerecht zu werden und um den zukünftigen Bedarf an PGR befriedigen zu können. Dazu bedarf es einer entsprechenden finanziellen und personellen Ausstattung.

Die *direkten und indirekten Auswirkungen neuer Sorten auf die biologische Vielfalt von Agrarökosystemen und verbundenen Ökosystemen* sind noch sehr unvollständig verstanden und sollten verstärkt untersucht werden. Prinzipiell ist dies für relevante neue Eigenschaften, die durch konventionelle und gentechnisch unterstützte Pflanzenzüchtung erzeugt wurden, gültig. Da mit Hilfe gentechnischer Methoden allerdings besonders neuartige Merkmale übertragen werden können, für die keine Erfahrungen aus dem traditionellen Anbau vorliegen, liegt die Aufmerksamkeit insbesondere bei den gentechnisch veränderten Sorten und hier sollte sie auch zukünftig bleiben. Bei der Anwendung der Gentechnik in der Pflanzenzüchtung sollten *Sicherheits- und Begleitforschung und die zu entwickelnden Monitoringaktivitäten gut aufeinander abgestimmt* werden. Hier bestehen unterschiedliche Zuständigkeiten, beim Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF) für die biologische Sicherheitsforschung, beim Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (BML) für die Sortenzulassung und für pflanzenbauliche und agrarökologische Fragen, beim Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) und dem Umweltbundesamt (UBA)

für die ökologische Begleitforschung und Langzeitmonitoring sowie beim Bundesgesundheitsministerium (BMG) und dem Robert-Koch-Institut (RKI) und der Zentralen Kommission für die Biologische Sicherheit (ZKBS) für Fragen der Freisetzung und des Inverkehrbringens sowie des Nachzulassungsmonitoring. Jüngst hat sich der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) in seinem Umweltgutachten 1998 für eine ökologische Dauerbeobachtung des großflächigen Anbaues transgener Pflanzen sowie für die Einrichtung einer zentralen Koordinationsstelle für die Umweltüberwachung transgener Organismen unter Beteiligung verschiedener Institutionen ausgesprochen. Abstimmungen und Austausch von Informationen und Erkenntnissen sollten einerseits zwischen grundlegender Sicherheitsforschung, Begleitforschung bei Freisetzungen, Risikoforschung und -bewertung bei Freisetzungen und Inverkehrbringen sowie der zu entwickelnden Dauerbeobachtung bzw. -monitoring zu transgenen Pflanzen und Sorten erfolgen. Andererseits sollten diese Aktivitäten mit Forschungs- und Beobachtungsvorhaben zu den Auswirkungen neuer Sorten auf die Sorten- und Kulturartenvielfalt, auf die landwirtschaftliche Anbaupraxis sowie auf die Vielfalt von Agrarökosystemen und verbundenen Ökosystemen verknüpft werden.

2.2 Forschungspolitische Handlungsmöglichkeiten

Forschungsfragen zur biologischen Vielfalt, zu den pflanzengenetischen Ressourcen sowie zur (konventionellen und gentechnisch unterstützen) Pflanzenzüchtung und ihren Auswirkungen werden mit unterschiedlichen Schwerpunkten vom BMBF sowie der Ressortforschung des BML und des BMU bearbeitet.

An verschiedenen Stellen dieses Berichtes ist darauf hingewiesen worden, daß im gesamten Themenfeld noch erhebliche Wissenslücken bestehen. Dies betrifft u.a. Kenntnisse zum Wesen und Bestand der biologischen Vielfalt, zur genetischen und innerartlichen Vielfalt, zu den Funktionen und Wechselwirkungen der Elemente von Ökosystemen, zu den Interaktionen zwischen Sorteneigenschaften und Anbautechnik bzw. -praxis sowie zu den Auswirkungen sozioökonomischer Rahmenbedingungen auf die Agrarbiodiversität. Erst recht trifft dies für mögliche langfristige Folgen von Verwilderung und vertikalem oder horizontalem Gentransfer aufgrund des Unwissens über Determinanten ökologischer Fitneß zu.

Aus den vielen Einzelhinweisen zu relevanten Forschungsfragen, insbesondere in den Kapiteln 1.1, 1.2 und 1.3, werden zusammenfassend im folgenden

zwei Schwerpunkte herausgearbeitet: zum einen die Erarbeitung einer umfassenden Strategie zur Erforschung der biologischen Vielfalt und zum anderen die teilweise Neuorientierung von Züchtungsforschung und Forschung zu pflanzen genetischen Ressourcen.

Eine *umfassende Forschungsstrategie zur biologischen Vielfalt* könnte insbesondere auf zahlreiche einzelne Forschungsaktivitäten der universitären und außeruniversitären Grundlagenforschung zur Systematik, Evolution, Genetik, Populationsbiologie, Mikrobiologie und Ökologie, der Naturschutzforschung des BMU und der Länder sowie der Umweltforschung des BMBF aufbauen. Ein Forschungsprogramm zur biologischen Vielfalt könnte als ein bedeutend aufgewerteter und ausgedehnter Themenschwerpunkt im Rahmen des Programms "Forschung für die Umwelt" der Bundesregierung gestaltet werden oder als ein neues Forschungsprogramm von BMBF und/oder BMU konzipiert werden. Eine solche Forschungsstrategie sollte Schwerpunkte bzw. Forschungsvorhaben zu den Grundlagen, zur Erfassung bzw. Inventarisierung und Bewertung, zur Funktionsweise und Bedeutung, zu der Entstehung und dem Verlust, zur Erhaltung und Nutzung sowie zur Überwachung bzw. zum Monitoring der biologischen Vielfalt auf allen drei Ebenen der Biodiversität umfassen. Eine genaue Konzeption für die inhaltliche Ausgestaltung und für die nationale und internationale Koordination der verschiedenen Forschungsrichtungen und -akteure wäre noch zu erarbeiten. Ein solches Programm sollte auch eine institutionelle Förderung beinhalten, um den Auf- und Ausbau entsprechender Forschungskapazitäten in Deutschland anzuregen.

Mit der *Neuorientierung von Züchtungsforschung und Forschung zu pflanzen genetischen Ressourcen* ist eine stärkere Orientierung hin auf die Erhöhung von Sorten- und Kulturartenvielfalt sowie auf die für die On-farm- und In-situ-Erhaltung pflanzen genetischer Ressourcen relevanten Kenntnislücken gemeint. Hierzu bestehen gut ausgearbeitete konzeptionelle Überlegungen und an zahlreiche laufende Arbeiten könnte angeknüpft werden. Hinsichtlich der On-farm-Erhaltung ist die systematische Inventur, Charakterisierung und Evaluierung von besonderer Bedeutung. Für die Erhaltung und Nutzung von In-situ-Vorkommen sind verstärkte Forschungsarbeiten zur Bestandsaufnahme, zum Monitoring, zur Charakterisierung, Evaluierung, Gefährdungsanalyse sowie zur Funktionsweise notwendig. Bei der Züchtungsforschung sollten vorrangig die vermehrte Nutzung von pflanzen genetischen Ressourcen und die Erweiterung des bearbeiteten Kulturartenspektrums verstärkt gefördert werden. Entscheidungen und Koordinierung hierfür liegen federführend beim BML. Teilweise ist eine Abstimmung mit anderen Ressorts notwendig, vor allem im Hinblick

auf die Forschung zur In-situ-Erhaltung mit dem BMU und bei der Züchtungsforschung mit dem BMBF.

2.3 Agrarpolitische Handlungsmöglichkeiten

Eine direkte Zuständigkeit des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (BML) besteht für die Nutzung und die Ex-situ- und On-farm-Erhaltung pflanzengenetischer Ressourcen. Für die In-situ-Erhaltung ist dagegen insbesondere die Naturschutzpolitik relevant, mit der eine enge Kooperation stattfinden sollte (s.o.).

Zur Verbesserung der einzelnen Erhaltungsansätze, zur Entwicklung abgestimmter Vorgehensweisen zwischen den Handlungsmöglichkeiten als auch zur nachhaltigen Nutzung der PGR sollten die Informations-, Beratungs- und Kooperationsmöglichkeiten weiter verbessert werden. Hierzu könnte insbesondere die Einsetzung eines *Sachverständigenrates zu genetischen Ressourcen* beitragen. Er sollte das BML insbesondere bei der Konzeption und Durchführung kombinierter Erhaltungsstrategien beraten, den Informationsaustausch und die Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen betroffenen Institutionen anregen sowie in einem gewissen Umfang Koordinierungsaufgaben übernehmen. Aus dieser Aufgabenbestimmung ergibt sich, daß kein rein wissenschaftlicher Sachverständigenrat, sondern ein Gremium unter Einbeziehung der interessierten und betroffenen gesellschaftlichen Gruppen gebildet werden sollte. Konzeptionelle Überlegungen für einen entsprechenden Sachverständigenrat liegen bereits vor (Kap. V.4.3). Die Realisierung dieser Handlungsoption könnte kurzfristig erfolgen.

Ex-situ-Maßnahmen (insbesondere Genbanken) spielen bei der Erhaltung der PGR eine unverzichtbare Rolle. Um dieser Verantwortung und den wachsenden Aufgaben gerecht werden zu können, sollte eine finanzielle und personelle *Stärkung der Genbanken* vorgenommen werden. Hierdurch sollte ermöglicht werden, die Langzeitlagerung und Regeneration auszubauen, die Charakterisierung und Evaluierung des Materials zu verstärken, die Sammlungen durch zielgerichtete Sammlungsstrategien zu ergänzen sowie Aufgaben der Koordination und Kooperation bei der Erhaltung von PGR zu übernehmen. Damit diese Option ihre volle Wirkung entfalten kann, sollte die vorgeschlagene Zusammenführung der Genbanken (s.o.) erfolgt sein.

Rechtliche Hemmnisse für den Handel und Anbau pflanzengenetischer Ressourcen im Saatgutverkehrsrecht sollten möglichst umgehend beseitigt werden.

Das Bundessortenamt hat bereits ein System zum *Inverkehrbringen* von "*Herkunftssaatgut*" bzw. PGR entwickelt, das weitgehende Zustimmung bei den Betroffenen findet (Kap. II.5.1). Die Bundesregierung sollte für eine entsprechende, möglichst kurzfristige Novellierung der Saatgutverkehrsrichtlinien der EU eintreten, damit dieses System eine rechtliche Grundlage erhält und angewendet werden kann.

Die Beseitigung saatgutverkehrsrechtlicher Hemmnisse ist eine wichtige Voraussetzung, wird aber alleine nicht ausreichen, um die On-farm-Erhaltung von PGR auszubauen. Deshalb sollte die *gezielte Förderung des Anbaus von pflanzen genetischen Ressourcen* aufgenommen und ausgebaut werden. Diese könnte im Rahmen der Verordnung (EWG) Nr. 2078/92 für umweltgerechte und den natürlichen Lebensraum schützende landwirtschaftliche Produktionsverfahren (Kap. II.5.4), der Agrarumweltprogramme des Bundes und der Länder (ohne Kofinanzierung der EU) oder der Stilllegungsflächen infolge der EG-Agrarreform erfolgen. Um entsprechende Förderprogramme bzw. -schwerpunkte anbieten zu können, sollten möglichst kurzfristig die notwendigen Vorarbeiten eingeleitet werden. Dazu gehört insbesondere eine umfassende und systematische Inventur Alter Sorten und Landsorten sowie die Entwicklung von Förderkriterien. Hierfür sollte das BML eine enge Zusammenarbeit mit den Ländern sowie NROs und Interessierten anstreben.

Schließlich sollte bei allen *agrarpolitischen Entscheidungen* geprüft werden, wie sie sich auf die Erhaltung der pflanzen genetischen Ressourcen und der biologischen Vielfalt insgesamt auswirken. Günstige Rahmenbedingungen für eine umweltverträgliche bzw. nachhaltige Landbewirtschaftung könnten einen wesentlichen Beitrag zur Erhaltung oder Wiederherstellung der Vielfalt in Agrarökosystemen und verbundenen Ökosystemen leisten.

2.4 Umwelt- und naturschutzpolitische Handlungsmöglichkeiten

Für den In-situ-Schutz der gesamten biologischen Vielfalt wie der pflanzen genetischen Ressourcen am natürlichen Wuchsort ist die Umwelt- und Naturschutzpolitik entscheidend. Die menschlichen Eingriffe und Nutzungen von Natur und Landschaft haben auch in Deutschland einschneidende Veränderungen der biologischen Vielfalt hervorgerufen (Kap. II.2.2 und BfN 1997, S. 32 ff.). Die Anstrengungen konzentrieren sich bisher auf den Flächen- und Gebietschutz (Schutzgebiete verschiedener Kategorien) und den Artenschutz (diverse

Artenschutzprogramme) (Kap. V.2). Dabei stehen in der Regel einzelne Arten oder Ökosysteme bzw. bestimmte Aspekte im Vordergrund, ein *umfassender Ansatz zur Erhaltung der biologischen Vielfalt (incl. pflanzengenetischer Ressourcen)* ist noch nicht ausreichend entwickelt und verankert.

Um die biologische Vielfalt als Ganzes erhalten zu können, sollte die *Erfassung* (Inventarisierung), *Bewertung* (Beurteilung der Entwicklungs- und Einwirkungspotentiale) und *Überwachung* (Monitoring) verbessert und ausgebaut werden. Sie bilden die Grundlage für zielgerichtetere Erhaltungs- und Schutzmaßnahmen. Hier kann auf zahlreiche Einzelaktivitäten und -untersuchungsvorhaben aufgebaut werden, aber es besteht noch ein erheblicher Forschungsbedarf, um die notwendigen Kenntnisse und Methoden zu erarbeiten (vgl. UBA 1996).

Mittlerweile ist unstrittig, daß die biologische Vielfalt alleine durch den Schutz ausgewählter Gebiete mit einem insgesamt geringen Flächenanteil nicht erhalten werden kann. Deshalb fordert auch die Biodiversitätskonvention die In-situ-Erhaltung innerhalb und außerhalb geschützter Flächen (Kap. VI.1). Daraus ergibt sich, daß eine *Konzeption zum flächendeckenden Schutz der biologischen Vielfalt*, d.h. zur *Erhaltung innerhalb und außerhalb von Schutzgebieten*, entwickelt und umgesetzt werden sollte. Insbesondere die In-situ-Erhaltung außerhalb von Schutzgebieten wäre dabei zu verbessern. Vorhandene Instrumente, wie der Vertragsnaturschutz oder die Agrarumweltprogramme, sollten hier zielgerichteter genutzt werden, um zur Erhaltung der genetischen Diversität, des Artenreichtums und der Ökosystemvielfalt beizutragen. Über reine Schutzvorgaben hinaus sollte dabei eine *Kombination von Erhaltung und Nutzung der biologischen Vielfalt* angestrebt werden, was eine *enge Kooperation von Naturschutz und Landwirtschaft* notwendig machen wird. Dieser Ansatz eignet sich außerdem besonders dafür, mit der On-farm- und In-situ-Erhaltung pflanzengenetischer Ressourcen verbunden zu werden. Für die Verknüpfung der Erhaltung innerhalb und außerhalb der Schutzgebiete ist außerdem die Entwicklung und Etablierung eines *Biotopverbundsystems* von großer Bedeutung. Mit dem unter Federführung des BMU erstellten Nationalbericht (Kap. VI.4.2) liegt ein erster Ansatz für ein strategisches Rahmenkonzept zum umfassenden Erhalt der biologischen Vielfalt vor. Seine konzeptionelle Weiterentwicklung, inhaltliche Konkretisierung und politische Umsetzung wird eine längerfristige Aufgabe sein.

Schutzgebiete der unterschiedlichen Kategorien dienen dem Erhalt sowohl natürlicher und naturnaher Gebiete (z.B. Nationalpark) und genutzter Kulturlandschaften (z.B. Landschaftsschutzgebiete) als auch dem Artenschutz (z.B.

geschützte Biotope) (Kap. II.5.4). Im Hinblick auf einen umfassenden Erhalt der biologischen Vielfalt ist die bisherige Schutzgebietsausweisung oftmals unzureichend, da eher isolierte Einzelbestandteile anstelle von Biotopkomplexen und Landschaftsteilen geschützt werden und bei der Gebietsausweisung die Schutzgebietsgröße (z.B. bei Naturschutzgebieten) nicht ausreichend nach funktionsökologischen Kriterien bestimmt wird. Aufbauend auf den bestehenden Schutzgebieten und den vorliegenden konzeptionellen Überlegungen, sollte eine *systematische Ausweisung von Schutzgebieten* angestrebt werden, im Rahmen eines Systems abgestufter Schutzgebiete. Als erster Schritt hierzu wären bundeseinheitliche Ziele und Kriterien für die Schutzgebietsausweisung zu erarbeiten. Diese sollten mit Qualitäts- und Handlungszielen zur biologischen Vielfalt verknüpft werden. Hierzu ist eine Verbesserung und Intensivierung der Zusammenarbeit von Bund und Ländern notwendig.

Die Defizite bei der Schutzgebietsausweisung werden auch bei der nationalen *Umsetzung der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie der EU* (Richtlinie Nr. 92/43/EWG) deutlich. Diese Richtlinie ist das derzeit umfassendste Naturschutzinstrument der Europäischen Union, mit erheblicher Bedeutung für die Erhaltung der biologischen Vielfalt. Ihr Ziel ist die Entwicklung eines EU-weiten Netzwerkes von Schutzgebieten zur Erhaltung bedrohter Lebensräume sowie besonders gefährdeter Tier- und Pflanzenarten (Netzwerk NATURA 2000), für die eine besondere Verträglichkeitsprüfung bei Eingriffen, eine Erfolgskontrolle sowie eine Überwachung (Monitoring) verlangt werden. Der verbindlich vorgeschriebene Zeitplan ist sowohl bei der Umsetzung in nationales Recht als auch bei der nationalen Gebietsmeldung erheblich überschritten worden. Nach wie vor haben die Bundesländer erst eine ungenügende Zahl von Schutzgebieten für NATURA 2000 angemeldet. Die Umsetzungsdefizite bei der FFH-Richtlinie - als ein zentrales Instrument für die In-situ-Erhaltung der biologischen Vielfalt - sollten deshalb möglichst schnell abgebaut werden. Hier ist die Naturschutzpolitik des Bundes und der Länder gefordert.

Für ein *zielgerichtetes Management der Schutzgebiete* sind entsprechende *Pflege- und Entwicklungspläne* sowie die darauf aufbauenden Maßnahmen unverzichtbar. Für zahlreiche Naturschutz- und Großschutzgebiete fehlen nach wie vor Pflege- und Entwicklungspläne. Besonders defizitär sind Effizienzkontrollen der durchgeführten Maßnahmen (Kap. V.2.3). Deshalb sollten Pflege- und Entwicklungspläne sowie regelmäßige Kontrollen des Erhaltungszustandes und der Maßnahmeneffizienz, unter Berücksichtigung der verschiedenen Ebenen der biologischen Vielfalt, verbindlich vorgeschrieben und umgesetzt werden. Hierzu wäre eine Verständigung zwischen Bund und Ländern notwendig.

Bis zu einer breiten praktischen Umsetzung dieser Handlungsmöglichkeit ist voraussichtlich ein längerer Zeitraum erforderlich.

Literatur

1. Vom TAB in Auftrag gegebene Gutachten

ALBRECHT, ST.; BEUSMANN, V.; FLATTEN, M.; GEMKOW, M.; SCHORR, CH. (1997): Direkte und indirekte Auswirkungen konventioneller und gentechnisch unterstützter Pflanzenzüchtung auf die Biodiversität. Gutachten. FG Landwirtschaft und Pflanzenzüchtung des Forschungsschwerpunktes Biotechnik, Gesellschaft und Umwelt (FSP BIOGUM) der Universität Hamburg

FRIEDT, W.; LÜHS, W.; ORDON, F. (1997): Zuchtziele konventioneller und gentechnischer Pflanzenzüchtung und die Bedeutung pflanzengenetischer Ressourcen. Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I, Justus-Liebig-Universität Giessen

HAMMER, K. (1997): Evaluation von Ex-situ- und In-situ-Maßnahmen zur Erhaltung pflanzengenetischer Ressourcen sowie Ableitung von Handlungsbedarf und -ansätzen. Gutachten. Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK),
Gatersleben

PLÄN, TH. (1997): Evaluation von Ex-situ- und In-situ-Maßnahmen zur Erhaltung pflanzengenetischer Ressourcen sowie Ableitung von Handlungsbedarf und -ansätzen. Gutachten. Institut für Naturschutzforschung (inf), Regensburg

2. Weitere Literatur

ALTMANN, J. (1997): Handelspolitik im Dienste des Umweltschutzes? In: Altnner et al. 1997, S. 57-67

ALTNER, G., METTLER VON MEIBOOM, B., SIMONIS, U.E., WEIZSÄCKER, E.U. (Hg.) (1997): Jahrbuch Ökologie 1998. München

AMMANN, K., JACOT, Y., RUFENER AL MAZYAD, P. (1996): Field release of transgenic crop in Switzerland - An ecological risk assessment of vertical gene flow. In: Schulte/Käppeli 1996, S. 101-157

AUER, M. (1997): UNEP/COP: Ergebnisse der Dritten Vertragsstaatenkonferenz des VN-Übereinkommens über Biologische Vielfalt. In: ATSAF-Circular 48, S. 36-39

BECKER, H (1997): Der Begriff "Biologische Vielfalt". In: BML 1997a, S. 9-17

- BEGEMANN, F. (1995): Internationale Rahmenbedingungen und Begriffsbestimmungen auf dem Gebiet der Erhaltung pflanzengenetischer Ressourcen. In: Kleinschmit, J., Begemann, F., Hammer, K. (Hg.): Erhaltung pflanzengenetischer Ressourcen in der Land- und Forstwirtschaft. IGR/ZADI, Schriften zu Genetischen Ressourcen 1, Bonn, S. 7-13
- BEGEMANN, F., HAMMER, K. (1993): Analyse der Situation pflanzengenetischer Ressourcen in der Bundesrepublik Deutschland nach der Wiedervereinigung - unter besonderer Berücksichtigung der Genbank Gatersleben - sowie konzeptionelle Überlegungen für ein deutsches Gesamtprogramm. In: Schriftenreihe des BML: Angewandte Wissenschaft, Heft 11, Bonn, S. 1-76
- BEGEMANN, F., OETMANN, A. (1997): Erhaltung und Bearbeitung pflanzengenetischer Ressourcen. In: Erdmann/Spandau 1997, S. 221-240
- BEGEMANN, F., VÖGEL, R. (Hg.) (1996): In-situ-Erhaltung pflanzengenetischer Ressourcen in der Bundesrepublik Deutschland am natürlichen Standort und on farm. IGR/ZADI, Schriften zu Genetischen Ressourcen 2, Bonn
- BFN (Bundesamt für Naturschutz) (Hg.) (1995): Materials on the Situation of Biodiversity in Germany. Bonn
- BFN (Bundesamt für Naturschutz) (Hg.) (1996): Daten zur Natur. Bonn
- BFN (Bundesamt für Naturschutz) (Hg.) (1997): Erhaltung der biologischen Vielfalt. Wissenschaftliche Analyse deutscher Beiträge. Bonn
- BLAB, J., KLEIN, M. (1997): Biodiversität - ein neues Konzept für den Naturschutz? In: Erdmann/Spandau 1997, S. 201-220
- BLÜMLEIN, G., HENNE, G. (1996): Strategie zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen als Teil der biologischen Vielfalt in der Bundesrepublik Deutschland aus Sicht des Forums Umwelt und Entwicklung. In: Bege-
mann/Vögel 1996, S. 28-36
- BMJ (Bundesminister der Justiz) (1996): Aufzeichnung zu dem Vorschlag der Kommission der Europäischen Gemeinschaften für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über den rechtlichen Schutz biotechnologischer Erfindungen. Bonn, Dezember 1996. Ausschuß für Bildung, Wissenschaft, Forschung, Technologie und Technikfolgenabschätzung, Ausschuß-Drucksache 13-578
- BML (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten) (Hg.) (1996a): Nutzpflanzen, Vielfalt für die Zukunft. Deutscher Bericht zur Vorbereitung der 4. Internationalen Konferenz der FAO über pflanzengenetische Ressourcen vom 17.-23. Juni 1996 in Leipzig. Bonn
- BML (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten) (Hg.) (1996b): Genetische Vielfalt der Nutzpflanzen in Deutschland - Wichtige Ressource für unsere Land- und Forstwirtschaft. Bonn
- BML (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten) (Hg.) (1997a): Biologische Vielfalt in Ökosystemen - Konflikt zwischen Nutzung und Erhaltung. Schriftenreihe des BML, Reihe A: Angewandte Wissenschaft, Heft 465, Bonn

BML (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten) (Hg.) (1997b): Nationale Umsetzung des Globalen Aktionsplans der FAO zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen. Bericht an den Ausschuß für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Deutschen Bundestages (BML 625-0030; 01.12.1997), Bonn, unveröffentlicht

BML (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten) (Hg.) (1997c): Die Grüne Gentechnik. In: Landwirtschaft heute. Schriftenreihe des BML, Bonn

BML (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten) (Hg.) (1998): Agrarbericht 1998, Agrar- und ernährungspolitischer Bericht der Bundesregierung. Bundestags-Drucksache 13/9823, Bonn

BML/IGR (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten/Informationszentrum für Genetische Ressourcen, Zentralstelle für Agrardokumentation und -information) (Hg.) (1997): 4. Internationale Technische Konferenz der FAO über Pflanzengenetische Ressourcen - Konferenzbericht, Leipziger Deklaration, Globaler Aktionsplan und Weltzustandsbericht. IGR/ZADI Schriften zu Genetischen Ressourcen, Sonderband, Bonn

BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (Hg.) (1998): Bericht der Bundesregierung nach dem Übereinkommen über die biologische Vielfalt - Nationalbericht Biologische Vielfalt. Entwurf, Stand 12.02.1998, Bonn

BMU (Bundesumweltministerium) (Hg.) (o.J.): Umweltpolitik, Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung im Juni 1992 in Rio de Janeiro - Dokumente. Bonn

BOMMER, D.F.R. (1996): Internationale und nationale Strategien. In: Begemann, F. Ehling, C., Falge, R. (Hg.): Vergleichende Aspekte der Nutzung und Erhaltung pflanzen- und tiergenetischer Ressourcen. IGR/ZADI, Schriften zu Genetischen Ressourcen 5, Bonn, S. 1-21

BOMMER, D.F.R., BEESE, K. (1990): Pflanzengenetische Ressourcen - Ein Konzept zur Erhaltung und Nutzung für die Bundesrepublik Deutschland. Schriftenreihe des BML, Reihe A: Angewandte Wissenschaft, Heft 388, Münster-Hiltrup

BROOKES, M. (1997): A clean break - Conservation and genetics make bad bed fellows. In: New Scientist, 1. November, S. 64

BUNDESREGIERUNG (1996): Gesetzentwurf der Bundesregierung - Entwurf eines Gesetzes zur Neuregelung des Naturschutzes und der Landschaftspflege, zur Umsetzung gemeinschaftsrechtlicher Vorschriften und zur Anpassung anderer Rechtsvorschriften. Deutscher Bundestag, Drucksache 13/6441, Bonn

BUNDESREGIERUNG (1997): Gesetzentwurf der Bundesregierung - Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Sortenschutzgesetzes. Deutscher Bundestag, Drucksache 13/7038, Bonn

CEPPI, M. (1994): In situ conservation of crop relatives with special focus on Teosinte. The Biodiversity/Biotechnology Programme Working Paper No. 16. International Academy of the Environment, Geneva

- DAELE, W. van den, PÜHLER, A., SUKOPP, H. (1996): Grüne Gentechnik im Widerstreit - Modell einer partizipativen Technikfolgenabschätzung zum Einsatz transgener herbizidresistenter Pflanzen. Weinheim u.a.O.
- DETHLEFSEN, V., WESTERNHAGEN, H. v. (1997): Marine Biodiversität am Beispiel von Veränderungen in der Artenzusammensetzung pelagischer Fischembryonen in der südlichen Nordsee. In: BML 1997a, S. 140-152
- DE VRIES, F.T., VAN DER MEIJDEN, R., BRANDENBURG, W.A. (1992): Botanical files. A study of the real chances for spontaneous gene flow from cultivated plants to the wild flora of the Netherlands. In: Gorteria Suppl. 1, S. 1-100
- DNR (Deutscher Naturschutzring, EU-Koordinationsstelle) (1998): Kommission legt Biodiversitätsstrategie der EU vor. In: EU-Rundschreiben 3/98, S. 7-9
- ECKELKAMP, C., JÄGER, M., WEBER, B. (1997a): Risikoüberlegungen zu transgenen virusresistenten Pflanzen. Umweltbundesamt, Texte 59/97, Berlin
- ECKELKAMP, C., MAYER, M., WEBER, B. (1997b): BASTA-resistenter Raps: Vertikaler und horizontaler Gentransfer unter besonderer Berücksichtigung des Standortes Wölfersheim-Melbach. Öko-Institut, Werkstattreihe Nr. 100, Freiburg
- EINSET, J.W. (1985): Chemicals that regulate plants. In: Arnoldia 45, S. 28-34
- EPPING, B. (1997): Widerstand gegen grüne Gentechnik. In: Die ZEIT Nr. 51, 12. Dezember
- ERDMANN, K.-H. (1996): Erhaltung pflanzen- und tiergenetischer Ressourcen in Biosphärenreservaten: Ziele, Aufgaben und Konzepte. In: Begemann/Vögel 1996, S. 10-27
- ERDMANN, K.-H. (1997): Biosphärenreservate der UNESCO: Schutz der Natur durch eine dauerhaft-umweltgerechte Entwicklung. In: Erdmann/Spandau 1997, S. 51-69
- ERDMANN, K.-H., SPANDAU, L. (Hg.) (1997): Naturschutz in Deutschland. Strategien - Lösungen - Perspektiven. Stuttgart
- EU-KOMMISSION (1995): Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über den rechtlichen Schutz biotechnologischer Erfindungen vom 13.12.1995. KOM(95) 661 endg.
- EU-KOMMISSION (1997): Bericht der Kommission an den Rat und an das Europäische Parlament über die Umsetzung der Verordnung (EG) Nr. 1467/94 des Rates vom 20. Juni 1994. KOM(97) 327 endg.
- EU-KOMMISSION (1998): Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament über eine Gemeinschaftsstrategie zur Erhaltung der Artenvielfalt. KOM(1998)42, Brüssel
- EUROMAB (1993): Access - A directory of contacts, environmental data bases, and scientific infrastructure on 175 biosphere reserves in 32 countries. Virginia

EUROPÄISCHES PARLAMENT (1997): Bericht zum Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über den rechtlichen Schutz biotechnologischer Erfindungen. A4-0222/97 vom 25. Juni 1997

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (Hg.) (1996): Report on the state of the world's plant genetic resources, prepared for the International Technical Conference on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. Rome

FLITNER, M. (1995): Sammler, Räuber und Gelehrte. Die politischen Interessen an pflanzengenetischen Ressourcen 1895-1995. Frankfurt

FORUM UMWELT & ENTWICKLUNG (Hg.) (1997): Umwelt und Entwicklung - Eine Bilanz. Bonn

FRANCK-OBERASPACH, S.L., KELLER, B. (1996): Produktesicherheit von krankheits- und schädlingsresistenten Nutzpflanzen: Toxikologie, allergenes Potential, Sekundäreffekte und Markergene. In: Schulte/Käppeli 1996, S. 15-100

GETTKANT, A., SIMONIS, U.E., SUPLIE, J. (1997a): Biopolitik für die Zukunft, Kooperation oder Konfrontation zwischen Nord und Süd. Stiftung Entwicklung und Frieden, Policy Paper 4, Bonn

GETTKANT, A., SIMONIS, U.E., SUPLIE, J. (1997b): Die Biodiversitätskonvention: Der lange Weg vom Verhandeln zum Handeln. In: Altner et al. 1997, S. 82-91

GFP (Gemeinschaft zur Förderung der privaten deutschen Pflanzenzüchtung) (1997): Geschäftsbericht 1997. Bonn

GIACOMETTI, S.C. (1993): The management of genetic resources as a component of biological diversity. In: Diversity 9 (3), S. 10-13

GOERKE, W., ERDMANN, K.-H. (1994): Man and the Biosphere (MAB). A global programme for the environment - Biosphere reserves: A national and international contribution to support sustainable development. In: Begemann, F., Hammer, K. (Hg.): Integration of Conservation Strategies of Plant Genetic Resources in Europe. Proc. Int. Symp., Gatersleben, S. 120-131

GRIME, J.P. (1997): Biodiversity and ecosystem function: The debate deepens. In: Science 277, S. 1260-1261

GÜNDERMANN, G. (1997): Biologische Vielfalt in Ökosystemen: Konflikte zwischen Nutzung und Erhaltung - Rechtlicher Rahmen. In: BML 1997a, S. 226- 237

HAMMER, K. (1996): Concept of the integrated genebank - the Gatersleben model - Key issues of conservation and utilization of plant genetic resources. In: Proc. Int. Workshop, 10-23 June 1996, DSE, Zschortau, S. 11-13

HAMMER, K., GLADIS, TH. (1996): Funktionen der Genbank des IPK Gatersleben bei der In-situ-Erhaltung on farm. In: Begemann/Vögel 1996, S. 83-89

HAMMER, K., PERRINO, P. (1995): Plant genetic resources in South Italy and Sicily - Studies toward in situ and on farm conservation. In: Plant Genetic Resources Newsletters 103, S. 19-23

- HAMMER, K., WILLNER, E. (1996): Erhaltungsmöglichkeiten genetischer Ressourcen von Futterpflanzen in situ und ex situ. In: Begemann, F. Ehling, C., Falge, R. (Hg.): Vergleichende Aspekte der Nutzung und Erhaltung pflanzen- und tiergenetischer Ressourcen. IGR/ZADI, Schriften zu Genetischen Ressourcen 5, Bonn, S. 135-151
- HAMMER, K., LEHMANN, C.O., PERRINO, P. (1985): Die in den Jahren 1980, 1981 und 1982 in Süditalien gesammelten Getreide-Landsorten - botanische Ergebnisse. In: Kulturpflanze 33, S. 237-267
- HARLAN, J.R., DE WET, J.M.J. (1971): Toward a rational classification of cultivated plants. In: Taxon 20, S. 509-517
- HARRINGTON, J.F. (1970): Seed and pollen storage for conservation of plant gene resources. In: Frankel, O.H., Bennett, E. (Hg.): Genetic resources in plants - their exploration and conservation, S. 501-522
- HORNEBURG, B. (1996): Die Notwendigkeit einer In-situ-Erhaltung pflanzengenetischer Ressourcen on farm aus Sicht der praktischen Landwirtschaft. In: Begemann/Vögel 1996, S. 200-203
- HORNEBURG, B. (1997): Sortenamt mit zwiespältiger Samenspende - Positive und negative Aspekte der Debatte um die Zulassung von Landsorten. In: Bauernstimme 10/97, S. 7
- IBPGR (1984): IBPGR policy statement on in situ conservation of wild crop relatives. In: FAO/IBPGR Plant Genetic Resources Newsletter 59, S. 25-26
- IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements) (1997): Information about file Petition vs. US EPA on transgenic B.t. plants. Press Release, 16. September. In: <http://ecoweb.dk/ifoam/gmo/pr970916.htm>
- KAREIVA, P., PARKER, I. (1996): Umweltrisiken genetisch veränderter Organismen und Schlüsselprobleme ihrer Regulierung. In: Arbeitsmaterialien zur Technikfolgenabschätzung und -bewertung der modernen Biotechnologie Nr. 8, Universität Hamburg, FSP BIOGUM, S. 2-14
- KLEINER, K. (1997): Fields of genes. In: New Scientist, 16. August, S. 4
- KOSAK, B. (1996): Zustandsbericht zur Erhaltung genetischer Ressourcen für Ernährung und Landwirtschaft in Deutschland. In: Begemann/Vögel 1996, S. 4-9
- KRATTIGER, A.F. (1997): Insect resistance in crops: A case study of *Bacillus thuringiensis* (B.t.) and its transfer to developing countries. International Service for the Acquisition of Agribiotech Applications, ISAAA Briefs No. 2, Ithaca, NY
- LÜCKEMEYER, M. (1997): Politische Vorgaben zur Sicherung der biologischen Vielfalt. In: BML 1997a, S. 253-165

MAHN, E.-G. (1994): Zu den Auswirkungen der Einführung herbizidresistenter Kulturpflanzen auf Ökosysteme. In: Verfahren zur Technikfolgenabschätzung des Anbaus von Kulturpflanzen mit gentechnisch erzeugter Herbizidresistenz, Heft 10, Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung, Abteilung "Normbildung und Umwelt", Berlin

MRLU SACHSEN-ANHALT (Ministerium für Raumordnung, Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt) (Hg.) (1997): Schutz der heimischen pflanzen-genetischen Ressourcen und ihrer Lebensräume im Land Sachsen-Anhalt (Farn- und Blütenpflanzen). Magdeburg

NATIONALES KOMITEE (Hg.) (1996): Protokoll der letzten Sitzung des Nationalen Komitees zur Vorbereitung der Internationalen Technischen Konferenz über pflanzen-genetische Ressourcen der FAO. 30.-31.10.1996 in der Deutschen Landjugend-akademie Bonn-Röttgen. Bonn, unveröffentlicht

NATUR UND LANDSCHAFT (1997): Wie schützt man die genetische Vielfalt? In: Band 72 (1), S. 54-55

OETMANN, A. (1994): Untersuchungen zur intraspezifischen phänotypischen Variabilität autochthoner Weidelgrasherkünfte (*Lolium perenne* L.) und ihre Bedeutung für die Erhaltung wertvoller Standorte vor Ort (in situ). Dissertation, Kassel

PAN (Pestizid Aktions-Netzwerk) (1997): Gentechnologie und Pflanzenschutz: PAN zum Anbau von insektenresistenten Pflanzen. Hamburg

PLÄN, Th. (1994): Ökologische Chancen und Risiken des Einsatzes biotechnologischer Verfahren zur nachhaltigen Nutzung biologischer Ressourcen in "Entwicklungsländern" - Eine Untersuchung in drei Szenarien. Gutachten im Auftrag des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB). Regensburg

RKI (Robert-Koch-Institut) (1998): Genetik/Gentechnik, Freisetzungen innerhalb der EU. In: <http://www.rki.de/gentec/freisetzungen/freieu.htm>

ROUSH, R.T., SHELTON, A.M. (1997): Assessing the odds: The emergence of resistance to Bt transgenic plants. In: Nature Biotechnology 15 (9), S. 816-817

RUTZ, H.W. (1996): Internationale und europäische Entwicklungen im Sortenschutz und Saatgutverkehr. In: Begemann, F. (Hg.): Zugang zu Pflanzengenetischen Ressourcen für die Ernährung und Landwirtschaft - der Diskussionsprozeß in Deutschland. IGR/ZADI, Schriften zu Genetischen Ressourcen 3, Bonn, S. 23-31

SCHAUZU, M. (1997): "Novel Foods" in Deutschland - aktueller Stand. In: Bundesgesundheitsblatt 7/97, S. 244-248

SCHMIDT, G.W. (1995): In-situ-Erhaltung pflanzengenetischer Ressourcen im ökologischen Landbau. In: Kleinschmit, J., Begemann, F., Hammer, K. (Hg.): Erhaltung pflanzengenetischer Ressourcen in der Land- und Forstwirtschaft. IGR/ZADI, Schriften zu Genetischen Ressourcen 1, Bonn, S. 116-135

SCHROETER, K.A. (1997): Anwendungsprobleme der Novel Food-Verordnung. In: Zeitschrift für das gesamte Lebensmittelrecht 4/97, S. 373-390

SCHULTE, E., KÄPPELI, O. (Hg.) (1996): Gentechnisch veränderte krankheits- und schädlingsresistente Nutzpflanzen: Eine Option für die Landwirtschaft? Band I: Materialien. Fachstelle für Biosicherheitsforschung und Abschätzung von Technikfolgen des Schwerpunktprogrammes Biotechnologie des Schweizerischen Nationalfonds (BATS), Basel

SCHULTE, E., KÄPPELI, O. (1997): Gentechnisch veränderte krankheits- und schädlingsresistente Nutzpflanzen: Eine Option für die Landwirtschaft? Band II: Abschlußbericht. Fachstelle für Biosicherheitsforschung und Abschätzung von Technikfolgen des Schwerpunktprogrammes Biotechnologie des Schweizerischen Nationalfonds (BATS), Basel

SCHULZE-MOTEL, J. (Hg.) (1986): Rudolf Mansfelds Kulturpflanzenverzeichnis. Berlin

SCHWÄRZEL, H., SCHWÄRZEL, M. (1996): Sicherung obstgenetischer Ressourcen im Land Brandenburg unter Berücksichtigung von Obstbau, Landespflege und Landschaftsökologie. In: Begemann/Vögel 1996, S. 55-62

SKORUPINSKI, B. (1996): Gentechnik für die Schädlingsbekämpfung: eine ethische Bewertung der Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen in der Landwirtschaft. Stuttgart

SOLBRIG, O.T. (1994): Biodiversität - Wissenschaftliche Fragen und Vorschläge für die internationale Forschung. Deutsches Nationalkomitee für das UNESCO-Programm "Der Mensch und die Biosphäre", Bonn

SRU (Rat von Sachverständigen für Umweltfragen) (1985): Sondergutachten "Umweltprobleme der Landwirtschaft". Deutscher Bundestags, Drucksache 10/3613, Bonn

SRU (Rat von Sachverständigen für Umweltfragen) (1998a): Kurzfassung des Umweltgutachtens 1998. Umweltschutz: Erreichtes sichern - neue Wege gehen - Schlußfolgerungen und Handlungsempfehlungen. Wiesbaden

SRU (Rat von Sachverständigen für Umweltfragen) (1998b): Umweltgutachten 1998. Umweltschutz: Erreichtes sichern - neue Wege gehen. Wiesbaden

STEGEMANN, R. (1996): Die Bedeutung des einheimischen Wissens bei der In-situ-Erhaltung von genetischen Ressourcen. In: Begemann/Vögel 1996, S. 37-45

STEINBERGER, J. (1995a): Möglichkeiten und Defizite der Saatgutgesetzgebung hinsichtlich ihrer Auswirkung auf die Erhaltung genetischer Ressourcen im landwirtschaftlichen Bereich. In: Kleinschmit, J., Begemann, F., Hammer, K. (Hg.): Erhaltung pflanzengenetischer Ressourcen in der Land- und Forstwirtschaft. IGR/ZADI, Schriften zu Genetischen Ressourcen Band 1, Bonn, S. 150-158

STEINBERGER, J. (1995b): Sortenschutz und Saatgutverkehrsgesetz. In: BUKO (Hg.): BIOPOLY, Briefing zu pflanzengenetischen Ressourcen und zur biologischen Vielfalt Nr. 2, S. 1-3

- TAB (Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag) (Hg.) (1996): Monitoring "Nachwachsende Rohstoffe" - Verbrennung von Biomasse zur Wärme- und Stromgewinnung (Autoren: Rösch, Ch., Wintzer, D., Leible, L., Nieke, E.). TAB-Arbeitsbericht Nr. 41, Bonn
- TAB (Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag) (Hg.) (1997a): Monitoring "Nachwachsende Rohstoffe" - Vergasung und Pyrolyse von Biomasse (Autoren: Rösch, Ch., Wintzer, D.). TAB-Arbeitsbericht Nr. 49, Bonn
- TAB (Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag) (Hg.) (1997b): Monitoring "Nachwachsende Rohstoffe" - Pflanzliche Öle und andere Kraftstoffe aus Pflanzen (Autorin: Rösch, Ch.). TAB-Arbeitsbericht Nr. 53, Bonn
- TABASHNIK, B. E. (1994): Evolution of resistance to *Bacillus thuringiensis*. In: Annu. Rev. Entomol. 39, S. 47-79
- TABASHNIK, B.E., LIU, Y.-B., FINSON, N., MASSON, L., HECKEL, D.G. (1997): One gene in diamondback moth confers resistance to four *Bacillus thuringiensis* toxins. In: Proc. Natl. Acad. Sci. USA 94, S. 1640-1644
- TIEGEL, D., ERBER, A. (1996): Biodiversität. Deutscher Bundestag, Wissenschaftlicher Dienst, Der Aktuelle Begriff 3/96, Bonn
- TORGERSEN, H. (1996): Ökologische Effekt von Nutzpflanzen - Grundlage für die Beurteilung transgener Pflanzen? Zusammenfassung und Interpretation der Projektergebnisse. Institut für Technikfolgen-Abschätzung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien
- UBA (Umweltbundesamt) (1996): Langzeitmonitoring von Umwelteffekten transgener Organismen - Arbeitstagung am 5./6. Oktober 1995 in Berlin. Arbeitskreis Gentechnik & Ökologie der Gesellschaft für Ökologie e.V. im Auftrag des Umweltbundesamtes, UBA-Texte 58/96, Berlin
- UMWELTAUSSCHUß (1997): Beschlußempfehlung und Bericht des Ausschusses für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Bundesnaturschutzgesetz). Deutscher Bundestag, Drucksache 13/7778, Bonn
- UNEP (United Nations Environment Programme) (1995): Global Biodiversity Assessment (Hg.: Heywood, V.H.; Watson, R.T.). Cambridge, UK
- UNESCO (Hg.) (1984): UNESCO-Programm "Mensch und Biosphäre" (MAB). Paris
- WEIGEL, H.J. (1997): Globale Umweltveränderungen und biologische Vielfalt. In: BML 1997a, S. 185-202
- WILSON, E.O. (1997): Introduction. In: Abe, T., Levin, S.A., Higashi, M. (Hg.): Biodiversity - An Ecological Perspective. New York, S. 1-5
- WÖHRMANN, K., TOMIUK, J., BRAUN, P. (1996): Die Problematik der Freisetzung transgener Organismen aus der Sicht der Populationsbiologie: Eine Literaturübersicht. In: Arbeitsmaterialien zur Technikfolgenabschätzung und -bewertung der modernen Biotechnologie Nr. 8, Universität Hamburg, FSP BIOGUM

WOLFRUM, R., STOLL, P.-T. (1996): Der Zugang zu genetischen Ressourcen nach dem Übereinkommen über die biologische Vielfalt und dem deutschen Recht. Umweltbundesamt, Berichte 7/96, Berlin

WOOD, D., LENNE, J.M. (1997): The conservation of agrobiodiversity on farm: Questioning the emerging paradigm. In: Biodiversity and Conservation 6 (1), S. 109-129

WOOLF, N.B. (1990): Biotechnologies sow seeds for the future. In: BioScience 40 (5), S. 346-348

ZIMMER, Y. (1998): Kommentierung zum TA-Projekt "Gentechnik, Züchtung und Biodiversität". Kleinwanzlebener Saatzucht AG (KWS), Einbeck, 3.2.98

Anhang

1. Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Artenreichtum der Pflanzen, der pflanzengenetischen Ressourcen und der genutzten landwirtschaftlichen Kulturpflanzen	31
Tab. 2: Genpools von Nutzpflanzen zur Abgrenzung pflanzengenetischer Ressourcen	33
Tab. 3: Abschätzungen zum globalen Artenverlust	42
Tab. 4: Konzentration der Ackerflächenanteile (% AF) der angebauten Kulturarten (alte Bundesländer).....	58
Tab. 5: Anteil von Winterweizensorten an der Gesamtvermehrungsfläche (1980 bis 1991)	66
Tab. 6: Vergleich von Patent- und Sortenschutz	77
Tab. 7: Sorteneigenschaften (für die in den nächsten 10 Jahren signifikante Veränderungen erwartet werden) mit potentiell indirekten Auswirkungen auf die biologische Vielfalt der Agrarökosysteme.....	117
Tab. 8: Systematik der Auswirkungen neuer Sorten auf die biologische Vielfalt.....	127
Tab. 9: Potentieller Einfluß von HR-Pflanzen auf die Ackerbegleitflora	142
Tab. 10: Experimentell ermittelte Fremdbestäubungsraten von Raps	157
Tab. 11: Ausbreitungsindices und Wahrscheinlichkeit eines vertikalen Gentransfers auf verwandte Wildarten für Hauptfrüchte der Schweiz	159
Tab. 12: Eintrittswahrscheinlichkeit von horizontalen Gentransferereignissen bei konventionell gezüchteten und gentechnisch veränderten Pflanzen	166
Tab. 13: Technologien zur Ex-situ-Konservierung für unterschiedliche PGR.....	178

2. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Bestandteile der Biodiversität	29
Abb. 2: Bestandteile der pflanzengenetischen Ressourcen.....	32
Abb. 3: Zuchtziele der Pflanzenzüchtung.....	35
Abb. 4: Bereiche der modernen Biotechnologie	36

Abb. 5: Gefährdung von Biotoptypen in Deutschland und deren Regenerationsfähigkeit (Auswertung der Roten Liste der Biotoptypen).....	44
Abb. 6: Entwicklung der Ackerflächennutzung in den alten Bundesländern von 1955 bis 1995	59
Abb. 7: Entwicklung der Anbaufläche der Getreidearten in den alten Bundesländern von 1955 bis 1995	60
Abb. 8: Entwicklung der Anbauflächen der Hauptkulturarten in der DDR bzw. den neuen Bundesländern von 1950 bis 1995	62
Abb. 9: Anzahl und Verteilung der Freisetzungsanträge für gentechnisch veränderte Organismen (zu 96,8 % Pflanzen) in den EU-Mitgliedsstaaten	114
Abb. 10: Anzahl und Verteilung der Eigenschaften von gentechnisch veränderten Organismen (zu 96,8 % Pflanzen) in den EU-Mitgliedsstaaten, entsprechend den Freisetzungsanträgen	115
Abb. 11: Schema potentieller Wirkungen neuer Pflanzensorten auf die biologische Vielfalt	129
Abb. 12: Einordnung der Biodiversitätskonvention in die Weltwirtschafts- und Weltumweltpolitik	215

3. Internetadressen

Biodiversität

Convention on Biological Diversity (CBD):

<http://www.biodiv.org>

Clearing House Mechanism CBD Germany:

<http://www.dainet.de/bmu-cbd/homepage.htm>

World Conservation Union (IUCN):

<http://www.iucn.org>

Species Survival Commission (SSC):

<http://www.iucn.org/themes/ssc/index.htm>

World Conservation Monitoring Centre (WCMC):

<http://www.wcmc.org.uk>

Global Biodiversity Forum (GBF):

<http://www.wri.org/wri/biodiv/gbf/>

Biodiversity Conservation Information System (BCIS):

<http://www.biodiversity.org>

World Resources Institute (WRI) - Biodiversity:

<http://www.wri.org/wri/biodiv/>

Institute for Global Communications (igc) - EcoNet:

<http://www.igc.org/igc/econet/index.html>

The Virtual Library of Ecology, Biodiversity and the Environment:

<http://conbio.rice.edu/vl/>

Biodiversity Information Network - BIN21:

<http://www.bdt.org.br/bin21/bin21.html>

Center for Conservation Biology Network (CCBN):

<http://conbio.rice.edu/network/>

Species 2000:

<http://www.sp2000.org>

European Centre for Nature Conservation (ECNC):

<http://www.ecnc.nl>

European Working Group on Research and Biodiversity (EWGRB):

<http://www.odn.se/~ewgrb/>

Pflanzengenetische Ressourcen

Informationssystem Genetische Ressourcen (GENRES):

http://www.dainet.de/genres/gen_txt.htm

The Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture (CGRFA):

<http://www.fao.org/WAICENT>

International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI):

<http://www.cgiar.org/ipgri/index.htm>

CGIAR's System-wide Information Network for Genetic Resources (SINGER):

<http://noc1.cgiar.org>

European Cooperative Programme on Crop Genetic Resources Networks (ECP/GR):

<http://www.cgiar.org/ecpgr/index.htm>

Genetic resources in agriculture (Council Regulation (EC) No. 1467/94):

<http://www.europa.eu.int/en/comm/dg06/res/gen/index.htm>

Erhaltung und Rekultivierung von Nutzpflanzen in Brandenburg:

<http://www.dainet.de/genres/infos/vern/index.htm>

Botanic Gardens Conservation International (BGCI):

<http://www.rbgekew.org.uk/BGCI/>

Verband Botanischer Gärten e.V.:

<http://www.biologie.uni-ulm.de/verband/>

Botanische Gärten in Deutschland:

<http://www.dainet.de/genres/pgr/pgrbotg.htm>

Genbanken

Wichtige deutsche Basiskollektionen:

<http://www.dainet.de/genres/pgr/pgrmapde.htm>

Genbank der Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen Braunschweig (BAZ):

http://www.fal.de/bgrc/bazgb-d/bgrc_fra.html

Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung Gatersleben (IPK):

<http://www.ipk-gatersleben.de>

Informationssystem für Evaluierungsdaten pflanzengenetischer Ressourcen (EVA):

http://www.dainet.de/genres/eva/2_info.htm

Pflanzenzüchtung

Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen (BAZ):

<http://www.bafz.de>

Bundessortenamt:

<http://www.dainet.de/bsa/>

Max-Planck-Institut für Züchtungsforschung Köln:

<http://www.mpiz-koeln.mpg.de>

Landwirtschaft

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO):

<http://www.fao.org>

Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR):

<http://www.cgiar.org/>

The World Wide Web Virtual Library Agriculture:

<http://www.ncsu.edu/cernag/cern.html>

Sustainable Agriculture Library:

<http://www.floridaplants.com/sustainable.htm>

Sustainable Agriculture Links:

<http://www.info.usaid.gov/environment>

Sustainable Agriculture Network (SAN):

<http://www.sare.org/san>

Deutsches Agrarinformationssystem (DAINET):

<http://www.dainet.de>

4. Abkürzungsverzeichnis

BAZ	Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen
BfN	Bundesamt für Naturschutz
BMBF	Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie
BML	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
B.t.	Bacillus thuringiensis
CBD	Convention on Biological Diversity - Übereinkommen über die Biologische Vielfalt
CGIAR	Consultative Group on International Agricultural Research - Beratungsgruppe für Internationale Agrarforschung
CGRFA	Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture - Kommission für Genetische Ressourcen für Ernährung und Landwirtschaft der FAO
CPGR	Commission on Plant Genetic Resources - Kommission für pflanzen-genetische Ressourcen der FAO (heute CGRFA)
CSD	Commission on Sustainable Development - Kommission für nachhaltige Entwicklung
DNA	Desoxyribonukleinsäure (auch DNS)
ECP/GR	European Cooperative Programme for Crop Genetic Resources Networks - Europäisches Kooperationsprogramm für Pflanzengenetische Ressourcen
EUFORGEN	European Forest Genetic Resources Programme - Europäisches Programm für forstgenetische Ressourcen
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations - Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen
FFH	Fauna-Flora-Habitat (-Richtlinie Nr. 92/43/EWG)
FuE	Forschung und Entwicklung
GATT	General Agreement on Tariffs and Trade - Allgemeines Zoll- und Handelsabkommen
GEF	Global Environment Facility - Globale Umweltfazilität
GFP	Gemeinschaft zur Förderung der privaten Pflanzenzüchtung
GPA	Global Plan of Action - Weltaktionsplan
GVO	Gentechnisch veränderter Organismus

HR	Herbizidresistenz
IBPGR	International Board for Plant Genetic Resources - Internationaler Ausschuß für Pflanzengenetische Ressourcen (heute IPGRI)
IGR	Informationszentrum für Genetische Ressourcen
IPGRI	International Plant Genetic Resources Institute - Internationales Institut für Pflanzengenetische Ressourcen
IPK	Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung
ITKPGR	Internationale Technische Konferenz der FAO über Pflanzengenetische Ressourcen
IUPGR	International Undertaking on Plant Genetic Resources - Internationale Verpflichtung über Pflanzengenetische Ressourcen
MAB	"Man and Biosphere" Programme of UNESCO - UNESCO-Programm "Der Mensch und die Biosphäre"
NRO	Nichtregierungsorganisation
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development - Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
PGR	Plant Genetic Resources - Pflanzengenetische Ressourcen
PGRFA	Plant Genetic Resources for Food and Agriculture - Pflanzengenetische Ressourcen für Ernährung und Landwirtschaft
SRU	Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen
TRIPS	Trade Related Aspects of Intellectual Property Rights - Übereinkommen über handelsrelevante Aspekte der Rechte des geistigen Eigentums
UNCED	United Nations Conference on Environment and Development - Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung (Rio-Konferenz 1992)
UNEP	United Nations Environmental Programme - Umweltprogramm der Vereinten Nationen
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization - Organisation für Erziehung, Wissenschaft und Kultur der Vereinten Nationen
UPOV	International Convention for the Protection of New Varieties of Plants - Internationales Übereinkommen zum Schutz von Pflanzenzüchtungen
VSK	Vertragsstaatenkonferenz (der Biodiversitätskonvention)
WTO	World Trade Organization - Welthandelsorganisation

Glossar

abiotisch - den nicht an Leben gebundenen Anteil betreffend. Abiotische Faktoren sind z.B. Metallgehalt oder Wettereinflüsse.

Alte Sorten - Sorten, deren Schutzfrist nach dem Sortenschutzgesetz (SortG) abgelaufen ist. Alte Sorten, für deren Handel nach der Artenliste im Anhang des Saatgutverkehrsgesetzes (SaatG) eine Zulassung durch das Bundessortenamt erforderlich ist, dürfen nach deren Auslaufen nicht mehr gehandelt werden.

autochthon - am Fundort bzw. Wuchsort entstanden, vorkommend.

Biodiversität - s.u. biologische Vielfalt.

Biodiversitätskonvention - die Konvention der Vereinten Nationen über die biologische Vielfalt (CBD - Convention on Biological Diversity) wurde während der UN-Konferenz über Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro (UNCED) am 5. Juni 1992 von 154 Staaten unterzeichnet, trat am 28. Dezember 1993 in Kraft und ist z.Z. von über 170 Staaten ratifiziert worden. Die Biodiversitätskonvention ist ein komplexes Regelwerk über den Schutz und die Nutzung der biologischen Vielfalt.

biologische Vielfalt - umfaßt drei verschiedene Ebenen: die genetische Vielfalt von Populationen und Individuen, die Artenvielfalt - also das Vorkommen verschiedener Arten in einem bestimmten Biotop - und die Vielfalt der Ökosysteme, d.h. die verschiedenen Wirkungsgefüge von Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen mit der unbelebten Natur.

Biotechnologie - technische Verfahren zur gezielten Nutzung und Beeinflussung biologischer Prozesse, insbesondere der Eigenschaften lebender Organismen zur Stoffumwandlung und Stoffproduktion, für menschliche Zwecke.

Bacillus thuringiensis (B.t.) - Bakterienart, die Giftstoffe (B.t.-Toxine) produziert, die auf Insekten, v.a. auf Schmetterlingslarven, wirken. B.t.-Sporen (d.h. widerstandsfähige, regenerationsfähige Dauerformen) werden seit längerem als Biopestizide eingesetzt. In gentechnischen Ansätzen wurde das B.t.-Toxin-Gen in andere Bakterien (mit einem anderen Wirtsspektrum) oder in Pflanzen übertragen, welche sich dadurch "selbst" gegen Fraßschädlinge schützen können sollen.

chromosomal - die Chromosomen betreffend.

Chromosomen - fadenförmige, aus DNA und Proteinen aufgebaute Strukturform des Erbmaterials im Zellkern. Mit Ausnahme der DNA, die sich in den Zellorganellen (Chloroplasten, Mitochondrien) befindet, ist die gesamte Erbinformation in Chromosomen organisiert.

Core-Kollektionen - begrenzte Anzahl von Mustern einer bestehenden Sammlung pflanzen genetischer Ressourcen, die das genetische Spektrum der gesamten Sammlung repräsentiert und ein Maximum an genetischer Diversität umfaßt.

EG-Verordnung 1467/94 - EG-Verordnung der Europäischen Kommission über die Erhaltung, Beschreibung, Sammlung und Nutzung der genetischen Ressourcen der Landwirtschaft, die der Erreichung der Ziele der gemeinsamen Agrarpolitik und zur Erhaltung der biologischen Vielfalt dienen soll.

EG-Verordnung 2078/92 - EG-Verordnung der Europäischen Kommission für umweltgerechte und den natürlichen Lebensraum schützende landwirtschaftliche Produktionsverfahren. Sie bietet u.a. die Möglichkeit zur Förderung des Anbaus und der Vermehrung von an die lokalen Bedingungen angepaßten und von genetischer Erosion bedrohten Nutzpflanzen.

Embryo rescue - Aufzucht von Pflanzenembryonen im Labor (auf Nährböden durch Zugabe von Wachstumshormonen u.ä.), die ohne Unterstützung keine vollständige Entwicklung durchlaufen würden.

endogen - von innen kommend; als begriffliches Pendant zu Transgen (s.u.) benutzt.

ex situ - außerhalb der natürlichen Umgebung, des natürlichen Standortes. Eine Ex-situ-Erhaltung von Bestandteilen der biologischen Vielfalt - von Pflanzen und Tieren - findet in Genbanken, Spezialsammlungen sowie in botanischen oder zoologischen Gärten statt.

Expression - Gene enthalten die notwendige Information, die eine Zelle braucht, um ein Protein zu bilden, sie wird aber nicht immer und nicht in jeder Zelle abgerufen. Wenn ein Gen aktiv ist, d.h. wenn die Information genutzt wird, um ein Protein zu bilden, spricht man von Genexpression.

fertil, Fertilität - fruchtbar, vermehrungsfähig; bezieht sich entweder auf die Fruchtbarkeit von Pflanzen oder nur auf die Fruchtbarkeit der männlichen Geschlechtseinheiten.

Gen - die funktionelle Grundeinheit des Erbgutes; Abschnitt auf der DNA, welcher die Information für die Bildung eines Proteins oder zur Steuerung anderer Gene birgt. Gene vermitteln die Struktur eines Organismus wie auch sämtliche Stoffwechselvorgänge. Alle Zellen eines Individuums besitzen denselben Bestand an Genen. Es sind allerdings in den verschiedenen Zelltypen immer nur spezielle Gene aktiv.

Genbank - Sammlung von Samenmustern oder vermehrbaren Teilen von Wild- und Kulturpflanzen züchterisch interessanter Pflanzenarten. In der Gentechnik auch Bezeichnung für eine Sammlung von DNS-Fragmenten, die Teile oder das gesamte Erbgut eines Organismus repräsentieren.

Generosion - der Verlust einzelner Gene, bestimmter Genkombinationen oder auch lokal angepaßter Landsorten.

Genetik - Vererbungslehre.

genetische Vielfalt - die vererbare genetische Variation innerhalb und zwischen Populationen.

Genom - das gesamte genetische Material einer Zelle.

Genotyp, genotypisch - die gesamte genetische Konstitution eines Organismus; die genetische Konstitution betreffend.

Genpool - die Gesamtheit der Gene einer gegebenen, sich sexuell fortpflanzenden Population einer Art oder die Summe der genetischen Varianten aller Arten, die z.B. innerhalb eines Ökosystems vorhanden sind (s. Kap. II.1.2).

Gentechnologie - Anwendung biologischer, molekularbiologischer, chemischer und physikalischer Methoden zur Analyse und Neukombination von Nukleinsäuren.

Gentransfer, horizontal - die nicht-sexuelle Übertragung von genetischem Material. Mikroorganismen verfügen über verschiedene Mechanismen zur Aufnahme und Weitergabe von DNA untereinander und können theoretisch Gene, z.B. aus abgestorbenen Pflanzenteilen, in andere Organismen einbringen.

Gentransfer, vertikal - Genübertragung von Kulturpflanzen auf verwandte Arten mittels sexueller Fortpflanzung. Vertikaler Gentransfer (Auskreuzung) kann unter Sorten der gleichen Art oder zwischen nahe verwandten, kreuzbaren Pflanzensippen verschiedener Arten stattfinden (Hybridisierung).

Gewebekultur - In-vitro-Kulturverfahren für pflanzliche (und tierliche) Gewebe, u.a. zur Erhaltung von Pflanzenmaterial, der Vermehrung von Pflanzen, der Erzeugung von Variabilität oder der Selektion (s. Kap. II.1.4).

Heterosis - werden zwei genetisch unterschiedliche homozygote (ingezüchtete) Pflanzen miteinander gekreuzt, so sind die Nachkommen in aller Regel wüchsiger und ertragreicher als das Mittel der beiden Eltern, diese Mehrleistung wird als Heterosis bezeichnet.

Herbizidresistenz (HR) - Unempfindlichkeit bestimmter Pflanzen gegenüber Pflanzenvernichtungsmitteln (Herbizide).

Hybridisierung - Kreuzung zwischen verschiedenen Arten; Bastardierung.

Hybridsorte, -züchtung - Pflanzensorte, die durch die gezielte Kreuzung zweier sog. Inzuchtlinien entsteht und meist auf einen hohen Ertrag hin optimiert wurde. Die überlegenen Eigenschaften werden jedoch nicht an die Tochtergeneration weitergegeben (sie "kreuzen aus"), so daß die Anwender das Saatgut nicht selbst vermehren können, sondern jeweils nachkaufen müssen.

indigen - eingeboren, einheimisch.

in situ - in der natürlichen Umgebung, am ursprünglichen Standort. Die Erhaltung von Ökosystemen und natürlichen Lebensräumen sowie die Bewahrung und Wiederherstellung lebensfähiger Populationen von Arten in ihrer natürlichen Umgebung und - im Fall domestizierter oder gezüchteter Arten - in der Umgebung, in der sie ihre besonderen Eigenschaften entwickelt haben.

Introgression - Einführung spezifischer genetischer Eigenschaften aus fremdem Erbgut in das züchterisch adaptierte Material durch wiederholtes Rückkreuzen.

Klone - genetisch identische Zellen oder Organismen, die in der Natur z.B. durch regelmäßige ungeschlechtliche (= vegetative) Fortpflanzung (Ableger bei Pflanzen)

oder durch außerplanmäßige Teilungsvorgänge (eineiige Zwillinge) entstehen können. Die klonale Vermehrung von Einzellern durch Teilung wird in der Molekularbiologie bzw. Gentechnologie zur Vervielfältigung gewünschter Gene benutzt, die z.B. in Bakterien inkorporiert werden (DNA-Klonierung).

Kreuzresistenz - bezieht sich auf Pflanzen mit einer definierten Resistenz gegen einen bestimmten Erreger, mit der weitere Resistenzen gegen andere, meist verwandte Erreger verbunden sind.

Kryokonservierung - Tieffrost-Lagerung von regenerationsfähigem Pflanzengewebe unter flüssigem Stickstoff bei -196°C .

Landsorten - züchterisch nicht bearbeitete, genetisch mehr oder weniger heterogene Kulturpflanzenbestände, welche durch natürliche Selektion und/oder durch Auslese von Landwirten entstanden sind.

Landwirteprivileg - eröffnet den Landwirten die Möglichkeit, das Erntegut einer geschützten Sorte, das im eigenen Betrieb gewonnen wurde, auch ohne Zustimmung des Sortenschutzinhabers für Saatzwecke in diesem Betrieb oder im Rahmen von Nachbarschaftshilfe wieder zu verwenden.

Leipzig-Konferenz - die Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) führte im Juni 1996 die IV. Internationale Technische Konferenz über Pflanzengenetische Ressourcen (ITKPGR) in Leipzig durch. Für den zukünftigen Umgang der Nationen mit der Thematik der Biodiversität und der Vielfalt landwirtschaftlicher Pflanzen und Tiere hatte diese Konferenz größte Bedeutung.

Marker (DNA-, molekularer) - DNA-Abschnitte bzw. -Sequenzen, die bestimmte Gene und damit Eigenschaften anzeigen.

monogen - nur von einem einzigen Gen beeinflusst.

mutagen - eine genetische Veränderung bewirkend.

Mutante - ein durch Mutation verändertes Individuum.

Mutation - Fehler bei der Verdoppelung der Erbinformation im Rahmen der Zellteilung (sog. Replikation) oder eine sonstige Änderung des Genoms. Sie kann spontan auftreten oder z.B. durch radioaktive Strahlen oder Chemikalien ausgelöst werden.

on farm - meint die Erhaltung pflanzengenetischer Ressourcen durch ihre Bewirtschaftung, insbesondere die Kultivierung von Kulturarten (z.B. traditioneller Landsorten) im bäuerlichen Betrieb. Die On-farm-Bewirtschaftung geht über die bloße Erhaltung hinaus, da pflanzengenetische Ressourcen zugleich verbessert und weiterentwickelt werden.

Pathogen, pathogen - Krankheitserreger, krankheitserregend.

Persistenz - das Verbleiben eines Gens in einer Population; Eigenschaft, in der Natur zu überleben.

pflanzengenetische Ressourcen - generativ oder vegetativ vermehrungsfähiges Material von Pflanzen mit aktuellem oder potentielltem Wert für die menschliche Nut-

zung, einschließlich Landsorten, verwandten Wildarten und -formen und speziellem genetischem Material der Kulturpflanzen.

Pflanzensorte - (vs. Pflanzenart etc.) eine Gruppe von Pflanzen einer Art, die sich untereinander sehr ähnlich sind und die man von anderen Pflanzen der gleichen Art unterscheiden kann. In vielen Staaten gibt es Gesetze, die den Begriff "Sorte" genauer definieren und das Verfahren zur Registrierung neuer Sorten festlegen.

Pflanzenzüchtung - als Pflanzenzüchtung wird die gezielte Entwicklung von neuen Pflanzensorten mit neuen, gewünschten Eigenschaften bezeichnet. Die Pflanzenzüchtung ist auf die Nutzung der PGR angewiesen, denn neue Pflanzensorten werden durch Neukombination von Eigenschaften aus bereits vorhandenem Material gewonnen.

Phänotyp - die während des gesamten Lebens eines Organismus manifestierten morphologischen, physiologischen, biochemischen Verhaltens- und sonstigen Eigenschaften, die sich durch die Wirkung von Genen und Umwelt entwickeln; oder irgendeine Untergruppe derartiger Eigenschaften, z.B. jene, die durch ein einzelnes Gen bestimmt werden.

polygen - von mehreren Genen beeinflusst.

Polyploidisierung - Vervielfachung des Chromosomensatzes.

Population - eine Gruppe von Organismen derselben Art, die ein mehr oder weniger genau definiertes geographisches Gebiet besetzen und von Generation zu Generation Fortpflanzungskontinuität aufweisen. Im allgemeinen nimmt man an, daß Fortpflanzungsinteraktionen zwischen diesen Individuen häufiger sind als zwischen ihnen und Mitgliedern anderer Populationen derselben Art.

Protoplastenfusion - im Labor durchgeführte Verschmelzung bzw. Kultur zweier pflanzlicher Zellen, deren Zellwände zuvor entfernt wurden. Ziel ist dabei meist eine Kombination des Erbmaterials der beiden Ausgangszellen.

rekombinant - Organismus, der (gentechnisch) verändert wurden, indem eigene oder aus anderen Organismen stammende Gene übertragen wurden (synonym: transgene Organismen). Der Vorgang der Veränderung wird als Rekombination bezeichnet.

Resistenz - Unempfindlichkeit (gegen Krankheiten, Schädlinge, Pestizide, abiotische Faktoren etc.), die durch das Zusammenspiel mehrerer Gene (polygen) oder auch nur durch die Wirkung eines Gens (monogen) entstanden sein kann. Unter horizontaler (genereller) Resistenz wird die Resistenz gegen sämtliche Isolate eines Pathogens verstanden, die von mehreren additiv wirkenden Genen gesteuert wird, und damit polygen ist, während bei der monogen wirkenden vertikalen (differentiellen) Resistenz die Unempfindlichkeit von einigen Isolaten eines Pathogens durchbrochen wird.

Saatgutverkehr(sgesetz) - das Saatgutverkehrsgesetz (SaatG) ist ein öffentlich-rechtliches Gesetz und regelt den Handel mit landwirtschaftlichem und gartenbaulichem Vermehrungsmaterial zum Schutz der Verbraucher (Landwirte, Gärtner, Verarbeiter). Diesem Gesetz unterliegendes Saat- und Pflanzgut darf nur gehandelt werden, wenn die Sorte vom Bundessortenamt zugelassen ist. Die Zulassung wird i.d.R. für zunächst zehn Jahre ausgesprochen. Durch die amtliche Anerkennung wird jede Saat-

gutpartie sowohl im Feldbestand als auch im Labor auf Qualitätseigenschaften, z.B. Keimfähigkeit und Gesundheit untersucht.

Sortenschutz(gesetz/recht) - das privatrechtliche Sortenschutzgesetz (SortG) von 1985 dient dem Schutz der Rechte der Züchter an von ihnen entwickelten Sorten und der Förderung der Pflanzenzüchtung. Sorten aller Pflanzenarten können diesen Schutz erhalten. Der Sortenschutzinhaber hat alleine das Recht, eine geschützte Sorte für den Verkehr zu erzeugen und in den Verkehr zu bringen.

Taxon - künstlich abgegrenzte Gruppe von Lebewesen (z.B. Stamm, Art) als Einheit innerhalb der biologischen Systematik.

Taxonomie - Einordnung der Lebewesen in ein biologisches System.

Transgen - aus einem anderen Genom entstammend; Genom, das mit Hilfe der Gentechnik übertragene fremde DNA enthält.

vegetativ - (bei Pflanzen) ungeschlechtlich; vegetative Fortpflanzung meint die Vermehrung aus natürlichem Wachstumsgewebe, z.B. in Form von Ablegern (s. auch Klone).

Virulenz - aktive Wirkung von Krankheitserregern; Ansteckungsfähigkeit; Giftigkeit. In der Pflanzenpathologie werden die Genotypen eines Pflanzenpathogens als Rassen mit entsprechender Virulenz bezeichnet. Genotypen, welche die Resistenz eines Wirtes durchbrechen können, sind virulent auf diesem Wirt.

Zellkultur - In-vitro-Kulturverfahren für pflanzliche (und tierliche) Zellen, u.a. zur Erhaltung von Pflanzenmaterial, der Vermehrung von Pflanzen, der Erzeugung von Variabilität oder der Selektion (s. Kap. II.1.4).

Züchternvorbehalt - beim Sortenschutz verankerter, jedoch schwach ausgeprägter Schutzzumfang, bei dem ein Pflanzenzüchter die geschützte Sorte eines anderen Züchters in seiner eigenen Züchtung verwenden und ohne Zustimmung dieses Züchters die daraus entwickelte neue Sorte auf den Markt bringen darf.



Wird der Einsatz gentechnischer Züchtungsverfahren der verbliebenen landwirtschaftlichen Sortenvielfalt endgültig den Garaus machen, oder kann die moderne Biotechnologie vielmehr bei der Erhaltung und Nutzung der weltweiten biologischen Vielfalt sogar helfen? Welche Strategien für einen dauerhaften Schutz der Biodiversität werden diskutiert, welche Rolle können internationale Übereinkommen hierbei spielen? Und welche politischen Handlungsmöglichkeiten bzw. -notwendigkeiten ergeben sich daraus? Dies sind die Leitfragen dieser im Auftrag des Deutschen Bundestages erarbeiteten Studie. Auf der Grundlage eines Überblicks über die Situation der biologischen Vielfalt in Deutschland und weltweit sowie über Stand und Perspektiven der Pflanzenzüchtung beschreiben die Autoren Wirkungsketten, die vom Einsatz neuer Pflanzensorten in der Landwirtschaft ausgehen können. Sie fragen insbesondere danach, ob die Nutzung gentechnischer Methoden im Vergleich zu konventionellen Züchtungsansätzen qualitativ neue Einflüsse ausüben wird. Ausgehend von dieser technikzentrierten Perspektive wird der Handlungsbedarf hinsichtlich des Erhalts der landwirtschaftlichen Vielfalt insgesamt diskutiert, wobei Konzepte einer umfassenden Koordination und Integration auf räumlicher, inhaltlicher, institutioneller und politischer Ebene den Kern der Vorschläge bilden.