

# Züchtungsforschung, ein entscheidendes Innovationselement in der Landwirtschaft

## Analyse des gegenwärtigen Standes des Irrtums und eine Perspektive für die nächsten Jahre

Ansprache in Quedlinburg, Bundesanstalt für Züchtungsforschung, November 2001, Klaus Ammann

### Worte der Einführung:

Züchtungsforschung kann nur im Verein mit einer Absicherung in Risikoforschung, Risikomanagement und unter Berücksichtigung von sozioökonomischen und ethischen Elementen erfolgreich sein. In diesem Vortrag wird es darum gehen, diesen Kontext darzustellen.

## 1. Zur molekularen Genforschung

### a) Die Entdeckung der molekularen Welt der Gene

Erst 1983 gelang es, ein Gen mittels Gentechnologie in eine höhere Pflanze zu bringen. In der Folge herrschte die übliche Begeisterung über diese ersten Erfolge und es war auch schön, dass sich bald einmal auch erste erfolgreiche Nutzpflanzen entwickeln liessen, alle mit der grossartigen Perspektive, damit weltweit in der Landwirtschaft einen Umbruch in der Schädlings- und Unkrautbekämpfung zu realisieren. Diese Begeisterung lässt sich vergleichen mit den Entdeckerfreuden bezüglich der ersten chemischen Pestizide, nur dass es damals noch keine staatlich kontrollierte Risiko-Abschätzung gab (wohl aber bereits einzelne wissenschaftliche Untersuchungen, die auf die Gefahren unsachgemässer Anwendung hinwiesen). Heute wissen wir, dass DDT keineswegs harmlos ist, wenn wir die langfristigen Nahrungsketten-Wirkungen berücksichtigen. Dennoch hat es nach einer Statistik der WHO auch Millionen von Menschen vor einem elenden Malaria-Tod gerettet.

### b) Die Fortschritte der letzten Jahre in der molekularen Genforschung

Dem ersten Durchbruch der Transformation, der auf einer Vielzahl wichtiger Entdeckungen beruht (u.a. auch auf der Erforschung der Restriktionsenzyme als ‚Gen-Schere‘ durch Nobelpreisträger Werner Arber aus Basel) folgte bald die Phase der Konsolidierung, heute existieren bereits eine Vielzahl von Transformations-Methoden und weitere werden dazukommen. Der gegenwärtige Run auf die Gen-Kartierung wichtiger Kulturpflanzen wird den Trend zur Verpflanzung von Genen aus Bakterien, Pilzen, Tieren usw. etwas verändern: Die Entdeckung wichtiger Gene, besonders auch jener der schon fast verlorenen alter Kultursorten, wird die Zucht der Nutzpflanzen endlich auf eine präzise Basis stellen, Erfolge werden nicht ausbleiben und die gegenwärtige Diskussion in Anbetracht der Novität solcher Methodik wird sich versachlichen. Denn immerhin gilt es festzuhalten, dass die Übertragung artfremder Gene in mehreren Stufen bereits früher (wenn auch aufwendiger) gelungen ist und sie nur möglich wurde, weil die Struktur des Erbanlagen viele universale Züge trägt, ohne die ein Gen in neuen Organismen nicht funktionstüchtig eingesetzt werden könnte. Die Genom-Kenntnisse haben auch bereits erste Überraschungen gebracht: Es ist wohl vielen Laien nicht bewusst, dass Pflanzen, soweit man dies bereits überblicken kann, über 20% ihrer Gene für die Insektenabwehr einsetzen – pflanzeninterne Pestizide sind also der Natur in diesem Sinne nicht fremd. Insgesamt werden wir dank den Fortschritten der molekularen Biologie wesentlich präziser neue Pflanzensorten züchten können. Die Erforschung der Funktionen der Gene ist in vollem Gange und wird das Verständnis um die Gentechnologie, letztlich sicher auch um die Biologie insgesamt enorm vertiefen.

## 2. Die gegenwärtige Situation in der Landwirtschaft

### a) Die ersten Kommerzialisierungen und der Widerstand dagegen in Europa

Es ist kein Zufall, dass die ersten Kommerzialisierungen transgener Nutzpflanzen in den USA Erfolge zeitigten. Eine hoch entwickelte Molekularbiologie, ein fortschrittlicher Geist kombiniert mit der calvinistischen Vorstellung, dass Geschäftemachen gottgefällig ist, liess das Corporate Business blühen und seine Life Science CEO's gehörten zu den Stars der frühen und mittleren Neunziger Jahren – der CEO von Monsanto Bob Shapiro z.B. galt in den hochglanz-satinierten

Business-Magazinen noch vor wenigen Jahren als einer der 6 erfolgreichsten Corporate – Chefs der USA. Auch die ‚Natur‘ trug in den USA das ihre dazu bei: Die weiten, bereits seit Jahrzehntausenden baumlosen Landstriche der Prärie bieten sich mit ihren tiefen und fruchtbaren Böden geradezu an für eine industrialisierte, grossmasstäbige Landwirtschaft, die nun mit permanenten Schädlingsproblemen zu kämpfen hat. Es gilt - bis heute kaum vermindert - dass es keine schnellere und umfassendere Einführung irgendwelcher Kulturpflanzensorten in den USA gab als jene der gentechnisch veränderten mit ihrer Herbizidtoleranz und Insektenresistenz. Dies beweisen auch die offiziellen Zahlen aus den USA für die letzten Jahre. Allerdings war es dann eine Illusion zu glauben, dass sich dieser Trend nun weltweit fortsetzen würde. Die Folgen: Die zu forsche Einführungswelle – wenngleich mit teuren Informationskampagnen begleitet – führte in Europa zu unerwartetem Widerstand, der sich nun auch international erfolgreich vernetzt hat über die professionell agierenden grossen NGO's. Die Verwedelungstaktik beim Rinderwahnsinn und der fahrlässigen HIV-Verseuchung der Blutkonserven, an der leider auch opportunistische Wissenschaftler beteiligt waren, schuf eine gravierende Glaubwürdigkeitslücke, die flugs auch auf die Risikoanalyse der Gentechnologie übertragen wurde, ohne dabei den logisch schiefen Vergleich zu hinterfragen: Immerhin waren es ja die gleichen molekularen Techniken, die die eigentliche Gefährlichkeit des Aids-Virus und der falsch gefalteten Prionen aufdeckten. Das Corporate Business reagierte angesichts dieses Widerstandes und der fallenden Aktienkurse mit vorschneller Frontenbildung und teilweise leider auch mit einer zweifelhaften Rückzugstaktik (Verzichtdeklarationen zu Antibiotika-Markergenen und transgenen Komponenten in der Babynahrung). Dazu gesellten sich in der Folge auch eine forsche Merger-Strategie, dann auch Spinoffs (Monsanto zu Pharmacia und Monsanto Co. und Novartis zu Syngenta). Die Bilanz: In beiden Fällen des Vorpreschens in der Technologie und auch des unüberlegten Rückzuges diktierten wohl die Shareholder-Vertreter der Chef-Etagen die Vorgänge und auch das Tempo, ein Geschehen, das nun obendrein noch von Protestindustrie als Erfolg ihrer oft populistischen Kampagnen gebucht wird – und dies mindestens zum Teil zu Recht.

#### b) Erfahrungen mit den ersten Cashcrops

Die erste Euphorie ist nun einer pragmatischeren Haltung gewichen, denn ökonomisch gesehen bieten die neuen Gentech-Sorten für den Bauern zwar generell Vorteile, die in ungünstigen Situationen auf ein Minimum schrumpfen oder gar vollständig verschwinden. Dennoch zeigt der Trend zu Gentech-Pflanzen in den USA überall dort nach oben, wo keine grosse Exportabhängigkeit bezüglich jener Länder herrscht, die Gentech-Pflanzenimporte geradezu verweigern. Denn immerhin führt deren Kultur zu vereinfachtem und kostengünstigerem Anbau. Bei den meisten Gentech-Sorten können auch ökologische Anbau-Vorteile ausgemacht werden, vergleicht man sie fairerweise gleichenorts mit jenen Sorten, die noch mehr Pestizide oder problematischere Herbizide benötigen. Liest man die einzelnen Studien nach, so fällt auf, dass aus dem grossen Zahlenmaterial, das aus den USA dank der EPA (Environmental Protection Agency) und der USDA (United States Department of Agriculture) verfügbar wurde, immer jene Daten ausgewählt werden, die der eigenen Pro- oder Kontra-Perspektive entsprechen. Versucht man möglichst neutral zu urteilen, so fällt das Urteil durchzogen aus: Je nach Region, Jahr und Sicht der Autoren ergeben sich unterschiedliche Resultate, im Trend ist jedoch klar erkennbar, dass durch die neue Technologie eine höhere Erntesicherheit erreicht werden kann. Die Bt-Technologie (siehe Kapitel 3) und auch die Roundup-Ready-Soyabohnen – und Zuckerrüben - Technologie scheinen sich auf längere Sicht hin zu bewähren, bieten sie neben grösserer Erntesicherheit auch leichte ökologische Vorteile. Aus der langfristigen orientierten Sicht der Ökologie bleiben jedoch viele Vorbehalte bestehen - es kann ja wohl nicht die grosse Zukunft dieser potenten Technologie sein, die Gift-Bombe durch die Gen-Bombe zu ersetzen.

#### c) Die zweite Generation

Bereits weit fortgeschritten ist die Entwicklung jener Kulturpflanzen, die in ihren Nährstoff-Komponenten verbessert wurden.

- Soyabohnen mit mehr ungesättigten Fettsäuren, mit verbesserter Eiweisszusammensetzung für die tierische Ernährung, mit höherem Zuckergehalt resultierend in besserem Geschmack.
- Viele neue Raps-Sorten mit verbesserten Öl-Zusammensetzungen wie geringerem Säuregehalt oder höherem Stearingehalt, letztere könnten dann direkt auch für die Margarineproduktion eingesetzt werden.
- Maissorten mit höherem Ölgehalt, mit besserer Phosphor-Verfügbarkeit (resultierend in wesentlich geringeren Phosphor-Verschmutzungen bei der Tierhaltung).
- Neue Apfelsorten und Weizensorten, die dank der präzisen Steuerung der klassischen Zucht durch Markergene wesentlich resistenter sind als ihre Vorgänger.

Sicher ist es so, dass auch mit klassischer Zucht vernünftige Resultate erzielt werden können: Allerdings: Die Gewinner des Welt-Ernährungspreises Evangelina Villegas und Surinder K. Vasal haben anlässlich ihrer Preis-Rede in Des Moines im September 2000 beide festgestellt, dass sie ihre nach 36 Jahren erfolgreich abgeschlossenen Bemühungen um einen Mais mit höherem Eiweissgehalt gerne mit Gentechnologie abgekürzt hätten.

Auch werden in Zukunft Nutzpflanzen besser an lokale ökologische Bedingungen (Wüstengebiete, versalzten Böden) angepasst werden können, es ist jedoch noch schwierig, eine Erfolgs-Prognose zu stellen. Es fordern viele Befürworter der Gentechnologie in den Entwicklungsländern zu Recht, dass gerade hier die Prioritäten gesetzt werden.

Hier ist auch der goldene Reis zu erwähnen, der, allen Unkenrufen zum Trotz, in wenigen Jahren einen wichtigen Ernährungsbeitrag in Asien liefern wird, denn es genügen bereits kleine Anteile einer normalen Tagesration, um hunderttausende von schlecht ernährten Kindern vor dem Erblinden durch chronischen Vitamin A-Mangel zu schützen. Die von Greenpeace mit viel PR-Geschick verbreitete Meinung von den angeblichen 9kg Reis, die ein Kind als tägliche Ration bräuchte, um den Vitaminmangel zu vermeiden, entpuppt sich bei näherem Zusehen als billiger Propaganda-Trick. Es fragt sich in diesem Zusammenhang ernsthaft, ob die gesamte vollständig ablehnende Haltung vieler NGO-Exponenten als nachhaltig einzustufen ist.

Grundsätzliche Bemerkungen:

Es wäre insgesamt sehr nützlich, wenn bei der Planung neuer Kulturpflanzensorten zuerst auch nach der angepassten Anbau-Strategie gefragt würde. Auch müsste die Frage nach den erfolgreichsten Massnahmen wie biologische Kontrolle von Schädlingen, Mischkulturen, Wassermanagement, bessere Erhaltung und gerechtere Verteilung der Ernte usw. zuerst gestellt werden, das würde aber auch bedeuten, dass man sich damit von der Überzeugung verabschieden müsste, dass in jedem Falle transgene Kulturpflanzen die Lösung darstellen sollten. Gewichtige Hilfs- und Naturschutzorganisationen beginnen aber auch umgekehrt die Rolle der Gentechnologie bei der Zucht neuer Sorten ernsthaft zu prüfen, so in einem Bericht die UNO-Organisation UNDP (United Nations Development Project). Der Trend wird gerade in der letzten Zeit deutlich: Schwellen- und Entwicklungsländer stehen den neuen Gentech-Pflanzen viel positiver gegenüber als z.B. Europa, denn, richtig angewandt, können diese Pflanzen auch in bescheidenen landwirtschaftlichen Strukturen ihre Vorteile entfalten.

#### d) Die dritte Generation: Die Zukunft

Hier wird sicherlich die Gesamt-Kenntnis der Genfunktionen noch ungeahnten Fortschritt bringen. Die Genfunktionsforschung wird uns erst den ganzen Reichtum an Wissen bringen, um noch wesentlich gezielter und ökologisch sinnvoller mit den Genen umzugehen. Wir werden lernen, wie die Pflanzen selbst sich gegen Insekten zur Wehr setzen, es sind dies systemische Antworten der Pflanzen selbst mit spontaner, kurzfristig funktionierender und pflanzeninterner Pestizidproduktion. Ein weiterer vielversprechender Weg öffnet sich über die Beeinflussung der Keimungsprozesse: Mit Hilfe bekannter Hormone und bestimmter Eiweisse können Pflanzen ihre Keimungsphase so steuern, dass sie bei ungünstigen Bedingungen mehrere Wochen die Keimung verzögern – und damit gefährlicher Trockenheit entgegen können (5).

Hier wird bereits offensichtlich, dass es bei der dritten Generation das einfache Versetzen von einem Transgen in einen neuen Organismus in den Hintergrund treten wird. Es wird, wie in der klassischen Züchtung, ein Trend zu neuen komplexen Genkombinationen einsetzen, mit den grossen Unterschied allerdings, dass die Züchter hier wissen, was sie tun auf der molekularen Ebene und damit auch, entgegen allen Unkenrufen, die Risikoanalyse wesentlich zielgenauer und effektiver gestaltet werden kann. Grundsätzlich wären ja auch bei klassisch gezüchteten Sorten mit klar veränderten Inhaltsstoffen eine gründlichere Risikoanalyse angebracht, aber soweit lässt sich das Denken der ewig Skeptischen in den nächsten Jahren kaum davon abbringen, dass es einzig und allein um die neu und über die Artengrenzen weg eingesetzten Transgene ginge.

Auf ein weiteres Spezialgebiet moderner Züchtung soll hier eingegangen werden:

Markergestützte Zucht spielt bereits eine grosse Rolle, so z.B. beim Weizen und den neuen schorffreien Apfelsorten. Die Bundesanstalt für Züchtungsforschung in Quedlinburg kann hier markante Erfolge vorweisen. Gerade die neuen molekularen Einsichten lassen grosse Fortschritte erwarten: Es ist bereits gelungen, Markereigenschaften zu finden wie sogenannte Mikro-Satelliten an den Trägern der Erbsubstanz, den Chromosomen, die an Resistenzgene gekoppelt sind. So wird neuerdings die klassische Resistenzzüchtung viel stärker steuerbar und damit auch beschleunigt.

Wir werden aber auch vermehrt lernen, dass es nicht nur um die Verbesserungen der Kulturpflanzen selbst, sondern auch um die Bedingungen geht, unter denen unsere Kulturpflanzen gezogen werden. Voraussetzung für Fortschritte hierzu ist ein ernsthaftes Eintreten auf die Biolandwirtschaft, wobei auch die Biolandwirtschaft von der neuen Präzisions-Biotechnologie profitieren wird. Auch wird das ganze sozioökonomische Umfeld besser berücksichtigt werden müssen. Es gilt, die anspruchsvollen Ziele einer ökologischen, nachhaltigen und gerechten Landwirtschaft unter einen Hut zu bringen. Der Verfasser ist trotz dieser relativierenden Bemerkungen überzeugt, dass ein wichtiger Lösungsbeitrag gezielter und obige Fragen integrierender moderner Pflanzenzucht einschliesslich Gentechnologie vorbehalten bleibt.

### 3. Die Entwicklung der Risiko-Erfassung am Beispiel des Bt-Mais

#### 3.1. Wirkung auf Nicht-Ziel-Organismen

##### a) Der Losey – Schock 1999

In der Woche der Publikation von Losey's Artikel im Nature verlor Monsanto ca. 5% ihres Aktienwertes: Monarchfalter-Larven starben nach Verfüttern von Pollen der Bt-Maispflanzen in 4 Tagen zu 40% - auf den ersten Blick in der Tat ein alarmierendes Resultat. Es war zwar bereits von der Anwendung der Bt-Eiweisse als Sprühmittel (übrigens empfohlen durch Rachel Carson) bekannt, dass Bt-Eiweisse auf Schmetterlingslarven giftig wirken konnte. Der Schock sass umso tiefer, als der Monarch-Falter ein beliebtes Unterrichts- und Naturschutzobjekt ist in den amerikanischen Schulen, es existieren viele Fanclubs, die Empörung war gross, umsomehr als die Presse fleissig mithalf, den Fall ohne die sonst übliche professionell kritische Haltung zu kolportieren. Dabei hatten bereits Losey und seine Mitautoren selbst auf den Umstand aufmerksam gemacht, dass Resultate der Feldstudien eventuell anders aussehen würden. Besonders auch in den Naturschutz-Blättern grassierte das Monarch-Fieber, die Biotech-Firmen wurden geradezu des Totschlags an diesen äusserst populären Faltern bezichtigt.

##### b) Die nachfolgenden Feld-Studien der Jahre 1999 und 2000

Es wurden sofort weitere Feldstudien initiiert und im November 1999 in einem Workshop präsentiert, der zusammenfassende Bericht ist seit einem Jahr auch elektronisch erhältlich in den Proceedings der National Academy of Science der USA. Darin ist klar dokumentiert, dass die Gefährdung des Monarchfalters keineswegs dramatisch ist, es bleiben kaum noch Fragen offen, jedenfalls war der Ruf nach Verbot der Bt-Strategie der Umweltminister Europas verfehlt, beruhte hauptsächlich auf einer Greenpeace-Studie bestellt beim Freiburger Ökoinstitut und es bleibt nun aus wissenschaftlicher Sicht nichts anderes übrig als das Zurücknehmen dieses vorschnellen Entscheides.

Im Gegensatz zu den schlechten anfänglichen Nachrichten fanden aber diese positiven Resultate kaum Eingang in die Pressemitteilungen – gute Nachrichten sind eben, wie schon immer, keine Nachrichten. Die von den Opponenten der grünen Gentechnologie gerne zitierte Arbeit von Hansen und Obrycki, erschienen in Ökologia online 19. August 2000, weist zwar Schäden an Raupen nach, die den Bt-Blütenstaub fressen – dies sei nun anhand einer Feldstudie nachgewiesen, somit das Argument der Labor-Zwangsverfütterung obsolet. Die Arbeit entpuppt sich jedoch bei gründlichem Lesen als eine mindestens teilweise im Labor durchgeführte Studie mit künstlich hoch gehaltener Blütenstaubdichte. Die Milkweed-Töpfe (die Futterpflanzen der Monarchraupen) wurden nach dem Einstäuben mit Bt-Maispollen ins Labor getragen, um dort unter kontrollierten Bedingungen die Verfütterungsstudien durchführen zu können. Die Arbeit entkräftet damit keineswegs die übrigen echten Feldstudien. Es gibt jedoch weiteren Forschungsbedarf bezüglich der Nicht-Ziel-Organismen insgesamt, vor allem fehlen Langzeitstudien – deswegen ist die Forderung nach anbaubegleitenden Langzeitstudien durchaus berechtigt, ihr haben sich auch die grossen Biotech-Firmen angeschlossen und sind auch bereits am Durchführen solcher Studien.

Novartis hat drei grössere halb-quantitative Studien fertiggestellt, die bezüglich der Populationen von Nicht-Ziel-Insekten während der ganzen Anbauperiode keine Unterschiede zwischen Feldern von Bt-Mais und Nicht-Bt-Mais erkennen lassen. Die bisher bereits elektronisch zirkulierenden Grafiken belegen dies eindrücklich. Sie werden derzeit für die Publikation vorbereitet. Immerhin handelt es sich im Falle der Novartis-Studie aus Frankreich um eine Untersuchung über die ganze Kulturperiode von mehreren Monaten hinweg, bei der 200 Nutz-Insektenarten halbquantitativ erfasst wurden. Die in einem weiteren Vergleichsfeld mit Pestizidprühungen erfassten Daten zu Nicht-Ziel-Insekten zeigen hingegen katastrophale Populationseinbrüche, von denen sich einige der untersuchten Arten nicht mehr erholten, andere jedoch überraschend gut nach wenigen Wochen.

Zwei weitere kürzlich publizierte Arbeiten zu Florfliegen, nun, wie schon lange gewünscht, von den AutorInnen als eigentliche Feldstudien durchgeführt, zeigen, dass diese schönen Nützlinge in Bt-Kulturpflanzenfeldern keinen Schaden nehmen, denn die Blattläuse, die sie fressen, kommen ebenfalls mit dem toxischen Bt-Eiweiss nicht in Berührung – sie ernähren sich von Säften aus Leitbündeln, die das Gift nicht enthalten. In früheren Studien wurden die Florfliegen auf verschiedene Art und Weise mit dem Bt-Toxin oder mit bereits halbvergifteten Beutetieren zwangsverfüttert, was ihnen logischerweise nicht gut bekam.

Einen Überblick zu den vielen Feld- und Laborstudien geben Wolfenbarger und Mitautoren in Science, allerdings konnten sie einige hier zitierte Manuskripte nicht berücksichtigen und sind auch sonst nicht auf dem neuesten Stand. Vor allem bewegen sie sich in Modellvorstellungen zu invasiven Pflanzen, die die ackerbauliche und urban-ökologische Realität, wie sie über Jahrzehnte bereits abläuft, nicht berücksichtigen. Zur Frage des Langzeit-Verhaltens von transgenen Pflanzen hat Crawley eine wegweisende Arbeit publiziert, die über 10 Jahre hinweg nachweist, dass von den geprüften transgenen Nutzpflanzen (Raps, Kartoffel, Mais und Rüben) mit verschiedenen Transgenen von Herbizidtoleranzen und Bt-Toxinen keine besondere Invasionsgefahren ausgehen. Am längsten hielt es eine nicht-transgene Kartoffel aus, alle übrigen Versuchspflanzen sind in den zwölf ökologisch verschiedenartigen Versuchsfeldern meist bereits nach 5 Jahren verschwunden.

### 3.2. Das Problem der Bt-Anreicherung im Boden

Schon relativ früh wurde von der Gruppe um G. Stotzky die Besorgnis erörtert, dass das neu in die Maispflanzen eingebrachte Bt-Toxin sich indirekt im Boden anreichern könnte. Mehrere Untersuchungen bestätigten dies. Mit anderen Messmethoden unter anderen Bodenbedingungen hingegen konnte eine Bt-Anreicherung im Boden nicht nachgewiesen werden. Auch hat die Gruppe um Stotzky gezeigt, dass Bt – Eiweiss-Toxin trotz seines recht hohen Molekulargewichtes direkt aus den feinsten Wurzeln des Bt-Mais in den Boden gelangen kann. Dennoch reagieren nach den neuesten Resultaten (11) die Bodenorganismen in Vergleichsproben normal.

Dies bestätigen auch die Resultate von Escher: In Ernährung und Entwicklung zeigte ein kleiner Gleichfüssler beim biologischen Abbau von Maisblättern keinen Unterschied zwischen Bt- und Nicht-Bt-Pflanzen. Es konnte sogar nachgewiesen werden, dass die Sterberate bei den Gleichfüsslern auf den insgesamt nahrhafteren Bt-Maisblättern eine weniger hohe Sterberate aufwies. Dennoch ist auch hier noch Forschungsbedarf nachzuweisen, nur wäre zu wünschen, dass weitere Feldstudien in fairem Vergleich mit normal angebautem Mais erfolgen würden. Die Arbeiten von Nentwig in Bern zeigen insgesamt, dass die oft nur subtilen Differenzen zwischen transgenem und nichttransgenem Mais in ökologischen Folgeuntersuchungen verwischt werden durch die Unterschiede der verwendeten Sorten.

### 3.3. Die möglichen langfristigen Folgen für die Nahrungskette im Ökosystem

Es ist wichtig, dass man sich Gedanken macht zu den langfristigen Auswirkungen der Gentechnologie-Pflanzen. Dies gilt auch für alle übrigen Neu-Zuchten, wobei die Novität der Gene für die Ökosysteme bei den transgenen Nutzpflanzen nach mehr Vorsicht ruft, die neue Präzision der ‚Markergene‘ in der Abklärung der möglichen Umweltschäden aber auch Vorteile in der Risikoabklärung bietet. Monitoring, auch langfristige Beobachtungssysteme, sind seit langem im Gespräch, Vorschläge werden gegenwärtig in vielen Gremien heiss debattiert. Methodische Grundlagen bieten eine ganze Reihe von Publikationen, die auch gleich den ungemein breiten Fächer der Risiko-Perzeption widerspiegeln (siehe Kapitel 4).

### 3.4. Pollenflug und mögliche Auskreuzungen

Sortenreinhaltung war bereits vor der Einführung moderner Zuchtmethoden wie die Gentechnologie notwendig und war bei Fremdbestäubern dank Einhaltung von Abstandsregeln auch erfolgreich. Mit den eingefügten neuen Genen kann man die Auskreuzung viel präziser verfolgen, erstmals wird es möglich sein, Genfluss sehr genau experimentell zu bestimmen.

#### *Neuer Bericht der Europäischen Umweltagentur zum Genfluss*

Eine Zusammenfassung solcher experimenteller Resultate ist im neuesten Bericht der Europäischen Umweltagentur in Dänemark gegeben. Der Bericht bringt viele Beispiele von Auskreuzungen, die z.T. über weite Strecken nachweisbar sind. Allerdings ist es schwierig, dem Wehklagen der Umweltfachwelt zuzustimmen, dass hier nun erstmals eine Arbeit vorliegt, die zeigt, dass die Auskreuzung ein grösseres Problem darstellen würde, als das die Gentech-Befürworter bisher wahrhaben wollten. Denn es gilt ja immerhin anzumerken, dass berechtigterweise erst dann von Gefahr gesprochen werden sollte, wenn sich auch tatsächlich ökologische Schäden nachweisen lassen würden – und davon steht in diesem Bericht nichts.

Wer sich in der landwirtschaftlichen Literatur zur Sortenreinhaltung umsieht, wird feststellen, dass das Basiswissen zur Auskreuzung schon lange da war. So existiert eine Arbeit aus dem Jahre 1936, die eine Auskreuzung beim Raps über 16 km nachweist. Sie wird (und wurde) aber als extrem seltenes Ereignis als landwirtschaftlich nicht relevant eingestuft. Überhaupt vermisst man bei der dänischen Studie den Vergleich mit der landwirtschaftlichen Realität: Denn es ist ja seit Jahrzehnten gelungen, die Sorten reinzuhalten, die Anbauvorschriften für die Saatgutproduktion sind in jedem Land sehr genau, erfolgreich und differenziert gehalten, je nach Kulturpflanze.

Der Bericht der Europäischen Umweltagentur präsentiert sich generell in bester reduktionistischer Tradition, indem er sich auf das Aufzählen von experimentell erhaltenen Auskreuzungs-Daten beschränkt. Er berücksichtigt damit aber andere sehr wichtige Datenquellen überhaupt nicht: Seit vielen Jahrzehnten gibt es z.B. sehr genaue Daten für das Auskreuzungsgeschehen, bei dem auch seltene Ereignisse mitberücksichtigt werden: Es handelt sich um die Herbarien grosser Forschungsinstitutionen der systematischen Botanik, in denen auch die seltensten möglichen Hybriden, wie sie draussen in den Feldern wirklich gefunden worden sind, genauestens als gepresste Herbarpflanzen dokumentiert sind. Man kann sie auch morphologisch-statistisch genau erfassen, sogar ihre Erbsubstanz lässt sich noch analysieren. In grösseren Studien in Holland und der Schweiz wurden Auskreuzungs-Raten in 5 Kategorien bestimmt zu wichtigen Kulturpflanzen und ihren wilden Verwandten. Diese Auskreuzungsraten wurden auch im Feld, experimentell und molekularbiologisch überprüft und stellen mit Sicherheit sehr zuverlässige Bestimmungen der Auskreuzungsraten dar. Jedenfalls sind sie zuverlässiger als jene ausführlich im Bericht der Europäischen Umweltagentur zitierten experimentellen Messungen der Transgene in kurzfristigen Auskreuzungsexperimenten, die ja immer von momentan herrschendem Wind und Wetter abhängig sind. Der Bericht kann als eklatantes Beispiel beschrieben werden, wie fälschlich reduktionistisch-experimentelle Daten als die alleinigen wissenschaftlichen betrachtet werden und wo die Strategie der Beobachtung, wie sie bei komplexen ökologischen Verhältnissen durchaus auch ihren Wert behält, vernachlässigt wird.

#### *Der Auskreuzungsfall beim Mexikanischen Mais*

In kleinräumigen landwirtschaftlichen Verhältnissen (z.B. in Alpennähe und in den gebirgigen Regionen Mexikos) stehen wir vor grösseren Problemen, wenn Auskreuzung verhindert werden soll. Wenn auch die erste Arbeit von Quist und Chapela in Nature vom November 2001 mit klaren Mängeln den Beweis der Einkreuzung transgener amerikanischer Maissorten schuldig geblieben ist. Nach Monaten des Wartens hat sich nun der Editor von Nature klar geäussert, dass die von Quist und Chapela vorgelegten Beweise nicht genügen und die Arbeit nicht hätte publiziert werden sollen. Immerhin hat sie eine geradezu hektische Forschungsarbeit ausgelöst, denn es dürfte, allen Unkenrufen einiger Befürworter zum Trotz, ausser Zweifel sein, dass solche Ereignisse in Mexico in Bälde nachzuweisen sind. Eine völlig andere Sache ist es hingegen, ob diese neuen Einkreuzungsvorgänge, die sich nahtlos an frühere bereits jahrzehntelang laufenden und nachgewiesenen Einkreuzungen moderner Maissorten anschliessen, zu ökologischen Problemen führen. Engstirnige Opponenten scheuten sich nicht, eine regelrechte Hysterie unter den armen Mexikanischen Kleinbauern anzuheizen, so z.B. mit dem abenteuerlichen Vergleich, die Einkreuzung moderner Maissorten in den nun flugs heiliggesprochenen Landmais sei eine grössere Katastrophe, als wenn man die uralte Kathedrale von Oaxaca im Norden Mexikos zerstören würde. Das Argument, dass man gerade in den Artenbildungszentren mit der Anwendung moderner Sorten sorgfältig umgehen müsste, hat zwar scheinbar viel für sich, dennoch ist gerade im Falle des Biodiversitäts-Zentrums Mexiko für den Mais festzuhalten, dass die Landrassen und die wilden Verwandten des Mais offenbar genetisch stabil genug sind, seit langer Zeit dem Einkreuzungsdruck moderner Sorten zu widerstehen. Vielleicht ist es sogar so, dass gerade in den Biodiversitäts-Zentren die Phänomene der genetischen Sortenverwischung kleiner ist – in der heutigen Landschaft vorgefasster Meinungen (im Übrigen ohne jede Begründung propagiert) leider eine ketzerische Frage.

#### *Die Lösungswege bei Auskreuzungsproblemen:*

Mit all der bisherigen Erfahrung und den neuen Daten lassen sich noch genauere Regeln befolgen, vom differenzierten Einhalten von Abständen bis zur Züchtung von nicht mehr kreuzungsfähigen Sorten.

Die Natur hat auch bereits einige interessante Möglichkeiten offeriert: Z. B. Apomixis (spontane Embryobildung ohne Befruchtung durch Blütenstaub). Eine internationale Arbeitsgruppe ist am Werke und will diese in unserer Wildflora zu 10 – 20% existierende Apomixie für die Kulturpflanzen nutzbar machen.

Die Fremdbestäubung kann auch mit Sterilitäts-Barrieren auf allen Stufen der Befruchtung unterbunden werden. Dies ist an der Eidgenössischen Technischen Hochschule einem Forscherteam ganz ohne Gentechnologie bereits gelungen. Da wird bereits ein Mais gehegt,

der gar keine Pollen mehr streut. Eine weitere Möglichkeit ist es, Transgene in die Zellkörper ausserhalb des Kerns und seiner Erbmasse einzubringen, denn diese Zellkörper werden in der Regel im Befruchtungsvorgang nicht weitergegeben werden. Anfängliche Hoffnungen sind allerdings gedämpft, aber nicht zunichte gemacht worden.

Die noch relativ junge Wissenschaft der molekularen Populationsgenetik wird noch weitere Möglichkeiten der Unterbindung des Genflusses aufzeigen.

#### *Der Mythos der Super-Unkräuter*

Das Risiko der Entstehung eines neuen invasiven Unkrauts kann man als sehr niedrig einstufen, aber es ist nicht null. Wir müssen uns vor Augen halten, dass die meisten unserer Kulturpflanzen genetisch massiv verändert sind; so z.B. können sich viele nicht mehr durch natürliche Absamung ausbreiten – zu den Ausnahmen gehört jedoch der Raps.

Es ist schief, hier einen direkten Vergleich zu den Einschleppungen exotischer Pflanzenarten zu bauen: Langjährige Abklärungen in Literatur, Herbarien und Feldexperimenten in Berlin lassen den Schluss zu, dass bei der Festlegung der Auswilderungsrisiken ein Monitoring über viele Jahrzehnte notwendig wird. Bei exotischen Gehölzen z.B. ist eine bis zu über hundert Jahre dauernde ökologisch-klimatische Anpassungsphase festzustellen, bis einzelne Arten unter ihnen sich erfolgreich verbreiten konnten. Spätestens dann allerdings beginnt auch die Bedrohung durch neu angepasste Frass-Insekten, die Kontrolle setzt ein. Solche Anpassungsvorgänge müssen bei Kulturpflanzen meist so viele genetische Barrieren überwinden, dass die Wahrscheinlichkeit einer Auswilderung mit invasivem Charakter verschwindend klein ist.

Voraussetzung bei verwandten Wildkräutern, die neue Transgene erhalten über die Auskreuzung, sind kaum gegeben: Das Transgen müsste ausserhalb der Landwirtschafts-Zone einen massiven selektiven Vorteil gegenüber den ursprünglichen wilden Arten bieten, ein kaum denkbare Szenario. Es muss jedoch festgehalten werden, dass auswildernde (nichttransgene) Exoten auf einigen kleineren tropischen Inseln zu katastrophalen Zuständen geführt haben, die die indigene Flora massiv bedrohen.

### 3.5. Horizontaler Gentransfer von Mikroorganismen zu höheren Pflanzen und umgekehrt

Es ist bisher nicht gelungen, den horizontalen Gentransfer zwischen Mikroorganismen und höheren Pflanzen nachzuweisen.

In einer kürzlichen Zusammenfassung zum gegenwärtigen Wissensstand äussert sich die seit Jahren auf diesem Gebiet arbeitende Spezialistin Cornelia Smalla von der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft in Braunschweig folgendermassen (übersetzt aus dem Englischen):

„Angesichts der Tatsache, dass Antibiotika-Resistenzgene in Bakterienpopulationen weit verbreitet sind und dass horizontaler Gentransfer von transgenen Pflanzen zu Bakterien höchstens in sehr niedrigen Raten erfolgen kann und bisher unter Feldbedingungen nicht nachgewiesen wurde, ist es unwahrscheinlich, dass Antibiotika-Resistenzgene transgener Pflanzen wesentlich beitragen könnten zum Antibiotika-Resistenzproblem in Bakterienpopulationen. Es herrscht kein Zweifel, dass die gegenwärtigen Probleme in der Human- und Veterinärmedizin durch selektiven Druck entstanden ist, der durch den massiven Gebrauch von Antibiotika verursacht wurde, und nicht durch die Antibiotika-Resistenz-Markergene transgener Pflanzen.“

Trotzdem hat die durch keine wissenschaftlichen Fakten gestützte Besorgnis, die Antibiotika-Markergene könnten überspringen auf Krankheitserreger des Menschen, in den letzten Jahren epidemisch um sich gegriffen; dies nicht zuletzt dank einer populistischen Propagandawelle gewisser Nichtregierungs-Organisationen. Ein sogenanntes 'Gutachten' des Freiburger Ökoinstitutes, das beim genauen Durchlesen keine eigentlichen Daten liefert, sondern Szenarien, gut verpackt in die für Nicht-Fachleute vernebelnde Sprache der Molekularbiologie, wirkt auch nicht besonders überzeugend. Diese herbeigeredete Besorgnis schlug sich sogar in ministeriellen Verlautbarungen zu Entscheiden gegen den Gentech-Mais in mehreren EU-Ländern nieder – da staunt der Laie und der Fachmann wundert sich. Zuschlechterletzt hat auch noch die Biotech-Industrie dem Druck nachgegeben – und wird nun nach Ablauf der Fristen keine Antibiotika-Resistenzen für die Selektion transgener Pflanzen mehr verwenden. Ob dies nun der Weisheit letzter Schluss ist, wird sich weisen, der Verfasser wagt dazu in Sorge um die Glaubwürdigkeit der Wissenschaft ein grosses Fragezeichen zu setzen.

#### *Die Folge der Fehleinschätzung der Risiken der Antibiotika-Markergene:*

##### *Ministerielle Ablehnung eines Schweizerischen Mini-Feldversuches mit transgenem Weizen*

Die unbegründete Besorgnis hat sich auch in einer Verfügung der Schweizerischen Umweltbehörden niedergeschlagen (zu finden auf der Homepage des BUWAL, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft), die zum Ergebnis kommt, ein beantragter Kleinfeld-Versuch von 4m<sup>2</sup> sei abzulehnen, unter anderem mit dem als gewichtig eingestuftem Argument, dass dieser Versuchsweizen noch mit Antibiotika-Resistenz-Markergenen versehen sei, die eine Gefahr darstellten. Dabei liessen sich einige simple Überlegungen anstellen, die diese Behauptung ad absurdum führen: Die 4m<sup>2</sup> Boden, in die der transgene Weizen gepflanzt würde, enthält nach Schätzungen etwa die Menge von 8 – 12 Milliarden Bakterien mit voll funktionstüchtigen Antibiotika-Resistenzgenen. Die 'Wahrscheinlichkeit', die nach übereinstimmender Meinung der Fachwelt zu einer einzigen zusätzlichen Transformation eines Bodenbakteriums ausgehend von den Weizenpflanzen führen würde, ist 10<sup>-18</sup>, das würde bildlich gesprochen einer Wahrscheinlichkeit entsprechen, mit der ein fliegender Vogel gleichzeitig durch drei Meteoriten getroffen würde – Kommentar überflüssig.

##### *Weiterer Verdachtsfall zu horizontalem Gentransfer seit Jahren in der Schwebe*

Die vom zweiten deutschen Fernsehen vor drei Jahren voreilig, primeur-geil und unter Bruch von Vereinbarungen mit dem Autoren H.Kaatz aus Jena ausgestrahlte Meldung, man hätte nun im Darm von Bienen bestimmte Transgene von Rapspflanzen gefunden, hält näherer Betrachtung (noch ?) nicht stand: Der Beweis fehlt, dass das in der Natur ebenfalls auffindbare Gen wirklich von der transgenen Rapspflanze stammt. Hier werden wir, wie in vielen anderen Fällen, noch die eigentliche wissenschaftliche Publikation abwarten müssen. Das Transgen selbst richtet offenbar im Bienendarm keinen Schaden an – dies ein gesichertes Resultat eines bereits fertiggestellten Teils dieser noch nicht publizierten Arbeit, ein Fakt, der angesichts unserer risiko- und katastrophengefixierten Nachrichtengesellschaft geflissentlich unterschlagen wird.

## 4. Grosse Kontraste in der Risiko-Wahrnehmung: Grund genug für grundsätzliche Überlegungen zum Gentechnik-Diskurs

### a) Fehler, Leistungen und Risiko-Wahrnehmung einiger ausgewählter Diskurspartner

#### - *Die Wissenschaft*

Auch die Biologie hat nun ihre Unschuld verloren und die Wissenschaftler sollten sich verabschieden von reinem Faktenglauben, sie sollten sich verstärkt verantwortlich fühlen für die Folgen ihres Tuns. Gleichzeitig aber müssen sie ihre Forschungsfreiheit, ihre unstillbare Neugier bewahren, ein wahrlich schwieriger Balanceakt. Wissenschaft resultiert in erfolgreiche oder schädliche Technologie, dies sauber auseinanderzuhalten ist wichtig und sollte trotz allem Stolz auf das Erreichte die Forscher nicht dazu verleiten, die Fakten zugunsten der Verdienste zu filtern. In der Öffentlichkeit wächst die Kritik an unkritisch faktengläubigen Vertretern der Wissenschaft und diese tut gut daran, mehr Öffentlichkeitsarbeit zu betreiben (wie hat doch Hannah Arendt so schön gesagt: Die vornehmste Aufgabe der Wissenschaft ist es, aus Fakten öffentliche Meinung zu gestalten). Kurzum: Wissenschaft hat strikt und per se nichts mit Demokratie zu tun, sollte sich aber vermehrt um demokratische Vorgänge dort kümmern, wo es um die Folgen ihres Tuns geht. Die Öffentlichkeit sollte realisieren, dass die Wissenschaft ein mitunter brutal funktionierendes Verifikationssystem ist – schon Popper hat gesagt, dass das wichtigste Element wissenschaftlichen Wissens seine Revidierbarkeit ist. Risikoforschung sollte deshalb von den Forschern als ein konstanter Prozess verstanden werden, der es erlaubt, permanent in neue Verhältnisse einzugreifen.

#### - *Die Industrie*

Die Mitarbeiter der Biotechnologie-Industrie leben oft in einer geschützten Atmosphäre, konzentrieren sich auf Zukunfts-Wissen, schmieden Pläne mit festem Ziel und sind überzeugt von ihrem soliden Wissen um die Risiken. Sie haben deshalb oft Mühe, Kritik von Aussen zu akzeptieren. Einige unter ihnen arbeiten kurzfristig gewinnorientiert und filtern ihre Bedenken zu neuen Produkten nur allzugerne weg. Immerhin ist es gut zu wissen, dass die Shareholder Fehler in der Erfolgs-Einschätzung selten über längere Zeit verzeihen, das ökonomische System hat somit auch selbst-regulierende Wirkung auf die weitere

Entwicklung. Es ist auch fair anzumerken, dass Gewinn-Aussichten die Entwicklung nutzbringender Technologien entscheidend anschiebt. Risikoforschung wurde lange als notwendiges Übel betrachtet, erst in den letzten Jahren entwickelte sich hier das Bewusstsein, dass sie zu den Überlebensstrategien der Firmen gehören muss.

- *Die Behörden*

Gesetzeshüter und Gesetzesgeber sind durch das Tempo der Technologie-Entwicklung oft hoffnungslos überfordert und verspäten sich mit wichtigen Entscheidungen zu Sicherheitsfragen. Dadurch werden oft die Kommerzialisierungs-Entscheidungen um Jahre hinausgeschoben oder hart an der Grenze der Illegalität vorweggenommen. Sie sind öfter in Versuchung, politisch motivierte Entschlüsse durch fragwürdige ‚wissenschaftliche‘ Argumentation zu tarnen. Im Ganzen haben sie die wichtige Aufgabe, die Bevölkerung vor allzu schnellen Entwicklungen und ihren unabschätzbaren Risiken zu schützen. Risikoforschung wird oft zum Spielball der Politik, aber auch zum Zankapfel bei Finanzierungsdiskussionen. Je nach Zugehörigkeit zu den Ämtern herrscht grosse Uneinigkeit über die Schwere der Risiken. Während Umweltämter dazu neigen, zu schier unerfüllbaren Höhen der Genauigkeit abzuheben, möchten andere gerne (und vielleicht verfrüht) möglichst rasch zum Prinzip der Familiarität überleiten, bei dem man sich dann einen schönen Teil der Risikoabklärung sparen könnte.

- *Die Nichtregierungs-Organisationen*

Die grossen Nichtregierungs-Organisationen haben sich zu mächtigen Protest-Firmen entwickelt, die mit aller Professionalität und gewichtigen Budgets ihr Geschäft betreiben, um gleichbleibende oder besser höhere Mitgliederbeiträge zu erwirken. Dieses gewinnstrebende Tun lässt ihnen oft wenig Zeit, sich mit den wissenschaftlichen Fakten auseinanderzusetzen, ihren Aktivisten sind die populistischen Slogans näher, damit lässt sich mehr erreichen. Es ist gut, dass es grosse Nichtregierungs-Organisationen gibt, die auch eine gewisse Macht ausüben können, nur sollten sie auch reguliert werden können (nicht zensuriert), denn mit ihrer oft grossen PR – Wirkung übernehmen sie auch grosse Verantwortung um die zukünftige Entwicklung. Es wäre ja schön, wenn die NGO's sich dem Pressegesetz unterstellen könnten.

Punkto Risikoforschung herrscht unter NGO's Uneinigkeit: Während die einen für strikte Verbote sind, kämpfen andere für überdimensionierte Forschungs-Programme, die für die vielversprechende Technologie automatisch verhindernd wirken. Die Vertreter der aufstrebenden quantitativen Ökologie werden wichtige Impulse geben können, allerdings nur dann, wenn sie sich die Mühe nehmen, auf ackerbauliche Realitäten Rücksicht zu nehmen.

- *Die Medien*

Medien sind Spiegel der Gesellschaft und geben so recht genau das Bild der allgemeinen Besorgnis wieder. Leider unterscheiden viele Medien kaum mehr zwischen Nachricht und Kommentar. Noch bedenklicher ist die oft ziemlich einseitige und negative Auswahl aus der täglichen Nachrichtenflut. Eine gute Nachricht ist eben keine Nachricht und es ist evident, dass jene Forschungsergebnisse, die für die Raupen der Monarchfalter eine fast vollständige Relativierung der Katastrophen-Szenarien punkto Bt-Mais bedeuteten, kaum Eingang fanden in die Artikel der Tagespresse – ganz zu schweigen von den anderen Medien. Resultate komplexer Risikoabklärungen finden ihren Weg kaum in die Tages- und Wochenpresse, die Darstellung der Resultate wäre zu aufwendig und würde auch fast unüberwindbare Hürden für die Vereinfachung aufbauen. Die Medien sollten mehr Unterstützung durch die Wissenschaft bekommen. Sie erfüllen in unserer nachrichtenhungrigen Gesellschaft eine entscheidend wichtige Aufgabe.

- *Die Bevölkerung*

Leider weiss gegenwärtig die Bevölkerung kaum mehr, wem sie glauben soll, dieser heftige Widerstreit, bei dem jede Partei ‚ihre‘ Experten vorbringen kann, räumt auch mit dem Absolutheits-Anspruch der Wissenschaft gründlich auf. Das lebensweltliche Wissen wird zu Unrecht kaum noch respektiert in unserer verwissenschaftlichten Welt. Die Bevölkerung beginnt auch erst langsam zu realisieren, dass die moderne Biologie den grössten Technologieschub der Menschheitsgeschichte auslösen wird, und dass es deshalb mehr als nur eine kleinere mehrmonatige Debatte braucht, um die veränderten Verhältnisse zu verkraften: Es wird allen eine grosse kulturelle Anstrengung abverlangt, die aber nur jene zu leisten vermögen, die aus gesicherten Welt-Einsichten heraus neugierig und flexibel reagieren können. Hier ist die Erklärung für das Paradoxon zu suchen, weshalb Angehörige verschiedenster Religionsgruppierungen mit einer konsolidierten Spiritualitäts-Praxis erstaunlich liberale Ansichten zur Gentechnologie äussern: Sie müssen nicht ängstlich nach links und rechts schielen, brauchen keine professionellen Einflüsterer aller Lager, um sich ein

eigenes Urteil zu bilden. Angesichts steigender Ängste reagieren die Konsumenten nur selten mit der Forderung nach mehr Risiko-Abklärung, sondern mit Verweigerungshaltung und wenden sich lieber dem Biomarkt zu. Es ist paradox, wie es die Bevölkerung hinnimmt, dass unter dem Segel der Kennzeichnung und Wahlfreiheit eben gerade *diese Wahlfreiheit* nicht gewährt wird von unseren Lebensmittelverteilernetzen, dies nicht zuletzt deshalb, weil von den grossen NGO's überall dort Demonstrationen angedroht werden, wo es ein Geschäftsführer wagen sollte, gut gekennzeichnete Gentechnik-Nahrung anzubieten. Es verwundert den Schreibenden nicht, dass er in diesem Zusammenhang in höheren Management-Schichten der Lebensmittelverteilernetze oft das Wort Erpressung zu hören bekam.

#### b) Vergessene Risiko-Vergleiche

Die gegenwärtige Diskussion leidet sehr unter dem Ungleichgewicht der Fokussierung auf die Transgene allein. Wider jede molekulargenetische Einsicht werden die Gene überbewertet in Wirkung und Entwicklungspotential, es wird oft auch schlicht vergessen, dass die wesentlichen Elemente klassischer Zucht wie Auslese, jahrelange Überprüfung der neuen Eigenschaften, auch bei transgenen Pflanzen voll weitergeführt werden. Es ist schon fast belustigend festzustellen, wie Gentechnik-Opponenten zwar zu Recht das Dogma der Überbewertung der Gene kritisieren, aber dann selbst in den Fehler verfallen, die ganze Risikodiskussionen an den Transgenen aufzuziehen.

Durch diesen Fokussierungseffekt gerät die Risikobewertung aus den Fugen und es wird unvernünftig eine auf die Gene ausgerichtete Diskussion geführt und somit auch eine Risikoforschung propagiert, wie wenn es keine Auskreuzungs- und Verwilderungsrisiken, keine bedenklichen natürlichen Pestizide (und sogar Bio-Pestizide) usw. geben würde. Auch fehlt erstaunlich oft in den Risiko-Abklärungen der unpopuläre Vergleich mit pestizidbesprühten Feldern traditioneller Sorten. Oft wirft man auch schlicht ökologische Grundsätze über Bord: Besonders eklatant sichtbar wird dies beim voreiligen Übertragen von Labordaten auf Feldbedingungen, vgl. oben das Beispiel des Monarch-Falters. Es erstaunt den Schreibenden immer wieder, wie ökologisch orientierte Gentechnik-Gegner plötzlich zu Reduktionisten werden und bedenkenlos Labordaten bei ihren Wortgefechten verwenden, wo sie doch sonst eifrige Verfechter der (auch in diesem Falle besseren) holistischen Sichtweise sind.

## 5. Risiko-Bewältigung

Vorerst soll hier festgehalten werden, dass die üblichen Wege der Risikobewältigung, die bisher eingeschlagen wurden, weiterverfolgt werden müssen. Dazu gehören auch die komplizierten Entscheidungsfindungen der Europäischen Union, die schwierigen Zulassungsverfahren auf allen Ebenen und Ausgleichsverfahren und Diskussionen aller Art und auf allen Ebenen, die ein besseres Verständnis der oben beschriebenen Diskurspartner untereinander fördern. Es wäre allerdings zu wünschen, dass auf EU-Ebene eine starke Agentur entsteht, die sich diesen Dingen mit Autorität und wissenschaftlich fundiert annehmen könnte.

An dieser Stelle möchte ich ein wenig ausholen, wie man sich denn eine Debatte zu diesen schwierigen Fragen vorstellen könnte.

Es soll eine Form des Diskurses beschrieben werden, die in ihrer Grundstruktur mit Abwandlungen auf viele weitere Debatten übertragen werden kann. Hier wollen wir uns mit jenen vertrackten Problemen beschäftigen, die uns sicherlich noch lange erhalten bleiben. Man nennt Probleme in komplexen Umfeldern auch ‚böartige Probleme‘ (engl. wicked problems).

Doch vorerst braucht es eine kleine Einführung in Planungs- und Management-Methodiken der zweiten Generation, die im Prinzip auf den Systemansatz C.West Churchmans, , und Horst Rittels, beide haben im amerikanischen Berkeley gewirkt.

Vor einigen Jahre hätte man wohl die Einführung von gentechnisch veränderten Nutzpflanzen als sogenanntes "zahmes Problem" beurteilt, zu dem man im Verlaufe von einigen Sitzungen in der Chefetage Pläne schmiedet und deren Ausführung ohne weiteres den Technikern und den professionellen PR-Leuten zur Ausführung innert weniger Monate überlassen hätte. Das sei ja nur eine Frage der Präsentation einiger wichtiger wissenschaftlichen Fakten und damit sei die Lösung schon fast automatisch definiert.

Aber das hat sich als falsch herausgestellt, die Probleme um die Einführung der grünen Gentechnologie haben sich zu sogenannten "böartigen Problemen" entwickelt mit komplexen Strukturen und keinen klar ersichtlichen Kausalketten. Diese Probleme können nicht bestimmt und gelöst werden durch quantitative und wissenschaftliche Analyse, es gibt keine Lösungen im Sinne von

definitiven, einfachen, linear erarbeiteten und objektiven Antworten. Es ist bemühend zu verfolgen, wie Befürworter und Opponenten der Gentechnologie im Schutze dieses unübersichtlichen Dickichts gleichsam wie Partisanen fast unbehelligt und kaum durchschaut ihre Rechtfertigungs-Scharmützel betreiben können. Dieses gute Deckung gewährende Maquis kann nur übersichtlicher werden, wenn wir von linearen Diskussionen zu solchen vorstossen, die der wahren Komplexität der Materie Rechnung tragen. Es braucht einen neuen System-Ansatz, wollen wir komplexe Probleme durcharbeiten.

## 5.2. Systemansatz der ersten und zweiten Generation in der Planung

Viel Hoffnung wurde gesetzt in den Systemansatz der ersten Generation, der sicherlich auch seine Verdienste hatte (NASA-Missionen, Zollbrücken, Verteidigungssysteme, Entwickeln einer Hochleistungs-Kulturpflanze etc.). Planungsziele waren klar definiert und alle Entscheidungen dienten dem Erreichen dieser Ziele.

Generell kann man sagen, dass der Systemansatz der ersten Generation in eine Periode der Enttäuschung mündete, denn er brachte vielfach nicht das, was man von ihm erwartete: Eine ganze Reihe von grossen, sehr komplexen Problemen wie der Städteplanung, der Umweltschutzprojekte, der Welternährungs-Problematik können nur als Misserfolge hingestellt werden, eventuell auch als teilweise Misserfolge wie die "Grüne Revolution".

Der Hauptgrund ist der, dass das klassische Paradigma der (rationalen) Wissenschaft und Technologie nicht direkt anwendbar ist auf Probleme, die in offenen ökologischen oder sozio-ökonomischen Systemen zu orten sind. Es ist sehr wichtig zu realisieren, dass die Probleme der Biotechnologie nicht ausschliesslich Probleme der Wissenschaft sind, sie sind vielmehr auch Probleme unserer Gesellschaft. Dies soll nun keineswegs heissen, dass Risikoabschätzung nicht auf Wissenschaftlichkeit aufbauen soll, im Gegenteil.

Wenn man bösartige Probleme lösen will, muss man durch einen extensiven Prozess von Argumentation, auch Objektivierung genannt, gehen. Objektivierung ist nicht etwa zu verwechseln mit einem "objektiven Ansatz" eines Problems.

Es gibt rationales Planen, aber es kann nicht mit einem rationalen Ansatz beginnen, der Planungsprozess sollte immer einen Schritt früher beginnen. Denn es gibt immer wichtige Trends und Fakten, die ein geradliniges rationales Denken und Handeln beim Lösen bösartiger Probleme nutzlos machen. Es ist nicht der theoretisch-wissenschaftliche Teil des Wissens, der die Vektoren des Handelns bestimmt, sondern eher das politische Element des Wissens. Deshalb ist der sogenannte Nullschritt in den Publikationen von Horst Rittel (19) so wichtig, wenn er die Planungsansätze der zweiten Generation beschreibt. Hier findet sich auch die Begründung des Begriffes "*Symmetrie der Ignoranz*". Als Beispiel sei die Tatsache genannt, dass Experten falsch, Bauern aber richtig liegen können, wenn es um die direkte Beobachtung von komplexen Verhältnissen auf dem Acker geht. Es ist doch so, dass schwierig lösbare Probleme sich bei allen Gruppierungen, die sich darum kümmern, auf mehr oder weniger gleichmässig verteiltes Nichtwissen zu orten ist, deshalb der Begriff der Symmetrie der Ignoranz.

Das Wissen, das beim Lösen von bösartigen Problemen benötigt wird, kann nicht in einem einzelnen Kopf konzentriert sein. Es ist entscheidend, alle beteiligten Partner in den Entscheidungsprozess mit einzubeziehen, dazu gehören alle Betroffenen, auch jene aus den Bevölkerungsteilen, beim Beispiel der transgenen Nutzpflanzen die Landwirtschaftsexperten, die Bauern, die Konsumentenorganisationen, die Nichtregierungs-Organisationen, die zuständigen Behörden und die Wissenschaftler. Durch diese Beispiele sollte auch klar geworden sein, dass wir einen neuen Lösungsansatz brauchen, bei dem wir lernen, mit den Rückkoppelungen der verschiedenartigen Wissensfelder korrekt umzugehen. Wer diese Regel der Symmetrie der Ignoranz befolgen will, muss sich weiteren Prinzipien unterwerfen: Alle Partner sollten vermeiden, versteckte Agenden (Absichten) bei den Diskussionen zu verfolgen, das ist leichter dann zu erreichen, wenn sich die Partner gegenseitig ein Minimum an Respekt zollen. Wer offen in seinem eigenen Interesse spricht, sollte deswegen nicht kritisiert werden dürfen. Ein bewährtes Mittel, versteckte Agenden abzubauen, ist der gründliche Austausch von Wissen im Vorfeld des Diskurses. Diese Diskursregeln sind nicht starres Rezept, sondern Gefäss, um kreative Lösungen zu ermöglichen. Moderatoren solcher Prozesse sollen nicht ihre eigene Agenda durchsetzen, sondern quasi als Hebammen wirken.

### 5.3. Wie können ‚böartige‘ Probleme in Biotechnologie und Umwelt gelöst werden ?

Wir müssen uns an aktionsorientierte Lösungsansätze gewöhnen. Risikoabschätzung und – Management muss als Teil der Planungsstrategie der zweiten Generation gesehen werden, letztlich geht es um ein professionelles Rahmenwerk für die *Entscheidungsfindung*.

Wir sollten Strategien entwickeln, die uns die Konsequenzen von unserem Tun einerseits erkennen lassen, gleichzeitig aber auch das Wissen bewusst machen, das mit diesem Tun verbunden ist. Dieses Wissen kann nur schrittweise und fallweise erarbeitet werden: Wenn es uns gelingen soll, unseren gegenwärtigen Wissensstand klar zu trennen von den richtigen Entscheidungen, die *nicht* auf unserer Ansicht und Meinung aufbauen, müssen wir die folgenden Schritte unternehmen:

- Was ist das Problem ?
- Was wollen wir ?
- Was sind die Alternativen ?
- Wie vergleichen wir sie ?
- Wie können wir eine Lösung erreichen ?

Alle Partner müssen sich bewusst sein, dass es *verschiedene Wissensarten* gibt (nach den fünf obigen Fragen geordnet):

Die hier gegebenen Beispiele sind nur als einfache Schlüsselworte zur Illustration gegeben, sie sind aus ihrem Kontext realer Planungsbeispiele gerissen, sie können nicht als reale Planungsbeispiele gelten, dies wäre ja gerade das Resultat eines iterativen und argumentativen Prozesses, das wir noch nicht kennen.

- *Faktisches Wissen* ist das Wissen das wirklich messbar oder beobachtbar ist: Quantitative oder empirische, beobachtete Daten.  
Genfluss von Art zu Art / Region für Region / Fakten über Insektenresistenz in der Landwirtschaft
- *Deontisches Wissen (Planungswissen)* ist das Wissen, wie etwas sein sollte  
Das Wissen über neue Kulturpflanzen-Sorten zur Verbesserung der landwirtschaftlichen Produktion / neue landwirtschaftliche Methoden zur Vermeidung von Erosion / neue biologische Bekämpfungsmethoden von Schädlingen
- *Erklärungs-Wissen (explanatorisches Wissen)* erklärt, weshalb die Dinge so sind und warum gewisse Effekte stattfinden. Hier beginnt man bereits, den Planungsprozess in Richtung Lösung zu beeinflussen.  
Die Art, wie das Bt-Eiweiss auf bestimmte Insekten wirkt / welches sind die Ursachen einer unwillkommenen Bodenerosion / Prozesse des vertikalen Genflusses / Prozesse der Resistenzentwicklung.
- *Instrumentelles Wissen* wie Prozesse gesteuert werden, wie bestimmte Ziele erreicht werden können, ein Wissen, das abgewogen werden muss gegen Sicherheit und Gesetzgebung. Im Prinzip geht es hier um eine gerechte Abwägung der Vor- und Nachteile der diskutierten Methoden.  
Die Methode, Gene wie z.B. jene zur Exprimierung der Bt-Eiweisse in höhere Pflanzen einzubauen, wie vertikaler Genfluss vermieden werden kann / wie kann verfrühte aufkommende Resistenz bei Schadinsekten vermieden werden (z.B. durch das Vorschreiben von Refugialflächen für nicht-transgene Kulturpflanzen). Gelingt es, in einem fairen Vergleich biolandwirtschaftliche und technolandwirtschaftliche Strategien letztlich unter einen Hut zu bringen, welche Veränderungen sind dabei notwendig ?
- *Konzeptuelles Wissen*, das es ermöglichen sollte, Konflikte zu vermeiden, bevor sie auftauchen. Es ist das Wissen von komplexen Situationen, das alle vorherig erwähnten Wissensarten aufnimmt und sie konfrontiert mit Argumenten, die aus offenen ökologischen und sozialen Systemen kommen können.  
Konzepte zu transgenen Nutzpflanzen, die kompatibel sind mit nachhaltiger Landwirtschaft die auch eine Entwicklung zu organo-transgenem Ackerbau mit einschliessen können.
- *Wissen des täglichen Lebens, traditionelles Wissen*  
Es ist unabdingbar, Betroffene mit ihrem Alltagswissen, mit ihrem von Generation zu Generation weitergegebenen traditionellen Wissen zu respektieren. Bauern, Konsumenten haben oft sehr präzise Vorstellungen als Betroffene, sie verfügen über wertvolles Wissen, das jenem theoretisierender Wissenschaftler oder Corporates (seien sie nun von der Protest – oder der Life Sciences – Seite) überlegen sein kann.

Man muss durch einen *extensiven Argumentations-Prozess* hindurchgehen, der auch Objektivierung genannt wird, nicht zu verwechseln mit einem "objektiven Ansatz". Die Ansprüche an diesen Prozess lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- weniger zu vergessen, die richtigen Probleme zu sehen
- den Planungsprozess als eine Abfolge von Ereignissen betrachten
- Zweifel anregen durch viele Querfragen, kurzsichtige Eindeutigkeiten erkennen und vermeiden
- Kontrolle über die Delegation der Urteile: Experten haben keine absolute Macht, wissenschaftliches Wissen ist immer limitiert.
- Offenlegen der Interessen der verschiedenen Partner, nicht das Verstecken oder Wegreden, wie das im Diskurs zur grünen Gentechnologie versucht wird. Es gibt keine sogenannten neutralen Experten, es gibt aber (hoffentlich) einen verständigen Diskurs unter allen Beteiligten.

#### *Es gibt kein wissenschaftliches Planen*

Die Lösung von praktischen Problemen wie das Entwickeln von transgenen Nutzpflanzen für eine nachhaltige Landwirtschaft kann nicht mit einer Verwissenschaftlichung des Planens erreicht werden. Wenn man sich mit böartigen Problemen beschäftigt, ist immer eine politische Komponente dabei wegen der deontischen Voraussetzungen, die dabei gemacht werden (Voraussetzungen durch Planungswissen). Wissenschaft kreiert nur faktisches, instrumentelles und im besten Falle explanatorisches Wissen.

Der Planer, hier z.B. der Manager eines Aktions-Planes, ist nicht primär ein Experte oder gar Leiter, sondern ein Geburtshelfer des Problemlösens, mehr ein Lehrer als ein Arzt. Gemäßigter Optimismus und sorgfältige und wohl dosierte Respektlosigkeit ist wichtig. Zweifel zu streuen ist eine Tugend (hier gewiss auch auf NGO's gemünzt), nicht ein Nachteil für Aktionsplan-Manager.

Der Planungsprozess für die Lösung von böartigen Problemen muss verstanden werden als ein *Argumentationsprozess*, er sollte weniger als ein Unternehmen, vielmehr als ein Abenteuer gesehen werden in einem konspirativen Rahmen, wo nicht alle Resultate vorausgesehen werden können. Die Systemansätze der zweiten Planungsgeneration wollen diese Prozesse explizit machen, sie unterstützen und Mittel und Wege finden, um diese Prozesse wirkungsvoller zu gestalten und sie auch besser unter die Kontrolle *aller Beteiligten* zu bringen.

So wird es möglich werden, auch überraschende Lösungen böartiger Probleme anzustreben. Der Verfasser wünscht sich, dass durch solche Planungsprozesse auch bisherige Dogmen zur Landwirtschaftspolitik fallen könnten, die da besagen, dass Transgene nichts in der Bio-Landwirtschaft zu suchen hätten. Es wird in nicht allzuferner Zukunft schwieriger werden, diese These weiterzustützen, denn gerade die auf moderner Genom-Forschung aufgebaute Züchtung neuer Kulturpflanzen wird es den Biobauern schwierig machen, ihre Ablehnung beizubehalten. Ein grosses Potential wird sich auftun in der genomischen Erforschung der wilden Verwandten der Kulturpflanzen, denn gerade in diesen oft bereits selten gewordenen und schützenswerten Wildarten sind wertvolle Gene verborgen, die auf dem oft mühevollen Weg der klassischen Züchtung schlicht verloren gingen.

## 5.4. Der Umgang mit dem Vorsorge-Prinzip, ein 'böartiges Problem' ?

Hört man sich in der globalen Biotechnologie-Politik um, so stellt man eine gewisse Ratlosigkeit fest im Umgang mit dem Vorsorge-Prinzip (Precautionary Principle). Vorerst soll festgehalten werden, dass es beim Schaffen der Rio-Konvention zum Schutz der Biodiversität eingeführt wurde als ein ‚Vorsorge-Ansatz‘ (Precautionary Approach), nicht als ein starres Prinzip. Zusätzlich baut es nach ihren Schöpfern auf klar erkennbaren negativen Trends in der Umweltverschmutzung auf, die bereits wissenschaftlich nachgewiesen sind und deren Zusammenhang mit der Bedrohung der Artenvielfalt keinerlei Diskussionen mehr bedarf. Fraglich war nur noch, wie sich diese negativen Trends langfristig auswirken könnten. Wichtig ist auch zu realisieren, dass im Umgang mit dem Vorsorge-Ansatz immer auch von wissenschaftlicher Unsicherheit die Rede ist, und spätestens hier wird es klar, dass die Lösungswege um den Vorsorge-Ansatz eng verbunden werden müssen mit dem System-Ansatz, wie er in den vorhergehenden Abschnitten zu Kapitel 5 umrissen wurde. Wenn wir es schaffen, den Vorsorge-Ansatz als einen professionell strukturierten Diskurs des System-Ansatzes zu gestalten, dann haben wir einige Aussichten auf Erfolg. Wenn wir aber uns in sterilen Definitionsfragen ergehen und damit automatisch daraus eine Prinzipienfrage machen, dann enden wir schnell mal in den Schützengräben, wie sie sich hüben und drüben des Atlantiks sich auftun. Den USA ist das Vorsorge-Prinzip suspekt als ein Europäisches Handelskriegs-Instrument und den Europäern gefällt das Amerikanische Misstrauen dem Vorsorge-Prinzip gegenüber nicht, das Draufgängertum und die calvinistische Rechthaberei in Bezug auf das Herunterspielen der Sicherheitsfragen überzeugt in Europa nicht. Es gilt, mit professionellen Diskursmethoden gegenseitig Vorurteile abzubauen und zu neuen Lösungen vorzustossen.

## 6. Ausblick

Es übersteigt Logik und gegenwärtiges Wissen des Einzelnen vorauszusagen, wohin die Debatte um die Biotechnologie, insbesondere auch die der Gentechnologie führen wird. Gerade der offene Ausgang solcher Planungsprozesse der zweiten Generation machen es schwierig, Voraussagen zu tätigen. Dennoch sollen hier einige wenige gewagt werden:

*"Präzisions-Biotechnologie"* könnte zu einem besseren Design von transgenen Nutzpflanzen der Zukunft führen. Als Resultat der Präzisions-Biotechnologie könnte man sich in der Züchtung der neuen Nutzpflanzen die folgende Situation vorstellen: Ein Sack voller Weizenkörner als Saatgut, der eine ganze Auswahl von *verschiedenen* Resistenzen in *verschiedenen* Körnern enthält. Im Gegensatz dazu sind alle Körner dieses Sacks getrimmt auf ein präzises Genom bezüglich der Ansprüche gegenüber Produktequalität und Ökologie. Genomische Forschung (das Erforschen der Gen-Funktionen) wird eine grosse Beschleunigung aller Züchtung mit wesentlich präziseren Zielen ermöglichen. Hier könnten wir endlich die moderne Landwirtschaft schrittweise wieder näher an Biodiversitäts-Konzepte heranführen, wie sie im traditionellen Ackerbau (mit all ihren Nachteilen) vor vielen Jahren noch galten. So gesehen wird konzeptuell ökologisch ausgerichtete Gentechnologie und Genomforschung durchaus ihren Beitrag zur verbesserten Biodiversität unserer Äcker beitragen können.

*Biolandwirtschaft* könnte in Zukunft sich einer Hochleistungs-Landwirtschaft im klassischen Sinne annähern, denn sie ist noch nicht genügend leistungsfähig, wie dies auch eine Langzeitstudie zeigt, die imposante Resultate vorzuweisen hat: Während 21 Jahren wurden in der Schweiz systematisch drei verschiedene Anbaustrategien miteinander verglichen: Integrierte Landwirtschaft, Bio- und Biodynamische Landwirtschaft. Besonders die Ökologiedaten sprechen eindeutig für die Biolandwirtschaft, auch wenn die Autoren zugeben, dass der Ertrag bei der Biolandwirtschaft etwas tiefer zu liegen kommt. Die Studie in Deutsch und Englisch ist auf der Website des landwirtschaftlichen Forschungszentrums Frick (Baselland, Schweiz) erhältlich, eben erst wurde sie auch in Science publiziert.

Wenn die zweite und vor allem die dritte Generation der transgenen Nutzpflanzen entwickelt sein wird, könnte eine Biolandwirtschaft sogar Transgene (oder auch zurückgeholte Gene der wilden Verwandten von Kulturpflanzen) einschliessen, die auf ökologische Forderungen nicht nur Rücksicht nehmen, sondern die Nachhaltigkeit in grossem Masse respektieren. Dies ist in den Augen des Schreibenden eine wichtige Forderung, gleichzeitig ist aber auch klar, dass dies sehr schwierig zu erreichen ist. Momentan herrscht auf der Seite der Biotechnologie noch teilweise Argumentations-Notstand, denn die bisherigen auf dem Markt zugelassenen Sorten der ersten Generation sind für Biobauern nicht gerade überzeugend oder arbeiten sogar gegen solche visionären Biolandwirtschaft-Strategien.

Vielleicht brauchen wir viele neu gezüchteten Sorten, die nur mit Begriffen wie Organo-Transgene Pflanzen umschrieben werden können und die mit Hilfe einer organisch orientierten Biotechnologie hergestellt wurden? Bis dahin wird noch viel Wasser den Rhein hinunterfliessen – und einige liebgewordene Dogmen müssen über Bord geworfen werden.

## Das Geheimnis des Lebendigen

Noch wissen wir eigentlich wenig über das Lebendige. Wir sollten uns nicht täuschen lassen von den grossen Erfolgen in den biologischen Wissenschaften dank neuer molekularer Einsichten, denn noch stehen wir vor grossen Rätseln, wenn wir wesentliche Eigenschaften des Lebendigen erklären wollen – das gilt in besonderem Masse auch für die biologische Reproduktion. Wenn wir uns vergegenwärtigen, wie lächerlich und erratisch die Versuche der Elektronikindustrie sind, Roboter zu konstruieren, die sich selbst reproduzieren können, so bekommen wir eine Ahnung, dass gerade hier noch viel Unwissen zu orten ist.

Die geradezu atemraubende Komplexität selbstreproduzierender Logistik ist noch keineswegs durchschaut, denn mit der Entschlüsselung der Gensprache ist es keineswegs getan, das wäre etwa so, als wolle man mit dem Alphabet die Kunst und Komplexität eines schönen Buches erklären. Manfred Eigen hat dies mit einer schönen Metapher zusammengefasst: Weil wir ja nicht wissen, wie die Gene hintereinander aufgereiht werden müssen, sodass selbstreproduzierendes Leben entsteht, bleibt uns nichts anderes übrig, als diese Möglichkeiten in der Gensprache der Nukleinsäuren frei zu kombinieren, und das würde beim allereinfachsten Virengenom von 1000 Genen bedeuten, dass  $4^{1000}$  Kombinationen durchgespielt werden müssten, um das über Jahrmillionen selektierte Genom zu finden und vielleicht dann auch zu verstehen. Wenn wir das Beispiel nüchtern durchrechnen, so ergibt sich das Folgende:

Wir rechnen  $4^{1000}$  um in  $10^{600}$  und vergleichen dann diese Zahl mit der geschätzten Zahl von Atomen im bisher bekannten Universum: Das sind  $10^{76}$ . Jeder weitere Kommentar erübrigt sich. Wenn wir das Wunder der Samen betrachten, deren Hüterin ja diese Bundesanstalt ist, so haben wir allen Grund, Respekt zu zeigen vor diesem in Gewächshäusern und Feldern millionenfach ablaufenden Keimungsvorgang des Lebens. Ich bin sicher, dass gerade hier, wo nicht nur molekular gearbeitet wird, dieser Respekt aus der täglichen Arbeit noch voll vorhanden ist – und in diesem Sinne wünsche ich der Bundesanstalt eine grosse und im echten Sinn des Wortes LEBENDIGE Zukunft.

## Literatur:

- (1) Dyson John, December 2000  
DDT Should Not Be Banned,  
this insecticide is critical for controlling a dangerous upsurge in malaria  
South Africa Readers Digest  
[http://www.cid.harvard.edu/cidinthenews/SA\\_Readers\\_Digest\\_1200.html](http://www.cid.harvard.edu/cidinthenews/SA_Readers_Digest_1200.html)
- (2) Chris Somerville\* and Shauna Somerville 1999: Plant Functional Genomics Plant Biotechnology: Food and Feed. Review. Science Vol. 285, 16. July  
<ftp://debate.friends@sgiserv.unibe.ch/home/debate/Somervilles.pdf>
- (3) Heimlich Ralph, E. Fernandez-Cornejo, William McBride, Cassandra Klotz-Ingram, Sharon and Nora Brooks, August 2000  
Genetically Engineered Crops: Has Adoption Reduced Pesticide Use?  
Agricultural Outlook /, Economic Research Service, USDA,  
<http://www.ers.usda.gov/epubs/pdf/agout/aug2000/ao273f.pdf>  
Kontakt: [heimlich@ers.usda.gov](mailto:heimlich@ers.usda.gov)

EPA, Environment Protection Agency 2000, 13.Sept.  
Bt Plant-Pesticides Biopesticides Registration Action Document  
Preliminary Risks and Benefits Sections  
Bacillus thuringiensis Plant-Pesticides, overview  
[ftp://debate.friends@sgiserv.unibe.ch/home/debate/brad1\\_execsum\\_overview.pdf](ftp://debate.friends@sgiserv.unibe.ch/home/debate/brad1_execsum_overview.pdf)

Thalmann Philippe and Küng Valentin, March 2000  
Transgenic Cotton: Are there Benefits for Conservation ? Background Paper WWF  
A Case Study on GMO's, in Agriculture, With Special Emphasis on Fresh Water.  
[http://www.panda.org/resources/publications/water/cotton/tc\\_download.cfm](http://www.panda.org/resources/publications/water/cotton/tc_download.cfm)  
Kontakt: [valentin.kueng@kueng-biotech.ch](mailto:valentin.kueng@kueng-biotech.ch) and [www.kueng-biotech.ch](http://www.kueng-biotech.ch)

L. P. Gianessi and Janet E. Carpenter, 2000:  
Case study in benefits and risks of agricultural biotechnology: roundup ready soybeans,  
<ftp://debate.friends@sgiserv.unibe.ch/home/debate/soy85.pdf>  
Kontakt: [carpenter@ncfap.org](mailto:carpenter@ncfap.org)

Elmegaard N. and M. Bruus Pedersen 2001  
Flora and Fauna in Roundup Tolerant Fodder Beet Fields  
National Environmental Research Institute  
Technical Report, No. 34, 40 pages

<ftp://debate.friends@sgiserv.unibe.ch/home/debate/Beetreport.pdf> (1467 KB !) oder  
[http://www.dmu.dk/1\\_viden/2\\_Publikationer/3\\_fagrappporter/default.asp](http://www.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_fagrappporter/default.asp), dort Report 349  
<ftp://debate.friends@sgiserv.unibe.ch/home/debate/beetreport.ppt> die Figuren für die Projektion

- (4) Bibliographie bis Mai 2000 zu Systemic Acquired Resistance:  
<ftp://debate.friends@sgiserv.unibe.ch/home/debate/SystemicAq.txt>
- (5) Lopez-Molina L., Mongrand S., and Chua N.-H. 2001  
 A postgermination developmental arrest checkpoint is mediated by abscisic acid and requires the ABI5 transcription factor in Arabidopsis  
<ftp://debate.friends@sgiserv.unibe.ch/home/debate/droughtresist.pdf>
- (6) M. K. Sears D. E. Stanley-Horn. R. Mattila, March 2000  
 Preliminary Report on the Ecological Impact of BT Corn Pollen on the Monarch Butterfly in Ontario  
 Kontakt: [msears@evbhort.uoguelph.ca](mailto:msears@evbhort.uoguelph.ca)  
 Bericht abrufbar unter:  
<ftp://debate.friends@sgiserv.unibe.ch/home/debate/Searsreport1.doc>
- (7) Hansen L. C. and Obrycki J. 2.5. 2000, published online  
 Field deposition of Bt transgenic corn pollen: lethal effects on the monarch butterfly  
 Oecologia, Kontakt: [jobrycki@iastate.edu](mailto:jobrycki@iastate.edu)  
<ftp://debate.friends@sgiserv.unibe.ch/home/debate/OEC.pdf>
- (8) beide Arbeiten Raps und Hillbeck zu Blattläusen und Florfliegen noch zitieren
- (9) Wolfenbarger L. L. and P. R. Phifer 2000, 15.Dez.  
 The Ecological Risks and Benefits of Genetically Engineered Plants  
 Science Vol. 290, No. 5498  
<ftp://debate.friends@sgiserv.unibe.ch/home/debate/gmorisk.pdf>
- (10) Crawley M.J., Brown S.L., Hails, R.S., Kohn D.D. and Rees M. 2001  
 Transgenic crops in natural habitats  
 Nature Vol. 409, Febr. 8  
<ftp://debate.friends@sgiserv.unibe.ch/home/debate/Crawley.pdf>
- (11) Stotzky G. 1999  
 Transgenic plants: Insecticidal toxin in root exudates from Bt corn  
 Nature 402, 480  
<ftp://debate.friends@sgiserv.unibe.ch/home/debate/StotzkyNature.doc>  
 siehe auch: Stotzky mündlich in Bern, European Science Foundation Workshop 9./10.3.2000,  
 Zusammenfassung unter <ftp://debate.friends@sgiserv.unibe.ch/home/debate/StotzkyAbstr.rtf>
- (12) Escher, N., Käch, B., Nentwig, W. (2000) Decomposition of transgenic  
 Bacillus thuringiensis maize by microorganisms and woodlice Porcellio scaber  
 (Crustacea: Isopoda) (2000)  
 Basic and Applied Ecology (Urban & Fischer Verlag) 1: 161-169
- (13) Ammann K. TA-Projekt Nachhaltige Landwirtschaft 1999  
 6/6 Konzept und praktische Lösungsansätze zur ökologischen Begleitforschung  
 BATS (Biosafety Research and Assessment of Technology Impacts of the Swiss Priority  
 Programme Biotechnology, 1-25. Viele Literaturzitate, zusätzlich:
- Ammann, K., Jacot, Y., Simonsen, V., Kjellsson, G. 1999  
 Methods for Risk Assessment of Transgenic Plants  
 Vol. II: Pollination, Gene Transfer and Population Impacts  
 Siehe Birkhäuser-Verlag: <http://www.birkhauser.ch/books/biosc/5917.htm>
- Traxler Andreas, Heissenberger A. Frank, G., Lethmayer C. und Gaugitsch, H. 2000  
 Ökologisches Monitoring von Gentechnisch veränderten Organismen. Studie im Auftrag des  
 Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie, Wien, 259pp.

Ammann Daniel, 1999  
Langzeitmonitoring gentechnisch veränderter Organismen. Kantonales Laboratorium Basel-Stadt, Kontakt: Kontrollstelle für Chemie und Biosicherheit (KCB), Missionsstrasse 60, 4012 Basel.

Bartsch und Schubart zitieren

- (14) Ammann K., Jacot Y., Rufener Al Mazyad P. 2001  
Safety of Genetically Engineered Plants: An Ecological Risk Assessment of Vertical Gene Flow. VIB Publications (Flanders Institute for Biotechnology), in press.  
Kontakt: [klaus.ammann@ips.unibe.ch](mailto:klaus.ammann@ips.unibe.ch)
  
- (15) Ammann K., Jacot Y., Rufener Al Mazyad P. 2000  
Weediness in the light of new transgenic crops and their potential hybrids  
Journal of Plant Diseases and Protection, Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz  
Sonderheft XVII, Special Issue 2000  
Kontakt: [klaus.ammann@ips.unibe.ch](mailto:klaus.ammann@ips.unibe.ch)
  
- (16) Ammann K., Jacot Y. and Rufener Al Mazyad P. 1996  
Field release of transgenic crops in Switzerland : an ecological assessment of vertical gene flow. In: Schulte E. und Käppeli O. (Hrsg.) Schwerpunktprogramm Biotechnologie, BATS, Basel, p.101-157. Kontakt: [klaus.ammann@ips.unibe.ch](mailto:klaus.ammann@ips.unibe.ch)
  
- (17) Smalla K., Borin S., Heuer H., Gebhard F., van Elsas J.D. and Nielsen K. 2000  
Horizontal transfer of antibiotic resistance genes from transgenic plants to bacteria - are there new data to fuel the debate?  
Proceedings of the 6th International Symposium on The Biosafety of Genetically Modified Organisms  
<ftp://debate:friends@sgiserv.unibe.ch/home/debate/Smalla20000828.doc>
  
- (18) Churchman, C.West 1981  
Der Systemansatz und seine "Feinde". Aus dem Amerikanischen übersetzt, kommentiert und eingeleitet durch W. Ulrich. Haupt, Bern, Stuttgart, 301 S.
  
- (19) Rittel H.W.J. 1992  
Planen, Entwerfen, Design. Ausgewählte Schriften zu Theorie und Methodik (Hrsg. W.D.Reuter). Facility Management 5, Kohlhammer Stuttgart. 432 S.
  
- (20) Fliessbach, A., Mäder, P., Dubois D., Gunst L. 2000  
The DOK-long term trial  
FIBL, Research Institute of Organic Agriculture in Frick, Switzerland.  
[ftp://debate:friends@sgiserv.unibe.ch/home/debate/DOC\\_slim.pdf](ftp://debate:friends@sgiserv.unibe.ch/home/debate/DOC_slim.pdf)