

# Gentechnik: 50 Jahre Risiken und Nebenwirkungen

Gentechnik-Versuche basieren auf einem veralteten Modell

**GREENPEACE**

1953 veröffentlichten Crick und Watson ihr Modell der Doppelhelix. Die Theorie erklärte Aufbau und Organisation des Erbgutes auf neue und relativ einfache Weise und bot die Grundlage für ein halbes Jahrhundert der Gentechnik-Experimente. Eifrig wurden seitdem Pflanzen „verbessert“, euphorische Forscher träumten bereits von genmanipulierten Wundertieren, wie der sprichwörtlichen „eierlegenden Wollmilchsau“. Dank neuester Forschungen wissen wir heute, dass die Regulierung des Genoms wesentlich komplexer ist als angenommen, und dass Gentechnische Experimente mit unkalkulierbaren Risiken und Nebenwirkungen einhergehen. 50 Jahre nach dem Doppelhelix-Modell sind Anti-Matsch-Tomate und Gentech-Reis auf dem direkten Weg ins wissenschaftliche Abseits.

Neue Probleme ergeben sich für Firmen, die auf die Vermarktung genmanipulierter Pflanzen setzen: Die Annahme, dass Gene als isolierbare Baupläne angesehen werden können, die man mehr oder weniger beliebig zwischen den Lebewesen und über die Artgrenzen hinweg übertragen kann, gilt als veraltet und falsch.

Damit fehlt aber die wissenschaftliche Grundlage für das Unterfangen, insbesondere Nutzpflanzen – Mais, Reis, Weizen und Tomaten – so umzubauen, dass sie genetisch „optimiert“, dann verkauft, freigesetzt und schließlich als Nahrungsmittel verzehrt werden. Schwankt das einfache Gen-Modell, sind auch erhebliche Wirtschaftsinteressen in Gefahr.

## Wie funktioniert ein Gen?

Gene sind keine einfachen Schablonen, von denen jede für lediglich eine bestimmte Form zuständig ist. Das zeigt sich spätestens seit dem Jahr 2001. In diesem

Jahr wurde erstmals eine „komplette“ Karte für das menschliche Genom vorgelegt. Demnach hat der Mensch nicht wie angenommen 100.000, sondern nur etwa 30.000 Gene, die etwa eine Million verschiedene Proteine herstellen müssen. Wesentlich weniger Gene als angenommen müssen also wesentlich komplexere Aufgaben übernehmen als bisher vorstellbar: Inzwischen ist man der Auffassung, dass 40 bis 60 Prozent aller menschlichen Gene nicht nur für eine, sondern für mehrere Funktionen zuständig sind.

Bei der Fruchtfliege beispielsweise werden einem Gen bis zu 38.000 verschiedene Gen-Produkte – d.h. Eiweiße (Proteine) – zugeordnet. Weitgehend unklar ist aber noch immer, wie sich in der Zelle die Regulation der Gene wirklich vollzieht. Offensichtlich kann diese Frage alleine durch die Analyse des Erbguts nicht gelöst werden. Die Gene alleine können uns nicht erklären, wie Leben „funktioniert“.

Wichtigste Erkenntnis ist, dass die Wirkung der Gene nur aus dem Gesamtkontext erklärt werden kann. Das Erbgut von Mensch und Affe stimmt zu etwa 99 Prozent überein. Zu 100 Prozent identisch ist das Erbgut bei Raupe und Schmetterling, bei Knolle und Spross der Kartoffel, bei Leber und Niere eines Menschen. Eine aktuelle Studie des deutschen Umweltbundesamts bringt es auf den Punkt: „Gene wirken niemals isoliert, ihre Wirkung wird durch den genetischen Hintergrund und die Umwelt (mit)bestimmt.“<sup>1</sup>

Die Funktion und biologische Aktivität einzelner Gene hängen also vom jeweiligen Kontext ab. Und dieser Zusammenhang von Gen und Genom (der Summe aller Gene) erscheint umso komplizierter, je mehr daran geforscht wird.

### **Die natürliche Regulierung der Gene**

Eine wichtige Funktion der DNA-Spirale ist die Weitergabe und Stabilisierung des Genoms in seiner Gesamtheit, wobei der Spielraum für zufällige genetische Veränderungen komplexen Kontrollmechanismen unterliegt.

Die Abfolge der Gene auf den Chromosomen folgt einem bestimmten Bauplan. In der Regel können nur Gene, die auf den Chromosomen den gleichen Platz haben, bei der Fortpflanzung ausgetauscht und das Erbgut auf diese Weise neu kombiniert werden. Schließlich haben Mutationen zwar einen wichtigen Einfluss auf die natürliche Evolution. Doch wirklich zugelassen wird jeweils nur ein kleiner Teil der Veränderungen im Genom.

Gerade die Pflanzen zeigen, dass man die Wirkung einzelner Gene nur verstehen kann, wenn man das Genom als System begreift: Pflanzen sind beständig einem der stärksten Mutationen auslösenden Reiz,

---

<sup>1</sup> Pickardt, T. (2002) „Stabilität transgen-vermittelter Merkmale in gentechnisch veränderten Pflanzen...“, Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes, Texte 53/02, Forschungsbericht 20167 430/2, Seite 1

dem UV-Licht, ausgesetzt. Sie haben vielfältige Mechanismen entwickelt, um zu verhindern, dass ihre Gene außer Kontrolle geraten: Dies zeigte die Analyse des ersten kompletten Genoms einer Pflanze, der Ackerschmalwand (*Arabidopsis*). Auffällig hoch ist die Zahl der Gene, die Reparaturmechanismen im Genom übernehmen. Mutierte Gene oder fremde Erbinformationen, die u. a. über Viren in die Pflanzen eingeschleust werden, werden in der Regel entdeckt und stillgelegt.<sup>2</sup> Diese Mechanismen sind unter anderem dafür verantwortlich, dass die Grundstruktur des Genoms auch über lange Zeiträume hinweg konserviert werden kann.

So weisen Gräser selbst nach 60 Millionen Jahren Evolution über die Artgrenzen hinweg überraschend große Ähnlichkeiten in der Struktur ihres Erbgutes auf. Die Evolution und die Genom-Organisation höherer Lebewesen stellen sich so als ein Balanceakt zwischen Chaos und Ordnung, Vielfalt, Veränderung und Stabilisierung dar. In diesen Prozess einzugreifen, ohne das Regelwerk ausreichend zu verstehen, ist unverantwortlich. Vor diesem Hintergrund muss die Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen als ein massiver Eingriff mit unabsehbaren Folgen betrachtet werden.

### **Mit Schrotschuss ins Genom**

Die gentechnische Veränderung von Pflanzen beruht auf der gezielten Missachtung und Durchbrechung der Gen-Regulierung. Dadurch unterscheidet sie sich von allen bisherigen Formen der Züchtung. Gen-Information und Gen-Aktivität werden geändert, die Ordnung des Genoms durchbrochen. Die Gentechnik versucht Pflanzen neue Stoffwechselwege mit allen Tricks förmlich aufzuzwängen:

Die Art- und Zellgrenzen werden unter anderem mit Hilfe von Bakterien,

---

<sup>2</sup> Klaus FX Mayer. GSF, Das Arabidopsis Genom, Eine Blaupause für die Genome höherer Pflanzen, [www.mips.gsf.de](http://www.mips.gsf.de)

Schrotschuss mit Gen-Kanonen (Beschuss von Zellen mit Metallpartikeln, auf die Gene aufgebracht wurden) überwunden. Weder der Ort, wo das Gen eingebaut wird, noch die Anzahl der eingebauten Kopien noch die Wechselwirkungen mit anderen Genen können gezielt gesteuert werden.

Um zu vermeiden, dass die neuen Gene in den Pflanzen sofort wieder still gelegt werden, werden sie mit Gen-Schaltern versehen (Promotoren), welche die biologische Aktivität der Gene erzwingen. Zudem müssen einzelne Bestandteile der Gene ausgetauscht und verändert werden, damit die Pflanzen das fremde Erbgut ablesen können. Viele dieser Versuche misslingen und die große Mehrheit der Pflanzen muss verworfen werden. Oft sind zehntausende Versuche nötig, bis eine Pflanze mit den gewünschten Eigenschaften entsteht. Aber auch dann ist längst nicht klar, wo das Gen genau sitzt, welche anderen Gene direkt beeinflusst werden und wie der Stoffwechsel der Pflanzen insgesamt verändert wird.

### **Besondere Risiken bei Pflanzen**

Gegenüber anderen Lebensformen weisen Pflanzen eine zusätzliche Besonderheit auf, die den unkontrollierten Eingriff in das Erbgut besonders problematisch macht: Sie verfügen neben dem normalen Stoffwechsel, der u. a. Fortpflanzung und Wachstum regelt, über einen „sekundären“ Stoffwechsel, der bisher nur zum Teil erforscht ist.

Hier werden mehrere 10.000 Substanzen gebildet, von denen viele hochgiftig sind. Da Pflanzen vor schädlichen Umwelteinflüssen nicht weglafen können, benötigen sie ein großes Anpassungsvermögen. Ihre Fähigkeit zur Adaption an bestimmte Standorte ist daher besonders ausgeprägt.

Die Wechselwirkungen zwischen Pflanzen und ihrer Umwelt sind wesentlich vielfältiger als angenommen. Viele der hier notwendigen Funktionen werden von den

„sekundären“ Inhaltsstoffen erfüllt, wodurch sich ihre unglaubliche Vielzahl teilweise erklärt. Beim Einbau neuer Gene können in den Pflanzen jederzeit neue toxische Stoffe, z.B. durch die Unterbrechung entgiftender Prozesse entstehen. Aber auch jenseits der Frage der Giftigkeit ergeben sich Gefahren: So können Pflanzen bei einer Störung des sekundären Stoffwechsels z.B. besonders anfällig gegenüber Schädlingen werden oder auch durch neue Inhaltsstoffe nützliche Insekten schädigen.<sup>3</sup>

### **Risiken und Nebenwirkungen – einige Beispiele**

Ökologisch äußerst bedenklich sind Effekte, die bei Bäumen beobachtet wurden: In China wurden Pappeln mit Genen für Insektenresistenz bearbeitet. Ein Teil der Bäume zeigte zwar zum Teil die erwünschte Wirkung gegenüber Schädlingen, im Freiland zeigten sich jedoch nach zwei Jahren neue unerwartete Empfindlichkeiten gegenüber anderen Schadinsekten.<sup>4</sup>

Überraschende Effekte zeigen sich auch bei Pflanzen, die bereits großflächig angebaut und vermarktet werden: An der Universität Georgia wurden Roundup-Ready Sojabohnen untersucht, die unter Stressbedingungen aufgezogen worden waren. Bei Hitzestress platzten und knickten die Stängel der genmanipulierten Sorten.<sup>5</sup> Es wird vermutet, dass die bis zu 20 Prozent höhere Lignifizierung (Verholzung) von Roundup-Ready Sojabohnen darauf zurückzuführen ist, dass das eingeführte bakterielle Enzym ungeplant auf den sekundären Stoffwechsel wirkt.

Wie unerwartet die Effekte der Genmanipulation sein können, zeigt sich

<sup>3</sup> siehe auch Firn RD, Jones CG. (1999) Secondary metabolism and the risks of GMOs, Nature 400, 13-14

<sup>4</sup> EWALD, D. & HAN, Y. (1999) Freisetzungsversuche mit transgenen Pappeln in China. UBAFachgespräch „Freisetzung transgener Gehölze – Stand, Probleme, Perspektiven“ 20. & 21. Sept., Humboldt-Universität zu Berlin.

<sup>5</sup> COGHLAN, A. (1999) Splitting Headache. New Scientist, 20 Nov. 1999

auch bei wesentlich einfacheren Organismen: Durch den zusätzlichen Einbau eines Gens in Hefen, das ursprünglich aus Hefen isoliert wurde und das die Alkoholvergärung fördern sollte, entstand ein erbgutveränderndes Gift.<sup>6</sup>

### **Welches Risiko ist akzeptabel?**

Die zurzeit angewandten Methoden zur Beurteilung der Sicherheit von genmanipulierten Pflanzen reichen nicht aus, um unerwünschte Änderungen an den genmanipulierten Pflanzen tatsächlich zu erkennen. Wesentliches Element der Risikoabschätzung ist das Prinzip der „substantiellen Äquivalenz“. Dabei werden die genmanipulierten Pflanzen nach Veränderungen gescannt. Angesichts von einigen zehntausend Inhaltsstoffen, die dabei zu berücksichtigen wären, ist das Verfahren eher ein Ratespiel, als eine wissenschaftliche Methode. Wie lückenhaft das Verfahren ist, wird klar, wenn man es mit den Verfahren zur Arzneimittelzulassung vergleicht, bei denen in der Regel nur ein einziger definierter Wirkstoff nach genau vorgeschriebenen Verfahren bis hin zu klinischen Tests an Menschen geprüft wird.

Je mehr Gen-Konstrukte auf einmal in die Pflanzen eingebaut werden und je komplexer die neuen Stoffwechselwege sind, die dadurch ausgelöst werden sollen, desto größer wird auch die Wahrscheinlichkeit von Nebeneffekten. Gerade die manchmal als Zukunftsweg gepriesene Kategorie des „Functional-Food“ steht hier vor den größten Hürden:

Eine Tomate, die zum Beispiel mehrere zusätzliche Vitamine bilden soll, dürfte für Verbraucher und Umwelt eine größere Gefahr darstellen, als bisherige Gen-Pflanzen, bei denen meist nur ein einziges Gen-Konstrukt übertragen wurde. Zwar wird

von den Befürwortern darauf hingewiesen, dass es bisher beim Anbau und Verzehr genmanipulierter Pflanzen keine ernsthaften Unfälle gegeben hat. Angesichts der vielen ungeklärten Fragen erscheint eine abschließende Beurteilung der Sicherheit aber irreführend und naiv.

Diese Realität wird von Firmen wie Monsanto, Bayer und Syngenta aus wirtschaftlichen Gründen verdrängt. Ihre Turbo-Pflanzen befinden sich im Niemandsland zwischen wissenschaftlicher Realität und wirtschaftlichem Wunschdenken. So wird die Molekulargenetik unzulässig vereinfacht und auf kommerziell verwertbare Einheiten reduziert. Firmen wie Monsanto haben die aktuelle wissenschaftliche Entwicklung zu großen Teilen verpasst. So gesehen gehören sie zu der Art von rückwärtsgewandter Spezies, welche die Erde auch dann noch für eine Scheibe gehalten hat, nachdem längst das Gegenteil bewiesen war.

Aus kurzfristigen wirtschaftlichen Interessen halten diese Unternehmen an einer Technologie fest, die keine wissenschaftliche Grundlage (mehr) hat. Der Versuch, diese Technologie zum Laufen zu bringen, bedeutet für große Teile des Ökosystems und für viele Verbraucher ein inakzeptables Risiko.

---

<sup>6</sup> INOSE, T. & MURATA, K. (1995) Enhanced accumulation of toxic compound in yeast cells having high glycolytic activity: a case study on the safety of genetically engineered yeast. International Journal of Food Science and Technology 30: 141 –146.