

## **Mut zur Vernunft: moderne Pflanzenzüchtung für Naturschutz und nachhaltige Landwirtschaft.**

Christiane Nüsslein-Volhard  
Berlin, 25. 4. 2023

Grüne Pflanzen sind Sonnenkollektoren, die mit Hilfe von Chlorophyll die Energie des Sonnenlichtes in chemische Energie umwandeln. Photosynthese ernährt schließlich alles Leben auf der Erde. Große Teile unserer Landschaft sind künstliche Pflanzenkulturen, die dem Menschen dienen. Grasland dient als Viehweide, Wälder produzieren Holz zum Heizen und Bauen, Nutzpflanzen, die unsere Nahrung produzieren--- Getreide, Gemüse, Kartoffeln, Obst-- werden in Monokulturen in großen gepflegten Feldern angebaut. Von Pflanzen leben aber nicht nur Mensch und Vieh, sondern auch Schnecken, Käfer, Motten, Würmer, Pilze, Bakterien. Von Pflanzen leben auch Insekten, die bestäuben, und Microben im Boden, die Humus bilden, die in Symbiosen Pflanzen schützen und zum Wachstum anregen.

Ackerbau und Viehhaltung entstanden unabhängig vor etwa 11 000 Jahren in mehreren Gebieten der Welt, in denen domestizierbare Pflanzen und Tiere heimisch waren. In Kleinasien, im Gebiet des fruchtbaren Halbmonds wuchsen Gräser, wie die Urformen des Weizens und der Gerste, die gesammelt und in umhegten Feldern wieder ausgesät wurden. Diese Getreide, wie auch der Mais, der Reis, die Hirse und einige andere liefern nährstoffreiche Körner, die sich lange Zeit als Nahrungsvorrat speichern lassen. Interessant ist, dass weltweit lediglich wenige hundert von den insgesamt etwa 300 000 Pflanzenarten kultiviert wurden. Die 12 Nahrungslieferanten, die zusammen 80 % der Welternährung liefern, sind die Getreide: Weizen, Mais, Reis, Gerste, Hirse, dann die Sojabohne, die Knollengewächse Kartoffeln, Maniok, Süßkartoffeln, sowie Zuckerrohr, Zuckerrübe und Banane.

Landwirtschaft führte dazu, dass wenige Menschen Nahrung für Viele beschaffen konnten. Dadurch wurde Sesshaftigkeit möglich gemacht, und diese neue Art der Lebensweise bedeutete einen gewaltigen Schub für das Wachstum der menschlichen Populationen. Immer mehr Land wurde urbar gemacht: Feuchtgebiete wurden trockengelegt, Wüsten wurden bewässert, Wälder wurden durch Brandrodung vernichtet, um Felder für Nutzpflanzen anzulegen, oder gefällt um Häuser, Paläste, Kirchen und Schiffe zu bauen. Das hatte schon vor langer Zeit gewaltige Auswirkungen auf die Umwelt, denn in der Regel war

Seßhaftigkeit mit einer nicht nachhaltigen Bewirtschaftung des Landes verbunden, die auf die Dauer zur Verarmung der Böden führte. Abholzung von Wäldern beeinträchtigte den Wasserhaushalt und führte zur Erosion der Böden, Abschwemmung und Verkarstung. Künstliche Bewässerung ließ die Böden versalzen. Es ist bemerkenswert, dass mit wenigen Ausnahmen die Gebiete, in denen Landwirtschaft entstand, inzwischen unfruchtbar geworden sind. Umweltzerstörung und Raubbau sind also keineswegs moderne Phänomene!

Der große deutsche Chemiker Justus von Liebig war es, der Mitte des 19. Jahrhunderts erkannte, dass die grünen Pflanzen aus Kohlendioxid und Wasser organisches Material aufbauen und dabei Sauerstoff freisetzen. Neu und revolutionär war die Erkenntnis, dass Pflanzen keineswegs die organischen Substanzen aus dem Humus entnehmen, sondern dass der Kohlenstoff zu ihrem Wachstum aus der Luft kommt. Die Fruchtbarkeit des Bodens wird durch anorganische Mineralien sowie Stickstoffverbindungen bedingt. Liebig's Forschungen führten schließlich zur Entwicklung von Mineraldüngern, die bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts sehr wesentliche Ertragssteigerungen in erschöpften Böden ergaben. Ich zitiere: *"Als Prinzip des Ackerbaus muss angesehen werden, dass der Boden in vollem Maße wieder erhalten muss, was ihm genommen wird..."eine Wirtschaft, die diesen Ersatz nicht oder nicht vollständig leistet, ist Raubbau"*

Zur Stickstoffdüngung verwendete man damals (zusätzlich zu Fäkalien von Mensch und Vieh sowie Gründüngung) aus Südamerika importierten Seevogelkot (Guano), oder Chilesalpeter, und Liebig selbst hat bereits sehr deutlich auf die Endlichkeit dieser Vorkommen hingewiesen. Stickstoff der Luft kann von den meisten Pflanzen nicht aufgenommen werden, er ist in vielen Böden wachstumslimitierend. Das Problem der Stickstoffdüngung wurde durch Fritz Haber gelöst, der entdeckte, dass sich Ammoniak aus Stickstoff und Wasserstoff bei hohen Drücken und Temperaturen gewinnen ließ. Das großtechnische Haber-Bosch Verfahren war damals von immenser wirtschaftlicher Bedeutung weltweit. Stickstoffhaltige Kunstdünger haben zur Beseitigung vieler Hungersnöte beigetragen, brauchen zu ihrer Herstellung allerdings hohe Energiemengen. Auch kann durch Überdüngung, die auch mit natürlicher Gülle möglich ist, eine Verseuchung der Gewässer verursacht werden.

Pflanzenzüchtung---Auslese und Vermehrung von Pflanzen mit günstigen Eigenschaften--- haben wichtige Rollen bei der Bekämpfung des Hungers auf der Welt gespielt. Dabei machte man sich Mutationen der Kulturpflanzen zu Nutze, erbliche Veränderungen, die Pflanzen

genießbar und schmackhaft machen oder höhere Erträge bringen. Wichtige züchterische Veränderungen waren Verlust an Giften und Bitterstoffen, größere Körner, größere Früchte, aber auch Verlust von schützenden Hüllen, Schalen, Stacheln und Haaren. Wuchsformen und Eigenschaften wie schnelleres Wachstum, kompakte Ähren, synchrone Blüte und Reife, Verlust der Spindelbrüchigkeit sind für den wirtschaftlichen Anbau und die leichte Erntbarkeit von Bedeutung. In vielen besonders ertragreichen Kulturpflanzen ist das Erbgut (das Genom) vervielfacht (beim Weizen sechsfach, bei der Kartoffel vierfach), sie sind polyploid. Um Inzucht zu vermeiden, werden einige Kulturpflanzen als Hybride angebaut, bei denen ein besonders ertragreiches Saatgut in speziellen Kreuzungen von getrennt gehaltenen Parentalsorten in Saatgutfirmen hergestellt wird. Solche Hochleistungssorten wurden in aufwändigen und langwierigen Züchtungsprozessen entwickelt. Sie sind häufig geschützt und sollten nicht weiter ausgesät werden, da der Ertrag in den Folgegenerationen (nach den Mendelschen Gesetz der Aufspaltung) stark abnimmt. Nutzpflanzen sind also hochgradig selektionierte, genetisch vielfach veränderte Organismen: Genvarianten bedingen die für die Nutzung günstigen Eigenschaften, während Genvarianten, die Widerstand gegen Fraßfeinde, Parasiten und Krankheitserreger verleihen, unvermeidlich verloren gingen. Auf Grund dieser Eigenschaften sind Nutzpflanzen der Konkurrenz durch die wesentlich robusteren Wildkräuter nicht gewachsen und gehen in freier Wildbahn schnell verloren.

Die Pflanzenzüchtung hat Großes für die Erhöhung der Erträge geleistet (so wurde der Flächenertrag bei Weizen in wenigen Jahrzehnten auf das 5-fache gesteigert!), sie stößt aber an Grenzen, besonders was die Robustheit der Nutzpflanzen anbetrifft. Sie müssen vor Wachstumskonkurrenten (Unkraut) geschützt werden, sie brauchen viel Düngung und Wasser und sind nicht gegen Fraß und Fäule gefeit. In den Monokulturen breiten sich Schädlinge unweigerlich aus. Nur bei vielfachem Behandeln mit Pflanzenschutzmitteln gegen Unkraut, Insektenfraß, Mehltau, Fäule und Rost lassen sich Missernten vermeiden.

Diese im Ackerbau eingesetzten Pestizide, die ja nicht nur die Schädlinge treffen, sind wesentliche Verursacher des Insektensterbens und damit des Rückgangs der Artenvielfalt, besonders der Vögel. In Deutschland stirbt in jedem Jahr gebietsweise eine der 130 endemischen Vogelarten aus! Im Ökolandbau ist Chemie verboten, aber man kann auf das Spritzen (mit natürlichen Giften oder Mineralien wie Kupfersulfat) nicht verzichten, wenn man nicht häufige Missernten in Kauf nehmen will. Wer meint, etwas Gutes für die Umwelt damit zu tun, Bio-Lebensmittel zu kaufen, irrt, denn Bio-Anbau produziert trotz größerem

Aufwand sehr deutlich weniger Ertrag pro Fläche, und Bioprodukte können sich nur die Reichen,- in reichen Ländern- leisten. Es ist eine Illusion, die Einwohner von Millionenstädten allein mit Bio-Produkten ernähren zu können. Denn die Ackerflächen sind begrenzt, sie schrumpfen eher durch zunehmende Versiegelung, durch noch mehr Straßen, noch größere Städte, durch Solarpaneele und Windräder, Anbau von Energiepflanzen. Schon jetzt werden bei uns Nahrungsmittel importiert, häufig aus Ländern mit geringeren Standards, was Umweltverträglichkeit, Klimaschonung und Gesundheit der Landwirte anbetrifft. Eine Vergrößerung der Anbaufläche würde weltweit Moore, Urwälder und Steppen gefährden. Das hätte katastrophale Auswirkungen auf die Biodiversität. Bei immer noch steigender Weltbevölkerung ist es unabdingbar, die guten Ackerflächen mit allen zur Verfügung stehenden Mitteln möglichst umweltverträglich und nachhaltig intensiv zu bewirtschaften. Dabei spielt der Anbau von schädlingsresistenten Sorten eine wichtige Rolle.

Die Widerstandsfähigkeit der Pflanzen gegen Pathogene beruht auf zwei Eigenschaften: Phytochemikalien und Immunantwort. Pflanzen produzieren eine Vielzahl von sogenannten sekundären Pflanzenstoffen, die für ihr Überleben nicht unmittelbar notwendig sind, aber wichtige Funktionen als chemische Abwehrstoffe gegen Fraß und Krankheitserreger übernehmen. Pflanzen der meisten Arten sind giftig! Aromen, Gewürze, ätherische Öle, Duft- und Geschmacksstoffe, Säuren, Bitterstoffe haben für Pflanzen Funktionen, ihr eigenes Überleben und ihre Verbreitung zu sichern. Pflanzen haben kein adaptives Immunsystem wie wir, das mit Antikörpern, die nach einer Infektion gebildet werden, zukünftige Infektionen verhindert. Dennoch sind sie in der Regel gegen Krankheiten, die durch Pathogene verursacht werden, gefeit. Denn sie haben ein natürliches Immunsystem, das ähnlich funktioniert wie unser angeborenes Immunsystem. Pathogene Mikroben infizieren die Pflanzenzellen mit besonderen Molekülen, die von spezifischen Rezeptorproteinen erkannt und gebunden werden. Die Aktivierung der Rezeptoren setzt komplexe Kaskaden von Reaktionen in Gang. Nekrosen können entstehen, bei denen mit den infizierten Pflanzenzellen auch der Erreger abstirbt, während das gesunde umgebende Gewebe unversehrt bleibt. Oder es werden Stoffe produziert, die die Infektionsstelle umgeben und die Verbreitung des Pathogens verhindern. Große Familien von Rezeptoren und anderen Resistenzmolekülen sind bei diesen Prozessen beteiligt. Die Immunantwort der Pflanzen ist außerordentlich komplex und sehr leistungsfähig: natürlicherweise sind Pflanzen gesund, Krankheiten sind eine Ausnahme!

Allerdings nicht bei Nutzpflanzen: in diesen sind Gene, die Rezeptoren und andere Resistenzmoleküle kodieren, häufig mutiert oder verloren gegangen. Ohne mechanischen Schutz durch derbe Häute und Schalen dringen die Pathogene ungehindert ein, vermehren sich auf Kosten der Pflanze und breiten sich aus. Sie programmieren die Wirtspflanze um, sodass diese, wie zum Beispiel beim Rostpilz des Weizens, statt Körner unzählige Pilzsporen produziert, die Nachbarpflanzen anstecken. Viren und Bakterien vermehren sich ungehemmt. Hyphen der Pilze und Oomyzeten wachsen in die Wirtspflanze ein, bringen sie zum Faulen und fördern ihre Verbreitung. Zum Beispiel sind in Irland durch den Erreger der Kartoffelfäule *Phytophthora infestans* zwischen 1845 und 1849 eine Million Menschen verhungert.

Die moderne Pflanzenzüchtung hat als Ziel Sorten, die möglichst resistent gegen Schädlinge sind, und trotzdem hohe Erträge bringen. Zur Erhaltung guter Sorten ist ständige Zucht notwendig, da die Schädlinge sich anpassen. Bei der konventionellen Züchtung werden durch Bestrahlung oder chemische Behandlung der Samen ungerichtet Mutationen in großer Zahl erzeugt. Gute Sorten werden eingekreuzt, um dann aus vielen Tausenden Nachkommen diejenigen auszuwählen, die verbesserte Eigenschaften haben. Mehrere Generationen der Selektion sind nötig und bis zur Zulassung einer neuen Sorte vergehen viele Jahre. Diese Züchtungsmethoden sind sehr aufwändig und sie stoßen auch an ihre Grenzen, denn sie bewirken nur kleine Veränderungen, die auf einzelne seltene Mutationen zurückgehen.

Die Gentechnik, etwa zu Beginn der 1980er Jahre entwickelt, erlaubt, einzelne Gene zusätzlich in das Genom eines Organismus einzubauen. Die Pflanze ist dann "transgen". Die wichtigsten genmodifizierten Nutzpflanzen beruhen auf dem Bt-Verfahren, das die Pflanze gegen Insektenfraß schützt. Dabei wird ein Gen eines Bodenbakteriums (*Bacillus thuringensis*= aus Thüringen) eingeführt, welches das Bt-Protein produziert, das sehr spezifisch für bestimmte Insekten giftig ist, aber für den Menschen und andere Säugetiere nicht. In den USA, Argentinien, Brasilien und Kanada, in Australien, Indien, und China werden wegen ihrer Wirtschaftlichkeit seit den 1990iger Jahren überwiegend solche "GMO" (genetically modified organisms) Kulturpflanzen, wie Bt-Mais und -Baumwolle angebaut. Der Einsatz von Insektiziden konnte dadurch stark reduziert werden (bis zu 90%), und damit auch die schädlichen Auswirkungen auf die Gesundheit der Landwirte sowie Einsparung von Energiekosten beim Befahren der Felder. Im ökologischen Landbau werden die Bt-Bakterien selbst oder ihre Sporen zur Bekämpfung von Insekten versprüht; sie treffen dann allerdings

nicht nur die Raupen, die die Pflanze befallen, sondern auch andere Insekten, die auf dem Acker leben.

Gegen Kartoffelfäule und andere Pilzkrankheiten wird im Biolandbau Kupfersulfat gespritzt, das sich unvermeidlich im Boden anreichert. Eine neuere Strategie der Pflanzenzüchter verfolgt den gentechnischen Einbau von arteigenen Resistenzgenen des pflanzlichen Immunsystems. Zum Beispiel sind einige Kartoffelsorten durch die gentechnische Einführung von mehreren arteigenen Resistenzgenen gegen die Fäule "immun" gemacht worden.

Mit Hilfe der Gentechnik können auch Pflanzen mit besserem Nährwert erzeugt werden. Ein Beispiel ist der "goldene Reis", der so verändert ist, dass er Vitamin A in den Körnern enthält, und dadurch sehr verbreitete Mangelkrankheiten, die bei proteinarmer Ernährung entstehen, vermindern kann.

Andere GMO-Sorten wurden gentechnisch gegen ein Unkrautvernichtungsmittel (z.B. Glyphosat) resistent gemacht, sodaß sie unbeschadet aus Behandlungen gegen Wachstums Konkurrenten hervorgehen können. Das Mittel erspart Pflügen und Hacken, das negative Auswirkungen auf Mikroben des Bodens hat und zu Bodenerosion führen kann. Glyphosat wirkt als Hemmstoff eines Pflanzenenzym, das zur Synthese einer essentiellen Aminosäure notwendig ist; Pflanzen, deren Blätter damit in Berührung kommen, verwelken. Die resistente transgene Nutzpflanze trägt ein modifiziertes Gen für dieses Enzym, das auf den Hemmstoff nicht anspricht. 95% des Sojaanbaus geschieht inzwischen mit solchen Pflanzen. In Deutschland gezüchtete Herbizid-resistente Zuckerrüben haben inzwischen den Weltmarkt erobert.

In der klassischen Pflanzenzüchtung konnte man Gene nicht gezielt verändern, sondern war auf die induzierten zufälligen Mutationen angewiesen. Vor etwa zehn Jahren wurde die CRISPR-Cas9 Methode oder sogenannte Genschere entwickelt (2020 mit dem Nobelpreis ausgezeichnet), die es erlaubt, einzelne bekannte Gene eines Organismus gezielt und präzise zu inaktivieren. Das nennt man Genom-Editierung. Man kann auch an dem Zielgen Veränderungen vornehmen, zum Beispiel die Reparatur einer Mutation, oder das Einführen einer Genvariante. Bei dieser Form der Gentechnik enthalten die erzeugten Pflanzen in der Regel keine zusätzlichen Gene; die Mutationen lassen sich nicht von auf konventionellem Weg erzielten unterscheiden. In der Grundlagenforschung bietet die CRISPR-Cas9 Methode vielfältige Möglichkeiten, die Forschungsergebnisse sicherer, präziser und vor allem sehr viel schneller zu erreichen. Außer Resistenzen gegen Pathogene sind auch Anpassungen an den

Klimawandel und Stressresistenz (Hitze, Dürre, Salz) sowie besondere Inhaltsstoffe weitere interessante Züchtungsziele. Obwohl die Methode noch nicht lange existiert, sind inzwischen weltweit mehr als hundert marktfähige genomeditierte widerstandsfähige Nutzpflanzensorten erzeugt worden. Dazu gehören bakterienresistenter Reis, pilzresistente Sorten von Wein, Weizen und Kakao, trockenolerante Sorten von Mais, Weizen und Sojabohnen, sowie Sojabohnen mit gesünderen Fettsäuren, glutenreduzierter Weizen, Kartoffeln mit länger lagerfähigen Knollen.

Die Vorteile der Genomedition gegenüber herkömmlichen Methoden:

1. Am pflanzlichen Modellsystem *Arabidopsis thaliana* (das ist die *Drosophila* der Pflanzenforschung) lassen sich Gene für bestimmte Eigenschaften, z.B. des pflanzlichen Immunsystems identifizieren und diese Erkenntnisse gezielt auf Nutzpflanzen übertragen.

2. Man kann gleichzeitig mehrere Gene gezielt verändern, was wichtig ist, da bei der Immunität die Resistenz häufig erst durch die geeignete Kombination mehrerer Gene zustande kommt. Auch lassen sich so in polyploiden Sorten Mutationen einfügen.

3. Bereits gut bewährte aber empfindliche Sorten können durch Genomedition resistent gemacht werden, in dem geeignete Genvarianten eingeführt werden.

4. Genomedition erlaubt problemlos die züchterische Bearbeitung von Pflanzenarten, die bisher nicht traditionell als Nutzpflanzen kultiviert werden. Dadurch lassen sich neue Kulturpflanzen, die für bestimmte Regionen oder zur Nutzung besonderer Böden besonders geeignet sind, einführen, die damit zu einer größeren Vielfalt auf dem Acker beitragen.

5. Das Verfahren erfordert relativ geringen Aufwand, es würde so auch kleinen Züchtungsbetrieben erlauben, widerstandsfähige und ertragreiche Sorten von vielen verschiedenen Kulturpflanzen in kurzer Zeit zu entwickeln. Damit kämen wir hinweg von den Monopolen der großen Firmen und hin zu einem größeren Spektrum unserer Nutzpflanzensorten.

Allerdings sind die Zulassungen gentechnischer Verfahren im Ackerbau in Deutschland und der EU durch unser Gentechnikrecht so erschwert, dass die Nutzung solcher robusten Anbausorten woanders auf der Welt stattfindet. Es gibt in Deutschland nicht eine transgene Pflanze auf dem Acker. Das Label "Ohne Gentechnik", das sich auf deutschen Milchtüten und Eierkartons findet, ist wahrlich absurd! Obwohl sie sich nicht von konventionell entstandenen Mutanten unterscheiden, werden auch genomeditierte Pflanzen in der EU-Gesetzgebung als GMOs eingestuft. Die vorgebrachten Bedenken gegen GMOs sind schwer

nachzuvollziehen: Längst ist erwiesen, dass die Gene unserer tierischen und pflanzlichen Nahrung (alles „Fremdgene“, denn wir sind ja keine Menschenfresser) nicht vom menschlichen Körper eingebaut werden, sondern den Weg aller Nahrung, nämlich der Verdauung, finden. In USA zum Beispiel, isst die Bevölkerung seit Jahrzehnten ohne negative Folgen Popkorn aus "Genmais". Die Angst vor einem "Superunkraut" ist unbegründet, denn gezüchtete Nutzpflanzen, auch GMOs, sind der Konkurrenz durch Wildkräuter nicht gewachsen und gehen ohne Schutz schnell verloren. Die enorme Dimension des Anbaus von genetisch modifizierten Kulturpflanzen lässt weltweit sehr sichere Schlüsse über Verträglichkeit mit Ernährung und Umwelt zu. Alle Einwände konnten mit diesen im Ausland durchgeführten freiwilligen überdimensionierten Kontrollversuchen überprüft und entkräftet werden. Zusätzlich zu zahlreichen vom BMBF, der DFG und der EU geförderten Untersuchungen, die allesamt Unbedenklichkeit bescheinigen, wird ein Risiko durch GMOs von Politikern immer noch als untragbar hoch eingeschätzt. Der Nutzen, der durch die Pestizideinsparung verursacht wird, und das große Potential besonders der modernen Genom-editierung für Naturschutz und eine nachhaltige Landwirtschaft wird nicht in Rechnung gestellt. Eine Ideologie- gegründete Haltung, die wir uns nicht leisten können.

Fazit: Das europäische Gentechnikrecht von 2001 muss gründlich überarbeitet werden, um die inzwischen gesammelten positiven Erfahrungen der "klassischen" und die großen Potentiale der neuen Gentechnik zu berücksichtigen. Zunächst sollten auf jeden Fall genomeditierte Pflanzensorten nicht mehr als GMOs eingestuft werden, da sie keine artfremden Gene enthalten und sich nicht von konventionell gezüchteten Pflanzen unterscheiden. Neue Sorten sollten nach ihrer Leistungsfähigkeit und nicht nach ihrer Herkunft beurteilt werden. Meine Vision für unser Land ist der Anbau gentechnisch veränderter resistenter Kulturpflanzen in Kombination mit nachhaltigen Verfahren der Bodenbearbeitung und des Düngens, wie sie zum Beispiel im ökologischen Landbau entwickelt wurden, aber auch bei moderneren Anbaustrategien in der konventionellen Landwirtschaft berücksichtigt werden. So ließen sich die Vorteile beider Verfahren verbinden – zum Schutz unserer Natur. Wenig lukratives Kulturland sollte man dagegen weitgehend renaturieren, um der Pflanzen- und Tierwelt großflächige Rückzugsorte zu verschaffen.

Den Politikern in Deutschland wünsche ich Mut zur Vernunft.