https://gen-ethisches-netzwerk.de/node/2321

Gen-ethischer Informationsdienst

Neue Technologien

Methoden zur Veränderung von Pflanzen im Wandel

AutorIn
Christof Potthof

Wie sieht die Entwicklung von neuen Pflanzen in der Zukunft aus? Nicht nur Regulierungsbehörden und Politik müssen sich dieser Frage stellen, sondern auch Züchterinnen und Züchter. Absehbar ist vor allem, dass an liebgewonnen Abgrenzungen gekratzt wird.

2011 sind drei Berichte zu neuen, zu großen Teilen molekularen Verfahren im Kontext der Herstellung von Pflanzensorten beziehungsweise der Pflanzenzüchtung erschienen - in erster Linie ein Zeichen für die regen Aktivitäten in der Pflanzenbiotechnologie, in der molekular- und zellbiologische Verfahren permanent weiterentwickelt werden. Die drei Berichte zeigen aber auch, dass dem wissenschaftlichen Interesse verschiedene Perspektiven zugrunde liegen. So entstammen zwei AutorInnengruppen Zusammenhängen der Europäischen Union: Die Gruppe um Maria Lusser wurde unter dem Dach der Europäischen Kommission ins Leben gerufen 1, die *New Technologies Working Group* geht auf ein Treffen der Vertreter der zuständigen Behörden der EU-Mitgliedsstaaten zurück 2. Von amtlicher Seite ist das Interesse fokussiert auf die Fragen „Was ist ein gentechnisch veränderter Organismus?“ beziehungsweise „Muss die Gesetzeslage verändert werden?“ Demgegenüber kann angenommen werden, dass Monika Messmer, die Autorin des Forschungsinstitutes für biologischen Landbau (FiBL) 3, ihren Arbeitsauftrag in erster Linie einem *internen* Klärungsbedarf der Akteure des Ökolandbaus verdankt. Der ökologische Landbau ist - rechtlich gesehen - von den Entwicklungen der Technologien nur indirekt betroffen: Die Methoden zur Herstellung gentechnisch veränderter Organismen sind hier grundsätzlich verboten. Die Entwicklung von neuem Saatgut findet - zusammengefasst - in drei Schritten statt: 1.) Verbreiterung der genetischen Basis des Ausgangsmaterials, 2.) Selektion der gewünschten Eigenschaften und 3.) Entwicklung und Vermehrung des Saatgutes. Auf diesen drei Ebenen steht jeweils eine Vielzahl von Verfahren und Methoden zur Verfügung. Züchtung ist nicht ein Verfahren, sie ist immer angepasst an die Pflanze, die gerade weiterentwickelt werden soll. Verschiedene Methoden und Verfahren können sowohl zwischen als auch innerhalb dieser Ebenen miteinander kombiniert werden. Die folgende Darstellung konzentriert sich auf Züchtungsmethoden und molekular- beziehungsweise zellbiologische Technologien, die im Kontext der Gentech-Debatte genannt werden.

Technologische Verfahren ...

Die Berichte von Lusser und Kollegen und von der *New Technologies Working Group* stellen acht Technologien ins Zentrum: die Zink-Finger-Nuklease- oder ZFF-Technologien (ZFN-1, ZFN-2 and ZFN-3), Oligonukleotid-vermittelte Mutagenese (Oligonucleotide directed mutagenesis, ODM), cis-Genetik/cis-

Gentechnik und intra-Gentechnik, RNA-abhängige DNA-Methylierung (RdDM), das Pfropfen von gentechnisch veränderten und nicht gentechnisch veränderten Trieben und Wurzelstöcken, Reverse breeding (etwa: umgekehrte Züchtung), Agro-Infiltration (Einschleusen von DNA mithilfe von Bakterien), synthetische Genomik.[4] Nach Darstellung der siebzehn Unternehmen, die in einer Befragung von Lusser und Kollegen Auskunft gaben, werden alle diese Verfahren bereits heute in der Entwicklung von neuen Pflanzen eingesetzt, allerdings in überschaubarem Umfang: Jede dieser neuen Technologien wurde von zwei bis vier der Firmen genutzt. Schaut man in die Unterlagen von in der Europäischen Union beantragten Freisetzungsversuchen, finden sich bisher sogar nur zwei dieser Verfahren: cis- beziehungsweise intra-Gentechnik und das Pfropfen (bei Gehölzen). Insgesamt ist der Strauß an Methoden und Technologien sehr divers. Die Darstellung hier muss sich entsprechend auf einen Ausschnitt beschränken.[5]

...und Stichworte der Debatte

Zunächst ein paar Erklärungen zu Stichworten, die Teil der Debatte um Züchtung und Entwicklung von Pflanzensorten sind, jedoch *an sich* nicht zur Gentechnik gezählt werden. **Hybrid-Saatgut** geht aus zwei unterschiedlichen „sehr unverwandten“ Elternlinien hervor. Das führt dazu, dass das Saatgut an möglichst vielen Genorten zwei verschiedene Ausprägungen, die Allele, in sich trägt - eine vom ‚Vater‘, eine von der ‚Mutter‘. Das wirkt sich als so genannter Heterosiseffekt positiv auf die Leistungsfähigkeit der Pflanzen aus. Die aus Hybridsaatgut hervorgegangene Ernte kann nur eingeschränkt weiter als Saatgut verwendet werden, da die positiven Eigenschaften nicht stabil an die nächste Generation weitervererbt werden. So können die Rechte der Landwirte automatisch eingeschränkt werden, da diese alljährlich neues Saatgut kaufen müssen.[6] Hybrid-Saatgut kann zusätzlich auch gentechnisch verändert sein. Das ist zum Beispiel bei den heute verfügbaren gv-Maissorten der Fall. Hybridzüchtung wird bei Getreiden (neben Mais zum Beispiel auch bei Roggen, zunehmend auch bei Weizen) und vielen Gemüsesorten - insbesondere für den Erwerbsgartenbau - eingesetzt. Mutationen sind Veränderungen der Erbinformationen. Sie treten regelmäßig auf und sind notwendig, damit sich Leben weiterentwickeln und Evolution stattfinden kann und Pflanzen neue Eigenschaften ausbilden können - allerdings nur bis zu einem bestimten Grad. Wenn zuviele Mutationen gleichzeitig (innerhalb einer oder weniger Generationen) stattfinden, kann eine Pflanze ihre grundlegenden Lebensfunktionen einbüßen. Mit „Mutationszüchtung” ist gemeint, dass mit künstlichen beziehungsweise anthropogenen Einflüssen vermehrte Mutationen im Erbgut von Pflanzen erzeugt werden. Dazu werden zum Beispiel chemische Stoffe oder auch radioaktive Strahlung eingesetzt. Die erhöhte Mutationsrate führt dazu, dass die genetische Basis der Zuchtarbeit schneller verbreitert wird, als dies in natürlichen Abläufen der Fall wäre. **Artgrenzen:** Vereinfacht dargestellt ist eine Art eine potentielle Fortpflanzungsgemeinschaft. Biologisch gesehen könnten alle Angehörigen einer Art miteinander Nachkommen zeugen, die ihrerseits zeugungsfähig sind. Mitglieder verschiedener Arten können das nicht. Tatsächlich ist der Übergang nicht messerscharf. Manche Arten sind sich näher als andere; Befruchtung und Zeugung von Nachkommen ist zuweilen möglich. Es können sterile, selten auch fertile Nachkommen entstehen. *Triticale* ist ein Getreide, dass in der zweiten Hälfte des 19ten Jahrhunderts aus Weizen und Roggen gezüchtet wurde. In der Gentechnikdebatte wird *Triticale* als Beispiel angeführt, dass es schon lange (Nutz-)Pflanzen gibt, bei deren Züchtung Artgrenzen überschritten wurden. Im Falle der *Triticale* wurde keine Gentechnik eingesetzt. Es wird von „interspezifischer Kreuzung“ (Kreuzung zwischen Arten) gesprochen. Dabei wird ausgenutzt, dass in bestimmten Fällen auch zwischen einander nah verwandten Arten eine Befruchtung stattfinden kann. Diese wird zum Teil mit technischen Hilfen unterstützt beziehungsweise erst möglich gemacht. Bei der *Triticale* wird eine Art *chemischer Zwang* ausgeübt; in der Wikipedia wird es wie folgt beschrieben: „Deshalb müssen die Chromosomensätze durch Behandlung der Keimlinge mit Colchizin, dem Alkaloid der Herbstzeitlosen, künstlich verdoppelt werden.“[7]

Was heißt „Gentechnik” in der Pflanzenzüchtung?

Der Regulierung gentechnisch veränderter Organismen (GVO) in Europa liegt eine Definition zugrunde, die unter anderem in der Freisetzungsrichtlinie der Europäischen Union zu finden ist. Danach ist ein GVO ein

Organismus, „dessen genetisches Material so verändert worden ist, wie es auf natürliche Weise durch Kreuzen und/oder natürliche Rekombination nicht möglich ist“.8 Zur Konkretisierung sind im Anhang der Freisetzungsrichtlinie unter anderem Listen mit „Verfahren der genetischen Veränderung“ zusammengestellt. Eine dieser Listen definiert ausschließlich diejenigen Verfahren, die aus einem Organismus ein GVO machen und damit zu einem Statuswechsel führen; eine zweite Liste enthält Verfahren, die keinen Statuswechsel nach sich ziehen, also auch für konventionelles beziehungsweise ökologisches Saatgut 9 erlaubt sind. Diese Listen sind allerdings nur zum Teil auf dem neuesten Stand. Zwar führen sie diejenigen Verfahren auf, die bei der Entwicklung heute existierender GVO angewandt worden sind, es fehlen aber einige der heute in den Entwicklungsschmieden von Agrarunternehmen genutzten Verfahren. Sie waren entweder noch nicht erfunden oder steckten in den Kinderschuhen, als die Freisetzungsrichtlinie geschrieben wurde. Die Praxis des Einsatzes von Gentechnik in der Pflanzenzüchtung sieht im Regelfall heute so aus: Gentechnische Konstrukte (auch Gen-Kassetten genannt) werden mit einer so genannten Genkanone oder mit Hilfe des Bakteriums *Agrobacterium tumefaciens* in die Pflanzen gebracht. Zu diesem Zeitpunkt besteht die Pflanze aus nur einer einzigen Zelle. Die Konstrukte bestehen aus Erbmaterial (DNA), das die Information für die gewünschte neue Eigenschaft selbst und für deren Regulation trägt. Außerdem finden sich DNA-Stücke, die für Transfer und Einbau des Konstruktes von Bedeutung sind. Nehmen wir das Beispiel der einzigen gentechnisch veränderten Pflanze, die in der Europäischen Union kommerziell angebaut wird, den gv-Mais MON810 des US-Konzerns Monsanto: Darin finden wir unter anderem DNA, die von dem Bakterium *Bacillus thuringiensis* stammt, später im Labor nochmals modifiziert wurde und die Information für ein Insektengift trägt, dessen Herstellung in der Pflanze die gewünschte neue Eigenschaft ist. Das Startsignal für die Regulation, das steuert, wann das Gen abgelesen und das Insektengift produziert werden soll, kommt von einem Virus. Eine Reihe neuer Technologien kommt hier nun hinzu, die vom derzeitigen Regulierungssystem und seinen Definitionen auf unterschiedliche Weise erfasst wird: **Cis-Gentechnik/-Genetik und intra-Gentechnik/-Genetik:** Die Begriffe bezeichnen gentechnische Verfahren, bei denen in der Genkassette DNA-Elemente übertragen werden, die von derselben oder einer nah verwandten (und kreuzbaren) Pflanzenart stammen wie die Pflanze, die gentechnisch verändert werden soll.10 Allerdings gilt das im Regelfall nur für bestimmte Teile der Genkassette, nämlich für die Geninformationen, die mit der Herstellung eines bestimmten Proteins verbunden sind. Genkassetten der cis-gentechnisch veränderten Pflanzen können darüber hinaus auch *regulatorische* DNA-Elemente aus Bakterien und/oder Viren oder solche DNA-Strukturen enthalten, die mit der Transfermethode in Verbindung stehen. **Pfropfen:** Das Pfropfen ist eine sehr verbreitete, vor allem bei Gehölzen eingesetzte Technik zur Kombination von Eigenschaften verschiedener Pflanzen. Dabei wird zum Beispiel ein winterfester Wurzelstock mit einem Haupttrieb kombiniert, der bessere Früchte liefert, aber an der Wurzel gegen Frost empfindlich ist. Lusser und Kollegen fanden in den Unterlagen für Freisetzungen nur die Kombination nicht gentechnisch veränderter Triebe auf gv-Wurzelstöcken (bei Apfel, Birne, Wein und verschiedenen Zitrusfrüchten). Der umgekehrte Fall - gv-Triebe auf nichtveränderten Wurzelstöcken - ist ebenso vorstellbar. Nach Darstellung der *New Technologies Working Group* fallen Früchte eines Baumes, bei dem der Wurzelstock gentechnisch verändert, Stamm und Triebe aber konventionellen Ursprungs sind, nicht unter die Regulierung gentechnisch veränderter Produkte. Die Pflanze selbst wäre aber ein GVO und würde entsprechend reguliert. **Oligonukleotid-vermittelte Mutagenese:** Dabei werden kurze, im Labor hergestellte DNA-Moleküle (die Oligonukleotide) in die Zelle eingebracht, um das Erbmaterial gezielt zu verändern. Sie haben die komplementäre Sequenz einer bestimmten Stelle des Genoms der zu verändernden Pflanze, an der sie andocken können. (Aus diesem Grund wird dieses Verfahren auch „side-specific“ beziehungsweise „gezielt“ genannt.) Außerdem werden gezielt „Fehler“ in die Sequenz eingebaut, die später als Vorlage des Erbmaterials dienen. So entstehen Mutationen an gewünschten Stellen im Genom. Gentechniker begegnen mit dieser Methode dem Vorwurf von Kritikern, dass es sich bei der Gentechnik um eine ungenaue, auf Zufall beruhende Technologie handelt. **Mutagenese** mit Zinkfinger-Nukleasen (ZFN): Ein anderes Verfahren, das den Vorwurf der Ungenauigkeit entkräften soll, verwendet Enzyme, die Zinkfinger-Nukleasen genannt werden. Charakteristisch für Nukleasen ist, dass sie Nukleinsäure-Ketten (Erbmaterial, DNA) schneiden können. Das Besondere an den ZFN ist ihre Fähigkeit, bestimmte Stellen im Genom zu finden und hier gezielt Schnitte vorzunehmen. Die Erkennung übernimmt ein als „Zinkfinger“ bezeichneter Teil ihrer Struktur, der auch mehrfach in einer Zinkfinger-Nuklease eingebaut sein kann - was zu einer höheren

Spezifität der ZFN führt. Das Molekül verursacht einen Bruch in der DNA der Pflanze, was eine Erhöhung der Mutationsrate an dem vorgesehenen Ort nach sich zieht. Die Nutzung von ZFN kann mit dem Einbau einer gewünschten neuen Gensequenz verbunden werden.

Neue Technologien und ökologischer Landbau

Die Diskussionen um die Regulierung der neuen molekular- und zellbiologischen Verfahren wird in den nächsten Jahren noch deutlich zunehmen. Wie an aktuellen Freisetzungsversuchen gezeigt werden konnte, ist ihre Nutzung allerdings noch nicht sehr weit verbreitet. Gerade mit Blick auf die Züchtungspraxis im ökologischen Landbau 11 ist es bemerkenswert, dass der weitgehend selektive Blick auf die molekulare und zelluläre Ebene keine Selbstverständlichkeit ist, sondern Teil einer Herangehensweise an den gesamten Vorgang. Messmer beispielsweise stellt ihre Beschreibungen und Bewertungen der Methoden und Verfahren in den Kontext des ökologischen Landbaus als Gesamtsystem.12 Die Methoden und Verfahren lassen sich aus der Sicht der Akteure im ökologischen Landbau nicht als isolierte Vorgänge betrachten: „[B]ei der Auswahl der Sorten für den ökologischen Landbau [ist] nicht nur die Anbaueignung einer Sorte, sondern ebenso ihre züchterische Entwicklungsgeschichte zu berücksichtigen", schreibt Messmer. „Dies ist angesichts der Vielzahl an Züchtungsmethoden und Techniken, die heute eingesetzt werden, um Sorten für die Zukunft zu entwickeln, keine leichte Aufgabe. Um diesem Anspruch gerecht zu werden und entsprechende gesellschaftspolitische Signale zu setzen, wurden verschiedene Ziele beziehungsweise Kriterien definiert und in einer Rangfolge geordnet, um Züchtungsmethoden und -techniken und daraus entwickelte Sorten in einem transparenten Prozess beurteilen zu können." Zu diesen Zielen und/oder Kriterien zählen zum Beispiel: die Berücksichtigung der gesamten Wertschöpfungskette bei der Zucht; die nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen bei gleichzeitiger Berücksichtigung des dynamischen Gleichgewichtes des gesamten Agrarökosystems; die Sicherung der Ernährungssouveränität; die Respektierung des Genoms als unteilbare Einheit; die Respektierung der Zelle als unteilbare funktionelle Einheit; der Erhalt der Fähigkeit der Sorten, sich auf artspezifische Weise fortzupflanzen. Messmers Bericht, der auch als Ergebnis eines Austausch- und Beratungsprozesses zwischen den Akteuren des ökologischen Landbaus gesehen werden kann, dient trotz seines eher internen Charakters auch dem Zweck der Grenzziehung: Welches Verfahren, welche Methode soll im ökologischen Landbau in Zukunft akzeptiert werden - unabhängig davon, was nach EU-Recht - wegen der Einordnung als gentechnische Veränderung - verboten ist? Allerdings ist es nicht die Autorin, die diese Entscheidung fällt. Sie liefert nur die Informationen, die an anderer Stelle zur Entscheidungfindung genutzt werden können.

- 1M. Lusser, C. Parisi, D. Plan, E. Rodríguez-Cerezo (2011): „New plant breeding techniques. State-of-the-art and prospects for commercial development". Institute for Prospective Technological Studies und Institute for Health and Consumer Protection. Joint Research Centre, European Commission (englisch). Download und weitere Informationen unter: http://ipts.jrc.ec.europa.eu.
- 2New Technologies Working Group (2011): Final Report (englisch). Die AG wurde 2007 von den zuständigen Behörden für GVO der EU-Mitgliedsstaaten ins Leben gerufen, eine Liste der AG-Mitglieder ist im Bericht zu finden. Der Bericht kann über das Büro des GeN bezogen werden.
- 3M. Messmer (2011): Dossier zur Beschreibung und Beurteilung von Züchtungsmethoden für den ökologischen Landbau. Forschungsinstitut für biologischen Landbau. Download unter: www.orgprints.org. Das Dossier ist Teil des umfassenden Projektes „Moderne Züchtungsmethoden: Eine Chance für den ökologischen Landbau?". Siehe dazu auch Fußnote 10.
- 4Lusser und Kollegen haben zwar eine genauere Untersuchung von synthetischer Genomik in Betracht gezogen, sich dann aber gegen eine Berücksichtigung dieser Technologie(n) entschieden.
- 5Die neuen Technologien werden in den genannten Berichten in gut verständlicher Art und nicht zu großem Umfang erläutert. Download beziehungsweise Bezug siehe Fußnoten 1, 2 und 3.
- 6Landwirte können nicht „mir nichts dir nichts" gezwungen werden, ein bestimmtes Saatgut zu verwenden. Zwang besteht in dem Sinne, dass es die Unternehmen in der Hand haben, welche Strategie sie für die zukünftige Saatgut-Entwicklung einschlagen. Ob zum Beispiel die Vorteile der Hybridzüchtung tatsächlich so gravierend sind wie im Allgemeinen dargestellt, ist zumindest für manche Pflanzen umstritten. Kritiker unterstellen den Saatgutzüchtern von Hybriden, sie deshalb

weiterzuentwickeln, weil die Bauern die Ernten nicht wieder aussäen können.

- 7Vgl. http://de.wikipedia.org/wiki/Triticale.
- 8Explizit ausgenommen von dieser Definition sind menschliche Organismen.
- 9Für ökologisches Saatgut gelten einerseits die Regeln der EU, andererseits können Anbauverbände des ökologischen Landbaus eigene Regeln haben, die über die gesetzlichen hinausgehen.
- 10Weder im Rahmen der Zulassungsverfahren der Europäischen Union noch in der wissenschaftlichen Literatur wird der (englische) Begriff „cisgenic“einheitlich genutzt. Der Unterschied besteht darin, dass bei der intra-Gentechnik nur DNA-Elemente benutzt werden, die in Pflanzen der selben Art gefunden wurden, während Cis-Gentechnik auch solche von Arten nutzt, die nah verwandt (und kreuzbar) sind.
- 11Hier wird zwar in der Regel die ökologische Züchtung als Gegenpart zu den molekularen und zellbiologischen Verfahren eingesetzt. Das soll aber nicht den Eindruck erwecken, dass die gesamte konventionelle Züchtungspraxis durch die neuen Technologien bestimmt ist.
- 12M. Messmer und K.P. Willbois (2011): Grundlagenpapier zur ökologischen Pflanzenzüchtung. Forschungsinstitut für biologischen Landbau. Download siehe Fußnote 3.

Informationen zur Veröffentlichung

Erschienen in:
GID Ausgabe 212 vom Juni 2012
Seite 18 - 21