Genetik im Wald

Gegenwärtiger Stand der Gentechnik im Forst

von Monika Konnert

Biotechnologie bei Pflanzen ist ein Forschungsfeld, das sich in den letzten Jahrzehnten sehr stark entwickelt hat und in dem auch weiterhin ein großes Entwicklungspotenzial gesehen wird.

Im Forstbereich unterscheidet man im Rahmen der Biotechnologie drei große Bereiche.

a) Die Charakterisierung von Teilen des Erbgutes mit Hilfe molekularer Marker (markergestützte Untersuchungen)

Ziel solcher Untersuchungen ist die Charakterisierung bestimmter Genotypen, die Feststellung von Art und Ausmaß an genetischer Variation und Diversität in Waldbaumpopulationen, die Klärung taxonomischer Fragestellungen, die Feststellung von Hybridisierungen, die Ausweitung der Kenntnisse bezüglich Pollenfluß, Blüh- und Befruchtungsverhalten, Samenverbreitung und die Überprüfung der Herkunftssicherheit. Hierbei findet zwar eine Isolierung des Erbgutes (der DNS) aus den Zellen, aber keine Neukombination der isolierten Nucleinsäuren statt. Es werden keine gentechnisch veränderten Organismen erzeugt. Dieser Bereich wird auch in den Labors des Amtes für Saat und Pflanzenzucht (ASP) bearbeitet.

b) Zell- und Gewebekulturtechniken

Hierzu zählen die „In vitro"-Konservierung und -Vermehrung ausgehend von einzelnen Zellen oder Pflanzenteilchen sowie die Kryokonservierung von Samen, Gewebeteilchen und Zellen. Dieser Bereich ist bei Ziergehölzen und im Gartenbau wichtiger als im Forst, denn dort wird mit Klonen und Sorten gearbeitet. Dennoch wird bei einigen Waldbäumen die somatische Embryogenese erfolgreich zur Vermehrung eingesetzt, vor allem bei der Entwicklung von Klongemischen, z. B. bei Wildkirsche. Experten gehen davon aus, dass in diesem Bereich noch viel Entwicklungspotenzial liegt.

c) Genetische Veränderung von Waldbäumen (eigentliche Gentechnik oder Gentechnologie zur Erzeugung transgener Bäume)

Gentechnik beinhaltet sämtliche Verfahren, in denen Erbgut (DNS) aus den Zellen isoliert, unter künstlichen Bedingungen neu kombiniert und dann entweder direkt durch Mikroinjektion oder Mikroprojektil-Beschuss oder über Vektoren (Viren, bakterielle Plasmide) wieder in Organismen eingebracht wird. Es entsteht so ein „transgener" oder genetisch veränderter Organismus (GVO), der neue Eigenschaften besitzt. Die Bezeichnung „genetisch verändert" kommt aus dem Englischen: „genetically modified". Korrekter ist die Bezeichnung „gentechnisch verändert", weil sie eine Differenzierung zwischen einer „natürlichen" genetischen Veränderung wie z. B. einer Mutation und einer gentechnischen Veränderung durch Einführung einer definierten DNS-Sequenz in eine Zelle erlaubt.

Abb. 1: Genetische Horrorvision für den deutschen Wald, Cartoon: Wolfgang Horsch

Gentechnik im Forst – aktueller Stand

Der umgangsprachliche Begriff „Grüne Gentechnik" bezeichnet Wissenschafts- und Anwendungsbereiche, in denen pflanzliche Organismen (auch Waldbäume) das Ziel gentechnischer Veränderungen darstellen, während die „Rote Gentechnik" die mit gentechnischen Verfahren erweiterte Forschung an Menschen oder Tieren umfasst.

Bei Bäumen wurde einer der ersten Freisetzungsversuche

1988 in Belgien mit transgenen Pappeln durchgeführt. Gentechnisch veränderte Bäume sind auch heute in erster Linie Pappeln. In den USA stimmten die Behörden bereits 75 Freisetzungsversuchen mit transgenen Pappeln zu. Auch in der EU sind es überwiegend Pappeln, die gentechnisch verändert werden. Freisetzungsversuche mit transgenen Pappeln fanden in Frankreich (9), Deutschland (4), Großbritannien (2) Spanien und Norwegen statt. Pappeln sind ein beliebtes Modellobjekt der Gentechniker, weil sie schnell wachsen und die gängigen gentechnischen Methoden bei ihnen gut funktionieren.

Die künstlich eingeführten Gene vermitteln neue Eigenschaften. Sie beziehen sich auf:

- die Steigerung der Holzmasse (Bäume sollen schneller wachsen und höheren Massenertrag liefern);
- die Veränderung der Holzqualität (z. B. Bäume mit wenig Lignin oder mit verändertem Lignin, das sich leichter vom Zellstoff trennen lässt);
- eine Intensivierung der Schwermetallaufnahme zur Bodensanierung (Bäume für die Sanierung belasteter Böden; hier wird die Fähigkeit der Bäume genutzt, Schwermetalle aufzunehmen und in ihren Blättern einzulagern);
- Resistenzen gegen Schädlinge und Pflanzenkrankheiten;
- Besiedlung von extremen Standorten, Verwendbarkeit in der Plantagenwirtschaft unabhängig vom Standort, tolerant gegenüber Trockenheit, Salz oder Frost;
- Erzeugung von Sterilität: diese gentechnisch veränderten Bäume sollen sich nicht fortpflanzen können und stellen daher ein geringeres Risiko für die Umwelt dar als nichtsterile Bäume.

Freisetzungversuche von transgenen Bäumen dienen hauptsächlich der Evaluation der Kommerzialisierung eines Gentech-Produktes und der begleitenden Sicherheitsforschung.

Baumart	EU	USA	Kanada
Pappel	17	75	6
Kiefer	2	27	-
Fichte	2	1	7
Birke	4	-	-
Eukalyptus	4	6	-

Tab. 1: Freisetzungen gentechnisch veränderter Bäume (Stand: November 2003), Quelle: www

Im Vergleich mit gentechnisch veränderten landwirtschaftlichen Kulturpflanzen, die bereits weltweit kommerziell angebaut werden, spielen transgene Bäume bisher nur eine untergeordnete Rolle. Noch sind die züchterischen Arbeiten mit transgenen Bäumen eher in der Grundlagenforschung anzusiedeln. Eine kommerzielle Nutzung transgener Bäume findet noch nicht statt. Dies hat verschiedene Gründe:

Abb. 2: Gerät zur automatischen Analyse der DNS-Sequenz, Foto: ASP

a) Die Langlebigkeit der Waldbäume

Für transgene Bäumen heißt das, die neu eingeführten Gene müssen über lange Zeiträume stabil bleiben. Um zu überprüfen, ob dies zutrifft und ob die neuen Eigenschaften Bestand haben, sind für Waldbäume etliche Jahrzehnte erforderlich.

Bei Gewächshausversuchen mit transgenen Pappeln in Großhansdorf zeigte sich, dass bereits innerhalb kurzer Zeiträume Instabilitäten auftreten können. Den Pappeln war ein Gen aus einem Bodenbakterium eingepflanzt worden, das den Wuchs und die Blattfarbe verändern sollte. Einige der transgenen Pflanzen bildeten schon nach kurzer Zeit Seitensprosse, die dem Wildtyp entsprachen, obwohl das übertragene Genkonstrukt in den Blättern noch nachgewiesen werden konnte.

Neben der Instabilität der Gene können während der langen Lebensdauer von Bäumen bei diesen auch unerwünschte Eigenschaften auftreten. In China wurden Pappeln mit Genen für Insektenresistenz ausgestattet (Bt-Pappeln genannt, weil ihnen ein Gen aus dem Bodenbakterium Bacillus thuringiensis eingebaut worden war). Ein Teil der Bäume zeigte zwar die erwünschte Resistenz gegenüber Schädlingen, jedoch nach zwei Jahren auch unerwartete Empfindlichkeiten gegenüber anderen Schadinsekten, denn das Fremdgen verändert die Produktion der Phytoöstrogene, also den Hormonhaushalt der Pappeln. Einige der Pappeln zeigten auch Störungen der Chlorophyllbiosynthese (gelbe Blätter) und mit zunehmendem Alter Veränderungen an der Rinde.

b) Die geringe Domestizierung der Waldbäume

Bei der Freisetzung und Kommerzialisierung transgener Waldbäume muß der Umstand berücksichtigt werden, dass Baumarten in der Regel in einem weitaus geringeren Maße domestiziert wurden als ein- oder zweijährige Nutzpflanzen. Waldbäume besitzen daher ein kaum durch menschliche Eingriffe modifiziertes Genom und damit noch alle Merkmale, die ein Überleben unter natürlichen Bedingungen

garantieren können. Es besteht also ein hohes Risiko einer dauerhaften Verbreitung des Fremdgens in natürliche Populationen.

Die Ausbreitungsgewohnheiten bei Waldbäumen sind vielfältig und noch vergleichsweise wenig erforscht. Transgene Bäume können sich mit ihren Wildarten bzw. mit verwandten Arten kreuzen. Der hohe Grad der Fremdbefruchtung bei Waldbäumen ist ein natürlicher Mechanismus zur Erhöhung der genetischen Diversität und macht sie anpassungsfähig gegenüber den vielfältigen Anforderungen, denen sie im Laufe ihres Lebens ausgesetzt sind.

Pollen und Samen von Bäumen können sich sehr weit ausbreiten. Wenn der Pollen je nach Wetterlage in hohe Luftschichten gerät, wird er über hunderte Kilometer verfrachtet.

Abb. 3: Energiewald aus Pappeln (nicht transgen), Foto: ASP

Mit der Fähigkeit zur vegetativen Vermehrung verfügen manche Bäume über einen effektiven Ausbreitungsmechanismus. Eine genaue Bestimmung oder Bewertung des Ausbreitungs- und Auskreuzungsrisikos ist kaum möglich, weil zu viele Faktoren eine Rolle spielen. Auf Grund dieser Gefahr der dauerhaften Verbreitung transgener Gehölze ist ihre Verwendung im Ökosystem Wald in jedem Fall problematisch und anders zu bewerten als im Plantagenanbau.

Um das Risiko der Übertragung von Transgenen grundsätzlich zu vermeiden, wird derzeit bei verschiedenen Gehölzen versucht, männliche und/oder weibliche Sterilität zu erzeugen. Ob solche Konzepte aber erfolgreich sind, hängt entscheidend davon ab, wie stabil die fremden Gene sind.

Es gibt auch Überlegungen, transgene Bäume bereits vor der Blühfähigkeit zu ernten.

c) Die fehlende bzw. geringe Kenntnis des Zusammenhangs zwischen genetischen und phänotypischen Merkmalen bei Waldbäumen

Das Genom der Waldbäume ist mit das komplexeste unter allen Lebewesen. Die meisten phänotypischen Eigenschaften von Waldbäumen werden von mehreren Genen kontrolliert. Deshalb könnte man viele Eigenschaften nur mittels Transfer multipler Gene verbessern. Hier steht aber die Wissenschaft noch ganz am Anfang. Daher lassen sich auch die Nebeneffekte bei der Einführung neuer Gene bei Waldbäumen so schwer abschätzen.

d) Die hohe natürliche genetische Vielfalt bei Waldbaumarten

Unsere natürlichen Waldökosysteme zeichnen sich durch eine hohe genetische Vielfalt aus. Zugleich weisen die meisten unserer Waldbäume ein großes natürliches Verbreitungsgebiet auf. Diese hohe natürliche genetische Vielfalt gilt es zu erhalten, weil sie die Grundlage für die Anpassungsfähigkeit der Waldbaumpopulationen an unterschiedlichste Umwelteinflüsse darstellt. Dass mit naturnaher Waldwirtschaft die genetische Vielfalt der Waldbestände erhalten werden kann, ist heute unbestritten und anhand vieler Untersuchungen der letzten Jahre belegt.

Bei der generativen Vermehrung ordnet sich die Erbinformation jedes Mal neu. Will man also die Eigenschaften einer transgenen Pflanze bewahren, so muß diese vegetativ vermehrt werden. Eine Ausnahme bestünde darin, die genetische Modifikation auf der Organellen-DNS (Chloroplasten, Mitochondrien) vorzunehmen und nicht an der Kern-DNS. Dies ist aber auf Grund der geringen Größe des Organellengenoms nur in sehr seltenen Fällen möglich. Das bedeutet, dass Arbeiten mit transgenen Bäumen nur bei Klonwirtschaft sinnvoll ist. Im übrigen fallen für die Entwicklung eines transgenen Klons Kosten von bis zu 1 Million Euro an. Darüberhinaus würde der Einsatz von Klonen in natürlichen Ökosystemen eine Reduzierung der natürlichen Vielfalt bedeuten.

e) Die komplexen Interaktionen unterschiedlichster Arten im Ökosystem Wald

Bisher ist noch nicht überprüft, ob gentechnische Veränderungen bei Pflanzen zu einer Störung symbiontischer Lebensgemeinschaften im Wurzelbereich führen können. Gleichzeitig existieren noch keine Studien zum Einfluß auf die Krautschicht, auf Gräser und Moose oder Tierarten.

Zusammenfassung

Laut der überwiegenden Meinung der Wissenschaftler ist der Einsatz transgener Bäume in der klassischen Forstwirtschaft nicht sinnvoll und in nächster Zeit auch nicht zu erwarten. Dazu sind die Ergebnisse der ökologischen Begleitforschung noch viel zu dürftig, die möglichen Gefahren und Risiken für das komplexe Ökosystem Wald sind

Abb. 4: Zweijähriger Energiewald aus Pappeln (nicht transgen), Foto: ASP

nicht abzuschätzen, die notwendigen Prüfzeiträume zu lang und die Entwicklungskosten transgener Bäume zu hoch. Selbst aus dem Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung in Großhansdorf, das in Deutschland eine Führungsposition bei der Erforschung und Entwicklung transgener Bäume einnimmt, wird die Auffassung vertreten, dass „in den Wald sicher kein gentechnisch veränderter Baum gelangen wird".

Anders wird der Plantagenanbau von Gehölzen bewertet. Gentechnisch veränderte Bäume werden als Plantagenkulturen (z. B. Kurzumtriebsplantagen), zur Erzeugung von Spezialhölzern oder als nachwachsende Rohstoffe zunehmend Anwendung finden. Vor allem transgene Eukalyptusarten, Pappeln und Kiefern werden in der Plantagenwirtschaft eingesetzt werden. Aber auch hier warnen Fachleute davor, dass noch viele komplexe ökologische Fragen über eine zu intensivierende Sicherheitsforschung zu beantworten seien. Gerade in einer so dicht bevölkerten Region wie Mitteleuropa sind die natürlichen Barrieren und einzuhaltenden Sicherheitsabstände zum Schutz unserer natürlichen Waldökosysteme vor Fremdgenen kaum zu realisieren.

Befürworter der Technik sehen in der Plantagenwirtschaft mit transgenen Bäumen einen Beitrag zur Bewahrung der natürlichen Ökosysteme, die dann nicht mehr so intensiv genutzt werden müssten.

Inwieweit Gentechnik bei Waldbäumen angesichts der hohen Entwicklungskosten sich auch unter ökonomischen Gesichtspunkten lohnt, ist nicht bekannt. Kosten-Nutzen-Analysen stehen noch aus.

DR. MONIKA KONNERT ist wissenschaftliche Angestellte am Amt für forstliche Saat- und Pflanzenzucht in Teisendorf, zuständig für Forstgenetik

Nobelpreis für Wangari Maathai

30 Millionen Bäume und mehr Rechte für die Frauen

„Mama Mici", die Mutter der Bäume, hat den Friedensnobelpreis erhalten. So wird Wangari Muta Maathai genannt, die das größte Aufforstungsprojekt Afrikas initiiert hat und jetzt dafür mit dem Friedensnobelpreis geehrt wurde. Auch ihr Engagement zur Durchsetzung der Menschenrechte wird damit gewürdigt.

Ende der 1970er Jahre begann sie, andere Frauen zu überzeugen, rund um die kenianische Hauptstadt Nairobi Bäume anzupflanzen. Jahrelang waren die Wälder dort hemmungslos abgeholzt worden, vor allem, um Feuerholz zum Heizen und zum Kochen zu haben. Ihre Grüngürtelbewegung (Green Belt Movement) trug reiche Früchte: Rund 30 Millionen Bäume wurden seitdem angepflanzt. Das Beispiel hat seither in zahlreichen afrikanischen Staaten Schule gemacht. Maathai, die in Deutschland und den USA studiert hat, setzt sich über die Ökologiebewegung hinaus für die demokratischen und sozialen Rechte der Bevölkerung ein; sie begründete zugleich eine panafrikanische Frauenbewegung. Sie ist Abgeordnete der Grünen Partei Kenias. Seit 2003 ist sie Vize-Umweltministerin ihres Landes. Im April 2004 wurde die Umweltaktivistin „für ihre einzigartige Rolle in der afrikanischen Politik, ihr Engagement und ihr Lebenswerk" mit dem Petra-Kelly-Preis der Heinrich-Böll-Stiftung geehrt. Nach Erhalt des Friedensnobelpreises meinte sie: „Das ist der Höhepunkt. Es kann nicht besser kommen - höchstens im Himmel"! *jhh*

Wangari Maathai, die Mutter der Bäume, Foto: www.nobelpreis.org