
Energie, Klimawandel, Anpassung an den Klimawandel und Normung

Gentechnik als Lösung?

Bonn, 19. 01. 2012

Martha Mertens

BUND, AK Gentechnik

Transgene Energiepflanzen?

Sonnleitner, DBV (2006): Bei Rohstoffherzeugung bietet Gentechnik große Möglichkeiten; Mais, Kartoffeln und Zuckerrüben sind dabei interessante Ackerfrüchte

Weltweiter Anbau von zur Energieerzeugung geeigneten GVO

- Mais (herbizidresistent RR, LL*, insektenresistent**, Ethanol-Mais)
- RR-Raps, LL-Raps
- RR-Soja

Wichtigste Pflanzenarten zur Energiegewinnung

- Mais, Raps, Soja, Zuckerrüben, Kartoffeln, Weizen, Gräser
- Zuckerrohr, Mohrenhirse

- * RR = Resistenz gegen Glyphosat (Roundup), LL = Resistenz gegen Glufosinat (Liberty)
- ** Bt = *Bacillus thuringiensis*, Resistenz gegen Maiszünsler und/oder Maiswurzelbohrer

Gentechnisch veränderte Organismen (GVO) und der Klimawandel -Neue Eigenschaften?

- Herbizidresistenz (Glyphosat, Glufosinat, >80% d. GVO)
- Insektenresistenz (Bt-Toxingene)
- Stresstoleranz (Trockenheit, Hitze, salzige Böden, Kälte)
- Pathogenresistenz (Viren, Pilze, Bakterien)
- Stickstoff-Assimilation
- Effizientere Photosynthese
- Veränderte Relation von Zellulose/Hemizellulose zu Lignin
(für die Ethanolproduktion)

GVO in der EU

Stand Januar 2012

Anbauzulassungen in der EU:

- MON810 Bt-Mais, Verbot in A, D, F, Hu, Gr, Lu
- Stärke-Kartoffel Amflora (industrielle Nutzung)

Anbauanmeldungen in der EU:

- Mais (19), Kartoffel (3), Zuckerrübe, Raps, BW (je 2), Soja (1)

Zulassungen für Import/Verarbeitung in die EU:

- Mais (26), Raps (3), Soja (2), Zuckerrübe (1)
- Dutzende Zulassungsanträge eingereicht (www.transgen.de)

Transgene Bäume

Projekte in der EU:

(Belgien, Deutschland, Dänemark,
Frankreich, Finnland, UK, Schweden)

- Birke
- Eukalyptus (Schweden)
- Fichte
- Gummibaum (Frankreich)
- Nordmanntanne
- **Pappel**
- Ulme

EU-Forum zur Sicherheit von
transgenen Forstbäumen
Hunderte Freisetzungen weltweit

Angestrebte Eigenschaften (u.a.)

- Herbizidresistenz
- Insektenresistenz
- Pilzresistenz
- Stresstoleranz
- Weniger/veränderte Lignine
- Wachstumsbeschleunigung
- Verlängerung der Wachstumsperiode
- Einfachere Hydrolyse der Kohlenhydrate
- Effizientere Photosynthese

Probleme des Gentransfers

Zufällige Integration der übertragenen Gene

- Mehrfach-Kopien/-Integrationsorte transgener DNA-Sequenzen
- Beeinflussung der Aktivität benachbarter Gene

Nicht selten starke Umlagerung der Integrationsorte

- Duplikation, Deletion, Inversion der DNA-Sequenzen
- Mischung aus transgenen und pflanzeigenen Sequenzen
- Einbau „überflüssiger“ DNA (Plasmidsequenzen)

Unerwünschte/unerwartete Veränderung der Genaktivität

- Aktivität transgener DNA auch von genetischem Umfeld abhängig
- Generell komplexe Steuerung der Genaktivität
- Bildung neuer Stoffwechselprodukte
- Stabilität der Genome in folgenden Generationen?

Ökologische Effekte durch gentechnisch veränderte Organismen (GVO)

Organismen können sich aktiv ausbreiten, vermehren, verändern, genetisch austauschen und gegenseitig beeinflussen

GVO sind nicht rückholbar

- Wirkungen neuer Eigenschaften (z. B. Inhaltsstoffe, Toxine) auf nützliche/schädliche Organismen, Bodenleben
- Übertragung der Transgene auf andere Organismen:
 - Verwandte Pflanzen (Kreuzung/vertikaler Gentransfer)
 - Mikroorganismen (horizontaler Gentransfer)
- Ausbreitung transgener Pflanzen infolge erhöhter Wettbewerbsfähigkeit?

Direkte und indirekte Effekte auf Ökosysteme

- Auftreten unerwarteter Eigenschaften infolge von Positionseffekten* und pleiotropen Effekten**
- Effekte auf Organismen durch erwünschte (z.B. Bt-Toxine) und unerwartete Eigenschaften (z. B. Pilztoleranz bei GV-Petunien, erhöhter Ligningehalt bei Bt-Mais, verfrühtes Blühen bei GV-Bäumen)
- Zahlreiche Expositionspfade: z.B. Pollen, Samen, Früchte, Blätter, Wurzeln
- Boden als „Black Box“
- Besonders problematisch: Neue Toxine/Inhaltsstoffe/Resistenzen, verändertes Wachstums-/Fortpflanzungsverhalten
- Vervielfältigte, evtl. synergistische Wirkungen bei Transgenkombinationen

Trend: Eigenschafts-Kombinationen, z.B. Herbizid- plus Insektenresistenz

* durch Einbauorte der Transgene bedingte Effekte, ** Nebenwirkungen von Transgenen und Genprodukten

Auskreuzung von GVO

- Pollentransfer durch Wind und Insekten über große Distanzen (Bienenvolk >30 km²)
- Heimische Kulturpflanzen haben Kreuzungspartner unter Wildpflanzen (Raps, Gräser, Getreide, Zuckerrübe, Obstarten, Bäume)
- Ungewollte Transgenkombinationen: z. B. Dreifach-Herbizidresistenz in Raps (USA, Kanada)
- GVO-Kontamination von Landsorten und genetischen Ressourcen
- Biologisches Containment?

Ausbreitung von GVO

begünstigt durch Fitness-erhöhende Eigenschaften?

Besonders kritische transgene Eigenschaften:

- Resistenz gegen Schädlinge, Krankheitserreger oder Umweltstress
- verändertes Fortpflanzungs- oder Wachstumsverhalten

Kritische Arteigenschaften:

- anpassungsfähig, mehrjährig, Pflanzen/Samen winterhart, viele Samen – weit verbreitet durch Vögel, Wind, Wasser und lange lebensfähig, vegetative Vermehrung

Verbreitung:

- Tiere, Wind, Wasser, Erde sowie menschliche Aktivitäten (4 Ts - Trade, Transport, Travel and Tourism)

Erfahrung mit invasiven Arten:

- Charakteristika des aufnehmenden Ökosystems wichtig
- zeitliche Verzögerung bis zum Ausbreitungsbeginn (bei Gehölzen: Jahrzehnte bis Jahrhunderte)
- Sichere Prognose nicht möglich

Herbizidresistente (HR)-Pflanzen

- Großenteils Glyphosat-Resistenz

Glyphosat/Roundup

- behindert Mikronährstoff-Aufnahme → negative Effekte auf Ertrag und Krankheitsabwehr
- beeinflusst Bodenleben negativ
- begünstigt schädliche Fusarienpilze
- ist toxisch für Amphibien und andere Organismen (incl. Mensch?)

Artenvielfalt wird beeinträchtigt

- Weniger Wildpflanzen und Tiere in/neben HR-Flächen - im Vergleich zu konventionellem Anbau
- HR-Raps: -44% Blütenpflanzen, -24 % Schmetterlinge (Feldränder)
- HR-Zuckerrüben: Signifikant weniger Bienen und Wanzen
- Verlust von Lebensräumen → weniger Monarchfalter in USA

Negative Effekte auf die Nahrungskette

HR-Pflanzen:

Resistenzentwicklung bei Unkräutern*

- **> 21 Glyphosat-resistente Unkrautarten weltweit (USA 13)**
- **Millionen von Hektar betroffen**
- **mehr tolerante Arten in Begleitflora**
- **2 Glufosinat-resistente Unkrautarten**

Erhöhter Herbizidverbrauch

- **USA: +174 000 t von 1996-2009**
- **Argentinien: >50 x mehr Glyphosat in 8 Jahren (200 Mill. l/Saison)**
- **Einsatz von Tankmischungen**
- **3 bis 4fach erhöhte Kosten**

Transfer weiterer HR-Gene?

- **synthetische Auxine (29 resistente Unkrautarten)**
- **ALS-Inhibitoren (116 resistente Unkrautarten)**
- **ACCcase-Inhibitoren (41 resistente Unkrautarten)**

* www.weedscience.org

Insektenresistenter (IR)-Mais

(Bt-Toxin aus Bacillus thuringiensis)

- Bt-Toxin in allen Pflanzenteilen in gesamter Vegetationsperiode
- In 1000 m Entfernung Ø 28 000 Pollen/m², Spitzenwerte höher
- Nichtzielorganismen gefährdet, z.B. Schmetterlinge, Nützlinge
- Eintrag von Bt-Toxin in Böden und Wasser (Wurzelausscheidung, Pollen, Pflanzenmaterial)
- Effekte auf Organismen in Boden und Wasser (Insektenlarven?)

Insektenresistente Bt-Pflanzen

(Bt-Toxin aus Bacillus thuringiensis)

- Sekundärschädlinge bei Baumwolle und Mais
- Resistente Schädlinge (Baumwoll-Kapselwurm, Maiswurzelbohrer)
- Resistenz-Management?
- Reduzierter Insektizideinsatz?
- Trend: „stacked traits“: Herbizidresistenz + Insektenresistenz
- Effekte bei Auskreuzung auf Wildpflanzen?
- Alternativen sind vorhanden!

Effekte transgener Bäume

Transformation von Bäumen ist besonders umstritten, denn Bäume

- leben über Jahrzehnte, wenn nicht Jahrhunderte
- sind wenig domestiziert und daher durchsetzungsfähig
- besitzen Kreuzungspartner in der Natur
- sind zumeist Fremdbefruchter
- produzieren riesige Mengen an Pollen und Samen,
- verbreiten Pollen/Samen über viele Kilometer (durch Wind, Wasser, Tiere, Erde)
- bilden langlebige Samen
- zeigen teilweise vegetative Vermehrung

Gentransfer lässt sich nicht verhindern:

- Transgene gelangen in Genpool von Arten in natürlichen Ökosystemen
- Transgene Eigenschaften wirken auf viele Nichtzielorganismen - über Jahrzehnte/Jahrhunderte
- Wirkungen unter veränderten Umweltbedingungen – Klimawandel?

Erzeugung steriler Bäume?

- Bedingung: Sterilitätssysteme über Jahrzehnte/Jahrhunderte funktionsfähig
- Transgene werden jedoch häufig inaktiviert – „transgene silencing“

Koexistenz?

Gefährdung der gentechnikfreien Landwirtschaft/Produktion:

- GVO-Verunreinigung von Erntegut, Saatgut und Agrarflächen
- GVO-Eintrag über Maschinen, Transport, Verarbeitung
- Über viele Jahre Auf-/Durchwuchs aus GV-Samen (Raps, Bäume etc.)

- „Koexistenz“ in kleinräumiger Landwirtschaft nicht möglich
- Hohe Kosten für GVO-Analyse und Trennung → Verursacherprinzip?

Absatzprobleme in Märkten mit geringer Akzeptanz für GVO

Gefährdung der Imkerei: Honig mit GV-Pollen kennzeichnungspflichtig bzw. nicht verkehrsfähig, „grüne Wüsten“ → HR-Monokulturen

Diverse Fälle der Kontamination von Lebensmitteln/Saatgut

- Schadensersatz (>1 Mrd. \$ bei StarLink-Mais, LL601-Reis)

Künftige Entwicklungen?

- Neue Kombinationen von Pflanzenart und transgenen Eigenschaften
- Abschätzung von Umwelteffekten sehr schwierig – selbst bei „einfachen Eigenschaften“ wie HR und IR fehlt wissenschaftlicher Konsens
- Transgen-Kombinationen mit additiver/synergistischer Wirkung?
- Ausweitung des GVO-Anbaus auf andere Regionen/Länder?
- stresstolerante GVO auf Grenzertrags-/unbewirtschafteten Flächen?

Mögliche Folgen:

- Neue Kreuzungsmöglichkeiten mit Wildflora
- Viele Nicht-Zielorganismen betroffen
- Verstärkter Intensivierungsschub → erhöhter Biodiversitätsverlust

Breite Diskussion weltweit, besonders über transgene Bäume – aber

- kein Moratorium für Freisetzung/Anbau von GV-Bäumen (COP9, 2008)
- >250 000 kältetolerante transgene Eukalyptus-Bäume in USA?

Weltweite Diskussion

Widersprüchliche Berichte über Erträge, Pestizideinsparung, Wirtschaftlichkeit

GVO zur Hungerbekämpfung/Anpassung an Klimawandel?

- Weltagrarrat sagt „Nein“, UNCTAD fordert Abkehr von industrialisierter LW mit Monokulturen und hohen externen Inputs
- → Förderung des Bioanbaus und der konventionellen Züchtung
- Gefährdung der Biodiversität durch GVO?
- Verlust der genetischen Vielfalt der Kulturpflanzen, Landsorten?
- Sozioökonomische Effekte - z.B. Argentinien, Paraguay, Indien
- RR-Sojaboom: Abholzung von Wäldern, Vertreibung von Kleinbauern
- Nationale Gentechnik-Gesetze/Kennzeichnung oft unzureichend

Gentechnik und Normung

- EU: Monitoring von GVO vorgeschrieben (RL 2001/18/EG)
- VDI-Richtlinien 4330, Bl. 1-15 (4331-4333) zur Standardisierung des Monitoring der Wirkungen (des Anbaus) von GVO
- Ziele: Kriterien für Planung und Durchführung des Monitoring von GVO
- Beschreibung zu berücksichtigender Schutzgüter, -ziele, Prüfpunkte

Beispiel

- VDI 4330, Blätter 2-4 könnten Basis für technische Spezifikationen (TS) des Pollenmonitoring auf EU-Ebene sein → CEN
 - Blatt 2: Probenahme, Blatt 3: Technische Pollensammlung (Massefilter, Sigma-2-Sammler), Blatt 4: biologische Pollensammlung (Bienenvolk)
-