

Interdisziplinäre Arbeitsgruppe „Gentechnologiebericht“  
Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften (Hrsg.)

Interdisciplinary Research Group „Gene Technology Report“  
Berlin-Brandenburg Academy of Sciences and Humanities (Ed.)



## **GRÜNE GENTECHNOLOGIE. AKTUELLE WISSENSCHAFTLICHE, WIRTSCHAFTLICHE UND GESELLSCHAFTLICHE ENTWICKLUNGEN**

**THEMENBAND DER INTERDISZIPLINÄREN  
ARBEITSGRUPPE „GENTECHNOLOGIEBERICHT“**

**KURZFASSUNG**

## **AGRICULTURAL BIOTECHNOLOGY. CURRENT SCIENTIFIC, ECONOMIC AND SOCIETAL DEVELOPMENTS**

**SUPPLEMENT OF THE INTERDISCIPLINARY  
RESEARCH GROUP "GENE TECHNOLOGY REPORT"**

**SUMMARY**



## KURZFASSUNG DES THEMENBANDES / SUMMARY OF THE SUPPLEMENT

Bernd Müller-Röber, Mathias Boysen, Lilian Marx-Stölting und Angela Osterheider (Hrsg.)

Grüne Gentechnologie

Aktuelle wissenschaftliche, wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklungen

Themenband der interdisziplinären Arbeitsgruppe „Gentechnologiebericht“

Forum W – Wissenschaftlicher Verlag, Dornburg, 2013

**GRÜNE GENTECHNOLOGIE.  
AKTUELLE WISSENSCHAFTLICHE,  
WIRTSCHAFTLICHE UND GESELLSCHAFTLICHE  
ENTWICKLUNGEN**

**THEMENBAND DER INTERDISZIPLINÄREN  
ARBEITSGRUPPE „GENTECHNOLOGIEBERICHT“**

**KURZFASSUNG**

**AGRICULTURAL BIOTECHNOLOGY.  
CURRENT SCIENTIFIC, ECONOMIC AND SOCIETAL  
DEVELOPMENTS**

**SUPPLEMENT OF THE INTERDISCIPLINARY  
RESEARCH GROUP “GENE TECHNOLOGY REPORT”**

**SUMMARY**



Bernd Müller-Röber, Mathias Boysen, Lilian Marx-Stöltig, Angela Osterheider (Hrsg.)

# GRÜNE GENTECHNOLOGIE

## AKTUELLE WISSENSCHAFTLICHE, WIRTSCHAFTLICHE UND GESELLSCHAFTLICHE ENTWICKLUNGEN

GENTECHNOLOGIE

Themenband der Interdisziplinären Arbeitsgruppe  
Gentechnologiebericht



FORUM W

Bernd Müller-Röber, Mathias  
Boysen, Lilian Marx-Stöltig und  
Angela Osterheider (Hrsg.)

Grüne Gentechnologie.  
Aktuelle wissenschaftliche,  
wirtschaftliche und gesellschaftliche  
Entwicklungen

Themenband der  
interdisziplinären Arbeitsgruppe  
„Gentechnologiebericht“

3., völlig neubearbeitete und  
ergänzte Auflage, 2013

Forschungsberichte der  
interdisziplinären Arbeitsgruppen  
der Berlin-Brandenburgischen  
Akademie der Wissenschaften;  
Bd. 31

ISBN 978-3-940647-05-4  
Hardcover, 288 Seiten  
EUR 39,90

## Zusammenfassung

Interdisziplinäre Arbeitsgruppe  
„Gentechnologiebericht“

### **1. Kernaussagen und Handlungsempfehlungen**

Bernd Müller-Röber, Mathias Boysen, Lilian Marx-Stölting, Angela Osterheider

### **2. Einleitung und methodische Einführung**

Bernd Müller-Röber, Lilian Marx-Stölting, Jonas Krebs

### **3. Stand der Wissenschaft und der Technik**

Mathias Boysen, Gerd Spelsberg, Heike Baron

### **4. Mögliche Auswirkungen auf Gesundheit und Umwelt**

Mathias Boysen, Gerd Spelsberg, Heike Baron

### **5. Ökonomischer Nutzen der grünen Gentechnologie**

Mathias Boysen, Gerd Spelsberg, Heike Baron

### **6. Politischer Rahmen der grünen Gentechnologie in Deutschland und der EU**

Mathias Boysen, Gerd Spelsberg, Heike Baron

### **7. Ethische Bewertung der grünen Gentechnologie**

Mathias Boysen, Gerd Spelsberg, Heike Baron

### **8. Gesellschaftliche Resonanz auf die grüne Gentechnologie**

Hans Rudolf Herren, Bernd Müller-Röber, Michael Krawinkel, Helmut Born

### **9. Debattenbeiträge: Herausforderung Welternährung. Welche Pflanzenforschung brauchen wir?**

Angela Osterheider, Lilian Marx-Stölting

### **10. Daten zu ausgewählten Indikatoren**

### **11. Anhang**



Forum W – Wissenschaftlicher Verlag  
Mühlenweg 2 · 65597 Dornburg

Email: [verlag@forum-w.org](mailto:verlag@forum-w.org)

Fax: 06436 288828

[www.forum-w.org](http://www.forum-w.org)

## Inhalt der Kurzfassung

<b>Zusammenfassung</b>	5
Einleitung und methodische Einführung	6
Stand der Wissenschaft und der Technik	7
Mögliche Auswirkungen auf Gesundheit und Umwelt	9
Ökonomischer Nutzen der grünen Gentechnologie	11
Politischer Rahmen der grünen Gentechnologie in Deutschland und der EU	11
Ethische Bewertung der grünen Gentechnologie	13
Gesellschaftliche Resonanz auf die grüne Gentechnologie	13
Debattenbeiträge: Herausforderung Welternährung.	14
Daten zu ausgewählten Indikatoren	17
<b>Kernaussagen und Handlungsempfehlungen</b>	18
Technologieentwicklung und -anwendung	18
Forschungsförderung in Deutschland	19
Risikoabschätzung	19
Anbau	20
Kennzeichnung und Koexistenz	20
Patentierung	20
Ethische Bewertung	21

## Contents of the Summary

<b>Abstracts</b>	22
Introduction and Methodical Approach	23
Current Status of Science and Technology	24
Possible Impacts on Health and the Environment	26
Economic Benefits of Agricultural Biotechnology	27
Political Frameworks Surrounding Agricultural Biotechnology in Germany and the EU	28
Ethical Assessment of Agricultural Biotechnology	29
How Agricultural Biotechnology is Perceived by Society	31
Contributions to the Debate: The Challenge of Feeding the World	31
Data on Selected Indicators	33
<b>Core Statements and Recommendations for Action</b>	34
Technology Development and Application	34
Promoting Research in Germany	35
Risk Assessment	36
Cultivation	36
Labelling and Coexistence	36
Patenting Issues	37
Ethical Assessment	37

## Zusammenfassung

Kein anderer Aspekt der Gentechnologie ist in Deutschland – wie in ganz Europa – so umstritten wie die Züchtung und die Nutzung von gentechnisch veränderten Pflanzen. Der Gentechneinsatz bei Pflanzen berührt unser grundsätzliches Verständnis der Natur und unser Verhältnis zu unserer Umwelt auf grundlegende Art und Weise. So wurde der Konflikt um die grüne Gentechnologie zu einem klassischen Stellvertreterkonflikt für gesamtgesellschaftliche Richtungsdebatten, etwa über die Zukunft der Landwirtschaft, der Ernährung sowie einer gerechteren Art des Wirtschaftens. Ihre Akzeptanz bei Verbraucherinnen und Verbrauchern ist hierzulande weiterhin gering. Inzwischen findet in Deutschland auch kein Anbau gentechnisch veränderte Pflanzen mehr statt. Dennoch sind diese global gesehen auf dem Vormarsch. Außerdem entwickelt sich die grüne Gentechnik im Bereich der Forschung, Entwicklung und Anwendung rasant weiter. Dazu gehört auch die Erforschung einer Vielzahl neuer Methoden, die nicht mehr auf die Erzeugung klassischer transgener Pflanzen abzielen.

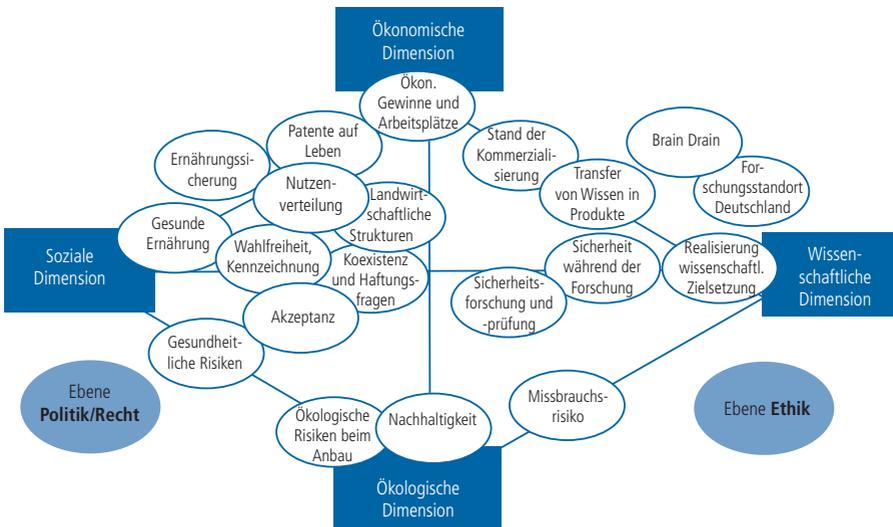
Mit der 3., völlig Neubearbeiteten und ergänzten Auflage des Themenbands „Grüne Gentechnologie“ bietet die interdisziplinäre Arbeitsgruppe „Gentechnologiebericht“ ein Monitoring im Sinne einer Übersicht über relevante neue Entwicklungen des Gebietes.

Dem Themenband vorangestellt sind die Kernaussagen und Handlungsempfehlungen, welche die interdisziplinäre Arbeitsgruppe „Gentechnologiebericht“ der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften (BBAW) gemeinsam verantwortet (Kapitel 1). Nach inhaltlicher und methodischer Einführung (Kapitel 2) wird zunächst der aktuelle Sachstand von Wissenschaft und Technik dargestellt (Kapitel 3). Hier werden neben neuen Züchtungsmethoden wichtige Hilfstechnologien und -wissenschaften sowie praktische Anwendungen und Züchtungsziele beschrieben. Im nächsten Kapitel werden sowohl mögliche Auswirkungen auf Gesundheit und Umwelt (Kapitel 4) als auch die ökonomischen Potenziale der grünen Gentechnologie (Kapitel 5) diskutiert. Fokussiert wird darüber hinaus der politische Rahmen der grünen Gentechnologie in Deutschland und der EU (Kapitel 6). Die verschiedenen Argumentationstypen, die für die ethische Bewertung der grünen Gentechnologie eine wichtige Rolle spielen, werden in Kapitel 7 vorgestellt. Die gesellschaftliche Resonanz auf die grüne Gentechnik wird ebenfalls näher beleuchtet (Kapitel 8). Einen direkten Blick auf die wissenschaftliche Kontroverse bietet das neunte Kapitel: Es dokumentiert eine Abendveranstaltung der Vereinigung Deutscher Wissenschaftler e.V. (VDW) und der interdisziplinären Arbeitsgruppe „Gentechnologiebericht“ der BBAW zum Thema „Herausforderung Welternährung. Welche Pflanzenforschung brauchen wir?“. Den Abschluss (Kapitel 10) bildet die Aktualisierung der im Gentechnologiebericht 2005 erstmalig vorgestellten und im Themenband Grüne Gentechnologie 2007 sowie im Zweiten Gentechnologiebericht 2009 fortgeschriebenen Indikatoren, die einen konzentrierten wie vertiefenden Blick auf die Entwicklung der grünen Gentechnologie in den letzten Jahren ermöglichen.

**Einleitung und methodische Einführung** (Kapitel 2; Bernd Müller-Röber, Mathias Boysen, Lilian Marx-Stölting, Angela Osterheider)

Ziel dieses Themenbandes ist ein aktuelles Monitoring der grünen Gentechnologie. Als Grundlage nutzt die interdisziplinäre Arbeitsgruppe „Gentechnologiebericht“ dabei den sozialwissenschaftlich-motivierten Ansatz einer Problemfeld- und Indikatoren-Analyse. In einem ersten Schritt wird die Komplexität der Debatten in verschiedene Problemfelder strukturiert (Abbildung 1). Hinter diesen Problemfeldern stehen Themenkomplexe, die im Bereich der grünen Gentechnologie eine wichtige Rolle spielen und die in Deutschland öffentlich diskutiert werden. In einem zweiten Schritt werden diesen Problemfeldern Indikatoren zugeordnet. Dabei handelt es sich um empirisch ermittelbare Größen, die als zentrales Instrument der Analyse inhaltlich mit einem Problemfeld verknüpft sind und zu dessen objektiver Beschreibung herangezogen werden können. Auf diese Weise werden verschiedene Aspekte eines Problemfeldes mit messbaren Daten belegt. Durch die langfristige Dokumentation lässt sich so Auskunft über die Entwicklung des Feldes geben. Damit leistet der Themenband einen Beitrag zur objektiven und kontinuierlichen Beobachtung der Entwicklung der Gentechnologie in Deutschland. Allerdings lassen sich nicht zu allen Problemfeldern passende Indikatoren erstellen oder konkrete Daten finden. In solchen Fällen wird auf die qualitative Beschreibung des Problemfeldes im Themenband zurückgegriffen.

**Abbildung 1: Problemfelder zur grünen Gentechnologie im Spannungsfeld der Leitdimensionen**



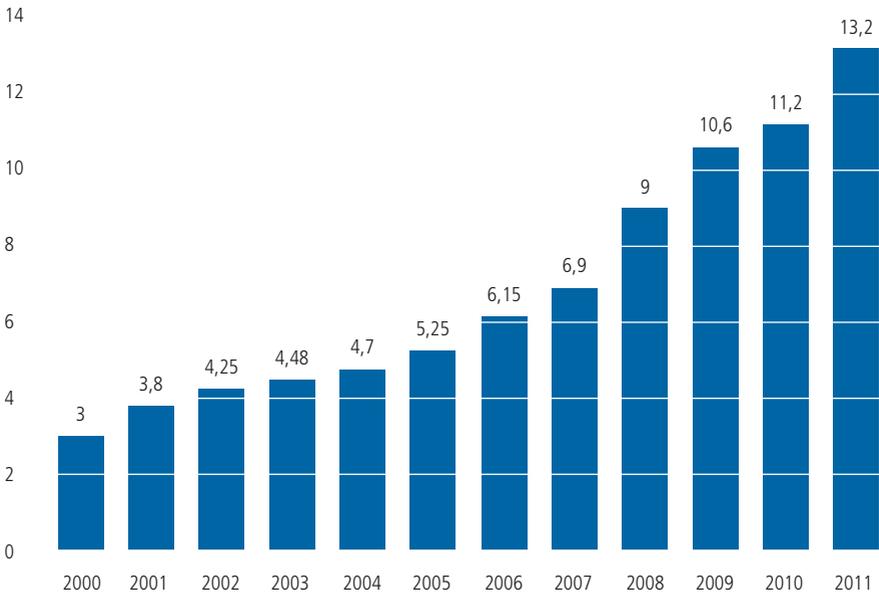
► Quelle: Müller-Röber, B. et al. (2013): Einleitung und methodische Einführung. In: Müller-Röber, B. et al. (Hrsg.) (2013): Grüne Gentechnologie. Aktuelle wissenschaftliche, wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklungen. Dornburg:36.

Für die Diskussion um die grüne Gentechnologie sind viele übergeordnete Themen relevant. Dazu gehören etwa Fragen nach der Art und Weise, wie wir in Deutschland Landwirtschaft betreiben, Lebensmittel herstellen, uns ernähren oder wie international mehr Gerechtigkeit oder eine andere Art des Wirtschaftens erreicht werden könnten. Daher sind für die Auseinandersetzung mit der grünen Gentechnologie sowohl der technische als auch der problemorientierte Themenzugang gleichermaßen relevant. Da jedoch das Monitoring der Gentechnologie zentrale Aufgabe der Berichtsarbeit der interdisziplinären Arbeitsgruppe „Gentechnologiebericht“ ist, liegt der Fokus dieses Themenbandes explizit auf der Darstellung und Diskussion der grünen Gentechnologie selbst.

**Stand der Wissenschaft und der Technik** (Kapitel 3; Bernd Müller-Röber, Lilian Marx-Stölting, Jonas Krebs)

Betrachtet man den aktuellen Stand der technologischen Entwicklung der grünen Gentechnik und ihrer Anwendungen, fällt die große Bandbreite neuer Entwicklungen auf. Bislang lassen sich die erheblichen Fortschritte in der Forschung jedoch nicht in gleichem Maße auch für die praktische Anwendung bis zur Marktreife von Produkten beobachten, da Entwicklungsprozesse einerseits sowie Zulass-

**Abbildung 2: Umsatz gentechnisch veränderten Saatguts weltweit**



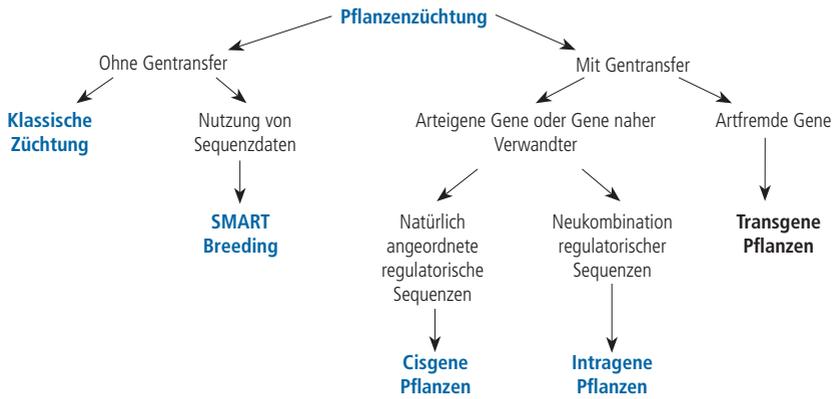
► Angabe in Mrd. US\$. ► Unterschiede zu früheren Veröffentlichungen trotz gleicher Datenquelle wegen statistischer Änderungen möglich.  
 ► Quelle: Osterheider, A./Marx-Stölting, L. (2013): Daten zu ausgewählten Indikatoren. In: Müller-Röber, B. et al. (Hrsg.) (2013): Grüne Gentechnologie. Aktuelle wissenschaftliche, wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklungen. Dornburg:201.

sungen andererseits sehr lange dauern. Global beherrschen noch immer klassische transgene Pflanzen (bei denen artfremde DNA ins Pflanzengenom integriert wurde) mit Herbizidtoleranz und Insektenresistenz den Anbau, der weltweit weiter zugenommen hat (Abbildung 2). Auch der Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen (gv-Pflanzen) mit mehreren veränderten Merkmalen („stacked traits“, oft Herbizidtoleranz und Insektenresistenz) nimmt zu.

Die Erkenntnisse und neuen Methoden der Gentechnik werden jedoch bereits seit langem intensiv in Forschung und Pflanzenzüchtung genutzt. Die prominentesten Beispiele, anhand derer die dynamische Entwicklung der grünen Gentechnologie veranschaulicht werden kann, werden von den Autorinnen und Autoren in diesem Kapitel vorgestellt.

Hierzu gehören beispielsweise sogenannte cisgene Pflanzen, bei denen zwar die gleichen Methoden wie zur Erzeugung transgener Pflanzen verwendet werden, hierfür aber nur arteigenes genetisches Material (oder das von kreuzbaren nahen Verwandten) benutzt wird (Abbildung 3). Beim auch als „Präzisionszüchtung“ bezeichnetem SMART Breeding (Selection with Markers and Advanced Reproductive Technologies) wird die Anwesenheit erwünschter Genvarianten mit molekularbiologischen Methoden getestet. So können Pflanzen für die Weiterzüchtung ausgewählt und der Züchtungsprozess beschleunigt werden, ohne dass die so gezüchteten Pflanzen selbst gentechnisch verändert werden. Beim TILLING (Targeting Induced Local Lesions In Genomes) werden durch bestimmte Reize Mutationen in arteigenen Genen ausgelöst. Dann werden in einem mehrstufigen Verfahren und verschiedenen genetischen Screenings Pflanzen mit erwünschten Merkmalen für die weitere Züchtung ausgewählt.

**Abbildung 3: Methoden der Pflanzenzüchtung mit und ohne Gentransfer**



► SMART Breeding, Cisgenetik und Intragenetik ergänzen das Spektrum molekulargenetischer Verfahren in der Pflanzenzucht. ► Quelle: Müller-Röber, B. et al. (2013): Stand der Wissenschaft und Technik. In: Müller-Röber, B. et al. (Hrsg.) (2013): Grüne Gentechnologie. Aktuelle wissenschaftliche, wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklungen. Dornburg:43.

Vorgestellt werden in diesem Kapitel aber auch Fortschritte im Bereich der Veränderung des Genoms von Plastiden, beispielsweise Chloroplasten (Plastidentransformation), die Auslösung von Mutationen durch Oligonukleotide (Chimeraplastentechnologie), die Kombination mehrerer Merkmale („trait stacking“), die Nutzung niedermolekularer Moleküle für die Aufklärung der Funktion von Proteinen und Signaltransduktionswegen („chemical genetics“) sowie die Nutzung kleiner RNAs zur sequenzspezifischen Genstilllegung (RNA-Interferenz oder Mikro-RNAs).

Die bedeutenden Fortschritte der Pflanzenbiotechnologie wurden erst durch die Entwicklung verschiedener Hilfstechnologien und -wissenschaften ermöglicht. Insbesondere die Sequenzierung von Pflanzengenomen durch neue Sequenzierverfahren („next generation sequencing“) ermöglichten die kostengünstige und schnelle DNA-Entschlüsselung sowie genomweite Screenings, also die systematische Untersuchung des gesamten Genoms im Hinblick auf bestimmte Fragestellungen. Ein weiteres Beispiel sind die Entwicklung und Nutzung neuer selektierbarer Marker für die Pflanzenzüchtung. Solche Marker sind notwendig, um nach der DNA-Übertragung diejenigen Pflanzen zu identifizieren, bei denen das genetische Konstrukt erfolgreich ins Genom eingebaut wurde (Selektion). Dabei kommt der Entwicklung markerfreier transgener Pflanzen, bei denen die selektierbaren Marker nachträglich wieder entfernt wurden, eine wachsende Bedeutung zu. Wichtig sind darüber hinaus aber auch die umfassende Untersuchung von Stoffwechselprodukten und Proteinen („metabolomics“ und „proteomics“) von Pflanzen, neue Detektionsmethoden für genetisch modifizierte Organismen, die Nutzung umfassender Datenbanken sowie die Forschungsbereiche Systembiologie und Epigenetik.

Zu den praktischen Anwendungen und Züchtungszielen der grünen Gentechnologie gehören Pflanzen für die Biomasseproduktion oder die Produktion pharmakologisch wirksamer Stoffe, Pflanzen mit den Eigenschaften Stresstoleranz und Schädlingsresistenz, die Anreicherung von Pflanzen mit Nährstoffen (Biofortifizierung) sowie die systematische Erfassung phänotypischer Merkmale von Pflanzen (Phänotypisierung).

Die Vielfalt der neuen Methoden und ihre bisherigen Erfolge deuten auf eine auch in den kommenden Jahren zunehmende Bedeutung gentechnologischer Verfahren für die Pflanzenzüchtung hin. Ob die neuen Ziele und Wege aber auch in Deutschland zu einer besseren Verbraucherakzeptanz führen werden, bleibt offen.

## **Mögliche Auswirkungen auf Gesundheit und Umwelt** (Kapitel 4; Mathias Boysen, Gerd Spelsberg, Heike Baron)

Generell benötigen alle gv-Pflanzen in der EU eine Zulassung, wenn sie als Lebens- und Futtermittel genutzt werden sollen. Für die dabei vorgeschriebene Sicherheitsbewertung ist die European Food Safety Authority (EFSA) zuständig. Diese wird von Kritikerinnen und Kritikern als industrienah kritisiert, ohne jedoch der Wissenschaftlichkeit der Expertisen eine konkrete Fehlerhaftigkeit nachzuweisen. Die Abschätzung möglicher gesundheitlicher Gefahren erfolgt durch vergleichende Analysen zwischen der gv-Pflanze und der unveränderten Ausgangspflanze (Prinzip der substanziellen Äquivalenz). Mögliche Allergene oder toxische Wirkungen werden ebenso untersucht wie die pflanzenpezifische Nährstoffzusammensetzung. Obwohl die Möglichkeit der Verbreitung von Antibiotikaresistenz-

genen durch horizontalen Gentransfer als niedrig eingestuft wird, werden in kommerziellen Sorten nur Resistenzen gegen Antibiotika von geringer Relevanz für die Medizin als Marker zugelassen. Außerdem können Markergene, wie etwa solche für Antibiotikaresistenzen, inzwischen nach erfolgreicher Transformation wieder entfernt werden.

Die wissenschaftliche Auswertung zahlreicher Fütterungsstudien mit gentechnisch veränderten Nutzpflanzen konnte bislang keine negativen Effekte belegen. Anderslautende Studien wurden innerhalb der wissenschaftlichen Community aus methodischen Gründen heftig kritisiert, in der Öffentlichkeit aber dennoch rezipiert und als Beweis für negative gesundheitliche Effekte wahrgenommen.

Ökologische Effekte lassen sich aufgrund ihrer Komplexität nur schwer und nicht vollständig abschätzen. Dies ist ein grundsätzliches Problem technischer Innovationen im Freiland und nicht nur bei der Gentechnik so. Zu bedenken sind im Kontext der Gentechnik insbesondere die Probleme der unbeabsichtigten Verbreitung transgener Pflanzen, also Auswilderung und Auskreuzung, mögliche negative Auswirkungen auf Nicht-Zielorganismen und die Artenvielfalt sowie das Auftreten resistenter Unkräuter und Schädlinge. Die Verwilderung von Nutzpflanzen gilt jedoch in den meisten Fällen als unwahrscheinlich, da die angebauten Sorten spezifisch für die Bedingungen der Agraranbausysteme gezüchtet wurden, die außerhalb dieser Systeme nicht gegeben sind. Auch die Auskreuzung stellt bislang in Europa und den USA kein vordringliches Problem dar, da sich der Anbau auf Mais beschränkt, der hier keine wilden Verwandten hat. In den Ländern Mittelamerikas ist das Auskreuzen jedoch ein großes Problem, da dies die Herkunftsregion von Mais ist und es dort kreuzbare Wildformen gibt. Mögliche negative Wirkungen auf Nicht-Zielorganismen und die Artenvielfalt werden hauptsächlich bei Bt-Pflanzen befürchtet. In die Schlagzeilen gerieten besonders vermutete Auswirkungen auf Schmetterlinge oder Bienen sowie mögliche Änderungen in der Zusammensetzung eines Ökosystems, etwa infolge des Wegfalls eines Schädlings oder Unkrauts. Derartige Sicherheitsbedenken führten in Deutschland 2009 zum Verbot der transgenen Bt-Maissorte MON 810. Das Auftreten resistenter Unkräuter und Schädlinge stellt eines der größten Probleme des bisherigen Anbaus von gv-Pflanzen dar. Es gibt jedoch verschiedene Strategien des Resistenzmanagements, um dies nach Möglichkeit zu verhindern, herauszuzögern oder angemessen damit umzugehen. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler fordern immer wieder, zur Schädlings- und Unkrautbekämpfung nach dem Prinzip des integrierten Pflanzenschutzes vorzugehen und verschiedene Methoden zu kombinieren: Fruchtfolgen, biologische Schädlingbekämpfung und – als eine Maßnahme unter mehreren – auch insekten- oder herbizidresistente Nutzpflanzen.

Für die Bewertung von gv-Pflanzen und ihrem konkreten Gefährdungspotenzial sind Einzelfallprüfungen von zentraler Bedeutung. Pauschalurteile werden der Komplexität der Landwirtschaft, den verschiedenen Methoden sowie der Vielfalt der Einsatzmöglichkeiten der grünen Gentechnik nicht gerecht. Die ökologische Bewertung einer gv-Sorte hängt nicht nur vom transgenen Merkmal und der Pflanzenart, sondern auch von der Anbauregion und der landwirtschaftlichen Praxis ab.

## Ökonomischer Nutzen der grünen Gentechnologie (Kapitel 5; Mathias Boysen, Gerd Spelsberg, Heike Baron)

In der Debatte über die grüne Gentechnologie gehört ihr ökonomischer Nutzen zu den zentralen Fragen, wobei die Bewertung bei Befürwortern und Kritikern sehr unterschiedlich ausfällt. Mathias Boysen, Gerd Spelsberg und Heike Baron bieten eine Übersicht über verschiedene ökonomische Aspekte und nehmen insbesondere die USA, Europa und Deutschland, als Regionen mit einer stark technologisierten Agrarproduktion, sowie Indien, als Schwellenland mit einer zumeist traditionellen Landbewirtschaftung, in den Blick.

Der weltweite Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen steigt seit Jahren an und dient als zentrale Argumentation für deren wirtschaftlichen Erfolg. Dabei haben sich aber nicht alle gv-Pflanzen auf dem Markt durchsetzen können und nur wenige Nutzpflanzenarten haben einen signifikanten Flächenanteil, hauptsächlich Soja, Raps, Mais und Baumwolle. Kommerziell angebaut werden fast ausschließlich Pflanzen mit Herbizidtoleranz, Insektenresistenz oder einer Kombination beider Merkmale („stacked traits“). Sowohl der Anstieg der Anbaufläche transgener Nutzpflanzen als auch verschiedene Studien deuten darauf hin, dass mithilfe der Gentechnik entwickelte Sorten ökonomische Vorteile für Landwirtinnen und Landwirte bieten, und dies auch in Entwicklungsländern. Die Abschätzung der ökonomischen Vorteile ist jedoch schwierig, da Phänomene wie das Auftreten von Resistenzen bei Unkräutern oder Schädlingen und Maßnahmen zu deren Management in die Berechnung einbezogen werden müssen. Für den deutschen Kontext müssen auch Kosten zur Einhaltung der Koexistenz und möglicherweise Schadenersatz einkalkuliert werden, sodass die Situation für Landwirtinnen und Landwirte grundsätzlich anders ist als etwa in den USA. Auch Kosten der Markttrennung sind zu berücksichtigen.

In der EU sind im Herbst 2012 nur drei gv-Pflanzen für den Anbau zugelassen, von denen nur eine – der insektenresistente Mais MON 810 – tatsächlich in einigen Mitgliedsstaaten, insbesondere Spanien, angebaut wird. Für den internationalen Handel problematisch ist die asynchrone Zulassung von gv-Pflanzen in den USA und Europa, die für den Import von Futtermitteln eine besondere Rolle spielt. In den USA werden deutlich mehr gv-Pflanzenlinien (Events) angebaut als in Europa als Lebens- und Futtermittel zugelassen sind. Chargen, die in der EU nicht zugelassene gentechnisch veränderte Organismen (GVO) enthalten, sind hier nicht verkehrsfähig, was zu einer Verknappung der Futtermittel und damit zu deutlichen Preissteigerungen für die Tierhaltung in der EU führen könnte.

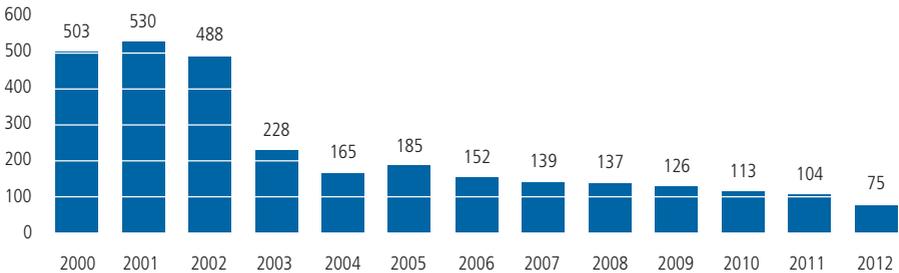
## Politischer Rahmen der grünen Gentechnologie in Deutschland und der EU (Kapitel 6; Mathias Boysen, Gerd Spelsberg, Heike Baron)

Gegenstand dieses Kapitels sind die rechtlichen und politischen Rahmenbedingungen in Deutschland und der EU. In der EU ist jede absichtliche Freisetzung eines gentechnisch veränderten Organismus in die Umwelt genehmigungspflichtig (EU-Freisetzungsrichtlinie 2001/18/EG). Dies betrifft sowohl Freisetzungsversuche als auch die kommerzielle Nutzung.

Jede Freisetzung wird fallweise („case by case“) geprüft und in der Regel nur mit bestimmten Auflagen genehmigt, die schrittweise („step by step“) gelockert werden. Die Öffentlichkeit muss über

alle Freisetzungsvorhaben informiert werden. Die Zahl der Freisetzungsversuche mit gv-Pflanzen ist in Deutschland und der EU seit mehreren Jahren rückläufig (Abbildung 4).

**Abbildung 4: Anzahl der Freisetzungsversuche**



► Unterschiede zu früheren Veröffentlichungen trotz gleicher Datenquelle wegen statistischer Änderungen unter anderem aufgrund von nachgemeldeten Standorten möglich. ► Es werden die Standorte erfasst und nicht die genehmigten Versuche. Deren Durchführung kann an mehreren Standorten erfolgen. ► Quelle: Osterheider, A./Marx-Stölting, L. (2013): Daten zu ausgewählten Indikatoren. In: Müller-Röber, B. et al. (Hrsg.) (2013): Grüne Gentechnologie. Aktuelle wissenschaftliche, wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklungen. Dornburg:198.

Bei der Zulassung für eine kommerzielle Nutzung (Inverkehrbringen) wird nach verschiedenen Anwendungszielen unterschieden (EU-Verordnung 1829/2003): Zulassung für den Anbau in der EU, Zulassung als vermehrungsfähiger GVO, Zulassung als (nicht vermehrungsfähiges) Lebens- und Futtermittel, welches aus einem GVO hergestellt ist. Zulassungsfähig sind GVO oder GVO-Produkte nur, wenn sie nach dem derzeitigen Stand des Wissens genauso sicher sind wie ein konventionelles Vergleichsprodukt. Zulassungen zum Inverkehrbringen sind in der EU grundsätzlich auf zehn Jahre begrenzt, können jedoch erneuert werden.

Darüber hinaus gibt es Regeln für die Nutzung zugelassener gv-Pflanzen, Lebens- und Futtermittel. Diese betreffen Wahlfreiheit und Schwellenwerte, die Kennzeichnung von gentechnisch veränderten Lebensmitteln (Kennzeichnungspflicht), die Kennzeichnung „ohne Gentechnik“ (Positivkennzeichnung), die Kennzeichnung von Saatgut sowie die Ermöglichung der Koexistenz verschiedener landwirtschaftlicher Systeme durch Schwellenwerte, Mindestabstände und Haftungsregelungen.

Der Grundsatz der Wahlfreiheit gilt als politisch allgemein akzeptiert und ist auch im Recht verankert: Unabhängig von Sicherheitsaspekten sollen Konsumentinnen und Konsumenten, aber auch Landwirtinnen und Landwirte sowie Lebensmittelherstellerinnen und -hersteller zwischen Produkten mit und ohne Gentechnik wählen können. Unterschiedliche landwirtschaftliche Systeme mit und ohne Gentechnik sollen dauerhaft nebeneinander bestehen, was nur durch eine strikte Trennung der Systeme über die gesamte Warenkette vom Saatgut bis zum Endprodukt sowie eine Kennzeichnung möglich ist. Als gentechnisch veränderte Lebensmittel werden Lebensmittel bezeichnet, die aus gentechnisch veränderten Pflanzen, Tieren oder Mikroorganismen bestehen, diese enthalten oder aus diesen hergestellt sind.

## **Ethische Bewertung der grünen Gentechnologie** (Kapitel 7; Mathias Boysen, Gerd Spelsberg, Heike Baron)

Der Einsatz der Gentechnologie bei Pflanzen wirft – wie andere Techniken auch – verschiedene ethische Fragen auf, die sehr unterschiedliche Bereichsethiken berühren, etwa die Natur- oder Ökoethik, die Wissenschaftsethik, die Technikethik, die Sozial- und Gesellschaftsethik oder die Wirtschaftsethik. Verschiedene Argumentationsstränge bilden dabei ein komplexes Geflecht. Dabei sind vier Argumentationstypen ethischer Bewertung in der Auseinandersetzung um die Gentechnik besonders wichtig und werden hier von den Autoren auf den Kontext der grünen Gentechnik übertragen. Dabei stehen deontologische und teleologische Argumentationsformen, Menschenwürde und Würde der Kreatur, biokonservative und biolibérale Grundhaltungen sowie die Abgrenzung von natürlich versus künstlich einander gegenüber. Die Analyse zeigt, dass sich spezifische Grundhaltungen von Individuen direkt auf die individuelle Bewertung von Einzelfragen zur grünen Gentechnik auswirken. Außerdem wird in Debatten über die grüne Gentechnik der jeweiligen Gegenseite häufig eine „Anti-Moral“ unterstellt. Befürworterinnen und Befürworter unterstellen der gegnerischen Seite, sie seien gegen die Möglichkeiten zur Beseitigung von Mangelernährung, gegen wirtschaftlichen Wohlstand, gegen Aufklärung und Fortschritt. Andersherum unterstellen die Gegnerinnen und Gegner der befürwortenden Fraktion, sie strebten die schrankenlose Verfügbarkeit über die Natur an, seien von Profitdenken geleitet und würden potenzielle Risiken der Technologie negieren. Die jeweils andere Position wird verzerrt oder überhaupt nicht wahrgenommen. Eine angemessene Auseinandersetzung mit der grünen Gentechnologie sollte die Anerkennung gleichzeitig möglicher und wertvoller, wenn auch verschiedener ethischer Bewertungen zulassen und die Reichweite der angewandten ethischen Prinzipien für konkrete Anwendungen klären.

## **Gesellschaftliche Resonanz auf die grüne Gentechnik** (Kapitel 8; Mathias Boysen, Gerd Spelsberg, Heike Baron)

Die grüne Gentechnik stößt in der Bevölkerung immer noch auf große Ablehnung. Die von zahlreichen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern vertretene Auffassung, dass ihr Einsatz unter bestimmten Bedingungen sinnvoll sein kann, steht unter Rechtfertigungsdruck. Studien, die mögliche Gefahren und negative Folgen beschreiben, werden in der Öffentlichkeit sehr viel stärker rezipiert als solche, die gentechnisch veränderten Pflanzen Unbedenklichkeit für Gesundheit und Umwelt attestieren. Dabei stellen diese negativen Berichte oft Minderheitenpositionen innerhalb des wissenschaftlichen Diskurses dar. Die zahlreichen Studien, die gv-Pflanzen Unbedenklichkeit für Gesundheit und Umwelt bescheinigen, stehen häufig unter dem Generalverdacht, im Interesse der Industrie erstellt worden zu sein. Die große Bereitschaft, selektiv negativen Berichten zu glauben, lässt sich möglicherweise dadurch erklären, dass die grüne Gentechnik in Europa zum Symbol negativer Aspekte der modernen, industrialisierten Landwirtschaft geworden ist und sie als ein weiterer Schritt in eine insgesamt als falsch empfundene Richtung gesehen wird. Die starren Fronten in der Diskussion um die grüne Gentechnik verhindern eine ergebnisoffene und produktive Debatte darüber, wie im globalen Maßstab

genügend Lebensmittel umweltverträglich und gerecht produziert werden können und welche Rolle technologische Ansätze dabei spielen sollten.

**Tabelle 1: „Gentechnikfreie“ Regionen**

	2004	Anteil	2005	Anteil	2006	Anteil
„Gentechnikfreie“ Regionen	50		53		63	
Mitunterzeichnende Betriebe	11.600 (gesamt 2003: 420.697)	2,8%	11.000 (gesamt 2005: 396.581)	2,8%	20.357 (gesamt 2005: 396.581)	5,1%
Fläche (ha)	430.000 (gesamt 2003: 17.007.968)	2,5%	451.000 (gesamt 2005: 17.023.959)	2,6%	697.478 (gesamt 2005: 17.023.959)	4,1%
	2007	Anteil	2008	Anteil	2009	Anteil
„Gentechnikfreie“ Regionen	98		105		109	
Mitunterzeichnende Betriebe	20.949 (gesamt 2005: 396.581)	5,3 %	22.265 (gesamt 2007: 374.514)	5,9 %	22.867 (gesamt 2007: 374.514)	6,1%
Fläche (ha)	725.003 (gesamt 2006: 16.951.000)	4,3%	772.281 (gesamt 2007: 16.954.329)	4,6%	789.708 (gesamt 2009: 16.889.600)	4,7%
	2010	Anteil	2011	Anteil		
„Gentechnikfreie“ Regionen	111		118			
Mitunterzeichnende Betriebe	22.989 (gesamt 2010: 299.100)	7,7%	23.480 (gesamt 2011: 293.900)	8%		
Fläche (ha)	790.877 (gesamt 2010: 16.721.300)	4,7%	826.490 (gesamt 2012: 16.684.100)	5%		

► Unterschiede zu früheren Veröffentlichungen trotz gleicher Datenquelle wegen statistischer Änderungen möglich. ► Quelle: Osterheider, A./Marx-Stölting, L. (2013): Daten zu ausgewählten Indikatoren. In: Müller-Röber, B. et al. (Hrsg.) (2013): Grüne Gentechnologie. Aktuelle wissenschaftliche, wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklungen. Dornburg:234.

## Debattenbeiträge: Herausforderung Welternährung. Welche Pflanzenforschung

**brauchen wir?** (Kapitel 9; Hans Rudolf Herren, Bernd Müller-Röber, Michael Krawinkel, Helmut Born)

Einen direkten Blick auf die wissenschaftliche Kontroverse bietet die Dokumentation einer Abendveranstaltung der Vereinigung Deutscher Wissenschaftler e.V. (VDW) und der interdisziplinären „Gentechnologiebericht“ der BBAW vom 08.07.2010 zum Thema „Herausforderung Welternährung. Welche Pflanzenforschung brauchen wir?“. Mit dem Thema Welternährung diskutieren die vier Beiträge von Hans Rudolf Herren, Bernd Müller-Röber, Michael Krawinkel sowie Helmut Born ein zentrales

Thema der Weltpolitik sowie eine wichtige Zielvorstellung der grünen Gentechnologie. Sie thematisieren vor diesem Hintergrund die Frage nach den Möglichkeiten und Grenzen der molekularen Pflanzenforschung, die sowohl Befürworterinnen und Befürworter als auch Gegnerinnen und Gegner der Gentechnik beschäftigt. Inhaltlich nähern sich die vier Beiträge dem Thema Welternährung aus unterschiedlichen Perspektiven. Besonders kontrovers diskutiert wird hierbei der Beitrag, den der Einsatz der Gentechnik in der Pflanzenzüchtung leisten kann.

**Tabelle 2: Flächenanteil gentechnisch veränderter Pflanzen an der weltweiten Anbaufläche**

Weltanbauflächen (gesamt und % GVP)	2000		2001		2002		2003		2004		2005	
	Mio ha.	%GVP										
Baumwolle	34	16%	34	20%	34	20%	34	21%	32	28%	35	28%
Kartoffel	20	–	19,6	–	19,1	–	18,9	–	19,1	–	18,6	–
Mais	140	7%	140	7%	140	9%	140	11%	143	14%	147	14%
Raps	25	11%	25	11%	25	12%	22	16%	23	19%	26	18%
Reis	154,1	–	151,7	–	147,6	–	152,2	–	153,3	–	154	–
Soja	72	36%	72	46%	72	51%	76	55%	86	56%	91	60%
Weizen	215,4	–	214,6	–	213,8	–	208,5	–	217,6	–	217	–

Weltanbauflächen (gesamt und % GVP)	2006		2007		2008		2009		2010	
	Mio ha.	%GVP	Mio ha.	% GVP						
Baumwolle	35,2	38%	33,8	44%	31	50%	30	54%	32	66%
Kartoffel	18,8	–	19,3	–	18,2	–	18,6	–	18,7	–
Mais	144,4	17%	157	22%	161,1	23%	159	26%	161,1	29%
Raps	28	17%	30,2	18%	30,6	19%	31,6	20%	31,6	22%
Reis	154,3	–	157	–	159,9	–	159	–	159,4	–
Soja	93	63%	95	60%	96,4	68%	99,3	70%	102,6	71%
Weizen	216	–	217,4	–	222,8	–	225	–	217,2	–

GVP = Gentechnisch veränderte Pflanzen. ▶ Angaben Gesamt: FAO; Angaben für GVP: ISAAA. ▶ Aufgrund der Datenquelle ist nur eine zahlenmäßige Erhebung bis 2010 möglich. ▶ Quelle: Osterheider, A./Marx-Stölting, L. (2013): Daten zu ausgewählten Indikatoren. In: Müller-Röber, B. et al. (Hrsg.) (2013): Grüne Gentechnologie. Aktuelle wissenschaftliche, wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklungen. Dornburg:203.

Hans Rudolf Herren stellt die Ergebnisse des Weltagrarberichtes vor, den ein Gremium aus 400 Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen zur Beantwortung der Zukunftsfragen der Landwirtschaft verfasst hat. Demnach wird ein massiver Wandel der landwirtschaftlichen Produktion unausweichlich sein. Das Gremium hat sieben zentrale Punkte auf dem Weg zu mehr Nachhaltigkeit und Zukunftsfähigkeit der Landwirtschaft vorgestellt: 1) die Unterstützung von Familienbetrieben, 2) ein verbesserter Zugang zu Produktionskapital, 3) eine Verbesserung des Marktzugangs sowie der Infrastrukturen und Institutionen, 4) Energie- und Wassereffizienz, 5) eine Analyse aller Sektoren in Bezug auf die Biotechnologie, 6) die Förderung verantwortungsvoller Regierungen und des Fairen Handels sowie 7) Investitionen in langfristige Lösungen. Bei der Umsetzung muss aber der Vielfalt der Agrarsysteme in den fünf Weltregionen sowie der Größe und Produktionssystemen der Betriebe Rechnung getragen werden.

Nach Bernd Müller-Röber bietet die moderne Pflanzenzüchtung eine Bandbreite an Technologien, um auch in Zukunft Sorten zu züchten, die den Anforderungen einer intensivierten Pflanzenproduktion genügen. Welche Technologie in der Züchtung zum Einsatz kommt, sollte dabei von Fall zu Fall entschieden werden. Als Pflanzenmolekularbiologe stellt er in seinem Beitrag dar, welche Funktion diese Forschungsrichtung in Bezug auf den Erkenntnisgewinn über Pflanzen und für die Anwendung in der Pflanzenzüchtung erfüllt. Die züchterische Anpassung von Pflanzen an immer wieder veränderte Umwelten hält er dabei für essenziell. Er plädiert dafür, das umfangreiche Methodenspektrum der modernen Pflanzenzüchtung – nach sinnvoller Einzelfallprüfung – auch zu nutzen.

Michael Krawinkel unterstreicht die Vielseitigkeit der Ursachen für Unterernährung. Aus seiner Sicht ist der Mangel an Nahrungsmitteln lokal und regional – und so müssen auch die Strategien zur Überwindung angelegt sein. Eine reine Steigerung der globalen Produktion reicht nicht. Er kontrastiert technologische und soziale Lösungen, wobei er letzteren ein besonderes Gewicht zuschreibt, obwohl er das Potenzial der Pflanzenforschung durchaus anerkennt. Für eine erfolgreiche und gesunde Ernährungssicherung muss daher neben den Nahrungsmitteln auf Bildung und Gesundheit gesetzt werden.

Im Beitrag von Helmut Born werden zunächst der BioÖkonomieRat und seine Arbeit eingeführt. Es wird prognostiziert, dass sich die Bioökonomie langfristig zu einer tragenden Säule moderner Volkswirtschaften entwickeln könnte. Ziel ist dabei die Sicherstellung der Lebensgrundlagen angesichts der Ressourcenknappheit, inklusive der Erzeugung von Nahrung, Energie sowie biobasierten Roh- und Wirkstoffen. Die Biotechnologie wird dabei als einer von mehreren Bestandteilen gesehen. Darüber hinaus unterstreicht Born die Wichtigkeit der grünen Gentechnik für die Forschung. Laut Helmut Born dürfen vorhandene Forschungskapazitäten in Deutschland nicht ungenutzt bleiben. Innovative, auch systemische Ansätze in der Forschung müssen über den Bereich Pflanze hinaus größere Kreisläufe berücksichtigen.

## Daten zu ausgewählten Indikatoren (Kapitel 10; Angela Osterheider, Lilian Marx-Stöltjng)

Zielsetzung des Gentechnologieberichts und seiner Themenbände ist es, die Entwicklungen auf dem Gebiet der Gentechnologie langfristig, indikatorenbasiert und interdisziplinär zu betrachten. Ein Werkzeug hierzu ist die Ermittlung von Problemfeldern und deren Ausleuchtung mithilfe von Indikatoren. Diese werden anhand standardisierter Datenblätter dargestellt. Eine Vielzahl der in diesem Kapitel aufgeführten Datenreihen sind Fortschreibungen der seit dem Ersten Gentechnologiebericht veröffentlichten Zahlen. Es steht jedoch nicht für alle aufgeführten Problemfelder und Indikatoren in diesem Themenband zur grünen Gentechnologie ausreichend Datenmaterial zur Verfügung beziehungsweise ist öffentlich einsehbar. Einschlägige Daten und darauf basierende Indikatoren liegen für diesen Themenband insbesondere zu den Problemfeldern *Akzeptanz, Forschungs- und Wissenschaftsstandort Deutschland, Stand der Kommerzialisierung sowie Realisierung wissenschaftlicher Zielsetzungen* vor. Da viele Problemfelder eng miteinander verzahnt sind, können jedoch einzelne Indikatoren zur Beschreibung mehrerer Problemfelder eingesetzt werden. Abschließend ergibt sich in der Zusammenschau folgendes aktuelles Bild auf dem Gebiet der grünen Gentechnologie:

- ▶ Die Anzahl der Freisetzungversuche und der Freisetzungsorte ist in Deutschland im Berichtszeitraum seit einigen Jahren stetig gesunken.
- ▶ Gv-Sorten hatten, solange der Anbau in Deutschland stattgefunden hat, einen nur sehr geringen Anteil an der landwirtschaftlichen Nutzfläche in Deutschland (zwischen 0,98 % und <0,1 %). Eine anteilmäßige Veränderung der Anbauflächen einzelner Arten durch den Anbau gentechnisch veränderter Sorten findet daher nicht statt.
- ▶ Weltweit gesehen steigt der Umsatz gentechnisch veränderten Saatgutes im selben Zeitraum deutlich an. Auch der Flächenanteil gentechnisch veränderter Pflanzen an der weltweit verfügbaren Anbaufläche ist angestiegen. Ein Zuwachs ist sowohl bei Baumwolle, Mais, Raps als auch bei Soja zu verzeichnen.
- ▶ In der EU sind derzeit nur sehr wenige Traits für den Anbau zugelassen.
- ▶ Die Anzahl der Patentanmeldungen unter deutscher Beteiligung ist nach unseren Recherchen leichten Schwankungen unterworfen, liegt aber in der Gesamtschau auf einem konstanten Niveau. Dies gilt auch für die Anzahl der patentanmeldenden Unternehmen und öffentlichen Einrichtungen im Bereich grüner Gentechnologie.
- ▶ Die Forschung auf dem Gebiet der grünen Gentechnologie wird auch weiterhin öffentlich gefördert.
- ▶ Die Akzeptanz und Bewertung der grünen Gentechnologie kann auch weiterhin als eher negativ gesehen werden.
- ▶ Die Zahl der „gentechnikfreien“ Regionen ist im Berichtszeitraum nur leicht angestiegen.

## Kernaussagen und Handlungsempfehlungen (Interdisziplinäre Arbeitsgruppe „Gentechnologiebericht“)

### Technologieentwicklung und -anwendung

Der weltweite und stetig zunehmende Anbau gentechnisch veränderter (transgener) Sorten konzentriert sich weiterhin auf die vier Nutzpflanzenarten Soja, Mais, Baumwolle und Raps sowie auf die Merkmale Schädlingsresistenz und Herbizidtoleranz. Von dem Anbau transgener Sorten können die Landwirtinnen und Landwirte dann profitieren, wenn sich Verluste durch einen Schädlingsbefall reduzieren beziehungsweise Kosten des Unkrautmanagements senken lassen. Diverse Studien zeigen übereinstimmend, dass derzeit trotz höherer Saatgutkosten in der Regel ökonomische Vorteile für die Landwirtinnen und Landwirte bestehen.

Das Forschungsgebiet der grünen Gentechnik entwickelt sich international unverändert äußerst dynamisch und Forscherinnen und Forscher arbeiten gegenwärtig an gentechnisch veränderten Pflanzen der zweiten und dritten Generation. So werden Kulturpflanzen mithilfe etablierter gentechnischer Verfahren entwickelt, die eine verbesserte Toleranz gegenüber Umweltstress – zum Beispiel Trockenheit – besitzen.

Flankiert werden diese Arbeiten durch eine umfassende Bestandsaufnahme der zellbiologischen und physiologischen Abläufe (z. B. Transkriptom-, Proteom- und Metabolomforschung) und die vollständige Sequenzierung einer wachsenden Anzahl von Pflanzengenomen. Darüber hinaus werden immer häufiger an unterschiedliche ökologische Nischen angepasste Varietäten einer Art oder durch Züchtung etablierte Pflanzen auf der Genomebene sequenziert. Durch vergleichende Analysen und mit starker Unterstützung durch die Bioinformatik werden zunehmend Genvarianten (Allele) mit definierten biologischen Funktionen assoziiert. Verstärkt und international an unterschiedlichen Standorten werden neue Techniken für die Analyse des pflanzlichen Wachstums (z. B. bildgebende Verfahren) entwickelt und eingesetzt. Damit wird es möglich, die Bedeutung von Genen und Allelen für das Wachstum und die Biomasseakkumulation zunehmend besser zu verstehen, was wiederum der Pflanzenzucht zugutekommt.

Die Beiträge der Gentechnologie zur modernen Pflanzenzüchtung reichen weit über die Herstellung transgener Pflanzen hinaus. Gentechnische Verfahren haben wesentlich dazu beigetragen, das Wissen über einzelne Gene und ihre Bedeutung für den Phänotyp zu erweitern und die SMART Breeding-Technologie (Präzisionszüchtung) zu etablieren. Dieses Verfahren gewinnt für die Entwicklung neuer Sorten zunehmend an Bedeutung. Allerdings ist es auf kreuzbare Arten beschränkt. Insbesondere bei Pflanzen, die zur Herstellung von Grundstoffen für die Industrie („plant-made-industrials“) oder von Pharmazeutika („plant-made-pharmaceuticals“) dienen, sind Transgen-Technologien notwendig. Ansätze zur verbesserten Verwendung pflanzlicher Biomasse können von der Kombination der verschiedenen Techniken profitieren.

*Diese und andere zukunftsorientierte Anwendungen der grünen Gentechnik, wie eine verbesserte Nährstoffzusammensetzung und -nutzungseffizienz oder die Optimierung von Kulturpflanzen für den Anbau in sogenannten Drittwelt- und Schwellenländern sollten in Deutschland öffentlich gefördert und weiterentwickelt werden.*

## Forschungsförderung in Deutschland

Für diese Ziele fehlte in Deutschland lange Zeit eine konsistente Politik: Während das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) technologische Entwicklungen und die Sicherheitsforschung förderte, bremste das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) die konkrete Anwendung von Ergebnissen. Mögliche Innovationspotenziale für die Landwirtschaft blieben ungenutzt. Mit der im Jahr 2010 gemeinsam von BMBF und BMELV aufgelegten Nationalen Forschungsstrategie Bioökonomie 2030<sup>1</sup> zeichnet sich jedoch eine deutliche Verbesserung dieser Situation ab.

Die drohende Abkopplung der deutschen Forschung von internationalen Forschungsprogrammen zur grünen Gentechnik auf der Ebene der Anwendungsforschung gilt es ebenso zu verhindern wie die weitere Abwanderung der gewerblichen Forschung und der Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler ins Ausland, welches den dauerhaften Verlust wissenschaftlicher Expertise bedeutet.

*Das wissenschaftliche und personelle Know-how auf dem Gebiet der grünen Gentechnologie muss als Motor zukünftiger Innovationen langfristig in Deutschland gesichert werden. Auch für die Risikobewertung gentechnisch veränderter Pflanzen, die aus anderen Regionen der Welt in die EU und nach Deutschland eingeführt werden, ist sicherzustellen, dass weiterhin hinreichend ausgebildetes Personal zur Verfügung steht.*

Für die Entwicklung neuer gentechnisch veränderter Sorten und für die ökologische Sicherheitsforschung, bei der Deutschland zu den führenden Ländern gehört, sind Freilandexperimente unabdingbar. Die Zerstörung von genehmigten Freilandversuchen ist weder ein legitimes Mittel des Protests noch rechtsstaatlich tolerierbar.

## Risikoabschätzung

Abstrakte Einwände gegen die Sicherheit der grünen Gentechnik können nicht als zentrales Argument gegen den Einsatz der Transformationstechnik bei Pflanzen herangezogen werden. Potenzielle gesundheitliche Risiken werden zu Recht für jeden Einzelfall im Rahmen der verbindlichen Zulassung intensiv überprüft. Nach über einem Jahrzehnt ihrer Nutzung existiert kein Beleg dafür, dass zugelassene transgene Pflanzen besondere negative gesundheitliche Wirkungen besitzen. Anders lautende öffentliche Berichte konnten einer wissenschaftlichen Prüfung nicht standhalten. Mögliche ökologische Effekte sind wie bisher im Rahmen der Zulassung von gentechnisch veränderten Pflanzen am Einzelfall zu überprüfen. Einerseits muss hierbei ausgeschlossen werden, dass ihr Anbau nicht zur Verschärfung der ökologischen Probleme der heute üblichen Landwirtschaftspraxis führt. Andererseits wäre es falsch, die Möglichkeiten von gentechnisch veränderten Pflanzen zur Verbesserung der Umweltwirkung im landwirtschaftlichen Anbau unberücksichtigt zu lassen, die sie nachweislich gegenüber den konventionellen Anbaumethoden besitzen können (z. B. eine Insektizideinsparung). Der Gefahr der Verbreitung von Herbizidtoleranzen bei Unkräutern beziehungsweise von Resistenzen bei Schädlingen muss mit einem adäquaten Resistenzmanagement begegnet werden.

---

1 [www.bmbf.de/pub/biooekonomie\\_kurzfassung.pdf](http://www.bmbf.de/pub/biooekonomie_kurzfassung.pdf) [02.03.2012].

*Die umfangreiche wissenschaftliche Überprüfung möglicher Risiken durch die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) hat sich bewährt, und der wissenschaftlichen Qualität der Expertise ist keine konkrete Fehlerhaftigkeit vorzuwerfen. Das in der EU gültige Vorsorgeprinzip sollte nicht dazu missbraucht werden, den Einsatz von gentechnisch veränderten Pflanzen ohne konkrete wissenschaftliche Hinweise auf eine Gefährdung von Natur oder Mensch einzuschränken. Wissenschaftliche Expertise und politische Entscheidung müssen transparent unterschieden werden.*

## **Anbau**

Lebensmittelherstellerinnen und -hersteller sowie Lebensmittelhandel bieten aufgrund der verbreiteten öffentlichen Vorbehalte und wegen des organisierten gesellschaftlichen Drucks in Europa gegenwärtig fast keine Lebensmittel an, bei denen der Einsatz von GVO ausgewiesen ist. Die Durchsetzung der Gentechnik im Lebensmittelbereich hängt sicher auch von der weiteren Entwicklung der Produkte der grünen Gentechnik und dem Produktbedarf ab.

In Deutschland werden, anders als in vielen Ländern weltweit, gentechnisch veränderte Sorten in den nächsten Jahren keinen nennenswerten Anteil am Anbau einnehmen. Gleichzeitig findet die Gentechnik im Lebensmittelbereich sehr wohl auch in Deutschland Anwendung, zum Beispiel in Form von Lebensmittelzusatzstoffen aus gentechnisch veränderten Mikroorganismen oder als Futtermittel aus gentechnisch veränderten Pflanzen.

## **Kennzeichnung und Koexistenz**

*Eine einheitliche Regelung der Kennzeichnung existiert derzeit nach EU-Recht nicht und ist zu fordern.*

*Solange der Einsatz gentechnisch veränderter Pflanzen in der Europäischen Union grundsätzlich erlaubt bleibt, müssen Regeln der Koexistenz von gentechniknutzenden und gentechnikfreien Produktionsformen etabliert werden. Diese Regeln sollten nicht zu einem De-facto-Verbot der Gentechniknutzung durch die Hintertür führen. Da sich gentechnisch veränderte Pflanzen weltweit etabliert haben, ist keine 100%ige Garantie realisierbar, dass Produkte während der Wertschöpfung nicht mit der Gentechnik in Berührung gekommen sind. Vor diesem Hintergrund sind Schwellenwerte beim Saatgut erforderlich, die sich an der technisch sicheren Nachweisbarkeit orientieren und von einer positiven Sicherheitsüberprüfung durch die EFSA abhängen.*

Umgekehrt darf die Regelung der Koexistenz von gentechniknutzenden und gentechnikfreien Produktionsformen auch nicht dazu führen, dass es zu einer De-facto-Verdrängung gentechnikfreier Landwirtschaft auf dem Wege einer schleichend zunehmenden Kontamination mit gentechnisch veränderten Pflanzen kommt.

## **Patentierung**

Weltweit besitzen gentechnisch veränderte Pflanzen eine wachsende Bedeutung. Trotz des höheren Preises für das Saatgut können auch gerade Kleinbäuerinnen und Kleinbauern in Schwellenländern vom Anbau gentechnisch veränderter Sorten profitieren. Eine Abhängigkeit der Landwirtinnen und Landwirte von einem einzigen Saatgutanbieter sollte jedoch vermieden werden. Allerdings bedeuten Lizenzen, die die Nutzung der Vorjahresernte zur Aussaat (Nachbau) einschränken, als solche keine höhere Abhängigkeit im Vergleich zu den vielfach eingesetzten konventionellen Hybridsorten. *Für die*

*Zukunft muss außerdem sichergestellt bleiben, dass Patente allein auf Erfindungen erhoben werden dürfen, nicht aber auf die bloße Gensequenz, die auch in traditionellen Sorten enthalten ist.*

Eine ihre Marktstellung ausnutzende Unternehmenspolitik – so unbestritten nachteilig sie für Landwirtinnen und Landwirte sowie Verbraucherinnen und Verbraucher sein könnte – sollte nicht einer Technologie per se angelastet werden.

*Landwirtinnen und Landwirte sollten auch in Zukunft die faire Wahlmöglichkeit behalten, Sorten anzubauen, die ohne Gentechnik hergestellt wurden.*

### **Ethische Bewertung**

*Wie die Risikobewertung auch, darf die ethische Bewertung der grünen Gentechnologie keinesfalls pauschal bleiben, sondern muss sich auf den jeweiligen Einzelfall, den Anwendungskontext und das einschlägige Faktenwissen beziehen.*

## Abstracts

In Germany – as elsewhere in Europe – no other aspect of gene technology is as controversial as is the breeding and use of genetically modified plants. The application of gene technology principles to plants fundamentally challenges our deep-rooted understanding of nature and our relationship towards the environment. The conflict surrounding agricultural gene technology has since become an archetypal proxy conflict for broader societal discourse, for instance on the future of agriculture, how to feed the world, and how to ensure more just business practices. Consumers remain sceptical in this country. Germany has stopped any future planting of such crops. Nevertheless, genetically modified plants continue to advance at the global level. Agricultural genetic engineering is also rapidly expanding in the areas of research, development, and application. Here, numerous new methods are examined that go beyond the boundaries of conventional transgenic plants.

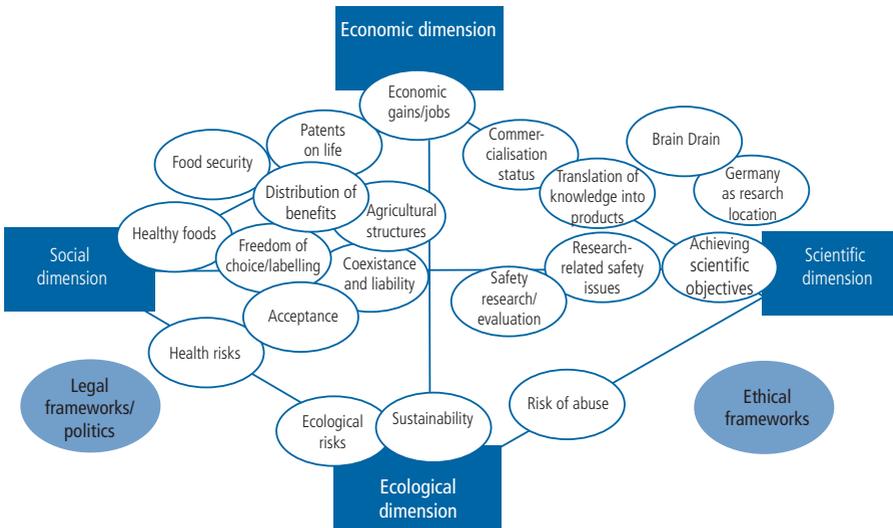
On the occasion of the publishing of the third completely revised and amended edition of its thematic volume “Agricultural Biotechnology”, the Interdisciplinary Research Group “Gene Technology Report” presents its monitoring results in the form of an overview of the relevant new developments in this field.

This thematic volume begins by presenting the key conclusions and recommendations for action issued by the members of the Interdisciplinary Research Group “Gene Technology Report” of the Berlin-Brandenburg Academy of Sciences and Humanities (BBAW) (chapter 1). After introduction to the subjects and methods (chapter 2), the state-of-the-art of ongoing scientific and technological activities is presented (chapter 3). In addition to breeding methods, portrayals of important supporting technologies and sciences, practical applications and breeding objectives are also presented. In the next chapter, the potential impact on health and the environment is discussed (chapter 4), as well as the economic potential that agricultural gene technology offers (chapter 5). Another contribution also focuses on the political frameworks surrounding agricultural gene technology in Germany and the EU (chapter 6). The various key arguments presented in ethical assessments of agricultural gene technology are presented in chapter 7. Society’s perception of agricultural genetic engineering will also be further elucidated (chapter 8). Chapter 9 focuses on the related controversies within the scientific community: A report is presented on an evening event organised by the Federation of German Scientists (VDW) and the Interdisciplinary Research Group “Gene Technology Report” of the BBAW on the topic “The challenge of feeding the world. What kind of plant research do we need?”. The final contribution (chapter 10) updates the topics that were initially presented in the “Gene Technology Report” (2005), and the thematic volume “GM Plants” (2007), as well as in the “Second Gene Technology Report” (2009), namely the specific indicators that can provide a more focussed and deeper insight into how agricultural gene technology has evolved over the past few years.

**Introduction and Methodical Approach** (chapter 2; Bernd Müller-Röber, Mathias Boysen, Lilian Marx-Stölting, Angela Osterheider)

The aim of this thematic volume is to update the monitoring of the latest developments in the field of agricultural biotechnology. As a basis for their investigation, the Interdisciplinary Research Group “Gene Technology Report” utilises a social-science-motivated approach in its analysis of specific problem areas and indicators. In a first step, the complexity of the debate is delineated into different problem areas (figure 1). A whole range of topics play an important role in the context of the overall issue of agricultural biotechnology, all of which are currently the object of public discourse in Germany. In a second step, the pertinent indicators are assigned to these problem areas. In this context, indicators denote empirical, directly-determinable parameters that are purposely linked to a specific problem area and that serve to formulate an objective description. In this way it is possible to verify different aspects of a problem area on the basis of quantifiable data, and to document this information over the long term. Indicator-based methods ensure objective and continuous scrutiny of genetic engineering developments in Germany. Long-term documentation methodology of this kind yields information on how this field is evolving. In this way, the thematic volume contributes to an objective and continuous assessment of developments in the area of gene technology in Germany. All the same, it is impossible to identify suitable indicators for all problem areas or to identify data in every case. In such cases, the thematic volume refers to qualitative descriptions of the specific problem area.

**Figure 1: Dimensions of conflict and the problem areas of agricultural biotechnology**



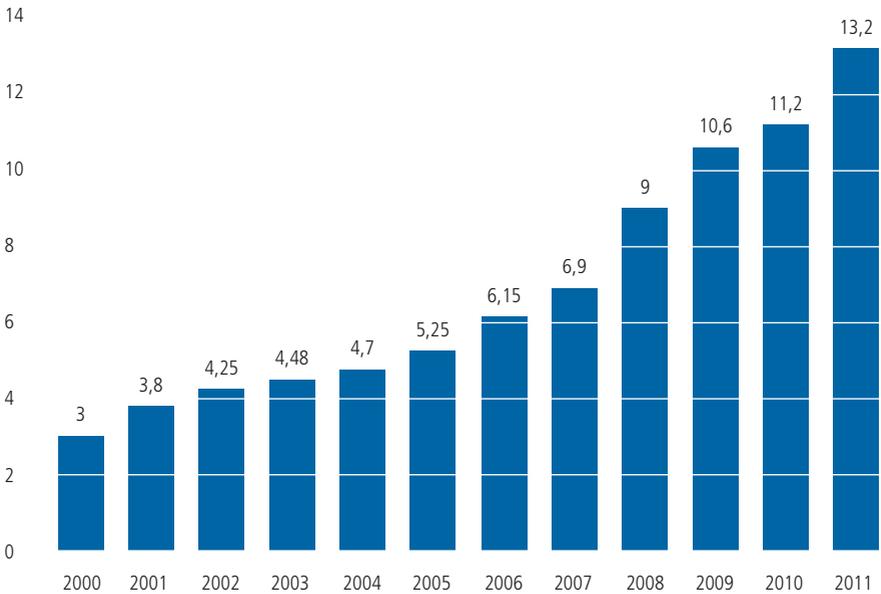
► Source: Müller-Röber, B. et al. (2013): Einleitung und methodische Einführung. In: Müller-Röber, B. et al. (Hrsg.) (2013): Grüne Gentechnologie. Aktuelle wissenschaftliche, wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklungen. Dornburg:36.

Numerous overriding topics are relevant in the discussion of agricultural biotechnology. For Germany in particular, these include questions of farming practices, food production, eating habits, and how to achieve more equitable business practices around the world. Both, technical issues and a problem-oriented thematic approach are thus of equal relevance in the debate on agricultural gene technology. Inasmuch as the monitoring of gene technology activities is a central task of the reporting duties of the Interdisciplinary Research Group "Gene Technology Report", this thematic volume explicitly focuses on elucidating and discussing agricultural gene technology in and of itself.

**Current Status of Science and Technology** (chapter 3; Bernd Müller-Röber, Lilian Marx-Stölting, Jonas Krebs)

A closer look at the current status of technological developments in agricultural biotechnology and its related applications reveals a broad range of developments that is indeed remarkable. While considerable progress has been made on the research front, few practical applications have been transformed into marketable products because of lengthy development processes and complex regulatory issues. Classical, herbicide-tolerant and insect-resistant transgenic plants (in which foreign DNA has been

**Figure 2: Worldwide sales of genetically-modified seeds**



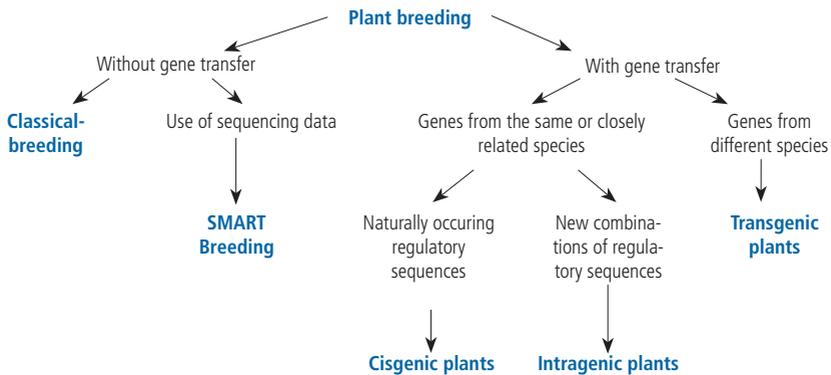
► Expressed in billions US\$. ► Source: Osterheider, A./Marx-Stölting, L. (2013): Daten zu ausgewählten Indikatoren. In: Müller-Röber, B. et al. (Hrsg.) (2013): Grüne Gentechnologie. Aktuelle wissenschaftliche, wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklungen. Dornburg:201.

integrated into the plant genome) continue to dominate in terms of global crop cultivation, a trend that is growing worldwide (figure 2). More genetically modified plants (GM plants) possessing several ‘stacked traits’ are now being planted (often herbicide-tolerant and insect-resistant).

Nevertheless, the knowledge and new methods inherent in genetic engineering have long been comprehensively utilised for research and plant breeding purposes. The most prominent examples that amply illustrate the significance of the dynamic development of agricultural gene technology are presented by the authors in this chapter.

These include so-called cisgenic plants for instance, which although manufactured with the same methods used to produce transgenic plants, utilise only characteristic genetic material from the same species (or from cross-breedable, closely related species) (figure 3). With respect to ‘precision breeding’ or so-called SMART Breeding (Selection with Markers and Advanced Reproductive Technologies), the presence of the desired gene variants is confirmed on the basis of molecular-biological test methods. In this way, it is possible to select plants for further breeding and to accelerate the breeding process, without having to genetically modify the cultivated plants themselves. In the context of the

**Figure 3: Methods of plant breeding with and without gene transfer**



► SMART Breeding, cisgenetics and intragenetics complement the spectrum of molecular-genetic methods in plant breeding. ► Quelle: Müller-Röber, B. et al. (2013): Stand der Wissenschaft und Technik. In: Müller-Röber, B. et al. (Hrsg.) (2013): Grüne Gentechnologie. Aktuelle wissenschaftliche, wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklungen. Dornburg:43.

TILLING procedure (Targeting Induced Local Lesions In Genomes) certain stimuli are used to elicit mutations in genes. In the context of a multi-step and genetic screening procedure, plants with the desired traits are then selected for further breeding.

This chapter also describes advances achieved in the area of plastid genome modification, for example in chloroplasts (plastid transformation), the triggering of mutations by way of oligonucleotides (chimeraplast technology), the combining of several agriculturally relevant characteristics (trait stacking), the use of low-molecular-weight molecules to elucidate protein function and signal trans-

duction pathways (chemical genetics), as well as the use of small RNAs for sequence-specific gene silencing (RNA interference or microRNAs).

It was the ongoing development of the various supporting technologies and sciences that initially drove the significant progress that has been made in the field of plant biotechnology. Particularly the sequencing of plant genomes on the basis of new sequencing methods ('next generation sequencing') has resulted in the cost-effective and rapid decoding of DNA and genome-wide screens, which allow the systematic examination of the entire genome with respect to specific hypotheses. Advances in the development and use of new selectable markers for plant breeding is a further example. After the DNA has been transferred, markers of this kind are necessary to identify those plants that have successfully integrated the genetic construct into their genome (selection). The development of label-free transgenic plants in which the selectable markers are subsequently removed is gaining in significance. Further important endeavours in this regard include a comprehensive examination of metabolites and proteins ('metabolomics' and 'proteomics') of plants, new detection methods for genetically modified organisms (GMO), the use of comprehensive databases, as well as research in the fields of systems biology and epigenetics.

The practical applications and breeding objectives of agricultural biotechnology include plants for biomass production or for the manufacture of pharmacologically active substances, plants able to tolerate stress and to resist pests, plants enriched with certain nutrients (biofortification), as well as the systematic documenting of phenotypic plant traits (phenotyping). Safety research is also a central component of research activities in Germany.

The diversity of these methods and their ongoing successes are an indication of how the importance of gene technology methods in plant breeding will continue to grow over the years to come. It remains to be seen, however, whether or not these new objectives and approaches can also bring about wider consumer acceptance in Germany.

### **Possible Impacts on Health and the Environment** (chapter 4; Mathias Boysen, Gerd Spelsberg, Heike Baron)

In principle, throughout the EU all genetically modified plants must obtain approval if they are to be used as food or animal feed. The European Food Safety Authority (EFSA) oversees the mandatory safety assessment scheme. Critics have voiced concerns that the system is overly pro-industry, but without ever demonstrating any concrete errors in the science on which the expertise is based. Potential dangers to health are assessed on the basis of comparative analyses, in which the specific genetically modified plant is compared with the unaltered original plant (principle of substantial equivalence). Any possible allergenic or toxic effects are also investigated, for example the nutrient composition of a specific plant. Although the risk of a possible dissemination of antibiotic resistant genes by way of horizontal gene transfer is deemed to be 'low', in commercial varieties only those types of antibiotics that are of limited medical relevance receive approval as markers. Furthermore, marker genes such as those encoding antibiotic resistance can now be subsequently removed after successful transformation.

No negative effects have yet been demonstrated in the scientific assessments of numerous animal feed studies concerning genetically modified agricultural crops. Studies claiming the contrary have been strongly criticised within the scientific community on methodological grounds, but are still perceived as proof of negative health effects in the public arena.

Given the complexity of ecological impacts, it is indeed difficult to assess them in their entirety. This issue is not limited to genetic engineering, but rather an overarching problem in connection with all technical innovations in open lands. In the context of genetic engineering, particular consideration should be given to the problem of unintentional dissemination of transgenic plants, for instance through reintroduction into the environment and out-crossing, the risk of potential negative impacts on non-target organisms and biodiversity, as well as the emergence of resistant weeds and pests. The spreading of such plants in nature is nevertheless considered improbable in most cases, since the planted varieties are specifically bred for the conditions of the specific agricultural system – that is to say viable conditions that do not exist outside this system. Out-crossing does not present a major problem in Europe or the United States, since such plantings tend to concentrate on crop varieties without ‘wild relatives’ in these regions. However, out-crossing is indeed a serious problem in the countries of Central America, the region from where maize originates and where crossable varieties of wild maize do actually exist. The potential negative effects on non-target organisms and biodiversity are feared mostly in the context of Bt plants. Headlines have proclaimed particularly detrimental effects on butterflies or bees, in addition to possibly altering the composition of an ecosystem, for instance in the wake of pest or weed eradication. It was safety concerns of this kind that resulted in the 2009 banning of the transgenic Bt maize variety MON 810 in Germany. The emergence of resistant weeds and pests constitutes one of the most serious problems facing genetically modified crops. Nevertheless, different resistance management strategies are indeed in place that can prevent, delay, or appropriately deal with such occurrences. Scientists have repeatedly called for an approach to pest and weed control that is based on the principles of integrated crop protection and a combination of various methods: crop rotation, biological pest control and – as one measure among many – insect or herbicide-resistant agricultural crops.

Case-by-case assessments are of central importance when evaluating genetically modified plants and related concrete risks. Given the complexity of agriculture, the various methods and diversity of the potential applications of agricultural genetic engineering, sweeping statements on this issue are indeed unjustified. Any ecological assessment of a genetically modified variety should not only include transgenic traits and plant species, but the specific growing region and agricultural practices as well.

**Economic Benefits of Agricultural Biotechnology** (chapter 5; Mathias Boysen, Gerd Spelsberg, Heike Baron)

The economic exploitation of agricultural biotechnology is one of the central questions of the GMO debate, with supporters and critics assessing the issue from quite different points of view. Mathias Boysen, Gerd Spelsberg, and Heike Baron present an overview of the various economic aspects with a particular emphasis on the United States, Europe and Germany, regions with a very highly techno-

logical approach to agricultural production. India is also addressed in its role as a threshold country with its predominately traditional agriculture. The worldwide cultivation of genetically modified plants has been increasing for years, a fact that is often used as an argument to prove economic success. Nonetheless, not all genetically modified plants have achieved market penetration and only a few varieties of agricultural crops account for large portions of farmland, namely soybean, rapeseed, maize and cotton. In terms of commercially cultivated plants, nearly all are herbicide-tolerant, insect-resistant, or a combine of the two characteristics ('stacked traits'). Both, the increase in cultivated areas of transgenic agricultural crops, as well as the results obtained from various studies indicate that, with the aid of varieties developed in the context of genetic engineering, farmers can indeed enjoy economic benefits, even in the developing countries. It is nevertheless difficult to estimate the real economic benefits, since phenomena such as the emergence of resistance in weeds or pests and the measures required to manage them must also be included in the equation. In Germany, costs arising from coexistence compliance requirements and possible compensation claims also need to be included in the calculation, which puts German farmers in quite a different situation than those in the United States. Costs accruing due to so-called 'market separation' also need to be taken into account.

In the autumn of 2012, only three genetically modified plants had been approved for cultivation in the EU, of which only one – the insect-resistant maize MON 810 – was actually grown in certain Member States, in particular in Spain. In terms of international trade, the asynchronous market authorisation of genetically modified plants in the United States and Europe is problematic, particularly with respect to animal feed imports. Significantly more genetically modified plant lines (events) are cultivated in the United States for food and animal feed than are authorised for use in Europe. Product lots containing GMOs that are not approved by the EU cannot be marketed here, resulting in a shortage of animal feed, which in turn can lead to a significant increase in the price of keeping livestock in the EU.

## **Political Frameworks Surrounding Agricultural Biotechnology in Germany and the EU**

(chapter 6; Mathias Boysen, Gerd Spelsberg, Heike Baron)

This chapter deals with the legal and political framework conditions existing in Germany and the EU. As for the EU, any planned release of a genetically modified organism into the environment requires authorisation (EU Deliberate Release Directive 2001/18/EU). This requirement applies to release testing, as well as to commercial use. Each release is examined on a case-by-case basis and is generally authorised with certain caveats, which are then relaxed in a step-by-step manner. The public must be informed about all releases of such organisms. In Germany and the EU, the number of experimental releases of genetically modified plants has decreased in recent years (figure 4).

**Figure 4: Number of release experiments**



► Source: Osterheider, A./Marx-Stöting, L. (2013): Daten zu ausgewählten Indikatoren. In: Müller-Röber, B. et al. (Hrsg.) (2013): Grüne Gentechnologie. Aktuelle wissenschaftliche, wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklungen. Dornburg:198.

When applying for commercial use (placing on the market), the authorities differentiate between different target objectives (EU Directive 1829/2003): approval for cultivation within the EU, approval as a self-replicating GMO, approval as (non self-replicating) food or animal feed that is manufactured on the basis of a GMO. The approval of GMO or GMO products is only allowed in cases where, based on state-of-the-art knowledge, these products are shown to be as safe as a conventional reference product. Authorisations obtained for placing products on the market in the EU are always limited to 10 years, but are renewable.

There are also rules governing the use of authorised genetically modified plants, food and animal feed. These pertain to freedom of choice and EU thresholds, labelling of genetically modified food (labelling requirement), the label 'without GMO' (positive labelling), the labelling of seeds, and the feasibility of coexistence with different agricultural systems on the basis of thresholds, minimum distances between crops, and liability regulations.

The principle of freedom of choice enjoys broad political acceptance and is also anchored in law: regardless of any safety aspects, consumers, farmers and food producers can choose between products manufactured with or without GMO technology. Different agricultural systems with/without GMO technology are thus meant to coexist, which is only possible through strict separation of both systems across the entire supply chain, from seeds to the end product, in addition to observing the requisite labelling requirements. Foodstuffs labelled as 'GMO food' are comprised of, contain, or are the product of genetically modified plants, animals or microorganisms.

### **Ethical Assessment of Agricultural Biotechnology** (chapter 7; Mathias Boysen, Gerd Spelsberg, Heike Baron)

As with all technologies, the use of genetic engineering raises numerous ethical questions touching on very diverse ethical issues such as natural or eco-ethics, science ethics, technology ethics, social ethics and business ethics. Indeed an issue in which different strands of arguments weave a complex

**Table 1: GMO-free regions**

	2004	Percent	2005	Percent	2006	Percent
GMO-free regions	50		53		63	
Co-signing enterprises	11.600 (total 2003: 420.697)	2,8%	11.000 (total 2005: 396.581)	2,8%	20.357 (total 2005: 396.581)	5,1%
Area (in hectares)	430.000 (total 2003: 17.007.968)	2,5%	451.000 (total 2005: 17.023.959)	2,6%	697.478 (total 2005: 17.023.959)	4,1%
	2007	Percent	2008	Percent	2009	Percent
GMO-free regions	98		105		109	
Co-signing enterprises	20.949 (total 2005: 396.581)	5,3 %	22.265 (total 2007: 374.514)	5,9 %	22.867 (total 2007: 374.514)	6,1%
Area (in hectares)	725.003 (total 2006: 16.951.000)	4,3%	772.281 (total 2007: 16.954.329)	4,6%	789.708 (total 2009: 16.889.600)	4,7%
	2010	Percent	2011	Percent		
GMO-free regions	111		118			
Co-signing enterprises	22.989 (total 2010: 299.100)	7,7%	23.480 (total 2011: 293.900)	8%		
Area (in hectares)	790.877 (total 2010: 16.721.300)	4,7%	826.490 (total 2012: 16.684.100)	5%		

► Differences to prior publications are possible due to statistical changes. ► Source: Osterheider, A./Marx-Stölting, L. (2013): Daten zu ausgewählten Indikatoren. In: Müller-Röber, B. et al. (Hrsg.) (2013): Grüne Gentechnologie. Aktuelle wissenschaftliche, wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklungen. Dornburg:234.

web. Four central arguments are of particular importance when assessing the ethical issues inherent in the debate on genetic engineering, a topic elucidated in this chapter from an agricultural genetic engineering point of view. The authors juxtapose the deontological and teleological forms of argumentation, human and animal dignity, as well as the underlying bio-conservative and bio-liberal ethical attitudes, and then delineate the 'natural' versus the 'artificial'. This analysis reveals that specific fundamental attitudes held by individuals directly impact their personal assessments of issues related to agricultural genetic engineering. In debating agricultural biotechnology, each side also tends to accuse the other of anti-morality. Supporters assume that opponents are opposed to finding a solution to malnutrition, against economic prosperity, and against enlightenment and progress. On the other side, opponents presume that supporters are seeking unbridled domination over nature, are purely profit-motivated, and reject all the potential risks associated with the technology. Each side distorts the

position of the other or simply ignores it. An appropriate approach to agricultural gene technology should recognise the feasibility and value of the various ethical assessments, even if they diverge greatly, and then focus on the scope of the applied ethical principles on the basis of concrete applications.

**How Agricultural Biotechnology is Perceived by Society** (chapter 8; Mathias Boysen, Gerd Spelsberg, Heike Baron)

Agricultural genetic engineering is still rejected by large portions of the public. The opinion put forward by numerous scientists that it is reasonable to deploy this technology under certain conditions requires justification at every turn. Studies describing the potential dangers and negative consequences achieve much broader acceptance in the public eye, than do those attesting to the health and environmental safety of genetically modified plants. Such negative reports often represent a minority point of view within the larger scientific discourse. The results of numerous studies demonstrating the health and environmental safety of genetically modified plants are often under general suspicion of being skewed towards the needs of industry. The great willingness to believe negative reports in a selective manner can perhaps be explained by the fact that, in Europe, agricultural genetic engineering has become the symbol of the negative aspects associated with modern, industrialised agriculture, nothing more than another step in what is generally perceived to be the wrong direction. Such rigid points of view in the discussion on agricultural genetic engineering prevent open-minded and productive debate on how to produce sufficient food in an environmentally friendly and equitable way for the entire world, and which roles technology-based approaches should play.

**Contributions to the Debate: The Challenge of Feeding the World. What Kind of Plant Research Do We Need?** (chapter 9; Hans Rudolf Herren, Bernd Müller-Röber, Michael Krawinkel, Helmut Born)

An evening event held on July 8, 2010 – organised by the Federation of German Scientists (Vereinigung Deutscher Wissenschaftler, VDW) and the Interdisciplinary Research Group “Gene Technology Report” of the Berlin-Brandenburg Academy of Sciences and Humanities (BBAW) – directly tackled the scientific controversy surrounding “The challenge of feeding the world. What kind of plant research do we need?”. On the topic of world food supplies, the four contributions by Hans Rudolf Herren, Bernd Müller-Röber, Michael Krawinkel, and Helmut Born discussed a central issue facing world policy makers, in addition to an important objective for agricultural gene technology. It is against this background that they broached the possibilities and limits of molecular plant research, a topic of interest to both supporters and opponents of genetic engineering. The four contributions approached the topic of world food supplies from quite diverse perspectives. The question of what genetic engineering can achieve in the realm of plant breeding was the object of particularly controversial debate.

Hans Rudolf Herren presented the results of the World Agricultural Report, which is compiled by a commission comprised of 400 scientists to address questions on the future of agriculture. According

to them, a massive transformation of agricultural production is inevitable. The commission presented seven central points in support of promoting more sustainability and ensuring the future viability of agriculture: 1) provide support for family enterprises, 2) facilitate access to production capital, 3) improve access to markets, infrastructures and institutions, 4) improve energy and water efficiency, 5) conduct analyses of all sectors in regard to biotechnology, 6) promote responsible governments and fair trade, as well as 7) invest in long-term solutions. In implementing these goals, the diversity of the agricultural systems in the five regions of the world, as well as the size and production systems of the enterprises need to be properly considered.

According to Bernd Müller-Röber, modern plant breeding offers a broad range of technologies on whose basis varieties can be bred in the future that can satisfy the requirements of intensified plant production. The technology to be deployed in actual breeding approaches needs to be selected on a case-by-case basis. As a plant molecular biologist, Müller-Röber focussed on the function this field of research needs to fulfil in terms of gaining knowledge about plants, as well as applications in the area of plant breeding. He believes that it is essential to breed plants that are adapted to an increasingly changed environment. He also advocates the use of a comprehensive range of methods in modern plant breeding, which need to be selected on the basis of a sensible case-by-case assessment.

Michael Krawinkel underscores the many causes of malnutrition. From his point of view, food shortages must be understood in a local and regional context, a fact that needs to be considered when addressing this issue. Simply increasing global output is not sufficient. He compares and contrasts technological and social solutions and attaches special importance to the latter, all the while recognising the potential inherent in plant research. To ensure successful and healthy food security beyond food production, emphasis also needs to be given to educational and health issues.

**Table 2: Proportion of cultivated areas of genetically-modified plants worldwide**

Cultivated areas worldwide (total und % GVP)	2000		2001		2002		2003		2004		2005	
	Mio ha.	%GVP										
Cotton	34	16%	34	20%	34	20%	34	21%	32	28%	35	28%
Potatoe	20	–	19,6	–	19,1	–	18,9	–	19,1	–	18,6	–
Maize	140	7%	140	7%	140	9%	140	11%	143	14%	147	14%
Rapeseed	25	11%	25	11%	25	12%	22	16%	23	19%	26	18%
Rice	154,1	–	151,7	–	147,6	–	152,2	–	153,3	–	154	–
Soybean	72	36%	72	46%	72	51%	76	55%	86	56%	91	60%
Wheat	215,4	–	214,6	–	213,8	–	208,5	–	217,6	–	217	–

► GVP=Genetically modified plants. ► Numbers for total amounts: FAO; for GVP: ISAAA. ► Due to the sources data could only be obtained up to 2010. ► Source: Osterheider, A./Marx-Stölting, L. (2013): Daten zu ausgewählten Indikatoren. In: Müller-Röber, B. et al. (Hrsg.) (2013): Grüne Gentechnologie. Aktuelle wissenschaftliche, wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklungen. Dornburg:203.

Helmut Born's presentation first introduces the Bioeconomy Council and its activities. It is predicted that, over the long term, the bio-economy will become a cornerstone of modern economies. The aim here is to ensure human livelihood in view of ever scarcer natural resources including food production, energy, in addition to bio-based raw materials and drug substances. In this regard, biotechnology itself is seen to be one of the components that make up this approach. Born also stresses the significance of agricultural genetic engineering for research. According to Helmut Born, Germany's existing research capacities need to be exploited to the fullest. Innovative and systematic approaches to research must extend beyond the sphere of plants to include more global cyclical models.

### Data on Selected Indicators (chapter 10; Angela Osterheider, Lilian Marx-Stöltzing)

The aim of the Gene Technology Report and related thematic volumes is to provide an indicator-based and interdisciplinary overview of developments in the field of genetic engineering. A helpful tool in this regard is the ability to identify problem areas and to elucidate them with the aid of certain indicators presented with the aid of standardised data sheets. Many of the datasets presented in this chapter are updates of those published in the first Gene Technology Report. Adequate data material is, however, not available for all the problem areas and indicators listed in this thematic volume on agricultural biotechnology, or the information is not available from public sources. Indicators based on the relevant data are presented in this thematic volume, in particular with respect to the problem areas *acceptance, Germany as a location for research and science, commercialisation status, and realising scientific goals*. Since many problem areas are closely interlinked, individual indicators may si-

	2006		2007		2008		2009		2010	
	Mio ha.	%GVP	Mio ha.	% GVP						
Cultivated areas worldwide										
(total und % GVP)										
Cotton	35,2	38%	33,8	44%	31	50%	30	54%	32	66%
Potatoe	18,8	–	19,3	–	18,2	–	18,6	–	18,7	–
Maize	144,4	17%	157	22%	161,1	23%	159	26%	161,1	29%
Rapeseed	28	17%	30,2	18%	30,6	19%	31,6	20%	31,6	22%
Rice	154,3	–	157	–	159,9	–	159	–	159,4	–
Soybean	93	63%	95	60%	96,4	68%	99,3	70%	102,6	71%
Wheat	216	–	217,4	–	222,8	–	225	–	217,2	–

multaneously describe several problem areas. In conclusion, here is a summary of the current status of the field of agricultural gene technology as a reflection of the provided indicators:

- ▶ The number of release experiments and released varieties during the reporting period has dropped steadily in Germany over the past several years.
- ▶ When GMO varieties were still being cultivated in Germany, they only made up a very small portion of the overall agricultural land area in Germany (between 0.98 % and <0.1 %) (GG-15). Consequently, no change in terms of the proportion of cultivated fields of individual species versus genetically modified varieties was ascertained.
- ▶ On a global scale, the sales of genetically modified seeds increased markedly during the same time period. The percentage of fields available for cultivating genetically modified plants has increased on a worldwide basis. Growth has been reported for cotton, maize, rapeseed, and soybean.
- ▶ In the EU, only very few traits have received approval for cultivation at the present time.
- ▶ According to our analysis, although they fluctuate slightly, the number of patent applications with German participation is maintaining a constant level. This also holds true for the number of companies and public institutions submitting patents in the area of agricultural biotechnology.
- ▶ Research in the area of agricultural gene technology continues to receive support from the public sector.
- ▶ Public acceptance remains low, while the overall assessment of agricultural biotechnology continues to be viewed in a rather negative light.
- ▶ Nevertheless, the number of 'GMO-free' regions increased only slightly during the reporting period.

## **Core Statements and Recommendations for Action** (Interdisciplinary Research Group "Gene Technology Report")

### **Technology Development and Application**

The worldwide and steadily increasing cultivation of genetically modified (transgenic) varieties continues to concentrate on four agricultural species: soybean, maize, cotton and rapeseed, as well as on the traits 'pest-resistance' and 'herbicide tolerance'. Farmers can profit from transgenic species in economic terms, for instance if they need to reduce their losses due to pest infestation, or to lower their weed management costs. Numerous studies consistently conclude that despite the higher seed costs, farmers usually benefit in economic terms.

Internationally, the research field of agricultural biotechnology continues to develop dynamically, with researchers currently working on genetically modified plants of the second and third generation. It is in this context that crop plants are being developed with the aid of established genetic engineering methods, thereby improving tolerance to environmental stresses, for example drought.

These efforts are accompanied by a comprehensive inventory of state-of-the-art cytobiological and physiological procedures (e.g. transcriptome, proteome and metabolome research), in addition to the complete sequencing of an increasing number of plant genomes. Furthermore, different varieties

of species adapted to fit various ecological niches – in addition to plants established through breeding – are increasingly being sequenced at the genome level. Using comparative analyses and with strong support from bioinformatics, gene variants (alleles) are increasingly linked to defined biological functions. New plant growth analysis techniques (e.g. imaging techniques) are under development and are increasingly being implemented at various locations around the world. In this way it will be possible to better understand the significance of the genes and alleles relevant for growth and biomass accumulation, which in turn benefits plant breeding.

Contributions made to modern plant breeding by genetic engineering range far beyond the manufacture of transgenic plants. Methods of gene technology have substantially contributed to broadening our knowledge of individual genes and their significance for the development of phenotypes, as well as to establishing SMART Breeding technology (precision breeding). This method is gaining in importance in the development of new varieties, even though it is restricted to crossable varieties. Transgenic technologies are required in particular for plants used to manufacture raw materials for industry (plant-made industrials) or drugs (plant-made pharmaceuticals). Approaches to enhance the use of plant biomass can profit from a combination of different techniques.

*These and other forward-looking applications related to agricultural biotechnology include improving nutrient composition and efficiency of use, or optimising crop plants for cultivation in so-called third-world and threshold countries; such priorities need to be further developed and should receive support from the public sector in Germany.*

### **Promoting Research in Germany**

For a long time, Germany did not have a consistent policy in place to help achieve this goal: while the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF) promoted technological developments and safety research, the Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection (BMELV) hindered concrete applications of the obtained scientific findings. Possible innovative solutions in the sphere of agriculture remained unutilised. However, the joint strategy called 'Bioeconomy 2030'<sup>2</sup> of the BMBF and BMELV announced in 2010, would seem to be a distinct improvement in this situation.

*At the applied research level, it is important to prevent the impending decoupling of German research from international agricultural gene technology research programmes, as well as to stop any further exodus abroad of commercial research activities and young scientists that might lead to the permanent loss of scientific expertise.*

*Scientific and human-resource expertise in the field of agricultural genetic technology needs to serve as the motor of future innovation and must be secured in Germany over the long term. We also need to make sure that sufficient numbers of suitably trained personnel are available to carry out risk assessments of genetically modified plants from other regions of the world that are to be introduced in the EU and Germany.*

Field experiments are indispensable in the development of new genetically modified varieties, as well as in ecological safety research, a discipline in which Germany has assumed a leading role. The

---

2 [www.bmbf.de/pub/biooekonomie\\_kurzfassung.pdf](http://www.bmbf.de/pub/biooekonomie_kurzfassung.pdf) [02.03.2012].

destruction of legally approved field trials is neither a legitimate means of protest, nor should it be tolerated in a country governed by law.

### **Risk Assessment**

Abstract objections questioning the safety of agricultural gene technology cannot serve as the central argument against the use of transformation techniques in plants. It is both fitting and proper that potential health risks undergo closely scrutiny on a case-by-case basis in the context of any binding approval procedure. But after a decade of actual use, there is no proof that approved transgenic plants have any particular negative impact on health. Public reports to the contrary do not stand up to scientific scrutiny. As in the past, any possible environmental impacts need to be examined on a case-by-case basis in the context of the approval process of genetically modified plants. On the one hand, it must be ruled out that their cultivation might exacerbate existing ecological problems associated with common agricultural practices. On the other hand, it would be wrong to disregard the possibilities that genetically modified plants may offer in terms improving the environmental impact of agricultural cultivation, which has already been demonstrated in comparison to conventional cultivation methods (e.g. reduced insecticide use). The danger of a possible spreading of herbicide tolerance to weeds or resistances to pests must be countered with adequate resistance management.

*The comprehensive scientific assessment of potential risks carried out by the European Food Safety Authority (EFSA) has proved successful and the scientific quality of their expertise is beyond reproach. The precautionary principle currently in force within the EU should not be misused to restrict the use of genetically modified plants, without providing any concrete evidence of danger to humans or nature. It is important to distinguish between scientific expertise and policy decisions in a transparent manner.*

### **Cultivation**

Due to widespread public doubt and organised social pressure in Europe, food producers and the retail food sector currently market very few foodstuffs that are labelled as GMO products. Consequently, the successful implementation of gene technology in the food sector will also depend on the continued development of new products emanating from agricultural gene technology, as well as on future consumer demand for food products.

*As opposed to many other countries around the world, the cultivation of genetically modified varieties will not play any appreciable role in Germany for years to come. At the same time, gene technology applications in the food sector are indeed being deployed in Germany, for instance in the form of food additives from genetically modified microorganisms, or as animal feed from genetically modified plants.*

### **Labelling and Coexistence**

*There is currently no uniform labelling regulation under EU law, however, legislation of this kind is urgently needed.*

*As long as the use of genetically modified plants is allowed in the European Union, appropriate regulations need to be established on the coexistence of GMO-based and GMO-free production forms.*

*These regulations should not lead to a de-facto back door prohibition of genetic engineering. Since genetically modified plants are already an established commodity throughout the world, no 100-% guarantee can be given that other products will not come into contact with gene technology along the added value chain. For this reason, threshold values for seeds are required that need to be oriented to technically reliable verifiability and whose use is dependent on a positive safety review by the EFSA.*

By the same token, the coexistence of GMO-based and GMO-free production forms should not result in a de-facto suppression of GMO-free agriculture because of gradually increasing contamination by genetically modified plants.

### **Patenting Issues**

Genetically modified plants continue to gain in importance all over the world. Despite higher seed prices, even peasant farmers in the threshold countries can profit from planting genetically modified varieties. Dependency on a single seed supplier should be avoided nevertheless. Licenses limiting the use of seeds (resowing) from the previous year's harvest do not per se result in a higher degree of dependency than is the case for widely employed conventional hybrid varieties. *Going forward, it must also be ensured that the issuance of patents is limited to concrete inventions, and not for a simple gene sequence already present in traditional varieties.*

Company policies to defend market share – as unquestionably detrimental they may be to farmers and consumers alike – should not be used to condemn an entire technology per se.

*In the future as well, farmers should be given the fair option of planting varieties that are manufactured without gene technology.*

### **Ethical Assessment**

*In line with risk evaluation methodology, any ethical assessment of agricultural genetic engineering needs to go beyond sweeping generalisations and focus on examining each individual case, application context, in addition to considering the relevant scientific facts.*

## **Mitglieder der interdisziplinären Arbeitsgruppe „Gentechnologiebericht“ Fellows of the Interdisciplinary Research Group “Gene Technology Report”**

Prof. Dr. Bernd Müller-Röber\* (Sprecher/Spokesperson)  
Universität Potsdam, Institut für Biochemie und Biologie

Prof. Dr. Ferdinand Hucho\* (Stellv. Sprecher der Arbeitsgruppe/Deputy Spokesperson)  
Freie Universität Berlin, Institut für Biochemie

Prof. Dr. Nediljko Budisa  
TU Berlin, Institut für Chemie, Arbeitskreis Biokatalyse

Prof. Dr. Boris Fehse  
Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, Klinik für Stammzelltransplantation

Dr. Jürgen Hampel  
Universität Stuttgart, Abteilung für Technik- und Umweltsoziologie

Prof. Dr. Dr. Kristian Köchy  
Universität Kassel, Institut für Philosophie

Prof. Dr. Jens Reich\*  
Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin, Berlin-Buch

Prof. Dr. Hans-Jörg Rheinberger\*  
Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte, Berlin

Prof. Dr. Hans-Hilger Ropers\*  
Max-Planck-Institut für Molekulare Genetik, Berlin

Prof. Dr. Jochen Taupitz  
Universität Mannheim, Fachbereich Rechtswissenschaft

Prof. Dr. Jörn Walter  
Universität des Saarlandes, Fachbereich Bioscience, Epigenetik

\* Ordentliches Mitglied der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften /  
Ordinary member of the Berlin-Brandenburg Academy of Sciences and Humanities

## Bisherige Publikationen der interdisziplinären Arbeitsgruppe

Köchy, K./Hümpel, A. (Hrsg.) (2012): Synthetische Biologie. Entwicklung einer neuen Ingenieurbiologie? Dornburg.

Fehse, B./Domasch, S. (Hrsg.) (2011): Gentherapie in Deutschland. Eine interdisziplinäre Bestandsaufnahme. 2. Auflage. Dornburg.

Müller-Röber, B. et al. (2009): Zweiter Gentechnologiebericht. Analyse einer Hochtechnologie in Deutschland. Dornburg.

Schmidtke, J. et al. (Hrsg.) (2007): Gendiagnostik in Deutschland. Status quo und Problemerkundung. Limburg.

Müller-Röber, B. et al. (2007): Grüne Gentechnologie. Aktuelle Entwicklungen in Wissenschaft und Wirtschaft. Limburg.

Wobus, A. M. et al. (2006): Stammzellforschung und Zelltherapie. Stand des Wissens und der Rahmenbedingungen in Deutschland. Supplement zum Gentechnologiebericht. München.

Hucho, F. et al. (2005): Gentechnologiebericht. Analyse einer Hochtechnologie in Deutschland. Berlin.

Weitere Publikationen sind in Planung (Dritter Gentechnologiebericht, Themenband zu „Epigenetik“).

Der aktuelle Stand der Reihe sowie einzelne Texte sind online unter [www.gentechnologiebericht.de](http://www.gentechnologiebericht.de) einsehbar. An gleicher Stelle sind auch Hinweise auf aktuelle Vorträge, Workshops und Tagungen der Arbeitsgruppe zu finden.



## Kontakt und Impressum

Grüne Gentechnologie. Aktuelle wissenschaftliche, wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklungen. Themenband zum Gentechnologiebericht. Eine Zusammenfassung.

Herausgeberin  
Interdisziplinäre Arbeitsgruppe „Gentechnologiebericht“  
der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften  
Jägerstr. 22/23, 10117 Berlin, [www.bbaw.de](http://www.bbaw.de)  
[info@gentechnologiebericht.de](mailto:info@gentechnologiebericht.de)

Konzeption und Redaktion: Dr. Lilian Marx-Stölting, [www.gentechnologiebericht.de](http://www.gentechnologiebericht.de), Berlin  
unter Mitarbeit von Angela Osterheider, M.A.  
Satz: Petra Florath, Berlin  
Übersetzung: Jonathan MacKerron, [www.proz.com/profile/34828](http://www.proz.com/profile/34828), Berlin

Berlin, April 2013

Diese Publikation erscheint mit Unterstützung der Senatsverwaltung für Wirtschaft, Technologie und Forschung des Landes Berlin und des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Brandenburg.

Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften  
Interdisziplinäre Arbeitsgruppe „Gentechnologiebericht“  
Jägerstraße 22/23 10117 Berlin [www.bbaw.de](http://www.bbaw.de)  
[www.gentechnologiebericht.de](http://www.gentechnologiebericht.de)

Berlin-Brandenburg Academy of Sciences and Humanities  
Interdisciplinary Research Group “Gene Technology Report”  
Jägerstraße 22/23 D – 10117 Berlin [www.bbaw.de/en](http://www.bbaw.de/en)  
[www.gentechnologiebericht.de/gen/english-pages](http://www.gentechnologiebericht.de/gen/english-pages)