



Materialien
für den Kompetenzbereich Bewertung
*Gentechnik an Pflanzen – eine
Herausforderung*

Sekundarbereich I und Sekundarbereich II

Biologie

An der Erarbeitung der Materialien für den Kompetenzbereich Bewertung im Unterrichtsfach Biologie für die Sekundarbereiche I und II waren die nachstehend genannten Personen beteiligt:

Neele Alfs
Inken Barfod-Werner
Florian Böttcher
Dr. Sabina Eggert
Prof. Dr. Doris Elster
Dr. Gunnar Gad
Prof. Dr. Corinna Hößle
Prof. Dr. Anke Meisert
Dr. Nicola Mittelsten Scheid (†)
Dr. Katja Reitschert
Dr. Julia Schwanewedel

Redaktion:

Neele Alfs
Andrea Bese
Prof. Dr. Corinna Hößle

Herausgegeben vom Niedersächsischen Kultusministerium (2010)
30159 Hannover, Schiffgraben 12

Die Materialien können vom Niedersächsischen Bildungsserver (NIBIS) (<http://www.cuvo.nibis.de>) und von der Homepage des Projektes HannoverGEN (www.hannovergen.de) heruntergeladen werden.

| Inhalt | Seite |
|--|--------------|
| Einleitung | 5 |
| 1 NEELE ALFS und CORINNA HÖSSLE Gentechnisch veränderter Mais in Deutschland – Wie bilde ich mir ein Urteil? | 7 |
| 2 GUNNAR GAD und NICOLA MITTELSTEN SCHEID (†) Mögliche ökologische Auswirkungen von gentechnisch veränderten Kulturpflanzen auf Organismen und Ökosysteme | 41 |
| 3 ANKE MEISERT und FLORIAN BÖTTCHER Grüne Gentechnik im Spannungsfeld ökologischer, ökonomischer und sozialer Interessen am Beispiel Bt-Mais | 81 |
| 4 FLORIAN BÖTTCHER Die Bewertung des Anbaus herbizidtoleranter Soja – lokale und globale Perspektiven | 99 |
| 5 NEELE ALFS und CORINNA HÖSSLE Pommes oder Plastik?! – „Amflora“, die Kartoffel als nachwachsender Rohstoff | 123 |
| 6 KATJA REITSCHERT Vom Erdapfel zur Genkartoffel? | 149 |
| 7 JULIA SCHWANEWEDEL „Gen-Fit GmbH“ – Ein Planspiel zum Thema Gentechnik und Lebensmittel | 175 |
| 8 DORIS ELSTER „Golden Rice“ für Indien? | 207 |
| 9 INKEN BARFOD-WERNER und SABINA EGGERT Gentechnisch veränderte Pappeln als Umwelthelfer?! | 227 |

Einleitung

Die pflanzliche Gentechnik, auch *Grüne Gentechnik* genannt, stellt ein rasch wachsendes wissenschaftliches Forschungsgebiet in der Biologie dar. Schon heute werden transgene (gentechnisch veränderte) Pflanzen auf Millionen von Hektar Ackerland weltweit angebaut und die Tendenz ist steigend. Dies trifft auch für viele Entwicklungsländer zu. Im Mai 2004 ließ die Europäische Kommission den gentechnisch veränderten Mais Bt 11 zu. 2006 wurde auch in Deutschland beschlossen, erstmalig Bt-Mais zu kommerziellem Nutzen anzubauen.

Das Thema pflanzliche Gentechnik ist somit hochaktuell. Die Diskussion um diese Zukunftstechnologie wird äußerst kontrovers geführt: Die Akzeptanz gentechnisch veränderter Lebensmittel steht geradezu im Widerspruch zu der rasanten Entwicklung. So lehnen laut Umfrage 70-80% der deutschen Bevölkerung gentechnisch veränderte Lebensmittel ab, bei gentechnisch hergestellten Arzneimitteln ist die Akzeptanz hingegen sehr hoch. In den Medien werden Informationen über die Gentechnik in Abhängigkeit vom Standpunkt oft drastisch verkürzt oder schlichtweg ungenau oder irreführend präsentiert, was nicht selten zu einem falschen Meinungsbild führt. So sind Begriffe wie „Gen-Tomate“ und „Gen-Wein“, die beispielsweise in den Tageszeitungen und öffentlichen Rundfunksendern verwendet werden, äußerst unglücklich gewählt, suggerieren sie doch die falsche Vorstellung, dass es natürlicherweise gentechnisch veränderte Pflanzen gibt, die den gentechnisch veränderten Pflanzen, die Gene enthalten, gegenüberstehen. So wundert es nicht, dass einige Schüler/innen erwiesenermaßen die Vorstellung aufweisen, dass nur gentechnisch veränderte Pflanzen Gene tragen. So lautet ein Zitat aus einer Schülerbefragung zum Thema gentechnisch veränderte Pflanzen, die der Biologiedidaktiker Ulrich Gebhard durchführte: „Wer isst schon gerne Gene? Also ich verzichte da lieber.“

Die Vermutung, dass diese Einstellung zur Gentechnik an Pflanzen aus Uninformiertheit entsteht, liegt nahe. Obwohl in den *Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss*¹ explizit eine Einführung in die naturwissenschaftlichen und ethischen Dimensionen neuer Technologien wie die Gentechnik gefordert wird, ist das Engagement der Lehrkräfte bezüglich des Themas nur mittelmäßig, was als eine Ursache der Uninformiertheit angesehen wird. Dies liegt zum größten Teil daran, dass sich Lehrkräfte hinsichtlich dieses Themas auf unsicherem Terrain bewegen. Dies betrifft zum einen den aktuellen Stand zum Thema Gentechnik, zum anderen fehlt das methodische und ethische Grundlagenwissen, um Bewertungskompetenz hinsichtlich dieser Themen fördern zu können. So steht die Frage im Vordergrund, wie sich eine ethische Diskussion im Biologieunterricht strukturieren lässt.

Der Materialienband gibt Hilfestellung in Form ausgearbeiteter und z. T. erprobter Unterrichtskonzepte zum Thema *Gentechnik an Pflanzen*. Damit können den Schülerinnen und Schülern sowohl grundlegende Kenntnisse über aktuelle Forschungs- und Anwendungsbereiche der pflanzlichen Gentechnik als auch die damit verbundenen Chancen und Risiken vermittelt werden. Mit diesen Materialien wird keine bestimmte Position vorgegeben. Ziel ist es, die Schülerinnen und Schüler zu befähigen, sich selbst ein verantwortungsbewusstes, eigenständiges und reflektiertes Urteil zu diesem kontroversen Themenkomplex zu bilden. Die Materialien richten sich in erster Linie an Studierende,

¹ Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004

Referendare und Lehrende des Unterrichtsfaches Biologie der Sekundarbereiche I und II, können aber durchaus auch als sinnvolle Hilfe für die Planung des gesellschaftswissenschaftlichen Unterrichts zu Fragen der pflanzlichen Gentechnik herangezogen werden.

In jedem Unterrichtskonzept werden deskriptiv-explikative Aussagen der Biologie zum aktuellen Stand des jeweiligen Forschungs- bzw. Anwendungsfeld der Gentechnik an Pflanzen mit normativen Aussagen bezüglich der Chancen und Risiken und der ethischen Vertretbarkeit verknüpft. Dabei wird Wert darauf gelegt, dass sich normative Aussagen nicht in der Darlegung einer bestimmten Position erschöpfen, sondern eine ethische Begründung einschließen und unterschiedliche Auffassungen der Pro- und Contra-Diskussion um die Gentechnik an Pflanzen berücksichtigen. Als Strukturierungshilfe werden unterschiedliche Methoden vorgestellt, die alle das Ziel verfolgen, das entsprechende Fachwissen der Schülerinnen und Schüler aufzubauen und Bewertungs- und Kommunikationskompetenz zu fördern. So werden Rollen- und Planspiele, die Methode „Sechs Schritte zur moralischen Urteilsfindung“ und andere Methoden vorgestellt und detailliert in Bezug auf das jeweilige Unterrichtsthema beschrieben, sodass eine unterrichtliche Umsetzung leicht möglich wird.

Die Materialien nehmen die Kompetenzorientierung der *Bildungsstandards im Fach Biologie* und der niedersächsischen *Kerncurricula für das Fach Biologie* auf, sodass beim Einsatz der Unterrichtskonzepte die Schülerinnen und Schüler Kompetenzen in den vier Bereichen - Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung – erwerben können.² Der Schwerpunkt liegt in den Kompetenzbereichen Fachwissen, Kommunikation und Bewertung, da es nicht Ziel ist, in Experimente zur Gentechnik an Pflanzen einzuweisen. Hier kann lediglich eine theoretische Erarbeitung der gentechnischen Arbeitsmethoden geleistet werden. Die Materialien sind als Ergänzung zum experimentellen Arbeiten vorgesehen und können je nach Bedarf vor oder nach dem Experimentieren begleitend herangezogen werden.

Für die inhaltliche Richtigkeit liegt die Verantwortung bei den Autorinnen und Autoren.

Neele Alfs, Andrea Bese, Corinna Höhle

² Am Ende jeder Unterrichtseinheiten ist tabellarisch aufgelistet, welche Kompetenzen erworben oder angebahnt werden können. Die angegebenen Kompetenzen sind den Bildungsstandards der KMK (2004) und den niedersächsischen Kerncurricula für das Fach Biologie entnommen. Die Kerncurricula und die Bildungsstandards sind zu finden unter www.cuvo.nibis.de.

Sehr geehrte Damen und Herren,
liebe Lehrerinnen und Lehrer,

das Engagement der Autoren und die gute Zusammenarbeit aller Beteiligten haben es ermöglicht, von den „Materialien für den Kompetenzbereich Bewertung am Beispiel der *Grünen Gentechnik*“ 500 Exemplare zu drucken und kostenlos an alle Gymnasien und Gesamtschulen mit gymnasialer Oberstufe in Niedersachsen zu verteilen. Für den Einsatz im Unterricht ist es jedoch benutzerfreundlicher, wenn Arbeitsblätter im Hinblick auf die Lerngruppe umgestaltet werden können. Deshalb möchten wir Ihnen die *Materialien* auch als Word-Datei zur Verfügung stellen. Aus urheberrechtlichen Gründen mussten einige wenige Abbildungen herausgenommen werden. Damit Sie die Materialien auch herunterladen können, mussten mehrere kleine Dateien hergestellt werden. Die folgende Auflistung nennt Ihnen die Dateinamen; die Reihenfolge entspricht der Anordnung der Artikel im Materialienband.

1. GV_Mais (Alfs u. Hößle)
2. Ökologische_Auswirkungen (Gad u. Mittelsten Scheid)
3. Gentechnik_Spannungsfeld (Meisert u. Böttcher)
4. Anbau_Soja (Böttcher)
5. Amflora (Alfs u. Hößle)
6. Genkartoffel (Reitschert)
7. Planspiel_Gen_Fit (Schwanewedel)
8. Golden_Rice (Elster)
9. Pappeln (Eggert u. Barfod-Werner)

Gentechnisch veränderter Mais in Deutschland

—
Wie bilde ich mir ein Urteil?



Neele Alfs und Prof. Dr. Corinna Höhle
Carl-von-Ossietzky-Universität Oldenburg
Institut für Biologie und Umweltwissenschaften
AG Biologiedidaktik
Carl-von-Ossietzky-Straße 9-11
26111 Oldenburg

1.1 Einleitung

Die Anwendung von gentechnisch veränderten Pflanzen in der Landwirtschaft wird seit mehreren Jahren kontrovers diskutiert und ist in den Medien fast täglich präsent. Ein aktuelles Beispiel ist die öffentliche Auseinandersetzung um die Chancen und Risiken der Grünen Gentechnik in der Land- und



Maisfeld in Niedersachsen

Lebensmittelwirtschaft am Beispiel des insektenresistenten Bt-Mais. Dieser besitzt ein Gen aus dem Bodenbakterium *Bacillus thuringiensis* (Bt), welches ihn gegen seinen häufigsten Schädling, den Maiszünsler, resistent macht. Bt-Mais ist in mehreren Ländern zugelassen und wird bereits seit 1998 in der Europäischen Union angebaut. In Deutschland wurde der Anbau 2009 aufgrund unklarer Risiken wieder verboten.¹ In der Öffentlichkeit entfaltete sich daraufhin eine kontroverse Diskussion um Vorteile und die negativen Folgen.

Ziel dieser Unterrichtsmaterialien ist es, den Schülerinnen und Schülern mit dem „Strukturmodell ethischer Urteilsbildung im Kontext moderner Biotechnologien“ nach Katrin Platzer und Kristina Sinemus² eine Methode an die Hand zu geben, mit deren Hilfe sie den bioethischen Konflikt um Bt-Mais reflektiert und faktenbasiert betrachten und anschließend ein moralisches Urteil fällen können³. Hierbei ist ein wichtiger Grundsatz, die Schülerinnen und Schüler nicht hinsichtlich einer Meinung zu beeinflussen, sondern sie lediglich bei der Bildung ihres persönlichen Urteils zu unterstützen. So kann es gelingen, die Bewertungskompetenz im Biologieunterricht zu fördern. Bewertungskompetenz⁴ bezeichnet dabei die Fähigkeit, sich in komplexen Problemsituationen, wie z. B. bei bioethischen Dilemmata, begründet entscheiden und so kompetent am kontroversen gesellschaftlichen Diskurs teilhaben zu können.⁵

In diesem Fall steht im Vordergrund, ob das technisch Machbare auch ethisch vertretbar ist. Sollte es erlaubt werden, gentechnisch veränderten Bt-Mais freizusetzen? Um diese Frage reflektiert zu beantworten, ist das ethische Bewerten als entscheidende Kompetenz erforderlich.

Der naturwissenschaftliche Unterricht hat die Aufgabe, die Heranwachsenden über brisante bioethische Themen wie die Grüne Gentechnik im Rahmen seiner Möglichkeiten aufzuklären und zu einer reflektierten ethischen Bewertung anzuleiten.⁶

Bewertungskompetenz stellt dabei einen der vier Kompetenzbereiche (Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung) dar, die durch die Bildungsstandards⁷ aufgestellt wurden. Folgende Ziele zunehmender Bewertungskompetenz werden beschrieben:

¹ Bescheid zum Anbauverbot des Bundesministeriums für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit siehe: http://www.bvl.bund.de/cln_027/DE/08_PresseInfothek/00_doks_downloads/mon_810_bescheid.templateId=raw.property=publicationFile.pdf/mon_810_bescheid.pdf

² Vgl.: Platzer, K./Sinemus, K., 2001. Die Methode wurde etwas abgewandelt und didaktisch reduziert.

³ Vgl. auch: Alfs, N./Höbke, C., 2009.

⁴ Der Begriff wird hier synonym zum Begriff „moralische Urteilsfähigkeit“ benutzt.

⁵ Vgl.: Reitschert, K./Langlet, J./Höbke, C./Mittelsten Scheid, N./Schlüter, K., 2007.

⁶ Vgl.: KMK, 2004.

⁷ Vgl.: Ebd.

- Wertschätzung für eine intakte Natur und eine gesunde Lebensführung
- Verständnis für Entscheidungen im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung
- Erschließung neuer Sachverhalte in Anwendungsgebieten der modernen Biologie
- Fähigkeit zur Beteiligung am gesellschaftlichen Diskurs

Anhand der von Platzer und Sinemus beschriebenen Methode kann es gelingen, diese und die folgenden Teilkompetenzen gezielt zu fördern:

- Fähigkeit des Perspektivenwechsels
- Folgenreflexion
- Empathie
- Bewusstwerdung des eigenen Toleranzrahmens und dessen Erweiterung
- Begründung eines eigenen oder fremden Urteils
- Vertreten eines eigenen Standpunktes unter Berücksichtigung individueller und gesellschaftlich verhandelbarer Werte¹

Die nun folgende Unterrichtseinheit, die als Grundlage die Methode der ethischen Urteilsfindung nach Platzer/Sinemus hat, soll die Schülerinnen und Schüler dazu anleiten, sich kritisch mit der Frage auseinanderzusetzen, ob der Anbau von Bt-Mais in Deutschland zu rechtfertigen ist oder nicht. In diesem Zusammenhang sollen die verschiedenen Argumente, Chancen, Risiken und Folgen reflektiert und abschließend ein eigenständiges und verantwortungsbewusstes Urteil gefällt werden.

¹ Vgl.: Ebd.

1.2 „Strukturmodell ethischer Urteilsbildung im Kontext moderner Biotechnologien“ nach Platzer und Sinemus (2001)

Das Modell ethischer Urteilsbildung stellt ein Verfahren mit inhaltlichen Implikationen dar, das eine stufenweise Prüfung des vorliegenden Problems mit abschließender Urteilsbildung umfasst.

Folgende Stufen werden dabei durchlaufen:

1. Formulierung des zu lösenden Problems und Erarbeitung der Sachinformationen
2. Betrachtung der Folgen, die durch die neue Technologie entstehen
3. Persönliche Urteilsfällung

Für alle Stufen gibt es feste inhaltliche Überprüfungskriterien bzw. Regeln, die befolgt werden müssen. Diese sollten anfangs gemeinsam besprochen und für alle verbindlich gemacht werden (*Arbeitsmaterial 1: Einführung in die Methode*). Anschließend sollen die Schülerinnen und Schüler anhand der neu gelernten Methode die aktuelle Diskussion um den Anbau von Bt-Mais in Deutschland aufarbeiten, nachvollziehen und bewerten.

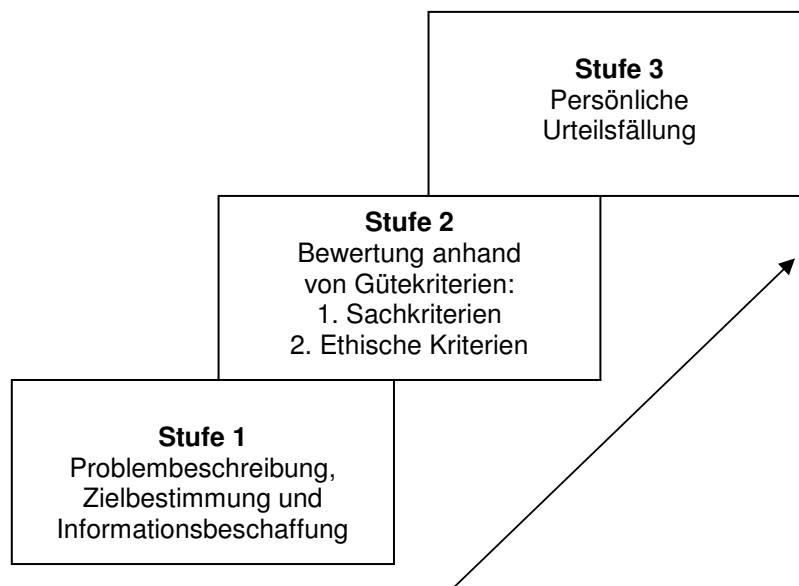


Abb. 1: Die Stufenmethode zur Urteilsbildung (leicht verändert nach Platzer/Sinemus¹)

1.2.1 Stufe 1: Problembeschreibung, Zielbestimmung und Informationsbeschaffung

Auf der ersten Stufe soll zunächst das vorliegende Problem genau beschrieben werden, damit eine anschließende Folgenbetrachtung und Risikoabschätzung möglich ist. Der zu beurteilende Gegenstand, in diesem Fall die Risiken und Chancen von Bt-Mais, soll möglichst genau beschrieben werden. Sachinformationen sollten ausführlich recherchiert und aufbereitet werden, sodass alle Schülerinnen und Schüler anschließend Einblick in die Problematik haben. Diese Stufe kann entweder

¹ Vgl.: Platzer, K./Sinemus, K., 2001.

auf der Basis von ausgewählten aufbereiteten Informationen, die die Lehrkraft an die Schülerinnen und Schüler weitergibt, durchlaufen werden oder die Schülerinnen und Schüler nehmen eigenständig eine Recherche und Präsentation im Klassenverband vor.

Bei Bt-Mais handelt es sich um Mais, der durch eine gentechnische Veränderung einen Stoff produziert, mit dem einer der größten Maisschädlinge, der *Maiszünsler*, abgetötet werden kann. Der Maiszünsler ist in den südlichen und südöstlichen europäischen Maisanbaugebieten weit verbreitet. In Deutschland beschränkte sich das Vorkommen lange Zeit auf einzelne Gebiete im Süden. Seit ca. 1960 ist der Zünsler aber kontinuierlich Richtung Norden gewandert und hat inzwischen die Ostseeküste erreicht. 2006 wurde erstmalig ein Befall in Niedersachsen festgestellt.¹ Die Raupen dieser mottenartigen Nachtfalter vernichten jedes Jahr zwischen 7-10 Prozent der weltweiten Maisproduktion. Der Trick des Zünslers ist es, dass sich die Raupen, kurz nachdem sie aus den Eiern geschlüpft sind, in den Stängel der Pflanze fressen, wo sie sowohl vor Fraßfeinden als auch vor Insektiziden sicher sind. Mit der traditionellen Züchtung von resistenten Sorten und der herkömmlichen Bekämpfung durch chemische Bekämpfungsmittel konnten die Schäden bisher nicht nennenswert verringert werden. Da es keine wirksamen Gegenmittel gibt, nehmen die Landwirte in den befallenen Gebieten die Schäden größtenteils so in Kauf.² Durch den Einsatz von Gentechnik ist es seit einiger Zeit möglich, eine Maispflanze herzustellen, die sich sozusagen selbst vor dem Befall des Maiszünslers schützt. Gentechnisch veränderter Mais bildet das Bt-Toxin, welches aus dem Bodenbakterium *Bacillus thuringiensis* (Bt) isoliert und in den Bt-Mais übertragen wurde. Bt-Toxin ist ein Protein, das von dem Bakterium zunächst in einer ungiftigen Form gebildet wird. Erst im Darm bestimmter Fraßinsekten wie dem Maiszünsler wird es in eine giftige Variante umgewandelt. Die Insekten abtötende Wirkung dieses Bakteriums ist seit Langem bekannt. Vor ca. zehn Jahren ist es der Gentechnik gelungen, dieses Gen in Mais zu übertragen. Nun kann in allen Pflanzenteilen das Gift gebildet werden und die Larven des Maiszünslers werden beim Fressen an der Pflanze getötet.³

Bt-Mais wird vor allem in den USA großflächig angebaut. So wurde im Jahr 2007 auf 18,4 Millionen Hektar gentechnisch veränderter Mais angepflanzt. Auch in Europa hat der Anbau von Bt-Mais in den letzten Jahren kontinuierlich zugenommen und erreichte 2007 eine Fläche von 110.000 Hektar, das entspricht etwa einem Prozent der gesamten Maisanbaufläche.⁴ Bt-Mais ist die einzige gentechnisch veränderte Pflanze, die in Europa kommerziell angebaut werden darf, und



zwar sowohl als Lebens- als auch als Futtermittel. Die Sorte MON810 (von der Firma Monsanto) wurde 1998 nach damaligem Gentechnikrecht in der EU zugelassen, diese Zulassung ist jedoch 2007

¹ Vgl.: <http://www.biosicherheit.de/de/mais/bt-konzept/143.doku.html> „Maiszünsler. Ein raffinierter Schädling.“ [letzter Aufruf: 11.09.2008]

² Vgl.: Ebd.

³ Vgl.: <http://www.biosicherheit.de/de/mais/631.doku.html> „Was ist Bt-Mais?“ [letzter Aufruf am 24.06.2008]

⁴ Vgl.: <http://www.biosicherheit.de/de/mais/634.doku.html> „Bt-Mais: Zulassung und Anbau.“ [letzter Aufruf am 24.06.2008]

ausgelaufen, ein neuer Antrag wurde von der Herstellerfirma gestellt. Im März 2009 erließ Bundeslandwirtschaftsministerin Ilse Aigner ein Anbauverbot für die gentechnisch veränderte Maissorte MON810 des Herstellers „Monsanto“¹. Sie begründete das Verbot damit, dass neuere Risikostudien und unklare Risiken eine Aussaat nicht zulassen. Aigner stützt ihr Urteil auf Studien, die u.a. Folgendes feststellten:

- der **Toxingehalt** schwankt stark und ist nicht vorhersagbar bzw. abhängig von Umweltfaktoren,
- das Bt-Toxin im Mais ist chemisch **nicht identisch** mit dem originalen Giftstoff der *Bacillus thuringiensis* Bakterien und ist somit von seinen physiologischen Wirkungen auch nicht vergleichbar,
- die schädigenden Einflüsse des Bt-Toxins auf **Nicht-Ziel-Organismen** (Florfliege, Marienkäfer, Bienen) verdichten sich.

Deutschland ist somit neben Frankreich, Griechenland, Österreich, Ungarn und Luxemburg das sechste EU-Land, das den Bt-Mais MON810 verbietet.

Die ethische Problematik des Bt-Mais besteht darin, dass Bt-Mais zwar deutliche wirtschaftliche Vorteile bietet, gleichzeitig aber auch schwer abschätzbare ökologische, biologische und gesundheitliche Langzeitfolgen möglich sind (ausführliche Erläuterung im folgenden Text). Es stellt sich also die Frage, wie dieser Sachverhalt zu bewerten ist.

Für die erste Stufe ethischer Urteilsbildung wurde das *Arbeitsmaterial 2: Sachinformationen Bt-Mais* konzipiert. Dieses Material leitet die Schülerinnen und Schüler dazu an, sich mit der Problematik auseinanderzusetzen und Hintergrundinformationen zu beschaffen. Eine wichtige Teilkompetenz von Bewertungskompetenz ist das Wahrnehmen und Bewusstmachen moralischer Relevanz. Diese Teilkompetenz wird in der ersten Aufgabe angesprochen, indem zunächst das eigentliche Problem erfasst werden muss. Die ethische Problematik besteht darin, dass sich die Frage stellt, ob gentechnisch veränderter Bt-Mais angebaut werden sollte oder nicht.

1.2.2 Stufe 2: Bewertung anhand von Gütekriterien

Als ein Ziel des menschlichen Handelns beschreiben Platzer/Sinemus „die Sicherung und Verbesserung der menschlichen Lebensmöglichkeiten durch die sinnvolle Entwicklung und Anwendung technischer Mittel“². Diese technischen Mittel müssen jedoch hinsichtlich ihrer moralischen Vertretbarkeit der Folgen anhand von Gütekriterien bewertet werden.

Die Bewertung der Folgen, die die Anwendung der Grünen Gentechnik nach sich zieht, findet in zwei Schritten statt: Zuerst wird überprüft, inwiefern die Folgen der Sachgerechtigkeit entsprechen. Dies erfolgt durch Anlegen der Sachkriterien „Funktionsfähigkeit“, „Sicherheit“ und „Wirtschaftlichkeit“. Anschließend wird überprüft, inwieweit die ethischen Kriterien durch die „Humanorientierung“,

¹ Der Bescheid zum Anbauverbot des Bundesministeriums für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, siehe: http://www.bvl.bund.de/cIn_027/DE/08__PresseInfothek/00__doks__downloads/mon_810_bescheid,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/mon_810_bescheid.pdf

² Vgl.: Platzer, K./Sinemus, K., 2001.

„Umweltorientierung“, „Sozialorientierung“ und „Zukunftsorientierung“ berührt werden. Abschließend, nach der genauen Betrachtung der Folgen, kommt es zur Urteilsfällung, bei der jede/r Schüler/in sein/ihr persönliches Urteil fällen soll.

1.2.2.1 Bewertung anhand von Sachkriterien

Zur Beurteilung technischer Mittel gibt es drei Gütekriterien, die herangezogen werden, um die Folgen und Potenziale der Grünen Gentechnik bei Bt-Mais abschätzen zu können:

1. Funktionsfähigkeit

Ein technisches Mittel gilt dann als funktionsfähig, wenn es sich im Gebrauch oder Betrieb als wirksam, zuverlässig, genau und dauerhaft erweist, also gut funktioniert.

Bt-Mais wurde, wie alle gentechnisch veränderten Organismen, erst im Labor, dann im Gewächshaus und anschließend beim Feldversuch im Freiland getestet und untersucht. Das Gentechnikgesetz regelt diese Prüfung genau. Im Rahmen einer Sortenprüfung wird kontrolliert, ob die neue Eigenschaft, wie in diesem Fall die Insektenresistenz, in der transgenen Pflanze und in ihren Folgegenerationen stabil ist. Außerdem wird kontrolliert, ob die Sorte wirklich einen Vorteil gegenüber den herkömmlichen Sorten bietet. Umfangreiche Untersuchungen haben hierbei festgestellt, dass Bt-Mais die neue Eigenschaft der Insektenresistenz stabil auch in Folgegenerationen besitzt.¹

Zudem sollte einbezogen werden, ob es Alternativen zum Einsatz von Bt-Mais gibt. Hier sind z. B. der Einsatz der Schlupfwespe Trichogramma als natürlicher Feind des Maiszünslers, ackerbauliche Maßnahmen wie ein tieferes Durchpflügen des Bodens, um ein Überwintern der Larven zu verhindern oder der Einsatz des Bt-Toxins als chemisches Spritzmittel zu nennen. Die ackerbauliche und die biologische Maßnahme haben sich als wenig wirksam erwiesen. Das Bt-Toxin als Insektizid schützt die Pflanzen weitgehend gegen den Maiszünsler. Im Gegensatz zu vielen chemischen Insektiziden ist das Bt-Toxin für den Menschen harmlos und wird schnell abgebaut. Deshalb dürfen Bt-Präparate auch im Bio-Landbau eingesetzt werden. Das Problem besteht jedoch darin, dass der Landwirt genau den richtigen Zeitpunkt zum Aufsprühen auf das Feld erreichen muss, da das Insektizid den Zünsler nur beeinträchtigen kann, solange er sich noch nicht in den Stängel der Pflanze hindurchgefressen hat. Dieser Zeitraum umfasst nur wenige Tage, was den Einsatz für den Landwirt kompliziert und ineffektiv macht.

2. Wirtschaftlichkeit

Das Kriterium der Wirtschaftlichkeit verlangt eine realistische Einschätzung der Kosten, der Effizienz, der stofflichen Ausbeute und der mengenmäßigen Produktivität. Besonders wichtig ist hierbei der sparsame Einsatz von Ressourcen.

¹ Vgl.: Platzer, K./Sinemus, K., 2001.

Schätzungen des Julius-Kühn-Instituts (ehemals Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft) ergaben, dass der Maiszünsler in Deutschland einen jährlichen Schaden zwischen elf und zwölf Millionen Euro verursacht, da die befallenen Pflanzen abknicken und nicht mehr bewirtschaftet werden können. In Regionen mit hohem Zünslerbefall hat Bt-Mais gegenüber den herkömmlichen Bekämpfungsmethoden wirtschaftliche Vorteile: Er wirkt gezielt auf die Insekten, ist effektiv und zuverlässig. Der Landwirt kann auf den Einsatz von Pestiziden zur Zünslerbekämpfung verzichten, er spart außerdem Arbeitszeit, Personal und Kosten für den Maschineneinsatz. Zudem vermeidet er Ernteauffälle durch abgeknickte Pflanzen, die bei starkem Zünslerbefall bis zu 30 Prozent betragen können.¹

Bleibt jedoch ein starker Befall aus und treten die Schädlinge nur vereinzelt auf, lohnt sich der Einsatz von Bt-Mais nicht. Die Landwirte nehmen den Befall und die Verluste in Kauf, da in diesem Fall die Ernteerträge von konventionellem unbehandeltem Mais und konventionellem Mais, der mit einem Insektizid gespritzt wurde, höher sind als bei Bt-Mais.²

3. Sicherheit

Der Einsatz technischer Systeme kann unter Umständen Sicherheitsrisiken für Menschen und Tiere bergen. Beim Einsatz neuer Technologien kann, wie auch in anderen Lebensbereichen, keine absolute Sicherheit gewährleistet werden. Chancen und Risiken müssen kritisch gegeneinander abgewogen werden.

Insektenresistenter Bt-Mais wird durch die Übertragung von Genen aus dem Bodenbakterium *Bacillus thuringiensis* erzeugt. Der Gentransfer bewirkt die Bildung von Bt-Proteinen, die zur Abtötung der Maiszünslerlarven führt.

Verschiedene Sicherheitsrisiken müssen an dieser Stelle abgewogen werden: Zum einen stellt sich die Frage, ob der neue Mais ein Lebensmittelrisiko birgt. Dieses wird durch verschiedene Sicherheitsuntersuchungen überprüft. Grundsätzlich lässt sich sagen, dass ein neues Protein immer ein Allergierisiko und somit auch ein Lebensmittelrisiko darstellt, der Bt-Mais aber nicht gefährlicher ist als der herkömmliche Mais.

Im Gegensatz zu vielen chemischen Insektiziden ist Bt-Toxin für den Menschen harmlos und wird schnell abgebaut. Deshalb werden Bt-Präparate schon seit langer Zeit insbesondere im ökologischen Landbau als biologische Pflanzenschutzmittel eingesetzt.

Der Bt-Mais MON810 ist in der EU nur zugelassen worden, weil er laut der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit nachweislich genauso sicher ist wie konventioneller Mais.³ Dasselbe gilt laut dieser Studien auch für Lebens- und Futtermittel, die aus diesen Pflanzen hergestellt werden. Die

¹ Vgl.: <http://www.biosicherheit.de/de/mais/631.doku.html> „Was ist Bt-Mais?“ [letzter Aufruf am 24.06.2008]

² Siehe dazu die Untersuchung der Landesanstalt für Landwirtschaft des Freistaates Sachsen zur Wirtschaftlichkeit von MON810: http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/download/3646_1.pdf

³ Vgl.: <http://www.biosicherheit.de/de/mais/633.doku.html> „Bt-Mais: Sicher für Mensch und Umwelt?“ [letzter Aufruf am 24.06.2008]

Zulassung einer gentechnisch veränderten Pflanze kann in der EU nur erfolgen, wenn erforderliche Sicherheitsbewertungen durchgeführt wurden. Für die Sicherheitsprüfungen ist in Europa die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) zuständig, die bei der wissenschaftlichen Sicherheitsbewertung von einem Gremium aus unabhängigen Experten unterstützt wird. Seit der Zulassung 1998 hat die EFSA mehrfach das Thema MON810 aufgegriffen, beraten und wiederholt festgestellt, dass es keine neuen wissenschaftlichen Erkenntnisse gebe, die Zweifel an der Sicherheitsbewertung zulassen könnten.¹

1.2.2.2 Bewertung anhand von ethischen Kriterien

Technische und sachliche Kriterien sind notwendige, aber nicht allein hinreichende Bedingungen zur Sicherung und Verbesserung menschlicher Lebensmöglichkeiten. Um sich ein umfassendes Bild über eine neue Technologie machen und anschließend ein Urteil fällen zu können, sind diese Kriterien durch ethische Kriterien zu ergänzen. Zu den ethischen Kriterien gehören: Human-, Sozial-, Umwelt- und Zukunftsorientierung.²

1. Humanorientierung

Dieses Kriterium nimmt das Verhältnis von Mensch und Technik in den Blick. So gilt eine Technologie als humanverträglich, wenn weder der Einsatz noch die unbeabsichtigten Folgen der Sicherheit des individuellen Lebens, der menschlichen Identität und Integrität schaden. Etwas ist humanförderlich, wenn die Sicherheit des menschlichen Lebens, die menschliche Identität und Integrität unterstützt und gefördert wird. Schadet hingegen eine neue Technologie dem menschlichen Leben, so ist sie humanunverträglich.

Bt-Mais weist unterschiedliche strukturelle Veränderungen auf, die ein Risikopotenzial für die menschliche Gesundheit beinhalten. Die gentechnisch veränderten Maissorten besitzen neben der Insektenresistenz eine Antibiotikaresistenz als Markergen. Diese dient der Auswahl der bakteriellen Zellkulturen, bei denen der Einbau des Bt-Gens gelungen ist. Antibiotikaresistenzgene werden bei Transformationsexperimenten mit Pflanzen als Markergene genutzt, um frühzeitig die erfolgreiche Transformation der neuen Gene nachzuweisen. Nach wie vor stellt sich die Frage, ob die Antibiotikaresistenzgene beim Verrotten der Pflanzenreste im Boden, über das Tierfutter oder über den Verzehr von Lebensmitteln, die aus transgenen Pflanzen hergestellt worden sind, von Bakterien des Bodens oder des Magen-Darm-Traktes aufgenommen werden können und es so zu einer Antibiotikaresistenz beim Menschen kommen kann. Kritiker sehen hierin ein großes Risiko, Befürworter bestreiten diese Tatsache.³

Nach wissenschaftlichen Studien⁴ ist die Wahrscheinlichkeit, dass sich Antibiotikaresistenzen durch die Verwendung als Markergene weiter verbreiten und ein zusätzliches Gefährdungspotenzial für

¹ Vgl.: <http://www.biosicherheit.de/de/mais/633.doku.html> „Bt-Mais: Sicher für Mensch und Umwelt?“ [letzter Aufruf am 24.06.2008]

² Platzer, K./Sinemus, K., 2001: 98.

³ Vgl.: Ebd.: 98.

⁴ Zu den Studien siehe Platzer, K./Sinemus, K., 2001: 98.

Menschen und Tiere bieten, als relativ gering einzuschätzen, es kann jedoch nicht ganz ausgeschlossen werden.

Weiteren wissenschaftlichen Untersuchungen¹ zufolge ist außerdem die Wahrscheinlichkeit, dass beim Verrotten von Pflanzenmaterial oder beim Verzehr von pflanzlichen Nahrungsmitteln ein horizontaler Gentransfer vom Pflanzenmaterial auf Mikroorganismen stattfindet, als gering einzustufen, aber nicht ganz auszuschließen.²

Ein weiteres Risiko geht von dem Allergiepotenzial der gentechnisch veränderten Nahrungsmittel aus. Allergiegefahr geht grundsätzlich von Proteinen aus, die in der Nahrung nachweisbar auftreten. Das Risiko neu auftretender Allergien wird von einigen Fachleuten bei gentechnisch veränderten Pflanzen allerdings höher eingeschätzt als bei klassisch gezüchteten. Entsprechende Untersuchungen über das Bt-Protein haben aber ergeben, dass das Protein im Magen sehr schnell abgebaut wird, gegen Hitze empfindlich ist (Zerstörung beim Kochen) und dass keine Ähnlichkeit zu bekannten Allergenen besteht. All dies deutet darauf hin, dass das Bt-Protein keine allergenen Eigenschaften aufweist. Mit Sicherheit ausschließen lässt sich ein Allergierisiko jedoch nicht.³

Eine wesentliche Rolle spielt in der Bewertung der Grünen Gentechnik die Selbstbestimmung und Souveränität des Verbrauchers. Der Verbraucher sollte selbst entscheiden können, ob er gentechnisch veränderte Produkte kauft oder auf unveränderte Produkte zurückgreift. Um dieses zu garantieren, ist eine weitgehende Kennzeichnungspflicht vorgeschrieben. Gekennzeichnet werden müssen alle Produkte, die aus gentechnisch veränderten Pflanzen hergestellt sind. Davon ausgenommen sind zufällige, technisch unvermeidbare Beimischungen von gentechnisch veränderten Organismen (GVO), für die in der EU ein Schwellenwert von 0,9 Prozent gilt. Um unbeabsichtigte Vermischungen zu vermeiden, müssen beim Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen besondere Regeln eingehalten werden, ebenso bei Lagerung, Transport und Verarbeitung der Ernteprodukte.⁴ Befürworter der Gentechnik halten diese Bestimmungen für ausreichend, Kritiker wünschen sich einen Schwellenwert von 0 Prozent, um die unkontrollierbare Verbreitung und die Vermischung von gentechnisch veränderten und gentechnikfreien Produkten zu verhindern.

2. Umweltorientierung

Dieses Kriterium bezieht sich auf das Verhältnis von Mensch, Umwelt und Technik. Umweltverträglich werden diejenigen Mittel genannt, die hier keine Schäden hervorrufen bzw. eingetretene oder verursachte Schäden mindern oder beseitigen. Umweltförderlich sind Techniken oder neue Technologien, die das Verhältnis von Mensch, Umwelt und Technik verbessern. In diesem Zusammenhang spielen Aspekte wie Bewahrung der Schöpfung, Frieden mit der Natur und Kriterien eines naturgerechten Verhaltens eine bedeutende Rolle.⁵

¹ Vgl.: Eckelkamp, C./Jäger, M./Weber, B., 1998.

² Vgl.: Platzer, K./Sinemus, K., 2001: 98.

³ Vgl.: Ebd.

⁴ <http://www.biosicherheit.de/de/mais/634.doku.html> „Bt-Mais: Zulassung und Anbau.“ [letzter Aufruf am 24.06.2008]

⁵ Vgl.: Bender, W./Gassen, H.G./Platzer, K./Sinemus, K., 2001: 116.

Ein starker Kritikpunkt ist die hohe Wahrscheinlichkeit für eine schnelle Resistenzentwicklung bei den zu bekämpfenden Schadinsekten. Herkömmliche Schädlingsbekämpfungsmittel, bspw. chemische Mittel oder Sporenpräparate, die im ökologischen Landbau eingesetzt werden, haben bedingt durch Umwelteinflüsse wie Regen oder Wind nur eine begrenzte Wirkungsdauer. Bei transgenen Pflanzen, in denen dauerhaft das Toxin in der Pflanze gebildet wird und auf die Insekten wirken kann, ist der Selektionsdruck auf die Schädlingspopulationen deutlich höher, sodass mit Resistenzentwicklungen¹ zu rechnen ist. Wäre dies der Fall, müssten andere chemische Bekämpfungsmittel zusätzlich eingesetzt werden und die Vorteile des Bt-Mais wären stark minimiert. Sollten keine geeigneten Gegenmaßnahmen entwickelt werden, gehen auch Befürworter nur von einem zeitlich begrenzten anbautechnischen Vorteil aus. Ein Resistenzmanagement wird in Amerika derzeit schon praktiziert, indem neben jeder Bt-Kultur ein sog. Refugium aus nicht-transgenen Maiskulturen angepflanzt werden muss. Mögliche resistente Insekten können sich so mit nicht-resistenten Insekten verpaaren und der Selektionsdruck wird durch die Durchmischung deutlich gemindert. Erste resistente Schädlinge gegenüber dem Bt-Toxin sind bereits aufgetreten: Wissenschaftler der University of Arizona fütterten in den Anbaugebieten von Bt-Baumwolle die Larven des Baumwollkapselbohrers mit dem Bt-Toxin. Es stellte sich heraus, dass viele Larven zwischen 50 und 1000 mal mehr von dem Bt-Toxin vertrugen als solche Larven, die noch nie mit dem Stoff in Berührung gekommen waren. Ab einer zehnfach erhöhten Dosis sprechen die Forscher von einer Resistenz. Die Experten befürchten jetzt, dass Schädlinge von gentechnisch verändertem Mais ebenfalls resistent werden.²

Ein weiteres ökologisches Risiko stellen die sog. Nicht-Ziel-Effekte, z. B. die Schädigung von Nützlingen dar. Hierzu zählt man eine erhöhte Sterblichkeit und reduzierte Fruchtbarkeit von Bodenlebewesen, Mikroorganismen und Insekten, die als Nicht-Zielorganismen aber genauso wie die Ziel-Organismen (Maiszünsler) den erhöhten Konzentrationen des Bt-Giftes in der Pflanze und durch die verrottenden Pflanzenteile im Boden ausgesetzt sind. Ein Beispiel für Nicht-Ziel-Organismen sind Florfliegen, die als Nutzinsekten große Mengen an Blattläusen fressen. In Laborstudien³ wurden die Fliegen, die Fressfeinde des Maiszünslers sind, mit Bt-geschädigten Maiszünslern bzw. mit dem Bt-Toxin gefüttert. In beiden Fällen starb ein Teil der Fliegen aufgrund der Wirkung des Toxins. Neueren Studien zufolge ist dieses Phänomen aber nur in Laboren, die keine natürlichen Bedingungen wie auf einem Feld darstellen, zu finden. In einer Schweizer Studie wurden erwachsene Florfliegen mit Bt-Maispollen gefüttert und abschließend festgestellt, dass diese nicht durch Bt-Maispollen beeinträchtigt werden und der Pollen daher kein Risiko für die Fliegen darstellt.⁴

Bt-Mais MON810 wirkt spezifisch nur auf Schmetterlingsraupen. Diese sind, je nach Art, unterschiedlich empfindlich gegenüber dem Toxin. Aber nur der Maiszünsler lebt in der Maispflanze

¹ Studien zur Resistenzentwicklung bei Schädlingen siehe: <http://www.biosicherheit.de/de/mais/resistenz/598.doku.html> [letzter Aufruf am 11.09.2008]

² Ohne Autor, 2008.

³ Zur Studie siehe: Bigler, F./Keller, B./Keller, M., 1997.

⁴ Studie der Schweizer Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon. Siehe dazu: <http://www.biosicherheit.de/de/aktuell/653.doku.html> [letzter Aufruf am 11.09.2008]

und ernährt sich davon. Die meisten anderen Schmetterlingsraupen ernähren sich nicht von Mais. Die Schmetterlinge können aber über den Pollen mit den Bt-Toxinen in Berührung kommen.¹

Im Mai 1999 ergab eine Studie² von Forschern um John Losey an der Cornell University, dass die Larven von Monarch-Schmetterlingen eine erhöhte Sterberate aufwiesen, wenn sie Pollen von gentechnisch verändertem Mais zu sich genommen hatten. Diese Studie wurde von Gegnern als unwissenschaftlich und unvollständig kritisiert und rief eine Reihe von Gegenstudien mit gegenteiligen Ergebnissen hervor. Diese Gegenstudien³ beschäftigten sich vor allem mit der Frage, ob der Monarchfalter unter natürlichen Bedingungen überhaupt mit Pollen von Bt-Mais in Kontakt kommt. Diese Studien wiederum belegen, dass keine Gefährdung der Monarchfalter-Populationen zu erwarten ist.

Auch Bienen können über den Pollen in Kontakt mit dem Bt-Toxin kommen, wenn sie Pollen sammeln. Einer Schweizer Studie⁴ zufolge wurde kein Effekt auf die Überlebensrate von Honigbienen nachgewiesen. Es ist allerdings noch nicht abschließend geklärt, ob nicht Stressfaktoren wie Hitze oder Krankheiten die Anfälligkeit von Bienen gegenüber dem Toxin erhöhen.⁵

Generell lässt sich sagen, dass das Bt-Protein eine hohe Wirkgenauigkeit hat und somit vor allem auf die jeweiligen Schädlinge und ihre nahen Verwandten, aber wahrscheinlich nicht auf andere Insekten wirkt. Dennoch lassen sich Effekte auf andere Organismen nur schwer vollständig ausschließen.

Der Anbau von Bt-Mais ist in der EU nur erlaubt, wenn die Landwirtschaft, die weiterhin gentechnikfrei arbeiten will, keine unerwünschten Beimischungen erhält. Deshalb müssen beim Anbau von Bt-Mais, bei der Aussaat, bei Lagerung, Transport und Verarbeitung der Ernteprodukte bestimmte Auflagen eingehalten werden, die unkontrollierte Vermischungen oder Anreicherungen verhindern. Aber die Natur ist ein offenes System, das nur schwer kontrollierbar ist. Daher werden immer wieder Studien durchgeführt, die sich der Frage widmen, inwieweit herkömmliche und gentechnisch veränderte Pflanzen nebeneinander wachsen, d. h. koexistieren können bzw. sich vermischen. In den letzten Jahren sind zahlreiche wissenschaftliche Studien durchgeführt worden, um die Auskreuzungsraten bei Mais zu bestimmen. Maispollen ist im Vergleich zu anderen Pollen sehr schwer und fliegt nicht weit, es hat sich gezeigt, dass in der Regel bereits nach zwanzig Metern, in Einzelfällen nach dreißig oder fünfzig Metern, die Einträge von Bt-Mais unterhalb des gesetzlich festgelegten Schwellenwerts von 0,9 Prozent bleiben. In dem gesetzlich vorgeschriebenen Mindestabstand von 150 Metern, der zwischen konventionellen Feldern und Versuchsfeldern liegen sollte, ist also ein großer

¹ Vgl.: <http://www.biosicherheit.de/de/mais/633.doku.html> „Bt-Mais: Sicher für Mensch und Umwelt?“ [letzter Aufruf am 24.06.2008]

² Losey, J.E./Rayor, S./Carter, M.E./Smith, M.E., 1999.

³ Siehe z. B. Hodgson, J., 1999; Hansen, L./Obrycki, J./Gray, M./Steffey, K., 1999: Eine Zusammenfassung der Diskussion findet sich unter: <http://www.internutrition.ch/technol/enviro/m/schmetterl.html>

⁴ Vgl.: <http://www.biosicherheit.de/de/aktuell/527.doku.html> [letzter Aufruf am 10.09.2008]

⁵ Vgl.: <http://www.biosicherheit.de/de/mais/633.doku.html> „Bt-Mais: Sicher für Mensch und Umwelt?“ [letzter Aufruf am 24.06.2008]

"Sicherheitsaufschlag" enthalten.¹ Alle Untersuchungen zeigen zwar, dass nennenswerte Einkreuzungen von Bt-Mais als Folge von Pollenfernttransport mit hoher Wahrscheinlichkeit auszuschließen sind, es kann aber bei bestimmten Witterungsbedingungen, z. B. starkem Wind oder Aufwind durchaus dazu kommen, dass der Maispollen auch über größere Entfernungen verfrachtet wird.

3. Sozialorientierung

Es wird an dieser Stelle die Frage fokussiert, inwieweit die Einführung gentechnisch veränderter Lebensmittel das Verhältnis von Gesellschaft und Technik berührt. Mit Gesellschaft können sowohl einzelne Gesellschaften, aber auch die Weltgesellschaft gemeint sein, sodass nicht nur eine lokale, sondern auch eine globale Position eingenommen werden muss. Ein technisches Mittel gilt dann als sozialverträglich, wenn sein Gebrauch keine Schäden oder Nachteile für die menschliche Gesellschaft mit sich bringt bzw. eingetretene Schäden beseitigen hilft. Sozialförderlich sind solche Mittel, die das gemeinsame menschliche Leben verbessern helfen.

Anhand wissenschaftlicher Studien konnte belegt werden, dass die Abbauzeiten von Bt-Präparaten im Boden kurz sind, weshalb das Bt-Toxin als chemisches Bekämpfungsmittel schon seit 1961 im Biolandbau eingesetzt wird. Wird jetzt das Bt-Toxin mithilfe der Gentechnik als Gen in verschiedene Kulturpflanzen (Baumwolle, Kartoffel, Mais) eingebracht, erhöht sich die Menge an Bt-Proteinen in der Umwelt. Damit steigt wiederum auch die Wahrscheinlichkeit der Resistenzbildung bei Schädlingen. Für die konventionelle Landwirtschaft würde dies lediglich bedeuten, dass neue chemische Insektenvernichtungsmittel verwendet werden müssten. Der Biolandbau würde jedoch paradoxerweise sein wichtigstes Schutzmittel verlieren, da Bt-Proteine in der Bioproduktion die einzigen erlaubten und wirksamen Mittel gegen verschiedene Insektenschädlinge wie z. B. Käfer und Raupen sind.

Ein Landwirt, der sich dafür entschieden hat Bt-Mais anzubauen, haftet für alle wirtschaftlichen Schäden, die benachbarten Betrieben dadurch entstehen. Ein solcher Schaden könnte z. B. entstehen, wenn es zu Auskreuzungen von Bt-Mais auf einem konventionellen Nachbarfeld kommt, die über dem Schwellenwert von 0,9 Prozent liegen und somit daraus die Verpflichtung zu einer Kennzeichnung des Ernteguts als "gentechnisch verändert" folgt. Dem Landwirt des Nachbarfeldes würde so ein wirtschaftlicher Schaden entstehen. Der Bt-Mais anbauende Landwirt muss auch dann haften, wenn er alle Regeln und Vorschriften zum Anbau eingehalten hat. Ist kein einzelner Verursacher auszumachen, haften alle Bt-Mais-Anbauer einer Region.²

Ein weiterer Aspekt betrifft die Monopolisierung von Gentechnikunternehmen. So wird der Markt mit Gentechnik-Pflanzen fast vollständig von einigen wenigen Firmen beherrscht (Monsanto, Syngenta,

¹ Vgl.: <http://www.biosicherheit.de/de/mais/634.doku.html> „Bt-Mais: Zulassung und Anbau.“ [letzter Aufruf am 24.06.2008]

² Vgl.: <http://www.biosicherheit.de/de/mais/634.doku.html> „Bt-Mais: Zulassung und Anbau.“ [letzter Aufruf am 24.06.2008]

BayerCropScience, Dow und DuPont), was zu einer großen Abhängigkeit der Bauern von den Firmen führen kann, da diese Unternehmen den Markt gezielt kontrollieren und beeinflussen können.

4. Zukunftsorientierung

Das Kriterium der Zukunftsorientierung fordert, Human-, Sozial- und Umweltorientierung nicht nur für die Gegenwart, sondern auch für die nahe und die fernere Zukunft zu überprüfen. Folgende Regel sollte dabei beachtet werden: Der Nachwelt dürfen keine Probleme hinterlassen werden, deren Lösung uns heute noch nicht bekannt ist. Insgesamt geht es also um die Bewahrung und Verbesserung der Lebenschancen zukünftiger Generationen.¹

Ein Gesichtspunkt der Zukunftsorientierung könnte sein, dass von den Proteinen der gentechnisch veränderten Nahrungsmittel ein Allergierisiko ausgeht, welches bisher nur schlecht abschätzbar ist. Dieses besteht zwar ebenfalls bei den klassisch gezüchteten Pflanzen, das Risiko wird jedoch von einigen Fachleuten bei gentechnisch veränderten Pflanzen als höher eingeschätzt.

Zur Bearbeitung der zweiten Stufe bieten sich die *Arbeitsmaterialien 3: Gütekriterien* und *4: Gegner und Befürworter* an. Diese greifen Argumente bzw. Stellungnahmen aus der aktuellen Diskussion um Bt-Mais auf. Die Argumente und Folgenbetrachtungen sollen anhand der gelernten Methode in das System der Gütekriterien eingeordnet werden. Diese Systematisierung soll den Schülerinnen und Schülern deutlich machen, dass die Folgen von Bt-Mais sowohl positiv als auch negativ sein können und dass diese auf sehr unterschiedlichen Ebenen (Wirtschaft, Umwelt, Individuum) verlaufen bzw. aus unterschiedlichen Perspektiven (Landwirt, Verbraucher, Wissenschaftler) zu sehen sind.

Den Schülerinnen und Schülern werden an dieser Stelle entscheidende Teilkompetenzen von Bewertungskompetenz, nämlich das Wahrnehmen und Bewusstmachen moralischer Relevanz, die Folgenbetrachtung und der Perspektivwechsel² vermittelt. Diese Kompetenzen sind unbedingte Voraussetzung für eine verantwortungsvolle und reflektierte Urteilsfällung.

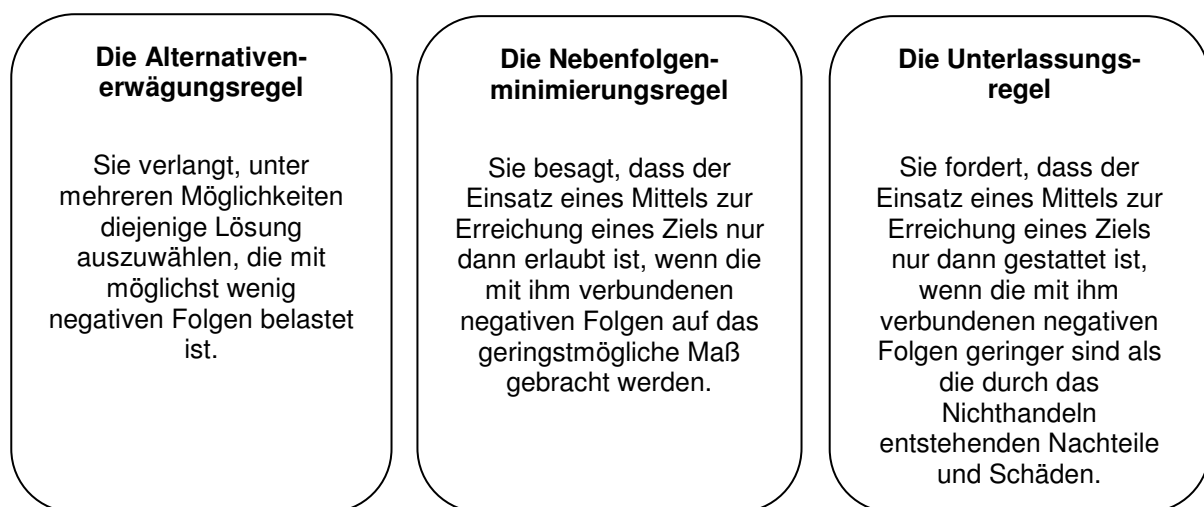
¹ Vgl.: Bender, W./Gassen, H.G./Platzer, K./Sinemus, K., 2001: 116.

² Vgl.: Reitschert, K./Höbke, C., 2007: 125-143.

1.2.3 Stufe 3: Persönliche Urteilsfällung

Auf der höchsten und letzten Stufe soll aufgrund der vorher gewonnenen Erkenntnisse aus den Stufen 1 und 2 über die Grüne Gentechnik und speziell ihren Einsatz bei Bt-Mais, das persönliche Urteil über den Anbau von Bt-Mais in Deutschland gefällt werden. Hierbei geht es um die Frage, die eingangs bei der Problembetrachtung erarbeitet wurde, nämlich ob man Bt-Mais in Deutschland anbauen sollte oder nicht.

Wenn die Überprüfung der Folgen durch die Gütekriterien bei Stufe 2 durchweg positiv ausgefallen ist, dann ist die Entscheidung sicherlich eindeutig. Gibt es aber auch negative Effekte, wird eine Entscheidung schwierig. An dieser Stelle können drei Regeln die Entscheidungsfindung unterstützen¹:



Mithilfe dieser Regeln soll nun jede/r Schüler/in sein/ihr persönliches Urteil fällen (*Arbeitsmaterial 6: Urteil*). Dabei sollten alle vorher bearbeiteten Arbeitsmaterialien und die diskutierten und systematisierten Folgen noch einmal herangezogen werden. Die Urteile können anschließend in der Klasse vorgestellt und diskutiert werden.

Nachdem oder bevor das Urteil gefällt wurde, kann die Bewertungskompetenz weiter geschult werden, indem das *Arbeitsmaterial 5: Protestaktion* bearbeitet wird. Dieses Material greift mit einem Zeitungsartikel, der von den Protestaktionen der Gegner von Bt-Mais berichtet, eine weitere aktuelle Diskussion auf, nämlich, ob solche Protestaktionen gerechtfertigt und sinnvoll sind. Auf der Basis dieses Materials können die Schülerinnen und Schüler diese Protestaktionen diskutieren, einen Standpunkt dazu einnehmen und alternative Protestmöglichkeiten erarbeiten.

¹ Vgl.: Platzer, K./Sinemus, K., 2001.

1.3. Zielgruppe und Ablauf

Bei der Zielgruppe handelt es sich um Schülerinnen und Schüler der gymnasialen Oberstufe (Schuljahrgang 10-12/13), die bereits gute Vorkenntnisse in Genetik und Ökologie haben. Außerdem sollten Fähigkeiten zur eigenständigen Internet- oder Literaturrecherche und zu selbstständigem Arbeiten vorhanden sein. Es bietet sich an, in unterschiedlichen Sozialformen (Einzel-, Partner- und Gruppenarbeit) zu arbeiten.

Der Ablauf sieht vor, dass innerhalb dieser Unterrichtseinheit die dargestellten Stufen moralischer Urteilsbildung durchlaufen werden. Zu allen Stufen finden sich Arbeitsmaterialien im Anhang. Diese können anhand ihrer fortlaufenden Nummerierung eingesetzt oder es können gezielt Materialien zu den einzelnen Stufen ausgewählt werden. Um diese Auswahl zu erleichtern, ist die jeweilige Stufe oben auf dem Material ausgewiesen. Zunächst sollte die Methode der moralischen Urteilsfindung für die Schülerinnen und Schüler transparent gemacht werden. Hilfestellung bietet hierbei das *Arbeitsmaterial 1: Einführung in die Methode*.

Für Stufe 1 ist eine ausführliche Recherche der Hintergrundinformationen Voraussetzung. Hierzu kann die Lehrkraft entweder auf die Sachinformationen aus dieser Lehrerhandreichung zurückgreifen oder *Arbeitsmaterial 2: Sachinformationen* als Anleitung benutzen, um die Schülerinnen und Schüler eigenständig recherchieren zu lassen.

Gute Recherchemöglichkeiten zu den Sachinformationen sowie zu Chancen und Risiken bieten die Internetseiten:

- www.biosicherheit.de
- www.transgen.de

Einen kritischen Einblick liefern z. B. die Seiten:

- <http://www.gentechnikfreie-regionen.de>
- <http://www.greenpeace.de/themen/gentechnik>
- <http://www.abl-ev.de/themen/gentechnikfrei.html>

Soll die Erarbeitung der Sachinformationen mithilfe von Literatur stattfinden, so finden sich Hinweise am Ende dieser Handreichung im Literaturverzeichnis.

Für die Bearbeitung der zweiten Stufe sind die *Arbeitsmaterialien 3: Gütekriterien* und *4: Gegner und Befürworter* vorgesehen. Diese greifen wesentliche Argumente und Stellungnahmen aus der aktuellen Diskussion um Bt-Mais auf. Die Schülerinnen und Schüler lernen hier, Argumente hinsichtlich der ethischen Positionen zu systematisieren. Des Weiteren wird die Sachkenntnis erweitert.

Die Bearbeitung der letzten Stufe kann anhand der *Arbeitsmaterialien 5: Protestaktion* und *6: Urteil* stattfinden. Die Schülerinnen und Schüler sollen hier aktuelle Protestaktionen von Gegnern der Grünen Gentechnik aus ihrer Sicht bewerten und anschließend über die Problematik ein eigenes Urteil fällen. In dieses Urteil sollten die Erkenntnisse aus den vorherigen Schritten einbezogen werden, es sollten außerdem Vor- und Nachteile abgewogen werden.

1.4 Didaktische Überlegungen

Dieser Methode der ethischen Urteilsbildung liegt eine ausführliche Erarbeitung eines aktuellen Sachverhaltes, eine Betrachtung der unterschiedlichen Argumente und Positionen der aktuellen Diskussion um Bt-Mais, die Reflexion möglicher Folgen und die abschließende persönliche Urteilsbildung zugrunde. Im Rahmen dieser Methode soll die Bewertungskompetenz gefördert werden. Folgende Teilkompetenzen von Bewertungskompetenz werden angesprochen und weiterentwickelt: Perspektivenübernahme, Folgenreflexion, Argumentieren, Beurteilen sowie das Wahrnehmen und Bewusstmachen der eigenen Einstellung und der moralischen Relevanz dieses aktuellen Konflikts um Bt-Mais.

Folgende Fragen sollte jede/r Schüler/in im Laufe dieser Einheit für sich beantworten:

- Wie bewerte ich die Vor- und Nachteile dieser neuen Technologie?
- Wie wichtig sind für mich die Chancen und die Risiken?
- Hat die Sicherheitsforschung in Deutschland bereits alle Bereiche ausreichend erforscht, sodass ein Anbau von Bt-Mais aus aktueller Sicht zulässig ist?
- Welche Stellungnahmen sind für mich glaubwürdig und überzeugend?

Anschließend sollte jede/r Schüler/in sein/ihr persönliches Urteil zu der Frage, ob sie/er dem Anbau von Bt-Mais zustimmt oder diesen eher ablehnt, fällen und begründen.

Die kognitiven Lernziele dieser Einheit bestehen darin, dass Sachinformationen zum Thema Mais, zu den Methoden der Gentechnik, zur gentechnischen Veränderung des Bt-Mais, zu ökologischen Prozessen etc. zu vermitteln sind, um das ethische Konfliktfeld überhaupt erfassen und die weiteren Stufen durchlaufen zu können. Dem Kompetenzbereich Fachwissen wird somit Rechnung getragen. Der Kompetenzbereich Kommunikation wird ebenfalls erfüllt, da die Schülerinnen und Schüler sich die Informationen beschaffen und hinsichtlich ihrer Glaubwürdigkeit beurteilen und bearbeiten müssen.

Breiten Raum nimmt der Kompetenzerwerb aus dem Kompetenzbereich Bewertung ein: Die Schülerinnen und Schüler lernen ein bioethisches Konfliktfeld, welches in den Medien sehr kontrovers diskutiert wird, kennen und werden dafür sensibilisiert. Sie sollen Toleranz und Verständnis für andere Positionen entwickeln und Verantwortung für ihr eigenes Urteil übernehmen. Außerdem sollen sie lernen, dass bei derartigen Konflikten stets unterschiedliche Handlungsoptionen zur Verfügung stehen und individuelle Bewertungen von Chancen und Risiken und den Folgen der neuen Technologie eine entscheidende Rolle bei der Urteilsfällung spielen. Des Weiteren wird die Fähigkeit geschult, unterschiedliche Perspektiven und die dazugehörigen Argumente nachzuvollziehen und die dahinterstehenden Interessen zu erkennen.

Mit der Einführung dieser neuen Methode lernen die Schülerinnen und Schüler eine Methode kennen, die sie auch im Alltag auf andere Konfliktbereiche übertragen können. Ihre Methodenkompetenz wird somit erweitert.

1.5 Literatur

1.5.1 Zitierte Literatur

- Alfs, N./Höble, C. (2009): Kartoffeln nach Maß – Gentechnisch verändert für die Industrie. In: Praxis der Naturwissenschaften – Biologie in der Schule. Heft 4/58, S. 22 – 27.
- Bender, W./Gassen, H.G./Platzer, K./Sinemus, K. (Hrsg.)(2001): Ethische Kriterien im Entscheidungsprozess von Unternehmen. Das Beispiel Biotechnologie. Ein Forschungsbericht. Agenda-Verlag, Münster.
- Bender et al. (1995): Zur Urteilsbildung im Bereich Gentechnik: die FlavrSavr-Tomate. In: Ethica 3: 293-303.
- Bigler, F./Keller, B./Keller, M. (1997): Medieninformation Nr. 11 „Risikoforschung an gentechnisch verändertem Bt-Mais“, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Zürich-Reckenholz.
- Bögeholz S./Höble C./Langlet, J./Sander E./Schlüter K. (2004): Bewerten – Urteilen – Entscheiden im biologischen Kontext: Modelle in der Biologiedidaktik. In: ZfDN 10. S. 89-115.
- Eckelkamp, C./Jäger, M./Weber, B. (1998): Antibiotikaresistenzgene in transgenen Pflanzen, insbesondere Ampicillin-Resistenz in Bt-Mais. Hamburg.
- Gray, M./Steffey, K. (1999): Monarchs, *Bt* pollen, and hysteria. In: Pest Management and Crop Development, vol. 28.
- Hansen, L./Obrycki, J.: Non-target effects of Bt corn pollen on the monarch butterfly. Unter: http://www.biotech-info.net/msu_info.html
- Hodgson, J. (1999): Monarch *Bt*-corn paper questioned. In: Nature Biotechnology vol. 17, p. 627.
- KMK (2004): Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss. Abrufbar unter:
- Losey, J.E./Rayor, S./Carter, M.E./Smith, M.E., 1999: Negative impact of transgenetic pollen on monarch butterflies. In: Nature vol. 399.p. 214.
- Platzer, K. (1998): „Wenn die Antimatsch-Tomate als Tomatenpüree endet ...“ – Überlegungen zur ethischen Urteilsbildung am Beispiel der sogenannten Flavr-Savr-Tomate. In: Schallies, M./Wachlin, K.D. (1998): Biotechnologie und Gentechnik. Neue Technologien verstehen und beurteilen. Springer, Berlin u.a. S. 147-158.
- Platzer, K./Sinemus, K. (2001): Ein Strukturmodell ethischer Urteilsbildung im Kontext moderner Biotechnologie und Gentechnik. Das Fallbeispiel Bt-Mais. In: Hauskeller, C./Liebert, W./Ludwig, H. (2001): Wissenschaft verantworten. Soziale und ethische Orientierung in der technischen Zivilisation. Agenda-Verlag, Münster. S. 91-109.
- Reitschert, K./Höble, C. (2007): Wie Schüler ethisch bewerten. Eine qualitative Untersuchung zur Strukturierung und Ausdifferenzierung von Bewertungskompetenz in bioethischen Sachverhalten bei Schülern der Sek. I. In: ZfDN 13. S. 125-143.
- Reitschert, K./Langlet, J./Höble, C./Mittelsten Scheid, N./Schlüter, K. (2007): Dimensionen ethischer Urteilskompetenz. Dimensionierung und Niveauekonkretisierung. In: MNU 60/1. S. 43-51.
- Ohne Autor (2008): Gen-Gift wird wirkungslos. In: Bild der Wissenschaft, Heft 5.

Internetseiten [letzter Aufruf: 26.10.09]

http://www.bvl.bund.de/cln_027/DE/08__PresseInfothek/00__doks__downloads/mon__810__bescheid,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/mon_810_bescheid.pdf

<http://www.biosicherheit.de/de/mais/631/doku.html>

<http://www.biosicherheit.de/de/mais/634/doku.html>

<http://www.biosicherheit.de/de/mais/633.doku.html>

<http://www.biosicherheit.de/de/mais/bt-konzept/143.doku.html>

<http://www.biosicherheit.de/de/mais/resistenz/598.doku.html>

<http://www.biosicherheit.de/de/aktuell/653.doku.html>

<http://www.biosicherheit.de/de/aktuell/527.doku.html>

<http://www.internutrition.ch/technol/environm/schmetterl.html>

http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/download/3646_1.pdf

www.gentechnikfreie-regionen.de

<http://www.greenpeace.de/themen/gentechnik/>

<http://www.abl-ev.de/themen/gentechnikfrei.html>

1.5.2 Literatur zur weiteren Recherche über Bt-Mais

Brandt, P. (2004): Transgene Pflanzen. Herstellung, Anwendung, Risiken und Richtlinien. 2. überarb. u. akt. Aufl. Birkhäuser Verlag, Basel, Boston, Berlin.

Kempken, F./Kempken, R. (2006): Gentechnik bei Pflanzen. 3. Aufl. Springer Verlag, Berlin.

Sommer, R. (2004): Grüne Gentechnologie. Chancen und Grenzen. Herder Verlag, Freiburg.

Zarzer, B. (2006): Einfach GEN:ial. Die grüne Gentechnik: Chancen, Risiken und Profite. Heise Zeitschriften Verlag, Hannover.

Internetseiten zur weiteren Recherche

www.transgen.de

www.biosicherheit.de

<http://www.abl-ev.de/themen/gentechnikfrei.html>

<http://www.greenpeace.de/themen/gentechnik/>

www.keine-gentechnik.de

www.gentechnikfreie-regionen.de

www.weltagrarbericht.de

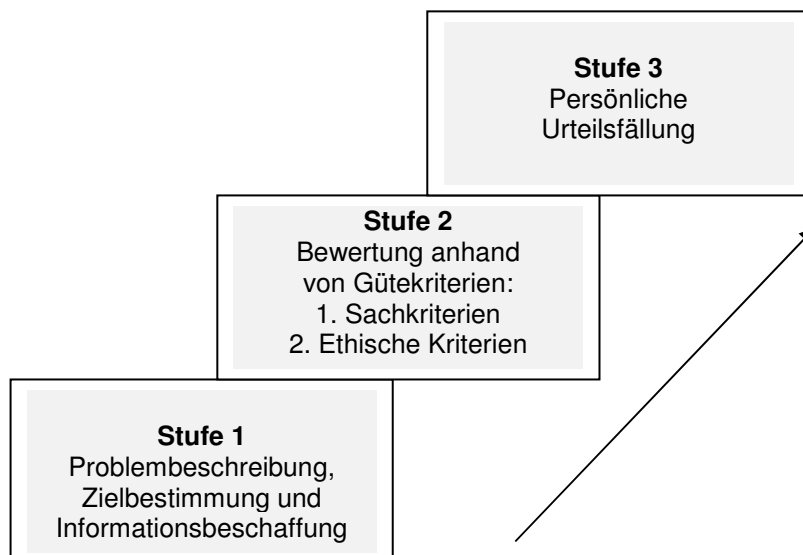
Gentechnisch veränderter Mais in Deutschland – Ihr Urteil ist gefragt!

Der Anbau von gentechnisch verändertem Mais in Deutschland, der sog. Bt-Mais, führt immer wieder zu hitzigen Diskussionen zwischen Gegnern und Befürwortern. Chancen und Risiken stehen sich gegenüber.

Aber wie sieht Ihr Urteil zu dieser neuen Technologie aus? Im Folgenden sollen Sie eine Methode kennenlernen, die Ihnen hilft, sich ein reflektiertes moralisches Urteil zu diesem Konflikt zu bilden. Die Methode gründet darauf, die Folgen, die eine neue Technologie wie die Grüne Gentechnik bei Bt-Mais mit sich bringt, genau zu betrachten und zu kategorisieren und sich daraufhin ein persönliches Urteil zu bilden.



Die Stufenmethode zur Urteilsbildung (verändert nach Platzer/Sinemus¹)



Erläuterungen

Stufe 1

Auf dieser untersten Stufe sollen Sie eine genaue **Beschreibung des Problems**, zu dem ein Urteil gefällt werden soll, abgeben. Dazu ist eine ausführliche **Recherche von Sachinformationen** Voraussetzung.

Leitfragen können sein:

- Was ist das genaue Problem?
- Welche Hintergründe gibt es?
- Was ist das Ziel der neuen Technologie?
- Wie wird versucht, das Ziel zu erreichen?

¹ Platzer, K./Sinemus, K. (2001): Ein Strukturmodell ethischer Urteilsbildung im Kontext moderner Biotechnologie und Gentechnik. Das Fallbeispiel Bt-Mais. In: Hauskeller, C./Liebert, W./Ludwig, H. (2001): Wissenschaft verantworten. Soziale und ethische Orientierung in der technischen Zivilisation. Agenda-Verlag, Münster. S. 91-109.

Stufe 2

Auf der zweiten Stufe findet die **Beurteilung des Problems** anhand von folgenden **Gütekriterien** statt:

Sachkriterien

Funktionsfähigkeit

Eine neue Technologie ist dann funktionsfähig, wenn sie sich im Gebrauch als zuverlässig, genau und dauerhaft erweist, also gut funktioniert.

Wirtschaftlichkeit

Bei diesem Kriterium sollen realistisch die Kosten, die Effizienz und die Produktivität der neuen Technologie eingeschätzt werden.

Sicherheit

Der Einsatz neuer Technologien kann u. U. Sicherheitsrisiken für Menschen und Tiere bergen. Es gibt keine absolute Sicherheit, aber die Sicherheitsrisiken müssen an dieser Stelle abgewogen werden.

Ethische Kriterien

Humanorientierung

Hierbei steht das Verhältnis von Mensch und Technik im Vordergrund. Es muss also die Frage gestellt werden, ob die neue Technologie dem menschlichen Leben schadet oder ob das Wohlergehen gefördert wird?

Umweltorientierung

Dieses Kriterium bezieht sich auf das Verhältnis von Mensch, Umwelt und Technik. Die neue Technologie muss in Bezug zur Umwelt gesetzt und ihre Folgen müssen daraufhin bewertet werden.

Sozialorientierung

Hier wird die Aufmerksamkeit auf das Verhältnis von Gesellschaft und Technik gelenkt und die neue Technologie dahingehend bewertet. Hierbei können sowohl einzelne Gesellschaften, als auch die Weltbevölkerung gemeint sein. Sozialförderlich sind Technologien, die das gemeinsame soziale Leben verbessern helfen.

Zukunftsorientierung

Bei diesem Kriterium wird der Blick darauf gelenkt, die Folgen der Grünen Gentechnik nicht nur für die nahe, sondern auch für die fernere Zukunft zu überprüfen. Dabei gilt die folgende Regel: Der Nachwelt dürfen keine Probleme hinterlassen werden, deren Lösung uns heute noch nicht bekannt ist. Insgesamt geht es also um die Bewahrung und Verbesserung der Lebenschancen zukünftiger Generationen.

Stufe 3

Auf der höchsten und letzten Stufe sollen Sie **aufgrund der Erkenntnisse**, die Sie auf den Stufen 1 und 2 über die Grüne Gentechnik und speziell ihren Einsatz bei Bt-Mais erfahren haben, Ihr **persönliches Urteil** über den Anbau von Bt-Mais in Deutschland fällen.

Diskussionsfragen:

1. Welche Kriterien sind Ihnen wichtiger, die Sachkriterien oder die ethischen Kriterien? Begründen Sie Ihre Entscheidung!
2. Erstellen Sie ein Meinungsbild in Ihrem Kurs!
3. Welches einzelne Kriterium ist für Sie am wichtigsten? Hierarchisieren Sie die Einzelkriterien in einer für Sie richtigen Reihenfolge!

Gentechnisch veränderter Mais in Deutschland - Wie bilde ich mir ein Urteil?

Stufe 1: Problembeschreibung und Informationsbeschaffung



Aufgaben

1. Welche Methoden liegen der „Herstellung“ von Bt-Mais zugrunde? Recherchieren Sie in Gruppenarbeit auf den Seiten www.biosicherheit.de und www.transgen.de. Beschreiben Sie den Vorgang in Stichworten!
2. Der Anbau von gentechnisch verändertem Mais wird in Deutschland kontrovers diskutiert. Recherchieren Sie die Vor- und Nachteile von Bt-Mais und listen Sie diese in einer Tabelle auf.
3. Welcher Konflikt liegt hier Ihrer Meinung nach vor? Notieren Sie das Problem in dem Kasten!
4. Wählen Sie in Ihrer Gruppe vier Pro- und vier Contra-Argumente für den Anbau von Bt-Mais in Deutschland aus, die Ihnen besonders wichtig erscheinen. Schreiben Sie diese auf Karteikarten und heften sie diese auf eine Wandzeitung!

Gentechnisch veränderter Mais in Deutschland – Wie bilde ich mir ein Urteil?!

Stufe 2: Bewertung anhand von Gütekriterien

Folgende Aussagen zu Bt-Mais findet man in Stellungnahmen und Studien von Befürwortern und Gegnern:

„Nicht alle biologischen und ökologischen Risiken können bisher vollständig abgeschätzt werden. Möglicherweise gibt es Langzeitfolgen, die man jetzt noch nicht kennt.“

„Im Gegensatz zu vielen chemischen Insektiziden ist das Bt-Toxin für den Menschen harmlos und wird schnell abgebaut. Deshalb dürfen Bt-Präparate auch im Bio-Landbau eingesetzt werden.“

„Durch die Zulassung von Bt-Mais kann der Landwirt auf den Einsatz von teuren Pestiziden verzichten. Er spart außerdem Arbeitszeit und Personal.“

„Der Verbraucher sollte weiterhin die Entscheidungsfreiheit haben, ob er gentechnisch veränderte Produkte kauft.“

„Es gibt Hinweise auf eine schädigende Wirkung des Bt-Toxins (durch Pollenverbreitung und Anreicherungen in der Nahrungskette) auf Nicht-Ziel-Organismen (Bienen, Fliege etc.). Die Risikostudien widersprechen sich.“

„In der Natur könnten artfremde Gene durch natürliche Vererbungsvorgänge (z. B. Pollenflug) auf Wildpflanzen verwandter Arten übertragen werden.“

„Herkömmliche Schädlingsbekämpfungsmittel haben durch Umwelteinflüsse wie Regen nur eine begrenzte Wirkungsdauer. Bei transgenen Pflanzen, in denen dauerhaft das Gift in der Pflanze gebildet wird, ist der Selektionsdruck auf die Schädlinge viel höher, so dass mit Resistenzbildungen zu rechnen ist.“

„Auf viele transgene Pflanzen besitzen die ‚Erfinder‘ (Firmen wie Monsanto) ein Patent. Dadurch entsteht eine wirtschaftliche Abhängigkeit der Landwirte von den Firmen.“

„Ernteauffälle, die durch den Maiszünsler bis zu 30% betragen können, werden durch Bt-Mais vermieden.“

„Neue Proteine in Pflanzen, wie das Bt-Toxin, stellen ein Allergierisiko dar. Dieses lässt sich allerdings in Tests vor der Zulassung gut kontrollieren.“

„Durch das Einschleusen eines fremden Gens kann es zu völlig unerwarteten und unerwünschten Eigenschaften bei der transgenen Pflanze kommen (sog. „pleiotrope Effekte“). Diese wiederum können Auswirkungen auf die Artenvielfalt oder Nahrungsnetze haben.“

„Die europ. Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) hat erst vor wenigen Monaten erklärt, dass es keine Sicherheitsbedenken gegen Bt-Mais gibt. Fachleute sind zu dem Schluss gekommen, dass es für Mensch, Tier und Umwelt keine Sicherheitsbedenken gibt.“

„80% der dt. Verbraucher wollen kein Genfood. Nicht auf dem Feld und nicht auf dem Teller!“

„Durch das Anbauverbot von Bt-Mais kommt es zur Abwanderung der Unternehmen, damit zum Verlust von Arbeitsplätzen und der Schwächung der dt. Forschung.“

„Die weltweite Verwendung einer Saatgutlinie kann zu einem starken Einschnitt der Biodiversität führen.“

„Der Maiszünsler wird in jedem Entwicklungsstadium bekämpft, der Landwirt muss sich nicht mehr um den richtigen Zeitpunkt für den Insektizideinsatz kümmern.“

„Gentechnisch veränderte Pflanzen könnten helfen, einen Beitrag zur Lösung des Ernährungsproblems speziell in den Entwicklungsländern zu leisten.“

„Kommt es nicht zu einem starken Maiszünslerbefall, sondern nur zu leichten Schäden, lohnt sich der Einsatz von Bt-Mais nicht.“

„Die Natur ist ein offenes System, weshalb viele Studien testen, ob sich Bt-Mais mit herkömmlichem Mais auskreuzt. Maispollen sind sehr schwer, weshalb mit großer Wahrscheinlichkeit eine Auskreuzung durch Windbestäubung auszuschließen ist.“

„Umfangreiche Untersuchungen haben ergeben, dass Bt-Mais die neue Eigenschaft der Insektenresistenz stabil auch in den Folgegenerationen besitzt.“

„Kommt es zu Resistenzbildungen, müssten wieder andere chemische Bekämpfungsmittel eingesetzt werden und die Vorteile von Bt-Mais wären nur noch gering.“

„MON810 ist in der EU nur zugelassen worden, weil er bei Sicherheitsprüfungen durch die EFSA genau auf seine Unbedenklichkeit getestet wurde.“

„Bt-Mais wirkt gezielt auf das Schadinsekt, den Maiszünsler. Er hat somit gegenüber den herkömmlichen Bekämpfungsmitteln deutliche Vorteile.“

Kommt es durch die hohen Bt-Toxin-Konzentrationen zu Resistenzbildungen bei Schädlingen, so würde der biologische Landbau sein wichtigstes Schutzmittel verlieren, da Bt-Präparate dort erlaubte und wirksame Mittel gegen viele Schädlinge sind.“

„Bt-Mais besitzt neben einer Insektenresistenz eine Antibiotikaresistenz als Markergen. Diese dient der Auswahl der bakteriellen Zellkulturen, bei denen der Einbau des Bt-Gens gelungen ist. Nach wie vor stellt sich die Frage, ob die Antibiotikaresistenzgene beim Verrotten der Pflanzenreste im Boden, über das Tierfutter oder über den Verzehr von Lebensmitteln, die aus den veränderten Pflanzen hergestellt worden sind, von Bakterien des Bodens oder des Magen-Darm-Traktes aufgenommen werden können und es so zu einer Antibiotikaresistenz beim Menschen kommen kann.“

„Der Landwirt, der Bt-Mais anbaut, haftet für alle wirtschaftlichen Schäden, die in benachbarten Betrieben, z. B. durch Auskreuzungen entstehen könnten.“

Arbeitsaufträge

1. Ordnen Sie die einzelnen Aussagen den Gütekriterien zu. Entscheiden Sie dabei zunächst, ob es sich um ein Sachkriterium oder ein ethisches Kriterium handelt und dann, welches Einzelkriterium berührt wird. Sie können dazu eine Tabelle anlegen:

| Sachkriterien | Funktionsfähigkeit | Wirtschaftlichkeit | Sicherheit |
|---------------|--------------------|--------------------|------------|
| | | | |

| Ethische Kriterien | Human-orientierung | Umwelt-orientierung | Sozial-orientierung | Zukunfts-orientierung |
|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
| | | | | |

2. Diskutieren Sie Ihre Ergebnisse im Kurs/in Ihrer Gruppe! Findet sich ein einheitliches Bild oder gibt es Unterschiede?
3. Ordnen Sie Ihre eigenen Pro- und Contra-Argumente, die Sie nach der Recherche der Hintergrundinformationen aufgelistet haben, ebenfalls in die Tabelle ein!

Gentechnisch veränderter Mais in Deutschland – Gegner und Befürworter

Stufe 2: Bewertung anhand von Gütekriterien

Text 1:

Gefahren & Risiken

Spinnen-Gene in der Kartoffel und Ratten-Gene im Salat? Das sind keine Horror-Fantasien skeptischer Gentechnik-Gegner, sondern tatsächliche Produkte aus dem Gen-Labor. Dabei kann niemand abschätzen, welche Folgen die Eingriffe ins Erbgut für Gesundheit und Umwelt haben.

Die Wissenschaftler können weder den genauen Ort, wo das Gen in die Pflanze eingebaut wird, noch die Wechselwirkungen mit anderen Genen und Proteinen gezielt steuern. Kein Wunder, dass es beim Anbau von Gen-Pflanzen immer wieder zu überraschenden Nebenwirkungen kommt: Die Stängel von Gen-Soja platzen bei Dürre und Hitze auf oder Gen-Pappeln blühen zum falschen Zeitpunkt.

Einmal in die Umwelt freigesetzt, sind gentechnisch veränderte Pflanzen nicht mehr rückholbar. Sie stellen eine Gefahr für das ökologische Gleichgewicht und die menschliche Gesundheit dar. Der großflächige Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen in Nordamerika und Argentinien macht dies drastisch deutlich: höherer Pestizidverbrauch, Entstehung von Superunkräutern, Schädigung von Nützlingen, Verdrängung traditioneller Pflanzenarten und damit Gefährdung unserer Artenvielfalt.

Text 2:

Bt-Mais bekämpft den Maiszünsler am wirkungsvollsten

Bt-Mais anzubauen, ist diejenige Maßnahme, die bei der Kontrolle des Maiszünslers die durchschlagendste Wirkung erzielt. Weniger erfolgreich ist der Insektizideinsatz, und noch deutlicher fällt die biologische Bekämpfung mit Hilfe der Schlupfwespe *Trichogramma brassicae* ab.

Durch den Anbau von Bt-Mais erreicht man eine Kontrolle des Maiszünslers, die im Schnitt mehrerer Versuchsjahre etwa 95 –98 Prozent beträgt. Man kann also von einem nahezu vollständigen Bekämpfungserfolg sprechen. Das haben Körnermais-Versuche über mehrere Jahre im Rheintal, in Bayern und im Oderbruch ergeben.

Gegenüber der unbehandelten Kontrolle stieg der Ertrag der Bt-Mais-Variante etwa um 15 Prozent, die Insektizidspritzung brachte im Rheintal sieben und im Oderbruch zehn Prozent mehr Ertrag, auf den *Trichogramma*-Parzellen konnten die Landwirte sogar nur zwei bzw. drei Prozent höhere Körnermiserträge einbringen.

Text 3:

Bt-Mais - nützt Landwirten, Verbrauchern und der Umwelt

[...] Damit ist beispielsweise YieldGard-Mais (Monsanto vertreibt alle seine Bt-Mais-Hybriden unter dem Markennamen YieldGard) der Linie Mon810 in der Lage, sich gegen seinen in Europa gegenwärtig gefährlichsten Schädling, den Maiszünsler, effektiv zur Wehr zu setzen. Das gegen den Zünsler wirksame Bt-Eiweiß [CryIA(b)] ist ein so genanntes delta-Endotoxin [...]. Im Verdauungstrakt des Maiszünslers bindet das Eiweiß an Rezeptoren der Darmwand und dringt in die Membranen der Epithelzellen ein. Dadurch bilden sich Poren in der Zellmembran, wodurch der Maiszünsler letztendlich an einer Fraßlähmung eingeht.

[...]

YieldGard-Mais der Linie Mon810 enthält **k e i n** Antibiotika-Resistenzgen. Damit trägt Monsanto Befürchtungen bei vielen Bürgern Rechnung, ein derartiges Gen könne zur Verbreitung von Antibiotika-Resistenzen beitragen. Es ist inzwischen aber nachgewiesen, dass diese Sorgen unbegründet sind.

Vorzüge von YieldGard

In zahlreichen Untersuchungen unabhängiger Einrichtungen und der Industrie hat sich herausgestellt, dass der Anbau von Bt-Mais die effektivste und rentabelste Maßnahme ist, die uns heute zur Kontrolle des Maiszünslers zur Verfügung steht. Darüber hinaus ist YieldGard nützlings- und umweltschonend. Der Managementbedarf durch den Landwirt ist sehr gering, denn mit der Aussaat des Bt-Mais hat er bereits alles Nötige getan, um Schäden durch den Maiszünsler zu vermeiden. Für Lebensmittelkonsumenten – also uns alle – ist es ein großer Vorteil, dass Bt-Mais deutlich weniger Mykotoxine enthält als die Sorten ohne eingebauten Zünslerschutz.

Text 4:

Anbau & Genpflanzen

Auf den ersten Blick erscheinen genmanipulierte Pflanzen wie maßgeschneidert für den Acker. Doch was zunächst als Vorteil erscheint, stellt langfristig gesehen ein ernstes Problem für die Umwelt, Landwirte und Verbraucher dar.

Durch künstlich eingebaute Resistenzen überleben gentechnisch veränderte Pflanzen Giftbuschen gegen unerwünschte Pflanzen auf dem Feld. Oder sie tragen ein Gift gegen Schädlinge selbst in sich. Erhöhter Pestizideinsatz durch Resistenzbildung bei Pflanzen und Insekten sind die Folge. Erfahrungen mit dem Anbau in der EU und anderen Regionen zeigen außerdem, dass sich gentechnisch veränderte Pflanzen unkontrolliert ausbreiten. Doch damit nicht genug: Die für den Anbau zugelassenen gentechnisch veränderten Pflanzen weisen erhebliche Sicherheitsmängel auf.

Manchem scheint die Einführung der Gentechnik in der Landwirtschaft unabwendbar. Doch noch konzentriert sich der Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen auf wenige Länder. In Deutschland sind nur vereinzelte Flächen angemeldet. Die Mehrheit der Landwirte in Deutschland lehnt den Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen ab. Denn sie wissen: Der Anbau dieser Pflanzen lohnt sich nicht.

Quellenangaben zu den Texten 3 und 4: s. S. 34

Arbeitsaufträge:

1. Diese Internetstimmungen stammen sowohl von Gegnern als auch von Befürwortern des insektenresistenten Bt-Mais. Bei welchen Stimmungen handelt es sich um positive Betrachtungen des Bt-Mais und welche sind in Gegnerschaft? Von wem könnten sie stammen?
2. Arbeiten Sie aus den Texten alle Pro- und Contra-Argumente bzw. die Folgen, die für den Anbau von Bt-Mais genannt werden heraus! Ordnen Sie diese anschließend in das Schema der Gütekriterien ein. Sie können eine Tabelle anlegen:

| Sachkriterien | Funktionsfähigkeit | Wirtschaftlichkeit | Sicherheit |
|---------------|--------------------|--------------------|------------|
| | | | |
| | | | |

| Ethische Kriterien | Human-orientierung | Umwelt-orientierung | Sozial-orientierung | Zukunfts-orientierung |
|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
| | | | | |
| | | | | |

3. Welche Kriterien findet man bevorzugt in welcher Stimmnahme? Begründen Sie.
4. Welches Kriterium hat für Sie den höchsten Stellenwert? Begründen Sie.

Lösung zu Arbeitsmaterial 4: Gegner und Befürworter

Arbeitsaufträge:

- Text 1 = Greenpeace: leicht verändert nach:
http://www.greenpeace.de/themen/gentechnik/gefahren_risiken/
 Text 2 = Monsanto: leicht verändert nach:
http://www.monsanto.de/Produktbereiche/bt_effizienz.php
 Text 3 = Monsanto: leicht verändert nach:
http://www.monsanto.de/Produktbereiche/bt_mais.php
 Text 4 = Greenpeace: leicht verändert nach:
http://www.greenpeace.de/themen/gentechnik/anbau_genpflanzen/

2.

| | Funktionsfähigkeit | Wirtschaftlichkeit | Sicherheit |
|-----------------------|--|---|--|
| Sach-kriterien | <ul style="list-style-type: none"> durch den Anbau von Bt-Mais erreicht man eine Kontrolle des Maiszünslers; man hat einen nahezu vollständigen Bekämpfungserfolg | <ul style="list-style-type: none"> Bt-Mais ist diejenige Maßnahme, die bei der Kontrolle des Maiszünslers am effektivsten ist der Ertrag mit Bt-Mais stieg um 15% Anbau von Bt-Mais ist die effektivste und rentabelste Methode zur Kontrolle des Maiszünslers | <ul style="list-style-type: none"> Wechselwirkungen mit anderen Genen und Proteinen können nicht gezielt gesteuert werden immer wieder überraschende Nebenwirkungen einmal freigesetzt, sind gentechnisch veränderte Pflanzen nicht mehr rückholbar; unkontrollierte Ausbreitung kein Antibiotika-Resistenzgen erhebliche Sicherheitsmängel bei den gentechnisch veränderten Pflanzen |

| | Humanorientierung | Umweltorientierung | Sozialorientierung | Zukunftsorientierung |
|---------------------------|---|---|--|--|
| Ethische Kriterien | <ul style="list-style-type: none"> Gefahr für die menschliche Gesundheit kein Antibiotika-Resistenzgen Bt-Mais enthält deutlich weniger Mykotoxine | <ul style="list-style-type: none"> einmal freigesetzt, sind gentechnisch veränderte Pflanzen nicht mehr rückholbar nach Freisetzung in Argentinien: höherer Pestizidverbrauch, Entstehung von Superunkräutern, Schädigung von Nützlingen, Verdrängung traditioneller Pflanzenarten Gefährdung unserer Artenvielfalt Bt-Mais ist nützlings- und umweltschonend | <ul style="list-style-type: none"> der Ertrag mit Bt-Mais stieg um 15% Managementbedarf durch den Landwirt ist sehr gering Bt-Mais enthält deutlicher weniger Mykotoxine Mehrheit der Landwirte lehnt den Anbau von gv-Pflanzen ab | <ul style="list-style-type: none"> durch künstlich eingebaute Resistenzen überleben gv-Pflanzen Giftduschen gegen unerwünschte Pflanzen auf dem Feld; die Folgen sind erhöhter Pestizideinsatz durch Resistenzbildungen bei Pflanzen und Insekten |

- Stellungnahme 1 und 4: Sicherheit, Humanorientierung, Umweltorientierung, Zukunftsorientierung.
 Stellungnahme 2 und 3: Funktionsfähigkeit, Wirtschaftlichkeit, Sicherheit, Humanorientierung, Umweltorientierung, Sozialorientierung.

Gentechnisch veränderter Mais in Deutschland – Protestaktionen

Stufe 3: Fällen eines persönlichen Urteils

Arbeitsaufträge:

1. Erarbeiten Sie in Ihrer Gruppe eine Stellungnahme zu der Protestaktion!
2. Diskutieren Sie alternative Formen, um auf mögliche Gefahren von Bt-Mais hinzuweisen!

Artikel aus „die tageszeitung“ vom 08.04.2008

Neuer Schwung für Gentech-Gegner Zwei Feldbesetzungen in Gießen und bei Nürtingen dauern an. Gentechnik-Gegner erwarten eine erfolgreiche Protestsaison - auch dank Horst Seehofer, der den umstrittenen Gen- Mais Mon 810 wieder erlaubte.

BERLIN taz Pünktlich zur Aussaat von Mais, Gerste und anderen Nutzpflanzen gehen nicht nur die Bauern wieder auf ihre Felder, sondern auch die Gentechnik-Kritiker. In Gießen und bei Nürtingen halten zwei Gruppen seit Tagen Flächen besetzt, auf denen genmanipulierte Pflanzen angebaut werden sollten. "Feldbesetzungen gab es seit Mitte der 90er-Jahre nicht mehr", sagt Jutta Sundermann von der Initiative "Gendreck weg". Sie kann zufrieden sein, denn nicht nur in Gießen und Esslingen zeichnen sich Erfolge für die Gentechnik-Gegner ab. Auch anderswo spüren sie Rückenwind.

Jeweils rund 20 Personen haben in Gießen und bei Nürtingen ihre Lager auf Feldern errichtet, um die Aussaat von genetisch veränderten Pflanzen zu verhindern. An beiden Orten haben sie Zelte aufgeschlagen und aus Baumstämmen Türme errichtet, an denen sich in mehreren Metern Höhe Menschen festgekettet haben. In Esslingen versuchen sie mit Vorträgen, Konzerten und einem improvisierten Feldimbiss, in Gießen mit einem Demonstrationszug durch die Innenstadt zum besetzten Feld, für ihr Anliegen zu werben.

Und sie feiern erste Erfolge. "Trotz Kälte und Nässe haben uns seit Freitag schon mehr als 100 Menschen besucht. Und die Bauern aus dem Umkreis spenden großzügig Lebensmittel", sagte ein Sprecher der Esslinger Feldbesetzer der taz.

Selbst die Gegenseite zeigt sich gesprächsbereit. Ein Agrarwissenschaftler der Fachhochschule Nürtingen-Geislingen möchte auf dem Feld eigentlich den genetisch manipulierten Mais Mon 810 aussäen. Doch ein Hochschulsprecher sagte der taz, dass die FH das Feld

zunächst nicht räumen lasse, sondern auf Gespräche setze. Die Feldbesetzer glauben inzwischen sogar, "dass die FH wohl selbst froh wäre, wenn sie den Versuch eines einzel-nen Wissenschaftlers nicht mehr durchsetzen müsste, denn das schadet ihrem Image in der gesamten Region". In Gießen hat die Universität zwar Anzeigen gegen die Feldbesetzer gestellt, doch mit einer Räumung müssen auch sie nach Uni-Angaben zunächst nicht rechnen. Und ihr wichtigstes Ziel scheint ohnehin schon vor der Aktion erreicht: Uni-Präsident Stefan Hormuth sagte der taz, dass anders als in den Vorjahren, als auf der Fläche genmanipulierte Gerste spross und mehrfach Ziel von Gentechnik-Kritikern wurde, die Aussaat in diesem Jahr "wissenschaftlich nicht erforderlich ist".

Die Erfolge der Gießener und Esslinger Feldbesetzer sind kein Zufall. Die Bewegung der Gentechnik-Kritiker hat sich während mehrerer großer Treffen seit 2005 deutschlandweit vernetzt. Auch die Gießener und Nürtinger Feldlagerer stehen miteinander in Kontakt. In den Medien findet das Anliegen der Gentechnik-Gegner ein immer stärkeres positives Echo. Und der prominente kanadische Anti-Gentechnik-Aktivist und Träger des alternativen Nobelpreises Percy Schmeiser trat bei seiner Vortragsreise quer durch Deutschland im Januar dieses Jahres durchweg vor großem Publikum auf. "Viele Menschen haben das Gefühl, dass sie gerade jetzt etwas bewegen können", glaubt Jutta Sundermann von "Gendreck weg" deshalb.

Den größten Gefallen hat den Aktivisten wohl ausgerechnet Agrarminister Horst Seehofer getan: Er hob im Dezember das zwischenzeitlich geltende Verbot des Gen-Maises Mon 810 wieder auf. Gleich fünf EU-Staaten verbieten den Anbau des umstrittenen Monsanto-Produkts jedoch nach wie vor. Und begründen das gegenüber den Brüsseler Bürokraten mit schweren Gesundheits- und Umweltrisiken. VON CHRISTIAN SIEPMANN

Gentechnisch veränderter Mais in Deutschland – Ihr persönliches Urteil

Stufe 3: Fällen eines persönlichen Urteils

Nachdem Sie sich auf Stufe 1 ausführlich mit den Sachinformationen zu Bt-Mais beschäftigt und auf Stufe 2 die Folgen dieser neuen Technologie eingeordnet bzw. abgeschätzt haben, sollen Sie nun aufgrund der vorher gewonnenen Erkenntnisse ein persönliches Urteil zu der Frage, ob man die Bt-Technologie bei Mais in Deutschland anwenden sollte oder nicht, fällen.

Sollte die Überprüfung der Folgen durch die Gütekriterien bei Stufe 2 durchweg positiv ausgefallen sein, dann ist die Entscheidung sicherlich eindeutig. Gibt es aber auch negative Effekte, wird eine Entscheidung schwierig. Dabei können Ihnen drei Regeln helfen¹:

1. Die Alternativenerwägungsregel

Sie verlangt, unter mehreren Möglichkeiten diejenige Lösung auszuwählen, die mit möglichst wenig negativen Folgen belastet ist.

2. Die Nebenfolgenminimierungsregel

Sie besagt, dass der Einsatz eines Mittels zur Erreichung eines Ziels nur dann erlaubt ist, wenn die mit ihm verbundenen negativen Folgen auf das geringstmögliche Maß gebracht werden.

3. Die Unterlassungsregel

Sie fordert, dass der Einsatz eines Mittels zur Erreichung eines Ziels nur dann gestattet ist, wenn die mit ihm verbundenen negativen Folgen geringer sind als die durch das Nichthandeln entstehenden Nachteile und Schäden.

Notieren Sie hier nun Ihr Urteil!

...

¹ Vgl.: Bender et al. (1995): Zur Urteilsbildung im Bereich Gentechnik: die FlavrSavr-Tomate. In: Ethica 3: 293-303.

1.6 Zu erwerbende Kompetenzen

Kompetenzbereich **Fachwissen**

| Bildungsstandards | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 10 des Gymnasiums | Kompetenzen am Ende der Qualifikationsphase der gymnasialen Oberstufe | Teil-Kompetenzen in dieser Unterrichtseinheit |
|---|---|--|---|
| Die Schülerinnen und Schüler ... | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben und erklären Wechselwirkungen im Organismus, zwischen Organismen sowie zwischen Organismen und unbelebter Materie. (F1.4) • kennen und erörtern Eingriffe des Menschen in die Natur und Kriterien für solche Entscheidungen. (F 3.8) | | <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben Biodiversität auf verschiedenen Systemebenen (genetische Variabilität, Artenvielfalt, Ökosystemvielfalt). (FW 7.7) | <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben die gentechnische Veränderung von Bt-Mais. • erläutern die Auswirkungen der Zulassung/Freisetzung von Bt-Mais auf den Menschen und auf das Ökosystem. • beschreiben die Auswirkungen von Bt-Mais auf die genetische Vielfalt, Artenvielfalt, Ökosystemvielfalt. |

Kompetenzbereich **Erkenntnisgewinnung**

| Bildungsstandards | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 10 des Gymnasiums | Kompetenzen am Ende der Qualifikationsphase der gymnasialen Oberstufe | Teil-Kompetenzen in dieser Unterrichtseinheit |
|----------------------------------|---|--|--|
| Die Schülerinnen und Schüler ... | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben komplexe Zusammenhänge strukturiert und sachgerecht. (EG 1.1) • suchen und benutzen verschiedene Quellen bei der Recherche naturwissenschaftlicher Informationen. (EG 4.1) • unterscheiden zwischen relevanten und irrelevanten Informationen. (EG 4.2) | <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben die Prinzipien biologischer Arbeitstechniken, werten Befunde aus und deuten sie. (EG 4.2) • analysieren und deuten naturwissenschaftliche Texte. (EG 4.4) | <ul style="list-style-type: none"> • nutzen unterschiedliche Quellen (Internet, Fachliteratur) bei der Recherche zu naturwissenschaftlichen Hintergründen und Auswirkungen von Bt-Mais. • werten die Informationen zu Risiken und Chancen von Bt-Mais aus verschiedenen Quellen (Internet, Fachtexte) aus und verarbeiten diese hinsichtlich einer Urteilsbildung. |

Kompetenzbereich **Kommunikation**

| Bildungsstandards | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 10 des Gymnasiums | Kompetenzen am Ende der Qualifikationsphase der gymnasialen Oberstufe | Teil-Kompetenzen in dieser Unterrichtseinheit |
|---|---|---|---|
| Die Schülerinnen und Schüler ... | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • kommunizieren und argumentieren in verschiedenen Sozialformen. (K 1) | <ul style="list-style-type: none"> • reflektieren die Beiträge anderer und nehmen dazu Stellung. (KK 1) • lösen komplexe Aufgaben in Gruppen, treffen dabei selbständig Absprachen in Bezug auf Aufgabenverteilung und Zeiteinteilung. (KK 2) | | <ul style="list-style-type: none"> • diskutieren und reflektieren den Konflikt um Bt-Mais in unterschiedlichen Sozialformen (Einzelarbeit, Partnerarbeit Gruppenarbeit, Plenum). • arbeiten selbständig und zielorientiert in unterschiedlichen Sozialformen. |
| <ul style="list-style-type: none"> • werten Informationen zu biologischen Fragestellungen aus verschiedenen Quellen zielgerichtet aus und verarbeiten diese auch mit Hilfe verschiedener Techniken und Methoden adressaten- und situationsgerecht. (K 4) | <ul style="list-style-type: none"> • präsentieren Ergebnisse mit angemessenen Medien. (KK 3) | <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben und erklären biologische Sachverhalte unter Verwendung geeigneter Fachbegriffe. (KK 1) • recherchieren, dokumentieren und präsentieren biologische Sachverhalte mithilfe digitaler Medien und Technologien und reflektieren den Einsatz kritisch. (KK 6) • veranschaulichen biologische Sachverhalte adressatengerecht und zielorientiert auf angemessene Art und Weise. (KK 7) | <ul style="list-style-type: none"> • nutzen unterschiedliche Quellen (Internet, Fachliteratur) bei der Recherche naturwissenschaftlicher Hintergründe und positiver sowie negativer Folgen von Bt-Mais und stellen diese für andere dar (Wandzeitung). |
| <ul style="list-style-type: none"> • referieren zu gesellschafts- oder alltagsrelevanten biologischen Themen. (K 7) | | <ul style="list-style-type: none"> • diskutieren komplexe biologische Fragestellungen, deren Lösungen strittig sind. (KK 8) | <ul style="list-style-type: none"> • reflektieren und diskutieren den Konflikt um Bt-Mais und seine ökologischen sowie gesellschaftlichen Folgen. |

Kompetenzbereich **Bewertung**

| Bildungsstandards | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 10 des Gymnasiums | Kompetenzen am Ende der Qualifikationsphase der gymnasialen Oberstufe | Teil-Kompetenzen in dieser Unterrichtseinheit |
|--|---|---|--|
| Die Schülerinnen und Schüler ... | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben und beurteilen Erkenntnisse und Methoden in ausgewählten aktuellen Bezügen wie zu Medizin, Biotechnik und Gentechnik, und zwar unter Berücksichtigung gesellschaftlich verhandelbarer Werte. (B 3) | <ul style="list-style-type: none"> • reflektieren die Sachinformationen für Problem- und Entscheidungssituationen in Hinblick auf Korrektheit und Begrenztheit der Aussagekraft. (BW 3.1) • reflektieren die Wertentscheidungen im Entscheidungsfindungsprozess. (BW 3.2) | <ul style="list-style-type: none"> • bewerten mögliche kurz- und langfristige regionale und globale Folgen eigenen und gesellschaftlichen Handelns. Dazu gehören die Analyse der Sach- und Werteebene der Problemsituation sowie die Entwicklung von Handlungsoptionen. (BW 1) • erörtern Chancen und Risiken transgener Organismen aus der Sicht unterschiedlicher Interessengruppen. (BW 5) | <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben, bewerten und gewichten Argumente unterschiedlicher Interessengruppen (Landwirte, Verbraucher, Industrie, Forscher, etc.) zum Anbau von Bt-Mais. • kommen im Diskurs zu einem persönlichen, begründeten Urteil. |
| <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben und beurteilen die Auswirkungen menschlicher Eingriffe in einem Ökosystem. (B 5) | <ul style="list-style-type: none"> • erläutern die Standpunkte anderer. (BW 2.1) | <ul style="list-style-type: none"> • bewerten mögliche kurz- und langfristige regionale und globale Folgen eigenen und gesellschaftlichen Handelns. Dazu gehören die Analyse der Sach- und Werteebene der Problemsituation sowie die Entwicklung von Handlungsoptionen. (BW 1) • erörtern Chancen und Risiken transgener Organismen aus der Sicht unterschiedlicher Interessengruppen. (BW 5) | <ul style="list-style-type: none"> • erläutern die Standpunkte anderer, hier speziell von Umweltorganisationen, Monsanto und Gentechnikgegnern. • bewerten die Folgen gesellschaftlichen Handelns. |

Mögliche ökologische Auswirkungen von gentechnisch veränderten Kulturpflanzen auf Organismen und Ökosysteme

Dr. Gunnar Gad

Deutsches Zentrum für Marine Biodiversitätsforschung, Wilhelmshaven

Dr. Nicola Mittelsten Scheid (†)

Überblick

- 1.1 Einführung
- 1.2 Der Risikobegriff
- 1.3 Definition von Umweltschäden
- 1.4 Fallbeispiel 1: Gentechnisch veränderter Bt-Mais
- 1.5 Fallbeispiel 2: Gentechnisch veränderter gv-Winterraps
- 1.6 Übertragung von Transgenen durch Pollen
- 1.7 Material
- 1.8 Glossar
- 1.9 Literatur
- 1.10 Zu erwerbende Kompetenzen

2.1 Einführung

Seitdem der Mensch Pflanzen für seine Ernährung anbaut, gibt es das Bestreben, durch Züchtung den Pflanzen Eigenschaften zu verleihen, die einen höheren Ertrag bei der Ernte, eine bessere Anpassung an lokale Bedingungen sowie eine Resistenz gegen Krankheiten versprechen. In der weltweiten Landwirtschaft sind **transgene Pflanzen** von immer größerem kommerziellen Interesse. Als transgene Pflanzen werden jene bezeichnet, bei denen Gene anderer Organismen, die bestimmte Proteine codieren, in das **Genom** eingebaut werden. Derart verändert gelten sie als **genetisch veränderte Organismen** (GVO) und sind das **Produkt** einer **gentechnischen Methode**, die in der Pflanzenzucht auch als "**Grüne Gentechnik**" bezeichnet wird, die gezielt eingesetzt wird, um bestimmte Eigenschaften einer Kulturpflanze zu verändern oder hinzuzufügen. Im Gegensatz dazu werden in der traditionellen Pflanzenzüchtung auftretende Mutationen herausselektiert oder die erwünschten Eigenschaften verschiedener Sorten oder gar Arten durch Kreuzung miteinander kombiniert und züchterisch über Generationen erbrein gefestigt.

Mit den herkömmlichen Methoden der Pflanzenzucht lassen sich Ertragsteigerung und Resistenzen gegen Krankheiten zwar gut bewerkstelligen, aber die Herstellung transgener Sorten eröffnet Kombinationsmöglichkeiten von Eigenschaften, die mit herkömmlicher Methodik nur selten, langwierig oder kaum erreichbar sind (Bickel-Sandkötter 2003).

Informationskasten 1

Möglichkeiten, die die Grüne Gentechnik im Vergleich zu herkömmlichen Methoden der Pflanzenzucht eröffnen kann

- Wenig ertragreiche Böden und ungünstiges Klima erschweren vielerorts den Anbau von Kulturpflanzen. Manchmal gelingt dort nur der **Anbau** lokaler Sorten, die eventuell schon über Jahrhunderte vor Ort gezüchtet wurden. Sie sind häufig sehr gut auf die lokalen Bedingungen eingestellt und resistent gegenüber Krankheiten, haben jedoch oft nur einen geringen Ertrag. Wenn es gelingt, die Vorzüge dieser alten Sorten oder gar die Eigenschaften von Wildkräutern mit Kulturpflanzen zu kombinieren, so erhält man neue Sorten, die auf ungeeigneten, schwer zu bewirtschaftenden Böden besser gedeihen oder z. B. eine erhöhte Frost- und Salztoleranz aufweisen.
- Durch die Produktion von Abwehrstoffen und Toxinen, die von Bakterien oder anderen Pflanzen stammen, lassen sich in den Kulturpflanzen **Resistenzen** gegen Schadinsekten, Parasiten, Pilzkrankheiten und Bakterien etablieren, gegen die es bisher keine wirksamen Mittel außer einem massiven Chemikalieneinsatz gab.
- **Resistenzen** von Kulturpflanzen gegen Herbizide ("Unkrautvernichter") sind ebenso gefragt, da so Kulturen leichter in Bezug auf eindringende und konkurrierende Wildkräuter frei gehalten werden können.
- Die **Produktion neuer Rohstoffe** für Medizin, Industrie und Technik ist ein weiterer wichtiger Bereich. Hier ist beispielsweise die Produktion hochwertiger Öle zu nennen.
- Zu diesem Aspekt gehört auch die **Verbesserung von Nahrungspflanzen** hinsichtlich ihrer Inhaltsstoffe, wie z. B. die Erhöhung des Anteils essentieller ungesättigter Fettsäuren und die Reduzierung von unverdaulichen Bestandteilen oder Allergenen.
- Auch ist der Bereich der **Ästhetik und Robustheit** gegenüber Transport und industrieller Verarbeitung zu erwähnen. So erleichtern eine festere Schale oder besondere Formen die Verpackung oder den Transport über weite Strecken und machen außerdem die Ware optisch für Konsumenten attraktiver.

Die Verwendung von gentechnisch veränderten Kulturpflanzen ist seit ihrer Verfügbarkeit in der Öffentlichkeit, insbesondere bei Konsumenten, **sehr umstritten** – im Gegensatz zur Meinung der meisten Fachwissenschaftler. Dabei scheint es sich nicht selten um ein Kommunikations- und Vertrauensproblem zu handeln. Das Wissen über Auswirkungen des Einsatzes transgener Pflanzen auf Mensch, Tier und Umwelt ist oft unsicher.

Im Vordergrund dieser Unterrichtseinheit steht deswegen die **Wirkung gentechnisch veränderter bzw. transgener Pflanzen auf Nicht-Zielorganismen**. Dafür werden zwei Fallbeispiele behandelt, die die unterschiedlichen Problematiken in der laufenden Debatte aufzeigen.

Fallbeispiel 1: Bt-Mais

Im ersten Fallbeispiel geht es um Mais, in dessen Genom die Information zur Produktion eines Bakterienproteins eingeschleust wurde, das gegen ein Schadinsekt, den Maiszünsler, wirkt. Bei diesem sogenannten **Bt-Mais** ist der **Maiszünsler** der **Zielorganismus**, gegen den der Mais durch das Einschleusen eines Bakterientoxins gentechnisch modifiziert wurde. Alle anderen Tiere und Pflanzen, die in irgendeiner Weise vom Toxin im Bt-Mais beeinflusst werden oder werden könnten, sind **Nicht-Zielorganismen**. Anhand erster Versuche zur Umweltverträglichkeit des Bt-Mais, bei denen eine schädliche Wirkung des Bt-Maispollens auf Monarch-Schmetterlingsraupen festgestellt wurde, entzündete sich eine Debatte über den Einsatz von genetisch veränderten Pflanzen und ihre möglichen ökologischen Auswirkungen, die bis heute anhält. Die Chronologie dieser Debatte, der Austausch von Argumenten und die nach und nach dazugewonnen wissenschaftlichen Erkenntnisse sind hervorragend dafür geeignet, Schülerinnen und Schüler in die Problematik einzuführen. Die Unterrichtseinheit soll es Schülerinnen und Schülern ermöglichen, eine persönliche begründete Einstellung zur Grünen Gentechnik zu entwickeln.

Fallbeispiel 2: Gentechnisch veränderter Raps

Das zweite Fallbeispiel beschäftigt sich mit Raps, dem durch gentechnische Verfahren eine Resistenz gegen das für Tiere und Menschen ungefährliche Herbizid Glyphosat verliehen wurde. Der Proteinkomplex, den Glyphosat normalerweise bei den unerwünschten Wildkräutern ausschaltet, ist bei dem sogenannten **gv-Raps** leicht verändert, sodass er nicht von Glyphosat blockiert wird. Auf diese Weise können Landwirte die Besiedlung von Rapsfeldern durch andere Wildkräuter als **Zielorganismen**, die mit dem angebauten Raps konkurrieren und so den Ertrag verringern, unterdrücken. Da Raps eine wichtige Trachtpflanze für Honigbienen ist, gibt es eine aktuelle Diskussion darüber, ob diese Resistenz das Naturprodukt Honig nachteilig beeinflusst und ob sie durch Pollenübertragung durch Bienen (als Beispiel für horizontalen Gentransfer) auch auf andere Kräuter unkontrolliert übertragen werden kann. Im diesem Fall sind Honigbienen und rapsverwandte Wildkräuter **Nicht-Zielorganismen**.

Die Unterrichtseinheit ist für die Schuljahrgänge 11-12 (13) der gymnasialen Oberstufe konzipiert, da sie sowohl die Fähigkeit zu selbstständigem Arbeiten voraussetzt wie auch umfangreiches Wissen in den Bereichen Genetik und Ökosysteme. Dadurch steht diese Einheit im Sinne der *Einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Biologie*¹ im Spannungsfeld von einfachen molekularen Vorgängen bis hin zu komplexen Wechselwirkungen der Biosphäre.

Zunächst werden für die Lehrkraft Informationen zur Grünen Gentechnik und den oben erwähnten Fallbeispielen gegeben. Dem schließen sich zahlreiche Arbeitsblätter für Schülerinnen und Schüler an, die mit allgemeinen Themen (Gesetzgebung u. ä.) beginnen, Fallbeispiele behandeln und abschließend das Bewerten der Grünen Gentechnik thematisieren. Diese Arbeitsblätter sind in ihrer Gesamtheit als Forschungsmappe zu verstehen: Die Schülerinnen und Schüler sollen diese Arbeitsblätter eigenständig bearbeiten und sich damit das notwendige Fachwissen für eine reflektierte Urteilsfällung zur Grünen Gentechnik erarbeiten. Auf dieses Material zur fachlichen Erarbeitung folgt Material zum Kompetenzbereich Bewertung: In Gruppenarbeit und Plenumsdiskussionen soll das persönliche Urteil vor dem Hintergrund der Urteile anderer reflektiert und verteidigt werden. So kann das Bewerten als wichtiger Bestandteil gesellschaftlicher Diskurse erfahren und eingeübt werden (Mittelsten Scheid, 2008).

| Materialien der Forschermappe | |
|--------------------------------------|---|
| Material I: | Gentechnisch veränderte Pflanzen: Definition und gesetzliche Lage |
| Material II: | Ökologische Schäden |
| Material III: | Mögliche Schädigung von Bienen durch transgenen Rapspollen |
| Material IV: | Übertragung von Transgenen |
| Material V: | Untersuchungen an der Monarchfalterraupe |
| Material VI: | Der Risikobegriff |
| Material VII: | Fokus Bewerten (Gruppenarbeit und Plenum) |

¹ Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 1.12.1989 i.d.F. vom 5.2.2004

2.2 Der Risikobegriff

Bei der Betrachtung der möglichen ökologischen Auswirkungen von gentechnisch veränderten Kulturpflanzen spielt der Risikobegriff und die Abschätzung sowie Bewertung von **Risiken** eine zentrale Rolle: Die Einführung neuer Technologien ist seit jeher mit der hohen Erwartung gekoppelt, dass sich damit viele Probleme lösen und Prozesse vereinfachen lassen. Schädigende Auswirkungen zeigen sich wenn, oft erst später, im Falle von ökologischen Schäden fast immer zu spät. Da es selbst für Fachleute grundsätzlich schwierig ist, die Risiken einer neuen Technologie in ihrem frühen Entwicklungsstadium zu erkennen und zu bewerten, führt dies fast immer dazu, dass sie auch vehement abgelehnt wird. Es ist für Laien schwierig, die wissenschaftliche Ausdrucksweise und Umschreibung der Prozesse von gentechnischen Verfahren zu verstehen und damit einen Kenntnissstand der Materie zu erlangen, mit dem sie sich in der Lage fühlen, die Diskussion zu verfolgen und sich eine fundierte Meinung für eigene Entscheidungen zu bilden. Neben den Fallbeispielen zur Auswirkung von gentechnischen Kulturpflanzen auf ihre Umwelt werden dem Risikobegriff, der Risikobewertung, den Umweltschäden sowie Grenzwerten und Zulassungsverfahren in dieser Unterrichtseinheit etliche Inhalte gewidmet.

Es stellt sich in Bezug auf Grüne Gentechnik die Frage: Wie groß sind die Risiken der Grünen Gentechnik einzuschätzen?

Der Begriff "**Risiko**" stammt vom lateinischen *risicare* (= etwas wagen) und kann als die Wahrscheinlichkeit des Eintrittes eines Ereignisses oder einer Gefahr angesehen werden. Dabei sind auch die Ausmaße eines möglichen Schadens zu berücksichtigen. Für eine Diskussion über Risiken muss man sich bewusst sein, dass Risiken nie völlig objektiv eingeschätzt werden können, sondern immer einem gewissen Grade an subjektiver Voreingenommenheit unterliegen. Geschätzte bzw. "gefühlte" Risiken weichen fast immer in erheblichem Maße von nachweisbaren Risiken ab. So kann es geschehen, dass Minimalrisiken sehr hoch eingeschätzt werden oder hohe (nicht offensichtliche) Risiken nicht in Betracht gezogen werden.

Grundsätzlich gilt, dass sich oft ein Wandel der Einstellung zu möglichen Risiken vollzieht. Beispielsweise gab es vor rund 20 Jahren umfangreiche Proteste gegen gentechnisch hergestellte Medikamente. Heute hat man aufgrund des Nutzens, den man durch diese Medikamente erfährt, damit verbundene Risiken akzeptiert (Kempken & Kempken 2006).

Es stellt sich außerdem die entscheidende Frage, wie viele Kenntnisse vorliegen müssen, um zu erkennen, ob ein tatsächliches Risiko vorliegt und um beurteilen zu können, welche möglichen Gefahren tatsächlich davon ausgehen könnten. Eine pauschale Risikobetrachtung zum Anbau und Nutzen transgener Kulturpflanzen ist nicht angebracht, da in jedem Einzelfall abgewogen werden muss. Es ist daher sinnvoll hier einige Risikoaspekte darzulegen, die bei der Genehmigung des Anbaues von transgenen Kulturpflanzen häufig abgewogen werden.

Risikoaspekte bei der Genehmigung des Anbaus transgener Kulturpflanzen

1) Unkontrollierte Verbreitung von Fremd-Genen transgener Pflanzen auf andere Pflanzen durch Hybridisierung

Die Verbreitung von genmanifestierten Eigenschaften erfolgt bei Blütenpflanzen durch Pollenübertragung auf einen Kreuzungspartner. Dabei spielen folgende Faktoren eine Rolle:

- Räumliche Entfernung zwischen den Pflanzen
- Zeitlich unterschiedliche Reifung der Blüten
- Übertragungsweg (Wind oder Insekten als Bestäuber)
- Störung der Pollenauskeimung und der Samenentwicklung

2) Verwilderung von transgenen Kulturpflanzen

Etliche Kulturpflanzen sind aus "Unkräutern" hervorgegangen, die sich in bestehenden Kulturen ausgebreitet haben. Da sich die Wildformen deswegen immer wieder zwischen den Kulturpflanzen ansiedeln, besteht die Möglichkeit, dass aufgrund der geringen genetischen Schranke Hybridisierungen erfolgen (Gillet et al. 1986). Dieser Punkt ist eng mit Punkt 1) verknüpft und spielt bei den derzeitigen Risikobetrachtungen eine wichtige Rolle (siehe Beispiel gv-Raps).

3) Möglichkeiten des horizontalen Gentransfers

Die Weitergabe der eingeschleusten DNA-Sequenzen, z. B. Bakterientoxin, läuft unabhängig von der sexuellen Fortpflanzung ab (Bakterien und Viren dienen dabei als Überträgervektoren). Dieses Risiko ist eher theoretischer Natur, da es keine bekannten Beispiele aus dem Freiland dafür gibt (Schlüter & Potrykus, 1996).

4) Mögliche Auswirkungen auf Bodenorganismen

Da die nicht abgeernteten Teile transgener Pflanzen als abzubauenende Biomasse auf den Anbauflächen verbleiben und von Bodenorganismen mineralisiert werden, stellt sich die Frage, ob bei der Zersetzung Abbauprodukte, wie beispielsweise Toxine, angereichert werden.

5) Gefährdung durch Antibiotika- oder Herbizid-Resistenzen als Marker

In transgene Pflanzen werden mitunter Gene mit Antibiotika- oder Herbizid-Resistenzen als Marker eingeschleust, um die gentechnisch veränderten Organismen erkennen und nachzuweisen zu können. Diese Methode birgt Risiken. Es wird befürchtet, dass darunter die Wirksamkeit von Antibiotika im medizinischen Bereich leidet.

Die **Reflexion** von Risiken ist untrennbar mit dem Begriff der Verantwortung verbunden. Dabei werden an Wissenschaftler und politische Entscheidungsträger erhöhte ethische Anforderungen gestellt, da ihnen die Aufgabe zukommt, der Öffentlichkeit grundlegendes Wissen zu ermitteln. In Bezug auf die Grüne Gentechnik sind dabei zwei Punkte von entscheidender Bedeutung: Wissenschaftler haben die Verantwortung, einerseits ihre Arbeiten korrekt und nachvollziehbar auszuführen und andererseits die Öffentlichkeit über Chancen und Risiken neuer Technologien und Produkte auf möglichst eindeutige und in allgemein verständlicher Weise aufzuklären und somit eine öffentliche Debatte zu ermöglichen (Markl 1987).

2.3 Definition von Umweltschäden

Reflektiert man Risiken, muss man auch mögliche Schädigungen der Umwelt thematisieren, die die Grüne Gentechnik bewirken könnte. Hier soll geklärt werden, wann man grundsätzlich von Schädigungen der Umwelt spricht. Es ist zu berücksichtigen, dass "Schädigungen" der Natur nicht einfach existieren, sondern immer im Sinne menschlicher Vorstellungen definiert werden, wie vergleichsweise Insekten nach menschlicher Werteskala häufig als "Nützlinge" oder "Schädlinge" gelten.

Ökologische Schäden sind insofern schwierig feststellbar, als bei den vielfältigen Eingriffen des Menschen in natürliche Prozesse die Abgrenzung zwischen Schaden und fortlaufender natürlicher Veränderungen nur schwer möglich ist. Es bedarf letztendlich eines gesellschaftlichen Konsenses, ob und wann durch transgene Kulturpflanzen ausgelöste Veränderungen in der Umwelt einen ökologischen Schaden darstellen. Erschwerend kommt hinzu, dass in der Rechtswissenschaft der Sachverhalt eines ökologischen Schadens nicht einheitlich definiert ist. Es gibt nur eine juristische Arbeitsdefinition für ökologische Schäden.

Nach Brandt (1999) gibt es drei Bereiche für **allgemeine Umweltschäden**:

- Verdrängen wildlebender Pflanzen und Tiere
- Unterbrechung im Wirkungsgefüge von Lebensgemeinschaften
- Zerstörung des Lebensraumes bzw. Biotops

Dabei können schädigende Einflüsse auf Pflanzen, Tiere, ganze Biozöosen und Ökosysteme auf verschiedenen Ebenen unterschieden werden (s. Tabelle 1):

Tabelle 1

Schädigende Einflüsse auf Pflanzen auf mehreren Ebenen (verändert nach SRU 2004)

| | |
|-----------------------|--|
| Ebene der Zelle | <ul style="list-style-type: none">• Veränderung des Stoffwechsels• Transformationen und Rekombinationen mit Mikroorganismen |
| Ebene des Individuums | <ul style="list-style-type: none">• Merkmalsveränderung durch artfremden DNA Transfer (Introgression)• Merkmalsveränderung durch Hybridisierung |
| Ebene der Population | <ul style="list-style-type: none">• Vermehrung und Ausbreitung rekombinanter Individuen• Resistenzentwicklungen |
| Ebene des Ökosystems | <ul style="list-style-type: none">• Effekte auf Nahrungsnetze• Änderung des Artenspektrums• Veränderung des Stoffhaushalts |
| Ebene der Landschaft | <ul style="list-style-type: none">• Veränderung des Bestandes• Einfluss der Landwirtschaftsformen |

Bei der Schadensbewertung ist die Überschreitung eines **Schwellenwertes** ein wichtiges Instrument zur Beurteilung. Ein Schwellenwert markiert die Grenze, ab wann ein nicht mehr akzeptables Schadensmaß vorliegt (Kowarik et al. 2006). Der Schwellenwert wird dabei mit dem Überschreiten der natürlichen Variationsbreite von Faktoren gleichgesetzt. Dabei besteht die hauptsächliche Schwierigkeit darin festzulegen, wann eine natürliche Variationsbreite nicht mehr vorliegt.

Als **Schwellenwert** wird im Zusammenhang mit gentechnisch veränderten Kulturpflanzen die prozentuale Menge an Beimischung gentechnisch veränderter Anteile angegeben, die **zufällig und technisch nicht vermeidbar** in Lebensmitteln oder Saatgut enthalten sein kann und deswegen **keiner Kennzeichnung** bedarf (!). In der Europäischen Union müssen alle gentechnisch veränderten Produkte, die mit der Nahrungsmittelproduktion zu tun haben, gekennzeichnet werden. Davon ausgenommen sind nur Lebensmittel, die Beimischungen von transgenen Kulturpflanzen oder anderen gentechnisch veränderten Organismen unter dem Schwellenwert von 0,9% enthalten. Der Schwellenwert wird dann niedriger angesetzt, wenn der technische Fortschritt diese Anpassung erlaubt.

Eine besondere Bedeutung haben Schwellenwerte außerdem für gentechnisch veränderte Anteile von Kulturpflanzen, die für Saatgut verwendet werden, weil sie und ihre Inhaltsstoffe oft am Beginn von Lebensmittelproduktionen stehen (DFG 2002). Dementsprechend finden sich Verunreinigungen des Saatgutes auch in den fertigen Lebensmitteln wieder.

2.4 Fallbeispiel 1: Bt-Mais

Mais (*Zea mays*) ist ein Getreide (Abb. 7), das ursprünglich aus Zentralmexiko (Franke 1985) stammt und dort vermutlich schon seit mindestens 3400 v. Chr. als Kulturpflanze domestiziert wird, sodass eine Wildform nicht mehr bekannt ist. Von Kolumbus wurde er nach Europa gebracht und seitdem hier angebaut. Es gibt sowohl eine große historische als auch eine moderne Vielfalt der über 50.000 bekannten Sorten. So erklärt sich, dass Mais als einjähriges Gras, obwohl es aus den Subtropen kommt, mittlerweile auch im gemäßigten Klima frostresistent ist und gut gedeiht. Wie die meisten Getreide ist auch der Mais ein Vertreter der Süßgräser (Poaceae). Im Gegensatz zu Weizen, den die Europäer seit Jahrhunderten für ihre Ernährung nutzen, ist Mais jedoch eine C4- und keine C3-Pflanze. Außerdem ist die Maispflanze einhäusig getrenntgeschlechtlich, das bedeutet, dass männliche und weibliche Blüten getrennt an einer Pflanze zu finden sind (Franke 1985). Mais wird vor allem als Viehfutter angebaut, da er u. a. für die menschliche Ernährung nur wenig Eiweiß enthält, das außerdem arm an einigen essenziellen Aminosäuren ist (Herder 1994b). So werden nur 9% der Maisproduktion für die Herstellung menschlicher Nahrungsmittel verwendet.

Rund 720 Millionen Tonnen Mais werden jährlich weltweit produziert, wobei die USA mit etwa 282.300 Millionen Tonnen die größten Produzenten sind. Einer der Schädlinge, die zu erheblichen Ernteeinbußen führen, ist der Maiszünsler (*Ostrinia nubilalis*). Die Raupen dieser mottenartigen Nachtfalter mit 3,5 Zentimetern Flügelspannweite vernichten jedes Jahr um die 7% der weltweiten Maisproduktion. Die Raupen fressen sich minierend durch Stängel und Kolben der Maispflanzen. Auf einzelnen Feldern kann es bis zu 10%-igen Ernteeinbußen kommen. Traditionelle Züchtung von resistenten Sorten oder die herkömmliche Bekämpfung durch Insektizide sind nicht ausreichend, um die durch Maiszünsler verursachten Schäden nennenswert zu verringern. Eine Lösung für den großflächigen Anbau bot sich in der Herstellung gentechnisch veränderter Maissorten, denen die Erbinformation zur Herstellung eines Proteins in das Genom eingeschleust wurde, das von dem Bodenbakterium *Bacillus thuringiensis* stammt und auf die Zünslerraupen tödlich wirkt, wenn sie es fressen. Das Toxin ist so spezifisch, dass es nur bei Motten und deren Verwandten wirkt. Andere Insektengruppen sind dafür nicht empfänglich. Der sogenannte Bt-Mais soll sich durch die Produktion dieses Bakterienproteins selber gegen Befall schützen und den Einsatz von Insektiziden überflüssig machen, da diese neben anderen Insekten auch viele Bodenorganismen abtöten. Für die menschliche Ernährung gilt das Bakterientoxin als unbedenklich.

Seit 1996 wird der Bt-Mais in den USA kommerziell angebaut. Inzwischen findet er sich auf 11% der weltweiten Anbaufläche, die etwa 140 Millionen Hektar umfasst. Der Anteil des Bt-Mais am weltweiten Maisanbau wächst jährlich um 15%. In der Europäischen Union muss seit 1998 der Anbau von transgenen Pflanzen bewilligt werden, dadurch steigt der Anteil von Bt-Mais nur langsam. Jedoch betreffen 25% der an die EU gerichteten Anträge zum Feldanbau gentechnisch veränderter Pflanzen Mais. Damit liegt er an erster Stelle vor Raps (Maag et al. 2001).

Die einflussreiche Zeitschrift **Nature** veröffentlichte 1999 eine Arbeit über die negativen Auswirkungen von Bt-Mais-Pollen auf Monarch-Schmetterlinge (Abb. 4). Der Monarch-Falter ist ein in den USA weit verbreiteter Schmetterling. Seine Raupen fressen Blätter der Seidenpflanze (*Asclepiadaceae*), die im

Kulturland als ein Ackerunkraut gilt. Dieser Artikel hat große Beachtung gefunden und allgemeines Unbehagen im Umgang mit transgenen Kulturpflanzen ausgelöst. Ein Team um den Wissenschaftler John E. Losey (Losey, et al. 1999) von der Cornell University führte eine **Versuchsreihe** durch, in der die Verträglichkeit von Pollen des Bt-Mais auf Schmetterlingsraupen untersucht wurde (s. Material V). Sie fanden deutliche negative Auswirkungen bei Raupen, die mit Maispollen bepuderte Seidenpflanzenblätter gefressen hatten.

Losey und Kollegen interpretieren ihre Ergebnisse zur Schädigung der Raupen (zu den Ergebnissen siehe Material V) mit Vorsicht. Sie betonen, dass weitere Experimente zur Empfindlichkeit von Raupen in Bezug auf auf Bt-Mais und eine sorgfältige Risikoabschätzung im Vergleich mit anderen Pestiziden notwendig sind. Die im Labor produzierten Daten sind zu diesem Zeitpunkt noch nicht unter Feldbedingungen überprüft worden. Dennoch suggeriert diese Studie, dass der Anbau von Bt-Mais nicht sicher ist, denn anders als erwartet hat die Maispflanze über ihren Pollen einen unvorhergesehenen Einfluss auf die umgebenen Ökosysteme.

Obwohl nicht erwartet, zeigte sich hier eine Auswirkung eines Produktes einer transgenen Pflanze, des Bt-Maispollens, auf einen Nicht-Ziel-Organismus. Die folgenden möglichen Auswirkungen wurden weltweit diskutiert, nachdem sie veröffentlicht worden waren:

- Da Mais ein Windbestäuber ist und die Pollen durch den Wind verfrachtet werden, besteht nun die Gefahr, dass flächendeckend Nahrungspflanzen von Schmetterlingen eingestäubt werden. Dadurch besteht die Gefahr, dass Schmetterlinge in Maisanbaugebieten oder deren Umfeld verschwinden.
- Der Anbau von Bt-Mais, insbesondere in der Nähe von Naturschutzgebieten, wird zu einem unkalkulierbaren Risiko, da dadurch dort vorkommende Schmetterlinge bedroht werden und damit auch alle anderen Tiere, die als Räuber oder Parasiten auf diese spezialisiert sind. Da es unter den Schmetterlingsartigen auch viele Bestäuber gibt, die sich wiederum auf etliche Blütenpflanzen spezialisiert haben, ist auch die Zusammensetzung der Vegetation bedroht: Nahrungspflanzen der Raupen, darunter viele "Unkräuter", die Wind als Bestäuber nutzen, breiten sich verstärkt aus, während die auf Bestäubung von Schmetterlingen angewiesenen Kräuter verschwinden.
- Wenn die Toxinwirkung sich nicht auf die Maispflanze und ihre direkten Schädlinge begrenzen lässt, können auch Tiere in Mitleidenschaft gezogen werden, die man bisher nicht getestet oder bedacht hat.

Die Massenmedien beleuchteten nun anhand der Monarch-Raupen-Studie das Thema "Risiken und Sicherheit von transgenen Pflanzen". Die EU stoppte daraufhin Zulassungsverfahren von transgenen Kulturpflanzen für Europa. Lebensmittelhersteller erklärten, auf gentechnisch veränderte Pflanzenprodukte vorsichtshalber verzichten zu wollen. Lebensmittel müssen nun mit dem Hinweis „Enthält keine Bestandteile gentechnisch veränderter Pflanzen“ **gekennzeichnet** sein. Anstelle der gentechnisch veränderten Sorten werden derzeit wieder mehr konventionelle Sorten angebaut.

Es blieb die Frage, ob sich die Laborergebnisse der Monarch-Raupen-Studie auf die **Verhältnisse im Freiland** übertragen lassen. Daher wurden weitere Untersuchungen durchgeführt, die wiederum

Loseys Befunde in Frage stellen (s. Material V). Zur Diskussion, ob sich die Laborergebnisse der Monarch-Raupen-Studie von Losey und Kollegen auf die Verhältnisse im Freiland übertragen lassen, sei hier eine Sammlung der allgemeinen Kritik von Fachkollegen, die sich in den letzten Jahren angehäuft hat, abgedruckt.

Informationskasten 3:

Kritische Reflexion zur Übertragung von Ergebnissen von Laborstudien auf Freilandverhältnisse

- **Die Versuchsbedingungen** kreieren eine fiktive Situation, denn es bleibt anzumerken, dass Maisfelder und deren Umgebung kein bevorzugter Lebensraum für Monarch-Falter sind. Die Weibchen der Monarch-Falter legen ihre Eier nicht in unmittelbarer Nähe von Maisfeldern.
- **Eine Wahlmöglichkeit** für die Monarch-Raupen bei der Futteraufnahme gibt es unter Laborbedingungen nicht. Es stellt sich somit die Frage, ob auch unter Freilandbedingungen die Raupen dermaßen stark mit Pollen überpuderte Blätter der Seidenpflanze überhaupt fressen.
- **In der kurzen Experimentdauer** konzentrierte man sich auf die jungen empfindlichen Raupen. Was geschieht mit den überlebenden Raupen, wenn z. B. der Mais verblüht ist und sie unbelastete Seidenpflanzenblätter fressen?
- **Die Pollenmenge**, mit der die Seidenpflanzenblätter bepudert wurden, wurde nicht genau (quantitativ) bestimmt, sondern nur nach Augenmaß. Es bleibt somit völlig offen, ob so die Pollenmenge getroffen wird, die sich in oder um ein Maisfeld herum tatsächlich ansammelt.
- **Die geringe Ausbreitungskapazität von Maispollen** wirkt einer flächigen Überpuderung von Pflanzen entgegen. Obwohl die vergleichsweise schweren Maispollen bei entsprechenden Winden vereinzelt 60-200 m weit verschleppt werden können, fallen die meisten innerhalb eines 5 m Radius um Maisfelder herum zu Boden.
- **Es ist zu überlegen, ob eine tödliche Menge an Maispollen aufgenommen** werden kann, wenn Maispflanzen in einen Zeitraum von 5-10 Tagen verblühen und sich nur dann Pollen auf Seidenpflanzen ablagert. Die Maisblüte und die Wachstumsphase der Raupen scheinen sich im Mittleren Westen der USA nur selten zu überschneiden.
- **Ein Vergleich der Maisfelder, in denen Insektizide eingesetzt werden**, steht aus. Bei der konventionellen Methode Maiszünsler einzudämmen, käme es zu einem massiven Einsatz von Insektengiften. Die Überlebensrate für die Monarchfalterraupen könnte unter diesen Bedingungen wesentlich schlechter sein als in einem Feld mit Bt-Mais.
- **Eine Risikoabwägung der Gefährdung** für den Monarchfalter würde bedeuten, dass einer möglichen Gefährdung durch Pollen von Bt-Mais auch alle anderen Gefährdungen der Monarchfalter-Population gegenüber gestellt werden. Die größte Bedrohung ist sicherlich die Zerstörung der Winterquartiere in Mexiko, wo in kleinen Arealen fast alle Falter überwintern.

Die amerikanische Umweltbehörde EPA forderte im Anschluss daran weitergehende Untersuchungen zu möglichen Langzeiteffekten. Denn in den bisherigen Studien wurden Schmetterlingsraupen nicht länger als eine Woche mit Bt-Pollen gefüttert, da sich in dieser Zeitspanne schon nachteilige Effekte zeigten (**Sears, 2000, 2001**). Langfristige Ernährung mit Bt-Pollen in geringer Dosierung scheint sich ebenfalls nachteilig auf Schmetterlinge auszuwirken. Weitere Studien (**Felke & Langenbruch 2003**) kommen zu dem Ergebnis, dass auch andere Schmetterlingsarten geschädigt werden können. Dabei ist die nachteilige Dosis an Pollen von Art zu Art sehr unterschiedlich. Was von Vertretern einer Art ohne erkennbare Auswirkung vertragen wird, kann Vertreter einer anderen Art schon töten.

Abschließend sei erwähnt, dass in der Zeitschrift Science im Juni 2007 die Ergebnisse von 42 Studien zur Auswirkung von Bt-Mais auf Nicht-Ziel-Organismen verglichen wurden (**Marvier, 2007**) und die Autoren des Artikels zu dem Schluss kommen, dass wirbellose Nicht-Ziel-Organismen in Bt-Feldern zahlreicher zu finden sind als in Feldern nach Pestizideinsatz. Allerdings ist die Dichte in Bt-Maisfeldern immerhin merklich geringer als in Feldern mit konventionellen Sorten.

2.5 Fallbeispiel 2: Gentechnisch veränderter Winterraps

Der Raps (*Brassica napus*) ist über die Jahrhunderte seiner Kultivierung zur wichtigsten Öl produzierenden Pflanze Europas geworden (Abb. 1: Rapsfeld). Die Rapskultur stammt aus dem östlichen Mittelmeerraum zum Zwecke der Gewinnung von Lampen- und Speiseöl. In Mitteleuropa entfaltete sich die Rapskultur ab dem 17. Jahrhundert. Der Kulturraps, wie wir ihn heute kennen, ist vermutlich eine Kreuzung zweier Kreuzblütlerarten (*Brassicaceae*), den Rübsen und dem Wildkohl (Herder 1994a). Wie alle Kohlverwandten besitzt der Raps einen hohen Anteil an Senfölen, die für den intensiven Geschmack sorgen. Jedoch sorgen der Gehalt an Eruca- (45-52%), Öl- (12-24%) und Linolsäure

(12-16%) sowie Arachinsäure dafür, dass das Rapsöl bitter schmeckt. Und darin enthaltene Glucosinolate machen das Rapsöl für Menschen und Tiere nur schwer verdaulich (Bickel-Sandkötter 2003). Bei den modernen Sorten ist der Gehalt an Ölsäure deutlich erhöht (65%), wogegen der Gehalt an Erucasäure deutlich gesenkt wurde (2%). Aus den Speicherlipiden der Samenkörner wird Rapsöl gewonnen, pro Hektar können es bis zu 1500 Liter sein. In Deutschland wird hauptsächlich Winterraps angebaut, da dessen Öl-Anteil in den Samen größer ist. Er wird im August ausgesät und bildet den Winter über eine kräftige Blattrosette. Die leuchtend gelbe Blüte erfolgt dann von April bis Mai des darauffolgenden Jahres und erstreckt sich über drei bis fünf Wochen, die Samenreife danach dauert zwei Monate (Bickel-Sandkötter 2003). Raps wird vor allem von Bienen bestäubt, was sich an den im UV-Licht erkennbaren Saftmalen zeigt. Raps lockt Bienen durch große Mengen von Nektar an und ist damit eine wichtige **Trachtpflanze** (Abb. 2: Rapsblüte) für die Honigproduktion. Einige Rapsorten wurden für die menschliche Ernährung und als Tierfutter optimiert, sie produzieren mehr geschmackvollere Ölsäure und haben einen hohen Anteil an ungesättigten Fettsäuren. Gleichzeitig haben sie nur einen geringen Anteil an schwer verdaulichen und ungenießbaren Stoffen. In Deutschland gilt Raps mittlerweile vor allem als wichtigster nachwachsender Rohstoff für Ölprodukte, die in der chemisch-technischen Industrie Verwendung finden. Der Rapsanbau nimmt Jahr für Jahr eine Fläche von 1,23 Millionen Hektar ein, was einer Rapsölmenge von 3,5 Millionen Tonnen entspricht. Als Biodiesel verarbeitet wächst die Nachfrage nach Rapsöl stetig, als Obergrenze für den Rapsanbau wird in Deutschland eine Fläche von 1,6 bis 1,8 Millionen Hektar angesehen.

Raps ist in vielen Gegenden Deutschlands eine der wichtigsten Trachtpflanzen, gleichzeitig ist die Honigbiene deswegen einer der wichtigsten Bestäuber des Rapses. Raps-Honig ist ein wichtiges und allgemein bekanntes Produkt. Raps kann sich in Mitteleuropa mit ähnlichen Kulturpflanzen und Wildkräutern kreuzen, im Gegensatz zu anderen Kulturpflanzen wie Kartoffel, Tomate oder Tabak, von denen in Europa keine verwandten Arten vorkommen. Damit stellt sich die Frage, welchen Einfluss die Bestäubertätigkeit der Honigbienen auf die Übertragung der gv-Raps-Transgenen durch Pollentransfer auf andere Rapsorten oder nah verwandten Arten hat. Außerdem wird befürchtet, dass die Larven von Honigbienen Schaden nehmen, wenn sie mit transgenen Pollen gefüttert werden.



Abb. 1: Rapsfeld (Dr. Armin Rose)



Abb. 2: Rapsblüte (Dr. Armin Rose)

Beim Raps kommen zunehmend gentechnische Verfahren zum Einsatz (Bickel-Sandkötter 2003). Dabei wird eine Sterilität der männlichen Blüten angestrebt, um die Züchtung von Hybridsorten mit hohen Erträgen in Kombination mit einer gewissen Toleranz gegenüber Herbiziden mit den Wirkstoffen Glyphosat, Gluphosinat, Oxynil und seltener auch Isoxazo zu erreichen. So besitzt **gv-Raps** z. B. einen Proteinkomplex, der nicht durch Glyphosat denaturiert wird. Der Einsatz dieser Sorten ist umstritten und in der EU ist eine Zulassung noch nicht erfolgt. Bisher wird dieser Raps u. a. in den USA, Kanada und Japan kommerziell angebaut. Von über 1350 an die EU gerichtete Anträge zum Feldanbau gentechnisch veränderter Pflanzen betreffen 270 (gleich 20%) den Raps.

Tendenzen zeichnen sich ab, bei denen man sich in Zukunft darauf konzentrieren wird, Rapsorten zu schaffen, deren Inhaltsstoffe verändert wurden. Ziel dabei ist es, maßgeschneiderte Öle zu erhalten, passend für den jeweiligen Verwendungszweck. Dabei gilt:

- Langkettige Fettsäuren lassen Margarineprodukte aus Rapsöl härter ausfallen.
- Mehr ungesättigte Fettsäuren werten Rapsöl für die Ernährung auf.
- Rapsöl kann mit Beta-Carotin, einer Vorstufe von Vitamin A, angereichert werden.
- Rapsöl kann mit Aminosäuren angereichert werden. Zur Optimierung als Futtermittel kann der Gehalt an bitter schmeckenden Eruca- und Sinapinsäuren reduziert werden.
- Das Spektrum an chemischen Rohstoffen wie z. B. Laurinsäure für die Produktion von Waschmitteltensiden kann erweitert werden.

Ferner wird angestrebt, die Resistenzen gegen Schädlinge und Krankheiten sowie Anpassungen an Standortfaktoren und Stresstoleranz gentechnisch zu verändern.

2.6 Übertragung von Transgenen durch Pollen

Die **Übertragung von Transgenen** auf nah verwandte Arten geschieht am häufigsten durch Pollen. In Deutschland kann diese Übertragung z. B. bei Raps und Kohl vorkommen. Im Gegensatz zu diesen beiden Kulturpflanzen haben Kartoffel, Tomate oder Tabak keine verwandten Arten in Europa. Da das Vorhandensein verwandter Arten Voraussetzung für eine erfolgreiche Transgenübertragung durch Pollen ist, tritt sie bei diesen Kulturpflanzen nicht auf. Ein Ansatz zur Vermeidung der Pollenübertragung könnte deswegen sein, transgene Pflanzen zu verwenden, für die es im Anbaugebiet keine verwandten Arten gibt (Kempken & Kempken, 2006).

Bei der **Erforschung** des Übergangs von Transgenen spielt die Bestäubung durch Vektoren wie die Honigbiene eine wichtige Rolle. Hinzu kommen verschiedenen Faktoren, die sowohl die Häufigkeit des Gentransfers wie auch die ökologischen Vor- und Nachteile betreffen (s. Tabelle 2).

Tabelle 2: Übergang von Transgenen (verändert nach Kempken & Kempken, 2004, 188)

Forschungsschwerpunkte zum Übergang von Transgenen

- Häufigkeit des Gentransfers
- Fitness und ökologische Dominanz von Hybriden transgener Nutz- und Wildpflanzen
- Potenzielle ökologische Vor- und Nachteile, die sich aus Gentransfer ergeben

Da die Übertragung von Transgenen durch Pollen aber nicht ausgeschlossen werden kann, gilt es, deren **Risiken** abzuschätzen. Wenn die Übertragung von neu ausgebrachten Transgenen den Pflanzen einen tatsächlichen und nicht nur potenziellen Vorteil bringt, kann sie sich im Ökosystem verstärkt ausbreiten. Auch in der konventionellen Landwirtschaft werden krankheitsresistente Pflanzen eingesetzt, deren Eigenschaften sich ab und zu auf Wildpflanzen übertragen. Beispielsweise übertragen die kultivierten Getreidesorten oft ihre Erbinformation auf Wildgräser, da diese an der historischen Zucht dieser Sorten beteiligt waren (Grau et al. 1990), wie z. B. bei Weizen und *Aegilops*- bzw. Gänsefußgräser. Hier hat dies allerdings bislang nicht zu "erkennbaren Problemen" geführt (Kempken & Kempken, 2006).

Gefährdung der Honigbiene durch Mais- und Rapspollen?

Gräser wie der **Mais** sind in der Regel Windbestäuber und bieten Bienen daher keine Möglichkeit, an Nektar zu gelangen. Dennoch sammeln Bienen in der Agrarlandschaft so viel Maispollen, dass er 50% der Pollenfracht ausmachen kann. In Österreich durchgeführte Untersuchungen (Gamer & Zeddes, 2002) belegen, dass der **Maispollenanteil im Honig** in der Regel unter 0,1% bleibt. Der Anteil von Bt-Mais-Pollen in Honig konnte aufgrund dieses geringen Anteils nicht bestimmt werden. Es stellte sich jedoch heraus, dass der Anteil an Bt-Pollen in der gesammelten Pollenfracht stark reduziert wird, wenn sich der **Abstand vom Bienenstock** zum Bt-Maisfeld vergrößert. Einen Austausch von Transgenen durch **Pollenübertragung** scheinen Honigbienen nicht zu fördern, da weibliche und männliche Blüten einer Maispflanze nicht direkt nebeneinander liegen, sondern räumlich klar getrennt

sind: die männlichen Blütenrispen werden an der Spitze der Maispflanze gebildet, wogegen die weiblichen Blüten unten in den Blattachsen sitzen und dort nach der Befruchtung zu Maiskolben werden. Dadurch kommt es beim Sammeln von Maispollen nicht zu einer spontanen Bestäubung der weiblichen Blüte.

Für den Maispollen gilt, dass er sich kaum über große Entfernungen **verbreitet**. Denn die männlichen Maisblüten produzieren zwar große Mengen Pollen, aber dieser Pollen ist schwer und fliegt daher nicht weit, sondern befruchtet vor allem weibliche Blüten in unmittelbarer Nähe. Nur unter bestimmten Umständen wie starkem Wind können diese Pollen weitergetragen werden: Mais als C4-Pflanze transpiriert weniger Wasser als andere Pflanzen und aufgrund der geringeren Verdunstung herrschen erhöhte Temperaturen über dem Maisfeld. Diese Thermik ermöglicht warme Aufwinde, die den Pollen transportieren können. In Verbindung mit diesem Phänomen wurde Maispollen zum Teil in großer Höhe ausgemacht und eine ausgeprägtere Pollenverbreitung als erwartet gefunden. Einkreuzungen wurden jedoch stets unter der Grenze von 0,9% gefunden, die der Gesetzgeber als tolerabel betrachtet. Grundsätzlich gilt, dass die Messergebnisse zur Pollenverbreitung extrem variieren und dass die Pollenverbreitung von vielen, kaum kontrollierbaren Faktoren beeinflusst wird. Tests mit gelbem dominant vererbbares Farbmals (produziert intensiv gelbe Maiskörner) auf Weißmaisfeldern (bei dieser Sorte sind die Maiskörner farblos weißlich – rezessives Merkmal) zeigen, dass Kreuzungen der beiden Maissorten (erkennbar am Auftreten gelber Maiskörnern in den Kolben des Weißmais) seltener als erwartet stattfinden und vorwiegend am Rand von Feldern auftreten. Diese Erkenntnisse weisen darauf hin, dass Pufferzonen eine effektive Maßnahme darstellen, um das Einkreuzen von gentechnisch verändertem Mais zu verhindern (Rüschemeyer, 2008). Da oft kritisch gefragt wird, ob Insekten Maispollen verbreiten, ist es wichtig zu wissen, dass die Maisblüten als Windbestäuber (ohne Nektarproduktion) für Insekten ohnehin unattraktiv sind.

Es wurden verschiedene Untersuchungen zur Pollenübertragung bei Mais durchgeführt, von denen hier einige genannt werden sollen.

Informationskasten 4:

Untersuchungen zur Pollenübertragung bei Mais (Auswahl)

- An 30 Standorten in Deutschland wurde 2004 der Bt-Maisanbau im Freiland erprobt. Die Einkreuzung durch Pollenübertragung lag bei einem Abstand der Felder von über 20 m immer unter dem Schwellenwert von 0,9% für Saatguteinkreuzung.
- Im Jahre 2005 wurden einzelne Einkreuzungen gefunden, die über 0,9% lagen, obwohl die Entfernungen zwischen den Feldern 30 m betragen.
- Ein weiteres Forschungsprogramm (des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz im Jahr 2005/2006) zur Sicherung der Koexistenz zwischen transgenen und konventionellen Kulturpflanzen belegt 50 m als den geeigneten Abstand, um die Einkreuzung unter den Schwellenwert von 0,9% zu wahren.

Nach den sogenannten "**Regeln der guten fachlichen Praxis**" (SRU 2004), die von den Saatgut-Erzeugern transgener Maissorten erarbeitet wurden, sollen sich Landwirte dazu verpflichten, den Anbau von transgenem Mais so durchzuführen, dass es zu keiner Vermischung mit konventionellen Sorten kommt. Dazu gehören Auflagen wie z. B.:

- Flächen, auf denen ein Anbau von Bt-Mais geplant ist, müssen drei Monate vor der Aussaat beim öffentlichen Standortregister des BVL gemeldet werden.
- Bt-Saatgut muss getrennt von anderem Saatgut gelagert werden.
- Nach der Aussaat sind die Maschinen gründlich zu reinigen, um eine Verschleppung von Saatgut auszuschließen.
- Auf einem Trennstreifen von 20 m Breite um ein Bt-Maisfeld herum sollen nur konventionelle unveränderte Maissorten angebaut werden, deren Ernte unter die des Bt-Mais gemischt wird.

Nach dem **neuen Gentechnikgesetz vom 25.1.2008** gelten nun **verschärfte Anbaubedingungen**: Beim Anbau von Bt-Mais müssen 150 m Abstand zu konventionellen Feldern und 300 m Abstand zu Feldern von Bio-Bauern eingehalten werden. Für die Felder von Bio-Bauern gilt deswegen ein größerer Abstand, weil deren Produkte strengerem Reinheitsgeboten unterliegen. Allerdings dürfen diese Entfernungen unterschritten werden, wenn sich alle Anlieger eines Feldes damit einverstanden erklären. Liegt das Einverständnis nicht vor und tritt eine Verunreinigung auf, haftet der Bauer, der Bt-Mais anbaut. Eine Verunreinigung wird als solche jedoch erst betrachtet, wenn die Ernte mehr als 0,9% transgener Bestandteile enthält.¹

Ein weiterer Aspekt: Bislang mussten **Lebensmittel, die gentechnisch veränderte Bestandteile enthalten**, gekennzeichnet werden, wenn die Verunreinigung größer als 0,9% ist. Jedoch musste dies nicht berücksichtigt werden, wenn im Lebensmittel Produkte von Tieren enthalten sind, die man ihrerseits mit gentechnisch veränderten Pflanzen gefüttert hatte. Um die Transparenz in der Lebensmittelherstellung zu erhöhen, können seit dem 25.1.2008 Lebensmittel als gentechnisch frei gekennzeichnet werden. Zusätze müssen jetzt präziser angegeben werden. Nur die Zusätze von Medikamenten brauchen nicht angegeben zu werden, da Medikamente heute vorwiegend mit Hilfe der Gentechnik hergestellt werden sowie Futterzusätze, die unter Einsatz von Gentechnik hergestellt wurden (Enzyme). Weiterhin gilt dabei jedoch, dass eine Verunreinigung erst über 0,9% als nicht mehr gentechnisch frei gewertet wird (Lißmann, 2008).

¹ <http://www.zeit.de/online/2008/05/gentechnik-gesetz-bundestag>, 13.2.08.

Material I Gentechnisch veränderte Pflanzen: Definition und gesetzliche Lage

Aufgaben:

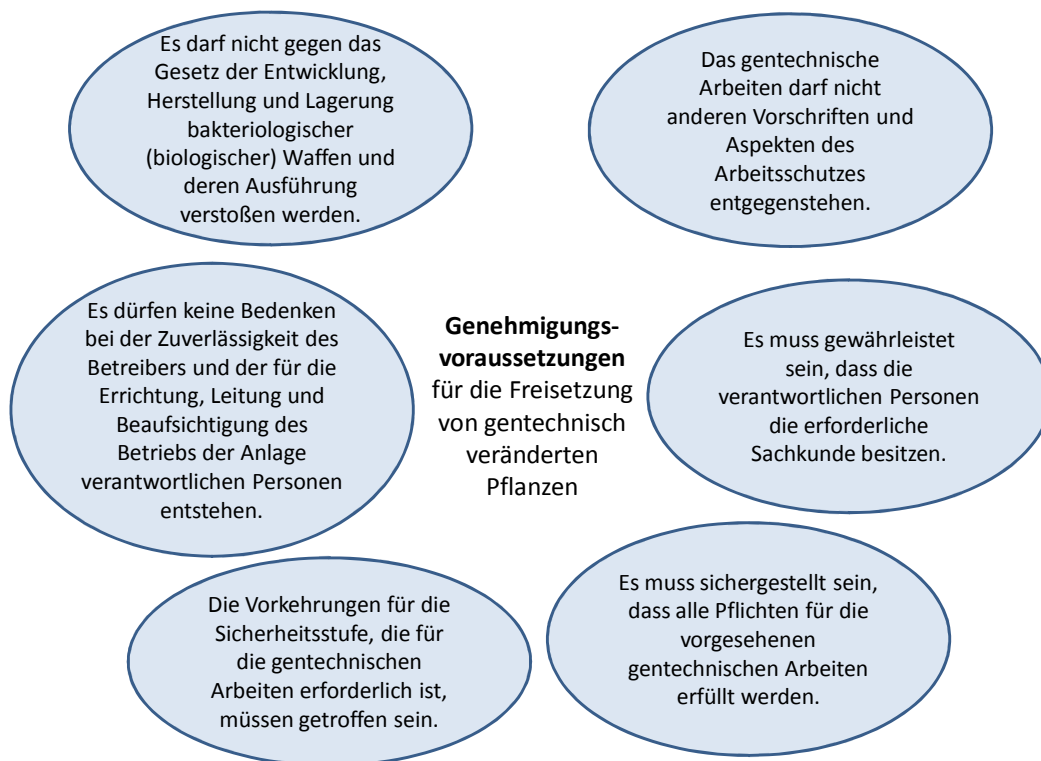
1. Lesen Sie folgenden Text und erarbeiten Sie, wer und was durch die Gesetzgebung geschützt wird.
2. Versetzen Sie sich in die Lage des Konsumenten gentechnisch veränderter Lebensmittel bzw. von Lebensmitteln mit gentechnisch veränderten Anteilen. Fühlen Sie sich durch diese Gesetzgebung geschützt? Begründen Sie Ihre Meinung.

Eine transgene Kulturpflanze ist eine Pflanze, die zur menschlichen Ernährung angebaut wird und in deren Erbgut Gene einer anderer Pflanze oder eines Bakteriums eingefügt wurden. Um den Umgang mit transgenen Pflanzen kontrollieren zu können, müssen Gesetze zum Umgang erlassen werden. Die wohl wichtigste gesetzliche Regelung ist, dass die **Freisetzung** transgener Kulturpflanzen genehmigungspflichtig ist. In Deutschland ist das Genehmigungsverfahren im Gentechnikgesetz festgelegt (17. März 2006). Es enthält Vorschriften, die für die gentechnische Arbeit, die Freisetzung von und den Handel mit transgenen Kulturpflanzen und deren Produkten gelten sollen. Die gentechnisch veränderten Produkte, die zu Nahrungsmitteln verarbeitet werden, müssen als Endprodukt gekennzeichnet werden. Davon ausgenommen sind nur Lebensmittel, bei denen der genetisch veränderte Anteil unter 0,9% liegt.

Zweck dieses Gesetzes ist es, ...

- unter Berücksichtigung ethischer Werte Leben und Gesundheit von Menschen, die Umwelt in ihrem Wirkungsgefüge, Tiere, Pflanzen und Sachgüter (auch vorbeugend) vor schädlichen Folgen gentechnischer Verfahren und Produkte zu schützen.
- zu ermöglichen, dass Produkte, die mit oder ohne gentechnische Verfahren hergestellt wurden bzw. kaum einen oder einen hohen gentechnisch veränderten Anteil aufweisen, u.a. vom Endverbraucher unterschieden werden können.
- den rechtlichen Rahmen für gentechnische Verfahren zu regeln.

<http://www.gesetze-im-internet.de/gentg/>



Material II Ökologische Schäden

Der Eingriff in das Erbgut von Pflanzen und die Anwendung gentechnisch veränderter Pflanzen wird als „Grüne Gentechnik“ bezeichnet. In der Diskussion über die Folgen der Grünen Gentechnik werden mögliche ökologische Schäden erörtert. Es ist wichtig zu wissen, dass es der Mensch ist, der definiert, was nach seiner Auffassung ökologische Schäden sind und wann ein ökologischer Schaden eingetreten ist. Man unterscheidet im Allgemeinen drei **Klassen von Schäden**:

- Zerstörung eines Lebensraumes
- Verdrängen wildlebender Pflanzen oder Tiere
- Unterbrechung biologischer Zusammenhänge und Kreisläufe

Wissenschaftler erforschen zurzeit, ob die möglichen Folgen Grüner Gentechnik, die hier in der (linken) Spalte genannt werden, eintreten können, wenn man gentechnisch veränderte Pflanzen freisetzt.

Aufgabe:

Ordnen Sie die einzelnen Folgen mit einem Strich den Ebenen zu, auf denen sie Ihrer Meinung nach wirken!

| Mögliche Folgen <i>Grüner Gentechnik</i> | Ebene |
|---|-------------------|
| • Merkmalsveränderung durch den Transfer artfremder DNA (Introgression) | |
| • Vermehrung transgener Pflanzen | |
| • Wirkungen auf den Stoffhaushalt | |
| • Einfluss der Landwirtschaftsformen | |
| • Resistenzentwicklungen | |
| • Transformationen und Rekombinationen mit Mikroorganismen | |
| • Veränderung des Bestandes | |
| • Merkmalsveränderung durch Hybridisierung | |
| • Änderung des Artenspektrums | |
| • Veränderung des Stoffwechsels | |
| • Effekte auf Nahrungsnetze | |
| | Zelle |
| | Individuum |
| | Population |
| | Ökosystem |
| | Landschaft |

(verändert nach: SRU 2004)

Informationskasten:

Honigbiene (*Apis mellifera*)

Die Westliche Honigbiene (Material IV, Abb. 3: Honigbiene) bildet kolonieähnliche Staatsgemeinschaften mit 10.000 bis 40.000 (manchmal sogar 80.000) Individuen, meistens Arbeiterinnen, die Nektar und Pollen im Umkreis von etwa 1 bis 2 km von ihrem Stock sammeln. Sie sind nicht in der Lage, transgene Pflanzen von unveränderten zu unterscheiden. Der Besuch von Blüten hängt von deren Attraktivität für die Bienen ab. Dabei spielen Geruch, optische auffällig Markierungen, die nur im ultravioletten Licht sichtbar sind, und Form der Blüte (Zugänglichkeit der Nektardrüsen und Staubblätter) die entscheidende Rolle. Honigbienen sind Generalisten (Akkermann & von der Ohe 2004), die versuchen jede Nektar- und Pollenquelle zu nutzen, solange sie ergiebig genug ist. Finden sie nicht genügend Blüten, die ihrer Anatomie angepasst sind, so können sie auch auf andere Blüten ausweichen, die offen zugänglich sind, so z. B. die von Windbestäubern oder die Blüten, die aufgrund anderer Bestäuber eine für sie unzugängliche Form haben. Im letzten Falle setzen Bienen von ihren Mundwerkzeugen die scharfkantigen Mandibeln ein und öffnen damit die Blüte von außen, um so trotzdem an den Nektar zu gelangen. Der Honig wie wir ihn kennen, ist Nektar, der von den Bienen an den Blüten gesammelt und durch körpereigene Enzyme in der Honigblase (Transport- oder Honigmagen) der Bienen umgewandelt wird (Ehrnsberger 2004a). Dabei wird er unter Wasserentzug eingedickt und ihm werden etliche Substanzen zugesetzt, die ihn haltbar machen, indem sie u. a. gegen Bakterien wirken. Außer Nektar wird auch der Zuckersaft von Blatt- oder Schildläusen zu Honig verarbeitet (Ehrnsberger 2004b). Honig wird produziert als Nahrungsreserve der erwachsenen Bienen während des Winters. Während der flüssige Nektar von Pflanzen extra produziert wird, um Bienen anzulocken und von ihnen mit den Mundwerkzeugen aufgenommen wird, spielt Pflanzenpollen die entscheidende Rolle als Nahrung für die Aufzucht der Bienenlarven. Da der Pflanzenpollen an den verbreiterten und dicht beborsteten Hinterbeinen haftet, verbreiten die meisten Bienen den Pollen, der dann Blüten befruchten kann. Das Absammeln von Pollen wird von den Pflanzen durch eine angepasste Überproduktion kompensiert, die jedoch längst nicht an die Pollenproduktion von windbestäubten Pflanzen heranreicht. Pollen enthalten viele Kohlenhydrate, Fette, Eiweiße und Vitamine und sind damit ein hervorragendes Larvenfutter. Ein Teil des Pollens gelangt in den Honig, wenn die Bienen ihn in die Vorratswaben einfüllen. Es handelt sich um eine leichte "Verunreinigung", denn Pollen macht nur 0,1-0,5% des Honigs aus.

Aufgaben:

1. Stellen Sie auf der Grundlage des Textes zur Honigbiene Hypothesen dazu auf, inwiefern gentechnisch veränderte Pflanzen eine Gefährdung für die Nahrung der Bienenlarven und des Menschen (Honig) sein könnten.
2. Prüfen Sie Ihre Hypothesen auf der Grundlage der folgenden Informationstexte, in denen die Situation einiger Imker beschrieben wird. Dazu können Sie auch folgende Internetadressen nutzen: www.biosicherheit.de und www.transgen.de.
3. Präsentieren Sie auf einem Poster die wichtigsten Argumente, die Imker zu diesem Themenkomplex vorbringen könnten.

4. Mai 2007 - Imker setzen Schutzmaßnahmen vor Gericht durch

Das Augsburger Verwaltungsgericht verpflichtet mit einem Eilentscheid den Freistaat Bayern, Honig vor der Verunreinigung durch den Pollen von transgenem Mais MON810 (Bt-Maissorte des Herstellers Monsanto) zu schützen. Aufgrund des Eilantrages von dem Imker Herrn Bablok entschied das Gericht in seinem Urteil vom 4. Mai 2007, dass Imker einen Anspruch darauf haben, dass ihre Ernten frei von den geringsten Spuren der Gen-Maispollens sind. Imker können auf der Basis dieses Urteils von den Behörden die Durchsetzung von Schutzmaßnahmen verlangen, die den Anbau dieser Maissorten grundlegend in Frage stellen. Das Verwaltungsgericht sieht erhebliche Defizite bei der Zulassung und damit in der Risikobewertung von transgenem Mais. Es stellte auch fest, dass Imker und Verbraucher das Recht auf Honig ohne Pollenverunreinigungen transgener Pflanzen haben. Aus diesem Grund soll der bereits ausgesäte Mais umgepflügt werden.

16. Juni 2007 - Verwaltungsgerichtshof München hebt Schutzanspruch von Imkern auf

Honig soll nun doch nicht gegen die Verunreinigung durch Pollen von transgenen Mais MON 810 (Bt-Maissorte des Herstellers Monsanto) geschützt sein. Das Verwaltungsgericht München bestätigt zwar, dass Lebensmittel, die Pollen dieser Maissorte enthalten, nicht für den Verkauf zugelassen sind, gleichzeitig vertreten die Richter jedoch die Auffassung, dass dies für Honig nicht gilt. "Es ist für uns nicht nachvollziehbar, warum Honig einen Sonderstatus haben soll", so der betroffene Imker Bablok, der zuvor vom Augsburger Verwaltungsgericht Recht bekam. Imkermeister Radetzki vom Bündnis der Imker meint dazu: "Warum sollen Imker und Verbraucher diese Verunreinigung von Honig durch transgene Maispollen hinnehmen, obwohl weder eine spezielle Risikoprüfung durchgeführt wurde, noch eine entsprechende Zulassung vorliegt? Züchter solcher Maissorten werden dieses Urteil als Freibrief auffassen, ihre Produkte ohne Rücksicht auf die gentechnikfreie Landwirtschaft in Verkehr zu bringen". Gerade erst hatte die Bundesregierung verlauten lassen, dass sie tatsächlich Risiken beim Anbau von transgenem Mais sieht. Als skandalös wertet der Gentechnikexperte Peter Röhrig die Einschätzung des Gerichts, ein Imker könne bei Absatzschwierigkeiten seines Honigs keine Haftungsansprüche geltend machen. Diese seien lediglich auf subjektive Erwartungen der Verbraucher zurückzuführen. Auch sähen die Entwürfe der *Guten fachlichen Praxis*, die derzeit von Horst Seehofer erarbeitet werden, keine Regeln zum Schutz der Imker vor. Peter Röhrig dazu: "Es ist Aufgabe der Bundesregierung mit dem neuen Gentechnikgesetz zu gewährleisten, dass eine Koexistenz von gentechnisch veränderten Pflanzen und Imkerei möglich ist". Solange dies nicht erfolgt, werden die Imker weiter für ihre Rechte streiten müssen und in dem laufenden Verfahren in die nächste Instanz gehen. Angesichts immer neuer Berichte über das Risikopotenzial transgener Pflanzen fordern Imker in weiteren Verfahren mit Unterstützung von Greenpeace jetzt einen kompletten Stopp des Anbaus von transgenem Mais.

24. Juli 2007 – Flucht vor dem transgenen Pollen?

Imker Bablok zieht heute früh mit seinen Bienen weg vom transgenen Maisfeld. Der in Berlin von den Regierungsparteien vorgestellte Gesetzentwurf ignoriert die Belange der Imkerei. Mit dem neuen Gentechnikgesetz lässt die große Koalition die Imker im Stich. In der Nähe der Bienenstöcke von Imker Bablok wird transgener Mais längst angebaut. In einem Eilverfahren entschied das Bayerische Verwaltungsgericht, dass der Freistaat vorerst keine Rücksicht auf die Imker nehmen müsse. Trotz nicht ausgeräumter Zweifel an der Zulassung des angebauten transgenen Mais' müssen Imker Einträge von dessen Pollen dulden. "Bereits im letzten Jahr wurden in meinen Bienenstöcken bedeutende Mengen an transgene Pollen gefunden. Ich muss davon ausgehen, dass diese auch im Honig landen. Kein Mensch will solchen Honig haben. Nun sehe ich mich gezwungen, meine Bienen in Gegenden zu bringen, in denen in diesem Jahr noch keine transgenen Maissorten wachsen", so der enttäuschte Imker. "Wo sollen die Imker hin um auszuweichen, wenn derartiger Mais für Rinderfutter und Bio-Energie in der Fläche verbreitet angebaut wird?"

"Es ist ein Unding, dass sich die Koalition nun auf ein Gentechnikgesetz geeinigt hat, dass die Belange von Imkern und Verbrauchern außer Acht lässt. Die Ursache dafür scheint zu sein, dass sie keine Lösung für das Problem von Koexistenz von Agro-Gentechnik und konventioneller Landwirtschaft hat", so Peter Röhrig, Gentechnikexperte des Bund Ökologischer Lebensmittelwirtschaft (BÖLW).

"Da die Bundesregierung mit dem neuen Gesetz nicht für Koexistenz und Wahlfreiheit bei Bienenprodukten sorgt, werden wir wenn nötig bis zum Europäischen Gerichtshof für unsere Rechte kämpfen." So der Demeter-Imker Radetzki. Er vertritt ein Bündnis der Imker zum Schutz vor Agro-Gentechnik, dem u. a. der Bund Ökologischer Lebensmittelwirtschaft (BÖLW), Assoziation ökologischer Lebensmittel Hersteller (AÖL) und der Demeter-Bund e.V. angehören. Auch der Deutsche Berufs- und Erwerbsimkerbund unterstützt dieses Vorhaben.

Material IV Übertragung von Transgenen

Es wird öffentlich diskutiert, ob sich transgene Pflanzen durch ihren Pollen verbreiten können. Dabei spielt u. a. die Frage eine Rolle, ob sich transgene Pflanzen mit anderen nicht gentechnisch veränderten Sorten oder sogar Arten kreuzen. (Die Übertragung von Transgenen bei einer Kreuzung wird „Hybridisierung“ genannt.) Dabei muss für Risikoprognosen bedacht werden, ob der übertragene Pollen die Blüte der Empfängerpflanze tatsächlich befruchtet, ob sich die transgenen Pflanzen in einem ganzen Pflanzenbestand wirklich durchsetzen und ob die so entstandenen Hybriden fruchtbar und somit vermehrungsfähig sind.

Ob eine Befruchtung oder Hybridisierung stattfindet, hängt des Weiteren von verschiedenen Faktoren ab. Diese sind in nachfolgendem Kasten aufgelistet.

Aufgabe

Die hier gelisteten Faktoren gelten in Bezug auf verschiedene Elemente, die an der Pollenübertragung beteiligt sein können. Diese Elemente sind wie Stellschrauben. Bestimmte Ausprägungen dieser Elemente oder Veränderungen dieser Elemente haben Einfluss auf die Pollenübertragung. Am meisten fällt ins Auge, dass der „Pollen“ selbst ein solches Element darstellt. Zum Beispiel hat seine Größe und Form Einfluss auf die Übertragung. Analysieren Sie die Faktoren daraufhin, welche weiteren Elemente hier als beteiligt genannt werden.

- Menge des gebildeten Pollens in Abhängigkeit von der Fortpflanzungsstrategie der Pflanze
- Form und Gewicht des Pollens (besonders bei Windbestäubung)
- Lebensdauer des Pollens, die unter anderem von den Witterungsbedingungen abhängt
- Befruchtungsqualität des Pollens, die von der Pflanzenart und der Witterung abhängt
- Räumliche Entfernung, Populationsdichte, Fitness und Fremdbefruchtungsrate von Pollenspender und Pollenempfänger
- Selektivität der Rezeptorsysteme, die den Pollen aufnehmen
- Zeitraum, in dem Pollen produziert wird, und ob dieser mit der Blütezeit der Wildformen, mit der Blütezeit der nahen Verwandten oder der Aktivitätszeiten der Bestäuber übereinstimmt
- Zeitraum, über den sich der Pollenflug erstreckt
- Populationsdichte der zur Blütezeit vorkommenden Bestäuber
- Bestandsdichte der Pflanzenpopulation
- Pollenkonkurrenz
- Strategie, mit der die Pflanze ihren Pollen verbreitet (Windbestäubung oder blütenbesuchende Insekten)
- Vorherrschende Witterung zur Blütezeit (Windstärke, Niederschläge)
- Art und Lage des Geländes sowie der unmittelbaren Umgebung
- Größe der Freisetzungsfläche



Abb. 3: Honigbiene (Prof. Dr. Volker Haeseler)

Die Übertragung von Transgenen auf nah verwandte Arten geschieht wohl am häufigsten durch Pollen. In Deutschland ist hierfür neben Mais u. a. Raps zu nennen. Kräuter wie der **Raps** mit seinen nektarreichen Blüten sind für Bienen sehr attraktiv. Bisher wird kein gentechnisch veränderter Raps in Europa angebaut, wohl aber in Kanada. Von dort werden etwa 500 Tonnen Honig pro Jahr importiert. In diesem Honig wurde mehrfach gentechnisch veränderter Rapspollen nachgewiesen. Somit stellt sich auch die Frage, ob Bienen gv-Pollen aufnehmen und an ihre Larven verfüttern.

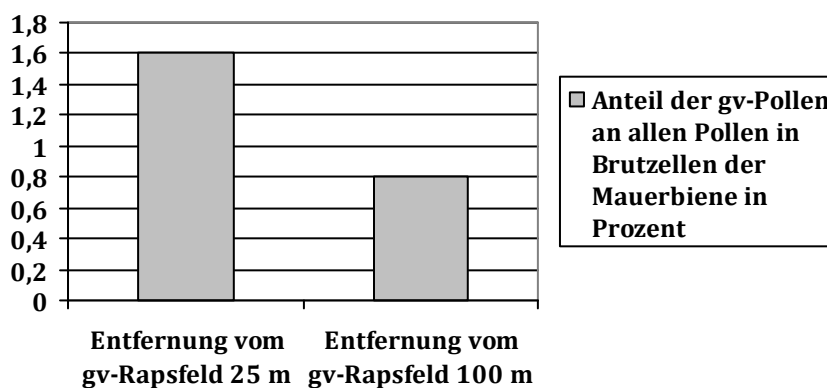
Es ist belegt, dass Bienen, wenn auch in unterschiedlichem Maße, Pollen von gentechnisch veränderten Pflanzen an ihre Larven verfüttern. Dies testete in großem Umfang die Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Freilandstudien an herbizidtolerantem gv-Raps. Alle untersuchten Bienenarten haben gv-Rapspollen aus den Versuchspartellen gesammelt und an ihre Brut verfüttert. Während bei der Honigbiene und der Erdhummel die Anteile etwa 3% betragen, wurde von den Mauerbienen bis zu 11% gv-Pollen gesammelt. Der Rapspollen, den Honigbienen an ihre Larven verfütterten, enthielt 3% Pollen von gv-Raps.

Es wurde auch getestet, wie sich ein ca. 8 m breiter Schutzstreifen mit herkömmlichem Raps um das gv-Rapsfeld herum auswirkt. Es zeigte sich, dass die Barrierefunktion einer Mantelsaat aus konventionellem Raps nicht ausreicht, um eine Pollenausbreitung in angrenzende Kulturlflächen zu verhindern. War der Schutzstreifen dicht mit Rapspflanzen besetzt, konnte die Pollenmenge, die vom Feld mit gv-Raps verbreitet wurde, jedoch um 90% reduziert werden (Kempken & Kempken, 2006). Dennoch wurde in 100 m Entfernung vom Rapsfeld noch in 30% der Brutzellen der Mauerbienen gv-Pollen gefunden. Und in Einzelfällen konnte Pollenflug in bis zu 4 km Entfernung vom gv-Winterrapsfeld nachgewiesen werden (Kempken & Kempken, 2006). Dies bedeutet, dass transgene Pollen auch in entferntere Kulturlflächen getragen werden.

Im Speziellen wurde untersucht, wie viel gv-Pollen anteilig in den Brutzellen von Mauerbienen zu finden ist, wenn die Brutzellen in verschiedenen Entfernungen vom Rapsfeld liegen. Dies ist im nachfolgenden Diagramm dargestellt.

Aufgabe

1. Entwerfen Sie ein Diagramm, das den Anteil von gv-Pollen am gesamten gesammelten Pollen bei Honigbiene, Erdhummel und Mauerbiene gegenüberstellt.
2. Werten Sie das folgende Diagramm hinsichtlich der Frage aus, wie die Entfernung vom Rapsfeld und der Anteil der gv-Pollen zusammenhängen.



entwickelt nach
<http://www.biosicherheit.de/de/sicherheitsforschung/7.doku.html>,
 9.1.2009

Vor dem Hintergrund dieser Untersuchungsergebnisse wurden im Gentechnikgesetz vom 25.1.2008 verpflichtende Abstandsregelungen für den Anbau von Pflanzen festgelegt (s. Informationskasten).

Informationskasten

Mit dem **neuen Gentechnikgesetz vom 25.1.2008** wurde für die konventionelle Landwirtschaft eine **Freizone** von 150 m um ein Feld mit gentechnisch veränderten Pflanzen vorgeschrieben. Dieser Abstand wird als ausreichend betrachtet, um einen gv-Eintrag von unter 0,9% zu gewährleisten (ab 0,9% gilt in der EU Kennzeichnungspflicht). Für den ökologischen Anbau wird sogar eine Freizone von 300 m vorgesehen, da im ökologischen Anbau nicht einmal ein geringer gv-Eintrag toleriert wird. Hintergrund dafür bildet das sogenannte Koexistenzziel: Gentechnisch veränderte Pflanzen dürfen nicht angebaut werden, wenn sie die Koexistenz mit nicht-gentechnisch veränderten Pflanzen gefährden.

Aufgabe

Entwickeln Sie zwei Landschaftsskizzen A und B gemäß folgenden Vorgaben:

Wie muss ein Feld mit gentechnisch veränderten Pflanzen liegen, wenn es ...

- A) zwischen Feldern mit herkömmlichem Anbau liegt?
- B) zwischen Feldern mit ökologischem Anbau liegt?

Verwenden Sie für Ihre Zeichnung die Tabellenfelder A und B.

| | |
|---|---|
| A | B |
|---|---|

Material V Untersuchungen an Monarchfalterraupe

Es stellt sich die Frage, ob der Verzehr von gv-Pollen die betreffenden Tiere schädigt. Ein Team um den Wissenschaftler John E. Losey von der Cornell University (Kanada) führte eine Laborstudie mit dem Monarchfalter (s. Informationskasten) und Seidenpflanzen (s. Informationskasten) durch.

Informationskasten

Monarch-Falter (*Danaus plexippus*)

Der Monarch-Falter (Abb. 4) ist mit seinen 10 cm Flügelspannweite ein großer Tagfalter mit auffälliger rotbraun-schwarzer Färbung und perlenähnlich weißen Punkten am Flügelrand. Berühmt ist der Monarch-Falter für seine ausgeprägten Wanderungen. Zwischen Sommer- und Winterquartieren legt die Herbstgeneration rund 4.000 km zurück. Dabei fliegen sie durchschnittlich 70 km lange Strecken pro Tag, mit entsprechenden Rückenwinden kann sich diese tägliche Strecke auf 300 km steigern. Überwinterungsquartiere, in denen es zu Massenansammlungen kommt, befinden sich entlang der kalifornischen Küste und in Mexiko. Im Frühjahr brechen die neuen Generationen wieder Richtung Norden auf und verbreiten sich nach und nach wieder über ihr gesamtes Areal. Der Monarch-Falter ist in den USA wegen seiner attraktiven Erscheinung äußerst populär. Beliebte ist er auch als Nutzinsekt, da seine Raupe (Abb. 5) die ausdauernden Seidenpflanzen (*Asclepiadaceae*) vertilgt. Die Weibchen der Monarch-Falter legen ihre Eier mit Vorliebe auf kleine, freistehende Seidenpflanzenstauden in der Nähe von Hecken, Gräben und Weiden. In seinem Hauptverbreitungsgebiet ist der Monarch-Falter ausgesprochen häufig und nicht gefährdet.

Abb. 4: Monarchfalter
(Archiv des ROM, Toronto, Kanada)

Abb. 5: Monarch-Raupe
(Archiv des ROM, Toronto, Kanada)

Informationskasten

Seidenpflanzen (*Asclepiadaceae*)

Seidenpflanzengewächse (Abb. 6) gelten in Nordamerika in der Landwirtschaft als "Unkräuter" und werden durch Herbizide bekämpft. Diese mehrjährigen Stauden der Gattung *Asclepias* wachsen an Wegrändern, Ruderalfluren, Flussniederungen sowie Weideland. Zur Verbreitung der Samen dieser Pflanze dienen lange seidige Flughaare, von denen sich der deutsche Name Seidenpflanzen ableitet. Manche dieser robusten Kräuter sind wegen ihrer auffälligen gelben, orangen oder roten Blüten beliebte Garten- oder Kübelpflanzen. Die Blüten stellen eine attraktive Schmetterlingsweide dar, aber an den Pflanzenteilen, die in ihrem weißen Milchsaft giftige Glykoside enthalten, fressen ausschließlich die Raupen des Monarch-Falters. Gegen dieses Gift sind nur sie resistent. Die Glykoside machen außerdem die Raupen und die erwachsenen Falter giftig und ungenießbar.



Abb. 6: Seidenpflanze / milk-weed
(Archiv des ROM, Toronto, Kanada)

Abb. 7: Maisfeld (Dr. Armin Rose)

Losey und seine Kollegen gingen folgendermaßen vor. Es wurden befeuchtete Blätter von der Seidenpflanze nach Augenmaß mit der Menge an Bt-Maispollen bepudert, wie sie auf den Blättern dieser Pflanze nahe von Maisfeldern (Abb. 7) gefunden werden. Diese bepuderten Blätter wurden an drei Tage alte Raupen von Monarch-Faltern verfüttert. Gleichzeitig verabreichte man einer anderen Gruppe von Raupen Blätter, die mit Pollen von Mais ohne Bakterientoxin überpudert waren und einer weiteren Raupengruppe unbehandelte maispollenfreie Blätter. Eine Versuchsreihe dauerte vier Tage und wurde fünfmal wiederholt. Protokolliert wurden die gefressene Blattmenge, die Gewichtszunahme der Raupen sowie deren Überlebensrate.

Aufgabe

Werten Sie die folgenden drei Diagramme aus: Was fanden die Forscher um Losey jeweils heraus?

Diagramm A: Menge der von den Raupen gefressenen Blätter in Prozent

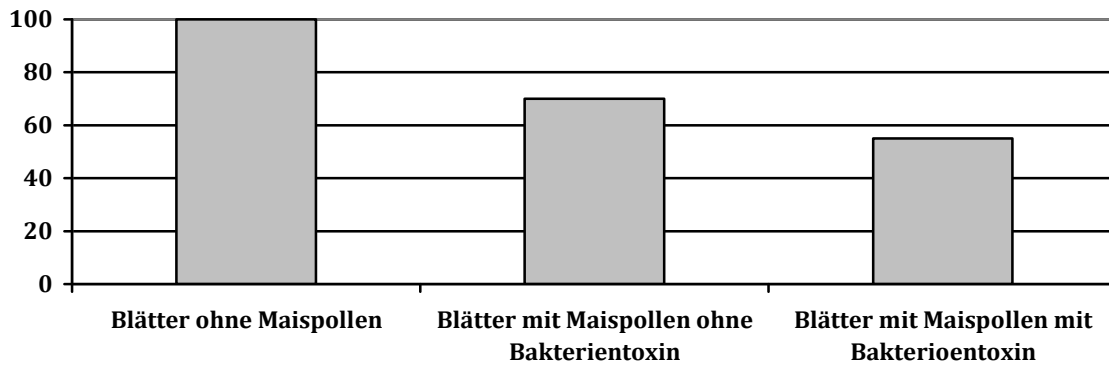


Diagramm B: Gewichtszunahme der Raupen auf Blättern ohne und mit Bt-Pollen

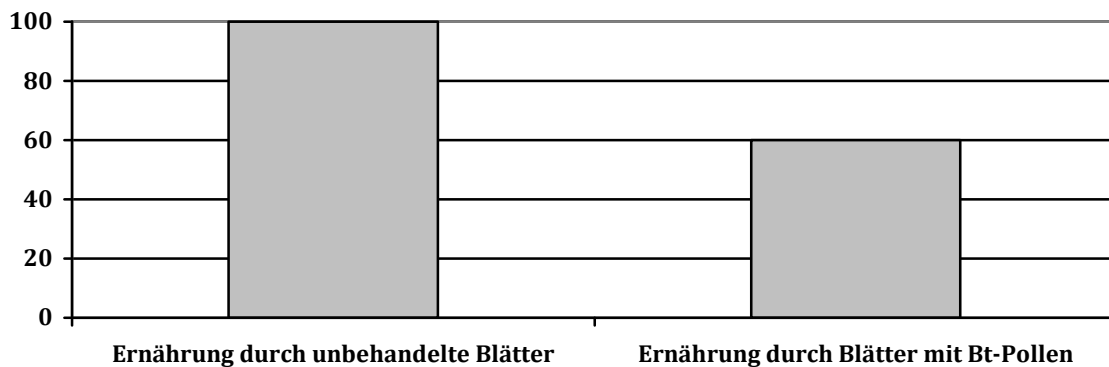
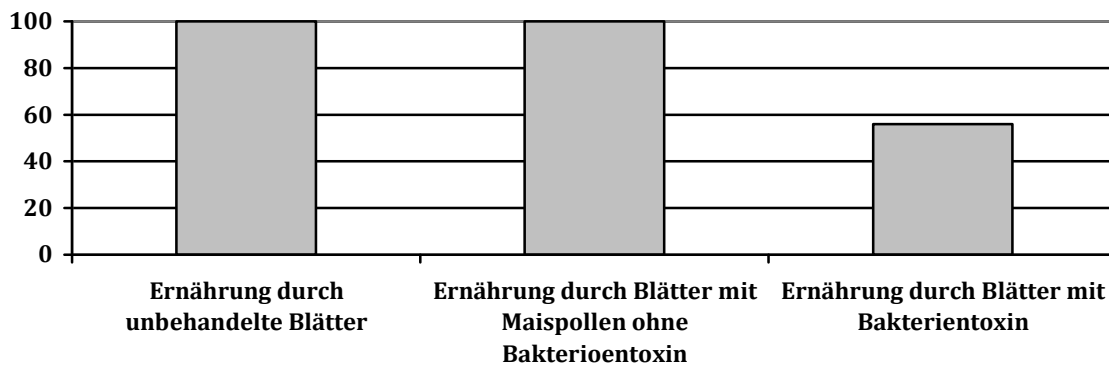


Diagramm C: Überlebensrate der Raupen



Aufgrund dieser Laborstudie von Losey und Kollegen wurden nun zusätzlich Freilanduntersuchungen in Kanada durchgeführt (Sears 2000, 2001). In den Freilanduntersuchungen, die durchgeführt wurden, um das tatsächliche Gefährdungspotenzial von Bt-Maispollen besser abschätzen zu können, fanden Forscher heraus:

- Der Maispollen flog nur 5 m weit.
- Die Konzentration des Maispollens 1 m vom Maisfeld entfernt beträgt nur noch 1/3 im Vergleich zur Konzentration auf dem Feld.
- Nur mitten im Feld ist die Konzentration des Maispollens so hoch, dass die Sterblichkeit der Raupen beeinflusst wird.

Fazit dieser Studie ist: Unter **natürlichen Bedingungen** wird fast nie eine Konzentration an Bt-Maispollen erreicht, bei der Monarchfalter-Raupen unmittelbar sterben oder geschädigt werden.

In einer weiteren Studie der amerikanischen Umweltbehörde EPA wurde herausgefunden, dass ein Viertel der Versuchstiere stirbt, wenn man sie langfristig mit realitätsnahen Mengen Bt-Pollen füttert. Da diese langfristigen Bedingungen jedoch kaum gelten, stellt das keine wirkliche Gefahr dar.

Aufgabe

Diskutieren Sie auf der Grundlage dieser Informationen, aber auch darüber hinaus, ob man Laboruntersuchungen durch Freilanduntersuchungen ergänzen sollte. Sie können auch im Internet nach weiteren Informationen suchen. Berücksichtigen Sie in Ihrer Diskussion Pro- und Contra-Argumente. Notieren Sie diese hier.

Man sollte nur Laboruntersuchungen durchführen, weil ...

Man sollte zusätzlich Freilanduntersuchungen durchführen, weil ...

Lösungsmöglichkeiten

Weshalb Freilanduntersuchungen zusätzlich notwendig erscheinen (Auswahl):

Allgemeine Gründe

- Der herkömmliche Einsatz von Insektiziden im Maisanbau könnte viel drastischere Folgen für die Lebensgemeinschaften in der Nähe von Maisfeldern haben, denn es sind davon alle Insekten, Spinnen und Bodenorganismen betroffen. Man muss die Folgen beider Verfahren, Anbau von Bt-Mais und Anbau von herkömmlichen durch Insektizideinsatz geschützten Sorten, genau abwägen.
- Die Laborresultate lassen sich vermutlich nicht eins zu eins in die Realität übertragen, da Maismonokulturen kein Lebensraum für Tagfalter, wie Monarchen, sind.
- Die Raupen im Labor-Experiment haben keine Wahl, sie müssen die mit Bt-Maispollen bestäubten Blätter fressen, aber machen sie das auch, wenn sie die Wahl haben und pollenfreie Blätter zur Verfügung stehen? Legen die Monarch-Weibchen ihre Eier wahllos an jede Seidenpflanze oder sind sie sehr wählerisch?
- Tritt die Konzentration an Maispollen, die im Labor getestet wurde, wirklich so massiv im Freiland auf und wie oft ist das der Fall? Wie weit wird Maispollen in der Fläche verbreitet?

Spezielle Gründe in Bezug auf Bt-Mais

- Im Freiland liegt vielleicht eine andere Pollenmenge vor oder die Raupen fressen dort die Blätter, die nur mit wenig Bt-Pollen bedeckt sind.
- Die Falterweibchen legen ihre Eier gerne auf freistehenden Seidenpflanzen ab, die nicht in unmittelbarer Nähe zu den Maisfeldern wachsen. Zudem werden die Seidenpflanzen in den USA auf oder in der Nähe von Feldern oft durch Herbizide unterdrückt.
- Der meiste Maispollen wird nur ca. 5 m von der Maispflanze weggetragen.
- Die Maisblüte und die Wachstumsphase der Raupen überschneiden sich kaum. Zudem ist die Maisblüte nur 5-10 Tage lang, sodass sich Pollen nur kurzfristig auf der Seidenpflanze ablagert.
- Neue Maissorten werden gentechnisch verändert und enthalten ein Bakterientoxin, damit der Maiszünsler vertrieben wird. Verändert man Mais nicht gentechnisch, müssen Insektizide gegen den Maiszünsler eingesetzt werden. Diese Insektizide könnten sich negativer auf die Monarch-Population auswirken als der Bt-Pollen.
- Die Gefahr, die der Bt-Pollen für die Raupen bedeuten könnte, sollte abgewogen werden mit anderen Gefahren, die der Monarch-Population drohen. Die Zerstörung der Winterquartiere des Monarchfalters in Mexiko ist vermutlich fataler.

Aufgabe

Bilden Sie eine 4er-Gruppe. Zwei von Ihnen sollten die Position des Herstellers von Bt-Mais vertreten, zwei die Position eines Umweltschützers. Versuchen Sie, einen Kompromiss zu erarbeiten. Wenn dies nicht möglich ist, listen Sie die Argumente auf einem Plakat auf, die für jede Position sprechen. Folgende Argumente können hilfreich sein!

| Hersteller von Bt-Mais | Umweltschützer |
|---|--|
| <p>Der Gehalt von Bt-Toxin in den meisten und am häufigsten angebauten Maissorten ist erheblich geringer als in den wenigen Sorten, bei denen sich im Labor Effekte zeigten. Selbst bei diesen kam es erst zu negativen Auswirkungen auf Nicht-Zielorganismen, wie Schmetterlingsraupen, als Dosierungen an Pollen erreicht wurden, die in dieser Konzentration in einem Maisfeld nicht erreicht werden.</p> <p>Es werden viele wirbellose Tiere vor der Ausbringung der neuen Bt-Mais-Sorten daraufhin getestet, welche Auswirkungen der Bt-Mais auf sie hat. Dazu gehören Vertreter von Spinnen, Raubinsekten und Bodenorganismen (wie Milben). Negative Auswirkungen zeigten sich bei diesen Nicht-Zielorganismen nicht.</p> | <p>Dauerhafte Einlagerung von Bt-Toxin sorgt dafür, dass dessen Gehalt in einer Maispflanze erheblich schwanken kann, so z. B. in jungen bzw. alten Blättern. Die Belastung der Umwelt durch das eingebaute Toxin ist permanent, d. h. sie steht im Gegensatz zur kurzzeitigen Belastung durch Bt-Toxin, das als Spritzmittel verwendet wird. Daher wirkt sich der Bt-Toxin-Einsatz stärker auf Nicht-Zielorganismen aus, die im Boden leben oder Pollen sammeln.</p> <p>Die Auswirkungen von Bt-Maispollen allein auf Schmetterlingsraupen (z. B. Schwalbenschwanz, Monarchfalter, Pfauenaug und Kleiner Fuchs) sind höchst unterschiedlich. In Laboren werden nicht die sensibelsten Tiere eines Ökosystems getestet und schon gar nicht eine ausreichend umfangreiche Bandbreite von Raupenarten.</p> |

Material VI Der Risikobegriff

Die Verwendung von transgenen Kulturpflanzen ist in der Öffentlichkeit sehr **umstritten** – im Gegensatz zur Meinung der meisten Fachwissenschaftler. Dabei scheint es sich u. a. um ein Kommunikations- und Vertrauensproblem zu handeln: Wie risikoreich ist die *Grüne Gentechnik* denn nun einzuschätzen?


Aufgabe

Diskutieren Sie mit Ihrem Tischnachbarn die hier angeführte Definition von „Risiko“: Erörtern Sie, ob diese Definition auf die Gentechnik anwendbar ist oder nicht!

„Risiko ist das Produkt aus der Eintretenswahrscheinlichkeit der Gefahr und dem Ausmaß des Schadens.“

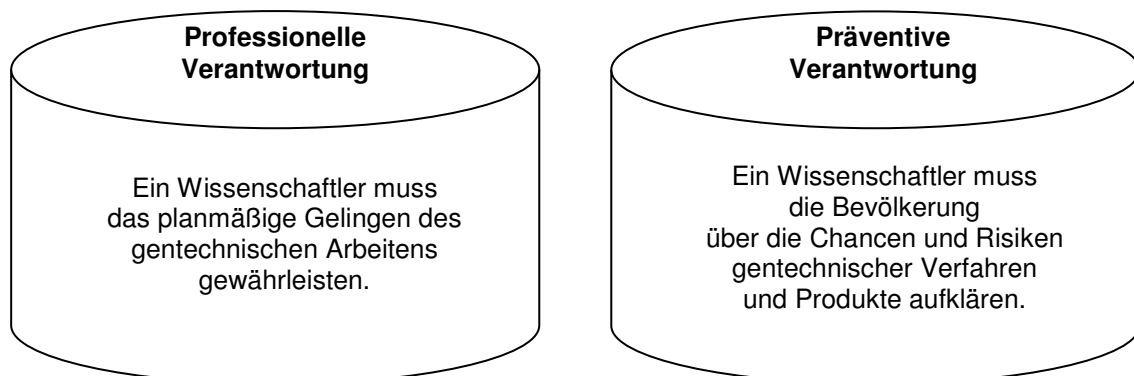
Aufgabe

Geben Sie begründet an, welcher der folgenden zwei Aussagen über Risiken Sie zustimmen.

| | |
|--|---|
| Risiken können objektiv eingeschätzt werden. <input type="checkbox"/> | Risiken können nur subjektiv eingeschätzt werden. <input type="checkbox"/> |
| Begründung!  | |

Aufgabe

Es gibt zwei Formen der Verantwortung eines Wissenschaftlers. Stimmen Sie im Kurs ab, welche Verantwortungsform für am wichtigsten gehalten wird. Halten Sie eine Begründung dafür an der Tafel fest. Entwerfen Sie danach eine Skizze, in der aufgezeigt wird, wie die professionelle und die präventive Verantwortung zusammenhängen.



Material VII Bewerten

Aufgabe

Folgende Argumente werden von Gegnern und Befürwortern der Grünen Gentechnik genannt.

Ordnen Sie sie nach Pro- und Contra-Argumenten.

Markieren Sie die drei Argumente farbig, die Ihnen am wichtigsten sind!

| Die Entwicklung und der Anbau von transgenen Kulturpflanzen mit Resistenzen oder Abwehrstoffen gegen Schädlinge und Krankheiten ... | PRO | CONTRA |
|---|--------------------------|--------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> • ist praktisch die Fortsetzung der akzeptierten konventionellen Pflanzenzucht mit anderen Mitteln. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <ul style="list-style-type: none"> • treibt die Kosten für das Saatgut der neuen Sorten und deren speziellen Anbau in die Höhe. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <ul style="list-style-type: none"> • hilft der Landwirtschaft, Arbeit und Kosten einzusparen und steigert bzw. sichert die Erträge. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <ul style="list-style-type: none"> • beinhaltet das Risiko der Übertragung von Transgenen auf andere Pflanzen, die sich mit diesen für sie neuen Resistenzen besser ausbreiten können. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <ul style="list-style-type: none"> • bedeutet, dass neu hinzugefügte Inhaltsstoffe in Wechselwirkung mit den übrigen Inhaltsstoffen treten. Eine negative Auswirkung auf die Ernährung von Tier und Mensch kann nicht absolut ausgeschlossen werden. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <ul style="list-style-type: none"> • ist eine sichere Methode zur Veränderung und Verbesserung von Kulturpflanzen ohne oder nur mit geringen Auswirkungen auf die Umwelt oder auf Produkte, die aus ihnen hergestellt werden. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <ul style="list-style-type: none"> • gefährdet die Umwelt, da die Pflanzeninhaltsstoffe nicht spezifisch wirken, sondern immer auch auf andere Arten (Nicht-Zielorganismen). | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <ul style="list-style-type: none"> • macht den Einsatz von Spritzmitteln (z. B. gegen schädliche Insekten) überflüssig, zumal diese Spritzmittel das gesamte Ökosystem belasten. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <ul style="list-style-type: none"> • schont die Umwelt, da spezifisch nur gegen die Schadensverursacher vorgegangen wird (wirkt nur auf Zielorganismen). | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <ul style="list-style-type: none"> • ist eine risikobehaftete Vorgehensweise bei der weitreichend in die Genstruktur von Lebewesen eingegriffen wird. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Aufgabe

Sie sehen hier drei Vorteile A, B und C *Grüner Gentechnik*.

1. Notieren Sie zwei Gegenargumente D und E zur *Grünen Gentechnik*!

2. Nennen Sie (nur) die von Ihnen entwickelten zwei Gegenargumente zur *Grünen Gentechnik* einem Mitschüler/einer Mitschülerin und lassen Sie diese/n Pro-Argumente nennen. Sie können sie/ihn dabei mit den Pro-Argumenten A-C unterstützen.

A Bt-Mais ist resistent gegen einen der Hauptschädlinge im Maisanbau, den Maiszünsler. Dadurch kann auf den massiven Einsatz von Insektiziden verzichtet werden. Ein geringer Insektizideinsatz schont die Umwelt. Andere Insekten, darunter viele Nützlinge, Bodenorganismen sowie Trinkwasser werden nicht belastet.

B Es kommt zu einer Ertragssicherung auf den Flächen, wo Bt-Mais angebaut wird, so dass das Risiko von Ernteverlusten minimiert wird.

C Eine Einkommenssicherung und ein verringerter Arbeitsaufwand für Landwirte sind zu erwarten.

D 

E 

Wertepool

| | | |
|-------------------|----------------|--------------------------|
| Liebe | Umweltschutz | Freiheit |
| Natürlichkeit | Leidverringern | Gewinn |
| Verantwortung | Gerechtigkeit | Unabhängigkeit |
| Kostenverringern | Tierschutz | Nahrungsmittelsicherheit |
| Ertragssteigerung | Gesundheit | |

Aufgaben

1. Wenn man zu etwas Stellung beziehen soll, muss man sich Gedanken dazu machen, was einem wichtig ist. Was einem wichtig ist, wird als „Wert“ bezeichnet. Die in der Tabelle aufgelisteten Werte stehen auch auf dem von Ihrer Lehrkraft vorbereiteten Wandplakat „Wertepool“. Sie erhalten drei bunte Klebepunkte, die sie für die Werte vergeben können, die Ihnen im Zusammenhang mit der *Grünen Gentechnik* am wichtigsten sind. Wenn alle Kursmitglieder ihre Punkte vergeben, erhalten Sie ein Bild von der Wertehierarchie in Ihrem Kurs.
2. Für ein reflektiertes Urteil reicht es nicht aus, sich nur bewusst zu machen, welche Werte einem wichtig sind. Man muss dies auch begründen. Bitte wählen Sie sich daher jetzt den Ihnen wichtigsten Wert aus dem Wertepool aus und schreiben Sie eine kurze Begründung dazu. Heften Sie Ihren Zettel an die Tafel/Wand. Danach gehen Sie bitte wie auf einem Marktplatz an den Stellungnahmen entlang und führen Gespräche darüber, inwieweit Sie den Begründungen zustimmen. Ermitteln Sie auch, ob es zu einem Wert verschiedene Begründungen gibt und inwiefern sich die Begründungen unterscheiden.

Hausaufgabe

Fällen Sie Ihr persönliches Urteil zur *Grünen Gentechnik* und bereiten Sie sich darauf vor, Ihr Urteil in der nächsten Stunde in einer Podiumsdiskussion vor dem Kurs verteidigen zu können. Machen Sie sich dazu eine Liste mit den Argumenten, die Ihre Meinung stützen. Sie sollten sich aber auch Gedanken zu den Argumenten machen, die jemand vorbringen könnte, der nicht Ihrer Meinung ist, damit Sie auf dessen Aussage reagieren können. Entwickeln Sie mit Ihren Argumenten und den möglichen Gegnerargumenten zudem einen Flyer für Ihre Mitschülerinnen und Mitschüler, anhand dessen man Ihre Argumentation genau nachvollziehen kann.

2.8 Glossar

| | |
|------------------|---|
| Agro-Gentechnik | Zur Agro-Gentechnik zählen alle Bereiche, in denen mit gentechnisch veränderten Organismen, vor allem Tier- und Pflanzenarten, insbesondere in der Agrar-, Forst- und Fischereiproduktion gearbeitet wird. |
| Grüne Gentechnik | Agro-Genetik (siehe oben) auf Kulturpflanzen beschränkt |
| Hybride | Unter einer Hybride (Mischling) versteht man Nachkommen, die durch Kreuzung (Hybridisierung) von Eltern unterschiedlicher Arten oder Sorten hervorgegangen sind. Der Begriff <i>Hybride</i> wird hauptsächlich in der Pflanzenzucht verwendet. |
| Introgression | Artfremder Transfer von DNA: von einer Art zu einer anderen oder von einem Organismus zu einem anderen; z. B. Transfer von Bakterien-DNA in eine Pflanze. |
| Monitoring | Dabei handelt es sich um einen Sammelbegriff für alle Formen der systematischen Erfassung eines Zustandes oder Prozesses. Das Besondere beim Monitoring ist, dass in die beobachteten Prozessabläufe steuernd eingegriffen werden kann, sofern diese nicht den gewünschten Verlauf nehmen oder bestimmte Schwellenwerte erreicht werden. |
| Resistenz | Widerstandskraft eines Organismus gegenüber äußeren Einflüssen |
| Schwellenwert | Kleinster Wert, der als Ursache für eine nachweisbare Veränderung ausreicht. Im Zusammenhang mit gentechnisch veränderten Organismen kennzeichnet ein "Schwellenwert" den prozentualen Anteil von zufälligen, technisch unvermeidbaren Beimischungen von Produkten gentechnisch veränderter Organismen in Saatgut oder Lebensmittel. Wird dieser Schwellenwert unterschritten, ist eine Kennzeichnung nicht notwendig. |
| Sorte | Pflanzen- Sorte ist ein Begriff aus der Pflanzenzucht, mit dem Varianten einer Kulturpflanzenart unterschieden werden. Sorten unterscheiden sich durch verschiedene Eigenschaften (Wüchsigkeit, Größe, Musterung, Farbe oder Ertrag) von einer anderen Sorte. Die Abgrenzung von Sorten folgt dabei praktischen Erwägungen und nicht wissenschaftlichen Gepflogenheiten. Der Begriff geht auf traditionelle Pflanzenzuchtverfahren zurück, bei der verschiedene Varianten einer Kulturpflanze in Form von Samen oder Stecklingen sortiert getrennt gelagert wurden, um sie als Reinkulturen zu erhalten. |
| Trachtpflanze | Bienentrachtpflanze oder Bienenweide sind die Pflanzen, die sehr viel leicht zugänglichen Nektar und Pollen produzieren und von Honigbienen deswegen überdurchschnittlich häufig aufgesucht werden. |
| Toxin | Gift |

2.9 Literatur

- Akkermann, R. & von der Ohe, W. (2004): Bedeutung der Honigbiene und Bienenhaltung für den Naturschutz. Naturschutz und Landschaftspflege in Nordwestdeutschland Bd 7, 15-19.
- Bickel-Sandkötter, S. (2003): Nutzpflanzen und ihre Inhaltsstoffe. 2. Aufl., Quelle & Meyer Verlag, Wiebelsheim, 481 S.
- Brandt, P. (1999): Anwendung der "Grünen Gentechnik" ohne ökologische Risiken? *Biologie in unserer Zeit* 29 (3), 151-157.
- Brandt, P. (1995): Transgene Pflanzen - Herstellung, Anwendung, Risiken und Richtlinien. Birkhäuser Verlag, Basel, Boston, Berlin, 306 S.
- DFG (2002): Schwellenwerte für Produkte aus gentechnisch veränderten Pflanzen. Deutsche Forschungsgemeinschaft, Senatskommission zur Beurteilung von Stoffen in der Landwirtschaft, Mitteilung 7, WILEY-VCH Verlag, Weinheim, 146 S.
- Ehrnsberger, R. (2004a): Biologie der Honigbiene, *Apis mellifera*. Naturschutz und Landschaftspflege in Nordwestdeutschland Bd 7, 260-278.
- Ehrnsberger, R. (2004b): Die Honigbiene als Blütenbesucher. Naturschutz und Landschaftspflege in Nordwestdeutschland Bd 7, 279-285.
- Felke, M. & Langenbruch, G.A. (2003): Wirkung von Bt-Mais-Pollen auf Raupen des Tagpfauenauges im Laborversuch. *Gesunde Pflanzen* 55 (1), 1-7.
- Felke, M. & Langenbruch, G.A. (2005): Auswirkungen des Pollens von transgenem Bt-Mais auf ausgewählte Schmetterlingslarven. BfN-Skript, 157.
- Franke, W. (1985): Nutzpflanzenkunde. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 470 S.
- Gamer & W., Zeddies, J. (2002): Agenda 2000 – Halbzeitbewertung und deren Auswirkungen auf Futterbaubetriebe. In: Mais – Die Fachzeitschrift für den Maisanbauer, Heft 4, S. 150-152.
- Grau, J., Kliehn, B., Kremer, B. P., Rambold, G. & Schlehofer, A. (1990): Steinbachs Naturführer - Gräser. Bd 19, Mosaik Verlag, München, 287 S.
- Herder Lexikon der Biologie (1994a), Bd 5, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin. S. 63.
- Herder Lexikon der Biologie (1994b), Bd 5, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, S. 321.
- Kempken, F., Kempken, R. (2006): Gentechnik bei Pflanzen. 3. Auflage, Springer Verlag, Berlin, S. 234.
- Kowarik, I., Heink, U. & Bartz, R. (2006): "Ökologische Schäden" in Folge der Ausbringung gentechnisch veränderter Organismen im Freiland - Entwicklung einer Begriffsdefinition und eines Konzeptes zur Operationalisierung. BfN-Skript 166, Bonn, Bad Godesberg, 173 S.
- Lißmann, C. (2008): Die 0,9-Prozent-Frage, in: Die ZEIT, 13.2.2008.
- Losey, J. E., Rayor, L. S., Carter, M. E. (1999): Transgenic pollen harms monarch larvae. *Nature* 399, 214.
- Markl, H. (1987): Forschung als Notwendigkeit über die Verantwortung der Wissenschaft. In: Pharmazeutische Zeitung 132, 163-170.
- Maag, T., Melchinger, A. E., Klein, D., Bohn, M. (2001): Comparison of *Bt* maize hybrids with their non-transgenic counterparts and commercial varieties for resistance to European corn borer and for agronomic traits. *Plant Breeding* 120: 397-403.
- Mittelsten Scheid, N. (2008): Niveaus von Bewertungskompetenz – eine empirische Studie im Rahmen des Projekts „Biologie im Kontext“. In I. Parchmann, C. Hößle, M. Komorek, & C. Vloka (Hrsg.), *Studien zur Kontextorientierung im naturwissenschaftlichen Unterricht*, Bd. 4. Der andere Verlag: Tönning. (Dissertation)
- Rüschemeyer, G. (10.1.2008): Wer hat Angst vor Pollenflug? Frankfurter Allgemeine Sonntagszeitung.

Sears, M. K., Stanley-Horn, D. E., Mattila, H. R. (2000): Preliminary report on the ecological impact of Bt corn pollen on the monarch butterfly in Ontario. Report for the Canadian Food Inspection Agency and Environment Canada. 18 S.

Sears, M. K., Hellmich, R. L., Stanley-Horn, D. E., Oberhauser, K. S., Pleasants, J. M., Mattila H. R., Siegfriedi, B. D., Dively, G. P. (2001): Impact of Bt corn pollen on monarch butterfly populations: A risk assessment. *Agricultural Sciences* 98/21: 11937–11942.

SRU (Sachverständigen Rat für Umweltfragen) (2004): Umweltgutachten 2004. Drucksache 15/3600, Deutscher Bundestag, 15. Wahlperiode, Bundesanzeiger Verlagsgesellschaft mbH, Köln, 665 S.

Autoren

Dr. Gunnar Gad, geb. 1969; seit April 2007 wissenschaftlicher Mitarbeiter des Deutschen Zentrum für Marine Biodiversitätsforschung (DZMB) - Forschungsinstitut Senckenberg, Wilhelmshaven, Forschung auf den Gebieten der Meiobenthologie, marinen Biodiversität und wissenschaftlichen Dokumentation, DFG Projekt „Artendiversität von Tiefseeloricifera“.

Dr. Nicola Mittelsten Scheid (1977- 2009), Lehramtsstudium der Fächer Biologie, Kath. Theologie, Klass. Philologie, 1. Staatsexamen (2004); bis Mai 2008 Promotion in der Didaktik der Biologie der Carl-von-Ossietzky-Universität; Setbetreuerin im Projekt „Biologie im Kontext“ des BMBF und IPN; wissenschaftliche Mitarbeiterin an der kanadischen Queen's University bis Sommer 2009; Oktober 2009 bis Dezember 2009 wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Biologiedidaktik der Universität Kassel.

Kompetenzorientierung

Die Materialien der Forschermappe sind gezielt auf die Kompetenzbereiche der Bildungsstandards (KMK, 2004) ausgerichtet gestaltet worden. Diese setzte die Kompetenzbereiche Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewerten fest. In folgender Weise werden die vier Kompetenzbereiche in den Materialien angesprochen.

| Kompetenzbereich | Beschreibung der erworbenen Kompetenz |
|---------------------|--|
| Fachwissen | <ul style="list-style-type: none"> • Wenn die Auswirkungen von Grüner Gentechnik auf u.a. Ökosysteme reflektiert werden, wird der Systemcharakter der Natur deutlich (z. B. Auswirkungen auf verschiedenen Ebenen wie Zelle, Individuum und Population) (Basiskonzept System). • Auswirkungen von Grüner Gentechnik auf die Entwicklung von Nicht-Ziel-Organismen werden thematisiert (Basiskonzept Entwicklung) • ... sowie u.a. funktionelle Aspekte von Tieren und Pflanzen im Hinblick auf Pollentransfer (Basiskonzept Struktur und Funktion). |
| Erkenntnisgewinnung | <ul style="list-style-type: none"> • Hypothesen werden aufgestellt und überprüft • Informationen in Textform werden verarbeitet und in graphischer Form dargestellt • Informationen werden im Internet recherchiert • Diagramme werden entworfen und ausgewertet |
| Kommunikation | <ul style="list-style-type: none"> • Es wird in verschiedenen Sozialformen gearbeitet. • Informationen und Ansichten werden ausgetauscht • Befunde und Ansichten werden in verschiedener Form adressatengerecht präsentiert |
| Bewerten | <ul style="list-style-type: none"> • Es werden die Perspektiven der von der Frage nach Gentechnik betroffenen Personen und Parteien bzw. Lebewesen eingenommen und reflektiert (z. B. Gesetzgeber, Endkonsument, Imker, Umweltschützer). • Folgen des Eingriffs des Menschen in die Natur im Rahmen Grüner Gentechnik werden erarbeitet • Bei der Frage nach dem Einsatz Grüner Gentechnik relevante moralische Werte werden kennen gelernt, ausgewählt und in das persönliche Urteil eingebunden • Der Risikobegriff und die Verantwortung werden als zentrale Aspekte im Umgang mit Grüner Gentechnik erarbeitet. • Argumente für und gegen den Einsatz Grüner Gentechnik werden entwickelt und diskutiert. • Es findet eine Vorbereitung auf die Teilnahme am gesellschaftlichen Diskurs zu Grüner Gentechnik statt. • Persönliche Urteile in Bezug auf Fragestellungen zur Gentechnik werden formuliert und unter Bezugnahme auf Gründe verteidigt. |

Grüne Gentechnik im Spannungsfeld ökologischer, ökonomischer und sozialer Interessen am Beispiel Bt-Mais

von

Anke Meisert & Florian Böttcher

3.1 Einleitung

Im Folgenden wird ein Unterrichtskonzept zur Bewertung des Anbaus von Bt-Mais vorgestellt, das auf der Seite der faktischen Grundlagen eine vertiefte Analyse des Auskreuzungsrisikos durch Pollenverbreitung sowie zusammengefasste Ergebnisse weiterer Risikoanalysen anbietet. Die Bereitstellung und Analyse empirischer Daten als Grundlage differenzierter Risikoeinschätzungen wird hierbei als zentraler Beitrag der Biowissenschaften zu den umweltethischen Entscheidungsprozessen verstanden. Der eigentliche Bewertungsprozess wird durch ein lernerseitiges Ordnen der Argumente nach Interessendimensionen initiiert, um ein Bewusstsein für die argumentative Vielfalt zu fördern. Hieran schließt sich eine Analyse zur Gültigkeit der Argumente durch Rückführung auf ihre faktischen und normativen Prämissen im Sinne des normativen Syllogismus an. Diese Analyse bzw. Rekonstruktion der Argumente verdeutlicht einerseits die jeweilige Bedeutung der faktischen Grundlagen im argumentativen Kontext und fordert andererseits eine Explikation der zugrunde liegenden Wertannahmen, um deren Gültigkeit prüfen zu können. Die hieran anschließende Gewichtung wird schließlich vor dem Hintergrund des Nachhaltigkeitskonzeptes und durch das Anwenden einer relativen Bewertungsskala realisiert, um die Einbeziehung einer Vielfalt von Argumenten zu operationalisieren. In diesen Schritt gehen eigenständig entwickelte Strategien der Lernenden mit ein, um deren Anschlussfähigkeit zu erhöhen und um durch schrittweise Entwicklung Transparenz über das Grundprinzip relativer Bewertungsskalen angesichts argumentativer Vielfalt herzustellen.

Die nachfolgenden Ausführungen gliedern sich zunächst in die Kapitel 3.2 und 3.3, in denen die faktischen und normativen Grundlagen des Themengebietes Bt-Mais-Anbau erläutert werden, um in Kapitel 3.4 das hierauf aufbauende Unterrichtskonzept mit den entsprechenden Unterrichtsmaterialien zu entwickeln.

3.2 Bt-Mais - zwischen Maiszünsler und Auskreuzungsgefahr

3.2.1. Schädlingsresistenz durch gentechnische Transformation am Beispiel Bt-Mais

Die unter dem Begriff Bt-Mais zusammengefassten Maissorten gehören zu der Gruppe gentechnisch veränderter (=gv) Nutzpflanzen, die über eine Schädlingsresistenz verfügen. Die Resistenz bildende Transformation geht auf die Integration eines Gens in das Nutzpflanzengenom zurück, das für das Cry-Toxin Cry1Ab (kurz Bt-Toxin) codiert und aus dem Bodenbakterium *Bacillus thuringiensis* stammt. Die transformierten Bt-Maispflanzen bilden das Bt-Toxin in verschiedenen Pflanzenteilen wie Spross, Blättern, Wurzeln und Pollen. Die Raupen des Maiszünslers (*Ostrinia nubilalis*), eine in Europa heimische Falterart, die zu den wichtigsten Maisschädlingen zählt und sich nach dem Schlüpfen durch das Sprossgewebe der Maispflanzen frisst, gehen durch die Aufnahme des Bt-Toxins zugrunde. Auch

ein weiterer Schädling des Maisanbaus, der Maiswurzelbohrer, wird durch Bt-Toxin abgetötet. Neben den höheren Ernteerträgen durch effektive Schädlingsbekämpfung ist auch die erhöhte Qualität der Ernte zu beachten, da Maispflanzen ohne Maiszünslerbefall weniger von Pilzen befallen werden; bei Maiszünslerbefall stellen die entsprechenden Fraßspuren anfällige Infektionspunkte dar [1].

Alternativ zum Anbau von Bt-Mais besteht die Möglichkeit einer biologischen Schädlingsbekämpfung durch direktes Ausbringen biotechnisch erzeugten Bt-Toxins. Diese Methode ist jedoch sehr aufwändig, da eine Wirksamkeit gegen die Schädlinge nur dann gegeben ist, wenn das Toxin in einer bestimmten Entwicklungsphase der Larven eingesetzt wird; zuvor und danach ist es weitgehend unwirksam [2]. Als weitere Möglichkeit besteht die konventionelle chemische Schädlingsbekämpfung mit entsprechenden Umweltbelastungen.

3.2.2. Verträglichkeit und Aktualität

Durch das hohe Interesse am Bt-Mais-Anbau wurden hierzu vielschichtige Umweltverträglichkeitsstudien durchgeführt, so dass die Folgen einer intensiven landwirtschaftlichen Nutzung fundierter einschätzbar sind als bei vielen anderen GVOs (= gentechnisch veränderte Organismen).

Die Untersuchungen zu Auswirkungen auf Nicht-Ziel-Organismen zeigen eine nachweisbare Gefährdung für nah verwandte Falterarten durch Bt-Mais-Pollen [3]; die LD 50 Dosis (= Toxin-Menge mit tödlicher Wirkung für 50% der Population) liegt für Falterarten wie die Kohlmotte bei nur 8 Pollenkörnern [4]. Keine Auswirkungen wurden hingegen für Bodenbakterien [5] oder Darmbakterien der mit Bt-Mais gefütterten Nutztiere oder der Blüten besuchenden Insekten [6] gefunden. Auch intensive Analysen zur Resistenzentwicklung des Maiszünslers waren bisher negativ [7].

Eine direkte Gefährdung des Menschen oder der Nutztiere durch Bt-Toxin ist weitgehend auszuschließen, da Säugetiere nicht über die entsprechenden Bt-Protein-Bindungsstellen im Darm verfügen, die die tödliche Wirkung des Proteins bedingen. In Mausexperimenten wurden bisher keine auffälligen gesundheitsschädlichen Effekte gefunden [8].

Eine Auskreuzung in einheimische Wildpflanzen ist generell auszuschließen, da es keine verwandten einheimischen Arten gibt. Aktuelle Studien geben jedoch Hinweise auf das Auskreuzungsproblem in isogene Maiskulturen [9]. Laut EU-Recht müssen Produkte, die einen Anteil von 0,9% gentechnisch veränderter DNA aufweisen, gekennzeichnet werden. Dieser Wert wird in Feldern, die an Bt-Mais-Anbauflächen grenzen, teilweise gravierend überschritten [10], so dass Studien durchgeführt wurden, die die gesetzliche Abstandsregelung (150 m zu konventionellen und 300 m zu ökologischen Maisanbauflächen) fundieren sollen. Die Ergebnisse zeigen, dass das Ausmaß an Auskreuzung von vielen standortbezogenen Parametern wie der Windrichtung und der Vegetation der Zwischenflächen abhängt [ebd.].

Die Aktualität der Debatte um Bt-Mais zeigt sich neben den vielen aktuellen Studien darin, dass zu 18 Maissorten, die auf die gv-Linie Mon810 zurückgehen, seit 2006 eine Genehmigung für den kommerziellen Anbau vorliegt. Durch die gesetzliche Freigabe sind nun Landwirte und Verbraucher aufgefordert, durch ihre Entscheidungen und daraus resultierendes Verhalten den Anbau von GVOs zu fördern oder zu begrenzen [11] bzw. durch das Einhalten der „Regeln der guten fachlichen Praxis“ verantwortungsvoll umzusetzen [12].

3.3 Merkmale der Debatte um Bt-Mais-Anbau und entsprechende Bewertungsstrategien

3.3.1 Abwägungsfragen

Ähnlich wie bei anderen gv-Nutzpflanzen bestehen gegenüber dem Bt-Mais vielfältige Vorbehalte, die mithilfe der folgenden Fragen kurz skizziert werden:

- 1) Werden durch den Anbau Nicht-Ziel-Organismen geschädigt?
- 2) Werden durch die Nutzung der Anbauprodukte Menschen und/oder Nutztiere geschädigt?
- 3) Besteht die Gefahr einer Resistenzbildung?
- 4) Besteht die Gefahr einer Auskreuzung?

Schon die erste Sichtung dieser Fragen verdeutlicht, dass es sich hier nicht um grundsätzliche, sprich kategoriale Einwände gegen Bt-Mais-Anbau handelt, sondern um vielzählige Aspekte einer folgenbezogenen Güterabwägung. Weiterhin ist der hier als relevant einzustufende Gegenstandsbereich dadurch gekennzeichnet, dass nicht nur eine Vielzahl von Aspekten einzubeziehen ist, sondern dass diese Aspekte sehr unterschiedliche Interessendimensionen bzw. Wertannahmen wie Naturschutz oder Gesundheitsfragen berühren und somit einen komplexen Abwägungsprozess fordern.

3.3.2 Relative Bewertungsskalen

Ein direktes Abwägen dieser Vielzahl und Vielfalt von Interessen im Sinne einer Entscheidungsfindung stellt eine kognitive Überforderung dar. Um Operationalisierbarkeit herzustellen, bedarf es daher eines vereinfachenden Bewertungssystems. Eines der gängigen Beispiele für entsprechende Vereinfachungen zum Zwecke komplexer Abwägungsprozesse ist die so genannte Monetarisierung, die in viele umweltethischen Analysen Eingang findet [13, 14]. Im Zuge einer Monetarisierung wird einzelnen Werten individuell ein Geldbetrag zugeordnet, um abschließend „auszurechnen“, welche der möglichen Handlungsstrategien am meisten „Geldwerte“ auf sich vereinigen kann. In diesem und anderen Vereinfachungsmodellen geht es im Kern um eine Transformation qualitativer in quantitative Einheiten, da sich die qualitativen einer unmittelbaren Vergleichbarkeit entziehen. Kommt es z. B. beim Anbau von Bt-Mais durch Auskreuzung zu Verunreinigungen der Ernten aus isogenem Mais-Anbau, kollidieren die ökonomischen Interessen der Bt-Mais-Anbauer mit dem Selbstbestimmungsrecht der Verbraucher. Letztere wollen u. U. Produkte aus gv-Nutzpflanzen vermeiden, können dies aber nicht, wenn entsprechende Verunreinigungen in Ernten aus konventionellem oder sogar Öko-Mais-Anbau in Folge des Bt-Mais-Anbaus auftreten. Die Interessen der Bt-Mais-Anbauer und die der Verbraucher lassen sich jedoch nicht direkt miteinander vergleichen, da ökonomische und soziale Dimensionen nicht ohne weiteres kommensurabel sind. Das Modell der Monetarisierung bietet dadurch Abhilfe, dass die entsprechenden Interessen mit Hilfe von Geldwerten in einem einheitlichen Skalensystem erfasst werden, um den nachfolgenden Abwägungsprozess mathematisieren zu können.

Die Problematik dieser Transformation liegt jedoch in ihrer Unschärfe, da es keine definierte Transformation eines partiellen Selbstbestimmungsrechts in einen Geldwert gibt; diese Problematik verschärft sich noch dadurch, dass ökonomische Interessen leichter monetarisiert werden können als soziale oder ökologische. Trotz dieser inhärenten Unschärfe lassen sich entsprechende Qualität-in-

Quantität-Transfer-Strategien aus der Perspektive der notwendigen Operationalisierbarkeit entsprechender Bewertungsprozesse rechtfertigen und finden sich dementsprechend in diversen umweltethischen Bewertungsansätzen [14].

3.3.3 Das Nachhaltigkeitskonzept als „methodische Norm“

Um den Umgang mit vielfältigen Interessen zukunftsweisender Entscheidungen bezüglich der unterschiedlichen Zielebenen zu strukturieren, hat sich in den letzten Jahren das Konzept „Nachhaltiger Entwicklung“ etabliert, das im Sinne des Drei-Säulen-Modells von der Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages wie folgt definiert wurde:

„Nachhaltigkeit ist die Konzeption einer dauerhaft zukunftsfähigen Entwicklung der ökonomischen, ökologischen und sozialen Dimension menschlicher Existenz. Diese drei Säulen der Nachhaltigkeit stehen miteinander in Wechselwirkung und bedürfen langfristig einer ausgewogenen Koordination“ [15].

Das Konzept Nachhaltigkeit setzt damit eine „methodische“ Norm bezüglich der zu berücksichtigenden Reichweite des Bewertungs- bzw. Entscheidungsprozesses und trägt damit dem Vorhandensein vielfältiger (vor allem auch zukünftiger!) Interessen in einer pluralistischen Gesellschaft Rechnung.

Dieser „methodischen“ Normfestlegung steht die normative Unterbestimmtheit des Nachhaltigkeitskonzeptes gegenüber, da es zwar die Berücksichtigung, aber keine Richtlinien zur Relevanzprüfung der einzelnen Interessen und Argumente sowie ihrer zugrunde liegenden Wertannahmen bietet und somit nicht operationalisiert ist [16]. Bewertungsprozesse unter Einbeziehung des Nachhaltigkeitskonzeptes haben somit zusätzlich Strategien der Bewertung bzw. Abwägung zu entwickeln, wie dies z. B. im Modell der Monetarisierung erfolgt, um „arbeitsfähig“ zu werden. Hierdurch wird das Konzept „Nachhaltiger Entwicklung“ nicht überflüssig, sondern sichert durch den eingeforderten Interessenausgleich multidimensionale Entscheidungsprozesse und stellt damit ein eigenständiges normatives Element dar.

3.4 Grundzüge eines Vermittlungskonzepts zum Thema Bt-Mais

3.4.1 Zielebene Strategie-Transparenz

Für Vermittlungskontexte, die nur sehr punktuelle Erfahrungen mit Instrumenten komplexer Bewertungsprozesse realisieren können, ist die strukturelle Transparenz dieser Strategien von besonderer Bedeutung [17], da ihre adäquate Anwendung (so die hier vertretene These) von einem entsprechenden Bewusstsein der inhärenten Unschärfe abhängt. Für das Lernziel „Transparenz der Bewertungsstrategie“ spricht jedoch nicht nur die Erhöhung der Anwendungsfähigkeit, sondern vor allem die Förderung des Bewusstseins über die Notwendigkeit und Grenzen entsprechender Bewertungsstrategien an sich, die eine zentrale Grundlage für dessen konzeptuelle Schärfung sowie einen aufgeklärten und kritischen Umgang mit entsprechenden Bewertungsergebnissen darstellt. Neben dem Ziel, den Abwägungsprozess transparent zu machen, sind auch die normativen und faktischen Grundlagen der einzelnen Argumente zu verdeutlichen.

3.4.2 Argumentanalyse

Hierzu ist es hilfreich, das Muster normativer Begründungszusammenhänge mit Hilfe der aristotelischen Argumentationsfigur des „normativen Syllogismus“ [18], bestehend aus einer normativen (NP) und einer (oder mehreren) deskriptiven Prämisse(n) (DP) sowie einer Konklusion (K) zu analysieren, da hierdurch sowohl die faktischen als auch die normativen Grundlagen des Arguments offen gelegt werden.

Beispiel:

DP 1: Produkte aus Bt-Mais-Anbau weisen einen geringen Pilzbefall auf.

DP 2: Pilzbefall in Nahrungsmitteln kann gesundheitsschädigende Folgen haben.

NP: Die Herstellung und Verfügbarkeit gesunder Nahrungsmittel ist wünschenswert.

K: Bt-Mais-Anbau ist wünschenswert.

Die Rückführung einer normativen Aussage auf ihre faktischen und normativen Prämissen ermöglicht dessen detaillierte Analyse und verhindert Sein-Sollen-Fehlschlüsse, bei denen handlungsanweisende Aussagen lediglich auf faktische resp. deskriptive Prämissen zurückgeführt werden.

Die Analyse der identifizierten Prämissen hat hierbei außerordentlich unterschiedlichen Charakter. Bezüglich der deskriptiven Prämissen ist vor allem eine Analyse der empirischen Fundierung entsprechender Aussagen und ihrer Tragweite zu prüfen (z. B. das Ausmaß der Auskreuzungsgefahr). Die präskriptiven Prämissen sind hingegen im Sinne einer pluralistischen Gesellschaft bezüglich ihrer intersubjektiven Gültigkeit zu analysieren, indem ihnen zugrunde liegende Wertannahmen und/oder Interessen identifiziert und auf Konsensfähigkeit hin überprüft werden.

3.4.3 Nachhaltigkeitskonzept als Strukturierungshilfe

Die Debatte um Bt-Mais-Anbau mit ihren vielfältigen ökologischen, ökonomischen als auch sozialen Aspekten, die sich insbesondere auf langfristige Folgen beziehen, stellt ein typisches Problem nachhaltiger Entwicklung dar [19]. Für Vermittlungskonzepte zu diesem Thema ist es daher hilfreich, das Nachhaltigkeitskonzept als strukturierendes Element mit aufzunehmen, um die grundlegenden Bewertungsprobleme (faktische und normative Komplexität, Wertepluralität, Folgenabschätzung) und ihre gesellschaftliche Aktualität hervorzuheben. Die Strukturierung der argumentativen Vielfalt in Anlehnung an die Interessendimensionen des Nachhaltigkeitskonzepts (ökologische, ökonomische und soziale) erleichtert den nachfolgenden Prozess der Gewichtung und verdeutlicht die Vielfalt neben der Vielzahl. Gleichzeitig fordert es im Sinne des Nachhaltigkeitskonzeptes dazu auf, die angemessene Berücksichtigung aller Interessenebenen zu prüfen und ggf. zu überarbeiten. Somit bietet es sich an, nach erfolgter Gewichtung, die sich i.d.R. primär auf die Plausibilität der faktischen und normativen Grundlagen und ihrer Relevanz stützt, das Ergebnis nochmals unter dem „Gütekriterium Nachhaltigkeit“ zu prüfen. Die Einzelargumentanalyse wird demnach eingebettet in eine vorausgehende strukturierende Sichtung der Interessen und eine nachfolgende Überprüfung der pluralistischen Fundierung des Urteils als wesentliche Ansätze einer nachhaltigkeitsgemäßen Bewertung.

3.4.4 Relative Bewertungsskalen als Operationalisierungshilfe

Nach der Rückführung von Argumenten auf ihre prä- und deskriptiven Grundlagen und entsprechende Analysen über deren Tragfähigkeit bedarf es einer zusammenführenden Gesamtbewertung bzw. Gewichtung, um entscheidungsfähig zu werden. Wie oben beschrieben, werden hierzu i.d.R. relative Bewertungsskalen herangezogen. Die Transformation in relative Skaleneinheiten kann auf verschiedenen Ebenen angesetzt werden. In einem Konzept zur „Bildung für Nachhaltige Entwicklung“ des BLK-Projektes wird z. B. zwischen den betroffenen Werten, die gewichtet werden, und den faktischen Grundlagen, die je nach Einfluss als Multiplikator eingehen, unterschieden, indem beide durch Zuweisung von Zahlenwerten einer separaten Gewichtung unterzogen werden [20]. Dadurch, dass hierbei schon die Teilfaktoren in relative Werte transformiert werden, wird zwar theoretisch die Genauigkeit des Transformationsprozesses erhöht, andererseits geht jedoch u. U. die nachvollziehbare Bedeutung der Werte und Fakten tendenziell verloren, da sie sehr früh im Bewertungsprozess durch Zahlenwerte ersetzt werden. Hier wird daher vorgeschlagen, die jeweilige Einheit aus prä- und deskriptiven Aspekten gekoppelt zu gewichten und hierzu ein einfaches Punktebewertungssystem zu nutzen, das eine hohe Transparenz des Prozesses sichert. Von einer Geldwertskala, wie es im Modell der Monetarisierung vorgesehen ist, wird hier abgesehen, da dies in Bildungskontexten fragliche Auswirkungen auf das Verständnis normativer Diskurse im Sinne eines auf ökonomische Parameter ausgerichteten Reduktionismus haben könnte. Zudem ist das Instrument „Geldwert“ für schulische Bezüge grundsätzlich fraglich, da für Schüler/-innen größere Geldbeträge schwer einschätzbar sind. Ein Punktebewertungssystem, das ihnen ein festes Kontingent von z. B. 10 Punkten zuweist, die sie den einzelnen Argumenten zuordnen können, ist hingegen überschaubar und fordert dennoch die notwendigen Gewichtungsüberlegungen ein.

3.4.5 Schwerpunktsetzungen

Während im Rahmen projektorientierter Unterrichtsgänge eine umfassende Analyse faktischer und normativer Grundlagen erfolgen kann, wird hier im Sinne der Realisierbarkeit für die detaillierten Analysen eine Reduktion vorgeschlagen. Als Schwerpunkt werden hierbei typische Risikoanalysen ausgewählt, da diese einen Umgang mit Daten erfordern, die nur unsichere Vorhersagen bezüglich der Langzeitfolgen und damit ein typisches Bewertungsproblem im Kontext nachhaltiger Entwicklung bieten. Gleichzeitig fordern gerade diese Risikoanalysen empirische Daten aus den Biowissenschaften, so dass den Lernenden hierdurch die Schlüsselrolle naturwissenschaftlicher Analysen zur Präzisierung der faktischen Grundlagen deutlich wird. Bezüglich der Risikoanalyse wird zur Auskreuzungsgefahr ein exemplarischer Schwerpunkt angeboten. Weitere faktische Grundlagen für eine Gesamtbewertung werden als zusammengefasste Handreichung zur Verfügung gestellt.

3.4.6 Stundenverlauf

| Unterrichtsschritt | Medien |
|--|--|
| 1. Problemfeld Bt-Mais (ca. 45 min.) | |
| <p>Einstieg: Proteste gegen und Werbung für Bt-Maisanbau diskutieren / Fragensammlung</p> <p>Erarbeitung: Maiszünsler als Schädling des Maisanbaus und entsprechende Bekämpfungsmaßnahmen</p> <p>Erarbeitung: Argumente in der Bt-Mais-Debatte ordnen und Vielfalt diskutieren</p> <p>Vertiefung: Notwendigkeit der Faktenklärung als nächsten Schritt einer Entscheidungsfindung erörtern</p> | <p>Internet-Fotos</p> <p>AB 1 / alternativ Internetrecherche</p> <p>AB 2</p> |
| 2. Auskreuzungsgefahr (ca. 45 min.) | |
| <p>Einstieg: Untersuchungsfragen und –methodik</p> <p>Erarbeitung: Auswerten der Untersuchungsergebnisse zur Auskreuzung von GVO-DNA</p> <p>Vertiefung: Schlussfolgerungen hinsichtlich einer Abstandsregelung</p> | <p>AB 3</p> <p>AB 4, 5</p> |
| 3. Argumentanalyse (ca. 45 min.) | |
| <p>Einstieg: Rückbezug auf die Argumente; Argumentanalyse als nächster Schritt einer Entscheidungsfindung</p> <p>Erarbeitung: Rekonstruktion der Argumente als Syllogismen</p> <p>Vertiefung: Notwendigkeit einer Gewichtung der Argumente</p> | <p>AB 6, Mat. 1</p> |
| 4. Entwicklung u. Umsetzung einer Bewertungsstrategie (ca. 45-90 min.) | |
| <p>Einstieg: Neuorganisation der Argumente in Nachhaltigkeitsdimensionen</p> <p>1. Erarbeitung: Entwicklung einer Bewertungs- bzw. Gewichtungsstrategie</p> <p>1. Vertiefung: Diskussion unterschiedlicher Ansätze</p> <p>2. Erarbeitung: Umsetzung einer individuellen und einer Gruppenbewertung</p> <p>2. Vertiefung: Rekonstruktion des Entscheidungsprozesses und kritische Diskussion; Überprüfung aus der Perspektive „Nachhaltiger Entwicklung“</p> | <p>AB 7 / Pinnwand</p> <p>AB 7</p> |

Maisanbau und Maiszünsler

Mais gehört in vielen Regionen der Welt zu den meist angebauten Nutzpflanzen und dient neben der Maisstärkegewinnung als Futtermittel für Nutztiere. Neben klimatischen Einflüssen begrenzen vor allem Schädlinge die Ernteerträge des Maisanbaus. Gravierende Auswirkungen hat vor allem der so genannte Maiszünsler, eine Falterart, die ihre Eier in jungen Maispflanzen ablegt. Die aus den Eiern schlüpfenden Raupen fressen sich durch den Spross der Maispflanzen und schädigen diese dadurch bis hin zum Abknicken der gesamten Sprossachse.

Chemische und biologische Schädlingsbekämpfung

Neben chemischen Schädlingsbekämpfungsmitteln, die erhebliche Umweltbelastungen mit sich bringen, existiert gegen den Maiszünsler eine Methode biologischer Schädlingsbekämpfung. Hierzu wird ein vom Bodenbakterium *Bacillus thuringiensis* gebildetes Gift genutzt, das so genannte Bt-Toxin. Wird das aus den Bodenbakterien gewonnene Maiszünsler-Gift in einer bestimmten Entwicklungsphase der Maiszünsler-Larve auf die Felder ausgebracht, gehen die Larven zugrunde. Wird dieser bestimmte Zeitpunkt jedoch verpasst, bleibt die Wirkung aus.

Schädlingsresistenz durch gentechnische Veränderung der Maispflanzen

Die Fähigkeit des Bt-Bakteriums zur Synthese von Bt-Toxin hat Wissenschaftler auf die Idee gebracht, dieses Merkmal auf Maispflanzen zu übertragen. Hierzu mussten sie das Gen, das für die Bt-Toxin-Herstellung zuständig ist, aus dem Bakterium isolieren und in die Erbanlagen der Maispflanzen „einbauen“. Das Ergebnis dieser gentechnischen Transformation sind die so genannten Bt-Mais-Pflanzen; allgemein werden gentechnisch veränderte Organismen kurz als GVOs bezeichnet. Sie verfügen über das Bt-Gen und produzieren in ihren pflanzlichen Organen wie Spross, Wurzel oder Staubblättern das Bt-Toxin. Die Maiszünsler-Larven gehen in Bt-Mais-Pflanzen unmittelbar nach dem Schlüpfen zugrunde.

Wirkung des Bt-Toxins

Das Bt-Toxin gelangt durch die Nahrungsaufnahme in den Darm der Maiszünsler, wo es sich mit bestimmten Bindungsstellen auf der Darminnenseite verbindet. Kommt es zu dieser Verbindung, wird die Darmwand geschädigt, so dass das betroffene Tier verendet. Das Bt-Toxin wirkt hierbei nur auf nahe Verwandte des Maiszünslers wie andere Falterarten. Für den Menschen oder auch andere Säugetiere ist es unschädlich, da sie keine entsprechenden Bindungsstellen im Darm aufweisen.

Aufgabe: Entwerfe eine Conceptmap zum Thema Bt-Mais, in der die Begriffe Maiszünsler, Bt-Toxin, biologische Schädlingsbekämpfung, Bt-Gen, Bindungsstellen auf der Darminnenseite und genetische Transformation vorkommen!

Argumente nach Interessendimensionen ordnen

In Debatten gibt es häufig vielfältige Argumente, die gänzlich unterschiedliche Aspekte in den Vordergrund stellen! Die Betonung bestimmter Aspekte ist u. a. Ausdruck der Interessen der jeweiligen Individuen oder Gruppen, wie das folgende Beispiel zeigt:

Eine Großfamilie diskutiert über den Kauf eines Hauses: Der Vater hebt hervor, dass der große Garten zu wenig Platz für einen Teich und andere Erholungsplätze bietet. Der Großvater betont die schöne Aussicht auf die nahe liegenden Berge und die sonnige Hanglage des Hauses. Die Mutter plädiert für den Kauf des Hauses aufgrund des günstigen Kaufpreises, der keine übermäßigen finanziellen Belastungen für die Familie mit sich bringen würde. Die Großmutter wendet ein, dass das Haus zu nah an der viel befahrenen Hauptstraße liege, so dass gesundheitliche Folgen durch Lärm und Abgase zu befürchten wären. Die Kinder hingegen sind begeistert von den großen Kinderzimmern und den vorhandenen Spielgeräten im Garten.

Obwohl in diesem kurzen Beispiel einer Familiendebatte Vater und Großvater für unterschiedliche Entscheidungen plädieren, verfolgen sie jeweils ähnliche Interessen, die als Lebensqualität durch den Freizeitwert des Hauses zusammengefasst werden könnten. Die Mutter hingegen fokussiert auf die finanzielle Realisierbarkeit und verfolgt damit andere Interessen. Die Großmutter ergänzt einen Aspekt, der sich auf die gesundheitlichen Auswirkungen und damit eine weitere Interessendimension bezieht. Das Argument der Kinder ist wiederum dem Interesse „Lebensqualität“ zuzuordnen, obwohl sie im Gegensatz zu ihrem Vater, der auch auf der Ebene „Lebensqualität“ argumentiert, für den Hauskauf plädieren. Dieses Beispiel zeigt, dass unabhängig von einer Pro- und Contra-Unterscheidung in einer Debatte vielfältige Interessendimensionen vorkommen können. Um die Argumente voneinander unterscheiden zu können und um einen Überblick über die Vielfältigkeit einer Debatte zu gewinnen, können die Argumente nach diesen Interessendimensionen geordnet werden.

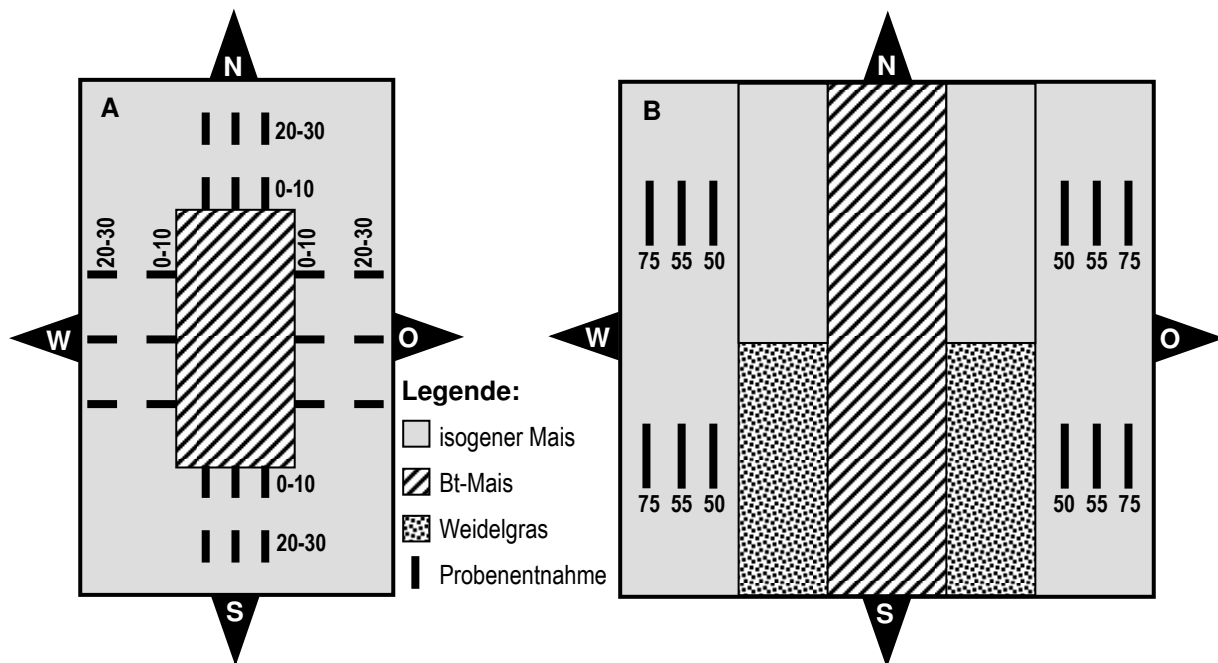
Aufgabe: Ordne die aufgeführten Äußerungen zum Bt-Mais-Anbau in Gruppen, die sich durch ähnliche Interessen auszeichnen! Finde Namen für die Interessendimensionen!

| | | |
|---|---|---|
| Landwirte dürfen selbst entscheiden, ob sie Bt-Mais anbauen wollen oder nicht! | Langfristig werden die Maiszünsler resistent gegen Bt-Toxin werden, sodass erneut Ernteverluste drohen! | Der Anbau von Bt-Mais sichert höhere Erträge bei gleichzeitiger Senkung der Kosten für den Insektizideinsatz! |
| Geringer Maiszünsler-Befall senkt die Pilzbelastung der Produkte und deren Gesundheitsgefährdungen! | Der Anbau von Bt-Mais senkt den Einsatz chemischer Insektizide und damit die entsprechende Umweltbelastung! | Die Ausbreitung des Bt-Gens auf andere Maisfelder „verunreinigt“ den gesamten Maisanbau! |
| Der Anbau von Bt-Mais birgt für einheimische Falterarten unabsehbare Gefahren! | Die Auswirkungen des Konsums von Bt-Mais-Produkten auf die Gesundheit des Menschen sind nicht kalkulierbar! | Die Möglichkeiten biologischer Schädlingsbekämpfung sind zu aufwändig und zu wenig effektiv! |

Arbeitsblatt 3 – Bt-Mais Untersuchungen zur Auskreuzungsgefahr von GVO-DNA

Um das Ausmaß der Auskreuzung von Bt-Mais-Genen (im Folgenden kurz: GVO-DNA) in isogene (= nicht gentechnisch veränderte) Maispflanzen durch Pollenverbreitung zu untersuchen, wurden in Bayern mehrere Versuchsfelder mit Bt-Mais-Anbau und isogenen Maispflanzen angelegt. Abbildung 1 zeigt zwei Anbauvarianten auf der Versuchsfeld „Baltmannshof“. Die Untersuchung wurde zur Beantwortung folgender Fragen durchgeführt:

- 1) Welchen Einfluss hat der Abstand zur Bt-Mais-Anbaufläche auf den GVO-DNA-Eintrag in angrenzende isogene Maiskulturen?
- 2) Welchen Einfluss hat Wind* (und damit die Lage der Flächen) auf den GVO-DNA-Eintrag in angrenzende Anbauflächen?
*Wichtiger Hinweis: Während der Vegetationsperiode dominiert in Mitteleuropa Westwind!
- 3) Welchen Einfluss hat die Flora von „Trennflächen“ auf den GVO-DNA-Eintrag in Anbauflächen mit isogenem Mais?



Aufgabe 1: Entscheide für die Fragen 1) - 3), welche der Anbauvarianten für eine Beantwortung der Fragen relevante Daten liefern könnte. Begründe deine Entscheidungen!

| Frage | geeignete Anbauvariante | Begründung |
|-------|--|------------|
| 1 | A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> | |
| 2 | A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> | |
| 3 | A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> | |

Aufgabe 2: Die Diagramme 1 und 2 zeigen die Untersuchungsergebnisse aus den Anbauvarianten A und B. Ordne zunächst den Legenden der Diagramme die dazugehörigen Probenentnahme-Balken in den verkleinerten Flächenskizzen zwischen den Diagrammen zu! Nutze die in Diagramm 1 und 2 dargestellten Untersuchungsergebnisse zur Beantwortung der Fragen 1) – 3) auf dem folgenden Arbeitsblatt!

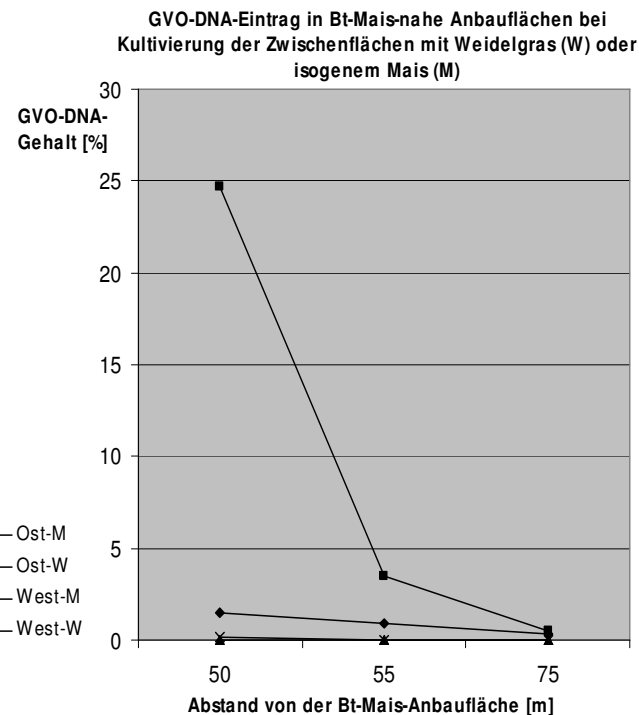
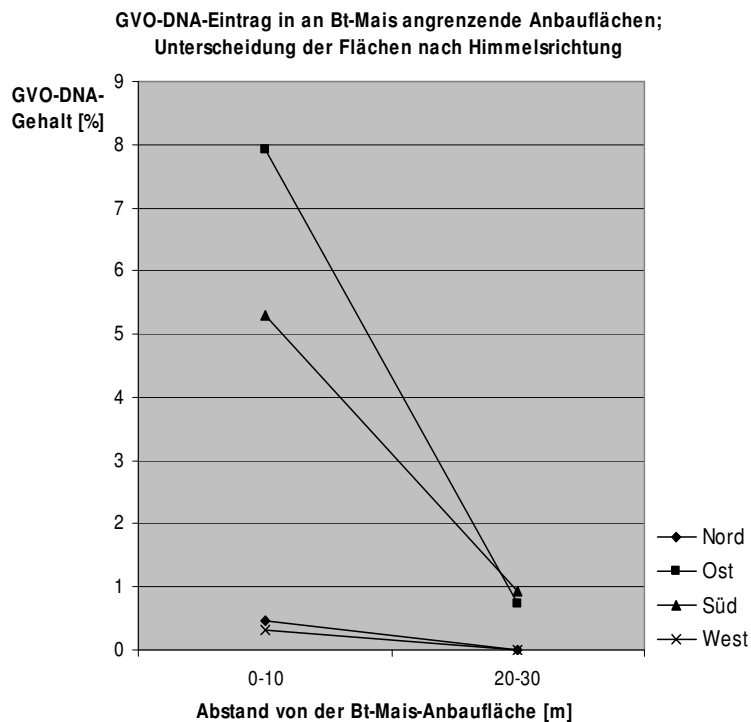
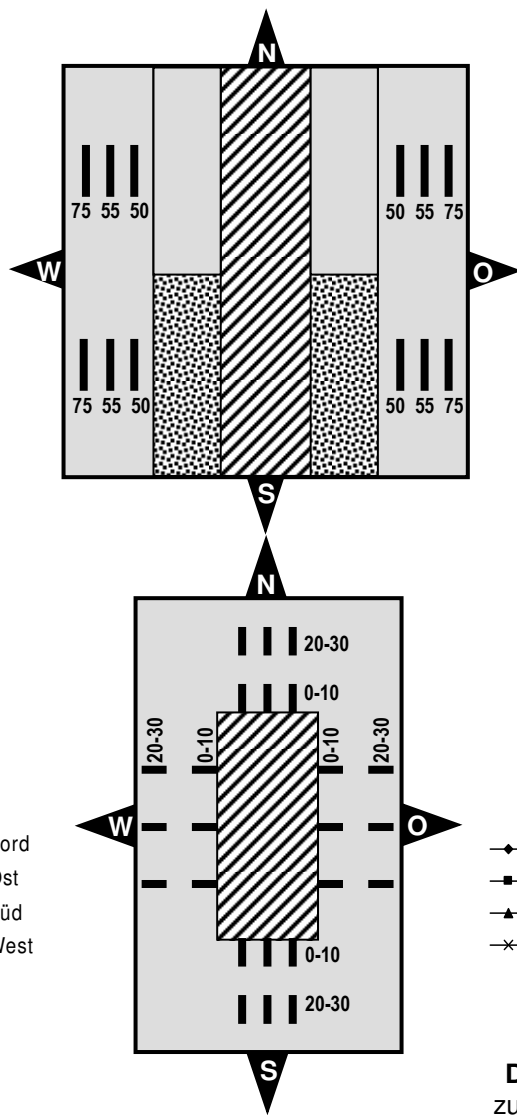


Diagramm 1: GVO-DNA-Eintrag in Relation zu Abstand und zur Lage zur Mais-Anbaufläche

Diagramm 2: GVO-DNA-Eintrag in Relation zur Lage, zum Abstand und zur Kultivierung der Zwischenflächen

Aufgabe 3: Nutze für die Auswertung der Daten die unten stehende Tabelle, indem du zunächst die für die jeweilige Frage relevanten Daten zusammenfasst und diese dann auswertest! **Wichtiger Hinweis:** Während der Vegetationsperiode dominiert in Mitteleuropa Westwind!

| Fragen | relevante Daten aus den Diagrammen | Auswertung |
|---|------------------------------------|------------|
| Welchen Einfluss hat der Abstand zur Bt-Mais-Anbaufläche auf den GVO-DNA-Eintrag in angrenzende isogene Maiskulturen? | | |
| Welchen Einfluss hat Wind (und damit die Lage der Flächen) auf den GVO-DNA-Eintrag in angrenzende Anbauflächen? | | |
| Welchen Einfluss hat die Flora von „Trennflächen“ auf den GVO-DNA-Eintrag in Anbauflächen mit isogenem Mais? | | |

Aufgabe 4: Produkte, die einen GVO-DNA-Gehalt von > 0,9 % aufweisen, sind in Deutschland kennzeichnungspflichtig. Ziehe Schlussfolgerungen aus den gesichteten Daten, indem du begründet einen Mindestabstand für Bt-Mais-Anbau zu Flächen mit isogenem Mais vorschlägst!

Aufgabe 5: Informiere dich über gesetzliche Vorgaben zum Abstand zwischen Anbauflächen mit gv- und konventionellen Mais und vergleiche diese mit deinen Vorschlägen aus Aufgabe 4!

Wie kann man Argumente überprüfen?

Um die Gültigkeit eines Arguments zu prüfen, müssen neben den faktischen Grundlagen, auf die sich das Argument bezieht, auch die zugrunde liegenden Wertannahmen geprüft werden. Forderungen, die sich ausschließlich auf faktische Grundlagen beziehen, stellen keine vollständigen moralischen Argumente dar. Vielmehr liegen solchen Äußerungen „versteckt“ bestimmte Wertannahmen zugrunde, die unausgesprochen bleiben. Der Äußerung „Aufgrund der Auskreuzungsgefahr in isogene Maisfelder muss der Bt-Mais-Anbau verboten werden“ liegt z. B. unausgesprochen zugrunde, dass Landwirte und/oder Verbraucher ein Recht auf GVO-DNA-freie Produkte haben. Ohne die Gültigkeit dieser Wertannahme „Selbstbestimmungsrecht“ wäre die Gefahr der Auskreuzung moralisch unbedeutend. Die Notwendigkeit moralisch relevante Argumente sowohl auf faktische Aussagen als auch auf eine Wertannahme zu gründen, hat bereits Aristoteles beschrieben und hierfür den sogenannten praktischen Syllogismus geprägt. Dieser besagt, dass ein vollständiges moralisches Argument wie folgt aus einer präskriptiven (= vorschreibenden/normativen) und einer deskriptiven (= beschreibenden/faktischen) Prämisse (Annahme) sowie einer Konklusion (Schlussfolgerung) besteht.

| 1. Beispiel: | |
|-------------------------------|--|
| deskriptive Prämisse: | Bt-Mais-Anbau führt durch Auskreuzung zu GVO-DNA-Einträgen in Anbauflächen, die über 50 m von dem Bt-Mais-Anbau entfernt sind. |
| | + |
| präskriptive Prämisse: | Verbraucher haben ein Recht auf GVO-DNA-freie Produkte. |
| | ↓ |
| Konklusion: | Bt-Mais-Anbau muss entweder mit sicheren Abstandsregelungen belegt oder verboten werden. |

Ein weiteres Beispiel zeigt, dass ein anderes Argument zu dem gleichen Thema ebenso plausibel eine Befürwortung des Bt-Mais-Anbaus darlegen kann.

| 2. Beispiel*: | |
|-------------------------------------|---|
| erste deskriptive Prämisse: | Bt-Mais-Produkte weisen einen geringen Pilzbefall auf. |
| | + |
| zweite deskriptive Prämisse: | Hoher Pilzbelastung von Nahrungsmittel kann Gesundheitsschäden hervorrufen. |
| | + |
| präskriptive Prämisse: | Die Produktion und Bereitstellung gesunder Lebensmittel ist wünschenswert. |
| | ↓ |
| Konklusion: | Bt-Mais-Anbau ist wünschenswert. |

*Beispiel 2 demonstriert, dass teilweise mehrere deskriptive Prämissen nötig sind, um ein Argument vollständig darzulegen.

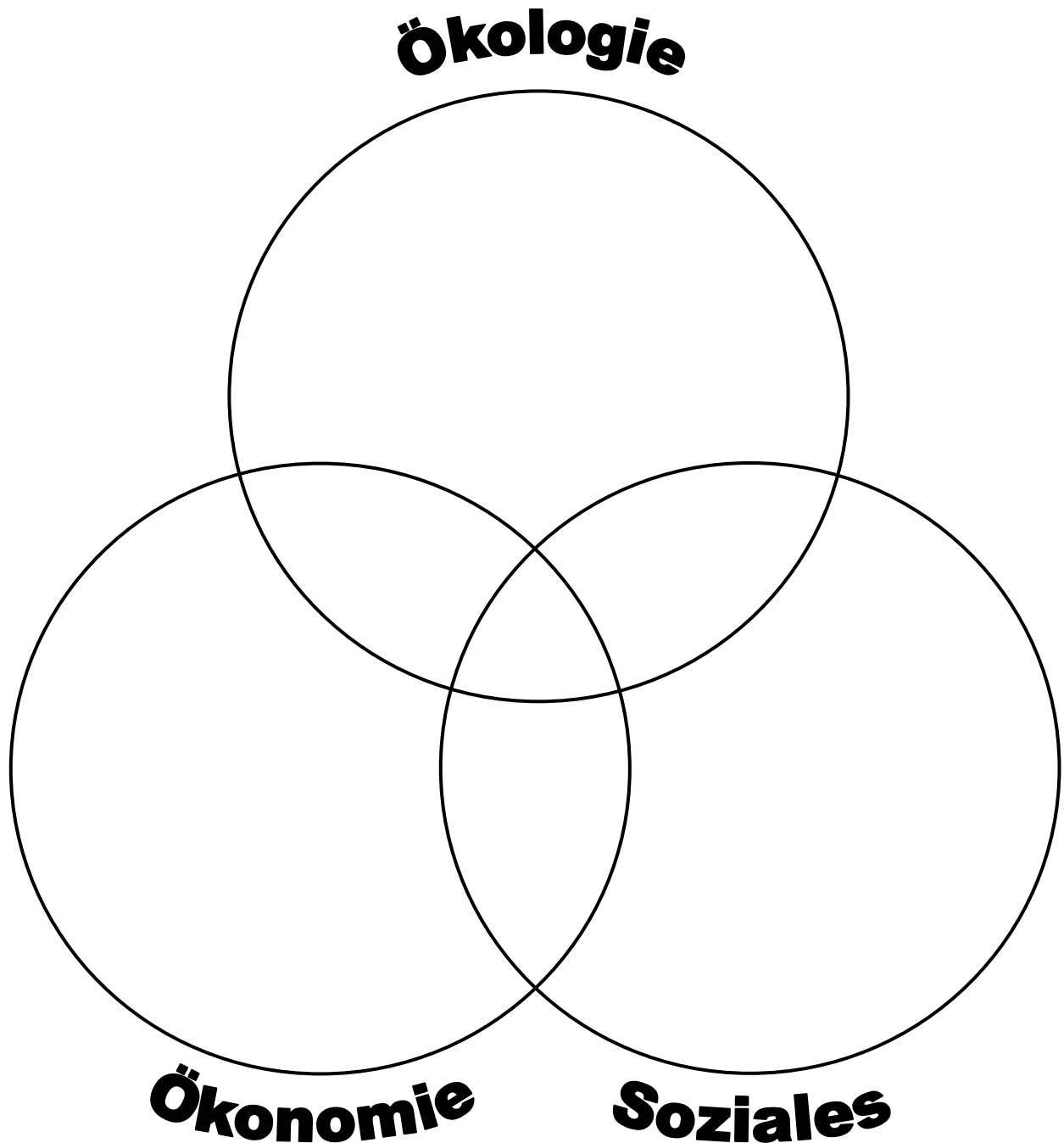
Aufgabe: Entwickle zu den Äußerungen zum Bt-Mais-Anbau auf Arbeitsblatt 2 jeweils einen 3- (oder mehr)-schrittigen Syllogismus! Ziehe zusätzlich zu den bisherigen Informationen weitere Quellen (Tab. 1) hinzu!

| Stichwort | aktueller Kenntnisstand |
|--------------------------------------|--|
| Produktivität | <ul style="list-style-type: none"> • höhere Erträge (ca. 10-15 %) • höhere Wirksamkeit als biologische Schädlingsbekämpfung mit Bt-Toxin |
| Produktqualität | <ul style="list-style-type: none"> • geringere Pilzsporenbelastung |
| Nicht-Ziel-Merkmale | <ul style="list-style-type: none"> • höherer Verholzungsgrad • keine Veränderung der Nährwertqualität |
| Auskreuzungsgefahr | <ul style="list-style-type: none"> • keine Auskreuzung in einheimische Wildpflanzen, da keine verwandten Wildarten als Kreuzungspartner existieren • bestehende Einkreuzungsgefahr für isogene Maiskulturen (s.o.) |
| Resistenzbildung | <ul style="list-style-type: none"> • da nur 80 % des Maiszünsler-Befalls durch das Bt-Toxin eliminiert wird, besteht für die Restpopulation eine Gefahr der Resistenzbildung • in Untersuchungen über acht Generationen konnten bisher keine Resistenzen nachgewiesen werden |
| Gesundheit | <ul style="list-style-type: none"> • Maus-Experimente zeigen keine Effekte bei GVO-DNA-haltiger Nahrung |
| Gefahren für Nicht-Ziel-Populationen | <ul style="list-style-type: none"> • andere Falterarten gelten als gefährdet (LD 50* der Kohlmotte liegt bei 8 Pollen, beim Kohlweißling bei 39) • für weitere Organismengruppen (Regenwürmer, Bodenbakterien, Honigbienen, etc.) wurden keine Gefährdungen nachgewiesen |

Tabelle 1: Ausgewählte Ergebnisse aus diversen Studien zu Bt-Mais (* LD 50: Dosis, die für 50% einer Stichprobe tödlich ist)

Aufgabe 1:

Das Konzept „Nachhaltige Entwicklung“ fordert für gesellschaftliche Entscheidungen eine angemessene Berücksichtigung ökonomischer, ökologischer und sozialer Interessen. Ordne die Argumente zum Thema Bt-Mais-Anbau in Form vollständiger Syllogismen diesen Interessendimensionen zu!

**Aufgabe 2:**

Diskutiere Möglichkeiten der Entscheidungsfindung auf der Grundlage der oben zusammengestellten Argumente!

3.5 Quellen

- [1] <http://www.transgen.de/anbau/btkonzept/210.doku.html> (Stand 28.02.2008)
- [2] MacIntosh, S.C., Stone, T.B., Sims, S.R., Hunst, P.L., Greenplate, J.T., Marrone, P.G., Perlak, F.J., Fischhoff, D.A., Fuchs, R.L. (1990) Specificity and efficacy of purified *Bacillus thuringiensis* proteins against agronomically important insects. *Journal of Invertebrate Pathology* 56, S. 258-266
- [3] Losey J.E., Rayor, L.S. Carter, M.E. (1999) Transgenic pollen harms monarch larvae. *NATURE* 399, S. 214
- [4] Felke, M., Langenbruch, G.A. (2003) Wirkung von Bt-Mais-Pollen auf Raupen des Tagpfauenauges im Laborversuch. *Gesunde Pflanzen* 55 (1), S. 1-7
- [5] Brusetti, L., Francia, P., Bertolini, C., Pagliuca, A., Borin, S., Sorlini, C., Abruzzese, A., Sacchi, G., Viti, C., Giovannetti, L., Giuntini, E., Bazzicalupo, M., Daffonchio, D. (2004) Bacterial communities associated with the rhizosphere of transgenic Bt 176 maize (*Zea mays*) and its non transgenic counterpart *Plant and Soil* 266, S. 11-21
- [6] Schmitz, G., Bartsch, D., Pretschner, P. (2003) Selection of relevant non-target herbivores for monitoring the environmental effects of bt-maize pollen. *Environ. Biosafety Res.* 2, S. 117-132
- [7] Kaiser-Alexnat, R.; Meise, T.; Langenbruch, G.A.; Hommel, B.; Huber, J. (2005) Untersuchung zur frühzeitigen Entdeckung einer Resistenzentwicklung des Maiszünslers (*Ostrinia nubilalis*) gegenüber dem B.t.-Mais-Toxin Cry1Ab. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutz.* 57 (7), S. 144-151
- [8] <http://www.biosicherheit.de/de/sicherheitsforschung/19.doku.html> (Stand 28.02.2008)
- [9] Weber, W. E., Th. Bringezu, I. Broer, F. Holz, und J. Eder (2005) Koexistenz von gentechnisch verändertem und konventionellem Mais. *Mais 2005/1+2*, S. 1-7
- [10] Eder, J. (2006) Bericht zum Erprobungsanbau mit gentechnisch verändertem Mais in Bayern 2005. *Schriftenreihe der Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft*, Bd. 18
- [11] vgl. DLZ Agrarmagazin (2005) Große Probe, kleiner Auftritt. Heft 56/1, S. 54-57
- [12] Miller, J. (2005) Rede des Staatsministers anlässlich des Berichts über die Ergebnisse des Erprobungsanbaus mit gentechnisch verändertem Mais in Bayern in den Ausschüssen für Landwirtschaft und Forsten sowie für Umwelt und Verbraucherschutz des Bayerischen Landtags. München, 23. Februar 2005
- [13] <http://www.ecosystemvaluation.org/> (Stand 28.02.2008)
- [14] Schneider, J. (2001) Die ökonomische Bewertung von Umweltprojekten. Zur Kritik an einer umfassenden Umweltbewertung mit Hilfe der Kontingenten Evaluierungsmethode. Heidelberg, Physica-Verlag
- [15] Abschlussbericht der Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt -- Ziele und Rahmenbedingungen einer nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung“, Deutscher Bundestag: Drucksache 13/11200 vom 26.06.1998 Quelle: <http://dip.bundestag.de/btd/13/112/1311200.asc> (Stand 28.02.2008)
- [16] Simon-Opitz, N. (2002) Zur ethischen Begründung nachhaltiger Entwicklung: Eine Untersuchung ausgewählter Konzepte. Shaker, Aachen
- [17] Meisert, A. (2004) Bioethik. In: Spoerhase-Eichmann, U., Ruppert, W. (Hg.) *Biologiedidaktik*. Berlin: Cornelsen Skriptor, S. 226-236
- [18] Patzig, G. (1969) *Die Aristotelische Syllogistik*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht
- [19] Böttcher, F., Meisert, A. (2007) Grüne Gentechnik im Spannungsfeld ökonomischer, ökologischer und sozialer Interessen - Bewertungsstrategien zu Konflikten in der Bt-Mais-Debatte. *Zeitschrift für Nachhaltigkeit* 5: S. 70-81
- [20] vgl. BLK-Materialien Quelle: <http://www.transfer-21.de/index.php?p=56> (Stand 28.02.2008)

3.6 Zu erwerbende Kompetenzen

Kompetenzbereich **Fachwissen**

| Bildungsstandards | Kompetenzen am Ende der Qualifikationsphase der gymnasialen Oberstufe | Teil-Kompetenzen in dieser Unterrichtseinheit |
|--|--|---|
| Die Schülerinnen und Schüler ... | | |
| <ul style="list-style-type: none"> kennen und verstehen die grundlegenden Kriterien von nachhaltiger Entwicklung. (F 1.8) | <ul style="list-style-type: none"> beschreiben Biodiversität auf verschiedenen Systemebenen (genetische Variabilität, Artenvielfalt, Ökosystemvielfalt). (FW 7.7) | <ul style="list-style-type: none"> erläutern die Bedeutung der Auskreuzung von gv-DNA. |

Kompetenzbereich **Erkenntnisgewinnung**

| Bildungsstandards | Kompetenzen am Ende der Qualifikationsphase der gymnasialen Oberstufe | Teil-Kompetenzen in dieser Unterrichtseinheit |
|--|--|--|
| Die Schülerinnen und Schüler ... | | |
| <ul style="list-style-type: none"> erörtern Tragweite und Grenzen von Untersuchungsanlage, -schritten und -ergebnissen. (E 8) | <ul style="list-style-type: none"> analysieren und deuten naturwissenschaftliche Texte. (EG 4.4) | <ul style="list-style-type: none"> nutzen einen Text als Informationsquelle zur Fortpflanzungsstrategie des Maiszünslers und zu dessen Bedeutung als Schädling. beschreiben anhand einer Textquelle mögliche Bekämpfungsmaßnahmen. |
| | <ul style="list-style-type: none"> beschreiben, analysieren und deuten Abbildungen, Tabellen, Diagramme sowie grafische Darstellungen unter Beachtung der untersuchten Größen und Einheiten. (EG 4.5) | <ul style="list-style-type: none"> rekonstruieren die experimentelle Strategie der Auskreuzungsexperimente. deuten die Messdaten zur Auskreuzungsrate in Abhängigkeit von Windrichtung und Kultivierung der Zwischenflächen. |

Kompetenzbereich **Kommunikation**

| Bildungsstandards | Kompetenzen am Ende der Qualifikationsphase der gymnasialen Oberstufe | Teil-Kompetenzen in dieser Unterrichtseinheit |
|---|--|---|
| Die Schülerinnen und Schüler ... | | |
| <ul style="list-style-type: none"> werten Informationen zu biologischen Fragestellungen aus verschiedenen Quellen zielgerichtet aus und verarbeiten diese auch mit Hilfe verschiedener Techniken und Methoden adressaten- und situationsgerecht. (K 4) | <ul style="list-style-type: none"> beschreiben und erklären biologische Sachverhalte unter Verwendung geeigneter Fachbegriffe. (KK 1) | <ul style="list-style-type: none"> werten Informationen aus Sachtexten, Tabellen und Diagrammen aus. |
| | <ul style="list-style-type: none"> argumentieren mithilfe biologischer Evidenzen, um Hypothesen zu testen und Fragen zu beantworten. (KK 5) | <ul style="list-style-type: none"> argumentieren auf der Grundlage der Messdaten differenziert über die Auskreuzungsgefahr von Bt-Mais-Genen. |
| | <ul style="list-style-type: none"> diskutieren komplexe biologische Fragestellungen, deren Lösungen strittig sind. (KK 8) | <ul style="list-style-type: none"> diskutieren vor- und Nachteile des Bt-Mais - Anbaus unter Berücksichtigung ökologischer, sozialer und ökonomischer Aspekte. |

Kompetenzbereich **Bewertung**

| Bildungsstandards | Kompetenzen am Ende der Qualifikationsphase der gymnasialen Oberstufe | Teil-Kompetenzen in dieser Unterrichtseinheit |
|--|--|---|
| Die Schülerinnen und Schüler ... | | |
| <ul style="list-style-type: none"> beschreiben und beurteilen Erkenntnisse und Methoden in ausgewählten aktuellen Bezügen wie zu Medizin, Biotechnik und Gentechnik, und zwar unter Berücksichtigung gesellschaftlich verhandelbarer Werte. (B 3) | <ul style="list-style-type: none"> bewerten mögliche kurz- und langfristige regionale und/oder globale Folgen eigenen und gesellschaftlichen Handelns. Dazu gehören die Analyse der Sach- und der Werteebene der Problemsituation sowie die Entwicklung von Handlungsoptionen. (BW 1) | <ul style="list-style-type: none"> beurteilen und erörtern das Auskreuzungsrisiko bei Bt-Mais. |
| <ul style="list-style-type: none"> beschreiben und beurteilen die Auswirkungen menschlicher Eingriffe in einem Ökosystem. (B 5) | <ul style="list-style-type: none"> erörtern Chancen und Risiken transgener Organismen aus der Sicht unterschiedlicher Interessengruppen. (BW 5) | <ul style="list-style-type: none"> beschreiben und bewerten mögliche Folgen des Bt-Mais-Anbaus. |
| <ul style="list-style-type: none"> erörtern Handlungsoptionen einer umwelt- und naturverträglichen Teilhabe im Sinne der Nachhaltigkeit. (B 7) | <ul style="list-style-type: none"> untersuchen komplexe Problem- und Entscheidungssituationen in Hinblick auf soziale, räumliche und zeitliche Folgen. (BW 2) | <ul style="list-style-type: none"> ordnen und gewichten unterschiedliche Interessen zum Thema Bt-Mais-Anbau. |

Die Bewertung des Anbaus herbizidtoleranter Soja – lokale und globale Perspektiven

von

Florian Bötcher

4.1 Einleitung

Die Frage, ob gentechnisch veränderte Pflanzen angebaut werden sollten oder nicht, ist nicht ausschließlich auf Grundlage naturwissenschaftlicher Untersuchungsergebnisse zu beantworten. Wissenschaftliche Studien liefern für begründete Abwägungsprozesse zwar die faktischen Grundlagen, darüber hinaus müssen jedoch auch Antworten normativer Dimension gefunden werden: Welches Risiko beim Anbau gentechnisch veränderter (gv) Pflanzen ist vertretbar? In welchem Verhältnis dürfen Risiken und Vorteile stehen? Im Folgenden wird ein Unterrichtskonzept vorgestellt, dass diese verschiedenen Aspekte von umweltethischen Fragestellungen berücksichtigt. Schüler und Schülerinnen (SuS) werden so zu begründetem Urteilen in Fragen der grünen Gentechnik am Beispiel herbizidtoleranter Soja angeleitet. Speziell das Fach Biologie hat in diesem Kontext die Aufgabe, SuS zum kompetenten Umgang mit den aus den Biowissenschaften zur Verfügung gestellten Daten zur Folgenabschätzung und Risikoanalyse von gv-Soja zu befähigen. Dies stellt die Basis fundierter Entscheidungsprozesse dar.

Das unterrichtliche Vorgehen (über insgesamt vier bis sechs Unterrichtsstunden) ist aus den genannten Gründen folgendermaßen strukturiert:

- Konfrontation mit dem Phänomen herbizidtoleranter Soja
- Sichtung und Gliederung der vielfältigen Argumente als Ausgangspunkt des Bewertungsprozesses
- Frage der gesundheitlichen Unbedenklichkeit von gv-Soja; Förderung des Wissenschaftsverständnisses
- Aspekt der Resistenzentwicklung bei Wildkräutern; Differenzierung der Betrachtung
- Auseinandersetzung mit den erarbeiteten Argumenten und Entwicklung und Anwendung einer Bewertungsstrategie
- Globale Perspektive lokaler Entscheidungen: Die Folgen des gv-Soja-Anbaus für die Exportländer (Vertiefung in der Auseinandersetzung)

Die Bewertung erfolgt in Anlehnung an das Prinzip der nachhaltigen Entwicklung, d. h. der Prämissen, bei Entscheidungen stets die ökologische, ökonomische und soziale Dimension mit einzubeziehen, um eine möglichst langfristig vertretbare Lösung zu gewährleisten. Vertieft wird dies anschließend unter Einbezug der globalen Perspektive am Beispiel eines Exportlandes.

Es folgen weiterführende Erläuterungen zu den faktischen (Kapitel 4.2) und normativen (Kapitel 4.3) Grundlagen des Themengebietes, sowie zu dem daraus hervorgehenden Unterrichtskonzept und den entsprechend entwickelten Unterrichtsmaterialien (Kapitel 4.4).

4.2 Gen-Soja – Merkmale einer vielschichtigen Debatte

4.2.1 Herbizidtoleranz durch gentechnische Veränderung am Beispiel Soja

Das kommerziell bedeutendste Merkmal gentechnisch veränderter Sojabohnen stellt die Herbizidtoleranz dar. Ungefähr 60% der jährlich produzierten 220 Millionen Tonnen Soja weisen dieses Merkmal auf. Der größte Anteil hiervon gehört wiederum zur Sorte Roundup Ready des US-amerikanischen Saatgutherstellers Monsanto, die eine Resistenz gegenüber dem Breitband-Herbizid Glyphosat aufweist. Der Anbau konventioneller Soja wird durch das Wachstum von Wildkräutern auf den Feldern erschwert, die mit der Soja um die Nährstoffe des Bodens konkurrieren und üblicherweise durch mehrere kombinierte Herbizide bekämpft werden müssen. Glyphosat wirkt nun auf nahezu alle unerwünschten Wildkräuter gleichermaßen, indem es ein für den Stoffwechsel der meisten Pflanzen notwendiges Enzym hemmt (EPSP-Synthetase), das für die Herstellung wichtiger Aminosäuren benötigt wird. Durch den Glyphosat-Einsatz kann dieses Enzym nicht gebildet werden, das Wachstum setzt aus und die Pflanze stirbt nach einigen Tagen ab. Eine Toleranz gegenüber diesem Herbizid wird durch Einbringung eines Gens des Bodenbakteriums *Agrobacterium tumefaciens* in die Sojapflanze erreicht. Diese produziert hierdurch die bakterielle Variante des entsprechenden Enzyms, die gegenüber Glyphosat unempfindlich ist.

Glyphosat wird im Vergleich zu anderen chemischen Herbiziden als weniger toxisch und verträglicher für die menschliche Gesundheit eingestuft. Die unkomplizierte Anwendung des Herbizids vereinfacht die Arbeitsgänge und den Arbeitsaufwand beim Sojaanbau erheblich, der Boden wird durch Glyphosat zudem weniger belastet. Für den Landwirt sinken aufgrund der Verringerung der Herbizidmenge die Betriebskosten und es wird in einigen Fällen von höheren Erträgen berichtet [1].

4.2.2 Aktualität der Thematik

Da gv-Soja zurzeit in der EU noch nicht angebaut werden darf, ist die Diskussion über die Vor- und Nachteile gegenüber konventionellem Anbau in der Öffentlichkeit weniger präsent als beispielsweise die Diskussion über gentechnisch veränderten Mais. Rumänien musste nach seinem EU-Beitritt 2007 den Anbau der gv-Soja-Sorte Roundup Ready entsprechend geltendem EU-Recht untersagen, obwohl dortige Landwirte es seit dem Ende der 1990er Jahre angebaut hatten. Es wird aktuell die Sicherheitsbewertung durch das zuständige Expertengremium der Europäischen Lebensmittelbehörde EFSA abgewartet [1, 2].

Als Lebens- bzw. Futtermittel ist gv-Soja, genauer die Sorte MON40-3-2, jedoch in der EU zugelassen [3] und spielt als Bestandteil vieler Nahrungsmittel in der menschlichen Ernährung eine wichtige Rolle [4]. Darüber hinaus wird es durch die steigende Bedeutung für den Welthandel, entsprechend wachsende Anbauflächen, Veränderungen der Anbaubedingungen und nicht zuletzt die tendenzielle Liberalisierung der Richtlinien und Einfuhrbedingungen außerhalb der EU zu einem wichtigen und notwendigen Thema in der Diskussion um grüne Gentechnik [5].

Jährlich werden ca. 40 Millionen Tonnen Sojarahstoffe in die EU importiert, von denen ein Teil gentechnisch verändert ist. In vielen Anbauländern ist aufgrund fehlender Richtlinien keine strikte Trennung der Anbauflächen von konventioneller und gv-Soja möglich, so dass die EU-Schwellenwerte für die Kennzeichnung „Lebensmittel ohne gentechnisch veränderte Organismen hergestellt“ (GVO-frei),

nicht eingehalten werden können. Von den größten Exportländern kann einzig Brasilien einen GVO-Gehalt von unter 0,9% gewährleisten, da die Anbauflächen für gv-Soja und konventionelle Soja jeweils im Norden bzw. im Süden liegen. Sojabohnen stellen in der EU die Grundlage für eine Vielzahl von Produkten der Nahrungsmittelindustrie dar und je nach Verarbeitungsbedingung bestehen Unterschiede, inwiefern Bestandteile aus gv-Soja in den fertigen Lebensmitteln zu finden sind und ob für Nachfolgeprodukte beispielsweise noch eine Kennzeichnungspflicht besteht [6]. Aufgrund der Bedeutung von gv-Soja in Lebensmitteln ist die Frage der gesundheitlichen Unbedenklichkeit von besonderem Interesse.

4.2.3 Verträglichkeit für den Menschen

Zur Klärung der gesundheitlichen Verträglichkeit gentechnisch veränderter Sojabohnen für den Menschen werden seit einigen Jahren umfangreiche wissenschaftliche Studien durchgeführt. Beispielsweise wird dabei das von gv-Soja synthetisierte „Bakterien-Enzym“ EPSPS, das im Gegensatz zum pflanzlichen Protein glyphosattolerant ist, auf seine Eigenschaften hin untersucht. Dabei wurde bestätigt, dass das Protein seinem pflanzlichen Pendant funktional und strukturell sehr ähnlich ist, welches typischerweise in vielen Nahrungsmitteln vorkommt. Außerdem ist die Nährwertqualität von Roundup-Ready-Soja mit derjenigen konventioneller Soja zu vergleichen [7]. Auch Tierversuche an Ratten und Mäusen scheinen bisher in ihrer Mehrheit die Unbedenklichkeit des gv-Soja-Konsums zu bestätigen. Im Rahmen von Fütterungsstudien konnten keine toxischen Eigenschaften nachgewiesen werden [7]. Es gab keine ungewöhnlichen Immunreaktionen oder Veränderungen der an Immunreaktionen beteiligten Organe [8], keine relevanten Veränderungen des Blutbildes [9] und keine Unterschiede beim Zellwachstum und bei der Zelldifferenzierung [10]. Es gibt jedoch auch Untersuchungen, die Auffälligkeiten an Versuchstieren konstatieren, die mit gv-Soja gefüttert wurden. Beispielsweise wurden Veränderungen von Leberzellen festgestellt, die auf eine veränderte Stoffwechselrate zurückzuführen sein könnten [11]. Die Autoren dieser Studie kommen insgesamt zu dem Schluss, dass die Datenlage noch nicht ausreichend sei, um abschließend über die Sicherheit oder Unsicherheit von gv-Soja zu entscheiden. Dies ist eine Haltung, die von mehreren Autoren bezüglich des Themenfeldes gentechnisch veränderter Pflanzen insgesamt vertreten wird [12].

Die Frage der Unbedenklichkeit von GVOs für den Menschen beschränkt sich jedoch nicht allein auf die direkten Folgen des Verzehrs. Vielmehr sind in dieser vielschichtigen Debatte zahlreiche andere Ebenen betroffen, z. B.:

- Wie sind die Auswirkungen des Anbaus auf Boden und Mikrofauna?
- Welche ökologischen Wechselwirkungen ergeben sich?
- Welche Konsequenzen hätte horizontaler Gentransfer und wie wahrscheinlich ist er?
- Welche langfristigen sozioökonomischen Folgen hat der Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen?

Ein fundierter Bewertungsprozess zum Thema herbizidtoleranter Soja setzt insbesondere die Vertiefung der letztgenannten Fragestellung voraus.

4.2.4 Der Aspekt der Resistenzentwicklung gegenüber Glyphosat bei Wildkräutern

Der vereinfachte Anbau und die Kostensenkung durch weniger Herbizide werden von den Produzenten von gv-Saatgut als zentrale Vorteile hervorgehoben. Das Prinzip „ein Breitband-Herbizid gegen alle Wildkräuter“ musste in den letzten Jahren jedoch relativiert werden. Inzwischen hat sich gezeigt, dass auch verschiedene Wildkräuter zunehmend Resistenzen gegenüber Glyphosat entwickeln [13,14] und man teilweise auf Kombinationen mit anderen Herbiziden zurückgreifen muss. Auch die Hersteller von gv-Soja raten ihren Kunden entsprechend zu verschiedenen Maßnahmen zur Vermeidung der Resistenzbildung bei Wildkräutern gegenüber Glyphosat [15]. Diese Maßnahmen werden tendenziell jedoch eher als Mittel zur Erhaltung des Potentials von Glyphosat verstanden, denn als Zeichen einer nachhaltigen Problematik [16].

4.2.5 Die Situation in den Anbauländern

Gentechnisch veränderte Soja wird hauptsächlich in Nord- und Südamerika angebaut. Vor allem in den südlichen Ländern, Argentinien und Brasilien, hat die Intensivierung des Soja-Anbaus und die zunehmende Wahl von gv-Sorten (fast 100 % in Argentinien) zu einschneidenden Veränderungen im landwirtschaftlichen Produktionsprozess und zu einer verstärkten Industrialisierung der Abläufe geführt. Die weltweit steigende Nachfrage nach Fleisch lässt auch die Soja-Industrie florieren, weil Sojaschrot eines der wichtigsten Futtermittel darstellt. In den letzten zehn Jahren hatte dies in Argentinien zur Folge, dass über fünf Millionen Hektar neue Anbauflächen geschaffen wurden, zum Teil auf Kosten der Artenvielfalt ursprünglicher Waldgebiete [17]. Auch im Nordwesten Brasiliens hat der Anbau von gv-Soja-Monokulturen zu erheblichen Veränderungen auf ökonomischer, sozialer und ökologischer Ebene geführt [18]. Zum einen lagen im Jahr 2003 die Einnahmen durch den Export von Soja mit acht Milliarden Dollar erstmals über denjenigen der USA mit gut sieben Milliarden Dollar, zum anderen wird gleichermaßen eine erhöhte Abhängigkeit von Saatgut- und Herbizidproduzenten akzeptiert, da herbizidtolerantes Saatgut und Breitbandspritzmittel patentgeschützt sind und nur von bestimmten Herstellern erworben werden können.

4.3 Die Entwicklung einer angemessener Bewertungsstrategien zum Thema herbizidtolerante Soja

4.3.1 Ebenen des Bewertens

Die Auseinandersetzung mit der Thematik Gen-Soja soll Schülerinnen und Schüler (SuS) dazu befähigen, sich angesichts einer vielschichtigen Debatte begründet zu positionieren und aus ihrer Bewertung ggf. Konsequenzen für ihr Alltagshandeln abzuleiten. Der besondere Anspruch des Themenfeldes Gen-Soja besteht in der Verknüpfung der lokalen mit der globalen Perspektive. So gilt es im Idealfall nicht nur, die Unbedenklichkeit des Gen-Soja-Konsums beispielsweise für die eigene Gesundheit realistisch einschätzen zu können, sondern auch die Anbausituation in den Exportländern zu berücksichtigen. Einige der grundlegend notwendigen Überlegungen lassen sich etwa in folgender Weise skizzieren:

- 1.) Welche gesundheitlichen Folgen hat der gv-Soja Konsum?
- 2.) Welche sozialen, ökologischen und ökonomischen Konsequenzen hat der Anbau von gv-Soja für die betroffenen Exportländer und die einzelnen Landwirte?
- 3.) Welche Auswirkungen hat der Anbau von gv-Soja auf die Möglichkeit als Konsument frei zwischen gentechnisch veränderten und konventionellen Pflanzen wählen zu können?

Bereits diese Auswahl an möglichen Fragestellungen verdeutlicht die Notwendigkeit einer differenzierten Auseinandersetzung. Es sind nicht nur soziale, ökonomische und ökologische Interessendimensionen betroffen, auch das Verhältnis zwischen lokaler und globaler Perspektive muss bestimmt werden, um schließlich zu einer begründeten Entscheidung zu gelangen bzw. diese zu vertiefen.

4.3.2 Bildung für nachhaltige Entwicklung: das Nachhaltigkeitskonzept als Strukturierungshilfe

Der Umgang mit komplexen umweltethischen Fragestellungen weist zahlreiche Merkmale auf, mit denen sich das pädagogische Konzept der Bildung für eine nachhaltige Entwicklung (BNE) beschäftigt. Als Weiterentwicklung der klassischen Umweltbildung fokussiert es stärker auf die Befähigung zum Umgang mit faktischer und normativer Komplexität und ist selbst bereits wertbehaftet:

„Das Besondere an dieser entwicklungsorientierten Konzeption von Bildung ist, dass Werte bereits im Konzept mit vorgegeben sind, d. h. die Entwicklung soll nachhaltig sein und den nachfolgenden Generationen die gleichen Lebenschancen bieten, wie der derzeitigen Generation“ [19].

Neben einem erweiterten bzw. neuen Verständnis von Umweltbildung wird zudem die globale Perspektive verdeutlicht, da das Konzept des „globalen Lernens“ einen weiteren zentralen Teilbereich von BNE darstellt [ebd].

Hieraus ergeben sich nun für komplexe umweltethische Bewertungsfragen (z. B. zum Themenfeld Grüne Gentechnik) folgende Konsequenzen: Um eine Überforderung im komplexen Abwägungsprozess zum Thema gv-Soja zu vermeiden, ist es hilfreich, die vielseitigen beteiligten Interessen hinsichtlich ihrer unterschiedlichen Zielebenen zu strukturieren. Die Verwendung des Konzepts der nachhaltigen Entwicklung ist als Kern einer BNE hierfür geeignet, da es trotz einer ausreichenden inhaltlichen Offenheit normative Vorgaben zur Begrenzung der Interessensdimensionen macht:

„Nachhaltigkeit ist die Konzeption einer dauerhaft zukunftsfähigen Entwicklung der ökonomischen, ökologischen und sozialen Dimension menschlicher Existenz. Diese drei Säulen der Nachhaltigkeit stehen miteinander in Wechselwirkung und bedürfen langfristig einer ausgewogenen Koordination“ [20].

Ein Schwerpunkt des Nachhaltigkeitskonzeptes liegt somit auf der Betonung von drei Interessendimensionen und der Notwendigkeit einer dauerhaften, zukunftsfähigen Lösungssuche. Da im Kontext von Gen-Soja vor allem jedoch zusätzlich die Verknüpfung des lokalen Entscheidungsraumes mit der globalen Ebene, der Situation in den Anbauländern, hinzukommt, bietet sich außerdem ein expliziter Rückgriff auf den Teilaspekt „globales Lernen“ von BNE an. Eine tiefer gehende Ausschärfung und

Abgrenzung der Konzepte BNE, Umweltbildung und globales Lernen soll an dieser Stelle nicht erfolgen [21, 22].

Somit lässt sich für das Themenfeld Gen-Soja nun begründet ableiten, dass eine zusätzliche Unterscheidung der lokalen und der globalen Ebene als vertiefender Aspekt des Bewertungsprozesses eine differenziertere Problemwahrnehmung fördert. Durch die Unterscheidung von ökonomischer, ökologischer und sozialer Interessensdimension bei der Klassifikation von Argumenten und der Eröffnung einer lokalen und globalen Perspektive als nächsten Schritt, ergibt sich so im Ergebnis eine wesentlich erhöhte Transparenz des Entscheidungsprozesses.

Die Schwäche des Nachhaltigkeitskonzeptes wie auch des Teilbereichs „globales Lernen“ liegt bei der Frage der konkreten Operationalisierbarkeit. Hier machen beide Konzepte keine genauen Vorgaben und geben aufgrund ihrer Offenheit keine Kriterien an, durch die messbar wäre, inwiefern genau eine Entscheidung nachhaltig ist oder inwiefern die Forderungen des globalen Lernens an Entscheidungsprozesse erfüllt wurden. Hierzu sind Strategien notwendig, die im Rahmen der beschriebenen normativen Vorgaben Abwägungsprozesse vereinfachen und so im schulischen Rahmen erst ermöglichen.

4.3.3 Relative Bewertungsskalen

Auch für das Themenfeld Gen-Soja gelten die konzeptuellen Überlegungen zur Vermittlung von Bewertungskompetenz, die im Artikel „Grüne Gentechnik im Spannungsfeld ökologischer, ökonomischer und sozialer Interessen am Beispiel Bt-Mais“ (Meisert & Böttcher, 2010, in diesem Band) dargelegt wurden. Angesichts der Vielfalt der erarbeiteten Argumente zur Frage des Anbaus von Gen-Soja würde ein direktes Abwägen mit dem Ziel einer Entscheidungsfindung auch hier eine kognitive Überforderung darstellen. Das Verfahren der Gewichtung mit Hilfe relativer Zahlenwerte als vereinfachendes Bewertungssystem stellt deshalb ebenfalls eine notwendige Entlastung dar [23, 24]. Der qualitativen Entscheidungsgrundlage (den Argumenten) werden quantitative Zahlenwerte zugeordnet, da qualitative Einheiten nicht ohne weiteres vergleichbar bzw. gegeneinander abzuwägen sind. Beispiel: In welchem genauen Verhältnis stünde der Vorteil einfacher Anbaubedingungen von Gen-Soja für brasilianische Landwirte zum Wunsch europäischer Konsumenten, beim Einkauf frei zwischen gentechnisch veränderter und konventioneller Soja wählen zu können?

Im Zuge einer Monetarisierung und einer Zuordnung von Zahlenwerten kann letztlich abschließend bestimmt werden, welche der Entscheidungsoptionen gegenüber der oder den anderen überwiegt. Bei der Anwendung derartiger „Umrechnungsstrategien“ sollte man sich die Nachteile zwar stets bewusst machen (Unschärfe der Umwandlung, einfachere Monetarisierung von ökonomischen im Gegensatz zu sozialen und ökologischen Interessen), die Vorteile der verbesserten Vergleichbarkeit von Argumenten in Bewertungssituationen rechtfertigen jedoch ein solches Vorgehen.

4.4 Überlegungen zum Vermittlungskonzept zum Thema Gen-Soja

4.4.1 Nachhaltigkeitskonzept und globale Perspektive als Strukturierungshilfe

Hinsichtlich des Themenkomplexes Gen-Soja-Anbau bietet es sich ebenfalls an, die vielschichtigen ökologischen, ökonomischen und sozialen Aspekte einer Bewertungsfrage zu thematisieren. Auch Folgenabschätzungen werden, entsprechend der Forderung des Nachhaltigkeitskonzeptes, durch die differenzierte Sichtung der relevanten Argumente geleistet. Insbesondere wird dies durch die Auseinandersetzung mit dem Aspekt der gesundheitlichen Unbedenklichkeit von Gen-Soja vertieft, indem die SuS am Beispiel mehrerer wissenschaftlicher Forschungsergebnisse exemplarisch zum kompetenten Umgang mit dem Faktor Unsicherheit in Entscheidungssituationen angeleitet werden. Ergänzt wird dies durch die Betrachtung der Frage, ob es durch den Einsatz von „Allround“-Herbiziden zwangsläufig zu einer verstärkten Resistenzbildung bei Wildkräutern und damit auch zum Einsatz einer stetig wachsenden Herbizidmenge beim Anbau von gv-Pflanzen kommen muss.

Hinzu kommt eine Verknüpfung der lokalen Entscheidungsebene vor dem Hintergrund globaler Abhängigkeitsverhältnisse (Anbaubedingungen von Gen-Soja in den Exportländern), wie es das Bildungskonzept des „globalen Lernens“ befürwortet.

Das konzipierte Unterrichtsmaterial zum Thema Gen-Soja nimmt daher das Konzept der Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) und dessen Teilaspekt des „globalen Lernens“ auf, um den SuS entlastende Strukturierungshilfen im Bewertungsprozess verfügbar zu machen (siehe Abschnitt 4.2.2). Die Zuordnung vorgegebener Argumente zu den Interessendimensionen des Nachhaltigkeitskonzeptes ermöglicht eine erste Strukturierung des Themenfeldes, die später durch weitere, selbst erarbeitete Argumente ergänzt werden kann. Die Vorgaben dienen der Vorentlastung zur angemessenen Wahrnehmung eines komplexen Problemfeldes. Die eigenständige Erweiterung der Dimensionierung durch die SuS wäre denkbar und würde eine Ausdifferenzierung der Problemwahrnehmung und somit in der Konsequenz eine höhere selbst erschlossene Transparenz der faktischen und normativen Entscheidungsgrundlagen bedeuten.

4.4.2 Relative Bewertungsskalen als Hilfsmittel im Bewertungsprozess

Nach der Sichtung des vorliegenden Informationsmaterials zum Thema Gen-Soja muss die Gesamtbewertung erfolgen, um abschließend zu einer Entscheidung zu gelangen. Hierzu wird, wie oben erläutert (siehe auch: Meisert & Böttcher, 2010, in diesem Band), eine relative Bewertungsskala im Sinne eines Punktebewertungssystems verwendet. Die SuS können somit ein festes Kontingent von Punkten (z. B. jeweils 10) den einzelnen Argumenten zuordnen. Diese Vorgehensweise verlangt von den SuS Überlegungen hinsichtlich der Gewichtung der vorliegenden Argumente und ihrer Strukturierung, sie ist jedoch bezogen auf den komplexen Sachverhalt angemessen reduktionistisch, um die Entscheidbarkeit im vorliegenden Konfliktfall und die Entscheidungsfähigkeit der SuS zu ermöglichen.

4.4.3 Transparenz der Bewertungsstrategie

Ein wesentliches Ziel bei der Vermittlung von Bewertungskompetenz ist die Möglichkeit für SuS, die jeweiligen Vorgehensweisen in ihrer Struktur und Funktion nachvollziehen zu können [25]. Dies bedeutet auch, dass die Rolle der jeweiligen Vorgaben zur Unterstützung der Strategieentwicklung ver-

standen wird. Zum einen können sich SuS nur so kritisch mit der jeweiligen Vorgehensweise auseinandersetzen und diese ggf. selbst erweitern und ergänzen. Zum anderen werden sie ansatzweise befähigt, die Ergebnisse ihres Bewertungsprozesses vor dem Hintergrund ihrer Vorgehensweise kritisch zu reflektieren und zu hinterfragen.

Bei der Anwendung von Bewertungsstrategien spielt außerdem das Verhältnis von Güte und Aufwand dieser Strategie eine Rolle. Nur wenn SuS einsehen können, dass der Aufwand für eine Strategie durch ihre Qualität gerechtfertigt ist, kann auch ein Transfer auf andere Kontexte bzw. überhaupt erst eine Motivation zur Strategieentwicklung und -anwendung entstehen [26].

4.4.4 Schwerpunktsetzungen

Die vorliegenden Unterrichtsmaterialien vermitteln den SuS einen differenzierten Einblick in das komplexe Problemfeld Gen-Soja-Anbau. Durch die Auseinandersetzung mit den Interessendimensionen und den Ergebnissen wissenschaftlicher Studien erfolgt eine Verknüpfung der normativen und der faktischen Ebene im Bewertungsprozess. Durch die Vertiefung anhand unterschiedlicher Forschungsergebnisse zur gesundheitlichen Unbedenklichkeit des gv-Soja-Konsums oder zur Resistenzentwicklung bei Wildkräutern wird die Funktion der Biowissenschaften, erforderliche Daten zu generieren und zu überprüfen, deutlich. Durch die weiterführende Auseinandersetzung mit themenspezifischen Argumenten wird jedoch auch offensichtlich, dass die Interpretation dieser Daten und der Umgang mit ihnen vom jeweiligen Interessenstandpunkt abhängt. Optional könnte an dieser Stelle ergänzend eine Analyse von Argumentstrukturen erfolgen (siehe Meisert & Böttcher, 2010, in diesem Band). Die spezifische Sichtweise des Nachhaltigkeitskonzeptes wie auch die Beachtung einer globalen Perspektive helfen bei der vertieften und strukturierten Wahrnehmung des Entscheidungskontextes und bei der Entscheidungsfindung.

4.4.5 Stundenverlauf

| Unterrichtsschritt | Medien |
|---|--|
| 1. Problemfeld Gen-Soja (ca. 45-90 Min.) | |
| <p>Einstieg: Proteste gegen und Werbung für Gen-Soja diskutieren, ggf. die Situation in den Exportländern einbeziehen/Fragensammlung</p> <p>1. Erarbeitung: Die Entwicklung herbizidtoleranter Sojapflanzen</p> <p>2. Erarbeitung: Argumente zum Thema „Anbau von Gen-Soja“ sichten, diskutieren und gruppieren</p> <p>Vertiefung: Überlegungen zum weiteren Vorgehen (Notwendigkeit der weiteren Faktenklärung zur Überprüfung der Argumente als nächsten Schritt einer Entscheidungsfindung ableiten)</p> | <p>Internet-Fotos</p> <p>AB 1 (ggf. Internetrecherche); AB 2</p> |
| 2. Zur Frage der Unbedenklichkeit des Gensoja-Verzehrs für die menschliche Gesundheit (ca. 45 Min.) | |
| <p>Einstieg: Rückbezug auf Ausgangsfragen; Möglichkeit wissenschaftlichen Klärung diskutieren</p> <p>Erarbeitung: Erkenntnisse zur Gesundheitsgefährdung erarbeiten; Studienergebnisse vergleichen und Konsequenzen diskutieren</p> <p>Vertiefung: „Alltagsverständnis“ wissenschaftlicher Studien kommentieren; die Begriffe „Vorläufigkeit“ und „Unsicherheit“ wiss. Erkenntnis diskutieren</p> | <p>AB 3</p> <p>AB 3</p> |
| 3. Zur Frage der Resistenzbildung bei Wildkräutern gegenüber Glyphosat (ca. 45 Min.) | |
| <p>Einstieg: Rückbezug auf die Ausgangsfragen, Aspekt der langfristigen Einsetzbarkeit von Glyphosat als verbreitete Kritik, Differenzierung notwendig</p> <p>Erarbeitung: Veränderung der benötigten Herbizidmengen bei gv- und konventionellen Pflanzen (Soja und Mais) im Vergleich</p> <p>Vertiefung: Mögliche Reaktion zur Vermeidung von Resistenzbildungen bei Wildkräutern</p> | <p>AB 4</p> <p>AB 4</p> |
| 4. Entwicklung u. Umsetzung einer Bewertungsstrategie (ca. 45-90 Min.) | |
| <p>Einstieg: Neuorganisation der Argumente aus den ersten Stunden und den Vertiefungsphasen in Nachhaltigkeitsdimensionen</p> <p>1. Erarbeitung: Entwicklung einer Bewertungs- bzw. Gewichtungstrategie</p> <p>1. Vertiefung: Präsentation und Diskussion unterschiedlicher Ansätze</p> <p>2. Erarbeitung: Umsetzung einer individuellen und einer Gruppenbewertung</p> <p>2. Vertiefung: Rekonstruktion des Entscheidungsprozesses und kritische Diskussion; Überprüfung aus der Perspektive „Nachhaltiger Entwicklung“</p> | <p>AB 5 / Pinnwand</p> <p>AB 5</p> |
| 5. Die globale Perspektive: die ökologischen, ökonomischen und sozialen Folgen des Gen-Soja-Anbaus für die Exportländer (ca. 45 Min.) | |
| <p>Einstieg: ggf. Rückbezug auf die Ausgangsfragen; der Anbau von Gen-Soja in den Exportländern am Beispiel Argentinien</p> <p>Erarbeitung: Erarbeitung des Verhältnisses zwischen lokaler und globaler Ebene</p> <p>Vertiefung: Rückbezug auf die in der Vorstunde erfolgte Bewertung; Konsequenzen der globalen Perspektive für die Bewertung diskutieren</p> | <p>AB 6</p> |

Soja und Sojaanbau

Soja ist die wichtigste Ölpflanze weltweit. Mehr als die Hälfte des global produzierten Pflanzenöls stammt aus der Sojabohne. Schätzungen zufolge sind Sojarahstoffe an 20.000-30.000 Lebensmittelprodukten beteiligt. Sie werden beispielsweise zur Herstellung von Tofu oder Milchersatzprodukten wie Sojadrinks verwendet, in Proteinform als Grundlage für Fertigprodukte wie Saucen oder Suppen eingesetzt oder in Form von Sojaschrot an Tiere verfüttert. In Europa spielt der Anbau von Soja aus klimatischen Gründen jedoch kaum eine Rolle. Hauptanbauländer in der Welt sind die USA (38%), Brasilien (25%) und Argentinien (19%). Die EU importiert jährlich etwa 15 Millionen Tonnen Sojabohnen und über 20 Millionen Tonnen Sojaschrot.

Chemische Unkrautvernichtung

Ein Problem beim Anbau von Soja sind unerwünschte Wildkräuter, die auf den Feldern wachsen und dem Boden in Konkurrenz zu den Sojapflanzen Nährstoffe entziehen. In der konventionellen Landwirtschaft wird diesem Problem mit so genannten selektiven Herbiziden begegnet, die jedoch nur gegen ganz bestimmte Wildkräuter wirksam sind. Für den Anbau jeder Kulturpflanze, also auch der Sojabohne, muss somit eine geeignete Kombination von mehreren Herbiziden gefunden werden.

Herbizidresistenz durch gentechnische Veränderung der Sojapflanze

Um die Anwendung geeigneter Herbizide zu vereinfachen, entwickelten Wissenschaftler ein neues Prinzip: Sie suchten zum einen nach einem Breitband-Wirkstoff, der gegen alle unerwünschten Wildkräuter einsetzbar ist. Zum anderen nahmen sie eine gentechnische Veränderung der Sojabohne vor, um sie tolerant gegenüber diesem „Rundum“-Herbizid zu machen. Eines der beiden weit verbreiteten Systeme aus tolerantem Soja und Breitband-Herbizid nennt sich Roundup Ready. Hierbei wird der Wirkstoff Glyphosat gegen Wildkräuter eingesetzt, die Toleranz der Sojabohne kommt durch Übertragung eines Gens des Bakteriums *Agrobacterium tumefaciens* in die Sojapflanze zustande.

Ursache der Glyphosat-Toleranz

Glyphosat hemmt normalerweise ein wichtiges Enzym, das für den Stoffwechsel der meisten Pflanzen notwendig ist, dadurch stirbt die Pflanze nach einigen Tagen ab. Durch das übertragene Gen produziert die Sojapflanze nun die Bakterienvariante des betroffenen Enzyms, das jedoch resistent gegen Glyphosat ist. Die gv-(gentechnisch veränderte) Sojabohne kann eine solche Herbizidbehandlung nun tolerieren.

Aufgabe: Entwirf eine Conceptmap zum Thema „gv-Soja“ in der u. a. die Begriffe „gv-Soja“, Wildkräuter, Herbizidresistenz, *Agrobacterium tumefaciens* und genetische Transformation vorkommen!

Äußerungen nach Interessendimensionen ordnen

In der Diskussion über die Vor- und Nachteile des Anbaus gentechnisch veränderter Pflanzen werden häufig vielfältige Argumente genannt, die Ausdruck der Interessen und Positionen der verschiedenen Personen oder Personengruppen sind. Unabhängig davon, ob man eine Pro- oder Contra-Seite vertritt, können völlig verschiedene Interessen hinter den Haltungen der Beteiligten stecken. Um die zentralen Argumente in einer Diskussion nachvollziehen und auch selbst mitreden zu können, ist es wichtig, sich mit den dahinter stehenden Interessendimensionen zu beschäftigen. Dies vermittelt einen wichtigen Einblick in die Vielseitigkeit der Thematik.

Aufgabe: Ordne die nachfolgend aufgeführten Äußerungen in Gruppen. Finde Namen für die Interessendimensionen!

Glyphosat ist im Vergleich mit anderen Herbiziden umweltfreundlicher; es ist biologisch abbaubar und für Menschen weniger toxisch.

Die Kosten für gv-Saatgut sind höher als für konventionelles. Landwirte werden von Großunternehmen abhängig, die Saatgut und passendes Herbizid gemeinsam anbieten.

Der Anbau von herbizidtoleranten Sojapflanzen senkt für Landwirte die Kosten für Spritzmittel. Außerdem kommt es zu kürzeren Arbeitszeiten.

Da viele Konsumenten den Verzehr von gv-Soja ablehnen, ist der Export herkömmlicher Soja z. B. nach Europa ein zukunftsfähiges Geschäft.

Glyphosat-toleranter Soja führt bei Problemen mit der Unkrautbekämpfung zu Ertragssteigerungen, da nur Wildkräuter durch Glyphosat geschädigt werden.

Die Folgen des Verzehrs von gv-Soja für die Gesundheit des Menschen sind nicht vorhersagbar.

Menschen in aller Welt konsumieren seit Jahren gv-Soja und es sind bisher keine negativen Auswirkungen bekannt.

Herbizidresistente Sojapflanzen schonen den Boden: es gelangen weniger Spritzmittel in das Erdreich. Traktoren befahren Felder seltener, was den Boden nicht so stark verdichtet.

Langfristig könnten die Wildkräuter auch gegen Glyphosat resistent werden, so dass die Ernteträge erneut sinken.

Untersuchungen zu den gesundheitlichen Auswirkungen des Konsums von gentechnisch veränderter Soja

Eine der wichtigsten Fragen im Zusammenhang mit dem Anbau, Handel und Verzehr von gentechnisch veränderten Pflanzen ist sicherlich die der gesundheitlichen Verträglichkeit. Um zu untersuchen, welche Folgen der Verzehr glyphosat-toleranter Soja auf die Gesundheit hat, wurden einige Studien an Mäusen vorgenommen, die aufgrund ihrer Säugetier-Physiologie eine große Ähnlichkeit zum Menschen aufweisen. Nachfolgend einige Beispiele:

Studie 1: Zur Verträglichkeit von glyphosat-toleranter Soja bei Mäusen

Im Jahr 2002 untersuchten Denise Brake und Donald Evenson von der Abteilung Chemie und Biochemie der Universität von Süd-Dakota (USA) die gesundheitlichen Auswirkungen der Verfütterung von glyphosat-toleranter Soja an Mäuse. Weibliche Mäuse wurden während der Schwangerschaft und der Laktation mit gv-Soja gefüttert sowie deren Jungen nach der Geburt. Nach jeweils 8, 16, 26, 32, 63 und 87 Tagen wurden einzelne Individuen auf gesundheitliche Auswirkungen hin untersucht. Eine entsprechende Kontrollgruppe wurde über den gleichen Zeitraum mit konventioneller Soja gefüttert und ebenfalls untersucht.

Brake und Evenson konnten am Ende des Experimentes keine Auswirkungen der gv-Soja-Fütterung feststellen. Glyphosat-tolerante Soja hat in ihrer Studie keinen Effekt auf den Stoffwechsel, das Zellwachstum, das Größenwachstum oder das Gewicht der untersuchten Tiere. Die Mehrzahl ähnlicher Studien hat zu den gleichen Ergebnissen geführt.

Studie 2: Zur Verträglichkeit von glyphosat-toleranter Soja bei Mäusen

Manuela Malatesta vom histologischen Institut der Universität von Urbino, Italien, untersuchte 2002 zusammen mit einigen Kollegen Mäuse, die Futter mit glyphosat-toleranter Soja erhielten und verglich sie mit solchen, die normales Futter bekamen. Sie konzentrierte sich dabei auf immunologische und strukturelle Untersuchungen von Leberzellen, da diese an zahlreichen Stoffwechselprozessen der Nahrungsverarbeitung beteiligt sind. Malatesta fand in den Zellen von mit gv-Soja gefütterten Mäusen unregelmäßig geformte Zellkerne. Außerdem war die Anzahl der Zellkernporen erhöht, was ebenfalls auf eine höhere Stoffwechselrate und einen verstärkten Molekültransport schließen lässt. Denkbar ist, dass das Einbringen der für die Herbizid-Toleranz verantwortlichen Gensequenz sekundäre Effekte mit sich bringt und z. B. weitere Proteine im Stoffwechselprozess entstehen.

Aufgabe 1: Vergleiche die Ergebnisse der beiden Studien zu den gesundheitlichen Auswirkungen des Konsums glyphosat-toleranter Soja!

- a.) Überlege, wie es dazu kommt, dass zur Frage der Verträglichkeit von gv-Soja von verschiedenen wissenschaftlichen Studien unterschiedliche Antworten geliefert werden!
- b.) Welches weitere wissenschaftliche Vorgehen schlägst du vor?

„Viele Studien zeigen, dass gv-Soja keine gesundheitsschädigende Wirkung hat. Außerdem essen Millionen Menschen auf der ganzen Welt seit Jahren gentechnisch veränderte Soja und bisher gibt es noch kein Zeichen dafür, dass Gesundheitsschäden aufgetaucht sind. 100%ige Sicherheit gibt es aber nie, auch nicht bei anderen Themen.“

Aufgabe 2: Schreibe vor dem Hintergrund der obigen Information (Studie 1 und 2) einen kurzen Kommentar zu dieser Stellungnahme!

Der Aspekt der Resistenzbildung bei Wildkräutern

Mat. 1: Glyphosat-tolerante Soja wurde entwickelt, um den Landwirten die Bekämpfung unerwünschter Wildkräuter zu erleichtern. Zeit und Geld soll eingespart werden, da Glyphosat als Breitband-Herbizid gegen alle unerwünschten Wildkräuter wirkt. Umweltschutzorganisationen gehen nun häufig davon aus, dass durch zunehmende Resistenzen bei Wildkräutern künftig mehr Glyphosat [27] kombiniert mit anderen Herbiziden zur Unkrautbekämpfung bei entsprechenden gv-Pflanzen verwendet werden müsse. Nachfolgend ist der Verbrauch der Herbizidmenge jeweils für gv- und konventionelle Soja bzw. Mais in den U.S.A. in den letzten Jahren aufgeführt [28].

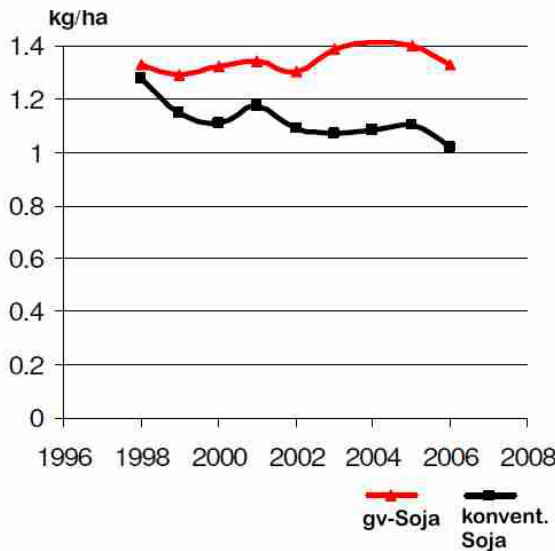


Abb. 1: Vergleich des Gesamtverbrauchs an Herbizid (in kg/ha) bei glyphosat-resistenter und konventioneller Soja

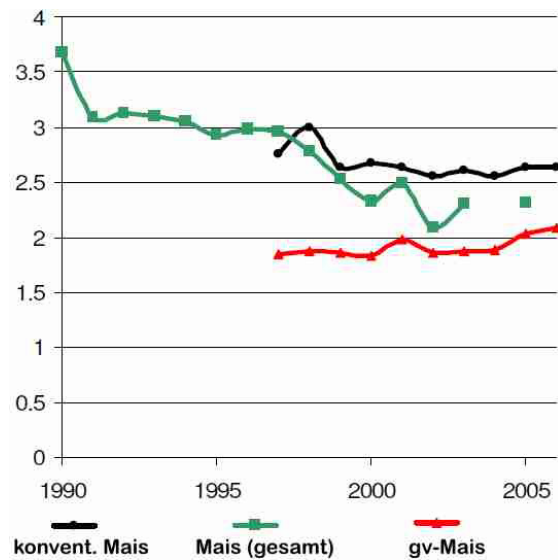


Abb. 2: Vergleich des Gesamtverbrauchs an Herbizid (in kg/ha) bei gv- und konventionellem Mais

Aufgabe 1: Welche Unterschiede beim Herbizid-Verbrauch werden beim Vergleich der beiden Diagramme deutlich? Werte diese hinsichtlich der Kritik der Umweltverbände aus! Welche Erkenntnisse ergeben sich jeweils für den Herbizideinsatz bei gv- Soja und gv-Mais?

Mat. 2: In den letzten Jahren hat sich gezeigt, dass die Verwendung eines einzigen Herbizides (Glyphosat) zu vermehrten Toleranzen auch bei Wildkräutern führt. Beispiele sind in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt:

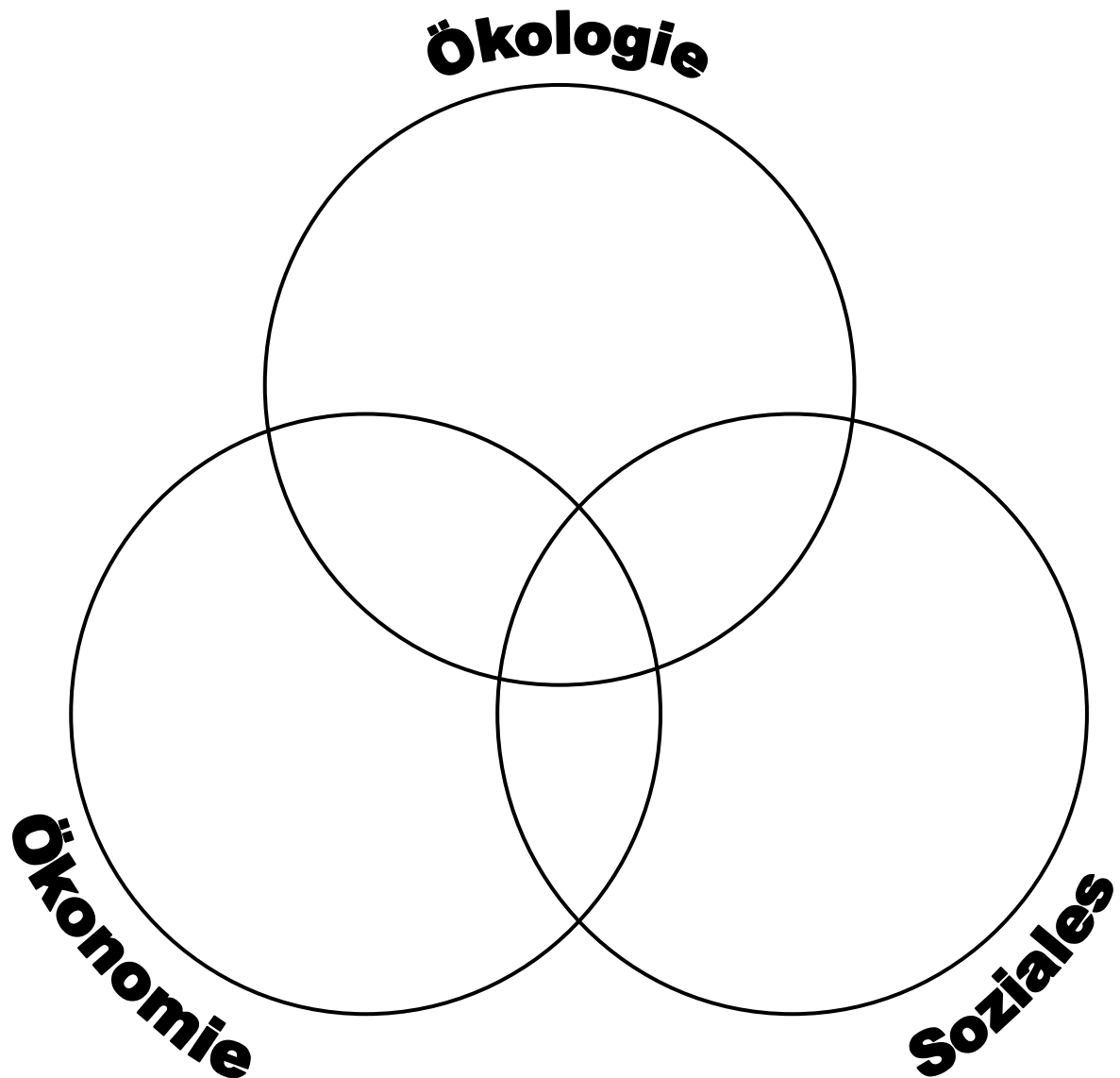
| Beispiele glyphosat-resistenter Wildpflanzen | |
|---|---|
| Wildkräuter | Vorkommen |
| Katzenschweif (<i>Conyza canadensis</i>) | In den USA auf vielen Äckern verbreitet |
| Amaranth (z. B. <i>Amaranthus rudis</i>) | Missouri, Illinois, Kansas, Minnesota |
| Dreilappige Ambrosie (<i>Ambrosia trifida</i>) | Ohio, Indiana, Kansas, Minnesota, Tennessee |

Einer der größten Produzenten von gv-Soja gibt seinen Kunden nun den Ratschlag, zusätzlich zu Glyphosat andere chemischen Herbizide zu verwenden bzw. mit Glyphosat zu kombinieren.

Aufgabe 2: Erläutere, inwiefern der aufgeführte Ratschlag eine wirkungsvolle Maßnahme zur Vermeidung einer Resistenzbildung bei Wildkräutern darstellt!

Aufgabe 1:

Um eine nachhaltige Entwicklung zu erreichen, müssen bei gesellschaftlichen Entscheidungen ökonomische, ökologische und soziale Interessen gleichermaßen angemessen berücksichtigt werden. Ordne die Argumente zum Thema „herbizidtolerante Soja“ diesen Interessensdimensionen zu!

**Aufgabe 2:**

Diskutiere Möglichkeiten der Entscheidungsfindung auf der Grundlage der oben zusammengestellten Argumente!

Die globale Perspektive des Anbaus gentechnisch veränderter Nahrungsmittel am Beispiel Soja

Neben den gesundheitlichen Konsequenzen des gv-Soja-Konsums gibt es andere Faktoren, die den Endverbraucher nur indirekt betreffen, die jedoch für ein vertieftes Verständnis der Problematik wichtig sind. Hierzu gehören beim Thema der gentechnisch veränderten Sojapflanze auch die ökologischen, sozialen und wirtschaftlichen Auswirkungen ihres Anbaus. Dies soll am Beispiel Argentiniens näher beleuchtet werden.

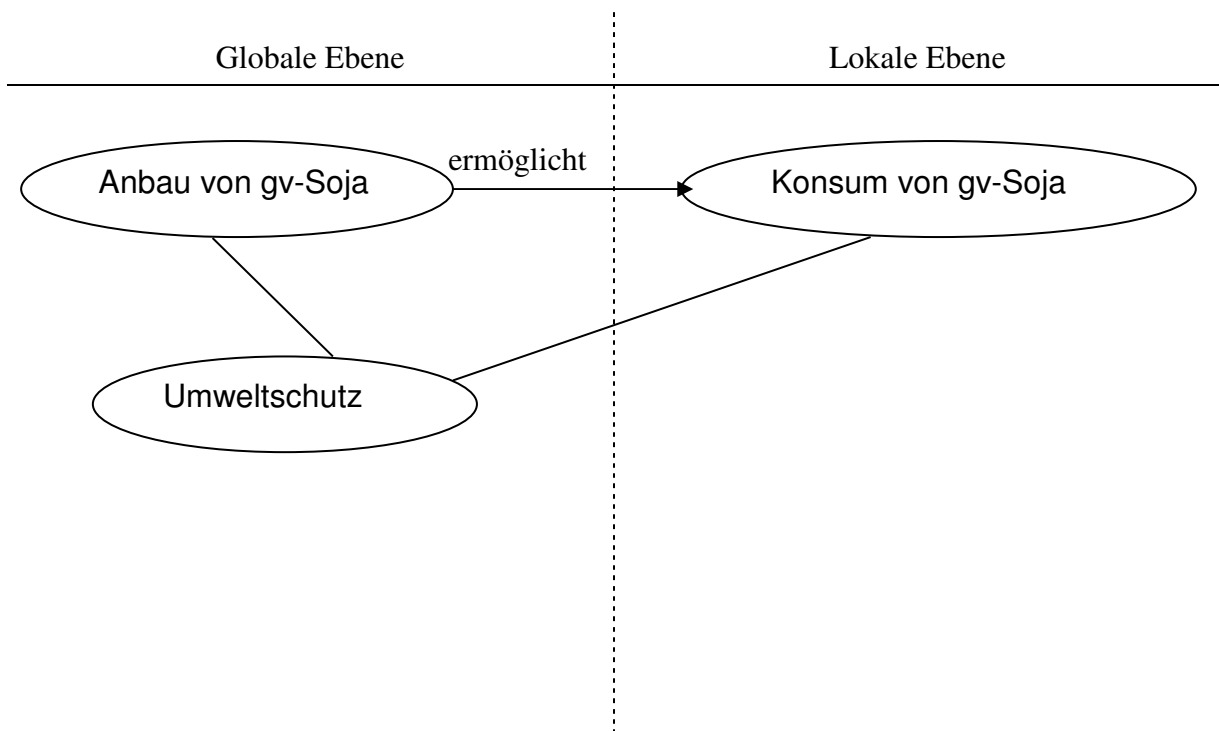
Aufgabe 1:

Im Auszug des Zeitungsartikels aus „Die Zeit“ von 2007 (Mat.1) werden verschiedene Folgen des Anbaus von gv-Soja für das Anbauland Argentinien genannt.

Ergänze auf Grundlage des Textes das nachfolgende Begriffsnetz (Conceptmap) zum Thema „Der Anbau von Gen-Soja – lokal und global denken!“ Nutze ggf. ein neues Blatt!

- Ordne hierzu die unten aufgeführten Begriffe der lokalen, der globalen oder beiden Seiten zu!
- Zeichne alle Verbindungen zwischen Begriffen ein, die deiner Ansicht nach existieren und beschrifte sie (Wie genau wirkt beispielsweise die eine auf die andere Seite ein?).

Begriffe: Anbau von gv-Soja, Konsum von gv-Soja, Profit, Wahlfreiheit, Wirtschaftswachstum, Gesundheit, Umweltschutz, Artenvielfalt, Nachfrage, Lebensqualität, Handel, Gleichberechtigung



Aufgabe 2: Überlege auf Grundlage des Begriffsnetzes, welche Aspekte spezifisch mit dem Thema gv-Soja verbunden sind und welche hingegen auch für konventionellen Soja-Anbau gelten und markiere dies entsprechend!

Aufgabe 3: Überdenke vor dem Hintergrund der neuen Informationen nochmals deine Bewertung zum Anbau von gv-Soja! Überlege, ob neue Aspekte hinzugekommen sind, die deine Bewertung beeinflussen würden!

Material 1: Artikel aus der „Zeit“ vom 19.04.2007 zum Anbau von gv-Soja in Argentinien (Auszug)

Aus Gründen des Urheberrechts musste der Artikel von Christian Thiele in dieser Word-Version aus dem Beitrag entfernt werden. Sie finden ihn unter

<http://www.zeit.de/2007/17/Soja-Argentinien>.

Material 2

ggf. als ergänzende Handreichung

| Stichwort | aktueller Kenntnisstand |
|---------------------------------------|---|
| Produktivität | <ul style="list-style-type: none">• vereinzelte Ertragserhöhungen• sinkende Betriebskosten, durch weniger Herbizide, wenn keine Resistenzen auftreten• erheblich erleichterte und bodenschonendere Anbauweise |
| Produktqualität | <ul style="list-style-type: none">• Anzahl und Menge alternativer Herbizide sinkt• Glyphosat-Herbizid gilt als umweltverträglich und nicht-toxisch für den Menschen |
| Nicht-Ziel-Merkmale | <ul style="list-style-type: none">• etwas höherer Verholzungsgrad• keine Veränderung der Nährwertqualität |
| Auskreuzungsgefahr | <ul style="list-style-type: none">• Auskreuzungsgefahr, wenn gv-Soja und konventioneller Soja ohne ausreichende Distanz angebaut werden |
| Resistenzbildung | <ul style="list-style-type: none">• Der vermehrte Einsatz von Glyphosat führt zur Bildung von resistenten Unkräutern, weshalb dann z. B. die Glyphosat-Menge gesteigert werden muss |
| Gesundheitliche Gefahren | <ul style="list-style-type: none">• Maus-Experimente zeigen aktuell insgesamt keine wesentlichen Effekte bei gv-Soja-haltiger Nahrung |
| Gefahren für Nicht-Ziel-Populationen | <ul style="list-style-type: none">• Es besteht die Vermutung, dass Glyphosat (bzw. Bestandteile) sich negativ auf Amphibien auswirken |
| Konkurrenzfähigkeit auf dem Weltmarkt | <ul style="list-style-type: none">• Der Handel mit Soja hat u. a. in Lateinamerika zu einem immensen Wirtschaftswachstum und einer stärkeren Industrialisierung der Landwirtschaft geführt• Die zukünftige Entwicklung hängt auch von der Nachfrage nach gv-Soja oder explizit konventionellem Soja ab |

4.5 Literaturangaben

- [1] http://www.transgen.de/anbau/eu_international/180.doku.html (Stand 7.10.2009)
- [2] <http://www.transgen.de/zulassung/gvo/80.doku.html> (Stand 7.10.2009)
- [3] <http://www.transgen.de/zulassung/gvo/8.doku.html> (Stand 7.10.2008)
- [4] http://www.transgen.de/lebensmittel/soja_mais/186.doku.html (Stand 7.10.2008)
- [5] http://www.transgen.de/lebensmittel/soja_mais/181.doku.html (Stand 7.10.2008)
- [6] http://www.transgen.de/lebensmittel/soja_mais/185.doku.html (Stand 7.10.2008)
- [7] Nair, R. S. et al. (2002). Current Methods for Assessing Safety of Genetically Modified Crops as Exemplified by Data on Roundup Ready Soybeans. *Toxicologic Pathology*, 30(1), 117-125.
- [8] Teshima et al. (2000). Effects of GM and Non GM soybeans on the Immune System of BN rats and B10A mice. *Journal of the Food Hygienic Society of Japan*, 41(3), 188-193.
- [9] Zhu, Y. et al. (2004). Nutritional assessment and fate of dna of soybean meal from roundup ready or conventional soybeans using rats. *Archives of Animal Nutrition*, 58 (4), 295-310.
- [10] Brake D. & Evenson, D. (2002). A generational study of glyphosate-tolerant soybeans on mouse fetal, postnatal, pubertal and adult testicular development. *Food and Chemical Toxicology*, 42, 29-36.
- [11] Malatesta et al. (2002). Ultrastructural Morphometrical and Immunocytochemical Analyses of Hepatocyte Nuclei from Mice Fed on Genetically Modified Soybean. *Cell Structure and Function*, 27(4), 173-180.
- [12] Pryme, I. & Lembcke, R. (2003). In Vivo Studies on Possible Health Consequences of Genetically Modified Food and Feed - with Particular Regard to Ingredients Consisting of Genetically Modified Plant Materials. *Nutrition and Health*, 17, 1-8.
- [13] <http://www.weedscience.org/in.asp> (Stand: 7.10.2009)
- [14] Daniels, R. et al. (2005). The Potential for Dispersal of Herbicide Tolerance Genes from Genetically-Modified, Herbicide-Tolerant Oilseed Rape Crops to Wild Relatives. Final report to DEFRA, http://randd.defra.gov.uk/Document.aspx?Document=CB02006_2730_FRP.pdf (Stand 7.10.2009).
- [15] <http://www.weedtool.com/pdfs/BestPractices.pdf> (Stand: 7.10.2009)
- [16] Syngenta, Glyphosate-Resistant Weeds, Will They Decrease Land Value? http://www.gentechnologie.ch/pdfs/studie_unkraut.pdf (Stand 7.10.2009)
- [17] Benbrook, C. M. (2005). Rust, Resistance, Run Down Soils, and Rising Costs – Problems Facing Soybean Producers in Argentina. *Ag BioTech InfoNet*. Technical Paper Number 8: p.1-51.
- [18] Andrioli, A. I. (2007). Biosoja versus Gensoja - Eine Studie über Technik und Familienlandwirtschaft im nordwestlichen Grenzgebiet des Bundeslandes Rio Grande do Sul (Brasilien). Frankfurt am Main: Peter Lang.
- [19] Rost, J. (2002). Umweltbildung – Bildung für eine nachhaltige Entwicklung: Was macht den Unterschied? *Zeitschrift für internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik*, ZEP, 25(1), 7-12.
- [20] Abschlussbericht der Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt -- Ziele und Rahmenbedingungen einer nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung“, Deutscher Bundestag: Drucksache 13/11200 vom 26.06.1998 Quelle: <http://dip.bundestag.de/btd/13/112/1311200.asc> (Stand 07.10.2009)
- [21] Nagel, U. & Affolter, C. (2004). Umweltbildung und Bildung für eine nachhaltige Entwicklung – Von der Wissensvermittlung zur Kompetenzförderung. In: *Beiträge zur Lehrerbildung*, 22(1), 95-105.
- [22] Trisch, O. (2005). *Globales Lernen. Chancen und Grenzen ausgewählter Konzepte*. Oldenburg: BIS-Verlag.
- [23] <http://www.ecosystemvaluation.org/> (Stand 7.10.2009)
- [24] Schneider, J. (2001). *Die ökonomische Bewertung von Umweltprojekten. Zur Kritik an einer umfassenden Umweltbewertung mit Hilfe der Kontingenten Evaluierungsmethode*. Heidelberg: Physica-Verlag
- [25] Meisert, A. (2004) Bioethik. In: Spoerhase-Eichmann, U., Ruppert, W. (Hg.) *Biologiedidaktik*. Berlin: Cornelsen Skriptor, 226-236.

- [26] Payne, J. et al. (1993) *The Adaptive Decision Maker*. Cambridge: University Press, 70ff.
- [27] Hissting, A. (2004). Fakten und Hintergründe zur Gentech-Soja. Quelle: http://www.greenpeace.de/fileadmin/gpd/user_upload/themen/gentechnik/greenpeace_fakten_gensoja.pdf, (Stand: 7.10.2009).
- [28] Bonny, S. (2008). Les cultures transgéniques tolérantes à un herbicide permettent-elles de réduire l'usage des pesticides? Le cas du soja et du maïs aux Etats-Unis. *Innovations Agronomiques*, 3, 193-212.

4.6 Zu erwerbende Kompetenzen

Kompetenzbereich **Fachwissen**

| Bildungsstandards | Kompetenzen am Ende der Qualifikationsphase der gymnasialen Oberstufe | Teil-Kompetenzen in dieser Unterrichtseinheit |
|---|---|---|
| Die Schülerinnen und Schüler ... | | |
| <ul style="list-style-type: none"> kennen und verstehen die grundlegenden Kriterien von nachhaltiger Entwicklung. (F 1.8) | | <ul style="list-style-type: none"> setzen sich anhand des Fallbeispiels gv-Soja mit den Kriterien nachhaltiger Entwicklung auseinander. reflektieren die Folgen des gv-Soja-Anbaus auf verschiedenen Ebenen (konventionelle Landwirtschaft, lokale und globale Konsequenzen). |
| <ul style="list-style-type: none"> kennen und erörtern Eingriffe des Menschen in die Natur und Kriterien für solche Entscheidungen. (F3.8) | | <ul style="list-style-type: none"> erörtern die Ursachen des Anbaus von gv-Soja in Argentinien und die Folgen für die Umwelt und die lokale Bevölkerung. |

11

Kompetenzbereich **Erkenntnisgewinnung**

| Bildungsstandards | Kompetenzen am Ende der Qualifikationsphase der gymnasialen Oberstufe | Teil-Kompetenzen in dieser Unterrichtseinheit |
|--|--|--|
| Die Schülerinnen und Schüler ... | | |
| <ul style="list-style-type: none"> erörtern Tragweite und Grenzen von Untersuchungsanlage, -schritten und -ergebnissen. (E 8) | <ul style="list-style-type: none"> diskutieren Fehlerquellen bei Experimenten (fehlender Kontrollansatz). (EG 2.2) erklären die Vorläufigkeit der Erkenntnisse mit Begrenztheit der Methoden. (EG 4.3) beschreiben, analysieren und deuten Abbildungen, Tabellen, Diagramme sowie grafische Darstellungen unter Beachtung der untersuchten Größen und Einheiten. (EG 4.5) | <ul style="list-style-type: none"> erörtern abweichende Ergebnisse wissenschaftlicher Studien zum Thema der gesundheitlichen Unverträglichkeit von gv-Soja vor dem Hintergrund allgemeiner Merkmale wissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung und der Möglichkeiten des Umgangs mit ihnen. beschreiben, analysieren und deuten Diagramme zum Herbizideinsatz bei gv- und konventionellen Pflanzen und differenzieren bei der Interpretation von Resistenzentwicklungen fallbezogen. |

Kompetenzbereich **Kommunikation**

| Bildungsstandards | Kompetenzen am Ende der Qualifikationsphase der gymnasialen Oberstufe | Teil-Kompetenzen in dieser Unterrichtseinheit |
|---|--|--|
| Die Schülerinnen und Schüler ... | | |
| <ul style="list-style-type: none"> werten Informationen zu biologischen Fragestellungen aus verschiedenen Quellen zielgerichtet aus und verarbeiten diese auch mit Hilfe verschiedener Techniken und Methoden adressaten- und situationsgerecht. (K 4) | <ul style="list-style-type: none"> beschreiben und erklären biologische Sachverhalte unter Verwendung geeigneter Fachbegriffe. (KK 1) | <ul style="list-style-type: none"> werten Informationen aus Sachtexten, Zeitungsartikeln, Tabellen und Diagrammen aus. |
| | <ul style="list-style-type: none"> veranschaulichen biologische Sachverhalte adressatenbezogen und zielorientiert auf angemessene Art und Weise: Text, Tabelle, Diagramm, Schema, Skizze, Zeichnung, Conceptmap. (KK 7) | <ul style="list-style-type: none"> werten einen Sachtext zum Thema gv-Soja in Form einer Conceptmap aus. ordnen Informationen zum Thema gv-Soja in einer Skizze verschiedenen Nachhaltigkeitsdimensionen zu. |
| | <ul style="list-style-type: none"> argumentieren mithilfe biologischer Evidenzen, um Hypothesen zu testen und Fragen zu beantworten. (KK 5) | <ul style="list-style-type: none"> argumentieren aufgrund von Untersuchungsergebnissen zur Frage der gesundheitlichen Unbedenklichkeit von gv-Soja. argumentieren differenziert zur Frage der möglichen Glyphosatresistenz von Wildkräutern. |
| | <ul style="list-style-type: none"> diskutieren komplexe biologische Fragestellungen, deren Lösungen strittig sind. (KK 8) | <ul style="list-style-type: none"> diskutieren das Für und Wider des gv-Soja-Anbaus als bioethische Fragestellung. |

Kompetenzbereich **Bewertung**

| Bildungsstandards | Kompetenzen am Ende der Qualifikationsphase der gymnasialen Oberstufe | Teil-Kompetenzen in dieser Unterrichtseinheit |
|--|--|---|
| Die Schülerinnen und Schüler ... | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben und beurteilen Erkenntnisse und Methoden in ausgewählten aktuellen Bezügen wie zu Medizin, Biotechnik und Gentechnik, und zwar unter Berücksichtigung gesellschaftlich verhandelbarer Werte. (B 3) | <ul style="list-style-type: none"> • erörtern Chancen und Risiken transgener Organismen aus der Sicht unterschiedlicher Interessengruppen. (BW 5) | <ul style="list-style-type: none"> • beurteilen und erörtern Vor- und Nachteile des Anbaus gentechnisch veränderter Soja. |
| <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben und beurteilen die Auswirkungen menschlicher Eingriffe in einem Ökosystem. (B 5) • bewerten die Beeinflussung globaler Kreisläufe und Stoffströme unter dem Aspekt der nachhaltigen Entwicklung. (B 6) • erörtern Handlungsoptionen einer umwelt- und naturverträglichen Teilhabe im Sinne der Nachhaltigkeit. (B 7) | <ul style="list-style-type: none"> • bewerten mögliche kurz- und langfristige regionale und/oder globale Folgen eigenen und gesellschaftlichen Handelns. Dazu gehören die Analyse der Sach- und der Werte-ebene der Problemsituation sowie die Entwicklung von Handlungsoptionen. (BW 1) • bewerten Maßnahmen zum Schutz und zur Nutzung der Biodiversität aus verschiedenen Perspektiven (Nachhaltigkeit). (BW 3) | <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben und bewerten die Folgen des Anbaus von gv-Soja auf lokaler und globaler Ebene aus der Perspektive nachhaltiger Entwicklung. • analysieren die faktische und normative Ebene des Themas gv-Soja-Anbau und erörtern angemessene Entscheidungsstrategien und Handlungsoptionen. |

Pommes oder Plastik?!

–

„Amflora“,

die Kartoffel als nachwachsender Rohstoff



Neele Alfs und Prof. Dr. Corinna Hößle
Carl-von-Ossietzky-Universität Oldenburg
Institut für Biologie- und Umweltwissenschaften
AG Biologiedidaktik
Carl-von-Ossietzky-Straße 9-11
26111 Oldenburg

5.1 Einleitung

Die Anwendung der *Grünen Gentechnik* in der Landwirtschaft wird seit mehreren Jahren kontrovers diskutiert. Dabei spielen unterschiedliche Interessen, rechtliche Fragestellungen, ökologische Schadensbetrachtungen, politische Hintergründe und auch moralische Grundhaltungen eine zentrale Rolle bei der Betrachtung und Bewertung der Fakten.

Die erste Generation gentechnisch veränderter Pflanzen wurde vor allem dahingehend verändert, dass Ertragssteigerungen oder -sicherungen möglich wurden („Input-Traits“). Die zweite Generation transgener Pflanzen soll nun nachwachsende Rohstoffe liefern („Output-Traits“). In Europa soll demnächst eine gentechnisch veränderte Kartoffel mit veränderter Stärkezusammensetzung angebaut werden. Die Zulassung der Industriekartoffel „Amflora“ steht bevor, momentan liegt der Antrag auf Zulassung bei der EU-Kommission in Brüssel. Diese Kartoffel soll als nachwachsender Rohstoff eine optimierte Stärkebasis liefern, die für die industrielle Verarbeitung günstiger ist als die der herkömmlichen Kartoffel.

Wie bewerten Schülerinnen und Schüler die Einführung dieser gentechnischen Veränderung der „Amflora“-Kartoffel? Um Schülerinnen und Schülern eine Methode bereitzustellen, die ihnen hilft, ein verantwortungsvolles und reflektiertes Urteil bezüglich neuer Anwendungsfelder der Grünen Gentechnik zu fällen, sollen sie in die „Sechs Schritte moralischer Urteilsfindung“ eingeführt werden.¹ Mit diesem Verfahren soll die Bewertungskompetenz im Biologieunterricht hinsichtlich bioethischer Themen gefördert werden. Im Mittelpunkt des Verfahrens steht die Frage, ob man das, was man heute im Rahmen der *Grünen Gentechnik* erreichen kann, auch erreichen und in der Gesellschaft/der Umwelt anwenden sollte. Um diesen Fragen nachgehen zu können, ist das ethische Bewerten als entscheidende Kompetenz erforderlich. So stellt Bewertungskompetenz einen der vier Kompetenzbereiche dar, die durch die Bildungsstandards aufgestellt wurden. Zunehmende Bewertungskompetenz spiegelt sich in

- der Wertschätzung für eine intakte Natur und eine gesunde Lebensführung,
- dem Verständnis für Entscheidungen im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung,
- der Erschließung neuer Sachverhalte in Anwendungsgebieten der modernen Biologie und
- der Fähigkeit zur Beteiligung am gesellschaftlichen Diskurs

wider.

Alle genannten Ziele lassen sich in den sechs Schritten moralischer Urteilsfindung bei einer Urteilsfindung in Fragen der Grünen Gentechnik wiederfinden. Ebenso werden die Schülerinnen und Schüler in von der KMK genannten Teilkompetenzen gezielt gefördert:

- Fähigkeit zum Perspektivwechsel
- Empathievermögen
- Bewusstwerdung des eigenen Toleranzrahmens und dessen Erweiterung
- In-Beziehung-Setzung von Handlungsmöglichkeiten mit ethischen Werten
- Begründung eines eigenen oder fremden Urteils

¹ Vgl.: Höbtle, C., 2001; Höbtle, C., Bayrhuber, H., 2006: 1-7.

- Vertreten eines eigenen Standpunktes unter Berücksichtigung individueller und gesellschaftlich verhandelbarer Werte¹

Die sechs Schritte moralischer Urteilsfindung eignen sich zur Behandlung von verschiedenen bioethischen Themen im Biologieunterricht², sollen jedoch an dieser Stelle hinsichtlich eines neuen Kontextes, der „Amflora“-Kartoffel, betrachtet werden³. Generell folgt die Methode dem Grundsatz Schülerinnen und Schüler nicht zu bevormunden, sondern sie zu befähigen, eigenständig reflektierte Bewertungen und Entscheidungen treffen zu können.⁴ Es handelt sich dabei um eine Unterrichtsmethode, die auf der Grundlage des konstruktivistischen, kognitionsorientierten Modells zur moralischen Entwicklung von Lawrence Kohlberg beruht. Das Konzept zur moralischen Entwicklung zeigt auf, dass sich moralische Urteilsfähigkeit ganz spezifisch entwickelt und dass diese Entwicklung sich positiv beeinflussen, d. h. stimulieren und verstärken lässt. Ziel ist es dabei, einen zunehmend differenzierten Zugang zur Begründung und zur Tragfähigkeit von Werten, Normen sowie sozialen Ordnungen zu entwickeln.

5.2 Sachinformationen zur „Amflora“- Kartoffel

5.2.1 Allgemeine Informationen



Die Kartoffel (*Solanum tuberosum*) ist bei uns vor allem als Lebensmittel mit einer großartigen Vielfalt bekannt. Es gibt sie weichkochend, festkochend, als Pommes frites, Püree, Gratin und Salat und sie ist im deutschsprachigen Raum unter diversen (Frauen-)Namen bekannt.

Kartoffeln sind Nutzpflanzen, die zu der Familie der Nachtschattengewächse (Solanaceae) gehören. Hierzu zählen auch Tabak, Tomate und Paprika.

Im Alltagssprachgebrauch wird der Begriff „Kartoffel“ für die unterirdischen Knollen verwendet. Die Knolle ist weder eine Frucht noch eine Wurzel, sondern ein unterirdischer Ausläufer und Trieb, in dem die Pflanze Reservestoffe wie z. B. Stärke, Vitamine und Mineralstoffe für das Auskeimen im Frühjahr einlagert. Diese Teile der Kartoffelpflanze sind essbar. Alle Pflanzenteile, die an der Erdoberfläche sind und außerdem die Triebe, die aus den Knollen gebildet werden, enthalten ein giftiges Alkaloid, das Solanin. Solanin ist hitzebeständig, diese Pflanzenteile können also nicht gegessen werden.⁵

Kartoffeln vermehren sich vegetativ über ihre Knollen. Die Bildung der Samen findet in tomatenähnlichen Beeren statt, welche ebenfalls – wie alle grünen Teile der Pflanze – für den Menschen nicht essbar und leicht giftig sind.

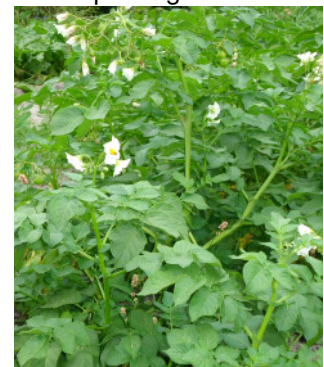


Abb.: 2. Kartoffelpflanze mit Blüte

¹ KMK, 2004: 15.

² Vgl.: Hößle, C., 2003 ; Hößle, C., Bayrhuber, H., 2006: 1-7.

³ Siehe auch: Alfs, N., Hößle, C., 2009.

⁴ Vgl. Hößle C., 2007: 119.

⁵ Vgl.: o.Verf., 1985: 172-173.

5.2.2 Verwendung

Kartoffeln werden weltweit von den gemäßigten Klimaregionen bis in die Subtropen angebaut. 2005 wurden in 157 Ländern insgesamt 322 Millionen Tonnen Kartoffeln geerntet.¹ Die Kartoffel ist damit in vielen Teilen der Welt und auch in Mitteleuropa ein wichtiges Grundnahrungsmittel.

Obwohl man Kartoffeln täglich in vielen unterschiedlichen Formen wie Chips, Pommes, Gratins, Pürees etc. trifft, ist der Verzehr von Kartoffeln in Deutschland rückläufig: Um 1900 wurden von jedem Deutschen 285 kg Kartoffeln im Jahr gegessen, heute sind es nur noch knapp 70 kg und ungefähr die Hälfte davon sind industriell verarbeitete Produkte wie Püree, Pommes frites, Chips und Fertiggerichte.²

In Deutschland wird etwas über die Hälfte der Kartoffelernte direkt oder verarbeitet gegessen, nur ca. fünf Prozent werden an Nutztiere verfüttert und ca. ein Drittel geht an die Stärkeindustrie.³

Neben Weizen und Mais ist die Kartoffel ein wichtiger Stärkelieferant. Sie hat eine höhere Quellkraft und Viskosität als andere Pflanzen und liefert hohe Erträge pro Hektar, außerdem besitzt sie die größten Stärkekörner. Seit den 80er Jahren des letzten Jahrhunderts hat sich die Stärkegewinnung aus Kartoffeln verdreifacht. Stärke ist die Basis für zahlreiche industrielle Anwendungen und findet nicht mehr nur im Lebensmittelbereich Verwendung, sondern vor allem auch im Non-Food-Sektor. Sie wird hauptsächlich in der Papier-, Textil- und Kunststoffindustrie für Produkte wie Baustoffe, Verpackungsmaterialien, Tapetenkleister, Folien, Klebstoffe sowie sogar für Kosmetika und Waschpulver eingesetzt.

In den letzten Jahren hat es enorme Entwicklungen für Produkte auf Stärkebasis gegeben, so können beispielsweise biologisch abbaubarer Biokunststoff, Tragetaschen oder -tüten, die auch als Sammelbeutel für kompostierbare Abfälle verwendet werden können oder aufgeschäumte Verpackungschips auf der Basis von Stärke produziert werden.⁴ Stärke ist als nachwachsender Rohstoff sehr umweltfreundlich, da die Pflanzen, die Stärke produzieren, immer wieder angebaut werden können, wohingegen die Reserven an Erdöl und Kohle nicht unerschöpflich sind.

5.2.3 Stärke und ihre Bestandteile

Biochemisch gesehen ist Stärke ein Polysaccharid, das aus einzelnen Zuckerbausteinen (Glukose) aufgebaut ist. Polysaccharide dienen gewöhnlich der Energiespeicherung oder als Strukturproteine. Pflanzen, so auch die Kartoffel, speichern oft große Stärkemengen in Samen und Speicherorganen wie den Knollen, um sie während der Keimung als Energiequelle nutzen zu können.⁵

In herkömmlichen Kartoffeln besteht Stärke im Wesentlichen aus zwei Komponenten: **Amylose** (lange, kettenförmige Moleküle) und **Amylopektin** (große, stark verzweigte Moleküle). Die Eigenschaften der Stärke hängen davon ab, in welchem Mengenverhältnis die beiden Komponenten

¹ <http://www.transgen.de/datenbank/pflanzen/44.kartoffel.html> [letzter Aufruf: 24.06.2008]

² Ebd.

³ Ebd.

⁴ Vgl. : <http://www.biosicherheit.de/de/kartoffel/staerke/30.doku.html> [letzter Aufruf: 20.06.2008]

⁵ Vgl.: Nabors, M. W., 2007: 180.

vorhanden sind. In der Regel liegt der Gehalt von Amylopektin bei 70-90 %.¹ Amylopektin ist im Gegensatz zur Amylose nicht wasserlöslich und besitzt die für Stärke charakteristische Eigenschaft der Wasserbindfähigkeit und eignet sich daher für Kleister-, Kleb- und Schmierstoffe und aufgrund seiner Quellfähigkeit auch zur Herstellung von Puddingpulver.² Für die menschliche Ernährung sind beide Stärkebestandteile gleichwertig, für die industrielle Verarbeitung können sie jedoch nicht zusammen genutzt werden, da sie diese unterschiedlichen Eigenschaften besitzen. Meist werden nur die Kleistereigenschaften des Amylopektins benötigt, während die gelierende Amylose in vielen Produkten unerwünscht und störend ist. Das Amylopektin ist also der begehrtere Bestandteil.³

Momentan müssen die beiden Stärkebestandteile mit chemischen, physikalischen oder enzymatischen Verfahren getrennt werden. Die Trennung für die industrielle Verarbeitung ist sehr aufwendig und führt zu hoher Abwasserbelastung und hohem Energieverbrauch. Deshalb stellt die zunehmende industrielle Verarbeitung gänzlich neue Anforderungen an die Rohstoffpflanzen. Kartoffeln, die zur industriellen Stärkeproduktion eingesetzt werden sollen, müssen vor allem einen hohen Stärkegehalt mit einer optimalen Zusammensetzung aus Amylose und Amylopektin enthalten.⁴

5.2.4 Nachwachsende Rohstoffe nach Maß

Die traditionelle Züchtung ist sehr bemüht, die Anforderungen, die die Industrie an die Kartoffel stellt, zu bedienen. Die Möglichkeiten sind dafür allerdings begrenzt, da die Kulturkartoffel tetraploid ist, sie hat also vier Chromosomensätze und daher komplizierte Vererbungsmuster. Aufgrund dessen ist es schwierig, gewünschte Eigenschaften einzukreuzen, gerade weil für eine Eigenschaft oft mehrere Gene zuständig sind. Bisher ist es mit konventionellen Züchtungsmethoden nicht gelungen eine Kartoffel zu züchten, die nur die bevorzugte Amylopektin-Stärke bildet.⁵

5.2.5 Die „Amflora“-Kartoffel

Schon bald soll es in Deutschland eine neuartige Kartoffel geben, die diese Wünsche erfüllt. Die *Grüne Gentechnik* ermöglicht es, ein Enzym, das für die Bildung von Amylose in der Kartoffel verantwortlich ist, zu blockieren, sodass die Stärkezusammensetzung in der Kartoffel gezielt verändert werden kann und sie fast ausschließlich aus Amylopektin besteht.

Diese Technik wird als **Antisense-Technik** bezeichnet. Das Gen für das Enzym Stärkesynthetase, das an der Bildung von Amylose beteiligt ist, wurde gentechnisch ausgeschaltet. Dazu wurde eine spiegelbildliche Kopie des Gens („Antisense“) in die Erbsubstanz der Kartoffel eingebaut, was die Information zur Bildung des Enzyms blockiert. Dieses Gen trägt also die komplementäre Basensequenz.

Das Verfahren funktioniert zusammengefasst folgendermaßen: Die Erbinformation eines Gens wird mithilfe der m-RNA (= messenger RNA) abgeschrieben und in die Ribosomen gebracht. Die RNA funktioniert dabei wie eine Matrize, ihre Struktur ist komplementär zu dem abgelesenen Gen. Um die

¹ Vgl.: Bickel-Sandkötter, S., 2003: 24.

² Vgl.: Ebd.: 29.

³ Vgl.: <http://www.biosicherheit.de/de/kartoffel/staerke/30.doku.html> [letzter Aufruf: 20.06.2008]

⁴ Ebd.

⁵ Ebd.

Bildung eines bestimmten Proteins zu blockieren, wird bei der Antisense-Technik ein gegensinniges (antisense) Gen in die Pflanzenzelle eingebracht. Dessen m-RNA lagert sich als passendes Gegenstück an die m-RNA des Proteins an und blockiert sie auf diese Weise.¹

Diese gentechnisch veränderte Kartoffel wurde für die kommerzielle Nutzung von BASF Plant Science entwickelt und trägt den Markennamen „**Amflora**“.

Im Rahmen von Freilandversuchen wurde diese Kartoffel mehrere Jahre lang von der EFSA (Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit) auf Ertrag, Schädlings- und Krankheitsresistenz sowie gesundheitsschädliche Wirkungen auf Mensch, Tier und Umwelt getestet, spezifische Schadenswirkungen konnten dabei nicht nachgewiesen werden. Der Anbau ist dennoch umstritten.²

Obwohl ein EFSA-Gutachten bescheinigt, dass die „Amflora“-Kartoffel im Vergleich zu herkömmlichen Kartoffeln keine erhöhten Risiken für Menschen, Tiere oder die Umwelt birgt, lehnen einige Umweltorganisationen den Anbau von „Amflora“ in Deutschland ab. Ihre Befürchtungen beziehen sich auf folgende Punkte:

- Zum einen wird befürchtet, dass es zu einer unabsichtlichen Vermischung mit herkömmlichen Speise- und Futterkartoffeln kommt und so die Wahlfreiheit der Verbraucher, die sich möglicherweise gegen genveränderte Kartoffeln entscheiden, eingeschränkt wird.
- Zum anderen würde der Anbau transgener Pflanzen zur Produktion von Rohstoffen im großen Maßstab Flächen in Anspruch nehmen, die für die Nahrungsmittelproduktion genutzt werden könnten. Es ist also eine Frage der Flächenkonkurrenz. Diese Frage stellt sich jedoch nicht nur bei gentechnisch veränderten Lebensmitteln, sondern generell bei nachwachsenden Rohstoffpflanzen.
- Weitere Bedenken beziehen sich auf das in „Amflora“ enthaltene Markergen, das eine Antibiotikaresistenz gegen Kanamycin vermittelt. Kanamycin ist in der Human- und Veterinärmedizin ein wichtiges Antibiotikum zur Bekämpfung von Infektionskrankheiten. Daher wird befürchtet, dass es zu einem Transfer dieses Gens auf Bakterien und damit zu Antibiotikaresistenzen kommt. Das Gentechnik-Expertengremium der EFSA erklärte allerdings im April 2007 durch ein weiteres Gutachten, dass der Transfer eines Gens von einer gentechnisch veränderten Pflanze auf Bakterien sehr unwahrscheinlich und so die Wirksamkeit des Antibiotikums im Zielorganismus nicht gefährdet sei.³
- Nur selten sind alle Funktionen der Stoffwechselprodukte, die verändert werden, bekannt. Kohlenhydrate spielen z. B. in Stresssituationen der Pflanze als Regulatoren im Wasserhaushalt der Zellen und als Signalmoleküle eine wichtige Rolle. So könnten Veränderungen im Stoffwechselkreislauf unerwartete Nebenwirkungen hervorrufen, die bisher noch nicht bekannt sind. Diese gentechnischen Veränderungen in Stoffwechselkreisläufen könnten wiederum tiefgreifende Veränderungen auf die Eigenschaften der Pflanze haben, was sich auf Nahrungsnetze und die Bodenzusammensetzung auswirken könnte.

¹ Vgl.: Campbell, N. A., 2000: 424.

² <http://www.biosicherheit.de/de/kartoffel/staerke/32.doku.html> [letzter Aufruf: 20.06.2008]

³ Vgl.: www.biosicherheit.de/de/kartoffel/staerke/32.doku.html [letzter Aufruf: 20.06.2008]

- Was die Koexistenz mit herkömmlichen Sorten betrifft, gelten die Kartoffeln aufgrund ihrer biologischen Eigenschaften eher als unproblematisch. Da sie sich vegetativ über Knollen vermehren und die Vermehrung über Samen nur sehr ineffizient ist, wäre eine mögliche Auskreuzung ohne Folgen. Außerdem besitzt die Kartoffel in Deutschland keine verwandten Wildarten, auf die veränderte Gene übertragen werden könnten.

5.2.6 Aktuelle Entwicklungen

2003 wurde die Zulassung für den Anbau und die Verwendung der „Amflora“-Kartoffel in der EU beantragt. Da die Sicherheitsbewertung abgeschlossen war, wurde mit der Zulassung für 2007 gerechnet. Doch die Zulassung verzögerte sich, da keine qualifizierte Mehrheit der EU-Mitgliedstaaten zustande kam. Nun fällt nach EU-Recht die Entscheidung der EU-Kommission zu. „Amflora“ ist zwar ausschließlich als nachwachsender Rohstoff für die industrielle Produktion gedacht, 2005 hat die Herstellerfirma aber zudem eine Zulassung als Lebens- und Futtermittel beantragt. Ein Teil der bei der Verarbeitung anfallenden Reststoffe soll dann als Futtermittel verwendet werden. Eine Verwendung der Kartoffel in dieser Richtung ist zwar nicht direkt geplant, eine Bewilligung für diese Zwecke soll aber ihre Unbedenklichkeit unterstreichen.

Einer Meldung vom Juni 2008¹ ist zu entnehmen, dass die EU-Kommission die Entscheidung über die Anbau-Zulassung von „Amflora“ erneut verschoben hat. Bisher hatte sie alle Anträge für gentechnisch veränderte Pflanzen genehmigt, wenn die Sicherheitsbewertungen abgeschlossen waren und aus ihnen resultierte, dass die neuen GVO-Produkte genauso sicher sind wie die herkömmlichen Produkte. Die EFSA hatte „Amflora“ schon 2005 für unbedenklich erklärt, trotzdem zögert der EU-Kommissar Stavros Dimas seine Entscheidung noch hinaus und verweist dabei auf nicht geklärte Sicherheitsfragen. Bei „Amflora“ ist es der Antibiotikaresistenzmarker, der bei Dimas Bedenken hervorruft. Dimas schlug daher vor, die Zulassung abzulehnen. Hierfür fand er jedoch in seiner Kommission keine Mehrheit. Als Kompromiss einigte man sich nun darauf, die Sicherheitsaspekte bei „Amflora“ erneut von der EFSA untersuchen zu lassen. Damit wird die Entscheidung über die Zulassung der „Amflora“-Kartoffel in Deutschland erneut um mehrere Monate verzögert. Bestätigt die EFSA erneut die Unbedenklichkeit von „Amflora“, so sicherte ein Kommissionssprecher zu, dass dann dem Antrag auf Zulassung zugestimmt wird.²

Über diesen Antrag wurde auch 2009 noch nicht entschieden, sodass bisher keine EU-Zulassung für Amflora vorliegt. Sie wurde in Deutschland im April 2009 jedoch für den Anbau zu Forschungszwecken zugelassen. Das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit sowie die Bundeslandwirtschaftsministerin haben dafür ihre Zustimmung gegeben. Von der Kartoffel gingen „keine Gefahren für die menschliche Gesundheit und Umwelt“ aus, gab eine Sprecherin des Ministeriums an.³ Die Herstellerfirma BASF hat sich dafür zu strikten Auflagen (z. B. Schutzzäune)

¹ Siehe <http://www.biosicherheit.de/de/aktuell/640.doku.html> [letzter Aufruf am 05.06.2009]

² Vgl.: <http://www.biosicherheit.de/de/aktuell/640.doku.html> [letzter Aufruf am 05.06.2009]

³ <http://www.tagesschau.de/inland/genkartoffel102.html> [letzter Aufruf: 05.06.2009]

verpflichtet und gewährleistet, dass die Kartoffel nur zu Forschungszwecken verwendet und nicht in die Lebens- und Futtermittelkette gelangt.

5.3 Die Methode: Sechs Schritte zur moralischen Urteilsfindung

Der naturwissenschaftliche Unterricht hat laut Bildungsstandards die Aufgabe, die Heranwachsenden über brisante bioethische Themen wie die Grüne Gentechnik im Rahmen seiner Möglichkeiten aufzuklären und zu einer reflektierten ethischen Bewertung anzuleiten.¹

Die folgenden sechs Schritte moralischer Urteilsfindung sollen den Schülerinnen und Schülern helfen, zu einem eigenständigen, reflektierten und verantwortungsbewussten Urteil in der Debatte um die „Amflora“-Kartoffel zu gelangen.

Ziel ist es, den Schülerinnen und Schülern die Methode als Handwerkszeug mit auf den Weg zu geben, um ihnen zu ermöglichen, den bioethischen Konflikt um die Einführung der „Amflora“-Kartoffel in Deutschland reflektiert und faktenbasiert zu betrachten und zu bewerten.

Die Schritte verfolgen dabei eine doppelte Funktion: Sie sollen sowohl als Kriterien zur Messung und als Lernziele zur Förderung moralischer Urteilsfähigkeit dienen.² Das Verfahren hat sich im Biologieunterricht als geeignete Unterrichtsmethode insbesondere zur Analyse medizinethischer Dilemmata bewährt.³

Schritt 1: Definieren des geschilderten ethischen Konfliktes

Der erste Schritt umfasst die genaue Schilderung des ethischen Konfliktes. Die Schülerinnen und Schüler sollen das Konfliktfeld mit eigenen Worten wiedergeben.

Grundlage dieses Schrittes ist die Annahme, dass insbesondere bei Konflikten der *Grünen Gentechnik*, aber auch bei anderen bioethischen Themen kein angemessenes Urteil möglich ist, wenn nicht vorab die Sachgrundlage erarbeitet wurde. Deshalb sollten die Schülerinnen und Schüler entweder zur selbstständigen Recherche angeleitet werden oder auf vorab ausgewählte Texte zurückgreifen können. (Kapitel 5.2: *Sachinformationen zu „Amflora“*)

Das ethische Konfliktfeld im Fall der „Amflora“-Kartoffel lautet folgendermaßen: Mit der Zulassung der „Amflora“-Kartoffel in Deutschland würde man gewisse Sicherheitsrisiken in Kauf nehmen, so z. B. die Verwendung von Antibiotikaresistenzmarkern, die möglicherweise Antibiotikaresistenzen auf Bakterien übertragen könnten. Außerdem sind ökologische Langzeitfolgen schlecht zu kalkulieren oder einzuschätzen. Der veränderte Kohlenhydratstoffwechsel könnte sich bspw. auf die Eigenschaften der Pflanze und somit auf Nahrungsbeziehungen und die Artenvielfalt sowie die Bodenbeschaffenheit auswirken. Der Eingriff in die Umwelt würde also möglicherweise nicht ohne Folgen bleiben.

Des Weiteren könnte es bei einer Einführung als Lebensmittel zu einer unabsichtlichen Vermischung der transgenen mit der herkömmlichen Kartoffel kommen, sodass der Verbraucher letztlich keine Wahlfreiheit mehr hat, welche Kartoffel er kaufen möchte.

¹ KMK, 2004: 15.

² Vgl.: Hößle, C., Bayrhuber, H., 2006: 1.

³ Vgl.: Hößle, C., 2001; Hößle, C., Bayrhuber, H., 2006: 1-7.

Andererseits bietet eine Industriekartoffel mit einer optimierten Stärkezusammensetzung großartige Chancen als nachwachsender Rohstoff. Man müsste nicht mehr auf fossile Rohstoffe zurückgreifen, sondern hätte eine Alternative. Stärke findet als nachwachsender Rohstoff immer größeren Absatz in vielen Bereichen. Die Einführung von „Amflora“ würde die Umweltbelastung durch die Trennverfahren der beiden Stärkekomponenten, die momentan noch nötig sind, stark reduzieren. So könnte Wasser und Energie gespart und die Umwelt dadurch geschützt werden. Es stellt sich jetzt also die Frage, welche Aspekte überwiegen und ob man dementsprechend der Zulassung von „Amflora“ zustimmt oder sie verweigert.

Schritt 2: Aufzählen möglicher Handlungsoptionen

Der folgende Schritt umfasst das Wissen und Benennen möglicher Handlungsoptionen, die zur Lösung des ethischen Konfliktes führen könnten. Das Bewusstmachen und Aufzählen von Handlungsoptionen wird als wichtig erachtet, weil erst die Reflexion möglicher Lösungswege ein rationales Urteil ermöglicht. Wichtig ist, dass der Befragte/die Befragte sich deutlich macht, welche weiteren Möglichkeiten es zur Lösung des Konfliktes gibt und welche rationalen Gründe für oder gegen diese Lösungswege sprechen. Im Klassenverband oder in Partner- bzw. Einzelarbeit sollten mit den Schülerinnen und Schülern mögliche Handlungsoptionen für die Kontroverse, ob die „Amflora“-Kartoffel in Deutschland angepflanzt werden sollte oder nicht, erarbeitet werden.

Die Handlungsoptionen in diesem Fall sind:

1. Zulassung von „Amflora“
2. Zulassung unter bestimmten Bedingungen/Auflagen
3. Anbauverbot von „Amflora“

Schritt 3: Aufzählen von Pro- und Contra-Argumenten

Um sich ein umfassendes Bild über die Argumente von Kritikern und Gegnern zu machen, soll an dieser Stelle eine Auflistung von Pro- und Contra-Argumenten bezüglich des Konfliktes stattfinden. Diese können wiederum entweder aus vorgegebenen Texten gesammelt oder durch Schülerrecherchen eigenständig herausgearbeitet werden.

Grundlage zur Bearbeitung dieses Schrittes kann das Arbeitsmaterial 2: *Pro und Contra „Amflora“* sein, mit dem die Schülerinnen und Schüler aus den Sachinformationen (Arbeitsmaterial 1) die Chancen und Risiken herausfiltern müssen. Die tabellarische Auflistung stellt die Grundlage für den Urteilsprozess dar.

Pro-Argumente

1. Stärke ist als nachwachsender und biologisch abbaubarer Stoff sehr **umweltfreundlich** und **sehr gefragt**.
2. Pflanzen, die Stärke als industriellen Rohstoff produzieren, können immer wieder angebaut werden (**regenerativ**). Die Reserven an Erdöl und Kohle hingegen sind nicht unerschöpflich.
3. Landwirte erhalten in Zeiten der Nahrungsmittelüberproduktion eine **alternative Anbaumöglichkeit**.
4. Die natürlichen Stoffwechselwege werden gentechnisch verändert, dass ein bestimmter Rohstoff in einem für die industrielle Produktion günstigeren Mischungsverhältnis vorliegt (mehr Amylopektin, wenig Amylose). Die **industrielle Weiterverarbeitung** geht so **schneller** und ist **umweltfreundlicher**.
5. Stärke muss wegen ihrer Zusammensetzung aus Amylose und Amylopektin und ihrer Verunreinigung mit Fetten und Proteinen für die industrielle Verwendung gereinigt und oft chemisch verändert werden. Das führt zu einem höheren **Wasser- und Energieverbrauch** bei der herkömmlichen Kartoffel.
6. Kartoffeln haben in unseren Breiten **keine wilden Verwandten**. Es besteht eine **geringe Auskreuzungsgefahr** (Die Kartoffel vermehrt sich zumeist vegetativ durch Sprossknollen. Eine Ausbreitung über Samen ist in Deutschland aus klimatischen Gründen wenig wahrscheinlich, da die Früchte in Mitteleuropa nur selten ausreifen; eine Vermehrung durch Samen wird lediglich in der Züchtung praktiziert.)
7. Die **Sicherheitsbewertung** durch die EFSA hat stattgefunden und „Amflora“ wurde 2005 für unbedenklich erklärt.
8. Die **Vermischungsgefahr** ist durch geregelte Verfahrensweisen sehr gering.

Contra-Argumente

1. Der eingebaute Genabschnitt enthält Markergene, die gegen das Antibiotikum Kanamycin Resistenzen vermitteln. Es besteht ein **Risiko der unkontrollierten Ausbreitung der Antibiotikaresistenz**.
2. Der Anbau von „Amflora“ zur Produktion von Rohstoffen in großen Maßen würde Flächen in Anspruch nehmen, die sonst für die **Nahrungsmittelproduktion** eingesetzt werden.
3. Der veränderte Amylopektin Gehalt kann die Standorteigenschaften und das Konkurrenzverhalten der Pflanze verändern. → **Änderung in der Verbreitung der Pflanzen**
4. Veränderungen des Kohlenhydratstoffwechsels führen zu veränderten Inhaltsstoffen und damit evtl. zu Änderungen der Attraktivität der Kartoffelpflanze z. B. für Insekten und Mikroorganismen. Dies kann **Effekte auf Nahrungsnetze, die Artenvielfalt, den Boden und das Ökosystem** haben.
5. Durch Eingriffe in das Genom der Kartoffeln könnten unerwartete, unbeabsichtigte Veränderungen, z. B. die Anfälligkeit der Kartoffeln gegenüber Krankheitserregern auftreten. Dies kann wiederum zu einem **veränderten Pestizideinsatz** führen.
6. Ein geänderter Pestizideinsatz kann **Effekte auf die Nahrungsnetze am Ackerstandort** haben.
7. Kommt es zu einer **Vermischung** von transgenen und herkömmlichen Kartoffeln, kann es möglicherweise dazu führen, dass der Verbraucher sich nicht mehr selbstbestimmt entscheiden kann, ob er gentechnisch veränderte oder die herkömmlichen Kartoffeln kauft.

Schritt 4: Aufzählen ethischer Werte, die hinter den Argumenten stehen

In diesem Schritt sollen die Werte, die mit den Argumenten verbunden sind, erkannt und benannt werden. Es geht dabei um das Erfassen der jeweiligen normativen Dimension der zur Debatte stehenden Handlungsoptionen.

Da es für Schülerinnen und Schüler möglicherweise problematisch ist, Werte frei zu äußern und zuzuordnen, bietet das Arbeitsmaterial 3: *Wertepool* eine Hilfestellung. Hier sind die Werte in einem Pool aufgelistet. Die relevanten Werte müssen herausgefiltert, reflektiert und hierarchisiert werden. Die Fragen sind ebenfalls mögliche Hilfestellungen für die Bearbeitung dieses Schrittes, da sie eine intensive Auseinandersetzung mit Werten und der persönlichen Gewichtung dieser fordern.

| Argumente | | Werte |
|-------------------------|--|--|
| Pro-Argument | | |
| A 1/2 | Stärke als nachwachsender Rohstoff | Umweltschutz |
| A 3 | Alternative für Landwirte | Wohlstand |
| A 4/5 | Optimierte industrielle Weiterverarbeitung | Umweltschutz |
| A 6 | Keine wilden Verwandten in Deutschland | Sicherheit |
| A 7 | Sicherheitsbewertung ist abgeschlossen | Sicherheit |
| A 8 | Geringe Vermischungsgefahr | Wahlfreiheit, Selbstbestimmung |
| Contra-Argumente | | |
| A 1 | Einbau von Markergenen (Antibiotikaresistenz) | Gesundheit |
| A 2 | Flächenkonkurrenz | Gerechtigkeit |
| A 3/4/5/6 | Mögliche Risiken hinsichtlich horizontalem Gentransfer, Nahrungsnetzen, Artenvielfalt, Ökosystem | Umweltschutz, Sicherheit, Artenschutz, Verantwortung |
| A 7 | Verbraucher müssen selbst entscheiden können | Selbstbestimmung, Wahlfreiheit, Sicherheit |

Schritt 5: Begründete Urteilsfällung und Diskussion andersartiger Urteile

Schritt 5 fordert die Schülerinnen und Schüler auf, zunächst ihr eigenes Urteil zu fällen und dann weitere mögliche Urteile zu reflektieren. Alle Erkenntnisse aus den vorherigen Schritten sollen einbezogen werden. Anhand dieses Schrittes sollen Schülerinnen und Schüler lernen, ein argumentativ begründetes, rationales Urteil zu fällen sowie andere Urteile zu formulieren. Außerdem soll ein Perspektivwechsel vollzogen werden, der zur Berücksichtigung anderer Positionen führt.

Ein mögliches Urteil bezogen auf die „Amflora“-Kartoffel könnte z. B. folgendermaßen lauten: Ich entscheide mich für die Zulassung von „Amflora“, weil für mich die Vorteile wie z. B. die geringere Umweltbelastung durch die wegfallenden Trennverfahren und die Nutzung eines nachwachsenden Rohstoffes überwiegen. Ich denke, dass die Sicherheitsbewertung ausführlich durch die zuständigen Behörden durchgeführt wurde. Ich finde, dass wir eine große Verantwortung für unsere Umwelt haben und daher auf diese Möglichkeit, einen nachwachsenden Rohstoff optimiert zu

nutzen, nicht verzichten sollten. Ich wäre allerdings gegen eine Zulassung von „Amflora“ gewesen, wenn die Sicherheits- und Umweltrisiken nicht so gut abgeklärt worden wären.

Eine Hilfestellung für den Prozess der Urteilsfindung kann bei diesem Schritt das Arbeitsmaterial 4: *Punktevergabe* darstellen. Jede Schülerin und jeder Schüler bekommt eine bestimmte Anzahl von Klebepunkten (3-5). Die Aussagen, denen zugestimmt wird, sollen nun mit Punkten bewerten werden. Dieses Arbeitsblatt kann auch als Wandbild in Großformat angefertigt werden, sodass ein Meinungsbild entsteht, wenn alle Schülerinnen und Schüler ihre Punkte für die Aussagen vergeben. Die Punkte können sowohl gesplittet als auch gesammelt vergeben werden.

Schritt 6: Aufzählen von Konsequenzen, die das eigene und das andersartige Urteil implizieren

Ziel dieses Schrittes ist es, die Folgen des eigenen Urteils und andersartiger Urteile zu überschauen und konkret zu benennen. Dieser Schritt ist besonders wichtig, da das Benennen von Konsequenzen sowohl die eigene Person als auch andere Personenkreise betreffen kann. Es muss also ein Perspektivwechsel vollzogen werden. Bei der Urteilsfällung sollten deshalb alle Personen und soziale Wirkungskreise berücksichtigt werden, auf die sich die Folgen des Urteils beziehen können.

Zulassung des Anbaus:

- Mögliche ökologische Risiken werden in Kauf genommen (Artenvielfalt, Nahrungsnetze, Boden)
- Mögliche Antibiotikaresistenz wird in Kauf genommen
- Ertragssteigerung/Gewinnsicherung für den Landwirt
- Umweltschonendere und schnellere Verfahren in der Industrie
- Stärke wird als nachwachsender Rohstoff genutzt
- Keine Sicherheit bezüglich horizontalem Gentransfer, Veränderungen in der Artenvielfalt und in den Nahrungsnetzen

Verbot des Anbaus:

- Gewährleistet Sicherheit für Mensch und Tier
- Vermeidung von Risiken
- Umweltschutz dahingehend, dass Eingriffe in die Umwelt verhindert werden
- Mögliche Schädigung des Bauern durch Ertragseinbußen
- Potenzial nachwachsender Rohstoffe wird nicht genutzt
- Umweltbelastung durch Wasser- und Energieverbrauch bei den Trennungsvorgängen wird akzeptiert

[Schritt 7: Erneute Standortbestimmung/Urteilsfällung]

An dieser Stelle kann fakultativ ein siebter Schritt eingebaut werden, in dem nach dem Aufzählen der Konsequenzen, die sich aus den verschiedenen Urteilen ergeben, eine erneute Standortbestimmung möglich ist. Dies ist sehr wichtig, da aufgrund der vorab genannten Konsequenzen neue Aspekte hinzugekommen sein könnten, die das Urteil aus Schritt 5 als revisionsbedürftig erweisen.

5.4 Didaktische Zielsetzung

Diese Unterrichtseinheit zum Kontext *Grüne Gentechnik* mit dem aktuellen Bezugspunkt der „Amflora“-Kartoffel richtet sich in erster Linie an Schülerinnen und Schüler der Oberstufe (Schuljahrgänge 10-12/13), da sie sowohl Fähigkeiten des selbstständigen Arbeitens als auch das Arbeiten in verschiedenen Sozialformen voraussetzt und außerdem ein umfangreiches Wissen in Bereichen der Genetik und der Ökologie benötigt wird.

Den sechs Schritten moralischer Urteilsfindung liegt eine ausführliche Reflexion des Sachverhaltes, eine eingehende Betrachtung der berührten ethischen Werte sowie eine Abwägung unterschiedlicher Argumente, möglicher Urteile und Folgen bei der Urteilsbildung zugrunde. Im Rahmen der Methode soll die Bewertungskompetenz gefördert werden, indem eine Befähigung zur Perspektivübernahme erreicht und gezeigt werden kann, dass Argumente und Entscheidungen auf Werte zurückgeführt werden können.

Jede Schülerin und jeder Schüler sollte dabei den Versuch einer Gewichtung von Argumenten und Werten vornehmen: Mit welcher Wahrscheinlichkeit treten die Vor- und Nachteile ein? Wie wichtig sind die Risiken, wie wichtig die Chancen? Welche Werte werden hier angesprochen, haben sie für mich eine Bedeutung und wie gewichte ich einzelne Werte? Hat die Sicherheitsforschung in Deutschland bereits alle Risikobereiche ausreichend erforscht, sodass eine Zulassung möglich ist? Anschließend soll die Entscheidung getroffen werden. Wie würden sich die Schüler/innen entscheiden - für ein Verbot oder für den Anbau?

Die kognitiven Lernziele liegen darin, dass Sachinformationen u. a. zur Kartoffel, zum Aufbau von Stärke, zur Gentechnik und zu ökologischen Prozessen nötig sind, um das ethische Konfliktfeld überhaupt umfassend verstehen zu können. Dem Kompetenzbereich Fachwissen wird so Rechnung getragen.

Es werden aber auch affektive Lernziele verfolgt: Die Schülerinnen und Schüler werden hinsichtlich eines bioethischen Konfliktfeldes sensibilisiert. Sie sollen Toleranz und Verständnis für andere Meinungen entwickeln und Verantwortung für die eigene Meinung übernehmen und ihr Wertesystem nach außen hin vertreten. Sie sollen lernen, dass unterschiedliche Handlungsoptionen zur Verfügung stehen und individuelle Bewertungen von Folgen, Risiken und Chancen eine entscheidende Rolle bei der Urteilsfällung spielen. Werden innerhalb der Kurse unterschiedliche Urteile gefällt, so lässt sich zeigen, dass bei gleichen zugrunde liegenden Fakten trotzdem unterschiedliche Urteile möglich und aufgrund von unterschiedlichen Werthaltungen gerechtfertigt sind.

Des Weiteren erlangen die Schülerinnen und Schüler bei der Benutzung dieses Verfahrens Methodenkenntnis. Sie lernen eine neue Methode kennen, die ihnen auch bei Alltagsentscheidungen eine Hilfe sein kann.

Gefördert wird außerdem die Kommunikationskompetenz, indem die Schülerinnen und Schüler sich Sachinformationen beschaffen bzw. Informationen aus einem Text herausfiltern müssen.

Die Methode kann in verschiedenen Sozialformen durchlaufen werden, so ist es beispielsweise möglich, Schritt 1 in Partnerarbeit oder Einzelarbeit und Schritt 2, 3 und 6 im Klassenverband oder als Einzel- bzw. Partnerarbeit durchzuführen. Die Schritte 4 und 5 sollten von jedem Schüler/jeder Schülerin in Einzelarbeit erledigt werden, da hier die persönliche Abwägung und Urteilsfällung nötig

ist. Es können aber auch alle sechs Schritte in Einzelarbeit durchlaufen werden (Arbeitsmaterial: *Sechs Schritte moralischer Urteilsfindung*).

Beispiellösung: Sechsschritt zur Industriekartoffel „Amflora“

| Schritt | Inhalt |
|--|---|
| Ethisches Konfliktfeld und Sachinformationen | → (Kapitel 5.2: Sachinformationen) |
| 1. Schritt: Definieren des ethischen Konfliktfeldes | Soll die „Amflora“-Kartoffel in Deutschland angebaut werden? |
| 2. Schritt: Nennen von Handlungsoptionen | <ol style="list-style-type: none"> 1. Anbau der „Amflora“-Kartoffel 2. Anbau unter bestimmten Bedingungen/Auflagen 3. Verbot des Anbaus |
| 3. Schritt: Nennen von Pro- und Contra-Argumenten | <p>Pro-Argumente</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Stärke ist als nachwachsender und biol. abbaubarer Stoff sehr umweltfreundlich und gefragt. 2. Pflanzen, die Stärke als industriellen Rohstoff produzieren, können immer wieder angebaut werden. (Die Reserven an Erdöl und Kohle sind nicht unerschöpflich.) 3. Landwirte erhalten in Zeiten der Nahrungsmittelüberproduktion eine alternative Anbaumöglichkeit. 4. Die natürlichen Stoffwechselwege werden so manipuliert, dass ein best. Rohstoff in einem für die industrielle Produktion günstigeren Mischungsverhältnis vorliegt (mehr Amylopektin, wenig Amylose). → Industrielle Weiterverarbeitung geht schneller und ist umweltfreundlicher. 5. Stärke muss wegen ihrer Zusammensetzung aus Amylose und Amylopektin und ihrer Verunreinigung mit Fetten und Proteinen für die industrielle Verwendung gereinigt und oft chemisch verändert werden. → Hoher Wasser und Energieverbrauch bei der herkömmlichen Kartoffel 6. Kartoffeln haben in unseren Breiten keine wilden Verwandten. → Geringe Auskreuzungsgefahr (Die Kartoffel vermehrt sich zumeist vegetativ durch Sprossknollen. Eine Ausbreitung über Samen ist in Deutschland aus klimatischen Gründen wenig wahrscheinlich, da die Früchte in Mitteleuropa nur selten ausreifen. Eine Vermehrung durch Samen wird lediglich in der Züchtung praktiziert.) <p>Contra-Argumente:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Der eingebaute Genabschnitt enthält Markergene, die gegen das Antibiotikum Kanamycin Resistenz vermitteln (Kanamycin ist im klinischen Bereich ein sehr wichtiges Reserveantibiotikum). → Risiko der unkontrollierten Ausbreitung der Antibiotikaresistenz und Risiko des potenziellen Gentransfers auf andere Organismen 2. Anbau von „Amflora“ zur Produktion von Rohstoffen in großen Maßen würde Flächen in Anspruch nehmen, die sonst für die Nahrungsmittelproduktion eingesetzt werden. (Dies ist angesichts der wachsenden Weltbevölkerung fraglich.) 3. Der veränderte Amylopektin Gehalt kann die Standort-eigenschaften und das Konkurrenzverhalten der Pflanze verändern. → Änderung in der Verbreitung der Pflanzen |

| | |
|---|---|
| | <p>4. Veränderungen des Kohlenhydratstoffwechsels führen zu veränderten Inhaltsstoffen und damit evtl. zu Änderungen der Attraktivität der Kartoffelpflanze für Insekten, Mikroorganismen etc. → Effekte auf Nahrungsnetze, den Boden und das Ökosystem</p> <p>5. Durch Eingriffe in das Genom der Kartoffeln könnten unerwartete, unbeabsichtigte Veränderungen, z. B. die Anfälligkeit der Kartoffeln gegenüber Krankheitserregern auftreten. → Dies kann wiederum zu einem veränderten Pestizideinsatz führen.</p> <p>6. Ein geänderter Pestizideinsatz kann Effekte auf die Nahrungsnetze und -ketten am Ackerstandort haben.</p> <p>7. Kommt es zu einer Vermischung von transgenen Kartoffeln und herkömmlichen Kartoffeln, kann es möglicherweise irgendwann so sein, dass der Verbraucher sich nicht mehr selbstbestimmt entscheiden kann, ob er gentechnisch veränderte oder die herkömmlichen Kartoffeln kauft.</p> <p>→ (Arbeitsmaterial 2: Chancen und Risiken von „Amflora“; Lösungen siehe Kapitel 5.3)</p> |
| <p>4. Schritt: Aufzählen ethischer Werte, die durch die jeweiligen Handlungsoptionen berührt werden</p> <p>Welche Bedeutung und welche Gewichtung haben die jeweiligen Werte für dich?</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Forschungsfreiheit 2. Natur-/Umweltschutz 3. Sicherheit 4. Verantwortung 5. Wohlstand (des Landwirts; der Industrie) 6. Gesundheit 7. Wahlfreiheit/Selbstbestimmung (der Verbraucher) 8. Gerechtigkeit hinsichtlich der Flächenkonkurrenz <p>→ (Arbeitsmaterial 3: Wertepool)</p> |
| <p>5. Schritt: Begründete Urteilsfällung und Reflexion andersartiger Urteile</p> | <p>Ich bin für die Freisetzung von „Amflora“, weil...</p> <p>Ich bin gegen die Freisetzung, weil...</p> <p>Ich bin unter bestimmten Auflagen für die Freisetzung, weil...</p> <p>→ (Arbeitsmaterial 4: Punktevergabe)</p> |
| <p>6. Schritt: Aufzählen von Konsequenzen, die das eigene und das andere Urteil nach sich ziehen</p> | <p>Freisetzung:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ökologische Risiken werden in Kauf genommen (Artenvielfalt, Nahrungsnetze, Bodenbelastung) 2. Antibiotikaresistenz wird in Kauf genommen 3. Ertragssteigerung/Gewinnsicherung Landwirt 4. Umweltschonendere und schnellere Verfahren in der Industrie 5. Stärke als nachwachsender Rohstoff 6. Keine Sicherheit bezüglich horizontalem Gentransfer <p>Keine Freisetzung:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sicherheit für Mensch und Tier 2. Vermeidung von Risiken 3. Mögliche Schädigung des Landwirts durch Ertragseinbußen 4. Potenzial in nachwachsenden Rohstoffen nicht genutzt 5. Umweltbelastung durch Wasser- und Energieverbrauch bei den Trennungsv erfahren |

5.5 Literatur

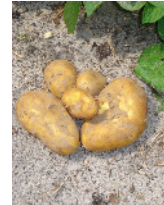
- Alfs, N., Hößle, C. (2009): Kartoffeln nach Maß – Gentechnisch verändert für die Industrie. In: Praxis der Naturwissenschaften – Biologie in der Schule. Heft 4/58, S. 22 – 27.
- Bickel-Sandkötter, S. (2003): Nutzpflanzen und ihre Inhaltsstoffe. Quelle & Meyer Verlag. Wiebelsheim.
- Bögeholz S., Hößle C., Langlet, J., Sander E., Schlüter K. (2004): Bewerten – Urteilen – Entscheiden im biologischen Kontext: Modelle in der Biologiedidaktik. In: ZfDN 10. S. 89-115.
- Campbell, Neil. A. (2000): Biologie. Spektrum Akademischer Verlag. Heidelberg, Berlin, Oxford.
- Hößle, C. (2001): Moralische Urteilsfähigkeit. Eine Interventionsstudie zur moralischen Urteilsfähigkeit von Schülern zum Thema Gentechnik. Dissertation. Studienverlag. Innsbruck.
- Hößle, C. (2003): Modell moralischer Urteilsbildung am Beispiel der embryonalen Stammzelltherapie. Oldenburger VorDrucke 466. Oldenburg.
- Hößle, C., Bayrhuber, H. (2006): Sechs Schritte moralischer Urteilsfindung – Aktuelle Beispiele aus der Bioethikdebatte. In: Praxis der Naturwissenschaften - Biologie. Heft 4/55. 55. Jhrg. S. 1-7.
- Hößle, C. (2007): Ethische Bewertungskompetenz im Biologieunterricht. In: Jahnke-Klein, S., Kiper, H., Freisel, L.: Gymnasium heute. Zwischen Elitebildung und Förderung der Vielen. Schneider Verlag Hohengehren. Baltmannsweiler. S. 111-127.
- KMK (2004): Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Bildungsabschluss.
- Nabors, Murray W. (2007): Botanik. Pearson Studium. München.
- Reitschert, K., Hößle, C. (2007): Wie Schüler ethisch bewerten. Eine qualitative Untersuchung zur Strukturierung und Ausdifferenzierung von Bewertungskompetenz in bioethischen Sachverhalten bei Schülern der Sek. I. ZfDN 13. S. 125-143.
- Standop, J. (2005): Werteerziehung. Einführung in die wichtigsten Konzepte der Werteerziehung. Beltz. Weinheim und Basel.
- o.Verf. (1985): Blüten & Pflanzen im Garten. Lingen Verlag. Köln. S. 172-173.

Wie gelange ich zu einem reflektierten Urteil hinsichtlich des Anbaus der Industriekartoffel „Amflora“ in Deutschland? – Urteilsbildung in sechs Schritten!

Ausgangspunkt

„Amflora“-Kartoffel

Die Kartoffel ist eine der wichtigsten Kulturpflanzen für die menschliche Ernährung. Auch wenn der Pro-Kopf-Verzehr an Kartoffeln abnimmt, ist die Kartoffel neben Brotgetreide eine wichtige Grundlage der Ernährung in Mitteleuropa. Immer beliebter werden „veredelte“ Kartoffelprodukte wie Pommes frites, Kartoffelpüreepulver oder Chips. Die Kartoffelknolle enthält große Mengen an Kohlenhydraten, die in Form von Stärke vorliegen. Diese Stärke ist nicht nur für die menschliche Ernährung interessant, sondern auch für die industrielle Verwendung.



Herkömmliche Kartoffeln enthalten in einem bestimmten Verhältnis zwei Stärkekomponenten: *Amylose* und *Amylopektin*. Amylopektin ist für die Industrie sehr wichtig und vorteilhaft, da es die typischen Kleistereigenschaften besitzt. Amylose hingegen ist eher unerwünscht. Seit Jahrzehnten versucht man mit traditionellen Züchtungsmethoden eine Kartoffel zu züchten, bei der die Stärke fast ausschließlich aus *Amylopektin* besteht.

Nun ist es mithilfe der Gentechnik gelungen, diese amylosefreie Kartoffel durch gentechnische Veränderungen herzustellen. In Deutschland soll die Kartoffel „Amflora“, eine Kartoffel mit einer veränderten Stärkezusammensetzung, eingeführt und angebaut werden. Diese Kartoffel dient fast ausschließlich der Industrie, die die Stärke zunehmend als nachwachsenden Rohstoff für die verschiedensten Bereiche nutzt, z. B. zur Herstellung von Baustoffen, Verpackungsmaterialien, Folien, Tapetenkleistern und sogar für Kosmetika und Waschpulver.

Eine gentechnisch veränderte Kartoffel mit einer Stärkezusammensetzung, die zum größten Teil aus Amylopektin besteht, würde einerseits die Umwelt entlasten, weil die herkömmlichen Stärkekomponenten Amylose und Amylopektin bisher aufwendig und umweltbelastend getrennt werden müssen, andererseits gibt es möglicherweise unterschiedliche, schlecht zu kalkulierende biologische und ökologische Langzeitfolgen und die Auswirkungen auf die Umwelt, Menschen und Tiere sind noch nicht abschließend beurteilt.

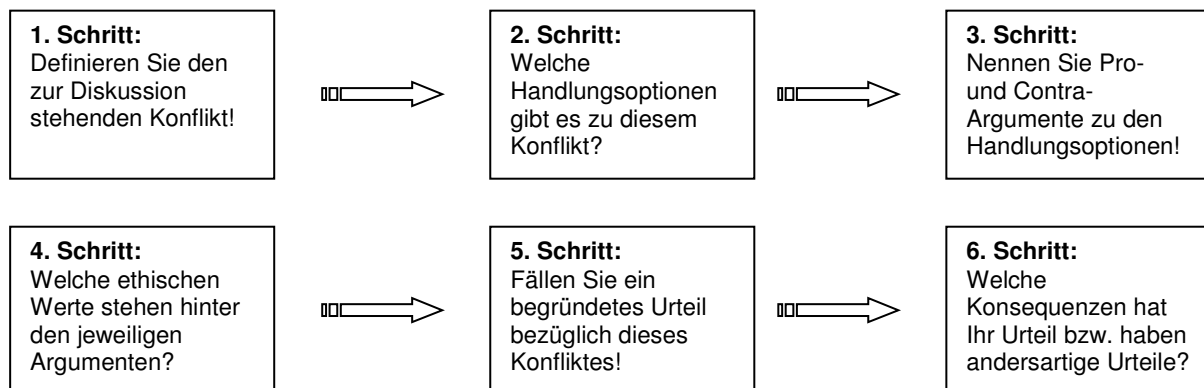
Bereits 2003 wurde die Zulassung von „Amflora“ bei der EU beantragt, die Entscheidung wurde aber immer wieder vertagt, auch im Juni 2008 gab es noch kein endgültiges Urteil von der EU-Kommission. Die Kartoffel wurde aber im April 2009 zum Anbau für Forschungszwecke in Deutschland zugelassen.

Was denken Sie?

Die Berücksichtigung von sechs Schritten soll Ihnen helfen, zu einem reflektierten und verantwortungsvollen Urteil bezüglich dieses Konfliktes zu gelangen.

Lesen Sie sich die Sachinformationen sorgfältig durch oder recherchieren Sie selbstständig Hintergrundinformationen zur „Amflora“-Kartoffel (z. B. www.biosicherheit.de und www.transgen.de) und durchlaufen Sie anschließend alle sechs Schritte!

Notieren Sie Ihre Ergebnisse auf einem zusätzlichen Blatt.



„Amflora“ – Pommes oder Plastik: Chancen und Risiken

| Chancen | Risiken |
|---------|---------|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

Arbeitsauftrag:

Lesen Sie sich die Sachinformationen zur Industriekartoffel „Amflora“ aufmerksam durch und tragen Sie in die Tabelle in Stichworten ein

- a.) welche Chancen Kartoffeln bieten, die nur Amylopektin bilden und
- b.) welche Risiken sich aber gleichzeitig mit der Einführung einer amylosefreien Kartoffel verbinden.

Denken Sie dabei sowohl an wirtschaftliche als auch an ökologische Vor- und Nachteile.

Wertepool – Welche Werte stehen hinter dem Konflikt?

Informationsbox Werte:

„Werte sind Eigenschaften, die der Mensch Objekten, Ideen oder Beziehungen zuordnet. Man kann sagen, dass Werte Kriterien sind, die der Mensch hat, um seine Umwelt zu bewerten. Diese Kriterien beziehen sich dabei auf erwünschte Zielzustände, wie z. B. materieller Wohlstand oder auf erwünschtes Verhalten, z. B. Schutz der Natur.“ (nach: Standop, J.: 2005)

Wertepool

| | | | | | |
|---------------|----------|-------------|--------------|----------------|--------------------|
| Glück | Freiheit | Bildung | Sicherheit | Unabhängigkeit | Gerechtigkeit |
| Frieden | Liebe | Wohlstand | Umweltschutz | Lebensqualität | Forschungsfreiheit |
| Verantwortung | Leistung | Gesundheit | Freundschaft | Wahrheit | Eigentum |
| Gehorsam | Respekt | Artenschutz | Wahlfreiheit | Menschenwürde | |
| | | | | | |

Arbeitsaufträge

1. Markieren Sie die Werte mit einem farbigen Stift, die in dem anfangs vorgestellten Konflikt bzw. in den Sachinformationen berührt werden! Erläutern Sie anschließend die Bedeutung der Werte für diesen Konflikt.
2. Ergänzen Sie die Werte, die oben noch nicht genannt wurden, aber bei diesem Konflikt ebenfalls wichtig sind, in den freien Kästchen!
3. Manchmal widersprechen sich Werte. Sehen Sie im Konflikt um die Amflora-Kartoffel solche Wertekonflikte? Schreiben Sie diese Konflikte auf und begründen Sie, warum es sich dabei um einen Konflikt handelt!
4. Wägen Sie die für den Konflikt wichtigen Werte nach Ihrer persönlichen Gewichtung ab, bringen Sie diese in eine Reihenfolge. Notieren Sie diese Reihenfolge hier.
5. Erstellen Sie in Ihrem Kurs ein Ranking. Welche Werte wurden für das Problem am häufigsten genannt, welche am seltensten? Diskutieren Sie im Plenum die Reihenfolge, die dabei entsteht!

Contra-Argumente zur Frage nach der Freisetzung der „Amflora“-Kartoffel

Punktevergabe!

Wie wichtig sind Ihrer Meinung nach diese Contra-Argumente zur Frage nach der Freisetzung der „Amflora“-Kartoffel? Vergeben Sie Klebepunkte!

Ich bin gegen die Freisetzung der „Amflora“-Kartoffel, weil...

... der Anbau von „Amflora“ möglicherweise Flächen beanspruchen würde, die man für die Nahrungsmittelproduktion braucht.

... das einen Eingriff in die Natur bedeutet.

... die Artenvielfalt gestört/verändert wird.

... die ökologischen Risiken noch nicht abschließend geklärt sind und deshalb nicht klar ist, welche Folgen der Anbau für die Natur haben kann.

... es durch die enthaltenen Markergene zu einer Antibiotikaresistenz bei Bakterien kommen kann.

Pro-Argumente zur Frage nach der Freisetzung der „Amflora“-Kartoffel

Punktevergabe!

Wie wichtig sind Ihrer Meinung nach diese Pro-Argumente zur Frage nach der Freisetzung der „Amflora“-Kartoffel? Vergeben Sie Klebepunkte!

Ich bin für die Freisetzung der „Amflora“-Kartoffel, weil...

... ich Eingriffe in die Gene bei Pflanzen für unbedenklich halte.

... die ökologischen Risiken für mich gut genug abgeklärt sind.

... Stärke ein nachwachsender Rohstoff ist und so nicht-erneuerbare Energien gespart werden können.

... nach bisherigen Sicherheitsbewertungen kein Risiko für Mensch und Tier besteht.

... der Wasser- und Energieverbrauch für die Trennung von Amylose und Amylopektin gesenkt wird.

5.5 Zu erwerbende Kompetenzen

Kompetenzbereich **Fachwissen**

| Bildungsstandards | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 10 der Realschule | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 10 des Gymnasiums | Kompetenzen am Ende der Qualifikationsphase der gymnasialen Oberstufe | Teil-Kompetenzen in dieser Unterrichtseinheit |
|--|--|---|--|---|
| Die Schülerinnen und Schüler ... | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> kennen und erörtern Eingriffe des Menschen in die Natur und Kriterien für solche Entscheidungen. (F 3.8) | <ul style="list-style-type: none"> beschreiben die Folgen menschlichen Handelns auf die Entwicklung in einem Ökosystem. beschreiben globale Veränderungen als Folge menschlichen Handelns. | <ul style="list-style-type: none"> erläutern die Auswirkungen menschlicher Eingriffe in Ökosysteme auf den Menschen selbst. (FW 3.2) beschreiben die Auswirkungen von Eingriffen des Menschen in Ökosysteme. (FW 4.6) | <ul style="list-style-type: none"> beschreiben Biodiversität auf verschiedenen Systemebenen (genetische Variabilität, Artenvielfalt, Ökosystemvielfalt). (FW 7.7) | <ul style="list-style-type: none"> erläutern die Auswirkungen der Zulassung/Freisetzung von Amflora auf den Menschen und auf das Ökosystem. beschreiben die Auswirkungen von Amflora auf die genetische Vielfalt, Artenvielfalt und Ökosysteme. |

14

Kompetenzbereich **Erkenntnisgewinnung**

| Bildungsstandards | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 10 der Realschule | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 10 des Gymnasiums | Kompetenzen am Ende der Qualifikationsphase der gymnasialen Oberstufe | Teil-Kompetenzen in dieser Unterrichtseinheit |
|----------------------------------|--|---|--|---|
| Die Schülerinnen und Schüler ... | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> entnehmen aus komplexen Sachtexten und grafischen Darstellungen Informationen. | <ul style="list-style-type: none"> beschreiben komplexe Zusammenhänge strukturiert und sachgerecht. (EG 1.1) suchen und benutzen verschiedene Quellen bei der Recherche naturwissenschaftlicher Informationen. (EG 4.1) | <ul style="list-style-type: none"> beschreiben die Prinzipien biologischer Arbeitstechniken, werten Befunde aus und deuten sie. (EG 4.2) analysieren und deuten naturwissenschaftliche Texte. (EG 4.4) beschreiben, analysieren und deuten Abbildungen, | <ul style="list-style-type: none"> beschreiben den Ablauf der gentechnischen Veränderung von Mais. nutzen unterschiedliche Quellen (Internet, Fachliteratur) bei der Recherche naturwissenschaftlicher Hintergründe und Auswirkungen von Amflora. |

| | | | | |
|--|--|--|---|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> unterscheiden zwischen relevanten und irrelevanten Informationen. (EG 4.1) | Tabellen, Diagramme sowie grafische Darstellungen unter Beachtung der untersuchten Größen und Einheiten. (EG 4.5) | |
|--|--|--|---|--|

Kompetenzbereich **Kommunikation**

| Bildungsstandards | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 10 der Realschule | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 10 des Gymnasiums | Kompetenzen am Ende der Qualifikationsphase der gymnasialen Oberstufe | Teil-Kompetenzen in dieser Unterrichtseinheit |
|--|--|---|---|--|
| Die Schülerinnen und Schüler ... | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> kommunizieren und argumentieren in verschiedenen Sozialformen. (K 1) | | <ul style="list-style-type: none"> reflektieren die Beiträge anderer und nehmen dazu Stellung. (KK 1) lösen komplexere Aufgaben in Gruppen, treffen dabei selbständig Absprachen in Bezug auf Aufgabenverteilung und Zeiteinteilung. (KK 2) | <ul style="list-style-type: none"> diskutieren komplexe biologische Fragestellungen, deren Lösungen strittig sind. (KK 8) | <ul style="list-style-type: none"> diskutieren und reflektieren den Konflikt um die Zulassung von Amflora in unterschiedlichen Sozialformen (Einzelarbeit, Partnerarbeit, Gruppenarbeit, Plenum). arbeiten selbstständig und zielorientiert in unterschiedlichen Sozialformen. |
| <ul style="list-style-type: none"> werten Informationen zu biologischen Fragestellungen aus verschiedenen Quellen zielgerichtet aus und verarbeiten diese auch mithilfe verschiedener Techniken und Methoden adressaten- und situationsgerecht. (K 4) | <ul style="list-style-type: none"> nutzen Informationsquellen selbständig und fassen diese unter Anwendung verschiedener Techniken und Methoden zusammen. werten komplexe grafische Darstellungen und Sachtexte aus. | | <ul style="list-style-type: none"> beschreiben und erklären biologische Sachverhalte unter Verwendung geeigneter Fachbegriffe. (KK 1) recherchieren, dokumentieren und präsentieren biologische Sachverhalte mithilfe digitaler Medien und Technologien und reflektieren den Einsatz kritisch. (KK 6) | <ul style="list-style-type: none"> nutzen unterschiedliche Quellen (Internet, Fachliteratur) bei der Recherche naturwissenschaftlicher Hintergründe und Auswirkungen von Amflora und stellen diese angemessen dar. (Schritt 1 und 3) |

| | | | | |
|---|--|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> stellen Ergebnisse und Methoden biologischer Untersuchung dar und argumentieren damit. (K6) | <ul style="list-style-type: none"> stellen die Ergebnisse und Methoden biologischer Untersuchungen dar und argumentieren damit. | <ul style="list-style-type: none"> präsentieren Ergebnisse mit angemessenen Medien. (KK 2) | <ul style="list-style-type: none"> veranschaulichen biologische Sachverhalte adressatenbezogen und zielorientiert auf angemessene Art und Weise. (KK 7) | <ul style="list-style-type: none"> nutzen Ergebnisse von Untersuchungen zur Sicherheitsforschung bei Amflora zur Urteilsbildung. |
| <ul style="list-style-type: none"> referieren zu gesellschafts- oder alltagsrelevanten biologischen Themen. (K 7) | <ul style="list-style-type: none"> referieren zu gesellschafts- oder alltagsrelevanten biologischen Themen. | | <ul style="list-style-type: none"> diskutieren komplexe biologische Fragestellungen, deren Lösungen strittig sind. (KK 8) | <ul style="list-style-type: none"> diskutieren und reflektieren den Konflikt um Amflora und seine Folgen. |

Kompetenzbereich **Bewertung**

| Bildungsstandards | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 10 der Realschule | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 10 des Gymnasiums | Kompetenzen am Ende der Qualifikationsphase der gymnasialen Oberstufe | Teil-Kompetenzen in dieser Unterrichtseinheit |
|--|--|--|--|--|
| Die Schülerinnen und Schüler ... | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> unterscheiden zwischen beschreibenden (naturwissenschaftlichen) und normativen (ethischen) Aussagen. (B 1) | <ul style="list-style-type: none"> unterscheiden zwischen beschreibenden (naturwissenschaftlichen) und normativen (ethischen) Aussagen. | <ul style="list-style-type: none"> unterscheiden Werte, Normen und Fakten. (BW 1) erläutern die Standpunkte anderer. (BW2) | <ul style="list-style-type: none"> bewerten mögliche kurz- und langfristige regionale und/oder globale Folgen eigenen und gesellschaftlichen Handelns. Dazu gehören die Analyse der Sach- und der Werteebene der Problemsituation sowie die Entwicklung von Handlungsoptionen. (BW 1) führen eine ethische Analyse durch, unterscheiden dabei deskriptive von normativen Aussagen und begründen Handlungsoptionen aus deontologischer und konsequenzialistischer Sicht. (BW 4) | <ul style="list-style-type: none"> unterscheiden bei der Analyse der Sachinformationen zwischen naturwissenschaftlichen und ethischen Aussagen. (Schritt 4) unterscheiden zwischen Werten, Normen und Fakten. (Schritt 4) erläutern die Standpunkte anderer (Landwirte, Forscher, Industrie, Verbraucher, etc.). entwickeln Handlungsoptionen zur Lösung des Konflikts. (Schritt 2) bewerten regionale und globale Folgen bei einer Zulassung bzw. bei einer Nicht-Zulassung von Amflora. (Schritt 6) |

| | | | | |
|--|--|---|---|---|
| | | | | <ul style="list-style-type: none"> • führen eine ethische Analyse mit Hilfe der „Sechs Schritte zur moralischen Urteilsfindung“ durch. (Schritt 1-6) |
| <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben und beurteilen Erkenntnisse und Methoden in ausgewählten aktuellen Bezügen wie zu Medizin, Biotechnik und Gentechnik, und zwar unter Berücksichtigung gesellschaftlich verhandelbarer Werte. (B 3) | <ul style="list-style-type: none"> • bewerten Informationen und deren Quellen, insbesondere das Internet, kritisch. | <ul style="list-style-type: none"> • reflektieren die Sachinformationen für Problem- und Entscheidungssituationen in Hinblick auf Korrektheit und Begrenztheit der Aussagekraft. (BW 3) • reflektieren die Wertentscheidungen im Entscheidungsfindungsprozess. (BW 3) | <ul style="list-style-type: none"> • erörtern Chancen und Risiken transgener Organismen aus der Sicht unterschiedlicher Interessengruppen. (BW 5) | <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben, bewerten und gewichten Argumente unterschiedlicher Interessengruppen (Landwirte, Verbraucher, Industrie, Forscher, etc.) zum Anbau von Amflora. (Schritt 3) • kommen im Diskurs zu einem persönlichen, begründeten Urteil. (Schritt 5) |
| <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben und beurteilen die Auswirkungen menschlicher Eingriffe in einem Ökosystem. (B 5) | <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben und beurteilen die Auswirkungen menschlicher Eingriffe in ein Ökosystem. • erörtern die Erhaltung von Arten und Lebensräumen als ethische und ökologische Aufgabe. | <ul style="list-style-type: none"> • erläutern die Standpunkte anderer. (BW 2) | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • erörtern Handlungsoptionen einer umwelt- und naturverträglichen Teilhabe im Sinne der Nachhaltigkeit. (B 7) | <ul style="list-style-type: none"> • bewerten die Beeinflussung globaler Kreisläufe und Stoffströme unter dem Aspekt der nachhaltigen Entwicklung. • beurteilen Maßnahmen und Verhaltensweisen im Umgang mit Ressourcen unter sozialen und globalen Gesichtspunkten. | | <ul style="list-style-type: none"> • bewerten Maßnahmen zum Schutz und zur Nutzung der Biodiversität aus verschiedenen Perspektiven (Nachhaltigkeit). (BW 3) | <ul style="list-style-type: none"> • entwickeln und beurteilen Handlungsoptionen zur Lösung des Konflikts, auch im Hinblick auf nachhaltige Entwicklung. (Schritt 2) • bewerten regionale und globale Folgen bei einer Zulassung bzw. bei einer Nicht-Zulassung von Amflora aus verschiedenen Perspektiven. (Schritt 6) |

Vom Erdapfel zur Genkartoffel?

Unterrichtsmaterialien zur Grünen Gentechnik
am Beispiel gentechnisch veränderter Kartoffeln

- **Lernstraße für den Sekundarbereich I** -

Dr. Katja Reitschert
Carl-von-Ossietzky-Universität Oldenburg
Biologiedidaktik
Carl-von-Ossietzky-Straße 9-11
26111 Oldenburg

6.1 Einführung

Die gentechnischen Veränderungen von Pflanzen und Lebensmitteln sind von großen Hoffnungen und Optimierungsideen, aber auch von kritischen Befürchtungen und potenziellen Risiken begleitet. Eine reflektierte Meinungsbildung bezüglich der Effizienz und der Vertretbarkeit von gentechnischen Eingriffen in der Landwirtschaft fällt häufig schwer, insbesondere da die verfügbaren Informationen je nach Herkunftsort bereits gefärbt und/oder „geschönt“, unvollständig oder verzerrt dargestellt werden. So ist es gerade für den heranwachsenden Jugendlichen sehr schwer, sich in dem Dickicht aus Hoffnungen, Ängsten, Fakten, Für- und Gegenreden zu orientieren und mündig über den Einsatz der Grünen Gentechnik zu urteilen. Umso wichtiger ist es, bereits frühzeitig im Sekundarbereich I anhand von Beispielen diese Urteilsfähigkeit einzuüben und die Schülerinnen und Schüler in die Lage zu versetzen, etwaige Eingriffe eigenständig bewerten und autonome Entscheidungen treffen zu können. Dabei erscheint die Kartoffel als exemplarisches Beispiel für die Grüne Gentechnik besonders geeignet, da die an ihr durchgeführten gentechnischen Veränderungen sich auf verschiedene Bereiche erstrecken und den Schülerinnen und Schülern damit ein großes Zusammenhangswissen zur Bedeutung der Kartoffel in der Lebensmittel- und technischen Industrie und zu unterschiedlichen Ansätzen und Zielvorstellungen der Gentechnik vermittelt werden kann. So finden sich Veränderungen an der Kartoffel zum Zwecke der Verbesserung ihrer Nahrungsmittelqualität, zur Optimierung ihres Status als nachwachsender Rohstoff im Zusammenhang mit der industriellen Verarbeitung von Stärke, zur Verbesserung ihrer Resistenz gegenüber Schädlingen und Krankheiten und zum Zwecke der Erzeugung von Impfstoffen.

Bezug zu den niedersächsischen Kerncurricula Biologie

Die Einheit zur gentechnisch veränderten Kartoffel kann sowohl in der Realschule als auch im Gymnasium durchgeführt werden. Im Kerncurriculum für die Realschule wäre die Einheit im Doppeljahrgang 9/10 zu verorten. Hier bieten sich Anknüpfungspunkte z. B. in den Themenfeldern „Vererbung“ oder „Eingriffe des Menschen in den Naturhaushalt“ an. Im Kerncurriculum für das Gymnasium wäre die Einheit ebenfalls im Doppeljahrgang 9/10 einzuordnen. Hier bieten sich Anknüpfungspunkte bei den Themenaspekten „Aspekte der Genetik“ oder „Ökologie“ an.

Die fachlichen Informationen zu den gentechnischen Veränderungen der Kartoffel sind in dieser Einheit einfach gehalten. In jedem Fall sollten die Schülerinnen und Schüler jedoch zum Zeitpunkt der Durchführung der Einheit sowohl über ein genetisches als auch über ein ökologisches Grundlagenwissen verfügen. Ihnen sollten also Gene in ihrer Funktion als Codierungseinheiten für Proteine auf der DNA bekannt sein und sie sollten ein grundlegendes Verständnis für Wechselbeziehungen in einem Ökosystem haben.

Eine Auflistung der in dieser Einheit explizit geförderten Kompetenzen ist in Kapitel 6.4 zu finden.

6.2 Unterrichtsmethode

Als Methode wurde eine Form des Stationenlernens gewählt, um ein selbstständiges und eigenverantwortliches Lernen zu ermöglichen, das unterschiedliche Lerntypen anspricht und in der Vielfalt seiner Zugänge neben der Verbesserung des Fachwissens sowohl Wege der Erkenntnisgewinnung und adressatengerechte Kommunikation als auch die Fähigkeit des reflektierten Bewertens fördert.

Die Stationen sind in einer Lernstraße angeordnet und sollten daher unter Einhaltung der Reihenfolge durchlaufen werden, damit ein aufeinander aufbauendes, vernetztes Lernen ermöglicht wird. Empfohlen wird eine Bearbeitung der Stationen in fünf Kleingruppen von jeweils ca. fünf Schülerinnen und Schülern. Um paralleles Arbeiten zu gewährleisten, empfiehlt sich die mehrfache Bereitstellung der jeweiligen Materialien. An den Stationen 1 und 2 wird experimentell mit einem Bunsenbrenner gearbeitet, so dass sich die Lehrkraft je nach dem experimentellen Erfahrungsgrad der Lerngruppe evtl. in Reichweite dieser Stationen als Aufsichtsperson aufhalten sollte. Die Blätter zu den einzelnen Stationen dienen als Kopiervorlage. Eine Mappe mit Arbeitsaufträgen zu den einzelnen Stationen wird jeder Schülerin und jedem Schüler zu Beginn des Stationenlernens zugeteilt. Für alle zugänglich sollte ein zentraler Büchertisch mit Informationsmaterialien (z. B. die unten angegebene Literatur, Biologiebücher etc.) eingerichtet werden.

Stationenübersicht

Station 1: Starke Kartoffeln

An dieser Station werden eigenständig Nachweisversuche konstruiert. Aus Kartoffeln gewonnene Kartoffelstärke wird gefärbt und ungefärbt unter dem Mikroskop betrachtet und die unterschiedliche Färbungsreaktion der beiden Stärkeformen Amylose und Amylopektin phänomenologisch untersucht. Die Schülerinnen und Schüler fertigen Zeichnungen an und stellen Vermutungen darüber auf, worin unterschiedliche Färbungsreaktionen begründet liegen könnten.

Material: einige Kartoffeln, Messer, Mikroskop, Objektträger, Deckgläschen, Filtrierpapier, Pipette, 2 Reagenzgläser, Reagenzglashalter, Bunsenbrenner, Thermometer, Lugolsche Lösung, Amylose, Amylopektin, Kopiervorlage: Station 1

Station 2: Klebrige Kartoffeln

Im Mittelpunkt dieser Station steht die selbstständige Herstellung eines Klebstoffs (Dextrin) aus Kartoffelstärke, welche die Schülerinnen und Schüler ebenfalls zuvor selbst aus Kartoffeln gewinnen. In einer ersten offenen Meinungsrunde formulieren sie Fragen zur gentechnischen Veränderung von Kartoffeln und ihre Voreinstellungen zur Grünen Gentechnik und visualisieren dazu ihre Meinungskärtchen an der bereitstehenden Stellwand unter Verwendung des selbst hergestellten Klebstoffs.

Material: einige Kartoffeln (alternativ kann fertige Kartoffelstärke verwendet werden), Reibe, 4 Bechergläser (250ml), Leinentuch, Abdampfschale, Bunsenbrenner, Dreifuß, Spatel, Glasstab, Keramikdrahtnetz, Stellwand mit angeheftetem großen Papierbogen, Karteikarten, dicke Stifte, Kopiervorlage: Station 2

Station 3: Ziele der gentechnischen Veränderungen an der Kartoffel

Die Schülerinnen und Schüler beschäftigen sich mit unterschiedlichen Intentionen der gentechnischen Veränderung an Kartoffeln. Hauptziele sind dabei eine verbesserte Rohstoffproduktion, eine gezielte Ertragssteigerung, die Reduktion von chemischen Pflanzenschutzmitteln und die Optimierung als Nahrungsmittel. Aktuell rücken Kartoffeln auch im Rahmen des so genannten Molecular Pharming als potenzielle Impfstofflieferanten in den Fokus des Interesses.

Material: Kopiervorlagen: Station 3

Station 4: Zulassungen, Anbau, Freisetzungsversuche

Hier recherchieren die Schülerinnen und Schüler eigenständig auf vorgegebenen Internetseiten den Stand der Zulassungen und des Anbaus gentechnisch veränderter Kartoffeln in der BRD, in der EU und in den USA sowie den aktuellen Stand der Freisetzungsversuche dieser Kartoffeln in Deutschland.

Material: blickdichter Beutel mit sechs Kärtchen mit folgenden Aufschriften: 1. Amylosefreie Kartoffel, 2. Fruktankartoffel, 3. Zeaxanthinkartoffel, 4. Krankheitsresistente Kartoffeln, 5. Kartoffeln als Pharmapflanzen, Computerzugang, fünf Plakate, dicke Stifte, Kopiervorlage: Station 4

Station 5: Risiken, unkontrollierbare Auswirkungen, Gefahren

An dieser Station setzen die Schülerinnen und Schüler sich kritisch mit potenziellen ökologischen Risiken freigesetzter gentechnisch veränderter Kartoffeln auseinander. Gleichzeitig nehmen sie Stellung zu zerstörerischen Protestaktionen von Gentechnik-Gegnern und werden aufgefordert, andere Vorschläge zu machen, um einer kritischen Haltung Ausdruck zu verleihen und konstruktive Informationsarbeit zu leisten.

Materialien: ansprechend gestalteter Karton mit Schlitz, Blanko-Papier, Stifte, Kopiervorlage: Station 5

Station 1: Starke Kartoffeln

Kartoffeln enthalten neben Wasser (ca. 75%), Eiweißen, Ballaststoffen, Mineralstoffen und Vitaminen (zusammen etwa 5%) vor allem **Stärke** (etwa 20%).

Betrachtung 1:

Kartoffelstärke kann sichtbar gemacht werden! Überlege dir ein Vorgehen, wie du die Kartoffelstärke unter dem Mikroskop betrachten kannst. Fertige ein Protokoll deines Vorgehens und eine Zeichnung davon an, was du unter dem Mikroskop siehst.

Betrachtung 2 (Nachweis):

Nun erinnere dich: Lugolsche Lösung ist ein Nachweis für Stärke. Zeige nun selbst, dass Kartoffeln Stärke enthalten. Die notwendigen Materialien dafür liegen an dieser Station bereit. Fertige wiederum ein Protokoll deines Vorgehens und eine Zeichnung davon an, was du unter dem Mikroskop siehst. Wichtig ist, dass jede/r einzelne nach Durchführung der beiden Betrachtungen zwei Versuchsprotokolle und zwei beschriftete Zeichnungen selbstständig angefertigt hat.

Betrachtung 3:

Es gibt zwei verschiedene Formen von Stärke in der Kartoffel, die in unterschiedlichen Anteilen vorliegen: **Amylose** (20-30%) und **Amylopektin** (70-80%).

In einem weiteren Versuch könnt ihr untersuchen, ob Amylose und Amylopektin gleiche oder unterschiedliche Eigenschaften zeigen.

Vorgehen

1. Füllt in zwei Reagenzgläser jeweils 5ml Wasser.
2. Füllt in das eine Reagenzglas eine Spatelspitze Amylose und in das andere Reagenzglas eine Spatelspitze Amylopektin und löst es durch vorsichtiges Schütteln jeweils gut auf.
3. Erhitzt die beiden Reagenzgläser über dem Bunsenbrenner auf ca. 60° Celsius (Thermometer benutzen) und lasst beide Reagenzgläser im Reagenzglashalter abkühlen.
4. Gebt in beide Reagenzgläser jeweils 2-3 Tropfen Lugolsche Lösung.

Station 2: Klebrige Kartoffeln



Stärke ist zum einen ein wichtiger Nahrungsbestandteil, zum anderen übernimmt sie auch bei der industriellen Herstellung von z. B. Papier, Wellpappen, Kunststoffen und vor allem Klebstoffen eine wichtige Rolle. Damit kommt der Kartoffel als „nachwachsender Rohstoff“ eine wichtige Bedeutung zu. An der vorherigen Station habt ihr die beiden unterschiedlichen Stärkeformen kennen gelernt. Für die Ernährung sind beide Stärkeformen gleich gut verwertbar, für die industrielle Herstellung ist insbesondere das Amylopektin von großer Bedeutung.

Habt ihr schon einmal mit einer Kartoffel etwas geklebt?

Die notwendigen Materialien dafür liegen an dieser Station bereit.

Lest euch die Versuchsanleitung erst vollständig durch und geht dann Schritt für Schritt vor.

Vorgehen:

1. Reibt eine Kartoffel auf der Reibe klein und schüttet sie in ein Becherglas.
2. Füllt das Becherglas mit Wasser auf und rührt alles gut durch.
3. Filtriert das Gemisch durch das Leinentuch in ein weiteres Becherglas.
4. Das überstehende Wasser wird abgegossen, der weiße Bodensatz – die Kartoffelstärke – wird in einer Abdampfschale über dem Bunsenbrenner getrocknet. Für die folgenden Schritte braucht ihr nur ca. 10 Spatel Stärke, den Rest könnt ihr in ein weiteres Becherglas füllen.
5. Erhitzt die 10 Spatel Kartoffelstärke vorsichtig unter stetem Rühren in der Abdampfschale. Vorsicht: Stärke nicht verkohlen lassen!
6. Wird das Stärkepulver gelblich, nehmt es vom Feuer und lasst es abkühlen.
7. Verrührt in einem sauberen Becherglas etwas von dem Pulver mit ein wenig Wasser.
8. Der Klebstoff ist jetzt gebrauchsfertig. Benutzt ihn, um eure ausgefüllten Karteikarten an die Stellwand zu kleben. Ordnet die Karten dabei nach sinnvollen Zusammenhängen.

Station 3: Ziele der gentechnischen Veränderungen an der Kartoffel

Informationsblätter

Die Kartoffel als optimierter Stärkelieferant

Kartoffeln lieferten im Jahre 2005 zu 65% den Rohstoff für die Stärkeproduktion in Deutschland, Weizen lieferte 20% und Mais 15%. Solche „nachwachsenden Rohstoffe“ sind besonders wertvoll, da ihre Reserven sehr groß sind.

Für die industrielle Verarbeitung der Stärke ist das Amylopektin von besonderer Bedeutung.

Um aus Kartoffeln diese begehrte Stärkeform zu gewinnen, sind jedoch aufwendige, teure und Energie verbrauchende Trennverfahren physikalischer, chemischer oder enzymatischer Art notwendig, die mit einer hohen Abwasserbelastung einhergehen.

Mit gentechnischen Veränderungen können amylosefreie Kartoffeln hergestellt werden, so dass die aufwendigen Trennverfahren überflüssig werden.

Für die Bildung von Amylose ist unter anderem ein bestimmtes Enzym notwendig – die Stärkesynthetase. Durch die sog. Antisense-Technik kann die Herstellung dieses Enzyms unterbunden werden – als Folge kann auch keine Amylose synthetisiert werden. Dazu wird ein bestimmtes Gen in die Pflanzenzelle eingeschleust, das blockierend in den Herstellungsprozess eines bestimmten Proteins – in diesem Fall der Stärkesynthetase – eingreift.

Als Folge entstehen Kartoffeln, die ausschließlich Amylopektin als Stärke enthalten.

Die Kartoffel als optimiertes Nahrungsmittel

Unter *functional food* versteht man Nahrungsmittel, die mit zusätzlichen Inhaltsstoffen ausgestattet werden, von denen man sich eine positive Wirkung auf die Gesundheit verspricht. Eine Möglichkeit, solch *functional food* herzustellen, besteht auch in einer gentechnischen Arbeitsweise. Dabei werden z. B. Gene, die für die Herstellung gewünschter Zusatzstoffes zuständig sind, in die Pflanzenzelle eingeschleust. Auf diese Weise soll in der jeweiligen Pflanze der gewünschte gesundheitsfördernde Stoff produziert werden.

Es gibt verschiedene Ansätze, auch die Kartoffel auf diese Art und Weise gentechnisch zu verändern. Dazu zählt insbesondere die Anreicherung der Kartoffel mit Fruktan und Zeaxanthin. Zeaxanthin z. B. wird zwar generell in Kartoffeln produziert, jedoch enzymatisch umgewandelt, so dass es nicht für den menschlichen Körper zur Verfügung steht. Eine gentechnische Veränderung blockiert dieses Enzym, was dazu führt, dass sich Zeaxanthin in bis zu 130fach erhöhter Konzentration in der Kartoffel anreichert.

Die Übertragung von zwei Genen aus der Artischocke führt dazu, dass die Kartoffel Inulin bzw. Fruktan produziert, dem eine gesundheitsfördernde Wirkung zugeschrieben wird.

Die gegen Krankheitserreger resistente Kartoffel I

Pilzerkrankungen

Ertragseinbußen durch z. B. Pilze und Bakterien sind auch bei Kartoffeln ein großes Problem.

Der Algenpilz *Phytophthora infestans* sorgt bei der Kartoffel für die so genannte Kraut- und Knollenfäule und ist verantwortlich für weltweit bis zu 20% Ernteeinbußen und damit für Verluste von bis zu drei Milliarden Euro.

Liegt ein Befall von *Phytophthora* vor, bilden sich zunächst an den Blatträndern der Kartoffelpflanze grau-grüne, später braune Verfärbungen und auf der Unterseite der Blätter eine weiße Pilzschicht. Die Blätter gehen ein. Wie auch andere Pilze verbreitet sich *Phytophthora* über Sporen, die in das Pflanzengewebe eindringen. Mit dem Wind werden diese Pilzsporen weiter verbreitet und bei Regenfall in den Boden gespült. Dort befällt er dann auch die Kartoffelknollen und sorgt für fleckige, nicht mehr essbare Kartoffeln.

Phytophthora überwintert in den Knollen und auf diesem Weg kann eine einzige befallene Knolle zu einem Pilzbefall im gesamten Kartoffelbestand führen. Ein Beispiel aus der Geschichte zeigt, welche verheerenden Auswirkungen der Pilz auf die Ernährung der Bevölkerung haben kann. Mitte des 19. Jahrhunderts vernichtete *Phytophthora* in Irland mehrere Jahre nacheinander beinahe die gesamte Kartoffelernte des Landes. Als Folge starben bei der dadurch ausgelösten Hungerkatastrophe ca. eine Million Menschen, zwei weitere Millionen wanderten nach Australien und Nordamerika aus.

Der Pilz ist sehr wandlungsfähig, so dass bislang der Versuch, durch Kreuzungen resistente Kartoffeln zu erhalten, nicht sehr erfolgreich war. Daher wird *Phytophthora* meist durch den Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel (Fungizide) bekämpft.

Ein gentechnisch induzierter Schutz soll hier Abhilfe schaffen und den Einsatz von Fungiziden reduzieren. Dazu wird ein Gen des Bodenbakteriums *Bacillus amyloliquefaciens* genutzt, welches für das Enzym Barnase codiert. Dieses Enzym führt durch RNA -Abbau in der Pflanzenzelle zum Tod dieser Zelle. Damit aber nur die mit dem Pilz infizierten Stellen der Pflanze von dieser Wirkung betroffen sind, wird das Gen für Barnase mit dem genetischen Schalter (Promotor) des pflanzeigenen Abwehrgens verknüpft. Dieser Schalter aktiviert das Gen ausschließlich in den betroffenen, also vom Pilz befallenen Zellen. Der Infektionsherd wird so an der Ausbreitung gehindert, indem dem Pilz durch den Zelltod die Nahrungsgrundlage entzogen wird. Die abgestorbenen Pflanzenzellen an der Infektionsstelle wirken zudem wie eine Barriere, mit der der Pilz am Weiterwachsen gehindert wird. Es zeigte sich jedoch, dass Barnase auch an anderen Stellen außer den Infektionsstellen aktiv werden kann. Daher wurde ein zweites Gen übertragen, welches ebenfalls aus dem Bakterium *Bacillus amyloliquefaciens* stammt, ständig aktiv ist und das Barnase-Gen blockiert. Erst eine Pilzinfektion und die Aktivierung des Promoters führen zu einer sehr hohen Produktion von Barnase und damit zum erwünschten Zelltod.

Die gegen Krankheitserreger resistente Kartoffel II

Bakterielle Erkrankungen

Eine weitere Erkrankung der Kartoffeln ist die Knollennassfäule, die durch das Bakterium *Erwinia carotovora* hervorgerufen wird. Ist das Bakterium erst einmal durch die Schale eingedrungen, wird das Kartoffelgewebe schnell zu halbflüssigem, fauligem Brei zersetzt und die Kartoffeln sind nicht mehr zum Verzehr geeignet. Dabei wird wiederum ein Eigenschutz der Kartoffel aktiviert: Die Kartoffel zerstört eigene gesunde Zellen und bildet eine Schutzschicht aus abgestorbenen Zellen, was der Abwehr der Bakterien dient.

Eine gentechnisch induzierte Veränderung an der Kartoffel soll gegen den Bakterienbefall wirken: Es wurde die so genannte T4-Lysozym-Kartoffel entwickelt. Dieser Kartoffel wurden zwei Gene künstlich zugesetzt. Zum einen ein aus dem Virus T4 stammendes Gen, das die Synthese von Lysozym bewirkt. Lysozym ist ein Enzym, das die Zellwand von Bakterien zersetzt und diese damit zerstört. Lysozym ist z. B. auch im menschlichen Speichel enthalten. Auf diese Art modifizierte Kartoffeln produzieren also selbst einen antibakteriellen Stoff, der Schutz vor den Bakterien bietet. Ein weiteres - aus der Gerste stammendes und in die Kartoffel eingebrachtes - Gen codiert für ein Protein, das dafür sorgt, dass das Lysozym aus der Zelle in den Zellzwischenraum transportiert wird, wo *Erwinia* als erstes für Schäden sorgt. Mit diesen beiden zugesetzten Genen soll die Kartoffel gegen bakterielle Schäden geschützt werden. Der erhoffte Erfolg dieser Veränderungen war jedoch nicht groß genug, um eine Vermarktung weiterhin anzustreben und die Hürden für die Zulassungen anzugehen. So blieb es bei der Herstellung und experimentellen Prüfung der T4-Lysozym Kartoffel.

Die Kartoffel als Pharmapflanze

Im so genannten Molecular Pharming geht es darum, Pflanzen durch gentechnische Veränderungen als Produzenten für Impfstoffe und andere medizinisch wirksame Stoffe zu nutzen. Dabei werden die Gene, die für den gewünschten Stoff codieren, in die jeweilige Pflanze übertragen und die gewonnenen Produkte werden aus der Pflanze extrahiert und gereinigt. Die Herstellung von Pharmaprodukten durch die gentechnische Veränderung von Mikroorganismen ist bereits seit langer Zeit ein standardisiertes Verfahren – so z. B. in der Insulingewinnung durch das gentechnisch veränderte Bakterium *E. coli*. Die Produktionsstätten auch auf Pflanzen auszudehnen, ist eine neue Überlegung.

Des Weiteren sind Ansätze in der Diskussion, durch den direkten Verzehr von gentechnisch veränderten Pflanzen, die Impfstoffe enthalten, einen Impfschutz bei Mensch oder Tier zu erzielen. Diese Ansätze stecken jedoch noch in den Anfängen.

Die Kartoffel im Speziellen wird als Produktionspflanze für Impfstoffe gegen Hepatitis B, gegen Reisedurchfall und gegen einen bestimmten Virus (Norwalkvirus) in den USA ausgiebig beforscht und modifiziert. In Deutschland laufen Freisetzungsversuche mit Kartoffellinien zur Produktion von Immunisierungsmedikamenten gegen Cholera und zur Erzeugung eines Impfstoffes gegen eine Kaninchenseuche.

Kopiervorlage

Station 4: Zulassungen, Anbau, Freisetzungsversuche

An dieser Station stehen folgende Fragen im Vordergrund:

- 1) Sind die an den vorherigen Stationen kennengelernten gentechnisch modifizierten Kartoffeln
 - a) in Deutschland,
 - b) in der EU,
 - c) in den USA

zugelassen und werden sie angebaut und vertrieben?

- 2) Recherchiert den Stand der Freisetzungsversuche der jeweiligen gentechnisch veränderten Kartoffeln in Deutschland.

Aufgabe:

Jede Gruppe zieht ein Kärtchen aus dem Beutel. Zu der gezogenen Kartoffellinie recherchiert ihr selbstständig die oben angegebenen Fragen 1) und 2).

Stellt eure Ergebnisse übersichtlich auf einem Plakat dar.

Nutzt für eure Recherche die folgenden Internetseiten:

<http://www.transgen.de/datenbank/pflanzen/44.kartoffel.html>

<http://www.biosicherheit.de/de/kartoffel/>

http://www.bvl.bund.de/cln_007/nn_491798/DE/06_Gentechnik/07_Anbau/01_Standortregister/standortregister.html

Station 5: Risiken, unkontrollierbare Auswirkungen, Gefahren

Informationsblatt

So groß die Hoffnungen auch sind – die Freisetzung genetisch veränderter Organismen bringt auch potenzielle, nur schwer kalkulierbare Risiken mit sich. So wird z. B. eine unkontrollierte Ausbreitung der neuen Genkonstrukte befürchtet, was zu Resistenzentwicklungen bei Unkräutern und Schädlingen führen kann, gleichzeitig werden negative Effekte auf Wasser und Boden, auf Nichtzielorganismen und das jeweilige Ökosystem befürchtet sowie eine Bedrohung der Artenvielfalt. Als weiterer unkalkulierbarer Faktor sind die gesundheitlichen Risiken für den Menschen zu nennen durch z. B. ein erhöhtes Allergierisiko sowie die etwaige Produktion toxischer (giftiger) und mutagener (krebserregender) Stoffe in den gentechnisch veränderten Organismen.

Bei der Kartoffel werden vor allem folgende potenzielle negative Entwicklungen befürchtet und in zahlreichen Freisetzungsversuchen im Rahmen der Sicherheitsforschung untersucht:

- Welche Auswirkungen haben die Zeaxanthinkartoffel und die Fruktankartoffel auf das Bodenleben und die Bodenqualität und damit auf die im Boden lebenden Mikroorganismen (Pilze und Bakterien) bedingt durch veränderte Stoffwechselfausscheidungsprodukte der Kartoffel?
- Die Fruktan-Kartoffel besitzt zudem einen erhöhten Gehalt an löslichen Zuckern. Welche Auswirkungen hat das auf ihre Fraßfeinde (vor allem den Kartoffelkäfer) und die Bakterien, die Kraut- und Knollenfäule auslösen? Und im Umkehrschluss: Welche Auswirkungen hat das wiederum auf die Kartoffel selbst? Ist sie anfälliger für Schädlinge?
- Sind Fruktan-Kartoffeln kältetoleranter, können damit besser überwintern und dienen evtl. als Reservoir für Viren? Ist mit einer vermehrten Unkrautbildung (Unkrautkartoffeln) zu rechnen?

Aufgrund dieser und anderer potenzieller ökologischer Risiken und Störungen im ökologischen Gleichgewicht gibt es auch zahlreiche, vehemente Gegner der Grünen Gentechnik.

„Öl-Attacke auf Kartoffel-Versuchsfeld

Auf Gut Roggenstein bei Olching im Landkreis Fürstfeldbruck [Bayern] ist erneut ein Freisetzungsfeld mit gentechnisch veränderten Kartoffeln zerstört worden. In der Osternacht haben Unbekannte Mineralöl auf einer etwa fünfzig Quadratmeter großen Versuchsfläche ausgebracht. Dort sollte untersucht werden, welche Auswirkungen ein Anbau von gentechnisch veränderten Kartoffeln auf die Bodenqualität hat. Das Projekt wird im Rahmen des Programms zur Biologischen Sicherheitsforschung vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert (...)

(Quelle: <http://www.biosicherheit.de/de/aktuell/493.doku.html>)

- 1.) Diskutiert in der Gruppe darüber, wie die Aktion auf dem Kartoffel-Versuchsfeld zu beurteilen ist.

- 2.) Sammelt Vorschläge, welche Maßnahmen, Aktionen, Möglichkeiten euch neben einer solchen Öl- Aktion einfallen, wenn man als kritischer Betrachter der Grünen Gentechnik aktiv werden will und auf mögliche Gefahren aufmerksam machen will.
Was könntet ihr konkret an eurer Schule machen?

Arbeitsblätter „Vom Erdapfel zur Genkartoffel?“

Name:

Gruppe:

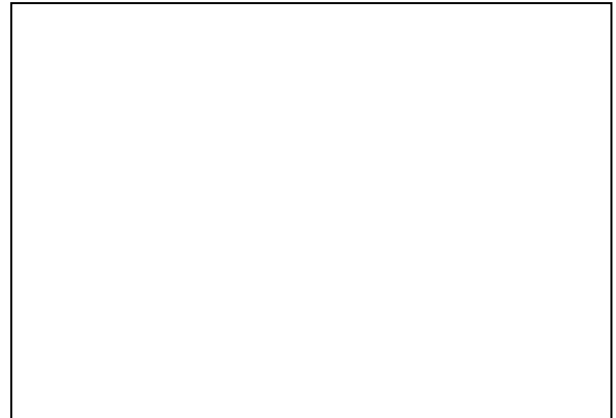
Klasse:

Datum:

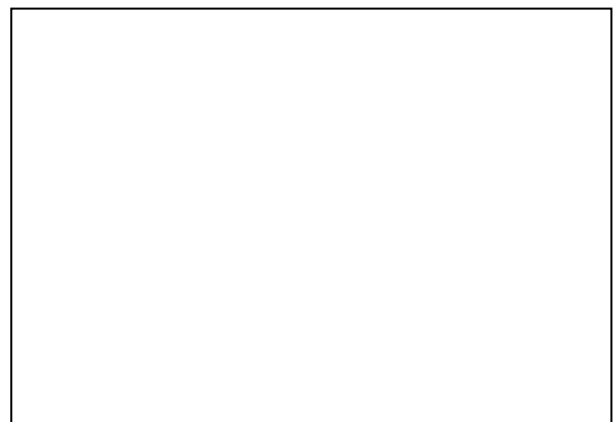
Station 1:

**Fertige ein Protokoll zu deiner Vorgehensweise
bei der Betrachtung 1 an:**

Zeichnung zu Betrachtung 1:



Zeichnung zu Betrachtung 2:



Fertige ein Protokoll zu deiner Vorgehensweise bei der Betrachtung 2 (Nachweis) an:

Aufgaben zu Betrachtung 3:

- 1.) Notiere, was du in dem Glas mit Amylose und was in dem Glas mit Amylopektin beobachtest.
- 2.) Formuliere eine Hypothese, die deine Beobachtungen erklärt?

| | Beobachtung | Hypothese, die die Beobachtung erklären könnte |
|----------------------|-------------|--|
| Glas 1 (Amylose) | | |
| Glas 2 (Amylopektin) | | |

Station 2:

Notiere hier Ideen, woher man Informationen über gentechnisch veränderte Pflanzen und Nahrungsmittel finden könnte (welche Institutionen, Organisationen etc.) Überlegt, welche Experten ihr einladen könntet, um Fragen rund um die so genannte *Grüne Gentechnik* zu beantworten.

Station 3:

1.) Du hast zwei Kartoffeln vor dir liegen. Entwickle eine Versuchsdurchführung mit der du herausfinden kannst, bei welcher es sich um eine unveränderte und bei welcher um eine gentechnisch veränderte, amylosefreie Kartoffel handelt.

2.) Vervollständige die vorliegende Tabelle. Nutze dabei den Informationsbüchertisch und/oder das Internet.

| | Was ist das? | Welche Funktion übernimmt es im menschlichen Körper? |
|------------|--------------|--|
| Fruktan | | |
| Zeaxanthin | | |

3.) Verfasse einen kurzen, zusammenhängenden Informationstext, der die Hoffnungen und Chancen der gentechnischen Veränderungen an der Kartoffel skizziert.

Station 4:

Vervollständige im Laufe des Stationenlernens die folgende Tabelle mit den zentralen Informationen.

Du kannst immer wieder an Station 4 nachschauen, was die anderen Gruppen bezüglich der verschiedenen gentechnisch veränderten Kartoffeln herausgefunden haben.

| | Zulassung und Anbau | | | Beispiele für Freisetzungsversuche BRD |
|---------------------------------|---------------------|----|-----|--|
| | BRD | EU | USA | |
| Amylosefreie Kartoffel | | | | |
| Fruktan-Kartoffel | | | | |
| Zeaxanthin-Kartoffel | | | | |
| Krankheitsresistente Kartoffeln | | | | |
| Kartoffeln als Pharmapflanzen | | | | |

Station 5:

1. Diskutiert in der Gruppe die Aktion auf dem Kartoffelversuchsfeld. Entscheidet dabei in der Gruppe, wie eine gelingende Diskussion geführt werden soll, damit am Ende jeder als Ergebnis in der nachfolgenden Tabelle Pro-und Contra-Argumente eintragen kann. Bestimmt also z. B. einen Zeitwächter, einen Moderator, einen Protokollanten und entscheidet, ob jeder gemäß seinen eigenen Vorstellungen argumentieren soll, oder ob ihr die Gruppe in Pro-und Contra-Argumente-Sammler unterteilt.

Folgendermaßen lässt sich die Öl-Protest-Aktion auf dem Kartoffelversuchsfeld beurteilen:

| Pro-Argumente | Contra-Argumente |
|---------------|------------------|
| | |

2. Sammelt eure Ideen bezüglich möglicher Aktionen und Maßnahmen (im Allgemeinen und im Speziellen an eurer Schule) auf Zetteln, die in den an dieser Station stehenden Karton geworfen werden.

Notiert auch an dieser Stelle erste eigene Ideen, in einer späteren Auswertungsphase könnt ihr die Liste ergänzen:

| | | |
|--|--|--|
| | | |
| | | |

Hintergrundinformationen zu den Stationen für die Lehrkraft

In dem Arbeitsmaterial wird auf bereits bestehende Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler aufgebaut.

Folgende Informationen zu den einzelnen Stationen skizzieren die erwarteten Lösungen, Lösungswege und Denkprozesse der Schülerinnen und Schüler:

Station 1

Das Vorgehen bei den beiden Betrachtungen sieht folgendermaßen aus:

1. Man zerschneidet die Kartoffel mit dem Messer.
2. Man schabt an der frischen Schnittstelle etwas von der Kartoffel ab und überführt es auf einen Objektträger.
3. Man deckt das Präparat mit einem Objektträger ab und mikroskopiert bei eng gestellter Blende. Eine Zeichnung wird angefertigt.
4. Man pipettiert einen Tropfen Lugolsche Lösung neben das Präparat und saugt es mit Hilfe des Filtrierpapiers durch. Eine erneute Zeichnung wird angefertigt.

Die Stärke liegt in Kartoffeln in Form von freien Stärkekörnern vor, ähnlich wie bei Weizen, Hafer oder Bohnen. Im Mikroskop sind diese Stärkekörner in elliptischer Form übereinander liegend zu erkennen. Gibt man Lugolsche Lösung hinzu, lagern sich Jod-Moleküle in die Stärkemoleküle ein, wodurch eine tiefblaue Färbung entsteht. Bei der Färbung wird zunächst der Eindruck der Schichtung verstärkt, verschwindet dann jedoch aufgrund der dunkler werdenden Färbung.

| | Beobachtung | Hypothese, die die Beobachtung erklären könnte |
|----------------------|--|--|
| Glas 1 (Amylose) | unter Zugabe von Jod verfärbt sich Amylose blau | Die Moleküle von Amylose und Amylopektin müssen unterschiedlich aufgebaut sein bzw. unterschiedlich miteinander verknüpft sein, so dass es zu einer unterschiedlichen Jod-Einlagerung kommt. |
| Glas 2 (Amylopektin) | unter Zugabe von Jod verfärbt sich Amylopektin violett bis hellbraun | |

Station 2

Durch das Erhitzen werden sowohl die Amylose- als auch die Amylopektinmoleküle zu kurzkettigen Dextrinen gespalten. Bedingt durch diese Spaltung kann Wasser aufgenommen werden, was ohne Erhitzung aufgrund der schraubigen und verzweigten Struktur der Stärkemoleküle nicht möglich war.

Station 3

1.) In einem selbst konstruierten Versuch zur Überprüfung, bei welcher Kartoffel es sich um die amylosefreie Kartoffel handelt, müsste aus den beiden Kartoffeln jeweils gewonnene Stärke mittels Jodlösung auf die entstehende Färbung hin untersucht werden. Die Kartoffelstärke, die noch Amylose enthält, verfärbt sich dabei dunkler und bläulicher als die reine Amylopektin-Kartoffelstärke.

2.)

| | Was ist das? | Welche Funktion übernimmt es im menschlichen Körper? |
|------------|---|--|
| Fruktan | Kohlenhydrat / Ballaststoff (unverdaulich) aus Fructose-Molekülen | Fruktan wird zu den so genannten Probiotika gezählt; erst im Dickdarm befindliche Bakterien (Bifidobakterien) besitzen das nötige Enzym zum Abbau des Fruktans; dabei entstehen Milchsäure, Essigsäure und andere kurzkettige Fettsäuren von geringem Brennwert; die daraus resultierende Absenkung des pH-Werts im Dickdarm soll die Vermehrung pathogener Bakterien hemmen; zudem soll die Aufnahme von Mineralstoffen durch Probiotika im Dickdarm gefördert werden |
| Zeaxanthin | Carotinoid | Zeaxanthin ist Bestandteil der Makula auf der Netzhaut; von der erhöhten Aufnahme von Zeaxanthin erhofft man sich eine Vorbeugung der Makula-Degeneration (häufigste Ursache von Erblindung) |

Station 4

| | Zulassung und Anbau | | | Beispiele. für Freisetzungsversuche BRD |
|---------------------------------|--|--|---|--|
| | BRD | EU | USA | |
| Amylosefreie Kartoffel | kein kommerzieller Anbau | Antrag auf Zulassung als Rohstofflieferant (Schweden); des Weiteren Antrag auf Zulassung als Lebens-/Futtermittel (Großbritannien); Markteinführung geplant für 2008 | kein kommerzieller Anbau | seit 1993; 2007/08 großflächige Freisetzungsversuche der Amflora-Kartoffel |
| Fruktan-Kartoffel | kein kommerzieller Anbau; Markteinführung wird heute nicht mehr angestrebt | | kein kommerzieller Anbau | 2001-2004 verschiedene Freisetzungsversuche in Norddeutschland (z. B. Brandenburg u. Berlin) |
| Zeaxanthin-Kartoffel | kein kommerzieller Anbau; Markteinführung wird heute nicht mehr angestrebt | | kein kommerzieller Anbau | 2005-2007 verschiedene Freisetzungsversuche in Süddeutschland (z. B. Bayern) |
| Krankheitsresistente Kartoffeln | kein kommerzieller Anbau | kein kommerzieller Anbau | Zulassung von 4 gentechnisch veränderten Sorten, die Toxine gegen Kartoffelkäfer produzieren; 2 davon mit zusätzlicher Resistenz gegen Viren; der Anbau wurde 2001 wieder eingestellt | seit 2006 Freisetzungsversuche mit resistenten Kartoffeln gegen den Pilz Phytophthora; 1995-2002 verschiedene Freisetzungsversuche mit der T4-Lysozym-Kartoffel in Norddeutschland |

| | | | |
|-------------------------------|--------------------------|---|---|
| Kartoffeln als Pharmapflanzen | kein kommerzieller Anbau | kein kommerzieller Anbau (aber klinische Prüfphase) | seit 2006 (-2008) in Rostock Freisetzungsversuche mit Kartoffeln zur Impfstoffproduktion gegen Cholera und eine Kaninchenseuche |
| | | | 1989-2008: insgesamt 70 Freisetzungsversuche in der BRD) |

Station 5

- 1.) Die Schülerinnen und Schüler wägen potenzielle Pro- und Contra-Argumente der Öl-Aktion gegeneinander ab. So wird durch die Aktion zwar auf die möglichen Gefahren einer Freisetzung gentechnisch veränderter Kartoffeln in der Öffentlichkeit aufmerksam gemacht und ein öffentliches Zeichen gesetzt. Gleichzeitig wird jedoch die notwendige Sicherheitsforschung blockiert, was nicht zu den notwendigen hieb- und stichfesten Ergebnissen bezüglich möglicher Gefahren, sondern vielmehr nur zu weiteren finanziellen Ausgaben und möglichen ökologischen Schäden durch das Öl führt.

- 2.) Mit dieser offenen Aufgabe sollen die Schülerinnen und Schüler in ihrer Reflexions- und Handlungsfähigkeit, gegebenenfalls auch in ihrer Partizipationsfähigkeit, gestärkt werden. Es besteht die Möglichkeit, dass sich Motivation, Interesse und Aktionswillen auf Seiten der Schülerinnen und Schüler entwickelt und sich Ideen für ein späteres Klassen- oder Schulprojekt herauskristallisieren. Potenzielle Ideen der Schülerinnen und Schüler wären z. B.:
 - Gestaltung einer Informationsbroschüre über die Grüne Gentechnik,
 - Organisation einer Ausstellung oder eines Aktionstags zur Grünen Gentechnik,
 - Podiumsdiskussion mit Experten von Greenpeace o.ä. durchführen,
 - Meinungsumfragen zur Grünen Gentechnik in der Bevölkerung durchführen und auswerten.

6.3 Literatur

Freytag, K. (Hrsg.) (2007): Biologische Kurzversuche, Aulis Verlag Deubner, Köln

Renneberg, R. / Süßbier, D. (2006): Biotechnologie für Einsteiger, Spektrum Akademischer Verlag, München

Schöber-Butin, B. (2001): Die Kraut- und Braunfäule der Kartoffel und ihr Erreger Phytophthora infestans. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft. Heft 384. Herausgegeben von der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Parey Buchverlag, Berlin

<http://www.bba.de/veroeff/mitt/pdfs/mitt384.pdf>

<http://www.transgen.de/datenbank/pflanzen/44.kartoffel.html> [abgerufen: 28.2.2008]

<http://www.biosicherheit.de/de/kartoffel/> [abgerufen: 28.2.2008]

6.4 Zu erwerbende Kompetenzen

Kompetenzbereich **Fachwissen**

| Bildungsstandards | Gymnasium | | Realschule | |
|--|---|---|--|--|
| | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 8 | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 10 | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 8 | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 10 |
| Die Schülerinnen und Schüler ... | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> beschreiben und erklären Wechselwirkungen im Organismus, zwischen Organismen sowie zwischen Organismen und unbelebter Materie. (F 1.4) kennen und erörtern Eingriffe des Menschen in die Natur und Kriterien für solche Entscheidungen. (F 3.8) | <ul style="list-style-type: none"> erläutern einfache Veränderungen in einem Ökosystem. (FW 4.6) | <ul style="list-style-type: none"> erläutern die Auswirkungen menschlicher Eingriffe in Ökosysteme auf den Menschen selbst. (FW 3.2) beschreiben die Auswirkungen von Eingriffen des Menschen in Ökosysteme. (FW 4.6) | <ul style="list-style-type: none"> beschreiben die Folgen menschlichen Handelns auf die Entwicklung in einem Ökosystem. | <ul style="list-style-type: none"> beschreiben globale Veränderungen als Folge menschlichen Handelns. erläutern Züchtung und Gentechnik an einem Beispiel. |

Kompetenzbereich **Erkenntnisgewinnung**

| Bildungsstandards | Gymnasium | | Realschule | |
|--|---|---|---|--|
| | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 8 | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 10 | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 8 | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 10 |
| Die Schülerinnen und Schüler ... | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> planen einfache Experimente, führen die Experimente durch und/oder werten sie aus. (E 6) | <ul style="list-style-type: none"> unterscheiden zwischen Beobachtung und Deutung. (EG 1.1) erstellen eigenständig Versuchsprotokolle. (EG 2.5) | <ul style="list-style-type: none"> beschreiben komplexe Zusammenhänge strukturiert und sachgerecht. (EG 1.1) | <ul style="list-style-type: none"> beobachten nach ausgewählten Kriterien. werten Experimente hypothesenbezogen aus. führen ein Versuchsprotokoll. | <ul style="list-style-type: none"> deuten Versuche in Bezug auf den zugrunde liegenden Sachverhalt. |

| | | | | |
|---|---|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • mikroskopieren Zellen und stellen sie in einer Zeichnung dar. (E 1) | <ul style="list-style-type: none"> • zeichnen lichtmikroskopische Präparate unter Einhaltung von Zeichenregeln. (EG 1.4) • mikroskopieren einfache selbst erstellte Präparate. (EG 2.4) | | <ul style="list-style-type: none"> • mikroskopieren und fertigen Zeichnungen an. • stellen biologische Zeichnungen her. | |
| <ul style="list-style-type: none"> • führen Untersuchungen mit geeigneten qualifizierenden oder quantifizierenden Verfahren durch. (E 5) | <ul style="list-style-type: none"> • führen Untersuchungen und Experimente (auch Nachweisverfahren) mit qualifizierenden und quantifizierenden Verfahren eigenständig durch. (EG 2.3) | | <ul style="list-style-type: none"> • führen Untersuchungen nach Anleitung mit geeigneten qualifizierenden und quantifizierenden Verfahren durch. | |
| | | <ul style="list-style-type: none"> • suchen und benutzen verschiedene Quellen bei der Recherche naturwissenschaftlicher Informationen. (EG 4.1) • unterscheiden zwischen relevanten und irrelevanten Informationen. (EG 4.1) | <ul style="list-style-type: none"> • entnehmen aus Sachtexten und grafischen Darstellungen Informationen. | <ul style="list-style-type: none"> • entnehmen aus komplexen Sachtexten und grafischen Darstellungen Informationen. |
| <ul style="list-style-type: none"> • erörtern Tragweite und Grenzen von Untersuchungsanlage, -schritten und -ergebnissen. (E 8) | | <ul style="list-style-type: none"> • reflektieren die gewählten Untersuchungsmethoden und diskutieren die Aussagekraft der Ergebnisse. (EG 2.6) | | |

Kompetenzbereich **Kommunikation**

| Bildungsstandards | Gymnasium | | Realschule | |
|---|---|---|---|--|
| | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 8 | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 10 | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 8 | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 10 |
| Die Schülerinnen und Schüler ... | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> beschreiben und erklären den Bedeutungsgehalt von fachsprachlichen bzw. alltagssprachlichen Texten und von Bildern in strukturierter sprachlicher Darstellung. (K 9) | | | <ul style="list-style-type: none"> wenden sachgemäß die Fachsprache an. | <ul style="list-style-type: none"> übertragen die Fachsprache auf neue Sachverhalte. |
| <ul style="list-style-type: none"> kommunizieren und argumentieren in verschiedenen Sozialformen. (K 1) | <ul style="list-style-type: none"> beziehen die Beiträge anderer in ihre Darstellungen mit ein. (KK 1) | <ul style="list-style-type: none"> lösen komplexere Aufgaben in Gruppen, treffen dabei selbstständig Absprachen in Bezug auf Aufgabenverteilung und Zeiteinteilung. (KK 1) reflektieren die Beiträge anderer und nehmen dazu Stellung. (KK 1) | <ul style="list-style-type: none"> kommunizieren fachbezogen miteinander in Gruppen. treffen selbstständig Absprachen. | <ul style="list-style-type: none"> kommunizieren fachbezogen in verschiedenen Sozialformen und fassen erarbeitete Teilergebnisse selbstständig zu einem Gesamtergebnis zusammen. reflektieren und begründen Lösungsvorschläge anderen gegenüber. |
| <ul style="list-style-type: none"> werten Informationen zu biologischen Fragestellungen aus verschiedenen Quellen zielgerichtet aus und verarbeiten diese auch mit Hilfe verschiedener Techniken und Methoden adressaten- und situationsgerecht. (K 4) | | | <ul style="list-style-type: none"> nutzen Datenquellen zielgerichtet und verarbeiten diese unter Anwendung verschiedener Techniken und Methoden, insbesondere unter Nutzung der neuen Medien. werten grafische Darstellungen und Sachtexte aus. | <ul style="list-style-type: none"> nutzen Informationsquellen selbstständig und fassen diese unter Anwendung verschiedener Techniken und Methoden zusammen. werten komplexe grafische Darstellungen und Sachtexte aus. |

| | | | | |
|--|--|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> stellen Ergebnisse und Methoden biologischer Untersuchung dar und argumentieren damit. (K 6) | | <ul style="list-style-type: none"> präsentieren Ergebnisse mit angemessenen Medien. (KK 2) | | <ul style="list-style-type: none"> stellen die Ergebnisse und Methoden biologischer Untersuchungen dar und argumentieren damit. |
| <ul style="list-style-type: none"> referieren zu gesellschafts- oder alltagsrelevanten biologischen Themen. (K 7) | | | | <ul style="list-style-type: none"> referieren zu gesellschafts- oder alltagsrelevanten biologischen Themen. |

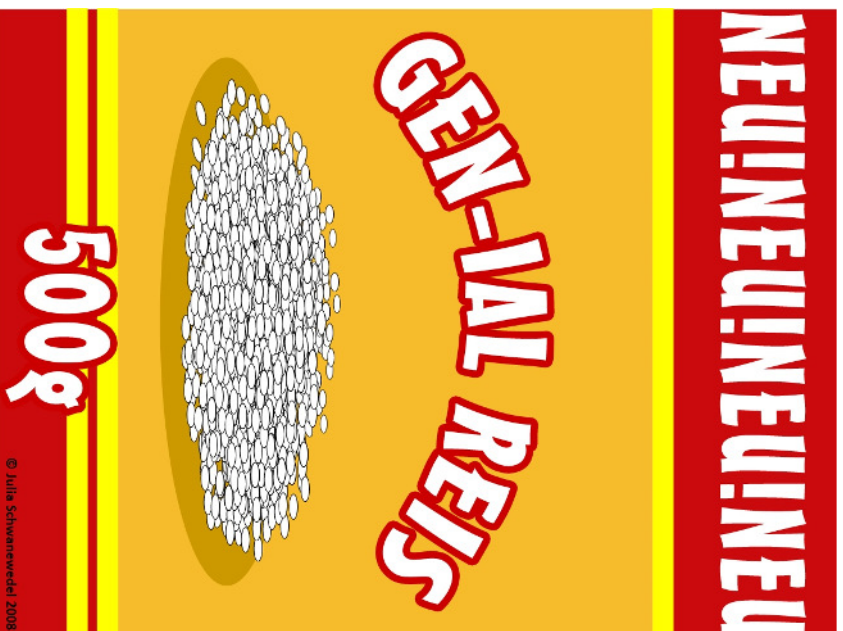
Kompetenzbereich **Bewertung**

| Bildungsstandards | Gymnasium | | Realschule | |
|--|---|--|--|---|
| | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 8 | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 10 | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 8 | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 10 |
| Die Schülerinnen und Schüler ... | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> beschreiben und beurteilen die Auswirkungen menschlicher Eingriffe in einem Ökosystem. (B 5) | | | <ul style="list-style-type: none"> schätzen den Eigenwert von Ökosystemen. beschreiben und beurteilen die Auswirkungen menschlicher Eingriffe in ein Ökosystem. nennen und bewerten an einem heimischen Ökosystem die unterschiedliche Interessenslage von Naturnutzern. erörtern fachgerecht die unterschiedlichen Meinungen zu Fragen des Naturschutzes. | <ul style="list-style-type: none"> erörtern die Erhaltung von Arten und Lebensräumen als ethische und ökologische Aufgabe. |

| | | | | |
|--|---|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • beurteilen verschiedene Maßnahmen und Verhaltensweisen zur Erhaltung der eigenen Gesundheit und zur sozialen Verantwortung. (B 2) • erörtern Handlungsoptionen einer umwelt- und naturverträglichen Teilhabe im Sinne der Nachhaltigkeit. (B 7) | | | | <ul style="list-style-type: none"> • beurteilen Maßnahmen und Verhaltensweisen zur Erhaltung der eigenen Gesundheit sowie zur sozialen und globalen Verantwortung. • beurteilen Maßnahmen und Verhaltensweisen im Umgang mit Ressourcen unter sozialen und globalen Gesichtspunkten. |
| <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben und beurteilen Erkenntnisse und Methoden in ausgewählten aktuellen Bezügen wie zu Medizin, Biotechnik und Gentechnik, und zwar unter Berücksichtigung gesellschaftlich verhandelbarer Werte. (B 3) | <ul style="list-style-type: none"> • unterscheiden zwischen Fakten und Meinungen. (BW 1) • begründen den eigenen Standpunkt. (BW 2) • beschreiben kurz- und langfristige persönliche und gesellschaftliche Folgen eigenen Handelns. (BW 2) • wählen relevante Sachinformationen für komplexe Problem- und Entscheidungssituationen aus. (BW 3) • wenden weitgehend selbstständig Strategien zur Bewertung in Entscheidungsfindungsprozessen an. (BW 3) | <ul style="list-style-type: none"> • reflektieren die Wertentscheidung im Entscheidungsfindungsprozess. (BW 3) • erläutern die Standpunkte anderer. (BW 2) • reflektieren die Sachinformationen für Problem- und Entscheidungssituationen in Hinblick auf Korrektheit und Begrenztheit der Aussagekraft. (BW 3) | | <ul style="list-style-type: none"> • bewerten Informationen und deren Quellen, insbesondere das Internet, kritisch. |

„Gen-Fit GmbH“ Ein Planspiel zum Thema Gentechnik und Lebensmittel

Planspiel für den Sekundarbereich I
Chancen und Risiken *Grüner Gentechnik*
am Beispiel gentechnisch veränderter Lebensmittel



Julia Schwanewedel
Carl-von-Ossietzky-Universität Oldenburg
Biologiedidaktik
Carl-von-Ossietzky-Straße 9-11
26111 Oldenburg

7.1 Einleitung

Mit der Züchtung transgener Nutzpflanzen ist der Weg der Gentechnik in unser tägliches Leben angebahnt worden, denn Nutzpflanzen wie Soja, Mais oder Reis bilden einen Grundstock für unsere Ernährung und werden zudem direkt zu Lebensmitteln weiterverarbeitet. Die unter dem Schlagwort „Gen-Food“ bekannt gewordene Thematik wird seit einigen Jahren kontrovers diskutiert. Anfangs nur Thema von „Expertengremien“ ist die Anwendung der Gentechnik in der Lebensmittelherstellung durch zahlreiche politische Debatten und mediale Beiträge längst in den Blickpunkt der gesamten Gesellschaft gerückt.

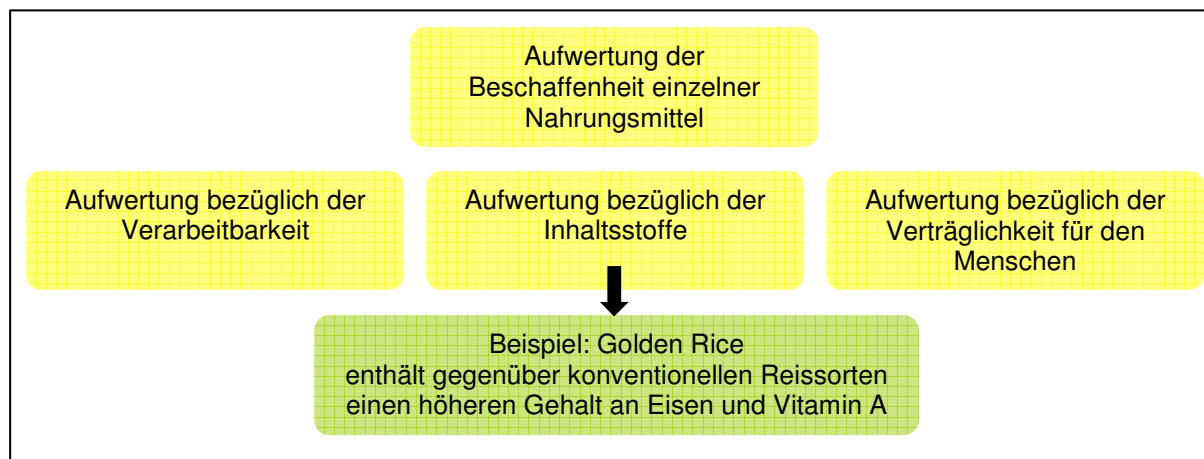
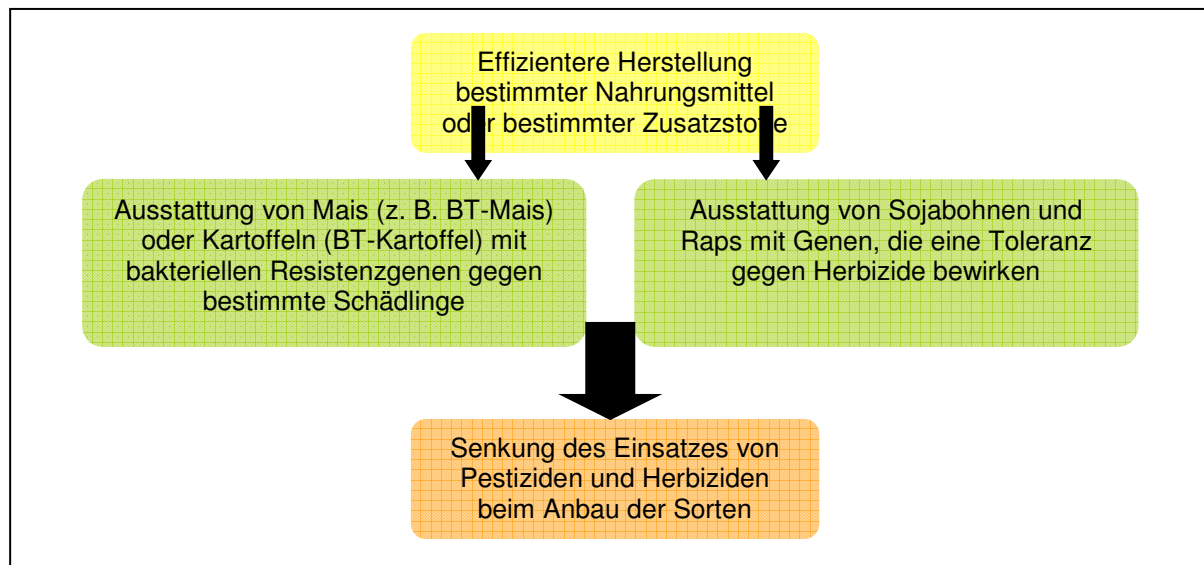
Die Aufgabe von Schule und Biologieunterricht ist es, solche gesellschaftlich relevanten Kontroversen wahrzunehmen und in geeigneter Weise in den Klassenraum zu bringen. Ziel ist es, junge Menschen zu befähigen, sich neue Sachverhalte in den Anwendungsgebieten der modernen Biologie zu erschließen und diese reflektiert zu bewerten (KMK, 2004). Schülerinnen und Schüler sollen befähigt werden, an der gesellschaftlichen Diskussion teilnehmen zu können und verantwortungsbewusst mit den Folgen und Risiken umzugehen, die sich angesichts der Entwicklung neuer Technologien zeigen (ebd.). Dieses erweiterte Verständnis naturwissenschaftlicher Grundbildung hat neben der Vermittlung fachlichen Wissens auch die Anbahnung einer aktiven gesellschaftlichen Diskursteilhabe und die systematische Förderung der Reflexionsfähigkeit der Lernenden zum Ziel. Innerhalb eines modernen Biologieunterrichts müssen deshalb neben naturwissenschaftlichen Sichtweisen auf neue Technologien auch solche Sichtweisen eröffnet werden, die die Reichweite naturwissenschaftlicher Erkenntnisse sowie deren gesellschaftliche Verwertungszusammenhänge reflektieren.

Das Planspiel „Gen-Fit GmbH“ soll Schülerinnen und Schüler mit einem fiktiven, jedoch realitätsnahen Szenario über gentechnisch veränderte Lebensmittel konfrontieren. Dabei sollen sie sich neben den biologischen auch ökologische, wirtschaftliche, ethische und soziale Aspekte der Thematik erschließen.

7.2 Gentechnik und Lebensmittel

Bei gentechnisch veränderten Lebensmitteln handelt es sich um Nahrungsmittel, die ganz oder in Teilen aus einem gentechnisch veränderten Organismus (GvO) oder dem Produkt eines GvO bestehen oder bei deren Produktion ein GvO oder ein Produkt eines solchen zum Einsatz kommt. Der gentechnisch veränderte Organismus kann ein Mikroorganismus, eine Pflanze oder ein Tier sein. Im Unterschied zu traditionellen Züchtungsmethoden (z. B. Auslese-, Kreuzungs- und Mutationszüchtung) ermöglicht die Anwendung genetischer Techniken eine gezielte Übertragung von Genomen oder einzelnen Genen. Die Gene können dabei auch von artfremden Organismen stammen. Ziele, die auch durch herkömmliche Züchtungsmethoden verfolgt werden, wie die Ertragssteigerung, die Ertragssicherung und die Verbesserung von Qualitätseigenschaften sollen durch den Einsatz der Gentechnik effizienter erreicht werden. In der Lebensmittelproduktion werden gentechnische Methoden gegenwärtig in erster Linie bei Pflanzen und Mikroorganismen angewendet, da sich diese ungeschlechtlich vermehren und leicht kultivieren lassen.

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen, mit welchen unterschiedlichen Zielsetzungen gentechnische Verfahren bei Pflanzen im Zusammenhang mit der Lebensmittelproduktion eingesetzt werden.



Lebensmittel können in unterschiedlicher Weise aus gentechnisch veränderten Organismen hergestellt werden oder diese enthalten. Im Folgenden einige prominente Beispiele:

| GVO | Beispiele |
|---|---|
| Lebensmittel, die selbst gentechnisch verändert sind | Flavr-Savr-Tomate ("Anti-Matsch-Tomate") |
| Lebensmittel, die aus gentechnisch veränderten Organismen hergestellt werden (dabei lassen sich Teile davon im Endprodukt nachweisen) | Cornflakes aus gentechnisch verändertem Mais, Fertiggerichte mit transgenem Soja und Ketchup aus gentechnisch veränderten Tomaten |
| Lebensmittel, die von einem gentechnisch veränderten Organismus stammen (es lassen sich jedoch keine Teile mehr im Produkt selber nachweisen) | Speiseöl aus gentechnisch verändertem Raps oder Soja |
| Lebensmittel, die mit Zusatzstoffen (z. B. Süßstoffe, Geschmacksverstärker, Aromen) hergestellt werden, die mit Hilfe gentechnisch veränderter Organismen (zumeist Bakterien und Hefen) gewonnen wurden | Light-Produkte, die Aspartam enthalten (bei der Herstellung von Aspartam werden häufig gentechnisch veränderte Bakterien verwendet) |

Argumente für und gegen Gentechnik an Pflanzen

Im Zuge der Anwendung gentechnischer Methoden an Pflanzen gibt es eine Reihe von Pro- und Kontraargumenten, die in der Diskussion immer wieder genannt werden. Einige beständige Argumente werden in der nachfolgenden Tabelle gegenübergestellt¹:

| Pro Gentechnik an Pflanzen | Kontra Gentechnik an Pflanzen |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Viren und Bakterien übertragen ebenfalls Erbgut auf andere Arten; dies ist ein gewöhnlicher Vorgang. • Gentechnische Eingriffe sind präziser als ungezielte Mutationen. | <ul style="list-style-type: none"> • Gentransfer zwischen verschiedenen Arten ist unnatürlich. |
| <p>Gesundheit</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verbesserung des Nähr- und Gesundheitswerts von Lebensmitteln (z. B. Vitamine, wenig Cholesterin) • Gezielte Erzeugung allergenfreier Lebensmittel • Für Risiken gibt es nur mangelnde wissenschaftliche Beweise. • Zulassung findet nur nach strenger Prüfung statt. | <p>Gesundheit</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verzehr gentechnisch veränderter Lebensmittel könnte zu Allergien oder sogar Vergiftungen führen. • Enthalten Lebensmittel Antibiotika-Resistenz-Gene als "Markergene", könnten sich ungewollte Antibiotikaresistenzen beim Menschen entwickeln. • Gefahr neuartiger gesundheitsschädlicher Stoffe • Gefahr unbekannter Langzeitrissen |
| <p>Umweltschutz</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verringerte Umweltbelastungen durch Pflanzenschutzmittel aufgrund herbizid- oder insektenresistenter Nutzpflanzen • Energiesparendere und abfallärmere und damit umweltschonendere Lebensmittelherstellung | <p>Umweltschutz</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ungewollte Ausbreitung gentechnisch veränderter Nutzpflanzen, Genübertragung auf artverwandte ("vertikaler Gentransfer"), aber auch auf artfremde Organismen wie etwa auf Bodenbakterien ("horizontaler Gentransfer") können zu gravierenden Störungen des ökologischen Gleichgewichts führen. • Weitere Industrialisierung der Landwirtschaft |
| <p>Landwirtschaft</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kontinuierliche Neuentwicklung von Pflanzensorten • Auch der Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen kann nach ökologischen Kriterien erfolgen. • Höhere Erträge und geringere Kosten für alle • Nahrungsbedarf nimmt durch Anstieg der Weltbevölkerung zu. | <p>Landwirtschaft</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gefahr von resistenten Unkräutern und Insekten (Zerstörung ganzer Ernten) • Verdrängung kleinerer oder nach ökologischen Kriterien arbeitender Landwirtschaften |
| <p>Wirtschaft</p> <ul style="list-style-type: none"> • Staatlich geförderte Forschung verhindert Monopole • Patente schützen und fördern Erfindungen. • Kosten für den Verbraucher werden gesenkt und die Wettbewerbsfähigkeit der Wirtschaft wird gesteigert. | <p>Wirtschaft</p> <ul style="list-style-type: none"> • Konzentration des Saatgutangebots bei einzelnen Konzernen • Abhängigkeit von Landwirten durch Patente • Abhängigkeit so genannter Entwicklungsländer wird verstärkt. |
| <p>Innovation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gentechnik besitzt enormes Entwicklungspotential. • Spitzenforschung im eigenen Land | <p>Innovation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Falscher Ansatz bei staatlicher Forschungsförderung • (Finanzielle) Benachteiligung ökologisch orientierter Forschung |

¹ Tabelle verändert nach: Beer, W. & Droste, E. (2006). Biopolitik im Diskurs. Argumente Fragen Perspektiven. Bonn: Bundeszentrale für politische Bildung

Rechtliche Aspekte zum Thema 'Gentechnik und Lebensmittel' werden kontrovers diskutiert und unterliegen zahlreichen politischen Prozessen. Sie betreffen dabei hauptsächlich vier Bereiche: Genehmigung, Vorschriften zur Kennzeichnung, Haftungsvorschriften und Patentschutz.

Eine aktuelle Übersicht über die rechtlichen Grundlagen ist beispielsweise unter folgenden Internetadressen zu finden:

→ <http://www.drze.de/themen/blickpunkt/GHL>

→ <http://www.transgen.de/home> .

"Fit-Tomato" und "Gen-ial-Reis"

Im Planspiel "Gen-Fit GmbH" setzen sich die Schülerinnen und Schüler schwerpunktmäßig mit zwei gentechnisch veränderten Pflanzensorten sowie deren Weiterverarbeitung in anderen Produkten auseinander.

Tomatensorte "Fit-Tomato"

Die Tomatensorte mit dem Namen "Fit-Tomato" ist hinsichtlich ihrer Resistenz gegen die Tomatenfleckenkrankheit sowie ihrer Inhaltsstoffe (Anreicherung mit Vitaminen und Mineralien) gentechnisch verändert. Durch Gentransfer ist es gelungen, Tomatenpflanzen zu erzeugen, die größere Mengen an Vitaminen und Spurenelementen produzieren, die konzentrations- und leistungssteigernd wirken (Vitamin B1 (Thiamin), Vitamin B6 (Pyridoxin) und das Spurenelement Jod).

Tomatenketchup "Fit-Tomat"

Ein Tomatenketchup, der aus gentechnisch veränderten Tomaten der Sorte Fit-Tomato hergestellt wird.

Reissorte "Gen-ial-Reis"

Die Reissorte "Gen-ial-Reis" ist hinsichtlich ihrer Resistenz gegen Schädlinge (Insekten wie den Reisstängelbohrer) sowie ihrer Inhaltsstoffe gentechnisch verändert. Durch Gentransfer ist es gelungen, Reispflanzen zu erzeugen, die ebenfalls größere Mengen an Vitamin B1 und B6 sowie Jod produzieren.

Die gewählten Beispiele sind nach heutigem Forschungsstand Fiktion. Dennoch werden weltweit wissenschaftliche Versuche durchgeführt, um Tomaten- und Reissorten hinsichtlich ihrer Resistenzen und auch ihrer Eigenschaften (Anreicherung mit Vitaminen und sekundären Pflanzenstoffen) gentechnisch zu verändern. Die fiktiven Beispiele thematisieren damit zwei Bereiche, die innerhalb der wissenschaftlichen Forschung an transgenen Pflanzen (Nutzpflanzen) eine bedeutende Rolle spielen:

1. Erhöhung der Resistenz und Verbesserung von Anpassungen an Umweltbedingungen
2. Modifikationen hinsichtlich der Inhaltsstoffe und der Qualität (vgl. Kempken & Kempken, 2006)

Die Parallelen zu bekannten Beispielen (Flavr-Savr-Tomate und Golden Rice) sind bewusst gewählt und stellen weitere Anknüpfungspunkte für den Unterricht dar (M 12).

7.3 Lernen anhand eines fiktiven Szenarios

Das fiktive Szenario über gentechnisch veränderte Lebensmittel mit konzentrationssteigernder Wirkung soll Anlass geben, über die Möglichkeiten und Grenzen gentechnischer Entwicklungen in der Lebensmittelindustrie nachzudenken. Die Geschichte rund um die Firma 'Gen-Fit GmbH' regt dazu an, den gegenwärtigen wissenschaftlichen Erkenntnisstand zu reflektieren und zukünftige Entwicklungen zu antizipieren. Das vorliegende Planspiel strebt eine Auseinandersetzung mit Argumenten an, die für und gegen die Belieferung der Schulmensa mit gentechnisch veränderten Lebensmitteln sprechen. Der fiktive Charakter des Szenarios soll auf unterhaltsame Art und Weise Einblicke in Zusammenhänge (Wissenschaft – Wirtschaft – Gesellschaft) vermitteln, die vielen Schülerinnen und Schülern nicht bewusst sind oder ihnen weitestgehend verschlossen bleiben. Fiktive Szenarios und Geschichten können dazu beitragen, die Jugendlichen zu motivieren sich mit zukünftigen Entwicklungen auseinanderzusetzen. Darüber hinaus können sie lernen, dass sich wissenschaftliche Erkenntnisse beständig weiterentwickeln und wissenschaftlicher Fortschritt nicht bedenkenlos zu befürworten ist. Zudem wird durch die Arbeit an einem fiktiven Szenario das Realitätsverständnis der Schülerinnen und Schüler geschult (vgl. Teutloff, 2006). So lernen sie z. B. wahrscheinliche Szenarien von so genannten 'Horror-Szenarien' zu unterscheiden, wie sie sehr häufig in den Medien entworfen werden.

7.4 Methode Planspiel

Die Methode des Planspiels verfolgt einen handlungs- und erfahrungsorientierten Ansatz. Die Schülerinnen und Schüler treten aus der passiven Rolle des Beobachters in die aktive Rolle eines gestaltenden Akteurs. Auf der Grundlage eines Szenarios übernehmen die Teilnehmenden eine Rolle, auf deren Basis sie sich Informationen besorgen, vorgegebene Interessen und Ziele verfolgen und Entscheidungen treffen.

Die komplexen Sachverhalte aus der Wirklichkeit werden auf grundlegende Argumente und Handlungsstrukturen hin so vereinfacht, dass sie für die Schülerinnen und Schüler durchschaubar und nachvollziehbar werden. Durch die Übernahme fiktiver (Gruppen-)Rollen können gesellschaftliche Relevanz und Ambivalenz der Anwendung der Gentechnik in der Lebensmittelproduktion inhaltlich gefüllt und erlebt werden. Auf Rollenkarten werden den Gruppen Aufträge und Verhaltensmuster zugewiesen. Die Schülerinnen und Schüler müssen sich fachliches Wissen aneignen, um als Experten Pro- und Kontraargumente zu finden, adressatenbezogen zu formulieren und Überzeugungsstrategien zu entwickeln. Sie gewinnen auf diese Weise einen aktiven Zugang zu den Chancen und Risiken der grünen Gentechnik innerhalb der Lebensmittelwirtschaft. Am Ende des Planspiels müssen sie auf Basis der vorher erarbeiteten und präsentierten Informationen und Positionen eine begründete Entscheidung fällen.

7.5 Bezug zu den Standards und Kompetenzen für das Fach Biologie und Verortung in den niedersächsischen Kerncurricula für das Fach Biologie

Das Planspiel zu gentechnisch veränderten Pflanzen bzw. Lebensmitteln ist in allen Schulformen einsetzbar. In den niedersächsischen Kerncurricula Biologie lässt es sich schwerpunktmäßig in den Schuljahrgängen 9 und 10 verorten. In der Haupt- und Realschule bieten sich hierbei Anknüpfungspunkte zu den Themenfeldern "Vererbung" und "Eingriffe des Menschen in den Naturhaushalt" (Niedersächsisches Kultusministerium, 2007a, S. 90). In der Hauptschule kann das Planspiel zusätzlich im Rahmen einer Arbeitsgemeinschaft durchgeführt werden. Durch die Arbeit am Planspiel könnte beispielsweise das Themenfeld "Wir vergleichen Bio-Produkte und konventionell hergestellte Produkte" um den Aspekt "Gentechnik in Lebensmitteln" erweitert werden. In der Realschule ist die Durchführung auch innerhalb eines Wahlpflichtkurses denkbar. Im Gymnasium lässt sich das Planspiel an die Themenaspekte "Genetik" und "Ökologie" angliedern (Niedersächsisches Kultusministerium, 2007b, S. 94).

Neben inhaltsbezogenen Kompetenzen (z. B. Anknüpfung an die Basiskonzepte Steuerung und Regelung, Reproduktion und Entwicklung) werden insbesondere die prozessbezogenen Kompetenzbereiche 'Kommunikation' und 'Bewertung' gefördert. Die selbstständige Arbeit mit der Methode des Planspiels fördert im Bereich Kommunikation beispielsweise die Fähigkeit, gemeinsam mit anderen komplexere Aufgaben zu lösen, die Beiträge anderer zu reflektieren und dazu Stellung zu nehmen (Niedersächsisches Kultusministerium, 2007b, S. 77). Im Bereich der Bewertungskompetenz wird durch das Planspiel die Fähigkeit gefördert, gegebene Sachinformationen hinsichtlich ihrer Aussagekraft zu bewerten (ebd.: 79). Daneben wird durch die Darbietung unterschiedlicher Standpunkte die Fähigkeit zum Perspektivwechsel gefördert (ebd., S. 78). Bewertungskompetenz zu erlangen beinhaltet auch die Fähigkeit zu erkennen, dass Themen angewandter Biologie (wie die Gentechnik) immer mehr als eine Lösungs- und Gestaltungsmöglichkeit zulassen und Entscheidungen für bestimmte Optionen stets begründet und reflektiert werden müssen (ebd., S. 78). Das Planspiel ist ergebnisoffen angelegt und ermöglicht den Schülerinnen und Schülern deshalb die Erarbeitung unterschiedlicher Lösungsmöglichkeiten. In den Phasen der Entscheidungsfindung und der anschließenden Reflexion werden die Schülerinnen und Schüler zudem aufgefordert, ihre Entscheidung zu begründen und kritisch zu reflektieren.

Ein Bewertungsprozess durchläuft verschiedene Phasen, die sich auch im vorliegenden Planspiel widerspiegeln. Eine Übersicht über wichtige Schritte bei der Entscheidungsfindung und Hinweise zur praktischen Umsetzung der Förderung der Bewertungskompetenz im Rahmen des Planspiels ermöglicht Material 12 (Seite 29).

In Kapitel 7.9 ist eine Übersicht dargestellt, der zu entnehmen ist, welche Standards und Kompetenzen aus den Bereichen Fachwissen, Bewertung und Kommunikation bei der Durchführung des Planspiels hauptsächlich angesprochen und gefördert werden.

7.6 Bemerkungen zur Umsetzung und zum Ablauf des Planspiels

Ausgangspunkt des Planspiels ist folgendes Szenario:

An einer Schule in einer niedersächsischen Kleinstadt wird im Zuge der Einführung des Nachmittagsunterrichts eine Schulmensa eingerichtet. Der Schulleiter hat das Angebot der Firma „Gen-Fit GmbH“ vorliegen, welche die neue Mensa mit Nahrungsmitteln beliefern könnte. Die Firma bietet zu günstigen Konditionen gentechnisch veränderte Lebensmittel an. Die Firma wirbt damit, dass die angebotenen Tomaten und der Reis einen höheren Gehalt an Vitaminen und Spurenelementen enthalten, wodurch eine konzentrations- und leistungssteigernde Wirkung zu erwarten sei. Bei einem erfolgreichen Vertragsabschluss mit mehreren Schulmensen und Kantinen in der Umgebung plant die Firma zudem Anbauflächen (Gewächshäuser) für Reis und Tomaten vom Landkreis zu erwerben. Auf diese Weise sollen die Preise für "Gen-Fit"-Produkte durch kürzere Transportwege zusätzlich verringert werden.

In einer Versammlung bekommen unterschiedliche Interessengruppen die Gelegenheit ihre Standpunkte zu präsentieren. Im Zentrum der Diskussion steht die Frage, ob die Schulmensa ihre Lebensmittel von der Firma "Gen-Fit GmbH" beziehen soll. Am Ende der Versammlung sollen alle Interessenvertreter (außer die Vertreter der Gen-Fit GmbH) eine Entscheidung fällen und für oder gegen die Belieferung der Schulmensa mit Produkten der "Gen-Fit GmbH" stimmen.

Rollen innerhalb des Planspiels

Über die Rollen (Interessengruppen) werden Sachaussagen und Wertaussagen transportiert. Die in den Rollen vorgebrachten Argumentationslinien entstammen der Realität und werden auch im Expertendiskurs, der politischen Debatte, auf Bürgerversammlungen oder in Alltagssituationen immer wieder geäußert. Die Mediatoren haben die Funktion, "Brücken" zwischen den divergierenden und konträren Ansichten zu bauen oder Möglichkeiten des "Miteinanders" aufzuzeigen.

Für das Planspiel werden verschiedene Interessengruppen gebildet. In der Praxis hat sich dabei eine Gruppengröße von zwei bis fünf Schülerinnen und Schülern pro Gruppe bewährt. Die Gruppen 1-6, die sich am Ende des Planspiels an der Entscheidung beteiligen, sollten insgesamt etwas größer sein (drei bis fünf Schülerinnen und Schüler), als die Gruppen 6-8 (Vertreter Gen-Fit GmbH, Vertreter Biohof und Mediatoren), die nicht an der Abstimmung beteiligt sind. Hier bieten sich Gruppengrößen von jeweils zwei oder drei Schülerinnen und Schülern an. Auf diese Weise wird gewährleistet, dass möglichst viele Schülerinnen und Schüler aktiv an der Schlussabstimmung über die Belieferung der Schulmensa beteiligt sind.

1. Die Schulleitung (Pro)
2. Das Kollegium (Kontra)
3. Die Schülervvertretung (Kontra)
4. Die Elterninitiative „Pro Gentechnik in der Schulmensa“

5. Die Elterninitiative „Kontra Gentechnik in der Schulmensa“
6. Vertreter der Firma „Gen-Fit“ (Pro)
7. Vertreter des Biohofs Meyer (Kontra)

8. Mediatoren (neutrale Gruppe)

Lernvoraussetzungen

Die Schülerinnen und Schüler benötigen nicht unbedingt Kenntnisse über transgene Pflanzen, da diese auch selbstständig durch Recherchen in den Interessengruppen erarbeitet werden können. Grundlegende Kenntnisse der Genetik (z. B. Regeln der Vererbung, Mutation und Modifikation, Züchtung) und ökologischer Zusammenhänge (z. B. ökologische Wechselwirkungen, Stoffkreisläufe in Ökosystemen) sind allerdings erforderlich.

Zeitplan

Für das gesamte Planspiel (inklusive Reflexionsphase) sind etwa 7-8 Unterrichtsstunden vorgesehen:

- Vorbereitung, Information, Erarbeitung: 3 Unterrichtsstunden
- Spiel (Interaktion und Versammlung): 3 Unterrichtsstunden
- Auswertung und Kritik: 1-2 Unterrichtsstunden

Ablaufplan – Phasen des Planspiels

1. Vorbereitung und Information (1 Stunde): In der Vorbereitungsphase wird das Ausgangsszenario geschildert und die Problematik sowie die im Mittelpunkt stehende Frage erarbeitet. Danach werden die Rollen vergeben und in den Ablauf der Versammlung (Regeln, Ziel) eingeführt. Es bietet sich an, die Einstellungen der jeweiligen Lerngruppe vor Beginn des Planspiels festzuhalten. Dazu kann eine kurze Kartenabfrage durchgeführt werden, deren Antworten in der Phase der Spielauswertung mit den Ergebnissen der Abstimmung (siehe Phase 4) verglichen werden. Auf diese Weise können Einstellungsänderungen identifiziert und diskutiert werden.

2. Erarbeitung (2 Stunden): Die Schülerinnen und Schüler bereiten sich in den Gruppen mithilfe des Materials auf die Versammlung vor. Auftretende Verständnisfragen werden innerhalb der Gruppe (durch eigenständige (Internet)Recherchen) oder mit Hilfe der Lehrkraft geklärt. Die jeweilige Rollensituation wird diskutiert, Gruppeninteressen und -ziele festgelegt, sowie Möglichkeiten zur Zieldurchsetzung durchdacht. In einem Protokoll werden die wichtigsten Erkenntnisse und Vorsätze zur Gruppenstrategie festgehalten (M2a, M2b).

3. Interaktion (2 Stunden): Das eigentliche Spiel beginnt. Die Gruppen steigen in das Spielgeschehen ein und nehmen wechselseitige Verbindung auf, indem sie z. B. Briefe schreiben, Verhandlungen mit anderen Gruppen führen oder Bündnispartner suchen. Durch die Interaktionen mit anderen Gruppen sollen sich die Gruppen ebenfalls in die Argumentationslinien der anderen

einarbeiten. Am Ende der Interaktionsphase steht die zusammenfassende Positions- und Strategiekklärung im Hinblick auf die nachfolgende Versammlung. Dazu bereitet jede Gruppe ein Positionspapier vor, welches in der Versammlung durch ein Gruppenmitglied vorgetragen wird.

4. Versammlung (1 Stunde): Während der Versammlung tragen die einzelnen Gruppen allen Teilnehmenden ihre Argumente, Anfragen und Problemlösungsvorschläge vor. Bei der Präsentation der jeweiligen Argumente hat es sich in der praktischen Umsetzung als hilfreich erwiesen, diese durch die Mediatoren den Bereichen Gesundheit, Umwelt und Wirtschaft/Landwirtschaft zuordnen zu lassen (s. M 2b). Die so entstehende Systematik erlaubt einen gezielten Überblick über die unterschiedlichen Perspektiven und Konfliktbereiche und ermöglicht in der Phase der Auswertung den Vergleich einzelner Argumente in einem Bereich.

Die Diskussion kann zusätzlich durch Ereigniskarten (M 5) gesteuert werden, die den Spielverlauf beeinflussen können, z. B.: Die Firma „Gen-Fit“ macht ein noch kostengünstigeres Angebot für ihre Produkte. Die Ereignisse zielen dabei sowohl auf wirtschaftlich-materielle als auch gesundheitliche und soziale Faktoren ab und können jeweils unterschiedliche Interessengruppen in ihrer Argumentation stützen oder behindern. Die Entscheidung über das Ausspielen der Karten trifft die Gruppe der Mediatoren. Die Mediatoren haben zudem die Möglichkeit eigene Ereigniskarten zu entwickeln, die sich am konkreten Ablauf des Planspiels in der betreffenden Lerngruppe orientieren.

Am Ende der Versammlung erfolgt eine Entscheidung durch Stimmzettel (M 11). Jedes Gruppenmitglied gibt eine Stimme ab, wobei die Mediatoren, die Vertreter der Firma Gen-Fit GmbH und die Vertreter des Biohofs Meyer nicht an der Abstimmung teilnehmen. Die Abstimmungsergebnisse können mit den zu Beginn festgehaltenen Entscheidungen verglichen werden. Etwaige Einstellungsänderungen sollten begründet und gemeinsam diskutiert werden. Dabei können die Schülerinnen und Schüler lernen, dass sich intuitive Entscheidungen durch die Auseinandersetzung mit Fakten, Faktoren und Folgen verändern können. Entscheidungen sind also nicht statisch, sondern können revidiert, neu formuliert oder anders gewichtet werden (Höble & Reitschert, 2007).

5. Spielauswertung (1 Stunde): Zur abschließenden Phase gehören ein offenes Feedback der Lernenden und eine Reflexion des Spiels (M 13). Insbesondere der Aspekt der Fiktivität sollte dabei diskutiert werden. Es ist herauszustellen, dass die Produkte der Firma Gen-Fit GmbH aus heutiger Sicht Fiktion sind. Verbliebene Defizite im fachlichen und/oder methodischen Bereich können durch zusätzliche Materialien, Gespräche und Übungen nachbereitet und vertieft werden. Für diese Phase sollte ausreichend Zeit von der Lehrkraft eingeplant werden, damit neben der kritischen Reflexion der vorgetragenen Argumente und der gefallenen Entscheidung auch die Klärung offener und weiterführender Fragen, die Einbettung in den Unterrichtszusammenhang sowie die Planung des nachfolgenden Unterrichts gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern erfolgen kann (M 14).

7.7 Materialien für das Planspiel

Übersicht

| Material | Inhalt | Für wen? |
|---|--|--|
| M 1 Das Szenario | Beschreibung des Szenarios | Lehrkraft + gesamte Lerngruppe |
| M 2 Aufgabenübersicht | Aufgaben für die M2 a Interessengruppen M2 b Mediatoren | M2 a alle Interessengruppen M2 b Mediatoren |
| M 3 Rollenübersicht | Übersicht über Rollen und Positionen | alle Interessengruppen Mediatoren |
| M 4 Rollenkarten 1-7 | Beschreibung der jeweiligen Interessengruppe sowie ihrer Position | je Gruppe 1 Rollenkarte Mediatoren: alle Rollenkarten |
| M 5 Ereigniskarten | Karten mit Beschreibungen von Ereignissen, die während des Spiels eintreten können Blankokarten für weitere Ereignisse | Lehrkraft Mediatoren |
| M 6 Angebot der Firma 'Gen-Fit GmbH' | Angebot der Firma Beschreibung der Produkte Preise | alle Interessengruppen Mediatoren |
| M 7 Angebot des Biohofs 'Meyer' | Angebot eines regionalen Biohofes Beschreibung der Produkte Preise | alle "Kontra"-Gruppen Mediatoren |
| M 8 Risikobewertung | Risikobewertung der Gen-Fit Produkte | alle "Pro"- Gruppen Mediatoren |
| M 9 Waldesgrüner Bote: Zeitungsausschnitte | Meldungen aus der Region: (Argumente, die sowohl die Pro-Seite, als auch die Kontra-Seite unterstützen können) | alle Interessengruppen Mediatoren |
| M 10 Tipps für die Internetrecherche | Allgemeine Tipps und konkrete Links für die Recherche im Internet | Mediatoren (diese händigen sie auf Wunsch den einzelnen Gruppen aus) |
| M 11 Stimmzettel | Stimmzettel für die Abschlussabstimmung | Mediatoren (diese verteilen sie am Ende der Versammlung an jede/n Schüler/in) |
| M 12 Hinweise Bewertungskompetenz | Hinweise zur Förderung der Bewertungskompetenz | Lehrkraft |
| M 13 Reflexion des Planspiels | Hinweise zur Reflexion des Planspiels | Lehrkraft |
| M14 Anknüpfungspunkte für den weiteren Unterricht | Mögliche Anknüpfungspunkte für den weiteren Unterricht | Lehrkraft |
| Zusätzliches Material bzw. Medien | Namensschilder für die Interessengruppen; Stifte und Plakate zur Erstellung der Gruppenpräsentationen; Computer mit Internetzugang für die Recherche; evtl. Büchertisch (Literatur, Broschüren zur <i>Grünen Gentechnik</i> → siehe Literaturtipps; Internetlinks) | |

M 1: Das Szenario

Gen-Food in der Schulmensa?

An der Goethe-Gesamtschule in der niedersächsischen Kleinstadt Waldesgrün wurde vor kurzer Zeit für alle Jahrgangsstufen der Nachmittagsunterricht eingeführt. Damit die Schülerinnen und Schüler sowie die Lehrkräfte gestärkt in den Nachmittag starten können, soll eine Schulmensa eingerichtet werden. Mithilfe von öffentlichen Geldern und tatkräftiger Unterstützung der Eltern sowie örtlicher Betriebe wurde dafür ein neues Gebäude errichtet. Nach einer öffentlichen Ausschreibung hat die Schulleitung nun ein Angebot der Firma Gen-Fit GmbH vorliegen. Die Firma bietet zu günstigen Konditionen Lebensmittel an. Zu den angebotenen Lebensmitteln gehören gentechnisch veränderte Nutzpflanzen bzw. Produkte aus diesen Pflanzen:

1. Tomatensorte Fit-Tomato
2. Tomatenketchup Fit-Tomat
3. Reissorte Gen-ial

Die Firma wirbt damit, dass die angebotenen Produkte einen höheren Gehalt an Vitaminen und Spurenelementen enthalten, so dass eine konzentrations- und leistungssteigernde Wirkung zu erwarten ist.

In einer Versammlung bekommen verschiedene Interessengruppen die Gelegenheit ihre Standpunkte zu präsentieren. Im Zentrum der Diskussion steht die Frage, ob die Schulmensa ihre Lebensmittel von der Firma Gen-Fit GmbH beziehen soll. Am Ende sollen alle Interessenvertreter (außer die Vertreter der Firma Gen-Fit GmbH und des Biohofs Meyer) sich für oder gegen die Belieferung der Schulmensa mit Produkten der "Gen-Fit GmbH" entscheiden.

M 2: Aufgabenübersicht

M2 a: Aufgaben für die Interessengruppen

Planspiel "Gen-Fit GmbH"

Name der Gruppe:

Gruppenmitglieder:

Zur Vorbereitung der Versammlung trifft ihr euch als Interessengruppe.
Die folgenden Fragen sollen euch bei der Vorbereitung eurer Argumentation helfen. Wenn ihr sie alle beantwortet, seid ihr gut vorbereitet.

Thema und Problem

- Beschreibt den Konflikt.
- Benennt und beschreibt die unterschiedlichen Interessengruppen.
- Erörtert die Interessen eurer eigenen Gruppe.
- Erörtert die Interessen der anderen Gruppen.
- Diskutiert eure Argumente als Interessengruppe.
- Recherchiert Materialien, die eure Argumente stützen.
- Diskutiert Argumente, die von den anderen Gruppen kommen könnten.
- Entwickelt Möglichkeiten, wie eure Gruppe auf die Argumente der anderen reagieren kann.

Arbeitsablauf

- Entwickelt einen Plan für die Vorbereitung der Versammlung.
- Diskutiert Möglichkeiten, euch als Gruppe Informationen zu beschaffen.
- Teilt die einzelnen Aufgaben sinnvoll untereinander auf.
- Entwickelt eine Skizze für eure Präsentation auf der Versammlung.
- Diskutiert Möglichkeiten der Zusammenarbeit mit anderen Interessengruppen.

Tipps

- Die Mediatoren können euch bei der Suche nach Informationen behilflich sein.
- Ihr könnt auch im Internet recherchieren. Die Mediatoren haben Tipps zur Internetrecherche für euch.
- Die Zuordnung eurer Argumente zu folgenden Bereiche kann euch helfen einen Überblick zu bekommen und weitere Informationen zu suchen: a) Gesundheit b) Umwelt c) Landwirtschaft/ Wirtschaft
- Durch die Mediatoren könnt ihr Kontakt zu anderen Interessengruppen herstellen.
- Wenn ihr Ideen für andere Lösungen habt (Alternativvorschläge), schreibt sie unbedingt auf!

M2 b: Aufgaben für die Mediatoren

Planspiel "Gen-Fit GmbH"

Zur Vorbereitung der Versammlung findet ihr euch in der Gruppe der Mediatoren zusammen. Die folgenden Fragen sollen euch bei der Vorbereitung eurer Argumentation helfen. Wenn ihr sie alle beantwortet, seid ihr gut vorbereitet.

Name der Gruppe: Mediatoren

Gruppenmitglieder:

Thema und Problem

- Beschreibt den Konflikt.
- Benennt und beschreibt die unterschiedlichen Interessengruppen.
- Stellt die Interessen der einzelnen Gruppen in einer Übersicht dar.
- Legt eine Übersicht über die Materialien an, die den einzelnen Gruppen zur Verfügung stehen.
- Diskutiert, welche Gruppen zusammenarbeiten könnten bzw. welche Gruppen ähnliche Positionen vertreten.
- Entwickelt einen Plan zur Vermittlung zwischen den Gruppen.
- Diskutiert Möglichkeiten, wie die Versammlung von euch geleitet werden kann. Entwickelt einen Ablaufplan zur Leitung der Versammlung.

Arbeitsablauf

- Entwickelt einen Plan für die Vorbereitung der Versammlung. Haltet in dem Plan eure Aufgaben fest.
- Teilt die einzelnen Aufgaben sinnvoll untereinander auf.
- Stellt einen Plan über die Materialien auf, die ihr an die einzelnen Gruppen verteilen wollt.
- Diskutiert Möglichkeiten, die unterschiedlichen Gruppen miteinander in Kontakt zu bringen.
- Entwickelt einen Zeitplan, um die Ereigniskarten in das Spiel zu bringen.
- Erstellt einen Zeitplan und Ablaufplan der Versammlung.
- Plant, wie die Argumente der Gruppen auf der Versammlung festgehalten werden sollen (z. B. Tafel).

Tipps

- Verschafft euch einen Überblick über die einzelnen Interessengruppen und ihre Positionen.
- Überlegt, welche Gruppen gut zusammenarbeiten könnten, weil sie ähnliche Argumente haben!
- Befragt die einzelnen Gruppen genauer dazu, wie sie abstimmen wollen.
- Stellt Kontakte unter den Gruppen her.
- Spielt die Ereigniskarten geschickt aus oder entwerft neue Ereigniskarten.
- Entwerft einen genauen Ablaufplan für die Versammlung. Ihr müsst sie moderieren. Achtet dabei darauf, dass alle Gruppen die gleiche Zeit haben, ihre Argumente vorzustellen.
- Überlegt, wie ihr während der Versammlung zwischen den Gruppen vermitteln wollt.
- Wenn ihr Ideen für andere Lösungen habt (Alternativvorschläge), schreibt sie unbedingt auf! Ihr könnt sie während der Versammlung präsentieren.
- Entwerft (z. B. an der Tafel) eine Tabelle, um die Argumente der Gruppen während der Versammlung mitzuschreiben.
- Die Zuordnung der verschiedenen Argumente zu folgenden Bereiche kann euch helfen einen Überblick zu bekommen: a) Gesundheit b) Umwelt c) Landwirtschaft/ Wirtschaft.

M 3: Übersicht über die Rollen (Interessengruppen)

| Gruppe | Position |
|---|---|
| Schulleitung | Pro: spricht sich für die Produkte der Firma Gen-Fit GmbH aus |
| Kollegium | Kontra: spricht sich gegen die Versorgung der Schulmensa durch die Gen-Fit GmbH aus |
| Elterninitiative "Pro Gen-Fit" | Pro: befürwortet die günstigen und zugleich leistungsfördernden Produkte der Gen-Fit GmbH |
| Elterninitiative "Kein Gen-Food für unsere Kinder" | Kontra: ist gegen die gentechnisch veränderten Produkte für die Schulmensa |
| Schülervertretung | Kontra: vertritt die Schülerschaft und spricht sich ebenfalls gegen Gen-Fit Produkte aus |
| Gen-Fit GmbH | Pro: ist vom Preis und der Qualität seiner Produkte überzeugt; möchte sich in der Gegend von Waldesgrün etablieren und in Zukunft weiter expandieren |
| Biohof Meyer | Kontra: ist gegen den Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen und wirbt für gentechnikfreie Produkte aus ökologischem Anbau |
| Mediatoren | Neutral: nehmen eine neutrale Position ein; sollen zwischen den verschiedenen Interessengruppen vermitteln |

M 4 Rollenkarten



| | |
|--|--|
| <p style="text-align: center;">Schulleitung</p> <p>Die Schulleitung spricht sich für die Produkte der Firma Gen-Fit GmbH aus.</p> | <p style="text-align: center;">Argumente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Produkte sind kostengünstiger für die Schule und die Eltern. • Die Anreicherung mit Vitaminen und Spurenelementen kann konzentrationsgestörten Schülern das Lernen erleichtern. Außerdem erleichtert es den Schulalltag der Lehrkräfte. • Für Risiken gibt es nur mangelnde wissenschaftliche Beweise. Außerdem sind die Produkte ja überprüft und zugelassen worden. |
| <p style="text-align: center;">Kollegium</p> <p>Das Kollegium spricht sich gegen die Versorgung der Schulmensa durch die Gen-Fit GmbH aus.</p> | <p style="text-align: center;">Argumente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der Verzehr gentechnisch veränderter Lebensmittel könnte zu Allergien oder sogar Vergiftungen führen. • Es könnten sich ungewollte Antibiotikaresistenzen beim Menschen entwickeln. • Da keine Langzeitstudien mit den Pflanzen/Produkten durchgeführt wurden, bestehen unbekannt Langzeitriskien. |
| <p style="text-align: center;">Elterninitiative "Pro Gen-Fit"</p> <p>Die Elterninitiative "Pro Gen-Fit" befürwortet die günstigen und zugleich leistungsfördernden Produkte der Gen-Fit GmbH.</p> | <p style="text-align: center;">Argumente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Kinder der teilnehmenden Eltern in dieser Gruppe haben Konzentrationsschwierigkeiten. Sie sind gefährdet, nicht versetzt zu werden. Die Eltern sind für die Produkte der Gen-Fit GmbH, damit ihre Kinder den Schulabschluss erfolgreich meistern. • Einige der Eltern haben ein geringes Einkommen oder leben von Hartz IV. Sie sind für die Produkte, da das Mittagessen günstiger wird als bei anderen Anbietern. • Durch die Ansiedlung der Gen-Fit GmbH erhoffen sie sich, dass neue Arbeitsplätze in der Gegend geschaffen werden. |
| <p style="text-align: center;">Elterninitiative "Kein Gen-Food für unsere Kinder"</p> <p>Diese Elterninitiative ist gegen die gentechnisch veränderten Produkte für die Schulmensa.</p> | <p style="text-align: center;">Argumente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die teilnehmenden Eltern sehen die Gefahr einer Überdosierung mit Vitaminen und Spurenelementen. Die Nebenwirkungen seien viel gravierender als die Vorteile. • Die Eltern vermuten zudem, dass die Firma Gen-Fit kleinere, insbesondere ökologisch arbeitende Landwirte verdrängt. • Sie sehen die Gefahr einer ungewollten Ausbreitung gentechnisch veränderter Nutzpflanzen (z. B. Übertragung der Gene auf andere Pflanzen) und befürchten gravierende Störungen des ökologischen Gleichgewichts |
| <p style="text-align: center;">Schülervertretung</p> <p>Die Schülervertretung vertritt die Schülerschaft und spricht sich gegen Gen-Fit Produkte aus.</p> | <p style="text-align: center;">Argumente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Schüler befürchten, dass der Verzehr der Produkte zu gesundheitlichen Schädigungen führt, die sich erst lange nach der Schulzeit bemerkbar machen. • Sie sind der Ansicht, dass Bio-Produkte nur wenig teurer, dafür aber wesentlich gesünder sind. • Die Schüler haben davon gehört, dass der Pollen anderer gentechnisch veränderter Nutzpflanzen (BT-Mais) eine schädliche Wirkung auf andere Organismen (z. B. Insekten wie Monarch-Falter) hat. Sie befürchten ähnliche Risiken bei den Produkten der Gen-Fit GmbH und sehen die Tiere der Umgebung in Gefahr. |

| | |
|--|--|
| <p>Gen-Fit GmbH</p> <p>Die Firma ist vom Preis und der Qualität ihrer Produkte überzeugt und möchte sich in der Gegend von Waldesgrün etablieren und in Zukunft sogar weiter expandieren.</p> | <p>Argumente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Firma betont, dass ihre Pflanzen und Produkte (Ketchup) eingehend getestet und ja schließlich auch zugelassen wurden. • Die Firma weist darauf hin, dass es keine Studien gibt, die eine gesundheits- oder umweltschädigende Wirkung nachweisen. • Die Gen-Fit GmbH betrachtet sich als Gewinn für Waldesgrün, da ihre Produkte günstiger sind als alle anderen und sie sogar in der Zukunft neue Arbeitsplätze schaffen wollen. |
| <p>Biohof Meyer</p> <p>Die Betreiber des Biohofs lehnen gentechnisch veränderte Produkte ab und setzen sich für eine gentechnikfreie Landwirtschaft nach ökologischen Kriterien ein.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Die Betreiber betonen, dass ihre Pflanzen und Produkte garantiert gentechnikfrei sind und den höchsten internationalen Bio-Standards entsprechen. • Die Vertreter des Biohofs weisen darauf hin, dass die Auswirkungen von gentechnisch veränderten Lebensmitteln auf die Gesundheit nicht geklärt sind. • Die Betreiber des Biohofs Meyer garantieren Arbeitsplätze für die Region und den Vertrieb von Produkten, die weder gesundheitsschädlich noch umweltschädigend sind. |
| <p>Mediatoren</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Die Mediatoren vermitteln zwischen den verschiedenen Interessengruppen und moderieren die Abschlussversammlung. |

M 5 Ereigniskarten



| | |
|---|---|
| <p>Die Firma Gen-Fit GmbH macht ein noch günstigeres Angebot für ihre Produkte.</p> | <p>Der Biohof "Meyer" verspricht, bei einem Vertragsabschluss mit der Goetheschule 20 neue Arbeitsplätze zu schaffen. Die Arbeitsplätze sollen ausschließlich an Personen aus Waldesgrün vergeben werden.</p> |
| <p>Eine Studie bestätigt erneut, dass eine Überdosierung mit den Vitaminen B1 und B6 über die Nahrung nicht möglich ist. Es wird aber festgestellt, dass eine übermäßige Einnahme der Vitamine B1 und B6 zu Reizbarkeit, Müdigkeit, Rötungen der Haut sowie einer Beschleunigung des Herzschlags führen kann.</p> | <p>Hier ist Platz für weitere Ereignisse:</p> |
| <p>Hier ist Platz für weitere Ereignisse:</p> | <p>Hier ist Platz für weitere Ereignisse:</p> |

M 6: Angebot der Firma "Gen-Fit GmbH"

Gen-Fit GmbH – Wir machen fit

Gen-Fit ist ein modernes Biotechnologieunternehmen.
Auf der Basis gentechnologischer Methoden entwickeln wir Pflanzen und pflanzliche Lebensmittel.
Überzeugen Sie sich von unseren einzigartigen Produkten!

Unsere Produkte

+++ Gen-ial Reis +++
+++ Fit-Tomato +++
+++ Fit-Tomat – der Ketchup +++



Für Ihre Gesundheit:

Forschern bei Gen-Fit ist es mithilfe moderner Technologien (Gentransfer) gelungen, Reis- und Tomatenpflanzen zu entwickeln, die größere Mengen der lebenswichtigen Vitamine Thiamin (B1) und Pyridoxin (B6) sowie des Spurenelements Jod produzieren.

Ein Mangel an B1, B6 und Jod führt zu Konzentrationsschwierigkeiten und Müdigkeit. Tun Sie etwas für Ihre Gesundheit. Bei regelmäßigem Verzehr unserer Produkte werden Sie stets fit und leistungsstark sein!

Für unsere Umwelt:

Unsere Reissorte Gen-ial Reis und die Tomatensorte Fit-Tomato sind gentechnisch so verbessert worden, dass sie gegen typische Schädlinge und Krankheiten resistent sind. Beim Anbau von Gen-Fit Pflanzen werden deshalb wesentlich geringere Mengen an Pestiziden und Herbiziden eingesetzt. Die Umwelt wird beim Anbau von Gen-Fit Pflanzen darum wesentlich mehr geschont als beim herkömmlichen Anbau.



Gen-Fit GmbH – Wir machen fit

Gibt es Risiken?

Unsere Pflanzen, die durch moderne Biotechnologie verbessert wurden, werden durch unabhängige Wissenschaftler und die zuständigen Behörden eingehend auf ihre Sicherheit und ihre potenziellen Auswirkungen auf die Gesundheit und Umwelt getestet, bevor sie zum kommerziellen Anbau und Verkauf zugelassen werden.

Ausführliche Untersuchungen unserer Produkte lassen darauf schließen, dass zugelassene, gentechnisch veränderte Pflanzen ebenso sicher wie herkömmlich gezüchtete Pflanzen sind.

Ein Blick in die Zukunft - Arbeitsplätze für Waldesgrün

Momentan sind bei Gen-Fit ca. 150 Beschäftigte tätig. Die Gen-Fit GmbH möchte im kommenden Jahr weiter expandieren und eine neue Produktionsstätte in Waldesgrün errichten. Dann sollen Gen-Fit Produkte in Waldesgrün angebaut und in einem direkt angegliederten Betrieb weiterverarbeitet werden. Bis zum Jahr 2012 kann es unter günstigen Bedingungen zu einer Verdoppelung der Arbeitsplätze kommen. Voraussichtlich wird die Zahl der Beschäftigten in den Zuliefer- und Dienstleistungsunternehmen ebenfalls deutlich anwachsen.



Produkte der Zukunft

Spitzenforscher der Gen-Fit GmbH arbeiten unermüdlich an neuen, verbesserten Produkten. In den nächsten 2 Jahren sind folgende Produkte geplant:

- Kartoffelsorte, die einen positiven Einfluss auf den Cholesterinspiegel hat. Cholesterin ist ein Risikofaktor für Herz- und Kreislauferkrankungen. Mit der Gen-Fit Kartoffel könnten wir das Problem verringern, ohne dass Sie ihre Essgewohnheiten ändern müssen.
- Weitere Gen-Fit Kartoffelprodukte: Kartoffelsalat, Pommes Frites
- Verbesserung der Resistenzen des Gen-ial Reises und der Fit-Tomato gegen Kälte, so dass diese dann nicht nur im Gewächshaus, sondern auch im Freiland, direkt auf Feldern in Waldesgrün angebaut werden könnten. Dadurch könnten wir größere Mengen herstellen und unsere Produkte noch günstiger anbieten.

Spezielles Angebot für Ihre Schulmensa:

Für Ihre Schulmensa bieten wir Ihnen folgende Vorteile:

- Unsere Produkte erhalten Sie in großen Mengen zu günstigen Konditionen.
- Wir bieten ganze Menüs mit unseren Produkten Gen-ial Reis und Fit-Tomato (bzw. Fit-Tomat Ketchup): z. B. Reispfanne, Tomatensuppe.
- Ein Menü kostet pro Portion nur € 1,20.
- Die Konzentration und die Leistung ihrer Schüler verbessern sich dank unserer einmaligen Produkte.
- Die Schulprobleme schwieriger Schüler nehmen ab. Dadurch wird der Unterricht sowohl für die Schüler als auch die Lehrkräfte effizienter.

M 7: Angebot des Biohofs "Meyer"

Biohof Meyer - geschmackvoll, regional, gut!

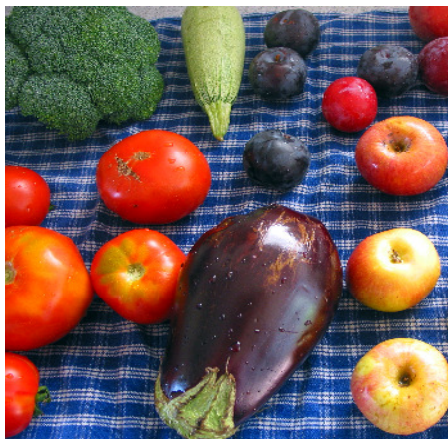


Wir vom Biohof Meyer bieten Ihnen:

- Ein volles Sortiment an biologischem Gemüse und Obst
- Beste Qualität nach den höchsten internationalen Bio-Standards
- Zusammenarbeit mit Biobauern aus der Region (dadurch erhalten und schaffen wir Arbeitsplätze in der Region um Waldesgrün)
- Täglich frisch geerntete Produkte
- Seit über 10 Jahren ausschließlich BIO
- Biologische Produkte nach ökologischen Standards aus anderen Ländern
- Professionelle Logistik und reibungslose Abwicklung
- Faire Preise für hochwertige Produkte

Bio-Kontrolle

Der Biohof Meyer unterzieht sich einem Bio-Transparenz-Monitoring durch den deutschen BNN (Bundesverband Naturkost Naturwaren). Dieser überprüft alle vier Wochen Obst und Gemüse aus dem Großhandel nach Verunreinigungen mit Pestiziden. Sollte ein Rückstand (nach der EU-Öko-Verordnung) festgestellt werden, wird die Ware unverzüglich gesperrt. Erfolgt der Pestizid-Nachweis aufgrund von mutwilligem Einsatz von Giften, wird der Produzent als Zulieferer auf Dauer gesperrt. Darüber hinaus sind unsere Lieferanten allesamt zertifizierte Bio-Betriebe und werden laufend von unabhängigen Bio-Kontrollinstituten geprüft. Damit können wir unseren Kunden ein lückenloses Angebot an garantierter Bio-Qualität zusichern.



Meyer steht für Innovation!

Wir arbeiten fortwährend daran Ihnen neue und geschmackvolle Produkte anbieten zu können - selbstverständlich in gewohnter Meyer-Bioqualität!

In der Pflanzenzüchtung setzen wir konsequent auf ökologische Methoden, um zu nachhaltigen und umweltschonenden Lösungen für die Landwirtschaft zu kommen.

Biohof Meyer - geschmackvoll, regional, gut!

Alles Bio? Was bedeutet "Bio" oder "Öko" überhaupt?

"Bio" und "Öko" sind geschützte Begriffe, die durch die EG-Bio-Verordnung rechtlich abgesichert sind.

Bio- bzw. Öko-Betriebe wirtschaften so, dass wertvolle, unbelastete Lebensmittel unter Schonung der Umwelt erzeugt werden. Die Produktion sehen wir dabei in einem natürlichen Kreislauf, in dem wir die gegebenen Ressourcen so umsichtig nutzen, dass Sie sich von selbst immer wieder regenerieren können.

Boden, Luft, Licht und Regen sind für uns die lebensspendenden Grundlagen, die die Erzeugung gesunder Pflanzen und Tiere für die Lebensmittel erst ermöglichen. Synthetische Pestizide oder Stickstoffdünger sind bei uns tabu, weil sie für uns einen groben und schwerwiegenden Eingriff in den natürlichen Kreislauf darstellen. Diese Schädigungen, deren Ausmaß und Folgen heute kaum absehbar sind, lehnen wir deshalb ab!

Gentechnik?

Genetisch veränderte Organismen (GVO) sind mit der ökologischen Wirtschaftsweise unvereinbar. Die Produkte, die gemäß BIO-Richtlinien erzeugt werden, müssen ohne Verwendung von genetisch veränderten Organismen (GVO) hergestellt werden.

Was „Bio“ wert ist

Bio-Produkten haftet leider immer noch das Image an, dass sie teuer sind. Gerne übersehen wird dabei aber die Kostenwahrheit, die in den Produkten steckt. Wer Bio-Produkte kauft, kauft einen nachhaltigen und schonenden Umgang mit natürlichen Ressourcen. Rohstoffe einzusparen und sparsam einzusetzen, verhindert das Entstehen von Umweltkosten. Diese sind zwar nicht am Preisschild des Produkts ersichtlich, werden aber letztlich dennoch vom Konsumenten getragen.

Bio-Produkte sind daher preiswerte Produkte.

Spezielles Angebot für Ihre Schulmensa

Für Ihre Schulmensa bieten wir Ihnen folgende Vorteile:

- Unsere geschmackvollen Produkte erhalten Sie in großen Mengen zu günstigen Konditionen.
- Wir bieten komplette, ausgewogene und leckere Menüs.
- Ein Menü kostet pro Portion nur 1,50 €.
- Die Produkte enthalten nachweislich keine Schadstoffe (Nitrat, Pestizide, Antibiotika).
- Die Produkte sind frei von Lebensmittelzusatzstoffen, Konservierungsstoffen, Farbstoffen oder künstlichen Aromen.
- Unsere Menüs sind gesund und ausgewogen, fördern die Konzentration der Schüler und wirken sich positiv auf ihre Leistung aus.



M 8: Risikobewertung (für die Produkte der Gen-Fit GmbH)

Risikobewertung

Die Firma Gen-Fit GmbH hat eine Risikobewertung nach anerkannten Richtlinien durchführen lassen.

Folgende Nahrungsmittel und transgene Pflanzen wurden bewertet:

1. Tomatensorte "Fit-Tomato"
2. Tomatenketchup "Fit-Tomat"
3. Reissorte "Gen-ial-Reis"

Bei der Prüfung wurden folgende Faktoren bewertet:

a) Bewertung der Endprodukte als Nahrungsmittel:

Folgen für die menschliche Gesundheit

b) Bewertung des Anbaus der transgenen Pflanzen (Reis und Tomate) auf dem Feld bzw. in Gewächshäusern:

Folgen für die Umwelt

Ergebnisse:

- a) Nach einem vierwöchigen Test an vierzig Versuchspersonen (weibliche und männliche Erwachsene im Alter von 25-48 Jahren) konnten keine gravierenden Risiken für die menschliche Gesundheit festgestellt werden.
- b) Die fünfmonatigen Tests haben zu vernachlässigende Risiken für die Umwelt erbracht.

Insgesamt ist von einem zu vernachlässigenden Risiko der transgenen Pflanzen der Firma Gen-Fit GmbH für die Gesundheit des Menschen und für die Umwelt auszugehen.



M 9 Waldesgrüner Bote - Zeitungsausschnitte

Arbeitslosenzahlen steigen weiter!

Waldesgrün. Die Arbeitslosenzahlen in Waldesgrün sind im letzten halben Jahr weiter angestiegen. Der Bürgermeister der Kleinstadt sprach in einem Interview davon, dass nun dringende konkrete Maßnahmen ergriffen werden müssten. Er sei bereit auch ungewöhnliche Wege zu gehen. Er forderte alle Bürgerinnen und Bürger auf, sich ebenfalls Gedanken zu machen, wie wieder mehr Arbeitsplätze in Waldesgrün geschaffen werden könnten.

Junge erleidet Allergieschock

Nach dem Konsum von gentechnisch verändertem Reis hat ein 15-jähriger Junge einen schweren Allergieschock erlitten. Er wurde ins Krankenhaus eingeliefert und steht dort unter ärztlicher Beobachtung. Die Reissorte wird nun von Experten auf allergene Stoffe* untersucht.

* Stoffe, die Allergien auslösen können

„Da können wir nicht mithalten ...“

Waldesgrün. Vertreter des regionalen Bauernverbandes haben sich auf ihrer monatlichen Sitzung mit dem Thema „Gen-Fit GmbH“ auseinandergesetzt. Für die Bauern der Region könnte die Firma eine gefährliche Konkurrenz werden, da sie ihre Produkte zu unglaublich günstigen Preisen anbieten kann. Der Vorsitzende Heinz Müller: „Im Moment bietet die Firma noch keine Produkte an, die typisch für unsere Region sind und die wir Landwirte auch anbieten. Sollte die Firma aber in Zukunft auch Kartoffeln, Mais und Weizen anbieten, werden wir nicht mit solchen Dumpingpreisen mithalten können.“

Bürger skeptisch bei grüner Gentechnik

MÜNCHEN (dpa). Über die Hälfte der Deutschen lehnen gentechnisch veränderte Lebensmittel ab. Nur 23 Prozent vertrauen darauf, dass solche Lebensmittel der Gesundheit nicht schaden, ergab eine Umfrage von TNS Emnid im Auftrag der Zeitschrift "Süddeutsche Zeitung Wissen". 53,1 Prozent der Befragten sprachen sich kategorisch gegen solche Lebensmittel aus. Jeden Zweiten würde es stören, wenn in seiner Umgebung gentechnisch veränderte Pflanzen wachsen würden.

Quelle: Ärzte Zeitung, 2008
<http://www.aerztezeitung.de/panorama/?sid=487967>

Jugendliche immer unkonzentrierter

Konzentrationsstörungen bei Kindern und Jugendlichen haben in den letzten 10 Jahren stark zugenommen. Dies führt dazu, dass Schüler immer häufiger schlechte Noten nach Hause bringen oder eine Klasse wiederholen müssen. Prof. Dr. Mahlstedt konnte durch eine Studie nachweisen, dass die Konzentrationsstörungen unter anderem auf eine unausgewogene, vitaminarme Ernährung zurückzuführen sind. Mahlstedt sieht die Lösung vieler Schulprobleme deshalb in einer gesunden Ernährung:
„Wer sich ausgewogen und vitaminreich ernährt, wird kaum Konzentrationsschwierigkeiten haben. Besonders wichtig ist eine ausreichende Versorgung mit den Vitaminen B1 und B6.“

Ökologisches Gleichgewicht in Gefahr

Umweltverbände warnen davor, dass die genetische Veränderung von Pflanzen bislang unerforschte Nebenwirkungen haben könnte. Sie halten es auch für einen gefährlichen Eingriff in das ökologische System, dass bestimmte Pflanzen oder Tiere nun mit stärkeren Abwehrkräften ausgestattet sind: Es besteht z. B. die Gefahr, dass die natürlichen Feinde dieser Arten aussterben, was eine Kettenreaktion mit gefährlichen Konsequenzen für das ökologische Gleichgewicht auslösen könne.

Grüne Gentechnik – Positive Auswirkungen auf Artenvielfalt

Genetiker aus verschiedenen Ländern betonten auf einem Kongress, dass der Einsatz von Schädlingsbekämpfungsmitteln, der in der Landwirtschaft bislang Praxis ist, ein Eingriff in das Ökosystem darstellt. Kritikern der grünen Gentechnik halten sie entgegen, dass der Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen deshalb sogar sehr vorteilhaft ist, da der Einsatz von Pestiziden verringert werden könnte. Dies könnte auch dazu führen, dass die Artenvielfalt wieder erhöht werden könnte.

Gentechnik gegen Allergien

In Japan wurde daran geforscht, eine Reissorte zu züchten, die ein allergieauslösendes Eiweiß nicht mehr enthält. Auch die deutsche Firma Gen-Fit GmbH will in Zukunft Produkte auf den Markt bringen, die keine Allergieauslösenden Stoffe mehr enthalten.

Gentechnisch veränderte Lebensmittel - Unsichere Beweislage

Wer immer sich zu Risiken und Nebenwirkungen gentechnisch veränderter Lebensmittel äußert, ob er nun aus den Reihen der Befürworter oder der Kritiker kommt, er kann sich seiner Argumente nicht ganz sicher sein. Bislang hat die Forschung keine schweren Schäden nachweisen können; sie hat aber auch nicht ausschließen können, dass solche Schäden möglicherweise in zehn Jahren auftreten.

Langzeitwirkungen unbekannt

Das International Council of Science (ICSU) gab 2003 zwar Entwarnung für die Lebensmittel, die derzeit auf dem Markt seien. Doch die Wissenschaftler wollen gefährliche Entwicklungen für die Zukunft nicht ausschließen. Langzeitstudien am Menschen können erst in einigen Jahrzehnten Gewissheit über die Auswirkungen der neuen Produkte verschaffen. Daher mahnen Kritiker wie Greenpeace zur Vorsicht und fordern ein Verbot gentechnischer Produkte schon aus Gründen der Vorsorge.

M 10: Tipps für die Internetrecherche

Internetrecherche

Durch eine Internetrecherche kann eure Interessengruppe sich weitere Informationen zum Thema „Gentechnik in Lebensmitteln“ beschaffen.

Tipps:

- Achtet darauf, dass ihr nicht unsystematisch „herumsurft“. Überlegt euch Fragen, die ihr durch die Recherche klären wollt.
- Achtet auf die Absicht, mit der eine Internetseite eingerichtet wurde. So wird die *Grüne Gentechnik* auf der Internetseite einer Umweltorganisation anders dargestellt als auf der Internetseite einer Firma, die gentechnisch veränderte Pflanzen herstellt.
- Eine gute Möglichkeit der Recherche bieten Suchmaschinen wie Google und Yahoo oder das freie Lexikon Wikipedia.
- Sinnvolle Stichworte für die Suche sind z. B.: grüne Gentechnik, transgene Pflanzen, gentechnisch veränderte Lebensmittel, GVO (= gentechnisch veränderter Organismus);

Links:

- www.transgen.de
- www.biosicherheit.de
- www.verbraucherministerium.de
- www.greenpeace.de (Umweltorganisation)
- www.monsanto.de (Firma, die gentechnisch verändertes Saatgut herstellt)

M 11: Stimmzettel

Stimmzettel für die Versammlung am _____

Soll die Schulmensa der Gesamtschule Waldesgrün ihre Lebensmittel von der Firma Gen-Fit GmbH beziehen?

Ich stimme dafür oder dagegen, weil

M 12: Hinweise zur Förderung der Bewertungskompetenz

Hinweise zur Förderung der Bewertungskompetenz

Ein Bewertungsprozess durchläuft verschiedene Phasen, die sich auch in der Struktur des Planspiels widerspiegeln. Um die Bewertungskompetenz der Schülerinnen und Schüler gezielt zu fördern, ist es wichtig, Ihnen die einzelnen Schritte bewusst zu machen. Folgende Schritte bieten sich dabei im Rahmen des Planspiels an:

- Erfassen, Bewusstmachen und Reflektieren der eigenen Einstellung zu gentechnisch veränderten Lebensmitteln: Die individuellen Einstellungen der Schülerinnen und Schüler können durch Kartenabfragen vor und nach dem Planspiel erfasst und im Plenum diskutiert werden. Dabei sollte auch auf Gründe für Einstellungsveränderungen (nach dem Planspiel) eingegangen werden.
- Identifikation der Problemsituation: Nach der Vorstellung des Szenarios (M 1) sollte das zugrunde liegende Dilemma gemeinsam im Plenum formuliert werden. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass alle Schülerinnen und Schüler das inhärente Problem erkennen.
- Herausarbeiten von Interessen und Positionen: Durch die Arbeit in den Kleingruppen erarbeiten sich die Schülerinnen und Schüler jeweils unterschiedliche Positionen. Durch gezielte Arbeitsaufträge (M2) werden sie dabei auch angehalten, sich mit den Interessen und Positionen der anderen Gruppen auseinander zu setzen.
- Trennung der Sach- und Wertebene: Die Argumente der Schülerinnen und Schüler sollten während der Versammlung protokolliert und im Anschluss an das Planspiel hinsichtlich der Nennung von Werten, Normen und Fakten analysiert und diskutiert werden.
- Beschreiben und reflektieren der Folgen einer Entscheidung: Das fiktive Szenario kann nach der Entscheidung durch die Schülerinnen und Schüler gedanklich weitergeführt und Folgen der jeweiligen Entscheidung genannt und diskutiert werden.
- Reflektieren der Wertentscheidung im Entscheidungsfindungsprozess: Die von den Schülerinnen und Schülern ausgefüllten Stimmzettel können an einer Pinnwand oder der Tafel gesammelt und die Begründungen auf die Nennung von Werten, Normen und Fakten hin untersucht werden. Dabei sollten die hinter den Entscheidungen stehenden (in den Begründungen enthaltenen) Werte und Normen gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern herausgearbeitet werden.

M 13: Reflexion des Planspiels

Reflexion des Planspiels

Wichtig ist, dass die Reflexion auf die konkret formulierten Lernziele ausgerichtet wird. Der didaktische Ertrag der Planspielmethode entfaltet sich nämlich erst in der Ergänzung des Spielablaufs um die Reflexion.

Zu Beginn muss den Schülern deutlich gemacht werden, dass sie in der Reflexionsrunde aus ihren Rollen schlüpfen sollen.

Folgende Aspekte sollten danach in der Reflexionsrunde angesprochen werden:

- Verlauf des Planspiels (Was lief gut? Was könnte verbessert werden?)
- Rollen (Wie habe ich mich in meiner Rolle gefühlt? Was war leicht, was schwierig?)
- Eigene Einstellung zu gentechnisch veränderten Lebensmitteln (Vor dem Planspiel und danach?)
- Argumentationslinien (Welche Hauptargumente haben Befürworter und Gegner? Welche Argumente kann ich nachvollziehen? Welche nicht?)
- Möglichkeiten des Transfers in die Realität (Was ist an dem Beispiel der Gen-Fit GmbH fiktiv? Was könnte eurer Meinung nach Realität werden? Warum?)
- Transfer der Entscheidungssituation auf die Realität (Wenn an unserer Schule nächste Woche eine ähnliche Abstimmung durchgeführt werden würde, wie würdet ihr euch entscheiden? Warum würdet ihr euch so entscheiden?)
- Weiterführung des Unterrichts (Welche Aspekte zu gentechnisch veränderten Lebensmitteln/Pflanzen sind offen geblieben? Wie weit ist die Forschung auf dem Gebiet der grünen Gentechnik? Welche gentechnisch veränderten Pflanzen werden in Deutschland angebaut? Welche gentechnisch veränderten Lebensmittel gibt es schon im Supermarkt? Wie sieht die gesetzliche Situation in Deutschland aus?)

M 14: Anknüpfungspunkte für den weiteren Unterricht

Anknüpfungspunkte für den weiteren Unterricht:

Für den weiteren Unterricht bieten sich – je nach Verlauf des vorangegangenen Unterrichts, folgende Anknüpfungspunkte an:

- Übertragung des fiktiven Beispiels in die Realität. Analyse der Situation der grünen Gentechnik (an Nutzpflanzen bzw. in Bezug auf Lebensmittel) in Deutschland: z. B. Anbau, Freisetzung, Gesetze (Kennzeichnungspflicht)
- Vergleich der fiktiven Pflanzensorten Gen-ial Reis und Fit-Tomato mit den bekannten Beispielen Golden Rice und Flavr-Savr-Tomate
- Golden Rice: Hier kann neben der Betrachtung der gentechnischen Grundlagen (Wie wurde die Reissorte verändert, so dass sie eine größere Menge an Beta-Carotin enthält?) z. B. der Frage nachgegangen werden, inwieweit die Produktion und der Anbau des Reis' als 'humanitäres Projekt' (Zitat von www.goldenrice.org) bezeichnet werden kann.
- Flavr-Savr-Tomate: Hier könnte der Frage nachgegangen werden, warum die Tomatensorte, die das erste kommerziell erhältliche gentechnisch veränderte Nahrungsmittel weltweit war, mittlerweile wieder vom Markt verschwunden ist (vgl. Kempken & Kempken 2006).

7.8 Literaturhinweise

Beer, W. & Droste, E. (2006). Biopolitik im Diskurs. Argumente Fragen Perspektiven. Bonn: Bundeszentrale für politische Bildung.

Höble, C. & Reitschert, K. (2007). Fisch als Nahrungsmittel. Gentechnisch verändert?. PdN Biologie in der Schule 1/56, S. 26-36.

Kempken, F. & Kempken, R. (2006). Gentechnik bei Pflanzen. 3. Auflage. Heidelberg: Springer Verlag

KMK (2004). Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Bildungsabschluss. Bonn. http://www.kmk.org/schul/Bildungsstandards/Biologie_MSA_16.12.04.pdf.

Niedersächsisches Kultusministerium (2007a). Kerncurriculum für die Realschule Schuljahrgänge 5 -10. Naturwissenschaften. http://db2.nibis.de/1db/cuvo/datei/kc_rs_nws_07_nib.pdf

Niedersächsisches Kultusministerium (2007b). Kerncurriculum für das Gymnasium Schuljahrgänge 5 -10. Naturwissenschaften. Hannover. http://db2.nibis.de/1db/cuvo/datei/kc_gym_nws_07_nib.pdf

Peterßen, W.H. (1999). Kleines Methoden-Lexikon. München: Oldenbourg.

Teutloff, G. (2006). Science Fiction – Visionen auf dem Prüfstand. In: Unterricht Biologie 311/312, S. 4-13.

Internettipps:

www.transgen.de

<http://www.biosicherheit.de>

www.verbraucherministerium.de

www.drze.de/themen/blickpunkt/GHL

<http://www.dialog-gentechnik.at>

<http://www.aid.de>

7.9 Zu erwerbende Kompetenzen

Kompetenzbereich **Fachwissen**

| Bildungsstandards | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 10 des Gymnasiums | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 10 der Realschule | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 9/10 der Hauptschule |
|--|---|--|--|
| Die Schülerinnen und Schüler ... | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> beschreiben und erklären Wechselwirkungen im Organismus, zwischen Organismen sowie zwischen Organismen und unbelebter Materie. (F 1.4) | <ul style="list-style-type: none"> erläutern einfache Veränderungen in einem Ökosystem. (FW 4.6) | <ul style="list-style-type: none"> erläutern langfristige Veränderungen eines Ökosystems. | <ul style="list-style-type: none"> beschreiben den Einfluss unterschiedlicher Faktoren auf ein Ökosystem. |
| <ul style="list-style-type: none"> kennen und erörtern Eingriffe des Menschen in die Natur und Kriterien für solche Entscheidungen. (F 3.8) | <ul style="list-style-type: none"> beschreiben die Auswirkungen von Eingriffen des Menschen in Ökosysteme. (FW 4.6) erläutern die Auswirkungen menschlicher Eingriffe in Ökosysteme auf den Menschen selbst. (FW 3.2) | <ul style="list-style-type: none"> beschreiben die Folgen menschlichen Handelns auf die Entwicklung in einem Ökosystem. | <ul style="list-style-type: none"> erläutern langfristige Veränderungen eines Ökosystems. beschreiben die Folgen menschlichen Handelns auf die Entwicklung in einem Ökosystem. |

Kompetenzbereich **Kommunikation**

| Bildungsstandards | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 10 des Gymnasiums | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 10 der Realschule | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 9/10 der Hauptschule |
|---|--|--|---|
| Die Schülerinnen und Schüler ... | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • kommunizieren und argumentieren in verschiedenen Sozialformen. (K1) | <ul style="list-style-type: none"> • lösen komplexere Aufgaben in Gruppen, treffen dabei selbstständig Absprachen in Bezug auf Aufgabenverteilung und Zeiteinteilung. (KK 1) • beziehen die Beiträge anderer in ihre Darstellungen mit ein. (KK 1) • reflektieren die Beiträge anderer und nehmen dazu Stellung. (KK 1) | <ul style="list-style-type: none"> • kommunizieren fachbezogen in verschiedenen Sozialformen und fassen erarbeitete Teilergebnisse selbstständig zu einem Gesamtergebnis zusammen. • reflektieren und begründen Lösungsvorschläge anderen gegenüber. | <ul style="list-style-type: none"> • kommunizieren fachbezogen miteinander in Gruppen. • treffen selbstständig Absprachen. • referieren und erörtern Ergebnisse in einer Lerngruppe. |
| <ul style="list-style-type: none"> • werten Informationen zu biologischen Fragestellungen aus verschiedenen Quellen zielgerichtet aus und verarbeiten diese auch mit Hilfe verschiedener Techniken und Methoden adressaten- und situationsgerecht. (K 4) | <ul style="list-style-type: none"> • präsentieren Ergebnisse mit angemessenen Medien. (KK 2) | <ul style="list-style-type: none"> • nutzen Informationsquellen selbstständig und fassen diese unter Anwendung verschiedener Techniken und Methoden zusammen. | <ul style="list-style-type: none"> • nutzen Informationsquellen selbstständig und kritisch. • fassen Informationen unter Anwendung verschiedener Techniken und Methoden zusammen. |
| <ul style="list-style-type: none"> • referieren zu gesellschafts- oder alltagsrelevanten biologischen Themen. (K 7) | | <ul style="list-style-type: none"> • referieren zu gesellschafts- oder alltagsrelevanten biologischen Themen. | <ul style="list-style-type: none"> • referieren zu gesellschafts- oder alltagsrelevanten biologischen Themen. |
| <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben und erklären den Bedeutungsgehalt von fachsprachlichen bzw. alltagssprachlichen Texten und von Bildern in strukturierter sprachlicher Darstellung. (K 9) | <ul style="list-style-type: none"> • formulieren biologische Sachverhalte in der Fachsprache. (KK 3) | <ul style="list-style-type: none"> • erläutern biologische Phänomene und setzen Alltagsvorstellungen dazu in Beziehung. | <ul style="list-style-type: none"> • stellen biologische Phänomene sach- und adressatengerecht dar. • erläutern komplexere Sachverhalte. |

Kompetenzbereich **Bewertung**

| Bildungsstandards | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 10 des Gymnasiums | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 10 der Realschule | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 9/10 der Hauptschule |
|--|---|---|---|
| Die Schülerinnen und Schüler ... | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben und beurteilen Erkenntnisse und Methoden in ausgewählten aktuellen Bezügen wie zu Medizin, Biotechnik und Gentechnik, und zwar unter Berücksichtigung gesellschaftlich verhandelbarer Werte. (B 3) | <ul style="list-style-type: none"> • reflektieren die Sachinformationen für Problem- und Entscheidungssituationen in Hinblick auf Korrektheit und Begrenztheit der Aussagekraft. (BW 3) • reflektieren die Wertentscheidung im Entscheidungsfindungsprozess. (BW 3) | <ul style="list-style-type: none"> • erörtern Grenzen und Tragweite von Untersuchungsanlagen, -schritten und -ergebnissen an aktuellen Beispielen. • bewerten Informationen und deren Quellen, insbesondere das Internet, kritisch. | <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben und bewerten den Konflikt zwischen wirtschaftlichen Interessen und ökologischer und sozialer Verantwortung. |
| <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben und beurteilen die Auswirkungen menschlicher Eingriffe in einem Ökosystem. (B 5) | | <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben und beurteilen die Auswirkungen menschlicher Eingriffe in ein Ökosystem. | <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben und beurteilen die Auswirkungen menschlicher Eingriffe in ein Ökosystem. |

GOLDEN RICE“ FÜR INDIEN?



© Dieter Schütz / PIXELIO

Die Anwendung der Gentechnik in Pflanzenzucht, Landwirtschaft und Ernährung wird als *Grüne Gentechnik* bezeichnet. Während der Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen (GV-Pflanzen) in den letzten Jahrzehnten weltweit konstant zunahm (1996: 2 Millionen Hektar; 2006: 100 Millionen Hektar; ISAA 2009), herrscht in Europa bislang Zurückhaltung und Skepsis gegenüber der neuen Technologie. Ist diese Skepsis angebracht? Kann die *Grüne Gentechnik* helfen, der Mangelernährung in Entwicklungsländern zu begegnen? Anhand der Kulturpflanze Reis sollen gentechnische Verfahrensschritte aufgezeigt und das Für und Wider ihres Einsatzes diskutiert werden.

Prof. Dr. Doris Elster
Universität Bremen

Didaktik der Naturwissenschaften - Biologie

8.1 Sachinformation

Vitamin-A-Mangel (Vitamin-A-Deficiency, VAD) ist ein weltweit verbreitetes Ernährungsproblem. WHO-Schätzungen zufolge leiden 100 bis 140 Millionen Kinder unter VAD. VAD führt zu einer Beeinträchtigung der Sehkraft und einer Schwächung des Immunsystems. Erhöhte Anfälligkeit gegenüber Infektionskrankheiten und Diarrhöe sind die Folge. Die Mangelerkrankung tritt vor allem in Ländern auf, in denen geschälter, Provitamin-A-freier (β -Carotin-freier) Reis das Hauptnahrungsmittel der Bevölkerung darstellt.

Reisanbau weltweit

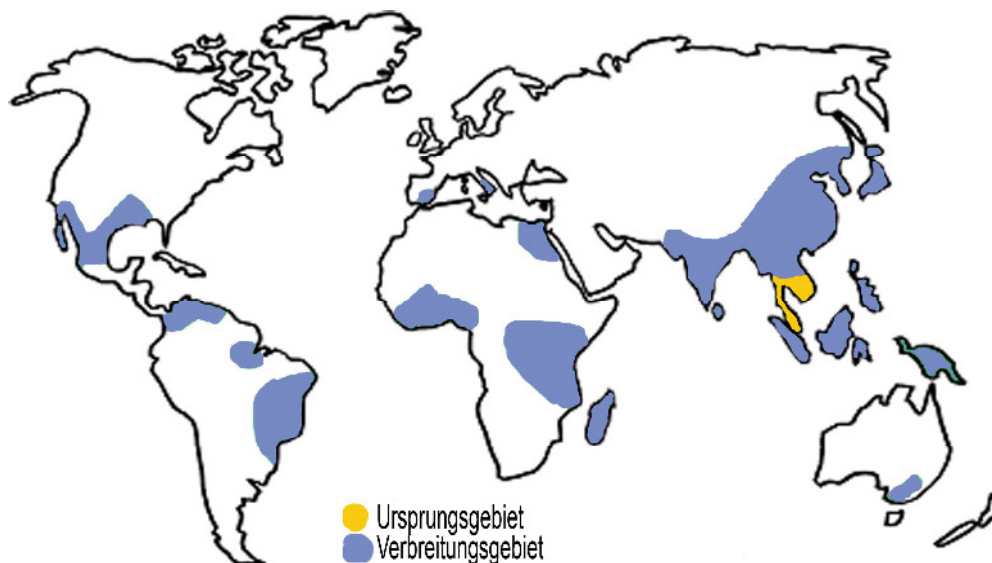


Abbildung 1: Ursprungsgebiet und Verbreitungsgebiet des Reisanbaus
(Quelle: <http://www.goldenrice.com>; Download am 12.02.09; verändert)

Das Ursprungsgebiet des Reisanbaus liegt in Ostasien. Heute wird Reis weltweit in tropischen und subtropischen Klimaregionen angebaut (siehe Abbildung 1). Führend im Reisanbau sind die asiatischen Länder, gefolgt von Afrika, Süd- sowie Nord- und Mittelamerika. Nach Angaben der FAO sind China (rund 184 Millionen Tonnen) und Indien (rund 129 Millionen Tonnen) die größten Reisproduzenten der Welt. In Europa wird Reis u. a. in Italien (rund 1,37 Millionen Tonnen) und in Portugal angebaut. Weltweit lag die Reisproduktion im Jahr 2005 bei 615 Millionen Tonnen.

Reis als Hauptnahrungsmittel in Entwicklungsländern

Vitamine, Mineralien und Spurenelemente sind für die menschliche Gesundheit essenziell und müssen mit der Nahrung aufgenommen werden. Während das in den Industrieländern leicht möglich ist, stellt vitaminreiche Nahrung in vielen Entwicklungsländern ein sehr großes Problem dar. So leben jährlich etwa 250 Millionen Kinder mit dem Risiko einer Unterversorgung an Vitamin A und etwa

500 000 Kinder erblinden. Zwei Milliarden Menschen, also ein Drittel der Menschheit, lebt permanent mit ernährungsbedingtem Eisenmangel.

Die primäre Quelle für Vitamine, Mineralien und Spurenelemente sind grüne Pflanzen. Allerdings sind Vitamine und Mineralstoffe in verschiedenen Pflanzen in unterschiedlichen Mengen enthalten. So enthält etwa Reis, der in geschälter Form für einen Großteil der Menschheit das Hauptnahrungsmittel darstellt, kaum Vitamin A. Geschälter Reis ist weniger anfällig für Schimmelbildung und deshalb länger haltbar. Der Gehalt an Vitaminen, Mineralien und Spurenelementen ist allerdings verschwindend gering.

Golden Rice

Vor etwa zehn Jahren begann eine internationale Arbeitsgruppe der ETH Zürich unter der Leitung von Ingo Potrykus an der gentechnischen Veränderung von Reispflanzen zu forschen. Es ist ihnen nach jahrelanger Forschung über pflanzliche Stoffwechselforgänge gelungen, gentechnisch veränderte Reispflanzen zu erzeugen, die größere Mengen an β -Carotin (Provitamin A) produzieren. Dieses kann im menschlichen Körper dann leicht in Vitamin A umgewandelt werden, wenn auch Fette mit der Nahrung mit aufgenommen werden. Wie sind die Forscher vorgegangen?

Gentechnisches Verfahren zur Anreicherung von Reis mit β -Carotin (Provitamin A)

Die Forscher suchten nach Verfahren der Biofortifizierung. Sie nutzten also die biosynthetischen Kapazitäten der Reispflanze aus, um ihren Gehalt an dem gewünschten Inhaltsstoff zu steigern. Mittels Gentechnik sollte eine Reissorte produziert werden, die im essbaren Teil des Reiskorns (Endosperm) β -Carotin synthetisiert. Die Anwendung von Gentechnik war hier notwendig, weil keine Reissorte bekannt war, die β -Carotin im Endosperm enthält. Dadurch war die Anwendung klassischer Methoden der Pflanzenzüchtung nicht möglich.

Um die Entwicklung von Golden Rice nachvollziehen zu können, ist ein kleiner Ausflug in die Carotinoid-Biosynthese unentbehrlich. Vorstufe des β -Carotins ist das Carotin Phytoen. Dieses ist im Endosperm des Reiskorns in einer Vorstufe vorhanden. Um aus Phytoen β -Carotin herzustellen, müssen 3 pflanzliche Enzyme eingeführt werden, die über das Carotin Lycopin (rote Farbe der Tomate) β -Carotin synthetisieren:

- die Phytoen-Synthase, die aus der vorhandenen Vorstufe Phytoen synthetisiert;
- eine Desaturase, die Phytoen in Lycopin umwandelt
- und schließlich eine Lycopin- β -Cyclase, die Lycopin zu β -Carotin cyclisiert.

Damit β -Carotin im Reiskorn gebildet werden kann, müssen zwei Transformationen durchgeführt werden: In der ersten Transformation werden die Gene für die Phytoen-Synthase und die Lycopin- β -Cyclase aus der Osterglocke (*Narcissus pseudonarcissus*) isoliert; in der zweiten Transformation die Gene der Desaturase aus einem Bodenbakterium (*Erwinia uredovora*). Diese werden dann mittels *A. tumefaciens*-Transformation in den Reis übertragen. Das β -Carotin führt zu einer gelben Färbung des Reises. Deswegen wird er als *Golden Rice* bezeichnet.

Golden Rice 2

Der transgene Reis enthielt in seiner Ursprungsform etwa 1,6 µg β-Carotin je Gramm Reis. Diese geringe Menge reichte bei weitem nicht für die notwendige Tagesdosis eines Erwachsenen aus. In der Zwischenzeit hat man neue Sorten erstellt, die eine weitaus höhere Menge an β-Carotin enthält, nämlich 37 µg β-Carotin je Gramm Reis. Dies war möglich durch die Verwendung von Promotoren, die aus dem Mais stammen und daher den Promotoren des Reises ähnlicher waren als die der Narzisse. (Anmerkung: Ein Promotor ist ein Teil der DNA-Sequenz, die die regulierte Expression eines Gens ermöglicht.) In den Medien ist diese Sorte als **Golden Rice 2** bekannt geworden. 2004 wurde *Golden Rice 2* in den USA erstmals im Freiland getestet.

Golden Rice als Saatgut für Kleinbauern in Indien

Derzeit werden diese Merkmale in die üblicherweise verwendete Reislinie „Indica“ eingekreuzt. Wenn deren Anbau zugelassen wird, sollen Kleinbauern in den Entwicklungsländern das Saatgut kostenlos erhalten. Man rechnet damit, dass der „Indica“- Reis mit den neuen Genen ab dem Jahr 2011 als Nahrungsmittel für die lokale Bevölkerung zur Verfügung steht.

8.2 Fachdidaktische Informationen

Die Unterrichtseinheit ist geeignet, moderne Methoden der Gentechnik kennenzulernen und zu vertiefen. Das soll einerseits durch die Bearbeitung von Informationen zu gentechnischen Verfahrensschritten bei der Herstellung von *Golden Rice* erfolgen, andererseits geht es um die kritische Analyse von Zeitungsausschnitten und Sachinformationen unter Einbeziehung ethischer Aspekte.

Kontext hierfür ist die geplante Verbreitung der gentechnisch veränderten Pflanze *Golden Rice* in Indien. Personen mit unterschiedlichen kulturellen Hintergründen - das indische Mädchen Saranya und das deutsche Mädchen Sophie - sammeln Sachinformationen zum Thema und tauschen sie aus. Das erfordert eine Auseinandersetzung mit sozio-kulturellen und gesellschaftspolitischen Fragen, die mit der Entwicklung und der Verbreitung von GVOs im Zusammenhang stehen. Ziel ist es, normative und deskriptive Aussagen zum Für und Wider der Einführung von *Golden Rice* in Indien zu identifizieren, zu gewichten und gemeinsam zu einem begründeten Urteil zu kommen.

Lernvoraussetzungen, Kompetenzen und Lernziele

Grundwissen über

- den Bau der DNA und
- die Proteinbiosynthese.

Die in der Einheit zu vermittelnden Kompetenzen sind unter Punkt 8.5 zu finden.

Die Schülerinnen und Schüler ...

- beschreiben und erklären Verfahrensschritte, die zur gentechnischen Veränderung von *Golden Rice* eingesetzt werden.
- setzen sich mit dem sozio-kulturellen und gesellschaftspolitischen Kontext der Einführung von GVOs in Entwicklungsländern auseinander.
- identifizieren sachliche und normative Argumente für und wider der Entwicklung und Verbreitung von *Golden Rice*, gewichten diese und kommen im Diskurs mit den Mitschülerinnen und Mitschülern zu einem Urteil.

8.3 Unterrichtsverlauf und Materialien

| Unterrichtsphase I | Von Reis zu Golden Rice | (ca. 90min) | |
|--|---------------------------------------|-------------|---|
| <p>Die Informationen zur Entwicklung des <i>Golden Rice</i> sollen aus zwei unterschiedlichen sozio-kulturellen Perspektiven erarbeitet werden: aus der Sicht des deutschen Mädchens Sophie und der Sicht des indischen Mädchens Saranya. Dazu wird die Klasse in zwei Gruppen geteilt. Die Arbeitsmaterialien (jeweils drei Materialien pro Gruppe) werden in Partnerarbeit (2-3 Schüler/innen) bearbeitet. Ziel ist eine schriftliche Zusammenfassung („Brief an die Freundin“), in der sachliche Informationen und die Problematik der Entwicklung und Einführung von GVOs diskutiert werden. Offene Fragen sollen aufgelistet werden (Anmerkung: Die Materialien sind „komplementär“ aufgebaut, d. h. die Antworten zu offenen Fragen finden sich häufig in den Arbeitsmaterialien der anderen Gruppe.)</p> <p>Einstieg: Ein kurzer Impulstext führt in die Welt der beiden Mädchen ein.</p> <p>Erarbeitung: Die Materialien beinhalten jeweils einen Textbaustein (Interview mit Gentechniker AB 1a, Gespräch mit Reisbauer AB 2a), einen Baustein, der das gentechnische Verfahren zur Entwicklung von <i>Golden Rice</i> beschreibt (AB 1b und AB 2b) und weiterführende Informationen zur Vitamin-Biosynthese (AB 1c und AB 2c).</p> <p>Aufgaben: Beschreiben Sie die Schritte der gentechnischen Veränderung der Reispflanze. Stellen Sie dabei die Unterschiede zwischen <i>Golden Rice</i> und <i>Golden Rice 2</i> gegenüber. Gibt es bereits Feldversuche? Fassen Sie die Auswirkungen (Chancen und Risiken) einer Einführung von <i>Golden Rice</i> auf lokaler und globaler Ebene zusammen. Ist das Projekt tatsächlich uneigennützig?</p> <p>Zusammenfassung: Die Informationen zu <i>Golden Rice</i> und offene Fragen werden in einem „Brief an die Freundin“ zusammengefasst.</p> | | | <p>AB 1a,b,c</p> <p>AB 2a,b,c</p> |
| Unterrichtsphase II | Ist Golden Rice auch Gold für Indien? | (ca.90 min) | |
| <p>Jeweils zwei Schüler/innen aus Arbeitsgruppe 1 und Arbeitsgruppe 2 bilden nun eine Gruppe (Methode: Expertenpuzzle). Sie entwickeln gemeinsam eine Informationsbroschüre für Reisbauern in Indien. Sie nutzen dazu die Informationen aus Arbeitsphase 2 und Material 3.</p> <p>Einstieg: Wechselseitige Information über die Ergebnisse („Briefe“) aus Arbeitsphase 1.</p> <p>Erarbeitung: Die Arbeitsgruppe stellt die Schritte zur gentechnischen Veränderung des Golden Rice im Flussdiagramm dar. Sie analysiert, gewichtet und beurteilt eigene und fremde Argumente (Material 3), die für oder gegen die Einführung von <i>Golden Rice</i> in einem indischen Dorf sprechen. Sie erstellen gemeinsam eine Informationsbroschüre.</p> <p>Zusammenfassung: Die Arbeitsgruppen präsentieren ihre Broschüren.</p> | | | <p>AB 3</p> |

Unterrichtsphase I / Materialien für Arbeitsgruppe 1



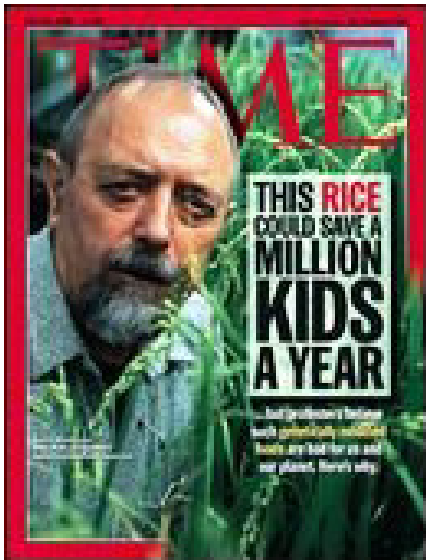
©korkey / PIXELIO

Sophie, ein Mädchen aus Bremen, hat sich in ihr Zimmer zurückgezogen und denkt an ihre indische Brieffreundin Saranya. Auf ihrem Bett liegen Fotografien, die die Kultur und das Leben in Saranyas Heimat zeigen. Sophie ist fasziniert von der Kultur Indiens aber auch deprimiert angesichts der Armut und des Hungers, die dort herrschen. In der Zeitung *TIME* hat sie vom *Golden Rice* gelesen, einem Reis, der helfen soll, Vitamin-A-Mangel in den Entwicklungsländern zu bekämpfen. Sophie steht gentechnisch veränderten Lebensmitteln eigentlich sehr kritisch gegenüber. Könnte es sein, dass dieser gentechnisch veränderte Reis vielleicht doch sein Gutes hat? „Ich frage mal Saranya, was sie davon hält. Ihr Onkel ist ja Reisbauer.“, denkt Sophie und beginnt zu schreiben.

Aufgabe: Schreiben Sie an Saranya einen Brief (Partnerarbeit), in dem Sie auf die Problematik gentechnisch veränderter Lebensmittel eingehen. Nutzen Sie dazu die Informationen der Materialien 1a, 1b, 1c als Grundlage. Formulieren Sie auch noch offene Fragen.

Arbeitsmaterial 1a TIME Interview mit Ingo Potrykos

Aus: *TIME* magazine, July 31, 2000, vol. 156 No 5, verändert.



Kann die grüne Gentechnik helfen, der Mangelernährung in Entwicklungsländern zu begegnen?

Ein Beispiel dafür ist der Provitamin-A-Reis. Reis wird vorwiegend geschält verarbeitet, da er ohne Schale nicht ranzig wird und besser gekocht werden kann. Geschälter Reis enthält aber kein Provitamin A (β -Carotin). Das verursacht bei Menschen, die sich hauptsächlich von Reis ernähren, Mangelkrankungen, die sich durch erhöhte Infektionsanfälligkeit sowie Sehstörungen, die zu Erblindung führen können, äußern. Millionen von Menschen sind davon betroffen. Schweizer Forschern ist es gelungen, durch die Übertragung von drei Genen aus einem Bakterium und der

Osterglocke eine Reissorte zu entwickeln, die im Korn selber Provitamin A (β -Carotin) produziert. Dies verleiht dem Reiskorn eine goldgelbe Farbe, weshalb die Sorte unter dem Namen *Golden Rice* bekannt wurde. Der Provitamin-A-Reis soll als humanitäres Projekt den Kleinbäuerinnen und Kleinbauern in Entwicklungsländern kostenlos zur Verfügung stehen. Aufgrund der langwierigen Zulassungsverfahren wird allerdings noch einige Zeit vergehen, bis die Bäuerinnen und Bauern in

den indischen Dörfern den *Golden Rice* anpflanzen und damit die Versorgung der lokalen Bevölkerung mit Vitamin A verbessern können.

Ingo Potrykus, der „Vater“ des Golden Rice, im Interview mit TIME (TIME magazine, July 31, 2000, vol. 156 No 5; verändert)

TIME: Wie war das historisch gesehen? Ist Vitamin-A-Mangel etwas, das es schon seit Jahrtausenden in diesen Ländern gibt oder hat das mit Umstellungen der neueren Zeit zu tun?

Potrykus: Es hat sich durch die Bevölkerungsexplosion potenziert. Wenn Sie eine kleine Bevölkerung haben, dann macht naturgemäß Reis einen relativ kleinen Anteil der Gesamternährung aus. Je mehr Menschen Sie haben, desto mehr Menschen müssen sich von Reis ernähren, weil Reis der beste Kalorienlieferant ist. Das heißt vor 100 Jahren war der Vitamin-A-Mangel ein wesentlich geringeres Problem als heute, weil die Ernährung ausgewogener war.

TIME: Kritik, die an ihrem Projekt auch immer wieder geübt wird, ist, dass es besser wäre, der Bevölkerung Zugang zu ausgewogenerer Ernährung zu gewähren.

Potrykus: Es ist etwas zynisch, einem Armen, der sich mit Müh und Not von Reis ernährt, zu sagen, er soll sich doch besser ernähren. Er soll doch mal Leber kochen, um den Eisenmangel zu bekämpfen, er soll mal von irgendwo mehr Zink kriegen. Das ist ein ziemlich dummer Vorschlag.

TIME: Und wenn man den Reis nicht schälen würde, hätte er dann genug Provitamin A?

Potrykus: Nein, das ist wissenschaftlich nicht haltbar.

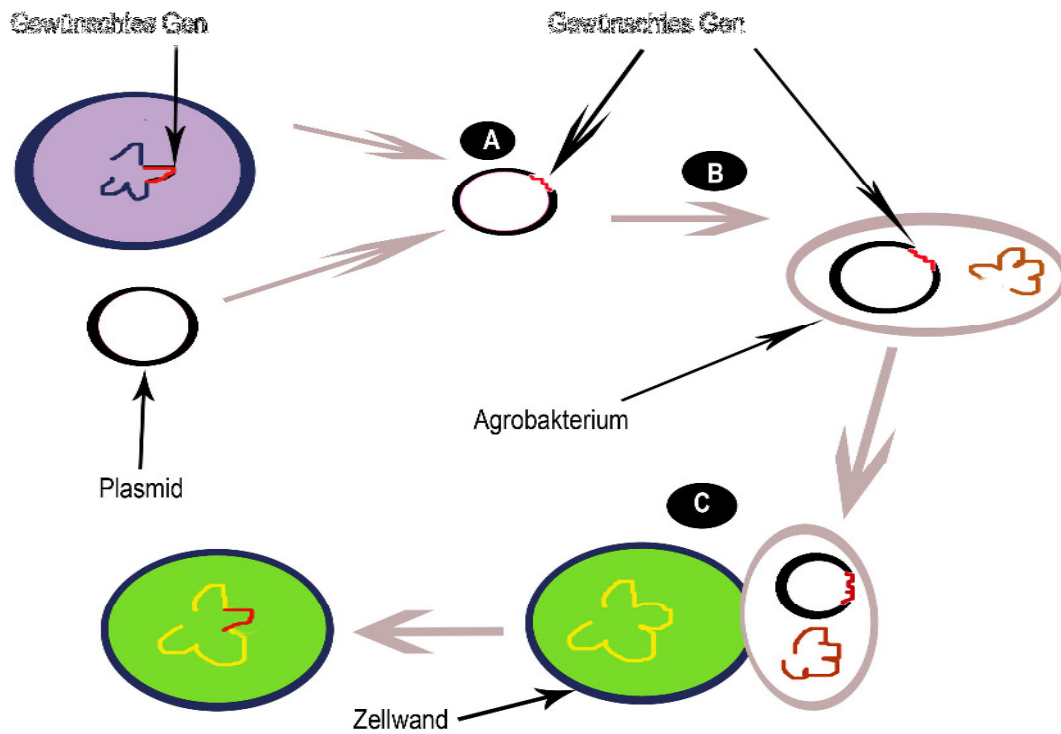
TIME: Ist das Auskreuzen, also der Gentransfer auf andere Sorten, bei *Golden Rice* ein Problem?

Potrykus: Das ist überhaupt kein Problem, weil Reis praktisch überhaupt nicht auskreuzt. Reis ist ein Selbstbestäuber, der größte Anteil der Befruchtung erfolgt in der geschlossenen Blüte. Reispollen ist nicht sehr transportfähig und nicht lange lebensfähig. Das ist das erste. Auskreuzung in Wildreis ist nicht null, aber die Wahrscheinlichkeit ist fast null. Weil Reispollen nicht weit fliegt, weil die Befruchtung erfolgt, wenn die Blüte geschlossen ist. Das sind biologische Grundlagen. Die nächste Frage ist: Was hat eine Auskreuzung für Folgen? Auskreuzung ist ja für sich ein neutrales biologisches Phänomen. Ein Reis mit einem Provitamin-A-Gehalt im Endosperm hat nicht den geringsten Selektionsvorteil in irgendwelchen Ökosystemen. Deswegen kann sich ein solcher Reis überhaupt nicht etablieren. Das heißt, die Auskreuzung ist von der Biologie her kein Risiko.

TIME: Wissen wir das so genau, dass das ganz sicher keinen Vorteil irgendwo haben kann?

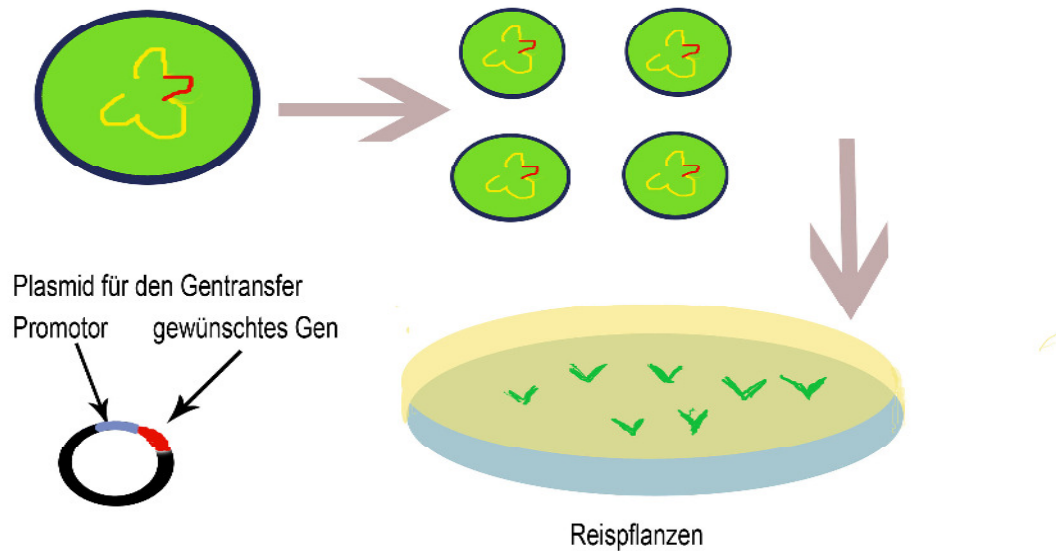
Potrykus: Wir sollten nicht Science Fiction machen, sondern versuchen, auf der Basis von dem, was wir über die Biologie wissen, versuchen, Risiken abzuschätzen. Ich habe mit einer ganzen Reihe von Pflanzenökologen ernsthaft diskutiert, und ich kenne niemanden, der mir ein Szenario mit irgendwelchen ökologischen Konsequenzen von einem Golden Rice Feld hat aufzeigen können. Lasst uns 50 Jahre so weiterspekulieren und inzwischen ein paar 100 Millionen Kinder dafür sterben. Wir sollten abwägen. Wir sollten vernünftig abwägen. Das ist die große Krankheit der ganzen Diskussion. Jede Diskussion über Gentechnik kümmert sich ausschließlich um hypothetische Risiken. Und wir gefallen uns darin, uns an hypothetischen Risiken zu berauschen und den Nutzen, den klar definierbaren, nachweisbaren Nutzen, einfach zu ignorieren. Das halte ich für keine gesunde moralische Einstellung.

Transformation mit Hilfe eines Bakteriums



- A** Das erwünschte Gen wird aus dem Spenderorganismus, hier z.B. die Osterglöcke (*Primula veris*), isoliert und in das Plasmid übertragen.
- B** Das neue Plasmid wird in *Agrobacterium tumefaciens* übertragen.
- C** Blattstücke oder Embryonen werden von der *Agrobacterium*-Suspension be-
deckt. Teile des Plasmids, die T-DNA, dringt in den Zellkern ein.

Wachstum der gentechnisch veränderten Pflanze



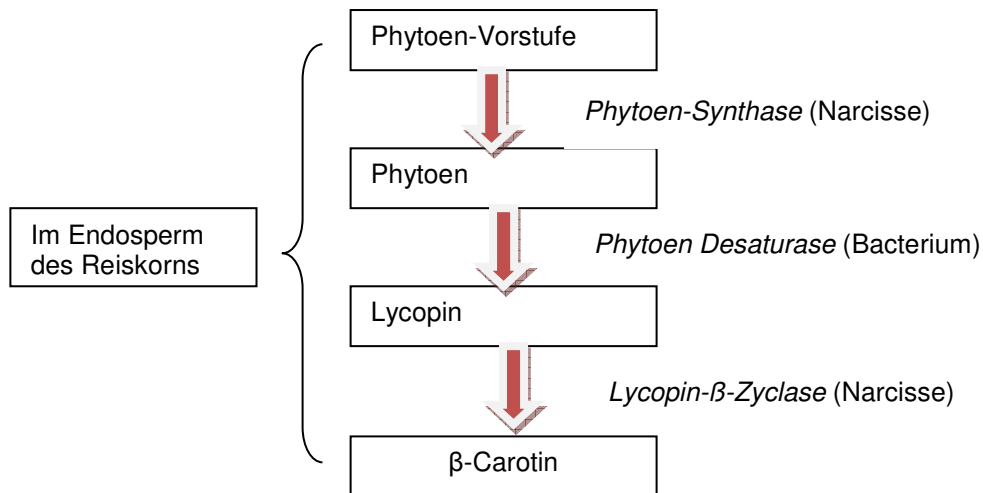
Einzelne Zellen, die das Gen enthalten, werden zu ganzen Pflanzen regeneriert. Ein „Promotor“ bewirkt die Expression des Gens: d.h. das transformierte Gen veranlasst die Entwicklung der gewünschten Veränderung.



Arbeitsauftrag: Erstellen Sie ein Flussdiagramm zu den erforderlichen Schritten zur Transformation von *Golden Rice*. Berücksichtigen Sie dabei auch die Informationen aus Material 1 a und 1c.

Vitamin-A-Mangel (Vitamin-A-Deficiency, VAD) ist ein weltweit verbreitetes Ernährungsproblem. WHO-Schätzungen (WHO = World Health Organization) zufolge leiden 100 bis 140 Millionen Kinder unter VAD. Erkrankte sind in ihrer Sehkraft beeinträchtigt und das Immunsystem ist geschwächt. Eine erhöhte Anfälligkeit gegenüber Infektionskrankheiten und Diarrhöe sind die Folgen. Dieser Mangel tritt vor allem in Ländern auf, in denen geschälter, Provitamin-A-freier Reis das Hauptnahrungsmittel darstellt.

Provitamin A (β -Carotin) kann gentechnisch im Endosperm (Mehlkörper) des Reiskorns angereichert werden. Dabei gehen Gentechniker folgendermaßen vor:



Vorstufe des β -Carotins ist das Carotin Phytoen. Dieses ist im Endosperm des Reiskorns vorhanden. Um aus Phytoen β -Carotin herzustellen, müssen drei pflanzliche Enzyme eingeführt werden, die über das Carotin Lycopin (rote Farbe der Tomate) β -Carotin synthetisieren:

- die *Phytoen-Synthase*, die aus der vorhandenen Vorstufe Phytoen synthetisiert;
- eine *Desturase*, die Phytoen in Lycopin umwandelt
- und schließlich eine *Lycopin- β -Zyclase*, die Lycopin zu β -Carotin cyclisiert.

Das β -Carotin führt zu einer gelben Färbung des Reises. Deshalb wird dieser als „Golden Rice“ bezeichnet.

Unterrichtsphase I / Materialien für Arbeitsgruppe 2



© Dieter Schütz / PIXELIO

Saranya lebt in Indien, nahe der Grenze zu Nepal. Sie kommt gerade von der Feldarbeit zurück. In den Ferien hilft sie gerne auf den Feldern ihres Onkels Machu bei der Reisernte. Sie hat von den anderen Reiserntehelferinnen erfahren, dass es bald kostenloses Saatgut für eine neue Reissorte geben soll, die eine goldene Farbe hat und wie ein Wunderheilmittel gegen Sehstörungen und Erblinden wirkt. Die anderen Frauen haben dabei gekichert – sie würden keinen Reis essen, der nicht weiß ist, wie sie es gewohnt sind.

Saranya hat dann lange mit ihrem Onkel Machu über den Wunderreis gesprochen. Ist es wirklich möglich, dass dieser Reis durch Vitamin-A-Mangel verursachte Sehstörungen verhindern oder sogar heilen kann? Ist er deshalb wirklich „Gold für Indien“, wie

Saranya es auf einem Werbeplakat gelesen hat? Der goldene Reis ist gentechnisch verändert und soll in Europa entwickelt worden sein. Wie sind die Wissenschaftler dabei vorgegangen?

Saranya denkt an ihre Brieffreundin Sophie, die in Deutschland lebt, einem Land, das für Saranya deshalb so exotisch ist, weil es dort so viel Trinkwasser gibt, dass die Menschen darin sogar baden. Vielleicht kann sie von Sophie mehr zur Herstellung, dem Nutzen und den Gefahren des gentechnisch veränderten Reises erfahren. Sie beschließt, an Sophie einen Brief zu schreiben.

Aufgabe: Schreiben Sie einen Brief (Partnerarbeit) an Sophie. Gehen Sie dabei auf die Problematik gentechnisch veränderter Kulturpflanzen ein. Nutzen Sie dazu die Informationen der Materialien 2a, 2b, 2c als Grundlage. Formulieren Sie noch offene Fragen.

Arbeitsmaterial 2a Von der Grünen Revolution zur grünen Gentechnik



Müde von der Arbeit im Reisfeld sitzen Saranya und ihr Onkel Machu auf den Stiegen vor ihrem Haus und schauen auf die Reisterrassen. Und Machu beginnt zu erzählen:

„Wir haben hier immer von Landwirtschaft und Reisanbau gelebt. Aber damals waren

die Erträge viel geringer und manchmal fielen sie sogar ganz aus, wenn der Regen nicht ausreichte oder wenn der Insektenbefall zu groß war. In den 60er und 70er Jahren haben wir dann günstig Saatgut von neuen, ertragreicheren Sorten von der Regierung erhalten. So konnten wir bis zu den 90er Jahren den Ertrag um 120% steigern. Doch diese „Grüne Revolution“ hatte auch ihre Schattenseiten. Diese neuen Hochleistungssorten waren verstärkt auf Bewässerung und den Einsatz von Agrarchemie angewiesen. Durch die notwendigen Maßnahmen zur Mechanisierung mussten wir uns finanziell verschulden. Früher hatten wir drei unterschiedliche Reissorten angebaut, jetzt bauten wir nur mehr in Monokultur eine Reissorte an. Das machte uns zunehmend abhängig vom Einsatz von Insektiziden und Pestiziden. Die neuen Marktbedingungen begünstigten Großbetriebe und

durch die Mechanisierung sank die Zahl der Arbeitsplätze in der Landwirtschaft, sodass viele Kleinbauern in abhängige Beschäftigungen oder in andere Berufe wechselten.“

Saranya: Könnte man die Erträge noch weiter steigern?

Machu: Wir bekommen immer wieder Angebote von gentechnisch verändertem Saatgut, wie es auf dem Plakat „Gentechnisch verändertes Saatgut: Resistent gegen Schädlingsbefall“ hier angeboten wird. Man verspricht uns, dass wir weniger oder gar keine Agrarchemie einsetzen müssen und dass dadurch unser Gewinn höher ist.

Saranya: Glaubst du, dass durch den Einsatz gentechnisch veränderter Reissorten Gesundheit und Umwelt geschützt werden, wie es auf dem Plakat versprochen wird?

Machu: Ich weiß es nicht genau. Die *Grüne Gentechnik* verspricht vieles. Ein aktuelles Beispiel dafür ist „Golden Rice“. Hier geht es nicht um Ertragssteigerung sondern um eine gentechnisch veränderte Reisvariante, die eine erhöhte Menge β -Carotin enthält, aus dem der menschliche Körper dann Vitamin A herstellen kann.

Saranya: Litten früher auch so viele Menschen an Vitamin-A-Mangel wie heute?

Machu: Nein, früher war die Mangelsituation nicht so trist wie heute. Die Menschen haben sich nicht nur von unterschiedlichen Reissorten ernährt, sondern auch von grünen Blattgemüsen, Fischen, Krabben und Geflügel. Dessen Konsum ging aber im Zuge der *Grünen Revolution* und dem mit ihr einhergehenden Trend zu landwirtschaftlichen Monokulturen drastisch zurück. Die Verschmutzung durch die chemischen Düngemittel erreichte die Seen und Flüsse und führte zu einer drastischen Reduktion der Bestände an Fischen, Fröschen und Seetang – alles Nahrungsquellen für die Armen. Außerdem haben die Menschen früher den Reis ungeschält gegessen, heute wird er nur mehr weiß – also ohne Schale – verzehrt, denn ungeschälter Reis schimmelt leichter. Aber gerade in der Schale des Reiskorns befinden sich wertvolle Vitamine.

Sarnaya: Ist dann eine „maßgeschneiderte Pflanze“ wie Golden Rice auch Gold für Indien?

Arbeitsauftrag: Lesen Sie den Text. Sammeln Sie Argumente Für und Gegen den Einsatz gentechnisch veränderten Reissorten. (Partnerarbeit)

Golden Rice Poster

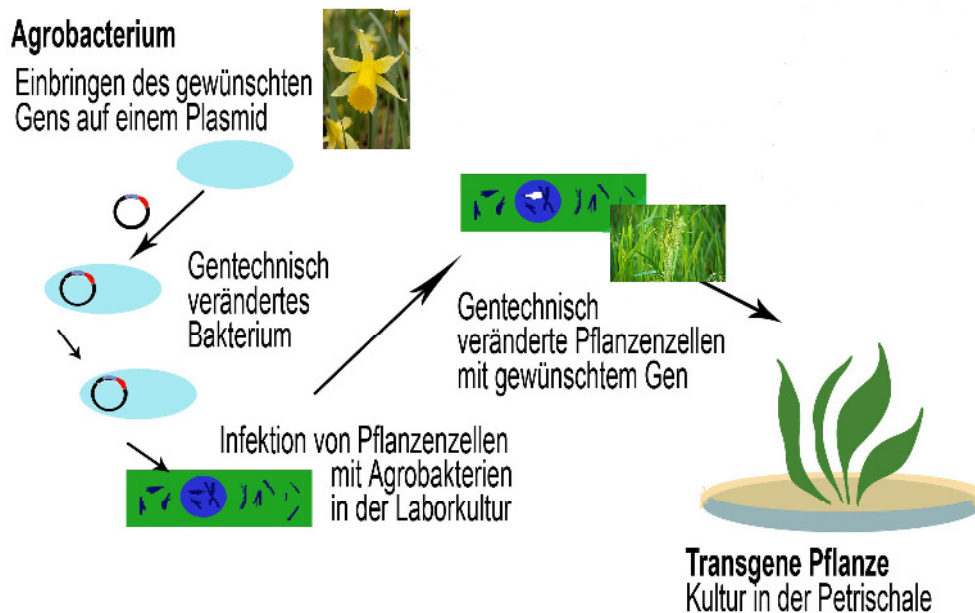
(<http://www.irri.org>; verändert)



Das Einbringen von fremder DNA in Pflanzenzellen wird als Transformation bezeichnet. Dabei übernimmt das Bodenbakterium *Agrobacterium tumefaciens* als sogenanntes „Gentaxi“ das Einbringen der gewünschten Erbinformation. Dieses Bakterium kann Teile seiner DNA in das Pflanzengenom einer anderen Pflanze einschleusen, diese Eigenschaft wird genutzt. Die übertragene, bakterielle DNA (=T-DNA, Transfer-DNA) befindet sich auf dem Plasmid, einer kleinen ringförmigen DNA. Unter bestimmten Bedingungen wird dieses Plasmid auf Pflanzenzellen übertragen und stellt somit ein von der Natur perfektioniertes Transportvehikel für Gene, ein sogenanntes „Gentaxi“ dar. Aus diesen genetisch veränderten Pflanzenzellen können dann Pflanzen gezogen werden.

Für *Golden Rice* verwendet man das Bodenbakterium *Agrobacterium tumefaciens* als sogenanntes „Gentaxi“ für das Einbringen der gewünschten Erbinformation. Bei der in das Genom der Reiszelle eingeschleusten Fremd-DNA handelt es sich um Gene der Narzisse und des Bakteriums Erwinia.

Betrachten Sie die Abbildung und beschreiben Sie die Vorgehensweise.





Damit β -Carotin im Reiskorn gebildet werden kann, müssen zwei Transformationen durchgeführt werden: In der ersten werden die Gene für die Phytoen-Synthase und die Lycopin- β -Cyclase aus der Osterglocke (*Narcissus pseudonarcissus*), in der zweiten die Gene der Desaturase aus einem Bodenbakterium (*Erwinia uredovora*) isoliert und dann mittels Agrobacterium-Transformation in den Reis übertragen. Das β -Carotin lagert sich im Endosperm (Mehlkörper) des Reiskorns ein und führt zu einer gelben Färbung des Reises, weswegen er der *Golden Rice* bezeichnet wird.

Arbeitsauftrag: Erstellen Sie ein Flussdiagramm zu den erforderlichen Schritten zur Transformation von *Golden Rice*. Berücksichtigen Sie dabei auch die Informationen aus Material 2c.

Arbeitsmaterial 2c Von Golden Rice zu Golden Rice 2

Der von einem europäischen Forschungsteam entwickelte **Golden Rice** enthält nur eine relativ geringe Menge an Provitamin A. Britische Wissenschaftler der Firma Syngenta haben deshalb einen genetisch modifizierten Reis entwickelt, der wegen seiner gelben Farbe den Namen **Golden Rice 2** trägt. Er soll über das Zwanzigfache an β -Carotin verfügen. Mit ihm, so die Hoffnung, könnte in Entwicklungsländern die hohe Rate von Erblindungen bei Kindern, die auf den Mangel an Vitamin A zurückgeführt wird, verringert werden.

Der mit Vitamin angereicherte **Golden Rice 2** soll in den kommenden Jahren in lokal angepasste Reissorten eingekreuzt werden. Die neuen Sorten sollen kostenlos an Kleinbauern abgegeben werden. Ein erster Freilandversuch mit *Golden Rice 2* wurde 2004 in Louisiana/USA durchgeführt, Freilandversuche in Asien sind ab 2011 geplant.

|  Golden Rice | Golden Rice 2  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> entwickelt von einem europäischen Forscherteam unter der Leitung von Professor Potrykus (ETH Zürich). | <ul style="list-style-type: none"> wurde von der britischen Firma Syngenta aus <i>Golden Rice</i> (weiter-) entwickelt. |
| <ul style="list-style-type: none"> enthält mehr Provitamin A (β-Carotin) als herkömmlicher Reis, aber nicht genug um den Tagesbedarf eines Kindes zu decken. | <ul style="list-style-type: none"> ist gentechnisch veränderter Reis. Dabei werden die Gene der Narzisse durch vergleichbare Gene des Mais ersetzt. Dadurch kann 23x mehr Provitamin A angereichert werden als in <i>Golden Rice</i>. |
| <ul style="list-style-type: none"> ist gentechnisch veränderter Reis: es werden zwei Gene zur Bildung von β-Carotin (Provitamin A) aus Narzissen übertragen, ein weiteres Gen aus einem Bakterium. | <ul style="list-style-type: none"> In einem Gramm Reis sind 37 Mikrogramm Provitamin A enthalten. Das könnte den Tagesbedarf eines Kindes decken. |
| <ul style="list-style-type: none"> Die Forschung wird ausschließlich aus öffentlichen Mitteln (2,6 Millionen Dollar) finanziert. Allerdings ist die Beteiligung der Gentechnikindustrie notwendig, es sind bereits mehr als 70 Patente angemeldet. | <ul style="list-style-type: none"> Umstritten ist: Wird Provitamin A überhaupt vom Körper aufgenommen? Wird es in Vitamin A umgewandelt? Gibt es gesundheitliche Risiken für den Verbraucher? |
| <ul style="list-style-type: none"> Die Bauern in den Entwicklungsländern erhalten das Saatgut umsonst (Ausnahme: Gewinn des Bauern beträgt mehr als 10 000 Dollar pro Jahr). | <ul style="list-style-type: none"> <i>Golden Rice 2</i> wurde erstmals 2007 in Indien im Feldversuch getestet. Die Marktreife des Produkts wird für 2011 erwartet. |

Arbeitsauftrag: Setzen Sie diese Informationen in Beziehung zu den Informationen aus den Arbeitsmaterialien 2a und 2b.

Unterrichtsphase II Arbeitsmaterialien

Sophie und Saranya können sich leider nur im virtuellen Raum treffen. Die Entfernung zwischen Deutschland und Indien ist zu groß. So tauschen sie sich per E-Mail über ihre Erfahrungen zu *Golden Rice* aus. Sie beschließen, gemeinsam eine Informationsbroschüre für die Reisbauern in Machus Dorf zu erstellen. Dazu nutzen sie zusätzlich zu den bereits erhaltenen Materialien eine Zusammenstellung von Argumenten von Kritikern und Befürwortern zu *Golden Rice* (Material 3).

Arbeitsmaterial 3

Golden Rice – Fluch oder Segen? Machen Sie sich selbst ein Bild!

Hier finden Sie Argumente von Kritikern und Befürwortern von Golden Rice. Gewichten Sie kritisch und bilden Sie sich ein Urteil.

Golden Rice kann nach dem Einkreuzen in lokale Sorten von den Landwirten selbst vermehrt werden, da die Firmen, die Golden Rice entwickelt haben, jedes finanzielle Interesse abgewiesen haben.

Golden Rice kann als alleinige Vitamin-A-Quelle den Tagesbedarf nicht ausreichend decken.

Das β -Carotin kann nur in Verbindung mit Fetten aufgenommen werden (weil es fettlöslich ist), aber gerade in den entsprechenden Regionen sind Fette wenig verfügbar.

Durch die Einführung von *Golden Rice* könnte ein hoher Prozentsatz der durch Vitamin-A-Mangel verursachten Krankheits- und Sterbefälle - vor allem bei Kleinkindern - verhindert werden.

Die Ursachen der Ernährungsprobleme in den betroffenen Ländern liegen oft nicht nur an einer grundsätzlichen Ressourcenknappheit, auch Kriege, Armut, mangelnde Bildung sowie Strukturmängel sind dafür verantwortlich.

Golden Rice hat durch die gentechnische Veränderung keinen evolutionären Vorteil. Sollte die zusätzliche Eigenschaft auskreuzen, werden auch wilde Sorten keinen Selektionsvorteil daraus haben.

Das anfängliche Vorhaben der Forscher, das Produkt völlig uneigennützig auch für Kleinbauern zugänglich zu machen, wurde nicht in voller Konsequenz umgesetzt: Mittlerweile wurden auf Teile der Pflanze sowie deren Produkte Patente angemeldet.

Das Projekt *Golden Rice* ist eine gezielte Imagekampagne für die *Grüne Gentechnik*.

Für den Bauern vor Ort ist bei Verwendung von *Golden Rice* Saatgut keinerlei Umstellung seiner Methoden nötig (keine höheren Kosten oder Ertragsänderungen).

Das Problem des Vitamin-A-Mangels ließe sich einfacher mit dem Verzehr anderer traditioneller Gemüsesorten (z. B. Süßkartoffeln) oder auch einer sehr günstigen und simplen Medikation, der Gabe von in Öl gelöstem Provitamin A, beheben.

8.4 Literatur:

Bayrhuber, H., Harms, U., & Kroß, A. (Hrsg.) (2001). Handbuch der praktischen Mikrobiologie und Biotechnik. Band 4. Schroedel: Hannover

Dialog Gentechnik Österreich. <http://www.dialog-gentechnik.at>, Download am 10.02.2009

ISAA (2009); www.isaaa.org Download am 12.02.2009

Gen.Suisse (2006). Gentechnik. Grundlagen, Anwendungen, Diskussionen. <http://www.gensuisse.ch>, Download am 12.02.2009

Golden Rice Humanitarian Board (2006). <http://www.goldenrice.org>, Download am 10.02.2009

Kempken, F. & Kempken,R.(2006). Gentechnik bei Pflanzen. Chancen und Risiken. Berlin: Springer

8.5 Zu erwerbende Kompetenzen

Kompetenzbereich **Fachwissen**

| Bildungsstandards | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 10 des Gymnasiums | Kompetenzen am Ende der Qualifikationsphase der gymnasialen Oberstufe | Teil-Kompetenzen in dieser Unterrichtseinheit |
|--|---|---|---|
| Die Schülerinnen und Schüler ... | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> beschreiben Zellen als strukturelle und funktionelle Grundbaueinheiten von Lebewesen. (F 2.1) | <ul style="list-style-type: none"> beschreiben Gene als DNA-Abschnitte, die Informationen zur Herstellung von Genprodukten enthalten. (FW 6.3) erläutern exemplarisch den Zusammenhang zwischen Genen und der Ausprägung des Phänotyps (z. B. Zusammenhang Gen-Enzym-Farbstoff). (FW 6.3) | <ul style="list-style-type: none"> erläutern Struktur-Funktionsbeziehungen auf der Ebene von Molekülen modellhaft (DNA-Basenpaarung, Enzyme, Rezeptormoleküle). (FW 1.1) | <ul style="list-style-type: none"> beschreiben den Vorgang der gentechnischen Veränderung bei der Herstellung von Golden Rice und Golden Rice 2. |
| <ul style="list-style-type: none"> kennen und erörtern Eingriffe des Menschen in die Natur und Kriterien für solche Entscheidungen. (F 3.8) | <ul style="list-style-type: none"> erläutern die Auswirkungen menschlicher Eingriffe in Ökosysteme auf den Menschen selbst. (FW 3.2) beschreiben die Auswirkungen von Eingriffen des Menschen in Ökosysteme. (FW 4.6) | | <ul style="list-style-type: none"> erläutern die Auswirkungen einer Aussaat von genetisch verändertem Reis auf das Ökosystem. Erläutern die Auswirkungen des Konsums von genetisch verändertem Reis auf die Gesundheit der Bevölkerung (Provitamin-A-Mangel). |

Kompetenzbereich **Erkenntnisgewinnung**

| Bildungsstandards | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 10 des Gymnasiums | Kompetenzen am Ende der Qualifikationsphase der gymnasialen Oberstufe | Teil-Kompetenzen in dieser Unterrichtseinheit |
|--|---|--|--|
| Die Schülerinnen und Schüler ... | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben Speicherung und Weitergabe genetischer Information auch unter Anwendung geeigneter Modelle. (E 11) | <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben komplexe Zusammenhänge strukturiert und sachgerecht. (EG 1.1) • verwenden einfache modellhafte Symbole zur Beschreibung molekularer Strukturen und Abläufe. (EG 3.1) | <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben die Prinzipien biologischer Arbeitstechniken, werten Befunde aus und deuten sie. (EG 4.2) | <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben die Schritte der gentechnischen Veränderung von Reis durch Transformation mit <i>Agrobacterium tumefaciens</i> und erstellen ein Flussdiagramm zu dessen Ablauf. |
| | <ul style="list-style-type: none"> • suchen und benutzen verschiedene Quellen bei der Recherche naturwissenschaftlicher Informationen. (EG 4.1) | <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben, analysieren und deuten Abbildungen, Tabellen, Diagramme sowie grafische Darstellungen unter Beachtung der untersuchten Größen und Einheiten. (EG 4.5) | <ul style="list-style-type: none"> • nutzen unterschiedliche Quellen bei der Recherche naturwissenschaftlicher und sozio-ökologischer Informationen. • beschreiben und analysieren Texte und Abbildungen zum gentechnischer Verfahren der Herstellung von Golden Rice. |

Kompetenzbereich **Kommunikation**

| Bildungsstandards | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 10 des Gymnasiums | Kompetenzen am Ende der Qualifikationsphase der gymnasialen Oberstufe | Teil-Kompetenzen in dieser Unterrichtseinheit |
|--|---|--|--|
| Die Schülerinnen und Schüler ... | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> kommunizieren und argumentieren in verschiedenen Sozialformen. (K 1) | <ul style="list-style-type: none"> reflektieren die Beiträge anderer und nehmen dazu Stellung. (KK 1) | <ul style="list-style-type: none"> diskutieren komplexe biologische Fragestellungen, deren Lösungen strittig sind. (KK 8) | <ul style="list-style-type: none"> kommunizieren und argumentieren in unterschiedlichen Sozialformen wie Kleingruppen, Expertenpuzzle, Plenum. |
| <ul style="list-style-type: none"> werten Informationen zu biologischen Fragestellungen aus verschiedenen Quellen zielgerichtet aus und verarbeiten diese auch mit Hilfe verschiedener Techniken und Methoden adressaten- und situationsgerecht. (K 4). | <ul style="list-style-type: none"> lösen komplexere Aufgaben in Gruppen, treffen dabei selbstständig Absprachen in Bezug auf Aufgabenverteilung und Zeiteinteilung. (KK 1) | <ul style="list-style-type: none"> veranschaulichen biologische Sachverhalte adressatenbezogen und zielorientiert auf angemessene Art und Weise. (KK 7) | <ul style="list-style-type: none"> nutzen unterschiedliche Quellen bei der Recherche naturwissenschaftlicher und sozio-ökologischer Informationen. beschreiben und analysieren Texte und Abbildungen zum gentechnischen Verfahren der Herstellung von Golden Rice. |
| <ul style="list-style-type: none"> referieren zu gesellschafts- oder alltagsrelevanten biologischen Themen. (K 7) | <ul style="list-style-type: none"> präsentieren Ergebnisse mit angemessenen Medien. (KK 2) | | <ul style="list-style-type: none"> reflektieren und diskutieren sozio-ökologische und naturwissenschaftliche Standpunkte zur Entwicklung von Golden Rice und Golden Rice 2. |

Kompetenzbereich **Bewertung**

| Bildungsstandards | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 10 des Gymnasiums | Kompetenzen am Ende der Qualifikationsphase der gymnasialen Oberstufe | Teil-Kompetenzen in dieser Unterrichtseinheit |
|---|--|--|--|
| Die Schülerinnen und Schüler ... | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> beschreiben und beurteilen die Auswirkungen menschlicher Eingriffe in einem Ökosystem. (B 5) | <ul style="list-style-type: none"> unterscheiden Werte, Normen und Fakten. (BW 1). erläutern die Standpunkte anderer. (BW 2) | <ul style="list-style-type: none"> bewerten mögliche kurz- und langfristige regionale und/oder globale Folgen eigenen und gesellschaftlichen Handelns. (BW 1) | <ul style="list-style-type: none"> unterscheiden Werte, Normen und Fakten bei der Analyse der vorgelegten Texte und Sachinformationen. erläutern die Standpunkte anderer (Gentechniker, Reisbauern). bewerten die Folgen gesellschaftlichen Handelns. |
| <ul style="list-style-type: none"> beschreiben und beurteilen Erkenntnisse und Methoden in ausgewählten Bezügen wie Medizin, Biotechnik und Gentechnik, und zwar unter Berücksichtigung gesellschaftlich verhandelbarer Werte. (B 3) | <ul style="list-style-type: none"> reflektieren die Sachinformationen für Problem- und Entscheidungssituationen in Hinblick auf Korrektheit und Begrenztheit der Aussagekraft. (BW 3) | <ul style="list-style-type: none"> erörtern Chancen und Risiken transgener Organismen aus der Sicht unterschiedlicher Interessengruppen. (BW 5) | <ul style="list-style-type: none"> beschreiben, bewerten und gewichten Argumente unterschiedlicher Interessengruppen (Für und Wider) zur Entwicklung und Aussaat von Golden Rice. kommen im Diskurs zu einem begründetem Urteil. |

Gentechnisch veränderte Pappeln als Umwelthelfer?!



Foto: Sybille Susat, RUZ Reinhausen

Unterrichtsmaterialien zum Thema Gentechnik
am Beispiel gentechnisch veränderter Pappeln

Inken Barfod-Werner
Studienseminar Göttingen
für das Lehramt an Gymnasien
Waldweg 26

37073 Göttingen

Dr. Sabina Eggert
Georg-August-Universität Göttingen
Didaktik der Biologie
Waldweg 26

37073 Göttingen

9.1 Einleitung

Chancen und Risiken des Einsatzes gentechnisch veränderter Organismen werden seit mehreren Jahrzehnten kontrovers diskutiert und sind durch die Fülle an Berichterstattungen omnipräsent. Dazu gehören v. a. auch Diskussionen über die Herstellung gentechnisch veränderter Lebensmittel wie z. B. Mais oder Raps. Neben der Produktion und dem Einsatz dieser bekannten Pflanzen gibt es darüber hinaus eine Vielzahl weiterer gentechnisch veränderter Organismen, die jedoch in Bereichen zum Einsatz kommen, die der breiten Öffentlichkeit eher unbekannt sind. So widmen sich beispielsweise zahlreiche Forschungsinstitute weltweit der Entwicklung sowie Untersuchung gentechnisch veränderter Gehölze. Diese zeichnen sich u. a. durch einen erhöhten Ligningehalt – und damit durch eine veränderte Holzqualität – aus. Weitere mögliche Eigenschaften sind eine erhöhte Fähigkeit in der Aufnahme von Schwermetallen oder eine Toleranz gegenüber Schädlingen und Pflanzenkrankheiten.

Unter den Gehölzen ist dabei v. a. die Pappel ein beliebtes Modellobjekt. Einige Forschungsprojekte in Deutschland arbeiten mit gentechnisch veränderten Pappeln, die eine erhöhte Glutathion Expression zeigen. Glutathion spielt bei der Bindung von Schwermetallen in den Pflanzenzellen eine wichtige Rolle. In Zukunft könnte es somit möglich sein, schwermetallbelastete Böden durch den Einsatz derartiger Pappeln zu sanieren und momentan teure und energieaufwendige Sanierungsverfahren zu ergänzen bzw. zu ersetzen. Wie bei allen Freisetzungen gentechnisch veränderter Organismen bestehen jedoch auch Risiken, die zuvor genau untersucht werden müssen. Dazu zählen mögliche Auswirkungen auf die mit Pappeln in Symbiose lebenden Mykorrhizapilze oder aber das Risiko einer dauerhaften Verbreitung oder Auskreuzung mit Wildarten.

9.2 Konkretisierung der Unterrichtsreihe

Neben der Förderung von Fachwissen liegt der Fokus dieser Einheit v. a. auf der Förderung des Kompetenzbereichs Bewertung. Bewertungskompetenz bezeichnet die Fähigkeit, sich in komplexen Problemsituationen bei unterschiedlichen Lösungsmöglichkeiten begründet entscheiden zu können, um kompetent am gesellschaftlichen Diskurs um Themen angewandter Biologie teilhaben zu können (vgl. u. a. Bögeholz et al. 2004). Ziel dieser Unterrichtseinheit ist es, dass Schülerinnen und Schüler eine derartige Problemsituation mit mehreren Lösungsmöglichkeiten bearbeiten können, diese kritisch reflektieren und abschließend zu einer Entscheidung bzw. zu einem entscheidungsvorbereitenden Urteil gelangen.

Die Einheit lässt sich grob in **drei Phasen** unterteilen:

In der **ersten Phase** wird eine Problemsituation präsentiert: Das Szenario „Bodensanierung“ (→ Material 1). Dabei geht es um ein Gelände einer ehemaligen Farbenfabrik in der Gemeinde Kleinbeck. Das Gelände soll zukünftig wieder genutzt werden können. Dazu muss jedoch zunächst der schwermetallkontaminierte Boden saniert werden. Es liegen der Gemeinde zwei Angebote von Firmen aus dem Umweltsanierungsbereich vor, die es in dieser Unterrichtsphase zu prüfen gilt.

Diese beiden Angebote werden zunächst **arbeitsteilig** bearbeitet und anhand von zentralen Entscheidungskriterien zusammengefasst (→ Materialien 2a, 2b und Material 3: Erwartungshorizont).

In der **zweiten Phase** erhalten die Schülerinnen und Schüler ein weiteres Sanierungsangebot von einem forstbotanischen Forschungsinstitut (→ Material 4). Dieses Institut ist auf die Situation in der Gemeinde aufmerksam geworden und möchte das Gelände für einen Freilandversuch mit gentechnisch veränderten Pappeln nutzen. Das Forschungsinstitut würde sich um alle Auflagen und Vorsichtsmaßnahmen kümmern. Die Gemeindeverwaltung möchte auch dieses Angebot zunächst einmal prüfen und dann in die Gemeindeversammlung als eine Option einbringen. Den Mitgliedern der Gemeindeversammlung fehlt jedoch die Fachkompetenz, um Entscheidungen über gentechnisch veränderte Organismen sowie deren Potenzial und Risiken zu fällen. Die Schülerinnen und Schüler sollen in dieser Phase mit Hilfe der Methode des **Gruppenpuzzles** zu Experten werden und relevante Sachinformationen zu gentechnisch veränderten Organismen am Beispiel der Pappel erarbeiten und für die Gemeindeversammlung aufarbeiten (→ Materialien 5.1 – 5.4 und Material 6). Dies kann in Form eines Plakates, eines Informationsheftes oder -vortrags geschehen.

In der **dritten Phase** findet die eigentliche Gemeindeversammlung statt. Hier werden zunächst einige Fachvorträge aus den Stammgruppen gehört. Danach sollen die Schülerinnen und Schüler für sich selbst die verschiedenen Sanierungsmöglichkeiten vergleichen, bewerten und zu einer begründeten Individualentscheidung kommen. Dazu erweitern sie die in Phase 1 aufgestellte Maßnahmentabelle (→ Material 7 sowie Material 3: Erwartungshorizont). Anschließend müssen die Schülerinnen und Schüler gemeinsam in der Gemeindeversammlung die drei verschiedenen Vorschläge diskutieren und dabei die eigenen Argumente vorbringen. Die Gemeindeversammlung endet mit einer Abstimmung sowie einer abschließenden Empfehlung.

9.3 Materialien

Material 1 (Folie)

Problemsituation Farbenfabrik „Multicolor“

Auf dem Gelände der ehemaligen Farbenfabrik „Multicolor“ in der Gemeinde Kleinbeck wurden Rückstände von Schwermetallen und anderen Schadstoffen gefunden. Die Gemeinde hatte zunächst ein Gutachten zur Bodenqualität in Auftrag gegeben. Das Gutachten ergab, dass der Boden stark mit Schwermetallen belastet ist und saniert werden sollte. Um den Boden zu sanieren, wurden von mehreren Firmen Angebote eingeholt.

Zwei verschiedene Angebote wurden letztendlich als geeignet eingestuft und sind in die engere Wahl gekommen. Welche Maßnahme schließlich durchgeführt wird, soll auf einer Gemeindeversammlung entschieden werden!

Dies sind die beiden Angebote:

| Firma „Bodensanierung GmbH“ | Firma „Boden und Umwelt GmbH“ |
|--|---|
| <u>Bodenaushub und thermische Bodenwäsche</u> Der belastete Boden wird komplett ausgehoben und anschließend in einer speziellen Aufbereitungsanlage gereinigt und anschließend zum großen Teil wiederverwendet. | <u>Immobilisierungsverfahren</u> Der belastete Boden wird auf der Fläche behandelt. Dabei werden die Schwermetalle im Boden mit Hilfe von speziellen Bindemitteln unschädlich gemacht. Die Fläche kann anschließend wieder genutzt werden. |

Aufgaben:

Stellt euch vor, ihr seid Bürger der Gemeinde Kleinbeck! Die Gemeinde will in einer Gemeindeversammlung über die Sanierungsmaßnahmen entscheiden.

- Benennt Aspekte (Kriterien), die für die Gemeinde wichtig sein könnten, um sich für eine der Sanierungsmaßnahmen entscheiden zu können!
- Erarbeitet arbeitsteilig die beiden Texte zu den Sanierungsmaßnahmen (Material 2a bzw. 2b) und schreibt zu den gesammelten Kriterien die Informationen aus den Texten (tabellarisch)!
- Ergänzt mögliche weitere Kriterien und Informationen, die sich aus den Texten ergeben haben und zuvor noch nicht berücksichtigt wurden!
- Informiert Euch anschließend gegenseitig über die beiden Sanierungsmaßnahmen und vervollständigt Eure Tabelle!

Material 2a

Vorschlag A

Bodensanierung durch Aushub und anschließende thermische Bodenwäsche

Die Firma *Bodensanierung GmbH* schlägt für die Sanierung des schwermetallbelasteten Bodens eine Kombination aus Aushub des kontaminierten Bodens mit einer anschließenden thermischen Bodenwäsche vor.

In einem ersten Schritt wird dabei der verunreinigte Boden bis zu einer Tiefe von max. 1,70 m ausgehoben. Das verunreinigte Material auf dem Gelände der Firma Multicolor kann mit Hilfe von Baggern komplett beseitigt werden. Anschließend muss jedoch zusätzlich Boden auf die Fläche aufgebracht werden. Dann steht die Fläche aber für eine zukünftige Nutzung uneingeschränkt zur Verfügung.

Alle Arbeitsschritte werden durch die Firma *Bodensanierung GmbH* durchgeführt. Der ausgehobene Boden wird in eine Aufbereitungsanlage gebracht, in der er „gewaschen“ wird. Die Bodenwäsche ist ein gängiges Verfahren, bei dem der Boden mit Hilfe von Wasser in einen groben und einen feinen Kornanteil aufgetrennt wird. Sowohl an den Grobkörnern als auch an den Feinkörnern „kleben“ Schwermetalle. Um die Schwermetalle von den Bodenpartikeln zu lösen, werden Hochdruck-Wasserstrahlrohre eingesetzt. Die Grobkornanteile weisen nach dieser Bodenwäsche keine gebundenen Schwermetallreste mehr auf und sind damit „risikolos“. Sie können beispielsweise als Bau- bzw. Dämmmaterial wiederverwendet werden. Schwieriger ist es, die Schwermetalle von den feinkörnigen Anteilen zu entfernen, denn sie sind sehr fest gebunden und liegen zudem in hoher Konzentration vor. Das für die Reinigung benutzte Wasser ist nach der Bodenwäsche mit Schwermetallen verschmutzt und muss ebenfalls gereinigt und aufbereitet werden.

Der feinkörnige Bestandteil des Bodens wird in einem nächsten Schritt in einem Hochtemperaturverfahren erhitzt. Bei den sehr hohen Temperaturen werden viele der Schwermetalle dauerhaft mit den Bodenteilchen „verschmolzen“ und damit in ihnen eingeschlossen. Ein Teil des thermisch gereinigten Bodens kann anschließend als Baustoff oder Dämmmaterial wieder eingesetzt werden. Bei der Erhitzung im Hochtemperaturofen entstehen jedoch auch giftige Abgase, die in einer Filteranlage gefiltert werden müssen. Die sich in den Filtern ablagernden Feinstäube sowie ein Rest des Feinkornanteils müssen als Sondermüll entsorgt werden. Sie machen jedoch nur einen geringen Anteil des ursprünglich ausgehobenen Bodens aus. Das gesamte Aufbereitungsverfahren der Bodenwäsche und der anschließenden Behandlung im Hochtemperaturofen ist ein erprobtes und in der Praxis gängiges Verfahren.

Material 2b**Vorschlag B**Bodensanierung durch Immobilisierung der Schwermetalle vor Ort

Die Firma *Boden und Umwelt GmbH* bietet als Sanierungsmaßnahme ein Immobilisierungsverfahren an. Die Firma setzt dieses Verfahren bereits seit vielen Jahren erfolgreich ein. Dabei kann der schwermetallbelastete Boden vor Ort auf dem Gelände der Farbenfabrik behandelt werden. Kosten für Transport und Aufbereitung in einer Anlage entstehen also nicht. Außerdem kann die Fläche anschließend wieder genutzt werden.

Das Ziel des Verfahrens ist es, die Schwermetalle im Boden mit Hilfe von Chemikalien „unschädlich“ zu machen, sodass sie keine Gefahr mehr für Lebewesen und Grundwasser darstellen. Dazu werden Chemikalien entweder mit Hilfe von Injektionsspritzen in den Boden „eingespritzt“ oder durch Umpflügen mit Hilfe von landwirtschaftlichen Maschinen in den Boden eingebracht. Im Boden verbinden sich diese Chemikalien dann mit den Schwermetallen zu großen Molekülen (sogenannten Komplexen) und werden so „eingeschlossen“. Diese großen Moleküle können danach beispielsweise nicht mehr durch Regenwasser ausgewaschen werden und somit auch nicht ins Grundwasser gelangen.

Generell ist das beschriebene Verfahren für den Boden schonend, denn die Bodenstruktur bleibt erhalten. Allerdings kann es durch Zugabe der Chemikalien in einzelnen Fällen zu Veränderungen im Boden, beispielsweise zur Veränderung des pH-Werts kommen. Ist das der Fall, können sich die Komplexe aus Schwermetallen und Chemikalien wieder auflösen und die Schwermetalle doch wieder frei im Boden vorliegen. Dadurch könnte es zu Schädigungen der im Boden lebenden Organismen kommen. Aus diesem Grund muss vorher genau geprüft werden, welche Chemikalien in welcher Konzentration in den Boden gebracht werden. Zusätzlich muss die Fläche in regelmäßigen Abständen kontrolliert werden.

Material 3: Erwartungshorizont (+ Erwartungshorizont zu Material 7)

| <div style="text-align: center;">Maßnahme</div> <div style="text-align: center;">Kriterien</div> | <div style="text-align: center;">Bodenaushub mit anschließender thermischer Bodenwäsche</div> | <div style="text-align: center;">Immobilisierung</div> | <div style="text-align: center;">Anpflanzung transgener Pappeln</div> <div style="text-align: center; color: red;">(Achtung: Diese Maßnahme wird erst in Phase 2 bearbeitet.)</div> |
|--|--|--|---|
| Kosten – Maßnahme | wahrscheinlich hoch, da <ul style="list-style-type: none"> • Baggerarbeiten notwendig • Transport des Materials zu einer Aufbereitungsanlage • Energie- und Wasserkosten entstehen • nach Durchführung muss neuer Boden aufgebracht werden | wahrscheinlich mittel, da <ul style="list-style-type: none"> • Kosten für Maschinen, Chemikalien und für regelmäßige Kontrolle entstehen • keine Kosten für Transport und weitere Aufbereitung des Bodens entstehen | <ul style="list-style-type: none"> • gering, da Übernahme durch Forschungsinstitut |
| Kosten - Abfallentsorgung | hoch, da <ul style="list-style-type: none"> • Filter und Reste des Feinkornanteils deponiert werden müssen • viel Energie und viel Wasser eingesetzt werden muss | keine | <ul style="list-style-type: none"> • gering, da Übernahme durch Forschungsinstitut |
| Effektivität / anschließende Nutzung der Fläche | <ul style="list-style-type: none"> • sehr effektiv • Fläche anschließend wieder nutzbar | <ul style="list-style-type: none"> • effektiv <ul style="list-style-type: none"> ○ aber geringes Risiko der Wiederfreisetzung von Schwermetallen ist vorhanden ○ dadurch Fläche mit Einschränkung wieder nutzbar | <ul style="list-style-type: none"> • eingeschränkt, da <ul style="list-style-type: none"> ○ Reste von Schwermetallen im Boden verbleiben ○ Maßnahme sich noch in der Versuchsphase befindet |

| | | | | | | |
|--------------------------------|--|--|---|--|--|--|
| Umweltbelastung | <ul style="list-style-type: none"> • hoher Energieverbrauch, hoher Wasserverbrauch in der Anlage • keine Schwermetalle mehr im Boden und Fläche wieder nutzbar • kein Risiko für Bodenlebewesen | | <ul style="list-style-type: none"> • keine Belastung, wenn die Maßnahme funktioniert und die Fläche regelmäßig kontrolliert wird | | <ul style="list-style-type: none"> • wenig Energieverbrauch und Abfall • Reste von Schwermetallen verbleiben im Boden • momentan nicht abschätzbares Risiko für Bodenlebewesen (und Ökosystem) durch horizontalen Gentransfer | |
| Langfristige Sicherheit | vollständig gewährleistet | | mit Einschränkung gewährleistet | | mit Einschränkung gewährleistet | |
| Expertise der Firma | sehr gut | | sehr gut | | sehr gut, aber Versuchsphase | |
| Weitere Kriterien aus Phase 2: | | | | | | |
| Dauer der Maßnahme | <ul style="list-style-type: none"> • mehrere Wochen | | <ul style="list-style-type: none"> • mehrere Wochen | | <ul style="list-style-type: none"> • mehrere Jahre | |
| | | | | | | |

Hinweise für die Lehrkraft:

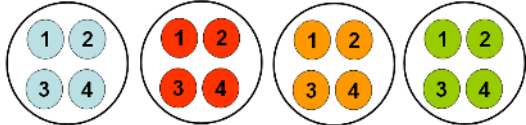
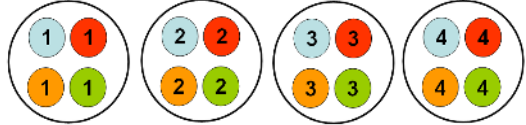
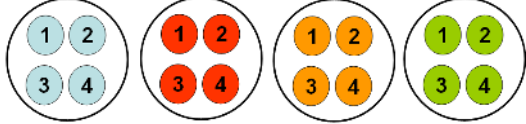
- Die Blankotabelle kann wahlweise ausgeteilt werden oder aber von den Schülerinnen und Schülern selbst erstellt werden.
- Zur Erstellung der Tabelle müssen sowohl Informationen aus den Texten verwendet als auch Schlussfolgerungen daraus gezogen werden (z. B. Energieverbrauch)!
- In die grau unterlegten Spalten werden in der Phase 3 (Individualentscheidung) die Plus- und Minuspunkte für die Bewertung eingetragen (siehe Arbeitsauftrag Material 7).

Material 4 (Folie)**Sanierungsangebot eines forstbotanischen Forschungsinstituts**

Neben den drei Sanierungsfirmen ist außerdem ein forstbotanisches Forschungsinstitut auf die Situation in der Gemeinde Kleinbeck aufmerksam geworden. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Instituts untersuchen schwerpunktmäßig die Eigenschaften gentechnisch veränderter Pappeln und deren Fähigkeit, Schwermetalle aus Böden zu binden und damit unschädlich zu machen.

Das Forschungsinstitut würde das Gelände der Farbenfabrik gerne als Versuchsfläche nutzen und die Wirksamkeit der gentechnisch veränderten Pappeln im Freiland untersuchen. Das Institut würde für die Kosten des Versuchs Gelder zur Verfügung stellen können. So könnten zwei Fliegen mit einer Klappe geschlagen werden: Das Forschungsinstitut könnte seine Laborversuche unter Feldbedingungen testen und der Gemeinde würde eine kostengünstige Sanierungsmaßnahme zur Verfügung stehen. Der Verwaltungsausschuss des Gemeinderats findet die Möglichkeit grundsätzlich interessant, kann sich aber nicht entscheiden, da die notwendige Fachkompetenz fehlt. Um selbst kompetent entscheiden zu können, möchten sie sich von einem unabhängigen Experten informieren lassen.

Aufgaben:

| | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> Bildet Stammgruppen (zu ca. vier Personen). Die Aufgabe jeder Stammgruppe ist es, eine Präsentation für die Gemeindeversammlung zu erstellen! In der Stammgruppe liest jede/r Schüler/in nur sein Infoblatt (<u>Materialien 5.1. – 5.4</u>; Einzelarbeit!). |  |
| <ul style="list-style-type: none"> Dann trifft ihr Euch in Expertengruppen mit ca. 4 Schülern/Schülerinnen, die alle den gleichen Text bearbeitet haben. Dort beantwortet Ihr gemeinsam die Verständnisfragen (<u>Fragen zu Materialien 5.1 – 5.4</u>). |  |
| <ul style="list-style-type: none"> Anschließend geht Ihr zurück in die Stammgruppen, informiert Eure Mitschüler/innen über die Inhalte eures Infotexts und bereitet eine Präsentation vor! <p>Auf Basis dieser Präsentationen soll dann über die Anfrage des Forschungsinstituts entschieden werden.</p> |  |

Materialien 5.1 – 5.4

Informationsblatt 5.1



Foto: Sybille Susat, RUZ Reinhausen

Die Pappel ist der für gentechnische (Freiland-)versuche beliebteste Baum. Dies liegt zum einem an ihrem schnellen Wachstum und zum anderen an der Fähigkeit, Schwermetalle aus dem Boden aufzunehmen und in den Blättern zu speichern. Diese Fähigkeit kann bei einer gentechnischen Veränderung noch verstärkt werden. Ziel der gentechnischen Forschung ist es, Pappeln so zu verändern, dass man die Bäume für eine großflächige Sanierung schwermetallbelasteter Böden nutzen kann. Heute angewandte Bodensanierungsverfahren wie z. B. die Bodenwäsche oder die Immobilisierung von Schadstoffen sollen so ergänzt und ggf. ersetzt werden.

Wie werden genetisch veränderte (transgene) Pappeln hergestellt?

Transgene Pappeln werden mit Hilfe eines Bodenbakteriums (*Agrobacterium*) erzeugt. Das Bakterium dient als „Transportmittel“ für die gewünschte Erbinformation, die man in die Pappel einbringen möchte. Bei der Erbinformation handelt es sich um ein Gen, das in der Pappelpflanze letztendlich eine verstärkte Bildung von Glutathion zur Folge hat. Glutathion kommt natürlicher Weise in Pappeln vor und spielt eine wichtige Rolle bei der Stressabwehr und bei der Entgiftung von Schadstoffen und Schwermetallen. Durch die verstärkte Bildung von Glutathion erhoffen sich Forscher, dass diese Pappeln mehr und schneller Schwermetalle aus dem Boden aufnehmen können als nicht gentechnisch veränderte Pappeln.

Ablauf der Herstellung von gentechnisch veränderten Pappelpflanzen

| | | | |
|--|--|---|---|
| <p style="text-align: center;">1</p>  | <p>Die Herstellung von transgenen Pappeln erfolgt in mehreren Schritten. Zunächst muss das „<u>Transportmittel</u>“, in diesem Fall das Bodenbakterium, mit dem gewünschten Gen präpariert werden.</p> | <p style="text-align: center;">2</p>  <p>(Foto: Dr. Dietrich Ewald, BFH Waldsiedersdorf / www.biosicherheit.de)</p> | <p>Anschließend werden Blattstückchen von Pappeln mit dem veränderten Bodenbakterium infiziert.</p> |
| <p style="text-align: center;">3</p>  <p>(Foto: Dr. Andreas Peuke, Universität Freiburg / www.biosicherheit.de)</p> | <p>Die Zellen der Blattstückchen, die erfolgreich mit dem Bodenbakterium infiziert wurden, werden auf einem speziellen Nährboden zu komplett neuen Pappelpflänzchen herangezogen.</p> | <p style="text-align: center;">4</p>  <p>(Dr. Andreas Peuke, Universität Freiburg / www.biosicherheit.de)</p> | <p>Diese Pflänzchen werden in Gewächshäusern herangezogen. Wenn sie größer sind, können sie für Laborexperimente oder aber auch für Freilandversuche unter strenger Kontrolle zur Verfügung stehen.</p> |

Informationsblatt 5.2

Wie transportiert man neue Gene in eine Pflanze?

Ein Bakterium als Transportmittel

Das im Boden vorkommende Bakterium *Agrobacterium* ist ein häufig benutzter Organismus in der Gentechnik. Man kann sagen, es ist eines der „Haustiere“ eines Genetikers. Das Bakterium besitzt „von Natur aus“ die Fähigkeit, genetische Informationen in Pflanzenzellen einzuschleusen. Dies passiert vor allem bei Pflanzen, die eine Verletzung am Übergang zwischen Stamm und Wurzeln haben. In diese Stelle kann das *Agrobacterium* eindringen und genetische Informationen in die Pflanze einschleusen. Die übertragene genetische Information ruft in der Pflanze eine Wucherung hervor, die Wurzelhalsgalle genannt wird. Diese Wucherung dient dem Bakterium als Lebensraum. Außerdem überträgt das Bakterium auch Gene, die die Pflanze zur Bildung von Nährstoffen (Opinen) anregt, die nur für das Bakterium von Nutzen sind. Durch diesen vom Bakterium ausgehenden genetischen Transfer liefert die Pflanze quasi Lebensraum und Nährstoffe für das Bakterium.

Beladung des Transporters und Herstellung einer transgenen Pflanze

Genetiker machen sich die Fähigkeiten des *Agrobacteriums* zunutze, indem sie es als Transportmittel mit gewünschten Genen beladen. Die Gene, die übertragen werden sollen, werden dabei nicht in das bakterielle Chromosom, sondern in die für Bakterien typischen ringförmigen Erbmateriale, die

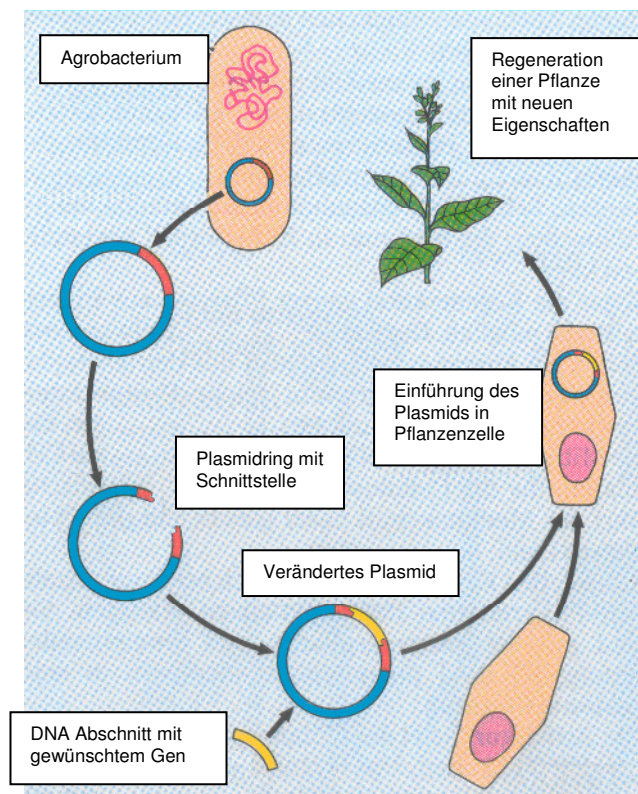


Abb. 1: Herstellung einer transgenen Pflanze mit Hilfe eines Plasmids (vereinfachte Darstellung; verändert nach Schroedel 1989, S. 96)

sogenannten Plasmide, eingebaut. Das Verfahren der Plasmidherstellung ist in Abbildung 1 dargestellt. Zunächst einmal wird der Plasmidring aus der Bakterienzelle entfernt. Dann wird dieser Ring mit Hilfe einer „molekularen Schere“ an einer bestimmten Stelle aufgeschnitten. In die aufgeschnittene Stelle kann nun das gewünschte Gen eingefügt werden. Die Enden werden dann mit Hilfe eines „molekularen Klebstoffs“ wieder verbunden. Das veränderte Plasmid wird anschließend zurück in die Bakterienzelle gebracht. Das mit dem gewünschten Gen bestückte Plasmid wird dann in eine Pflanzenzelle eingeschleust. Aus dieser Pflanzenzelle entsteht schließlich eine vollständige Pflanze, z. B. eine Pappel, mit neuen Erbmerkmalen und der gewünschten neuen Eigenschaft.

Informationsblatt 5.3

Chancen und Risiken transgener Pflanzen: Beispiel Pappeln

Viele Pflanzen wie z. B. Raps oder Mais, die gegen verschiedene Schädlinge resistent sind, werden bereits weltweit gentechnisch verändert und angebaut. Ähnlich wie bei diesen Pflanzen könnte man durch gentechnische Veränderung auch bei Bäumen eine Resistenz gegen Schädlinge wie z. B. Insekten oder aber eine Resistenz gegen Pflanzenschutzmittel erzeugen. Dies wäre v.a. bei schnell wachsenden Bäumen von Vorteil, die für die Papierproduktion genutzt werden. Außerdem kann man die natürliche Eigenschaft von Pappeln, Schwermetalle aus dem Boden aufzunehmen, durch gentechnische Veränderung verstärken und Pappeln für die Sanierung schwermetallbelasteter Böden nutzen.



Abb. 1: Transgene Pappelpflanzen auf einem mit Kupfer belasteten Boden (Foto: Sigrid Fuhrmann / www.biosicherheit.de)

Erste Freisetzungsversuche mit transgenen Pappeln werden bereits durchgeführt (Abb. 1). Dadurch könnten heute gängige Sanierungsmaßnahmen ergänzt oder ggf. ersetzt werden. Es gibt aber auch Risiken beim Einsatz von transgenen Organismen, die zunächst in zahlreichen Experimenten und Freilandversuchen abgeschätzt werden müssen. Bei Bäumen gibt es im Vergleich zu Gräsern oder Kräutern viele Risiken abzuschätzen. Zum einen werden Bäume sehr alt und transgene Veränderungen können über einen langen Zeitraum wirken. Außerdem werden Bäume in der Regel vom Wind bestäubt und Pollen und Samen können mehrere Kilometer von ihrem Ursprungsort weggetragen werden. Dazu kommt, dass Bäume die Fähigkeit besitzen, sich mit anderen verwandten Baumarten zu kreuzen und dadurch neue Baumarten entstehen (vertikaler Gentransfer). Des Weiteren leben Bäume oft in Gemeinschaften, sogenannten Symbiosen, mit Pilzen. Viele verschiedene Pilzarten bilden im Wurzelbereich von Bäumen ihre typischen Wurzelfäden aus, über die ein Nährstoffaustausch stattfindet. Möglicherweise könnten über diesen Weg transgene Eigenschaften auch auf Pilze übergehen und weiter verbreitet werden (horizontaler Gentransfer). Dies könnte sich nachteilig auf das gesamte Ökosystem auswirken. Ein weiterer Nachteil für das Ökosystem kann dann entstehen, wenn die transgenen Pappeln neben den gewünschten auch unerwünschte Eigenschaften ausbilden, z. B. veränderte Eigenschaften für Bewohner der Pappeln. Möglicherweise können Pappeln ihre transgenen Eigenschaften auch wieder „verlieren“. In Versuchen mit anderen transgenen Pflanzen wurde festgestellt, dass die genetische Veränderung nicht stabil war und beispielweise nur ein oder zwei Jahre beobachtet werden konnte.

Informationsblatt 5.4

Durchführung des Versuchs - Hintergrundinformationen des Forschungsinstituts

Pappeln besitzen von Haus aus die Fähigkeit, Schwermetalle aus dem Boden aufzunehmen und in ihren Blättern zu speichern. Bei den transgenen Pappeln, die im Versuch eingesetzt werden sollen, ist diese Fähigkeit erhöht. Zusammen mit dem relativ schnellen Wachstum von Pappeln sind diese Bäume für derartige Versuche besonders interessant. Das Verfahren (vgl. Abb. 1) dabei ist einfach und ohne großen Aufwand durchzuführen. Nach Beendigung des Versuchs nach ca. 3-4 Jahren sollte die Fläche nur noch eine unbedenkliche Kontamination aufweisen. Sollte dies nicht der Fall sein, kann eine weitere Pflanzung durchgeführt werden.

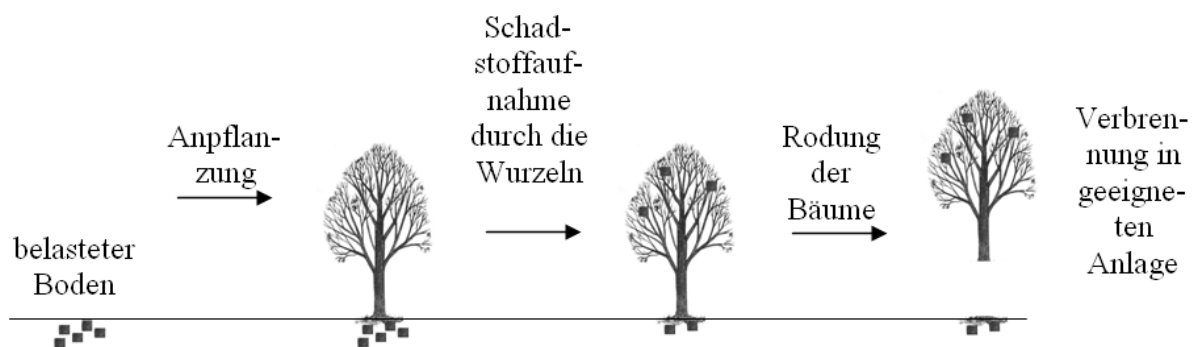


Abb. 1: Verfahren der Schwermetallreduktion durch transgene Pappeln

Das Forschungsinstitut hält die Fläche als Versuchsfläche für geeignet. Sowohl der Grad als auch die Tiefe der Kontamination im Boden sind für den Versuch optimal. Das Institut wird die Anpflanzung, die Vorsichtsmaßnahmen (vgl. Infokasten) und Überwachung sowie die anschließende Rodung der Pflanzen nach Beendigung des Versuchs durchführen. Das Institut baut bei dem geplanten Versuch bereits auf einer Reihe von Laborversuchen sowie einem zuvor durchgeführten Freilandversuch auf. Ergebnisse des Freilandversuchs konnten zeigen, dass die gentechnisch veränderten Pappeln gegenüber ihren Wildtypen mehr Schwermetalle aus dem Boden aufnehmen konnten.

Infokasten: Freisetzungsversuche – Was man beachten muss



Abb. 2: Beispielversuchsfläche im Herbst
(Foto: Dr. Andreas Peuke / www.biosicherheit.de)

Bei Freilandversuchen mit transgenen Pappeln müssen zahlreiche Sicherheitsaspekte berücksichtigt werden, um die Verbreitung und Ansiedelung außerhalb der Versuchsfläche zu vermeiden. Zum einen dürfen die Bäume nicht blühen. Deswegen pflanzt man sterile Pappeln, die nicht blühen können. Des Weiteren müssen im Herbst Netze über die Versuchsfläche gespannt werden, die verhindern, dass Herbstlaub weggeweht wird oder auf dem Boden verrottet (Abb. 2). Sobald der Versuch beendet ist, müssen alle Pflanzen gerodet und anschließend in speziellen Anlagen, die mit Filtern ausgestattet sind, verbrannt werden. Nach dem Versuch muss die Fläche in regelmäßigen Abständen kontrolliert werden.

Fragen zu Informationsblatt 5.1

Um anschließend die Inhalte der verschiedenen Informationsblätter auch in der Stammgruppe erläutern zu können, sollten folgende Fragen in der Expertengruppe geklärt werden:

- Begründet, warum Pappeln für die gentechnische Forschung besonders interessant sind!
- Nennt die einzelnen Schritte, die bei der Herstellung von transgenen Pappeln durchlaufen werden müssen und erläutert die Reihenfolge.

Bei allen Fragen könnt ihr zusätzlich das „Lexikon“ (Material 6) benutzen.

Fragen zu Informationsblatt 5.2

Um anschließend die Inhalte der verschiedenen Informationsblätter auch in der Stammgruppe erläutern zu können, sollten folgende Fragen in der Expertengruppe geklärt werden:

- Begründet, warum das Bodenbakterium *Agrobacterium* auch als Genfahre bezeichnet wird.
- Beschreibt das Vorgehen, bei dem die Genfahre *Agrobacterium* mit den gewünschten Genen beladen wird.

Vertiefungsfrage

In der Praxis wird das Transportmittel *Agrobacterium* nicht nur mit dem gewünschten Gen ausgestattet, bevor es in eine Pflanze übertragen wird, sondern es wird noch weiter gentechnisch verändert.

- Beschreibt die Veränderungen, die zuvor am *Agrobacterium* durchgeführt werden müssen, bevor es in die Pflanze übertragen wird und begründet dieses Vorgehen.

Bei allen Fragen könnt ihr zusätzlich das „Lexikon“ (Material 6) benutzen.

Fragen zu Informationsblatt 5.3

Um anschließend die Inhalte der verschiedenen Informationsblätter auch in der Stammgruppe erläutern zu können, sollten folgende Fragen in der Expertengruppe geklärt werden:

- Vergleicht horizontalen und vertikalen Gentransfer.
- Beschreibt die verschiedenen Verbreitungsmöglichkeiten von gentechnisch verändertem Erbgut bei den Pappeln.
- Benennt mögliche Konsequenzen dieser Verbreitung auf umgebende Ökosysteme und begründet diese!

Bei allen Fragen könnt ihr zusätzlich das „Lexikon“ (Material 6) benutzen!

Fragen zu Informationsblatt 5.4

Um anschließend die Inhalte der verschiedenen Informationsblätter auch in der Stammgruppe erläutern zu können, sollten folgende Fragen in der Expertengruppe geklärt werden:

- Nennt Vorteile und Nachteile einer möglichen Sanierung schwermetallbelasteter Böden mit Hilfe von transgenen Pappeln.
- Bei der Freisetzung von Pappeln werden Vorsichtsmaßnahmen ergriffen. Nennt diese und begründet das Vorgehen.

Bei allen Fragen könnt ihr zusätzlich das „Lexikon“ (Material 6) benutzen.

Material 6

| Kleines Gentechnik- und Pappel-Lexikon | |
|---|---|
| Gen | Ein Gen ist ein definierter Abschnitt auf der DNA. Gene können als Anlagen für bestimmte Merkmale angesehen werden, beispielsweise für die Haarfarbe beim Menschen oder aber in unserem Beispiel die Herstellung eines Enzyms für die Bildung von Glutathion. Für die Ausprägung eines Merkmals können entweder ein Gen oder aber auch mehrere Gene verantwortlich sein. Der Prozess vom Gen bis zur letztendlichen Merkmalsausprägung ist lang. Zunächst muss die Information, die im Gen verschlüsselt ist, abgelesen werden und in Form eines „Boten“ (der messenger-RNA) vom Zellkern in die Zelle transportiert werden. Dort wird an einem „Produktionsort“ (dem Ribosom) die Information ausgelesen und das jeweilige „Genprodukt“ hergestellt. Im Fall der Pappel ist dies ein Enzym, also ein Eiweiß, welches die Produktion von Glutathion beschleunigt. |
| Gentransfer - horizontal | Der Begriff beschreibt den Austausch genetischen Materials zwischen Lebewesen über Artgrenzen hinweg. Unter horizontalem Gentransfer versteht man z. B. die Weitergabe genetischen Materials von einer Pappel auf eine mit ihr in Symbiose lebende Pilzart. |
| Gentransfer - vertikal | Der Begriff beschreibt den Austausch genetischen Materials zwischen Lebewesen innerhalb einer Art und – wie im Falle vieler Gehölze – zwischen verwandten Arten (Beispiel Schwarzpappel – Silberpappel). Bei der Risikobewertung von transgenen Pappeln ist die Möglichkeit des Gentransfers von transgenen auf natürliche vorkommende Pappeln ein wichtiges Kriterium. |
| Glutathion | Glutathion ist ein Eiweiß. Es unterstützt die Pflanze bei der Bindung von Schwermetallen. |
| Plasmid | Plasmide sind die für Bakterien typischen ringförmigen DNA-Moleküle. Sie kommen in Bakterien zusätzlich zur Erbinformation auf dem Hauptchromosom vor. Die Eigenschaft von Plasmiden, in andere Zellen eindringen zu können, macht sie zu einem beliebten „Werkzeug“ von Genetikern. |
| Resistenz | Resistenz beschreibt die Widerstandsfähigkeit eines Organismus gegenüber einer Substanz oder anderen Organismen, wie z. B. die Resistenz von genetisch verändertem Raps gegenüber Pflanzenschutzmitteln oder die Resistenz von Pflanzen gegenüber Insekten durch die Produktion von giftigen Substanzen. |
| Transgener Organismus | Ein transgener Organismus ist ein Organismus, in den ein oder mehrere Gene einer anderen Spezies eingeführt wurden. Im Gegensatz zur natürlichen Fortpflanzung stellen Artgrenzen dabei keine Barrieren dar. |

Material 7

Welche Sanierungsmaßnahme soll umgesetzt werden – persönliche Entscheidung

Du hast nun alle Sanierungsmaßnahmen, die zur Diskussion stehen, kennengelernt.

Für welche Maßnahme würdest du dich persönlich entscheiden?

Bearbeite dabei die folgenden Fragen:

1. Erweitere zunächst mit Stichpunkten die Informationstabelle für die beiden konventionellen Sanierungsmaßnahmen um die Sanierungsmaßnahme mit den transgenen Pappeln!
(vgl. Material 3)
2. Gibt es weitere Kriterien, die für die Maßnahme mit den transgenen Pappeln wichtig sind, aber noch nicht berücksichtigt wurden?
Wenn ja, dann ergänze die Tabelle!
3. Vergleiche nun alle drei Sanierungsmaßnahmen! Verschaffe dir dabei einen Überblick, indem du Plus- und Minuspunkte für jedes Kriterium und jede Maßnahme vergibst (++, +, 0, -, --)!
Kennzeichne auch, welche Kriterien dir besonders wichtig sind!
4. Für welche Maßnahme würdest du dich entscheiden? Begründe deine Entscheidung und schreibe die wichtigsten Gründe stichpunktartig auf! Du solltest in der anschließenden Gemeindeversammlung deinen Standpunkt vertreten können.

9.4 Literaturhinweise

1. Literatur zum Thema Gentechnik und transgenen Organismen allgemein:

- Kempken, F. & Kempken, R. (2006): Gentechnik bei Pflanzen. 3. Auflage. Heidelberg: Springer Verlag

2. Literatur zu transgenen Pappeln und anderen Gehölzen:

- Gentechnik bei Pappeln. Abrufbar unter: <http://www.biosicherheit.de/de/gehoelze/pappel/> (Abrufdatum: 04.02.2008)
- Öko-Institut e.V. (Hrsg.): Gentechnik-Nachrichten Spezial 7: Transgene Gehölze in der Forst- und Landwirtschaft. Abrufbar unter: http://www.biosicherheit.de/pdf/dokumente/oekoinstitut_spezial7.pdf (Abrufdatum: 04.02.2008)
- Peuke, A. D. & Rennenberg, H. (2005): Phytoremediation. EMBO Reports 6 (6), 497–501
Abrufbar unter: <http://www.nature.com/embor/journal/v6/n6/full/7400445.html> (Abrufdatum: 04.02.2008)
- Peuke, A. D. & Rennenberg, H. (2006): Heavy Metal Resistance with Transgenic Trees. In M. Fladung & D. Ewald (eds.): Tree transgenesis. Recent Developments. Heidelberg: Springer Verlag

3. Literatur zum Thema Bodensanierung:

- Hugo, A, Koch, M., Lindemann, H. & Robrecht, H. (1999): Altlastensanierung und Bodenschutz. Heidelberg: Springer Verlag

4. Fachdidaktische Literatur zum Kompetenzbereich Bewertung:

- Eggert, S., Barfod-Werner, I. & Bögeholz, S. (2008): Entscheidungen treffen - wie man vorgehen kann. In U. Harms (Hrsg.), Unterricht Biologie kompakt. Fächerübergreifend unterrichten. Jg. 32, Heft 336, 13-18.
- Bögeholz, S., Hößle, C., Langlet, J., Sander, E. & Schlüter, K. (2004). Bewerten – Urteilen – Entscheiden im biologischen Kontext: Modelle in der Biologiedidaktik. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 10. Jg., 89-115.
- Eggert, S. & Hößle, C. (2006). Bewertungskompetenz im Biologieunterricht. Ein Überblick. Praxis der Naturwissenschaften – Biologie in der Schule, 55 (1), 1-10.

9.6 Zu erwerbende Kompetenzen

Kompetenzbereich **Fachwissen***

| Bildungsstandards | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 10 des Gymnasiums | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 10 der Realschule |
|---|---|---|
| Die Schülerinnen und Schüler ... | | |
| <ul style="list-style-type: none"> verstehen die Zelle als System. (F 1.1) | <ul style="list-style-type: none"> beschreiben Unterschiede zwischen prokaryotischen und eukaryotischen Zellen. (FW 2.2) | <ul style="list-style-type: none"> erklären die Bedeutung des Zellkerns als Träger der Erbanlagen. |
| <ul style="list-style-type: none"> wechseln zwischen den Systemebenen. (F 1.5) | <ul style="list-style-type: none"> beschreiben Gene als DNA-Abschnitte, die Informationen zur Herstellung von Genprodukten enthalten. (FW 6.3) | <ul style="list-style-type: none"> erläutern Züchtung und Gentechnik an einem Beispiel. |
| <ul style="list-style-type: none"> vergleichen die bakterielle, pflanzliche und tierische Zelle in Struktur und Funktion. (F 2.2.) | <ul style="list-style-type: none"> erläutern exemplarisch den Zusammenhang zwischen Genen und der Ausprägung des Phänotyps. (FW 6.3) | |

*Die Bearbeitung der Materialien bietet sich idealerweise im Anschluss an eine Einheit zum Thema Genetik an, da genetisches Basiswissen zur Bearbeitung der Materialien notwendig ist. Konkret sollten die Schülerinnen und Schüler den Aufbau von eukaryotischen und prokaryotischen Zellen sowie die Funktion der einzelnen Zellorganellen beschreiben können. Außerdem sollten sie Gene als DNA-Abschnitte sowie deren Funktion als Informationsträger zur Herstellung von Genprodukten erklären können.

Kompetenzbereich **Erkenntnisgewinnung**

| Bildungsstandards | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 10 des Gymnasiums | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 10 der Realschule |
|----------------------------------|---|--|
| Die Schülerinnen und Schüler ... | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> beschreiben komplexe Zusammenhänge strukturiert und sachgerecht. (EG 1.1) | <ul style="list-style-type: none"> entnehmen aus komplexen Sachtexten und grafischen Darstellungen Informationen. |

Kompetenzbereich **Kommunikation**

| Bildungsstandards | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 10 des Gymnasiums | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 10 der Realschule |
|---|---|---|
| Die Schülerinnen und Schüler ... | | |
| <ul style="list-style-type: none"> kommunizieren und argumentieren in verschiedenen Sozialformen. (K 1) | <ul style="list-style-type: none"> reflektieren die Beiträge anderer und nehmen dazu Stellung. (KK 1) | <ul style="list-style-type: none"> kommunizieren fachbezogen in verschiedenen Sozialformen und fassen erarbeitete Teilergebnisse selbstständig zu einem Gesamtergebnis zusammen. |
| <ul style="list-style-type: none"> werten Informationen zu biologischen Fragestellungen aus verschiedenen Quellen zielgerichtet aus und verarbeiten diese auch mit Hilfe verschiedener Techniken und Methoden adressaten- und situationsgerecht. (K 4) | <ul style="list-style-type: none"> lösen komplexere Aufgaben in Gruppen, treffen dabei selbstständig Absprachen in Bezug auf Aufgabenverteilung und Zeiteinteilung. (KK 1) | <ul style="list-style-type: none"> reflektieren und begründen Lösungsvorschläge anderen gegenüber. |
| | | <ul style="list-style-type: none"> werten komplexe grafische Darstellungen und Sachtexte aus. |
| <ul style="list-style-type: none"> referieren zu gesellschafts- oder alltagsrelevanten biologischen Themen. (K 7) | <ul style="list-style-type: none"> präsentieren Ergebnisse mit angemessenen Medien. (KK 2) | <ul style="list-style-type: none"> stellen die Ergebnisse und Methoden biologischer Untersuchungen dar und argumentieren damit. |

Kompetenzbereich **Bewertung**

| Bildungsstandards | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 10 des Gymnasiums | Kompetenzen am Ende von Schuljahrgang 10 der Realschule |
|--|---|---|
| Die Schülerinnen und Schüler ... | | |
| <ul style="list-style-type: none"> beschreiben und beurteilen Erkenntnisse und Methoden in ausgewählten aktuellen Bezügen wie zu Medizin, Biotechnik und Gentechnik, und zwar unter Berücksichtigung gesellschaftlich verhandelbarer Werte. (B 3) | <ul style="list-style-type: none"> unterscheiden Werte, Normen und Fakten. (BW 1) | <ul style="list-style-type: none"> beurteilen Maßnahmen und Verhaltensweisen zur Erhaltung der eigenen Gesundheit sowie zur sozialen (und globalen) Verantwortung. |
| | <ul style="list-style-type: none"> erörtern Handlungsoptionen einer umwelt- und naturverträglichen Teilhabe im Sinne der Nachhaltigkeit. (B 7) | |
| | <ul style="list-style-type: none"> reflektieren die Sachinformationen für Problem- und Entscheidungssituationen in Hinblick auf Korrektheit und Begrenztheit der Aussagekraft. (BW 3) reflektieren die Wertentscheidung im Entscheidungsfindungsprozess. (BW 3) | |