

**Die Experimentiertage
bei HannoverGEN**

Stand: 15.12.2009

Kohl – der botanische Hund

Geeignet für die Klassenstufe 10.

Inhalt des Experimentiertages

Die meisten Schülerinnen und Schüler haben bereits von genetisch veränderten Nahrungsmitteln gehört. Allerdings besitzen viele die Vorstellung, dass nur gentechnisch veränderte Lebensmittel überhaupt Gene enthalten. Das Erbgut ist die Grundlage des Lebens, und in allen Lebewesen wie dem Menschen Tieren, Pflanzen und Mikroorganismen liegen Gene vor. Gene bilden informative Abschnitte auf der DNA, und obwohl man Gene nicht sehen kann, so lässt sich doch die DNA mit einfachen Mitteln aus Pflanzen, z. B. Früchten, isolieren und mit dem bloßen Auge sichtbar machen.

Zudem werden die Schülerinnen und Schüler am Beispiel des Blumenkohls lernen, dass in jedem Zellkern die komplette Erbinformation enthalten ist, so dass pflanzliche Hormone die Bildung von Organen (Sprosse und Wurzeln) steuern können. In Abhängigkeit davon, welche Hormonkombination und -konzentration den Pflanzen zugeführt wird, bilden sich aus dem Gewebe differenzierte Pflanzenorgane oder ein undifferenziertes Kallusgewebe.

Leitpflanze des Experimentiertags ist der Kohl. Am seinem Beispiel wird die Entwicklung von der Wildpflanze zu den zahlreichen Variationen der Kulturpflanze demonstriert und somit die Grundlagen der Genetik und Pflanzenzüchtung vermittelt.

Experimente

Experiment 1: Eine einfache Methode zur Isolierung von DNA (Küchenprotokoll)

Aus verschiedenen Obst- und Gemüsearten, wie z.B. Zwiebeln, Sellerie, Apfel, Möhren, wird mit einfachen Haushaltsgeräten und –materialien (z.B. Kochsalz und Geschirrspülmittel) die DNA isoliert.

Experiment 2: Regeneration von *Brassica oleracea* var. *botytis* (Blumenkohl)

Präparate aus Blumenkohlröschen werden oberflächensterilisiert und auf sterilen Nährmedien mit verschiedenen Phytohormonzusätzen in geschlossenen Kulturschalen gesetzt. Die Kulturschalen können von den Schülern mit nach Hause genommen (z.B. auf der Fensterbank aufgestellt werden) und die Vorgänge protokolliert werden. Je nach Kombination der Hormone bilden die Blumenkohlröschen adventive Sprosse oder Wurzeln aus.

Erwünschtes Vorwissen der Schülerinnen und Schüler

- Bau der Pflanzenzelle
- Funktion des Zellkerns
- Einfache Vorstellungen von DNA als Träger der Erbinformation
- Einfache Vorstellung der Replikation
- einfache Vorstellung eines Gens als DNA-Abschnitt
- Bau einer Gefäßpflanze
- Spezialisierung von Zellen

-

Mögliche Einbettung in den Unterricht

- Evolution: Züchtung
- Genetik: Verwandtschaft
- Bau der DNA
- Gene als Abschnitte auf der DNA
- Hormone
- Zellteilung, Mitose, DNA-Replikation

Der DNA auf der Spur

geeignet für die Klassenstufe 10, 1. Schulhalbjahr

Inhalt des Experimentiertages

Warum ähneln wir unseren Eltern? Warum wachsen aus Bohnensamen immer Bohnen und nicht Tomaten? Wie kommt es, dass aus Zwiebelzellen immer Zwiebelzellen entstehen? Bis in die Mitte des 20. Jahrhunderts hinein gingen Wissenschaftler der Frage nach, welche Substanz Träger der Erbinformation ist. Und obwohl diese in den Zellkernen vermutet wurde, gingen die Wissenschaftler doch lange Zeit davon aus, dass Proteine die Informationen unserer Erbanlagen bergen. Bei dem Experimentiertag „Der DNA auf der Spur“ gehen die Schülerinnen und Schüler auf eine spannende Reise durch die Wissenschaft, beginnend mit der Entdeckung der Zellkerne bis zur Aufklärung der DNA-Struktur durch Rosalind Franklin sowie Watson und Crick.

Der Labortag bietet einen Einstieg in das Thema DNA und richtet sich insbesondere an Schülerinnen und Schüler der 10. Klasse.

Experimente

Extraktion von DNA aus Brutblättern von Bryophyllum

Mit Hilfe von Zentrifuge, Vortexer, Mikropistill und Pipette isolieren die Schülerinnen und Schüler DNA aus Blättern der Brutblattpflanze

Spaltung der DNA und Nachweis der Desoxyribose und Phosphorsäure

Durch einfache chemische Reaktionen spalten Schüler die zuvor isolierte DNA in ihre Bestandteile und weisen die Desoxyribose und die Phosphorsäure nach.

Bau eines DNA-Modells

Wie setzen sich die Bestandteile der DNA zusammen? Welche Struktur und welchen Aufbau besitzt die DNA? Und wo ist die Erbinformation lokalisiert? Auf den Spuren von Watson und Crick bauen die Schüler in kleinen Gruppen ein DNA-Modell.

Erwünschtes Vorwissen der Schülerinnen und Schüler

- Bau der Zelle
- Chromosomen als Träger der Erbinformation

Pommes oder Pappe – Gene ausschalten mit Antisense

Wie kommt das neue Gen in die Kartoffel?

Geeignet für die Klassenstufen 11-13

Inhalt des Experimentiertages

Warum werden transgene Pflanzen angebaut und welchen Nutzen haben diese Pflanzen? Warum gibt es Vorbehalte gegenüber der Grünen Gentechnologie? Ist Gentechnologie gefährlich? Wie werden transgene Pflanzen überhaupt erzeugt? Und welche Verfahren der modernen Molekularbiologie finden hierfür Anwendung?

Am Beispiel der gentechnisch veränderten Kartoffellinie „Amflora“ wird der Einsatz der Grünen Gentechnologie und die hierfür angewendeten Kriterien der Sicherheitsabwegung verdeutlicht.

Im experimentellen Teil lernen die Schülerinnen und Schüler die wesentlichen Verfahren und Werkzeuge kennen mit deren Hilfe die Gentechnologie transgene Pflanzen erzeugt. Im Teil der ethischen Einbettung sollen die Schülerinnen und Schüler eine ethische Bewertung dieses Konfliktfeldes vornehmen und sich mit der Frage auseinandersetzen, ob diese Kartoffel in Deutschland angebaut werden sollte, oder nicht.

Die Experimente

Die Gentechnologie behilft sich bei der Übertragung von Transgenen in die Pflanze mit einer Genfähre aus der Natur: dem Agrobakterium. Gezeigt wird, wie die gewünschten Gene zunächst in das Agrobakterium geschleust und im Anschluss in die pflanzliche Zelle übertragen werden. Wie aus der einzelnen transgenen Zelle eine neue Pflanze generiert werden kann, verdeutlicht das 3. Experiment.

Gentransfer mittels Agrobakterium

Pflanzen werden mit *Agrobacterium tumefaciens* infiziert. Hierbei überträgt das Bakterium einen Teil seiner DNA in das pflanzliche Genom. Die übertragene Gene kodieren für Hormone durch die eine Tumorbildung an der Pflanze ausgelöst wird.

Plasmidverdau

Die in die Pflanze übertragenen Gene sind im Agrobakterium auf einem Plasmid lokalisiert. Mit Hilfe von Restriktionsendonukleasen können die tumorauslösenden Gene entfernt und durch andere Gene ersetzt werden. Im Experiment wird eine Plasmid-DNA mit Restriktionsendonukleasen „verdaut“ und somit in Fragmente zerlegt. Eine anschließende elektrophoretische Auftrennung dieser Fragmente macht das Ergebnis des Enzymverdaus sichtbar.

Regeneration von *Brassica oleracea* var. *botytis* (Blumenkohl)

Präparate aus Blumenkohlröschen werden oberflächensterilisiert und auf sterilen Nährmedien mit verschiedenen Phytohormonzusätzen in geschlossenen Kulturschalen gesetzt. Die Kulturschalen können von den Schülern mit nach Hause genommen und z.B. auf der Fensterbank aufgestellt werden. Je nach Kombination der Hormone bilden die Blumenkohlröschen adventive Sprosse oder Wurzeln aus.

Erwünschtes Vorwissen der Schülerinnen und Schüler

- Bau der Gefäßpflanze und der pflanzlichen Zelle
- Bau der Bakterienzelle
- Bau der DNA und Bakterien-DNA, sowie DNA als universeller Code
- Funktion von Enzymen, Restriktionsenzymen
- Zusammenhang Fotosynthese, Stoff

- Gel-Elektrophorese

Mögliche Einbettung in den Unterricht

- Immunbiologie
- Fotosynthese
- Proteinbiosynthese
- Genregulation, Genexpression
- Evolution
- Steuerung und Regelung, Hormone
- Nachhaltigkeit
- Welternährung

Ethische Einbettung

In Europa soll eine gentechnisch veränderte Kartoffel mit veränderter Stärkezusammensetzung angebaut werden. 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 Kartoffeln. Wie bewerten Schülerinnen und Schüler die Einführung dieser genetischen Veränderung der „Amflora“-Kartoffel? Um Schülern eine Methode bereit zu stellen, die ihnen hilft, ein verantwortungsvolles und reflektiertes Urteil bezüglich neuer Anwendungsfelder der Grünen Gentechnik zu fällen, sollen sie in die Methode „Sechs Schritte moralischer Urteilsfindung“ nach Hößle¹ eingeführt werden. Ziel dieser Methode ist es, die Schülerinnen und Schüler in einer vorgegebenen Schrittfolge zu einem eigenen Urteil zu führen. Im Mittelpunkt dieses Verfahrens steht für die

¹ Vgl.: Hößle, C. (2001). Moralische Urteilsfähigkeit. Eine Interventionsstudie zur moralischen Urteilsfähigkeit von Schülern zum Thema Gentechnik. Dissertation. Studienverlag. Innsbruck.
Hößle, C., Bayrhuber, H. (2006): Sechs Schritte moralischer Urteilsfindung – Aktuelle Beispiele aus der Bioethikdebatte. In: Praxis der Naturwissenschaften. Heft 4/55. 55. Jhrg. S. 1-7.

Schülerinnen und Schüler die Frage, ob die technischen Errungenschaften der Grünen Gentechnik am Beispiel der Industriekartoffel „Amflora“ auch ethisch vertretbar sind. Folgende Schritte werden im Rahmen der ethischen Analyse durchgeführt:

1. Definieren des ethischen Konfliktfeldes
2. Nennen von Handlungsoptionen
3. Nennen von Pro- und Contra-Argumenten
4. Aufzählen ethischer Werte, die durch die jeweiligen Handlungsoptionen berührt werden
5. Begründete Urteilsfällung und Reflexion andersartiger Urteile
6. Aufzählen von Konsequenzen, die das eigene und andere Urteils nach sich ziehen.

Die Methode folgt dem Grundsatz, Schülerinnen und Schüler nicht zu bevormunden, sondern sie zu befähigen, eigenständig reflektierte Bewertungen und Entscheidungen zu treffen, sich eigene und andere Wertehaltungen bewusst zu machen, sich in Empathie, Perspektivwechsel und Toleranz zu üben und das eigene Urteil rational und argumentativ zu begründen sowie kritisch zu reflektieren.

Alle Materialien für die Durchführung der sechs Schritte befinden sich in dem Schülerskript zum Labortag.

Transgener Raps – Chance oder Risiko?

Geeignet für die Klassenstufen 11-13, Seminarkurse

Inhalt des Experimentiertages

Vor 20 Jahren fast noch unbekannt, zählt Raps heute zu den wichtigsten Kulturpflanzen in Niedersachsen. Er liefert ernährungsphysiologisch wertvolle Speiseöle, ist aber als Energiepflanze vor allem auch als Biokraftstoffquelle von großer Bedeutung. In Nordamerika wird seit über 10 Jahren gentechnisch veränderter Raps (gv-Raps) angebaut, in Europa gibt es bisher nur wenige Anbauversuche. Aber was wird passieren, wenn die ersten gv-Rapssorten auch in Europa zugelassen werden? Welches Nutzungspotential und welche Risiken würde das zur Folge haben? Dieser Experimentiertag geht auf die geplante Anwendung von gv-Raps ein und erörtert die verschiedenen Risikoaspekte eines großflächigen Anbaus. Der Kurs richtet sich vor allem an Schülerinnen und Schüler mit dem Fach Biologie auf grundlegendem Niveau und Seminarkurse, die sich mit der Grünen Gentechnik beschäftigen und einen Einblick in die Thematik gewinnen möchten.

Die Experimente

Bei der Übertragung von Genen in Pflanzen (horizontaler Gentransfer) spielen Plasmide eine wichtige Rolle als Vektoren. Bei diesem Experimentiertag wird Plasmid-DNA aus *Escherichia coli* isoliert, die präparierte Plasmid-DNA mit Restriktionsenzymen geschnitten und im Anschluß gelelektrophoretisch aufgetrennt.

- Präparation von Plasmid-DNA aus dem Bakterium *Escherichia coli*

Bakterien wie *Escherichia coli* (E. coli) oder *Agrobacterium tumefaciens* enthalten neben einer chromosomalen DNA ringförmige Plasmid-DNA, das sich unabhängig vom Hauptgenom replizieren kann. Plasmide dienen in der Gentechnik als Vektoren für die Übertragung von Genen.

Schneiden der Plasmid-DNA mit Restriktionsenzymen

Die in die Pflanze übertragenen Gene sind im Agrobakterium auf einem Plasmid lokalisiert. Mit Hilfe von Restriktionsendonukleasen können Gene aus dem Plasmid entfernt und durch neue ersetzt werden. Im Experiment wird eine Plasmid-DNA mit Restriktionsendonukleasen („geschnitten“) und somit in Fragmente zerlegt.

Gel-Elektrophorese zur Auftrennung der Reaktionsprodukte

Die im vorangegangenen Versuch entstandenen Plasmid-DNA-Fragmente werden mit einem Agarosegel in einem elektrischen Feld aufgetrennt.

Erwünschtes Vorwissen der Schülerinnen und Schüler

- Bau der Gefäßpflanze und der pflanzlichen Zelle
- Bau der Bakterienzelle
- Bau der DNA und Bakterien-DNA, sowie DNA als universeller Code
- Einfache Vorstellung der Funktion von Enzymen, Restriktionsenzyme als chemische Scheren
- Einfache Vorstellung der Zusammenhänge Photosynthese und Nährstoffproduktion

Mögliche Einbettung in den Unterricht

- Immunbiologie
- Fotosynthese
- Proteinbiosynthese
- Genregulation, Genexpression
- Evolution
- Ökologie
- Erneuerbare Energien, Nachhaltigkeit
- Globalisierung
- Wirtschaftssysteme
- Klimawandel
- Verantwortung und Zukunft

Ethische Einbettung

Wie bewerten Schülerinnen und Schüler die gentechnische Veränderung von Raps? Wie bewerten Sie die Risiken und Chancen, die mit einer Zulassung in Deutschland verbunden sind? Gerade bei Raps stellen sich viele Sicherheitsfragen, da in Europa nahverwandte Wildformen vorkommen und somit ein höheres Auskreuzungsrisiko als bei anderen GVOs besteht. Mit Hilfe der **Pro- und Contra-Diskussion** sollen die Schüler und Schülerinnen bei diesem Unterrichtsmodul zu einem persönlichen Urteil geführt werden. Diese Methode soll die Schüler und Schülerinnen darin fördern, ein Thema von unterschiedlichen Positionen und Perspektiven zu betrachten, Folgen abzuschätzen, Argumente zu sichten und zu bewerten. Ausgangspunkt ist dabei ein Problem, was sich kontrovers diskutieren lässt. In diesem Fall die Diskussion um eine Zulassung des gentechnisch veränderten Raps in Deutschland. Die verschiedenen Gruppen sollen Sachinformationen recherchieren,

anschließend Argumente austauschen und schließlich zu einem Urteil finden.

Das Schülerskript zu diesem Labortag enthält Texte, die gegensätzliche Meinungen darstellen und ermöglicht somit eine Auseinandersetzung mit den kontroversen Positionen und den unterschiedlichen Informationen, ohne dass eine eigenständige Recherche nötig ist. Ist genügend Zeit vorhanden, sollten die Schülerinnen und Schüler jedoch selbstständig recherchieren, um sich eine umfassende Meinung über die vorhandenen Positionen und Informationen bilden zu können. Zudem sind in dem Skript eine Anleitung zur Durchführung einer Pro- und Contra-Diskussion sowie die nötigen Materialien enthalten.

Zu diesem Experimentiertag eignet sich besonders für Seminarkurse die ethische Einbettung mittels des Planspiels „Gen-Fit-GmbH“ (siehe unten).

Bt-Mais – Transgen oder nicht transgen?

Transgenität in Lebensmitteln nachweisen

Geeignet für Klassenstufe 11 -13

Inhalt des Experimentiertages

Bt-Mais ist die einzige gentechnisch veränderte Pflanze, die bisher in Deutschland landwirtschaftlich genutzt wurde. Doch der Anbau ist umstritten. Kritiker befürchten unkalkulierbare Risiken für Mensch und Umwelt. Aber was ist Bt-Mais überhaupt? Welche Vorteile und Nachteile bringt der Anbau einer solchen Maissorte? Welche Risiken könnte das zu Folge haben? HannoverGEN informiert sachlich auf wissenschaftlicher Basis über einen der heißdiskutiertesten Streitfälle der letzten Jahre.

Beim Experimentieren werden die wichtigsten Methoden der modernen Biotechnologie, wie die Isolierung von DNA, die Polymeraseketten-Reaktion und die Gel-Elektrophorese durch das eigene Experimentieren anschaulich. Die ethische Bewertung geht auf die Chancen und Risiken und die eigene Urteilsfällung zum Anbau von Bt-Mais ein.

Die Experimente

Isolierung von DNA aus Mais und maishaltigen Lebensmitteln

Aus einer transgenen Mais-Sorte wird die DNA isoliert. Zusätzlich können die Schüler die DNA aus eigens mitgebrachten Lebensmitteln, z.B. Maischips oder Popcorn, präparieren.

- Nachweis des Transgens mit Hilfe der Polymeraseketten-Reaktion (PCR)

Mit Hilfe der Polymerasekettenreaktion können gezielte Genabschnitte der isolierten DNA vervielfältigt (amplifiziert) werden. Diese Methode wird eingesetzt, um gentechnische Veränderungen des Mais oder Lebensmittel nachzuweisen. Im Experiment wird das Gen aus *Bacillus thuringiensis*, welches in transgene Maissorten übertragen wurde, in der PCR amplifiziert und im Anschluß gelelektrophoretisch aufgetrennt.

Erwünschtes Vorwissen der Schülerinnen und Schüler

- Bau Gefäßpflanze
- Zusammenhang Fotosynthese, Stoffwechsel
- Proteinbiosynthese
- Replikation DNA
- Funktion Enzyme
- Gelelektrophorese

Mögliche Einbettung in den Unterricht

- Molekularbiologie
- Biotechnologie
- Moderne Analysemethoden der Biologie
- Genexpression
- Funktion Primer
- Ökologie

Ethische Einbettung

Die Anwendung von gentechnisch veränderten Pflanzen in der Landwirtschaft wird seit mehreren Jahren kontrovers diskutiert und ist in den Medien fast täglich präsent. Unterschiedliche Interessen, rechtliche Fragestellungen, ökologische Risikobetrachtungen, politische Hintergründe und auch moralische Grundhaltungen spielen eine zentrale Rolle bei der Betrachtung und Bewertung der Fakten. Ein aktuelles Beispiel ist die öffentliche Auseinandersetzung um die Chancen und Risiken der Grünen Gentechnik in der Land- und Lebensmittelwirtschaft am Beispiel des insektenresistenten „Bt-Mais“.

Im Kontext dieses Konfliktfeldes um „Bt-Mais“ sollen die Schülerinnen und Schüler mit Hilfe der Methode „Strukturmodell ethischer Urteilsbildung im Kontext moderner Biotechnologien“ nach Platzer/Sinemus² zu einer ethischen Reflexion gelangen. Die Methode, die diesem Baustein zugrunde liegt, erfordert eine stufenweise Prüfung des vorliegenden Problems. Vielfältige Unterrichtsmaterialien leiten die Schüler und Schülerinnen dazu an, sich kritisch mit der Problemsituation des Anbaus von Bt-Mais in Deutschland auseinanderzusetzen, die verschiedenen Argumente, Chancen, Risiken und Folgen zu reflektieren und anschließend zu einem eigenständigen und verantwortungsbewussten Urteil in der Debatte um Bt-Mais zu gelangen.

Folgende Stufen werden durchlaufen:

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

² Vgl.: 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. (Die Methode wurde etwas abgewandelt und didaktisch reduziert.)

Des Weiteren befinden sich Materialien zur Durchführung der Methode „Sechs Schritte zur moralischen Urteilsfindung“ (siehe Experimentiertag Pommes oder Pappe) im Skript zum Labortag.