



AKADEMIE FÜR TECHNIKFOLGENABSCHÄTZUNG
IN BADEN-WÜRTTEMBERG

Grünes Gold der Zukunft?!

Biotechnologie in der Pflanzenproduktion



Eine Handreichung für Lehrer
7.-10. Klasse (HS, RS, Gym)

Materialien

Herausgeber

Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden Württemberg

Autor

Günter Hettinger

Redaktion

Dr. Detlef Garbe

Dr. Birgit Steuer

Dr. Thomas von Schell

Satz und Layout

Andrea Schlepper

Graphik

profil, Edel Meißner & Fred Oppitz, Stuttgart

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 09. September 1965 in der jeweils gültigen Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Nutzung dieses Werks im und für den Unterricht in der Schule ist ausdrücklich gestattet.

© *Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg*
Stuttgart 1995 / 1999

Bearbeitung für die elektronische Veröffentlichung

Jens Beckmann

Präsentation

Biotechnologie in der Pflanzenproduktion Grünes Gold der Zukunft?!

Seite	Inhalt
3	Abbildungsverzeichnis
4	Vorwort
6	Biotechnologie - eine kurze Einführung
6	• Was ist eigentlich Biotechnologie?
10	• Geschichtliche Entwicklung
12	• Ethisch-moralische Aspekte
17	• Ausblick
19	Biotechnologie und Pflanzenproduktion
19	• Einleitung
21	• Neue Methoden in der Pflanzenzüchtung
21	• Gentransfer
23	• <i>in-vitro</i> -Vermehrung
32	Biotechnik im Unterricht
32	• Allgemeine didaktisch-methodische Bemerkungen
35	Unterricht „Biotechnik“ auf der LGS Böblingen '96 • Naturklassenzimmer
35	• <i>in-vitro</i> -Vermehrung von Pflanzen
38	• Versuche zur Pflanzenvermehrung
41	• Vorbereitung des Arbeitsplatzes
44	• Desinfektion der Usambaraveilchenblätter
45	• Präparieren der Usambaraveilchenblätter
47	• <i>in-vitro</i> -Vermehrung in der Schule (Fortsetzung)

Präsentation

Biotechnologie in der Pflanzenproduktion Grünes Gold der Zukunft?!

Seite	Inhalt
3	Abbildungsverzeichnis
4	Vorwort
6	Biotechnologie - eine kurze Einführung
6	• Was ist eigentlich Biotechnologie?
10	• Geschichtliche Entwicklung
12	• Ethisch-moralische Aspekte
17	• Ausblick
19	Biotechnologie und Pflanzenproduktion
19	• Einleitung
21	• Neue Methoden in der Pflanzenzüchtung
21	• Gentransfer
23	• <i>in-vitro</i> -Vermehrung
32	Biotechnik im Unterricht
32	• Allgemeine didaktisch-methodische Bemerkungen
35	Unterricht „Biotechnik“ auf der LGS Böblingen '96 • Naturklassenzimmer
35	• <i>in-vitro</i> -Vermehrung von Pflanzen
38	• Versuche zur Pflanzenvermehrung
41	• Vorbereitung des Arbeitsplatzes
44	• Desinfektion der Usambaraveilchenblätter
45	• Präparieren der Usambaraveilchenblätter
47	• <i>in-vitro</i> -Vermehrung in der Schule (Fortsetzung)

Seite	Inhalt
47	• Klonieren der Pflanzen
49	• Heranziehen der Gewebekulturen
51	Anhang
51	• Vorbereitung von Arbeitsmitteln
51	• Herstellung und Sterilisierung von MS-Nährboden mit Phytohormonen
52	• Entsorgung
54	• Adressen für Geräte und Substanzen
A-1	Arbeitsblatt Pflanzenportrait
A-2	Arbeitsblatt 7. und 8. Klasse
A-4	Arbeitsblatt 9. und 10. Klasse
i	Literatur

Seite	Abbildungen
8	Biotechnologie als interdisziplinäre Wissenschaft
9	Diagramm zur Darstellung der gegenseitigen Beziehungen zwischen Biotechnologie, Landwirtschaft, Gentechnik und Medizin
11	Geschichtliche Entwicklung der Biotechnologie
22	Neue Methoden der Pflanzenzüchtung
24	Genübertragung und Tumorbildung an einer Pflanze nach Infektion durch <i>Agrobacterium tumefaciens</i>
25	Genübertragung auf Pflanzenzellen mit gentechnisch verändertem <i>Agrobacterium</i>
28	Welche Pflanzenteile machen eine <i>in-vitro</i> -Vermehrung möglich?
29	Schematische Darstellung der <i>in-vitro</i> -Vermehrung von Pflanzen
39	Abbildung und Beschriftung der wichtigsten Geräte
40	Abbildung und Beschriftung der wichtigsten Geräte
42	Arbeitsregeln für Schülerinnen und Schüler
43	Hinweise für Schüler zur Vorbereitung des Arbeitsplatzes
46	Präparieren der Usambaraveilchenblätter
53	Herstellung und Sterilisierung von MS-Nährboden mit Phytohormonen

Vorwort

Die *Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg* hat die Aufgabe, Technikfolgen zu erforschen, diese Folgen zu bewerten und den gesellschaftlichen Diskurs über Technikfolgenabschätzung zu initiieren und zu koordinieren. Die Ergebnisse dieser Arbeiten sind wiederum der Öffentlichkeit zu vermitteln.

Im Rahmen ihrer Arbeit zur Biotechnologie bzw. zur Gentechnik-gestützten Biotechnologie hat die Akademie folgende Arbeiten realisiert:

- Biotechnologie/Gentechnik - eine Chance für neue Industrien? - eine Potentialanalyse in Form eines wissenschaftlichen Diskurses
- Biotechnologie/Gentechnik - eine Chance für die Zukunft? - ein Bürgergutachten als Ergebnis eines gesellschaftlichen Diskurses
- Neuartige Lebensmittel: Wie soll die Vermarktung reguliert werden? - ein Werkstattgespräch mit Interessengruppen
- Nachwachsende Rohstoffe und moderne Biotechnologie - ein Werkstattgespräch mit Interessengruppen
- Biotechnologie/Gentechnik - Implikationen für das Bildungswesen - eine Pilotstudie über den Bedingungsrahmen pädagogischer Umsetzung innovativer Technik

Biotechnologie und Gentechnik sind Gegenstand des naturwissenschaftlichen Unterrichts; die Ergebnisse unserer Studien reichen aber über diese Fächer hinaus. Mit dieser Handreichung für die Lehrer und den Unterricht unternehmen wir erstmals den Versuch, einen Teil der in der Akademie erarbeiteten Ergebnisse umzusetzen. Äußerer Anlaß ist die Landesgartenschau 1996 in Böblingen, auf der sich die Akademie mit einer Unterrichtseinheit zum Thema „Pflanzenproduktion“ beteiligt. Wir hoffen, daß viele Lehrer und Schüler von diesem Angebot der direkten Begegnung mit Methoden der Biotechnologie Gebrauch machen. Dieses Heft kann darüber hinaus im Unterricht der Klassen 7-10 genutzt werden; die ausgearbeiteten Versuche und die Graphiken - als Overhead-Folien einsetzbar - sollen die Arbeit für die Lehrer erleichtern.

Die Basis für dieses Heft hat Günter Hettinger gelegt. Er ist dabei von Prof. Schallies (PH Heidelberg), Mitglied des Kuratoriums der Akademie, und meinen Mitarbeitern Dr. Birgit Steuer und Dr. Thomas von Schell tatkräftig

unterstützt worden. Ihnen allen gebührt unser Dank für die geleistete Arbeit.

Die Nutzer dieses Heftes möchte ich auffordern, uns ihre Anregungen zur Kenntnis zu geben. Wir haben Neuland beschrillen und möchten lernen, Fehler auf diesem Weg zu vermeiden. Helfen Sie uns dabei!

Stuttgart, im Februar 1996
Detlef Garbe

Biotechnologie - eine kurze Einführung

Was ist eigentlich Biotechnologie?

Was ist eigentlich Biotechnologie, was versteht man unter den Begriffen Biotechnik und Gentechnik? Selbst Lokalzeitungen greifen diese Frage auf, so z. B. in der Pfingstausgabe 1995 und in der Novemberausgabe der Schwetzingener Zeitung unter den folgenden Überschriften:

Wie erkennt man eine Gen-Tomate?

Pflanze Biotechnik soll wachsen

Hoffnungen keimen, den Wettlauf mit der Welthungerproblematik mit Hilfe „gentechnischer Züchtung“ gewinnen zu können:

Wilde Gene im Wettlauf mit dem Hunger

Augenscheinlich wird die Biotechnologie, die Bio- und die Gentechnik zunehmend zu einem Bestandteil unseres täglichen Lebens.

Daher erscheint es sehr wichtig, diese - für viele Menschen - neue Technologie genauer zu untersuchen. Nach der Definition des Duden versteht man unter Biotechnologie die Wissenschaft von der Biotechnik (Biotechnik = technische Nutzbarmachung biologischer Vorgänge). Häufig wird der Begriff „Biotechnologie“ im allgemeinen Sprachgebrauch als Verfahren der Lebensmittel-, Getränke- und Arzneimittelherstellung mit Hilfe von Mikroorganismen dargestellt.

Dazu folgende Definitionen:

Gentechnik ist die Summe aller Methoden zur Isolierung, Charakterisierung und gezielten Veränderung und Übertragung von Erbgut. Gentechnik wird vorrangig im Rahmen biotechnologischer Verfahren praktisch wirksam. Aber Biotechnologie ist weit mehr als Gentechnik. Der Begriff Biotechnologie umfaßt die technisch gesteuerte Produktion organischer Substanzen durch Lebewesen oder Enzyme. Auch die Land- und Forstwirtschaft, nicht nur mikrobielle Verfahren, zählen in einem weiten Sinn zur Biotechnologie.

Was ist eigentlich Biotechnologie?

*Die **neue** oder auch **moderne Biotechnologie** - in Abgrenzung zur traditionellen Biotechnologie - zeichnet sich dadurch aus, daß sie gentechnische oder andere molekularbiologische Verfahren einsetzt, um die technische Nutzung biologischer Substanz zu optimieren.¹*

Biotechnologie ist - wie das Diagramm auf der nächsten Seite zeigt - eine interdisziplinäre Wissenschaft.

Die Biotechnologie ist also kein in sich abgeschlossener Arbeitsbereich. Deutlich wird dies in einem Schaubild nach Wartenberg/Einführung in die Biotechnologie. Dieses Diagramm zeigt die gegenseitigen Beziehungen zwischen Biotechnologie, Medizin, Landwirtschaft und Gentechnik (s. Folie S. 9).

Da sich diese Broschüre besonders mit der Technik und ihren Folgen (hier Pflanzenproduktion) und weniger mit der Wissenschaft biotechnischer Verfahren befaßt, wird statt „Biotechnologie“ den Begriff „Biotechnik“ mit folgender Definition verwendet:

Unter Biotechnik versteht man die technische Nutzbarmachung der Eigenschaften und Fähigkeiten von Lebewesen, Zellen oder Bestandteil von Zellen (z.B. Enzyme oder DNA) für praktische Zwecke.²

Kurz gesagt: Die Biotechnik setzt die Erkenntnisse der Biotechnologie in praktische Verfahren um. Hierzu zwei Beispiele:

1. Einsatz von Bestandteilen von Lebewesen (z.B. Enzyme) in der Praxis
 - Gebrauch von Enzymen als Waschmittelzusätze

Einsatz vollständiger Lebewesen (häufig mit der Produktion von Biomasse verbunden ⇒ Herstellung einer Masse von Zellen)

- Einzellige Algen als Futtermittel

¹ v. Schell, Mohr, 1995, S. 21

² s. Anleitung NLI-Berichte Nr. 47

Biotechnologie als interdisziplinäre Wissenschaft

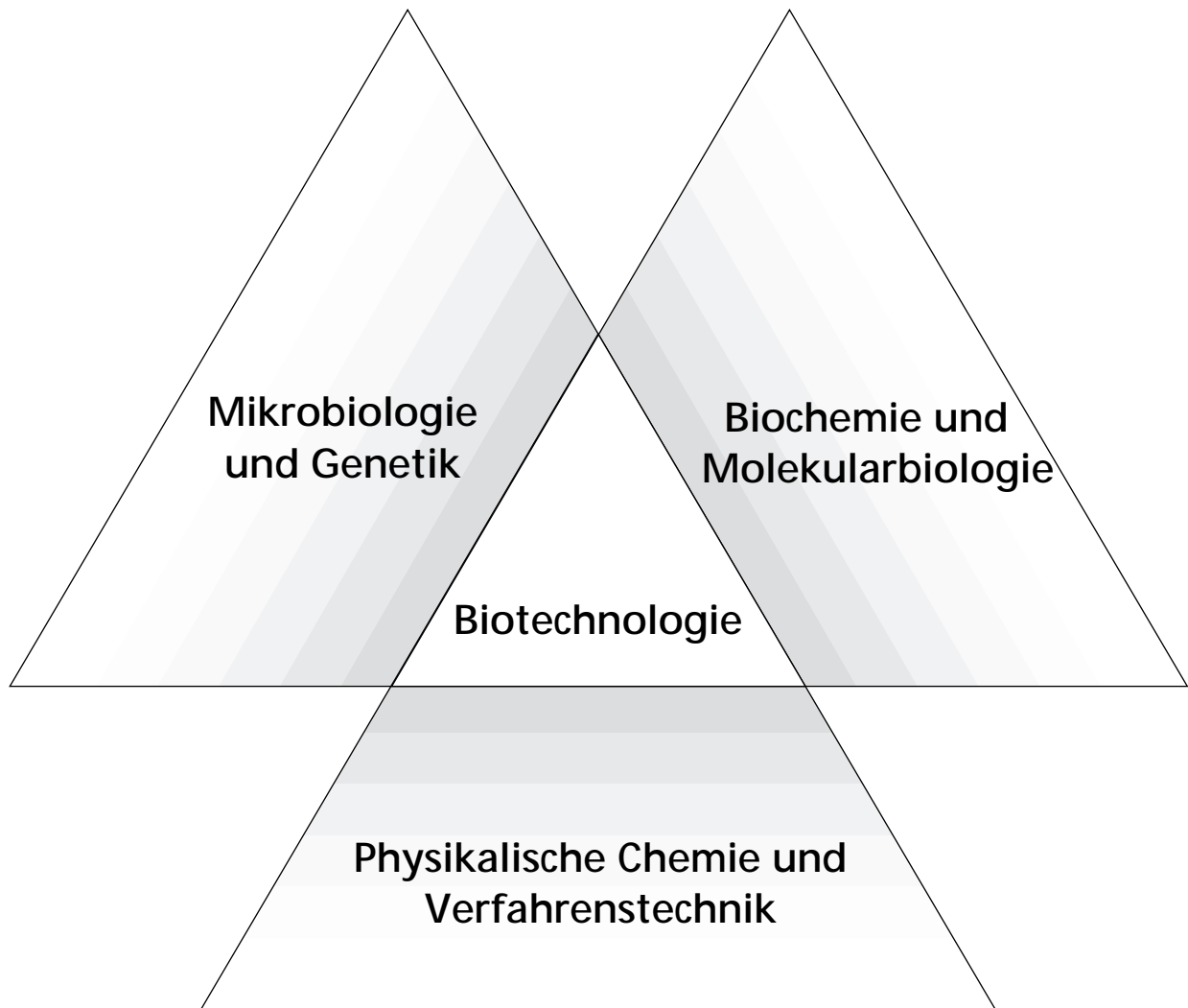
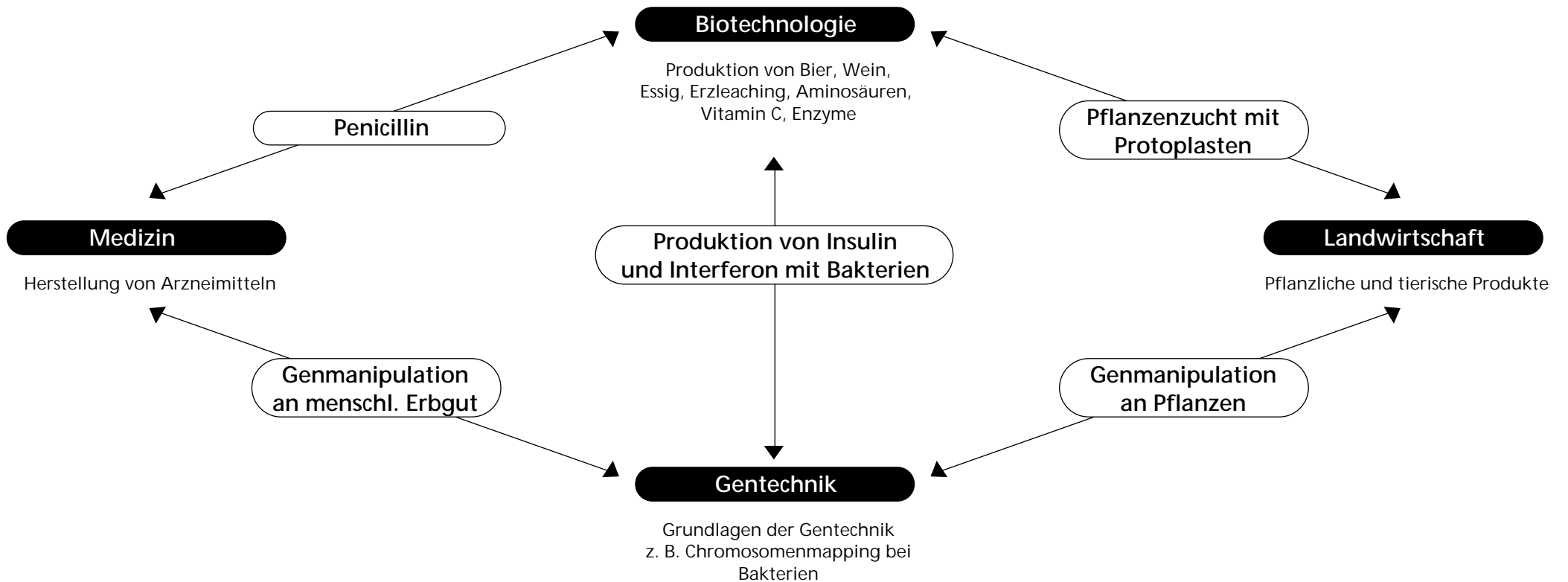


Diagramm zur Darstellung der gegenseitigen Beziehungen zwischen Biotechnologie, Landwirtschaft, Gentechnik und Medizin



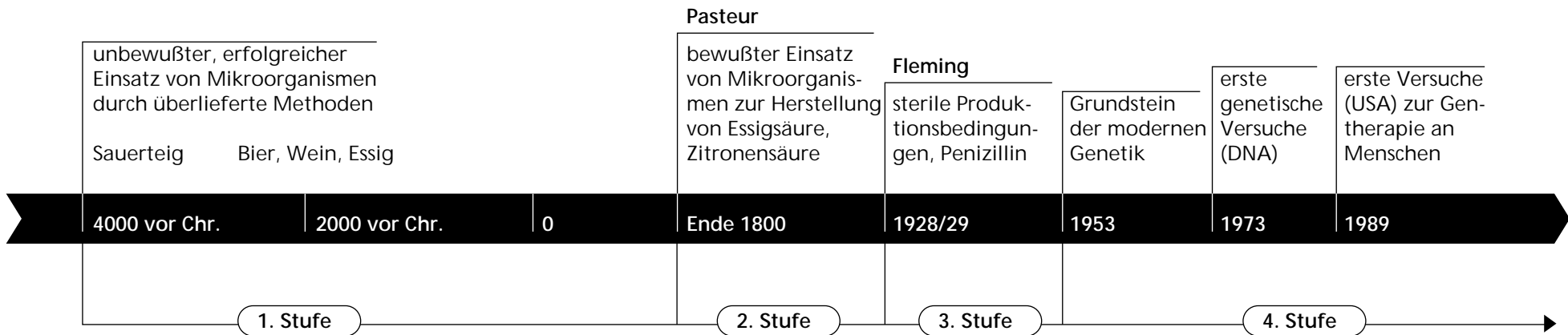
Geschichtliche Entwicklung*

Die geschichtliche Entwicklung der Biotechnik kann in 4 Stufen eingeteilt werden:

- 1. Stufe** Sie beginnt etwa 4000 v. Chr. mit der Herstellung von Sauerteig. Nahrungsmittel und Getränke wie Bier, Wein sowie Sauer Milchprodukte folgten danach. Die Gewinnung dieser Produkte durch Mikroorganismen geschah durch *traditionelle Überlieferungen und durch phänomenologische Beobachtungen*. Diese Entwicklung dauerte etwa bis zum 19. Jahrhundert.
- 2. Stufe** Louis Pasteur und andere Wissenschaftler erkannten im 19. Jahrhundert, daß für bestimmte Gärungsprozesse Mikroorganismen verantwortlich sind. Dieses Wissen wurde großtechnisch umgesetzt, z.B. zur Herstellung von Essigsäure oder Zitronensäure. Schwerpunkt dieser Entwicklung war *der bewußte Einsatz von Mikroorganismen* für großtechnische Herstellungsverfahren.
- 3. Stufe** Mit der Entdeckung des Penizillins durch A. Fleming im Jahre 1928/29 beginnt die Entwicklung der 3. Stufe. Kennzeichnend für diese Phase war der Einsatz *steriler Produktionsbedingungen*, z.B. zur Herstellung hochwertiger Medikamente. U. a. wurden Impfstoffe, Hormone und Enzyme in hochreiner Form produziert.
- 4. Stufe** Den Beginn der 4. Stufe könnte man auf das Jahr 1953 festlegen. In diesem Jahr wurde die Struktur der DNA aufgeklärt und damit der Grundstein für die *moderne Genetik* gelegt. Erste Versuche zur gezielten Verknüpfung von DNA-Fragmenten gelangen 1973. Diese ersten *gentechnischen* Eingriffe in das Erbgut von Mikroorganismen eröffneten neue Dimensionen in der Molekularbiologie.

* Nach: Nevers, P.; Stobbe, M.; Nellen, U. u.a.: Biotechnik im Sekundarbereich I. Band 1: Einführung. NLI-Bericht Nr. 47, S. 12ff.

Geschichtliche Entwicklung der Biotechnologie



Ethisch-moralische Aspekte³

Der Sozialpsychologe Prof. Röglin macht folgende Aussagen, die ein Dilemma anzeigen:

Wissenschaft und Technik sollten uns die Welt verständlich und handhabbar machen. Wir wollten die Natur definieren und identifizieren, sie aristotelisch auf das hin ansprechen können, was sie ist, um unsere eigene Identität als Menschen zu finden.... Wissenschaft und Technik haben aber Komplexe geschaffen, die wir nicht durchschauen. Sie setzen uns Risiken aus.... Die Akzeptanz eines Risikos hängt von der Akzeptanz unserer Zielvorstellung ab. Deshalb war es bisher auch vergeblich, über probabilistische Risikobetrachtungen, über Technikfolgenabschätzungen oder Sozialverträglichkeitsüberlegungen zur Entscheidung unserer Auseinandersetzungen zu gelangen...⁴

Eine „Akzeptanz der Zielvorstellungen“ bedarf neben ausreichender Sachkenntnisse auch eines geeigneten Vorgehens für ein ethisches Urteilsvermögen. Eine Technik zu akzeptieren und eine Zielvorstellung zu formulieren heißt auch immer eine Entscheidung darüber treffen zu müssen, ob ein Technikeinsatz wünschenswert ist und ob diese Entscheidung auch ethisch zu vertreten ist. Angesichts der Undurchschaubarkeit wissenschaftlich-technischer Systeme⁵ bleibt also die Frage, wie man zu vernünftigen Entscheidungen kommen kann.

Als ein erster Schritt zur Lösung der Problematik ist es wichtig, daß die Bevölkerung Informationen erhält, die vorurteilsfrei die technischen, sozialen und ethischen Aspekte aufzeigen. Auf der Basis dieser Informationen kann der Einzelne Wertentscheidungen treffen, die durch drei Aspekte gekennzeichnet sein sollten:

- **Sachkompetenz**

Welche Sachkenntnisse sind für die Bewertung notwendig? Wie werden diese Kenntnisse vermittelt?

- **Gesellschaftspolitische Kompetenz**

Wie können die Bürger in geeigneter Weise bei der Entscheidungsfindung über den Einsatz der Biotechnik beteiligt werden?

³ Dieser Abschnitt basiert auf den Arbeiten von Thomas von Schell.

⁴ Röglin 1991

⁵ Röglin 1991

Ethisch-moralische Aspekte

- **Ethisch-moralische Kompetenz**

Welche Werte und Normen, die dem Ausloten verschiedener Handlungsoptionen auf der Basis ethischer Kriterien dienen, liegen dem Bereich der Biotechnik zugrunde?

Was bedeutet „Moral“ und „Ethik“?

Moral wird hier als handlungsleitende Vorstellung verstanden, die auf das Gute zielt. Dabei bedarf die Wirksamkeit von Moral ihrer Einbindung in die alltäglichen Handlungen und in die Wirklichkeitsstrukturen der Gesellschaft. Der Bezug auf das Gute dient zur Eingrenzung der Reichweite des Moralbegriffs.

Eine Aufgabe der *Ethik* ist, anhand von Vernunftregeln zu prüfen, ob bestimmte handlungsleitende Vorstellungen dem Kriterium „gut“ entsprechen oder nicht, ob eine Moralvorstellung richtig oder falsch ist. In diesem Sinne ist Ethik eine Reflexionstheorie der Moral⁶.

Was bedeutet dies für die Gentechnikdiskussion?

Die angewandte Ethik geht von ethischen Einsichten aus, die als allgemein gültig anerkannt sind. Zu diesen ethisch relevanten Einsichten gehören z.B. die Schutzwürdigkeit der menschlichen Gesundheit sowie der Schutz der Umwelt in ihrem Wirkungsgefüge als Lebensgrundlage der Menschheit. Grundvoraussetzungen für eine Anwendung der Ethik sind umfassende Kenntnisse bzw. Einschätzungsmöglichkeiten von Folgen, auch von potentiellen Folgen mit hypothetischem Charakter. Dies bedeutet auch unerwünschte Entwicklungen frühzeitig erkennen zu können, um sich die Chance einer notwendigen Revision - zumindest einer partikulären - zu erhalten. In entsprechende Handlungskonzepte sollten von daher vergleichende Alternativenprüfungen eingebaut werden. Im Zusammenhang mit der Anwendung der Gentechnik treten somit auf der Ebene der ethischen Problemstellungen, neben der Klärung der Sicherheitsaspekte, drei weitere Ziele hinzu⁷:

- Zielbewertung
- Folgenbewertung
- Alternativenbewertung

⁶ Hastedt 1991

⁷ v. Schell 1994; Mieth 1995

Ethisch-moralische Aspekte

Eine besondere Brisanz in der Debatte über die Gentechnik liegt in der Frage, „was wir tun sollen, wenn die Folgen unseres Handelns unkalkulierbar werden, wenn unsichtbare, langfristige Schädigungen nicht auszuschließen, hypothetische, aber nicht unmögliche Risiken zu berücksichtigen sind⁸“. Entlang dieser Frage geht der Streit um

- tatsächliche Gefährdungspotentiale durch die Gentechnik mit einem Dissens um den Stellenwert von hypothetischen Risiken,
- um die potentielle Rolle der Technik für bestimmte Problemlösungen, also der Realistik der Ziele der anvisierten Anwendungen und
- um die Grenzen und Möglichkeiten von Alternativen.

Wie können wir diesen Streit angesichts konkurrierender Wertvorstellungen in der Gesellschaft lösen? Van den Daele schreibt hierzu:

Jeder kann seinen eigenen Orientierungen folgen, aber er kann sie nicht anderen ohne weiteres zumuten. Im Rahmen des Pluralismus gesellschaftlicher Wertungen muß jeder aushalten, daß normative Konsequenzen, die er selbst für ein absolutes und kategorisches moralisches Gebot hält, anderen lediglich als eine Präferenz oder ein Interesse erscheinen, als eine Option, die möglich, aber keineswegs zwingend ist.⁹

Wertorientierung umfaßt hier die unterschiedlichen Werte spezifischer gesellschaftlicher Teilsysteme: für die Wirtschaft der ökonomische Wert des Nutzens in Form von Gewinnen; für die Wissenschaft die Werte des Erkenntnisgewinns und der Vermehrung des Ansehens etc.. Teilsysteme orientieren sich an diesen „Partial“-Werten, ohne dabei aber gleichzeitig allgemein anerkannte und übergeordnete moralische Werte - wie die Schutzwürdigkeit des menschlichen Lebens, der Schutz der Umwelt in ihrem Wirkungsgefüge als Lebensgrundlage heutiger und zukünftiger Generationen oder anderer Schutzgüter - grundlegend in Frage zu stellen.

Um die unterschiedlichen Wertorientierungen zu einem Konsens zu führen, bedarf es geeigneter *Verfahren des gesellschaftlichen Diskurses*.

⁸ v. d. Daele 1991

⁹ v. d. Daele 1991, S. 16

Ethisch-moralische Aspekte

Wo Menschen in ihrem Handlungsbereich ethische Urteile und Entscheidungen nicht an Spezialisten normativen Denkens und nicht an Autoritäten (z.B. Religionen) delegieren können, brauchen sie ein Verfahren, in das sie gemeinsam ihr Wissen, ihre Erfahrung und ihre Reflexion einbringen.¹⁰

In dieses Verfahren muß die Fachkompetenz der Wissenschaft und die soziale Kompetenz der Bürger gleichberechtigt einfließen. Bei einer Orientierung der Verfahren an ethischen Kriterien können im günstigen Fall Urteile erwartet werden über die Qualität einer Handlung im Sinne des „richtigen“ Handelns und in Bezug auf moralische Werte und zu schützende Güter. „Ethisch richtig“ setzt sich hierbei aus zwei Elementen zusammen:

- tatsächlich angemessen und umfassend als nicht-ethischer Aspekt, also der Einbeziehung aller technischen und sozialen Aspekte der Technikanwendung;
- der gesetzten moralischen Norm entsprechend. Es handelt sich um ein „gemischtes“ sittliches Urteil.

In der Regel wird ein ethisches Urteilen innerhalb der diskursiven Verfahren das Abwägen von Prioritäten umfassen. Es ist, um mit Mieth¹¹ zu sprechen, „in dem Gesamtvorgang von Folgenforschung, Folgenabschätzung und Folgenbewertung“ nicht damit zu rechnen zu mehr zu gelangen, „als zu einem Überhang von Plausibilitäten“. Als Leitlinien zum Abwägen der Prioritäten können Vorzugsregeln dienen¹²:

1. Die Dringlichkeit eines menschlichen Wertes kommt vor seiner Ranghöhe.

Selbstverwirklichung ist ein ranghoher Wert, dringlicher kann aber das Überleben sein. Dem wird zum Beispiel in der Festlegung der Schutzgüter im deutschen Gentechnikgesetz Rechnung getragen, indem der Schutz der menschlichen Gesundheit an die erste Stelle gesetzt wurde. Das Recht auf Forschungsfreiheit, als eine Form der Selbstverwirklichung, findet hierin eine Begrenzung.

¹⁰ Mieth 1995, S. 508

¹¹ Mieth 1995

¹² Mieth 1991; Lenk 1991

Ethisch-moralische Aspekte

2. In technischen Entwicklungen sind Irreversibilitäten so wenig wie möglich in Kauf zu nehmen; Reversibilität sollte so viel wie möglich eingeplant werden. Hierunter fällt zum Beispiel die Möglichkeit, Alternativen zu prüfen und sich verschiedene Techniklinien als Entwicklungsoptionen offen zu halten.
3. Gemeinwohlinteressen ist der Vorzug vor der Regelung von Partialinteressen einzuräumen.

Als Partialinteressen sind hier u. a. das Interesse des wissenschaftlichen Erkenntnisgewinns und ökonomische Interessen zu nennen. Zu beachten ist dabei aber, daß Partialinteressen durchaus in Gemeinwohlinteressen übergehen können. Die Prüfung von Interessen muß fragen, ob das Ziel, das mit der Technikanwendung erstrebt wird, tatsächlich überwiegend dem Gemeinwohl zugute kommt, oder ob nicht das Partialinteresse zu Ungunsten der Gemeinschaft im Vordergrund steht. Hiermit ist keineswegs festgelegt daß Gemeinwohlinteressen immer Vorrang vor Individual- bzw. Partialinteressen einzuräumen ist. Grundlegende Individual- als auch Partialrechte sind geschützt (Schutzgüter der Person z. B.).

4. Bei der sicherheitsgerechten Gestaltung ist derjenigen Lösung der Vorzug zu geben, durch die das Schutzziel technisch sinnvoll und wirtschaftlich am besten erreicht wird. Dabei haben im Zweifel die sicherheitstechnischen Erfordernisse Vorrang vor wirtschaftlichen Überlegungen¹³.

Hier wäre zum Beispiel an Alternativenprüfungen und -vergleiche zu denken, die auch einen Mittelvergleich in Bezug auf ein bestimmtes Schutzziel umfassen (beispielsweise der Vergleich gentechnischer Ansätze in der Pflanzenzüchtung mit herkömmlichen Methoden; aber es wäre auch an einen Vergleich der traditionellen Verfahren mit der Kombination von molekularbiologischen und herkömmlichen Verfahren zu denken).

Das hier kurz und unvollständig beschriebene Gerüst für ein mögliches Vorgehen unter ethischer Perspektive für eine Entscheidungsfindung oder zumindest für eine Entscheidungsvorbereitung ist natürlich weder umfassend, noch erhebt es den Anspruch eines fertigen Konzeptes. Eine Ethik, die als sozial verbindlich

¹³ Lenk 1991

Ethisch-moralische Aspekte Ausblick

angesehen werden und nicht abstrakten Dogmen gehorchen will, muß ihre Bewertungskriterien, Vorzugsregeln und auch die Art der Verfahren immer wieder hinterfragen und gegebenenfalls neu bestimmen. Ethik wird in diesem Sinne als ein Prozeß verstanden, der nicht abgeschlossen ist. Aufgrund der in den modernen Gesellschaften innewohnenden Komplexitäten von Sachverhalten und deren Bewertungen, muß man sich wohl dieser Mühe immer wieder unterziehen, um Antworten in konkreten Einzelfällen auf die zentralen Fragen unserer Zeit zu erhalten: „Dürfen wir alles, was wir können?“ und in ihrer erweiterten Form: „Was sollen wir können?“.

Ausblick

Einen Überblick, aber auch die Unsicherheit über die Einschätzungen über die zukünftigen Entwicklungspotentiale der Biotechnologie¹⁴ zeigen folgende Angaben:

- In einer Debatte im baden-württembergischen Landtag über Fragen der Gentechnik erwartete man, daß bis zum Jahre 2000 weltweite Umsätze in Höhe von 160 Mrd. DM und die Schaffung von 2 Millionen neuen Arbeitsplätzen allein in der EU durch diese Technik erzielt werden können.
- Wie die Prognosen divergieren können, zeigen folgende Angaben: Eine Studie für den US-Markt kommt für das Jahr 2002 auf ein Gesamtvolumen für biotechnologische Produkte von ungefähr 15 Mrd. US \$ bei einer jährlichen Zuwachsrate der Umsatzsteigerungen von ca. 15 %. Eine andere Studie schätzt den US-Markt mit 51 Mrd. US \$ wesentlich günstiger ein.
- Die Gesellschaft für Biotechnologische Forschung Braunschweig geht von jährlichen Wachstumsraten von 5 - 8 % aus und die OECD rechnet erst in den 20er und 30er Jahren des 21. Jahrhunderts mit größeren Marktanteilen der Biotechnologie.

Diese doch z. T. erheblich voneinander abweichenden Prognosen sind auch ein Ausdruck für das frühe Innovationsstadium der Biotechnologie. Sie bieten in der öffentlichen Diskussion Raum für viele Spekulationen, Hoffnungen und Erwartungen.

¹⁴ v. Schell, Mohr 1995

Ausblick

Was davon tatsächlich umgesetzt wird, in welchem Umfang und zu welchem Zeitpunkt, muß gerade für den landwirtschaftlichen Bereich als eine offene Frage angesehen werden. Für die Pflanzenzüchtung erlangen nach Einschätzungen von Fachleuten¹⁵ biotechnologische Ansätze mit herkömmlichen Züchtungsmethoden zusammen eine große Bedeutung. Die biotechnologischen Verfahren umfassen hier zellbiologische, gentechnische und andere molekularbiologische Methoden. Gentechnische Verfahren sind qualitativ vor allem unerlässlich für einen Erkenntnisfortschritt in der Grundlagenforschung. Zur Zeit haben, nach Einschätzung von Fachleuten, von den molekularbiologischen Verfahren Markertechniken die größte Bedeutung. Sie eröffnen neue Perspektiven, um die genetischen Kenntnisse praktisch in der Züchtung zu nutzen. Die Kartierung einzelner Gene erlaubt eine Identifizierung enger Kopplungen zwischen phänotypischen Merkmalen und den molekularbiologischen Markern. Dies ermöglicht auch eine schnellere Selektion im Züchtungsprozess. Gentechnische und andere molekularbiologische Verfahren unterstützen so die traditionellen Züchtungsverfahren, werden sie aber nicht ersetzen.

¹⁵ v. Schell, Mohr 1995

Biotechnologie und Pflanzenproduktion

Einleitung Eine der ältesten zielgerichteten Tätigkeiten der Menschheit ist die Züchtung von Pflanzen. Seit dem Beginn des Ackerbaus versuchte der Mensch für den eigenen Nachbau immer besser geeignete Nutzpflanzen auszuwählen.

In der Neuzeit wurde auf der Grundlage naturwissenschaftlicher Theorien und Erklärungsmodelle dieses Erfahrungswissen fundamental erweitert. Dabei sollte man den Namen Mendel nicht vergessen, dessen Vererbungsgesetz Initialzündung für zielgerichtete Arbeitsweisen der Pflanzenzüchtung waren. Mit der Aufklärung des genetischen Codes und dem Modell der Doppelhelix in den 40er und 50er Jahren unseres Jahrhunderts wurde die Grundlage zum Verständnis der modernen Genetik gelegt. Der entscheidende Durchbruch in der Gentechnik gelang mit der Verfügung über die auf die Nukleinsäuren (DNA) einwirkenden Enzyme (Restriktionsenzyme, Ligasen, reverse Transkriptase, DNA-Polymerase etc.) und der Kenntnis ihrer Wirkungsweise, die die gezielte Rekombination von DNA möglich machten.

Das Einbringen von Erbmateriale in eine Pflanzenzelle kann auf mehreren Wegen erfolgen. Die bekanntesten Methoden¹⁶ sind im folgenden aufgezählt:

- 1) mit Tumor induzierenden Plasmiden (Ti-Plasmide), siehe Kapitel Gentransfer

Die Anwendung dieser Methode ist auf zwei- und wenige einkeimblättrige Pflanzen beschränkt; sie kann nicht auf die wirtschaftlich wichtigen einkeimblättrigen Getreidepflanzen angewendet werden.

- 2) mit Elektroporation

Die Zellwände werden mit Zellulasen aufgelöst. Anschließend werden die resultierenden Protoplasten in einer Plasmid-DNA-Lösung einem pulsierenden elektrischen Feld ausgesetzt. Dabei machen die elektrischen Pulse die Membran für große Moleküle durchlässig und Plasmid-DNA kann in die Zelle gelangen. Anschließend werden die Zellwände regeneriert (geeignet für ein- und zweikeimblättrige Pflanzen). Die Erfolgsrate liegt bei 1 %.

¹⁶ Stryer 1995; Bund für Lebensmittelrecht und Lebensmittelkunde e.V. 1995; Gen-ethischer Informationsdienst 1995

Einleitung

3) mit Mikroinjektion (siehe oben)

Bei Protoplasten werden Transformationsraten bis zu 15 % erreicht (besonders geeignet für einkeimblättrige Pflanzen).

4) mit Partikelbeschuß

Gold- oder Wolframpartikel werden mit DNA beschichtet und mittels „Gen-Kanone“ (gene-gun) mit hohen Geschwindigkeiten in die Pflanzenzellen hineingeschossen.

5) mit Silikonkarbid-Nadel-Transformation

DNA wird mit extrem feinen Fasern (Nadeln) gemischt und anschließend werden Pflanzenzellen mit diesen DNA-beladenen Fasern behandelt.

6) mit *in-planta*-Verfahren

Eine Infektion mit *Agrobacterium tumefaciens* erfolgt hierbei ohne aufwendiges Gewebekultur-Verfahren. Blühende Pflanzen werden in eine Bakterien-Suspension gelegt und die Bakterien werden mit Unterdruck in die Pflanzen eingesaugt. Der Vorteil der *in-planta*-Methode liegt darin, daß alle Schritte im Gewächshaus unter nicht sterilen Bedingungen durchgeführt und Pflanzen direkt manipuliert werden können.

Trotz dieser vielfältigen Methoden ist die Veränderung höherer Pflanzen mit Hilfe der Gentechnik sehr schwierig. Am ehesten gelingt die direkte Übertragung von Merkmalen bei monogenen Eigenschaften. Die indirekte Beeinflussung der Pflanzen durch Bakterien, deren gentechnische Handhabung wesentlich leichter ist, wäre eine weitere Möglichkeit, Pflanzen genetisch zu verändern.

Transgene Pflanzen kommerziell einzusetzen ist erst dann möglich, wenn die Regeneration und Vermehrung ganzer Pflanzen aus Zellkulturen im industriellen Maßstab beherrscht wird. Wichtig ist der Ausdruck „beherrscht“. Dies ist bei den landwirtschaftlich wichtigen Monocotyledonen noch nicht möglich. Es ist jedoch damit zu rechnen, daß dieses technische Problem in Zukunft gelöst werden kann. Praktisch verwertbare Ergebnisse für die Landwirtschaft werden voraussichtlich Resistenzübertragungen und die Veränderung der Qualität pflanzlicher Inhaltsstoffe liefern.

Neue Methoden der Pflanzenzüchtung

Einen kurzen Überblick über neue Methoden der Pflanzenzüchtung gibt das Flußdiagramm auf der nächsten Seite¹⁷.

Schwerpunkte der Anwendung genetischer Veränderung bei Pflanzen sind:

1. Herstellung von Herbizidresistenz
2. Erhöhung der Streßtoleranz
3. bessere Nutzung von Sonnenlicht und Stickstoff
4. bessere Nutzung als Energie- und Chemierohstoff
5. Krankheitsresistenzen (gegen pilzliche, bakterielle und virale Erreger)
6. Verbesserung der Qualitätseigenschaften

Nach Einschätzungen von Dr. Josef Seitzer¹⁸ werden bei Pflanzenzüchtungen gentechnische Anwendungen im Rahmen von Gentransfer nur in Einzelfällen Probleme lösen können. Grundlage der Pflanzenzüchtung werden auch zukünftig die klassischen Methoden wie z. B. die Zell- und Gewebekulturen bleiben, unterstützt durch molekulare Markertechniken¹⁹.

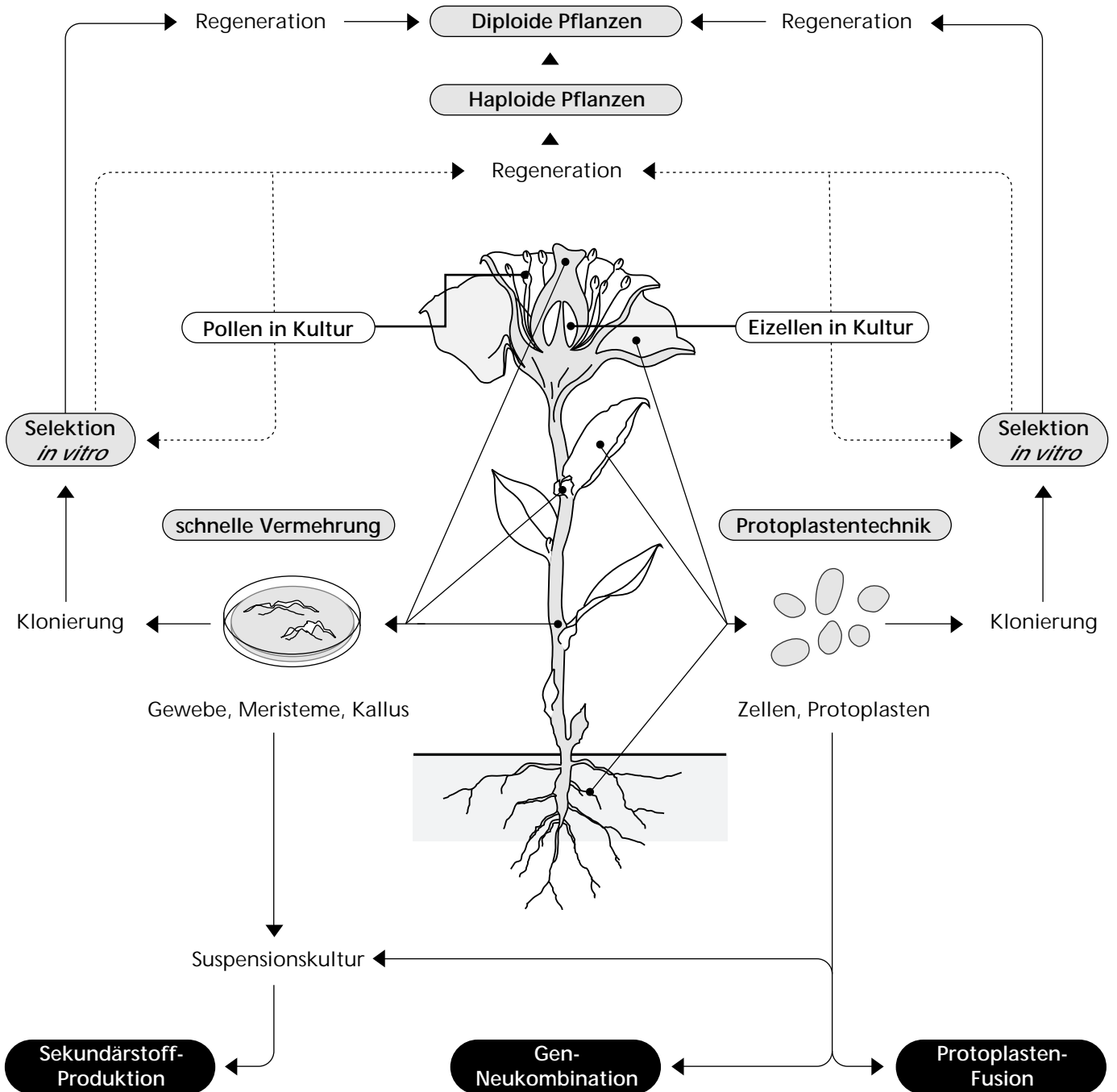
Gentransfer Durch gezielte Einbringung genau definierter Gene kann eine vorhandene Pflanze in ihren Eigenschaften und Merkmalen verändert werden. Dazu folgendes Beispiel:

¹⁷ Fond der chemischen Industrie Frankfurt 1986

¹⁸ v. Schell, Mohr 1995, S. 215

¹⁹ v. Schell, Mohr 1995, S. 221f.

Neue Methoden der Pflanzenzüchtung



Gentransfer *In-vitro*-Vermehrung

In vielen Bereichen der Landwirtschaft sind sogenannte Tumore bei Pflanzen (Pflanzenkrebs) festzustellen. Diese werden durch Hacken im Bereich des Wurzelansatzes oder durch Frostschäden bei Gehölzen verursacht. Man fand zu Beginn unseres Jahrhunderts heraus, daß diese Tumore durch eine bakterielle Infektion hervorgerufen werden und benannte den aus dem oberen Bodenbereich isolierten Erreger: *Agrobacterium tumefaciens* (lat. agar = Boden; tumor = Anschwellung; facere = machen). Erst Ende der 70er Jahre konnte das komplizierte molekular-genetische Prinzip aufgeklärt werden.

Bei vielen Dicotylen erzeugt *Agrobacterium tumefaciens* (Wurzelhalsgallen-Bakterium) Tumorwachstum, verursacht durch ein Plasmid (Ti-Plasmid), das in die pflanzliche Zelle abgegeben wird. (s. Abb. auf der nächsten Seite.)

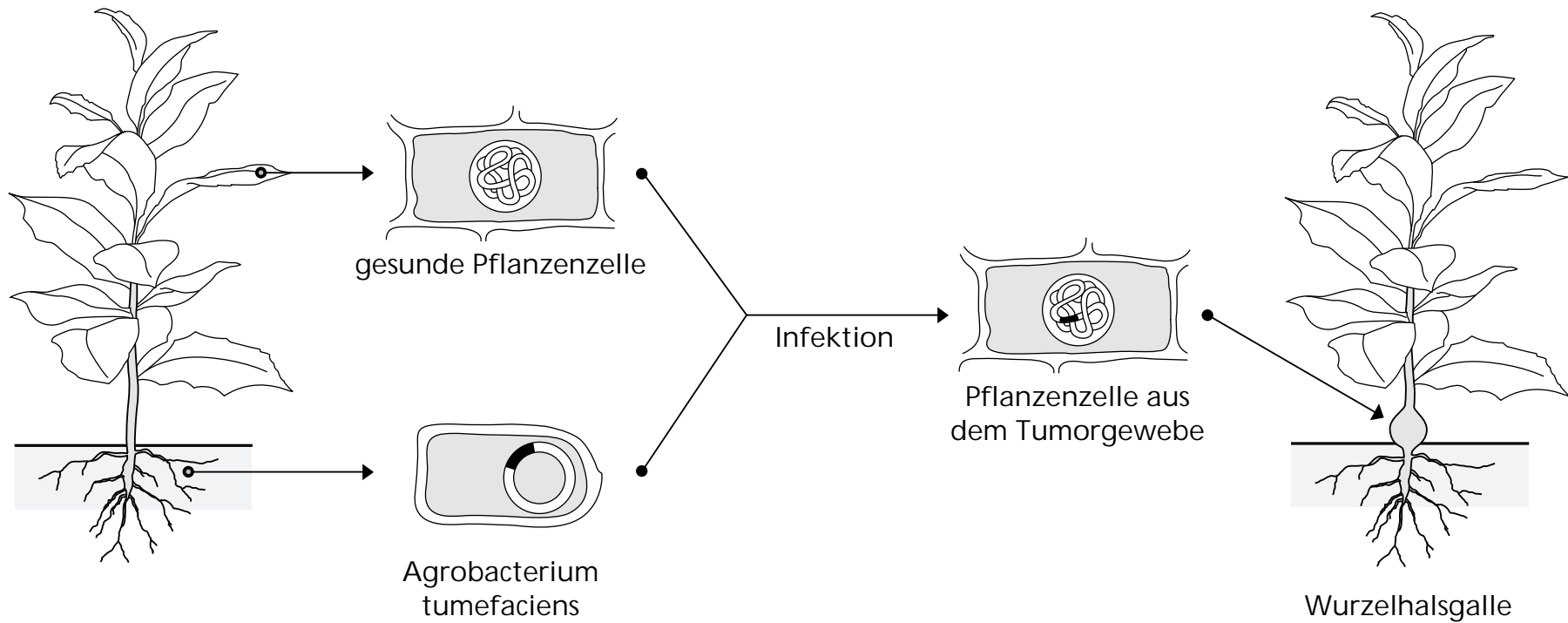
Ein sehr kleiner Teil dieses Plasmids, die T-DNA, wird aus der ringförmigen Plasmid-DNA ausgeschnitten und in die chromosomale DNA der Pflanze stabil eingebaut. Die befallene Pflanzenzelle wird gezwungen, ein bakterienfreundliches Programm aufzubauen: sie teilt sich unkontrolliert, was zur Bildung eines Tumors führt. Dieser dient als Lebensraum für diese Bakterien, wobei Nährstoffe hergestellt werden, d.h. es werden sogenannte Opine synthetisiert. Diese Methode der Genübertragung wurde in den Dienst der Pflanzenzüchtung gestellt, um auf direktem Wege ohne zeitraubende Kreuzung erwünschte Gene auf Kulturpflanzen zu übertragen (s. Abb. auf S.25).

In-vitro-Vermehrung

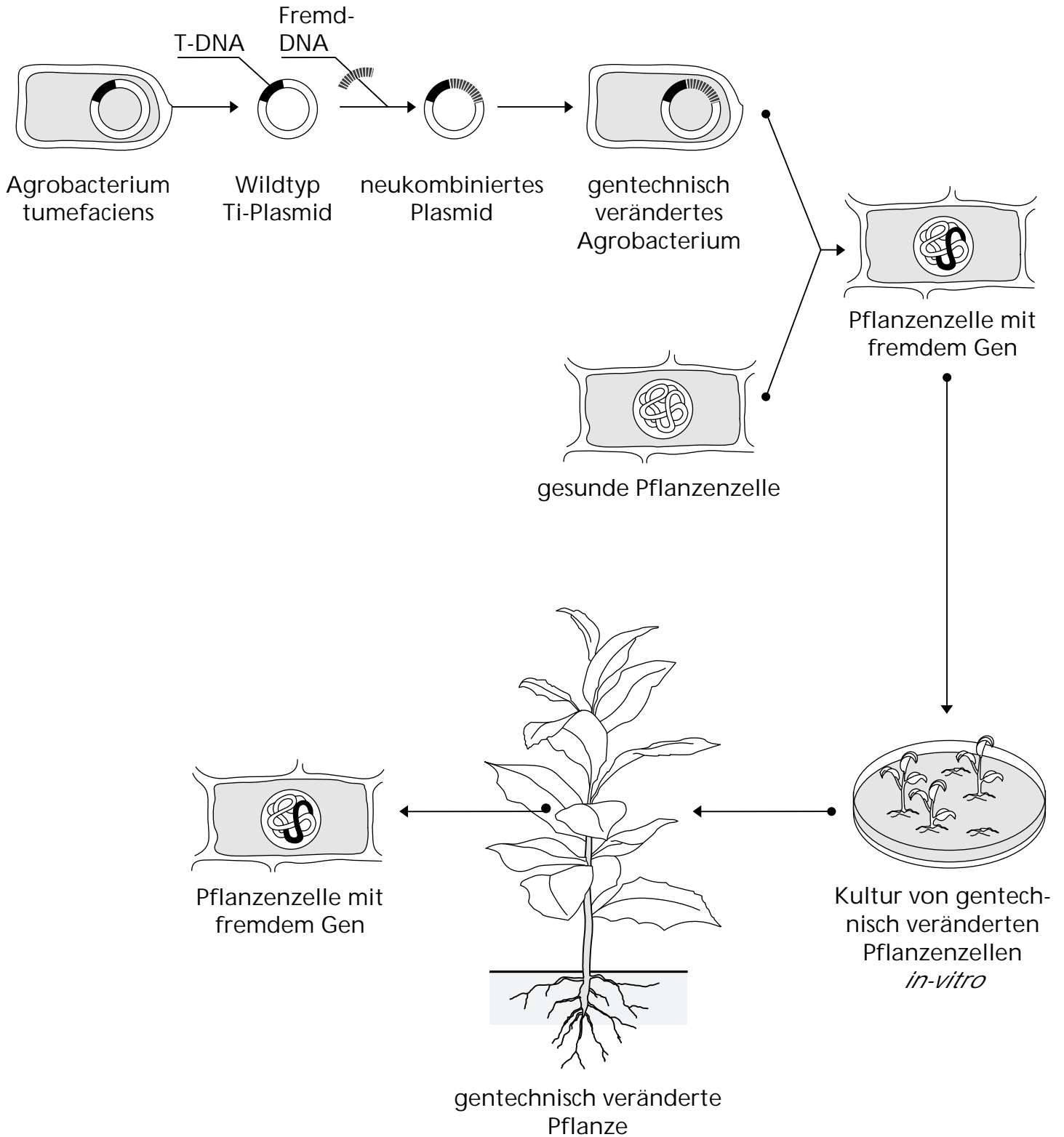
Da die *in-vitro*-Vermehrung von Pflanzen auf der LGS Böblingen als Schwerpunkt des handlungsorientierten Unterrichts aus der Vielzahl von Methoden der Pflanzenzüchtung ausgewählt wurde (Begründung: siehe didak. meth. Teil), soll diese Form der Pflanzenproduktion genauer sachanalytisch beschrieben werden.

Die *in-vitro*-Kultur, d.h. die Kultur pflanzlicher Zellen, Gewebe oder Organe auf künstlichem Nährboden, spielt in der Pflanzenproduktion eine zunehmend wichtige Rolle. Diese neue Biotechnik macht die Massenvermehrung genetisch identischer Pflanzen möglich.

Genübertragung und Tumorbildung an einer Pflanze nach Infektion durch *Agrobacterium tumefaciens*



Genübertragung auf Pflanzenzellen mit gentechnisch verändertem Agrobacterium



Biotechnologie und Pflanzenproduktion

In-vitro-Vermehrung

Man benutzt dazu die Fähigkeit von Pflanzen, unter dem Einfluß bestimmter Wachstumshormone praktisch jede ihrer Zellen zu einer Vermehrungszelle zu machen, die wiederum zu einer ganzen Pflanze heranwachsen kann. In Holland findet dieses Verfahren der Biotechnik häufig Anwendung, so daß die natürliche vegetative und generative Vermehrung von Pflanzen immer mehr in den Hintergrund tritt

Zahl der *in-vitro*-vermehrten Pflanzen in den Niederlanden

	1986	1987	1988	1989	1990
Zierpflanzen	42.372.947	53.148.549	60.910.414	78.833.091	92.979.083
andere Pflanzen	380.653		751.515	1.178.645	1.472.174
insgesamt	42.753.600		61.661.929	80.011.736	94.451.257

nach Preil, 1992

Der wirtschaftliche Aspekt wird durch ein Beispiel deutlich: aus einer Gerbera-Sproßspitze werden in etwa einem halben Jahr 46.000 gleiche Tochterpflanzen! Dazu folgender wirtschaftlicher Vergleich über den Gewinn von 1.000 *in-vitro*-gezogene Pflanzen der Topf-Gerbera und 1.000 aus Samen gezogenen Pflanzen (Unterricht Biologie 1990).²⁰

Topfgerbera aus <i>in-vitro</i> gezogenen Jungpflanzen		Topfgerbera aus Sämlingen	
Kostenkalkulation bei 1.000 getopften Pflanzen		Kostenkalkulation bei 1.000 getopften Pflanzen	
Erlös: 950 Pflanzen à 5,00 DM	4.750,00 DM	Erlös: 700 Pflanzen à 5,00 DM	3.500,00 DM
Jungpflanzen (2,20-2,60 DM/St.)	2.400,00 DM	Saatgut (1.430 Körner à 600,00 DM/1.000 St.)	915,20 DM
Substrate, Töpfe	150,00 DM	Substrate, Töpfe	150,00 DM
Düngung, Pflanzenschutz	150,00 DM	Düngung, Pflanzenschutz	200,00 DM
Heizkosten (604 l Heizöl)	181,20 DM	Heizkosten (958 l Heizöl)	287,40 DM
Lohnkosten (13,5 Arbeitskräfte-stunden à 15,00 DM)	202,50 DM	Lohnkosten (18 Arbeitskräfte-stunden à 15,00 DM)	270,00 DM
Marktaufbereitung (950 Pfl. à 0,15 DM)	142,50 DM	Marktaufbereitung (700 Pfl. à 0,15 DM)	105,00 DM
Variable Spezialkosten insgesamt	3.226,20	Variable Spezialkosten insgesamt	1.927,60 DM
Deckungsbeitrag	1.523,80	Deckungsbeitrag	1.572,40 DM
Gemeinkosten (3.252 Tqm à 0,15 DM)	523,75 DM	Gemeinkosten (3.252 Tqm à 0,15 DM)	1.267,80 DM
Gewinn	999,05 DM	Gewinn	304,60 DM

Vergleich der Wirtschaftlichkeit verschiedener Kulturen der Topfgerbera

²⁰ Zahlen nach U. Schmoltdt, Gartenbaubetrieb, Fünfhausen, Ölpreis nach dem Stand Herbst 1988

In-vitro-Vermehrung

Die *in-vitro*-Kultur, deren Vorteile in der Unabhängigkeit von Jahreszeit, Klima, Bodenbeschaffenheit und anderen Faktoren liegt, bringt auch Probleme mit sich: z.B. hoher Energieumsatz (beheizte Gewächshäuser), kaum Kenntnisse über den jahreszeitlichen Pflanzenrhythmus, hoher Aufwand an sterilen Bedingungen (daher Spezialbetriebe).

- **Welche Pflanzenteile machen nun eine *in-vitro*-Vermehrung möglich?**

Dazu die Darstellung auf der folgenden Seite²¹

- **Wie erfolgt nun eine *in-vitro*-Vermehrung?**

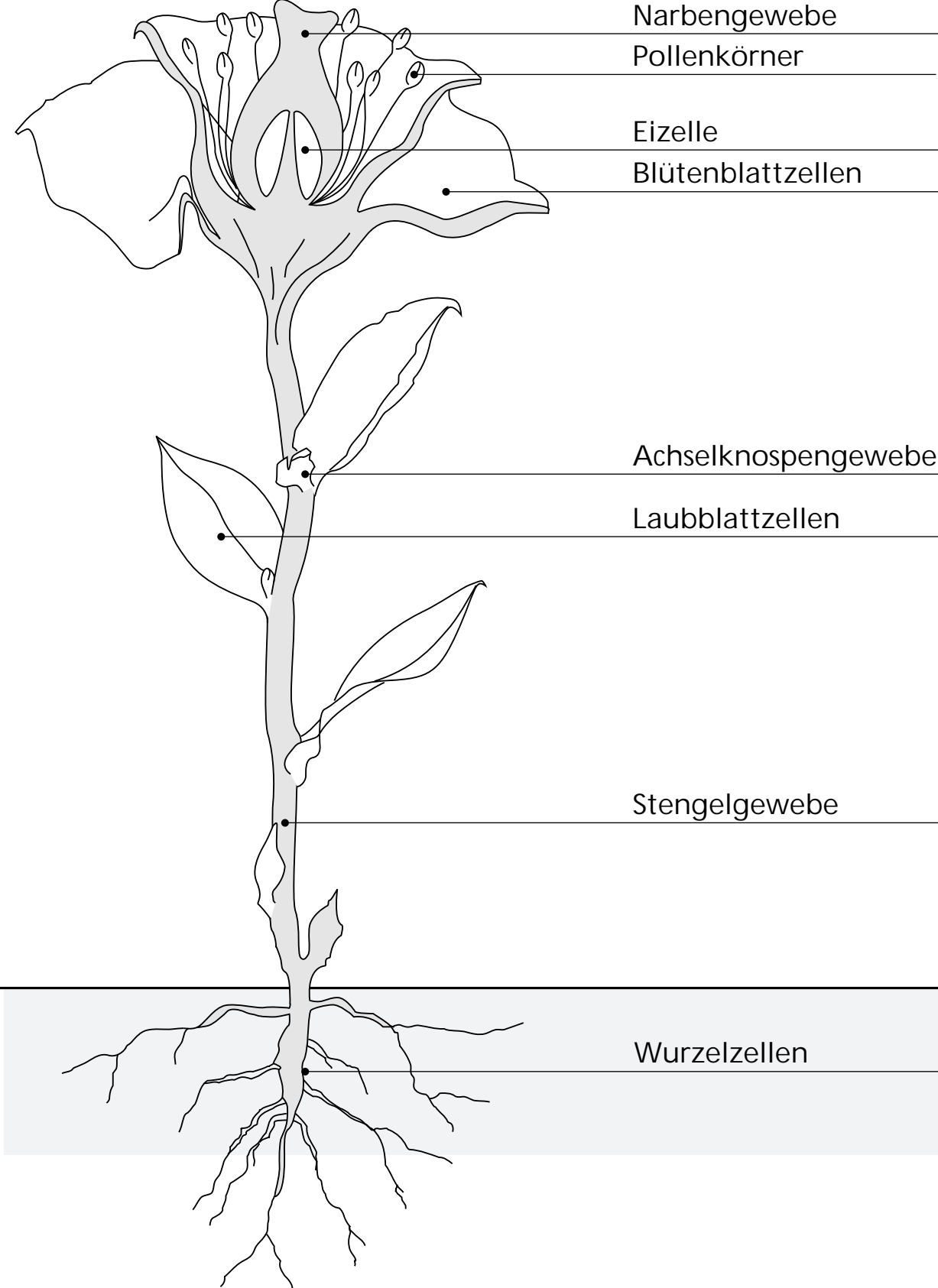
Dazu folgender Ablauf:

1. Vor Beginn der Massenvermehrung werden in entsprechenden Testverfahren infizierte von nicht-infizierten Pflanzen durch einen Virustest unterschieden, so daß nur gesundes Gewebe verwendet wird.
2. Gesunden Pflanzen wird entsprechendes Gewebe entnommen.
3. Die Vermehrung erfolgt z.B. durch Teilung der sich bildenden Seitensprosse mit erneuter Übertragung auf entsprechende Nährböden bis zur gewünschten Zahl.
4. Ist die gewünschte Zahl neuer Pflanzen erreicht beginnt die Gewöhnung und Bewurzelung an normale Bedingungen. Im Gewächshaus wird pikiert, akklimatisiert und ausgepflanzt.

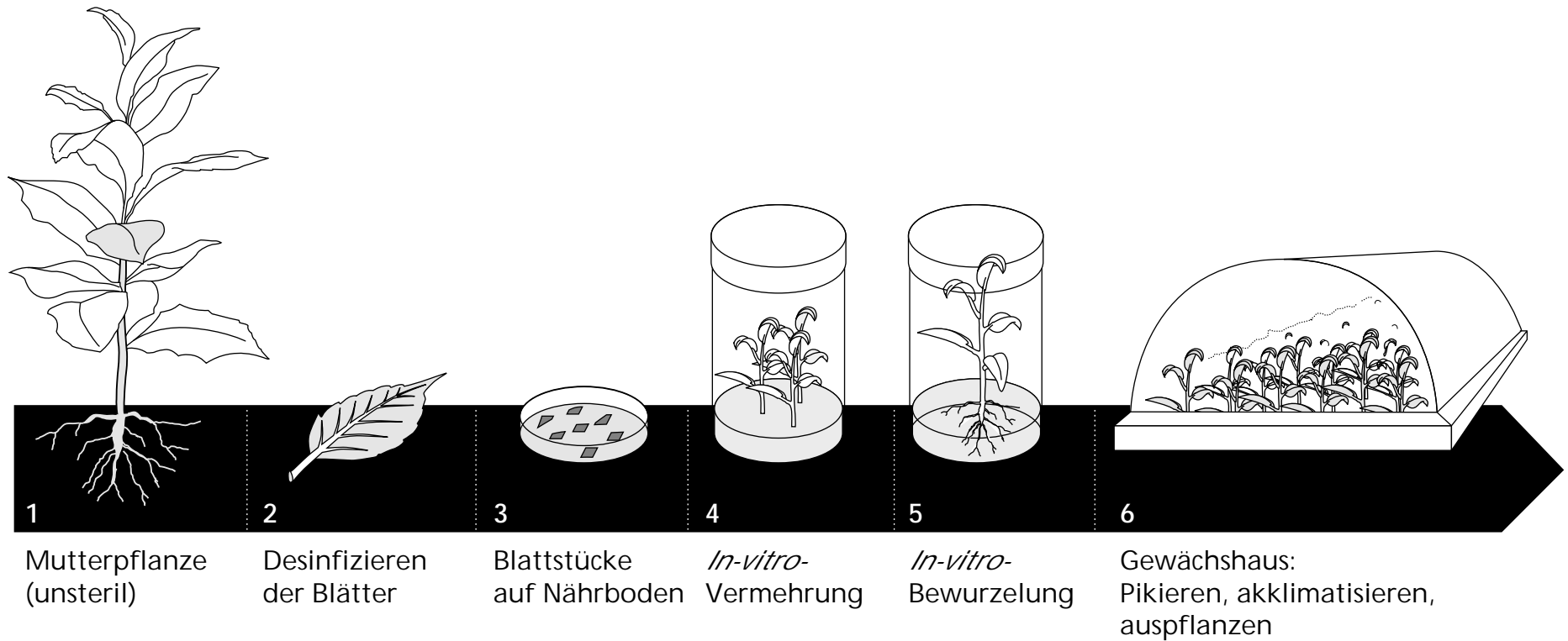
Im Prinzip gilt dieses Verfahren für alle Pflanzenarten, je nach Art, Sorte, Gattung muß variiert werden (s. Abb. S. 29).

²¹ NLI-Bericht 53, S. 69

Welche Pflanzenteile machen eine *in-vitro*-Vermehrung möglich?



Schematische Darstellung der *in-vitro*-Vermehrung von Pflanzen



In-vitro-Vermehrung

Zum Abschluß folgende Tabellen²², die zeigen, welche Zierpflanzen bzw. Gehölze in Deutschland von 1985 - 1991 durch die *in-vitro*-Technik vermehrt wurden:

in-vitro-Vermehrung von Zierpflanzen*

Gattung/Familie	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
Anthurium (Flamingoblume)	303	328	605	932	901	1.632	3.126
Blattfahne	665	1.657	2.045	2.301	2.436	3.024	3.085
Orchideen	754	1.206	2.524	1.885	2.426	2.427	2.575
Usambaraveilchen	438	916	750	731	1.500	1.620	1.548
Gerbera	95	377	783	761	441	445	501
Nephrolepis (Farn)	100	131	53	50	-	450	440
Gloxinie	-	-	15	20	50	250	250
Ficus (Blattfeige)	-	-	-	-	2	-	122
Pelargonie	6	15	36	35	43	30	32
Nelke	101	123	101	116	29	12	28
Begonie	59	44	55	48	53	35	11
andere Arten	100	124	65	238	344	397	358
Gesamt	2.621	4.921	7.032	7.117	8.225	10.322	12.076

* in der Bundesrepublik Deutschland (in TSD)

in-vitro-Vermehrung von Gehölzen*

Gattung/Familie	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
Rhododendron	-	4	75	52	10	572	291
Rose	1	13	285	305	513	273	200
Flieder	-	-	30	55	62	155	156
Kirsche, Pflaume	16	67	96	168	165	159	147
Pappel	44	61	75	110	59	6	35
Magnolie	-	-	-	3	7	20	14
Birke	2	4	3	5	6	66	6
Linde	-	-	-	12	20	11	6
Ahorn	-	-	-	2	2	5	2
Ulme	18	32	40	27	36	19	-
Sonstige	6	21	20	18	59	92	86
Gesamt	87	202	624	757	939	1.378	953

* in der Bundesrepublik Deutschland (in TSD)

²² Preil 1992

In-vitro-Vermehrung

Wie aus den Tabellen zu erkennen ist, wird ein immer größerer Marktanteil der kommerziell gezogenen Blumen- und Gemüsepflanzen durch Regeneration ganzer Pflanzen aus Pflanzenteilen oder Gewebekulturen hergestellt. Dies wird dadurch verdeutlicht, daß zum Beispiel in Holland schon 1986 der Gesamtumfang der kommerziellen Gewebekulturen etwa 42 Millionen Pflanzen betrug. Damit leistet dieser Weg der *in-vitro*-Kulturtechnik einen beachtlichen Beitrag.

Biotechnik im Unterricht

Allgemeine didaktisch-methodische Bemerkungen

In den neuen Bildungsplänen von Baden-Württemberg in der Sekundarstufe I ist die Biotechnik Bestandteil des Erziehungs- und Bildungsauftrages, insbesondere in den Fächern Biologie und Chemie. Das vielfältige und komplexe Spektrum der Biotechnik macht es notwendig, im Schulunterricht Grundlagen und Auswirkungen sowie Bewertungen dieser Technik darzustellen. Daraus ergibt sich die Frage, welche Ziele im Unterricht für die Behandlung der Biotechnik notwendig und gerechtfertigt sind. Zunächst werden hierfür die allgemeinen Ziele der STS („Science-Technology-Society“) zur Hilfe genommen. Die angestrebten Ziele der STS sind wie folgt formuliert:

1. Literacy: technologische Bildung, angemessenes Verständnis von Wissenschaft und Technologie
2. Informed views and positions: wissensbasierte Standpunkte und begründete Ansichten: „Erkenntnis geht vor Einstellung“
3. Balanced views: ausgewogene Standpunkte; integrierte Sichtweisen der Realität und Wechselwirkungen zwischen Wissenschaft, Technologie und Gesellschaft
4. Problem solving abilities: Entscheidungen unter unscharfen Randbedingungen treffen können; „Umgehen mit unterschiedlichen Graustufen“
5. Transferable skills: übertragenes, verknüpftes, anwendungsbezogenes Wissen
6. Valuing: moralische Urteils- und Handlungsfähigkeit

Analysiert und bewertet man diese Ziele im Blick auf die Unterrichtung „Biotechnik“, so ist es verständlich, daß naturwissenschaftliche Kenntnisse nicht mehr ausreichen, wobei insbesondere die Ziele „balanced views“ und „valuing“ dies verdeutlichen. Hier sind die Aufgabenbereiche anderer Fachdisziplinen gefordert, da ökonomische, ökologische, soziale, politische, technische und ethisch-moralische Grundkenntnisse notwendig sind. Daraus

Allgemeine didaktisch-methodische Bemerkungen

ergibt sich die Notwendigkeit, das Thema „Biotechnik“ im Sekundarbereich I fächerverbindend zu unterrichten. Gedacht wird dabei an folgende Fächer, die die oben angeführten Aufgabenbereiche abdecken könnten: Biologie, Chemie, Technik, Gemeinschaftskunde, Mensch und Umwelt, Religion/Ethik.

Ergänzend zu diesen Unterrichtszielen sollte nur ein weiterer Aspekt besonders hervorgehoben werden: die moralische Urteils- und Handlungsfähigkeit im Bereich Technologie.

Dazu Schallies/Wellensiek, die diesen Aspekt wie folgt beschreiben:

Schülerinnen und Schüler werden immer besser erkennen, daß es eine große Bandbreite von Fakten und Zwängen in komplexen menschlichen, ökologischen und physikalischen Beziehungsgeflechten gibt. Sie werden widersprüchliche Bedürfnisse auflösen müssen. Dies erfordert eine bewußte Auswahl von Kriterien und schließt wahrscheinlich die Diskussion darüber ein, was Lebensqualität und angemessene Lebensführung ausmacht. Reifes Verständnis für technologische Zusammenhänge wird deswegen die persönliche Fähigkeit abfordern, sich einander widersprechende Faktoren abzuwägen und Entscheidungen in Bezug auf eigene Werte und Auffassungen und im Hinblick auf das, was anderen wertvoll und wichtig ist, zu rechtfertigen. Schließlich steht zu hoffen, daß Schülerinnen und Schüler nicht nur für ihr eigenes Wohlergehen, sondern auch für das der anderen und der davon betroffenen Umwelt Verantwortung tragen wollen.²³

Mit welchen Themen (Inhalten) kann man diese Ziele erreichen? Es wird vorgeschlagen, mit Hilfe der geschichtlichen Entwicklung der Biotechnik stufenweise einzusteigen:

1. Traditionelle Biotechnik

Beispiele der Milchverarbeitung (Joghurt- und Sauerkrautherstellung)

²³ Schallies, Wellensiek 1995

Allgemeine didaktisch-methodische Bemerkungen

2. *In-vitro*-Kultur: Zell- und Gewebekulturtechniken

Hier wäre die *in-vitro*-Vermehrung von Pflanzen anzuführen, d.h. man sollte mit den Vorteilen und der Problematik der industriellen Pflanzenproduktion durch Biotechnik konfrontiert werden.

3. Gentechnik

Einführung und Nutzung dieser Technik an Beispielen wie z. B. gezielter Gentransfer bei Pflanzen, Gentechnik in der Medizin (Arzneimittelherstellung), wobei die Problematik und die Vorteile deutlich gemacht werden sollten.

4. Methoden der Biotechnik in der Tierproduktion

Biotechnische Verfahren bei der Rinderzucht, wobei die Wirtschaftlichkeit auch in Erscheinung treten sollte, sowie Fragwürdigkeit dieser „Tierproduktion“.

5. Mensch und Biotechnik

Hier würde der Zusammenhang menschlicher Fortpflanzung und Biotechnik (Gentechnik) im Vordergrund stehen, wobei hier die ethisch-moralischen Aspekte eine wesentliche Rolle spielen.

Es erscheint wichtig, daß Schüler und Schülerinnen durch die Kenntnis aller Stufen einer technischen Entwicklung eine Basis für Entscheidungen bekommen, in welcher Weise diese Technik sinnvoll verwendet werden kann. Ein dynamisches Weltbild kann erst dann entstehen, wenn ein Hintergrundwissen von der historischen Entwicklung existiert. Dies erscheint umso wichtiger, da zahlreiche Schüler ihre Schulbildung in der Sekundarstufe 1 abschließen.

Unterricht „Biotechnik“ auf der LGS Böblingen '96 • Naturklassenzimmer

In-vitro-Vermehrung von Pflanzen

Da sich eine Landesgartenschau überwiegend mit Pflanzen und deren Umfeld beschäftigt, ergab sich daraus, ein Thema aus der Biotechnik zu wählen, das sich mit Pflanzen bzw. Pflanzenproduktion auseinandersetzt. Weitere Aspekte sind die äußeren Bedingungen, die bei der Unterrichtung vorhanden sind, d. h. wir finden keine „geordneten“ Schulverhältnisse vor, wie z. B. Fachräume, die mit entsprechenden Geräten ausgestattet sind. Außerdem müssen bei vielen biotechnischen Themen bestimmte Sicherheitsbestimmungen eingehalten werden, die den Empfehlungen der Kultusministerkonferenz von 1986 (KMK) zugrunde liegen. Die wichtigsten Regeln findet man in Unterricht Biologie bei Lucius/Lehnberg²⁴. Daher wurde aus den oben angeführten Gründen die *in-vitro*-Vermehrung von Pflanzen ausgewählt. Dieses Thema erscheint für die Klassen 7 - 10 der Haupt- und Realschulen sowie der Gymnasien geeignet.

Welche Ziele können mit der Unterrichtung dieses Themas erreicht werden?

- **Sachkompetenz**

Informationen über Möglichkeiten der Pflanzenvermehrung, die handlungsorientiert mit Hilfe der *in-vitro*-Technik durchgeführt werden. Die Schüler sollen damit einen Anwendungsbereich der Biotechnik kennenlernen. Weitere Informationen über Biotechnik erhalten die Schüler durch einen Kurzfilm mit entsprechendem Arbeitsblatt.

- **Methodenkompetenz**

Die Schüler sollen eine Methode der Biotechnik kennenlernen, mit der eine Pflanzenart vermehrt werden kann. Hier: die *in-vitro*-Vermehrung von Pflanzen. Beachtung sollten auch die folgenden Aspekte finden:

- genaues und steriles Arbeiten
- Beobachten, Auswerten, Protokollieren

²⁴ Unterricht Biologie 151 (1990), S. 37-39

In-vitro-Vermehrung von Pflanzen

• **Ethisch-moralische Kompetenz**

Dabei sollten folgende Fragen diskutiert werden:

- Ist es vertretbar, Pflanzen „beliebig“ zu manipulieren?
- Nach welchen Kriterien sollten Grenzen gezogen werden?
- Sozial- und Umweltverträglichkeit dieser Technik?

Dieser Aspekt wird mit Hilfe eines Films (mit Arbeitsblatt), der zu Beginn des Unterrichts gezeigt wird, dargestellt. Der Film kann natürlich nur Denkanstöße geben bzw. vermitteln.

Der Unterricht „Biotechnik“ auf der LGS Böblingen (Dauer etwa 80 - 90 Minuten), der von Studenten der Pädagogischen Hochschule Heidelberg durchgeführt wird, ist wie folgt strukturiert:

1. Ein Videofilm mit folgenden Schwerpunkten wird den Schülern gezeigt:

- Allgemeine Information über Biotechnik
- Biotechnik und Pflanzenproduktion
- Ethisch-moralische Aspekte der Biotechnik

Dauer: ca. 20 Minuten

2. Mit Hilfe von Arbeitsblättern wird der Film ausgewertet. Die Arbeitsblätter sind je nach Klassenstufen (7/8 Klasse und 9/10 Klasse) mit unterschiedlichem Schwierigkeitsgrad ausgestattet.

Dauer: ca. 10 Minuten

3. Danach führen die Schüler der Klassenstufen 7 - 10 mit entsprechender Anleitung durch Arbeitsblätter eine *in-vitro*-Vermehrung einer Zierpflanze durch.

Dauer: ca. 50 Minuten

Die Kulturen mit Nährlösung in Einweg-Petrischalen werden zur weiteren Entwicklung und zur Beobachtung in die Schulen mitgenommen. Der Lehrer erhält dazu entsprechende Informationen (s. S. 47 „*in-vitro*-Vermehrung in der Schule“).

In-vitro-Vermehrung von Pflanzen

Folgende Pflanzen können auf der LGS Böblingen *in-vitro*-vermehrt werden (die Verfahrenstechnik ist fast immer gleich):

- Usambaraveilchen (verschiedene Farben)
- Gerbera (verschiedene Farben)
- Kresse
- Flamingoblume (Anthurium)

Versuche zur Pflanzenvermehrung

Versuche zur Pflanzenvermehrung²⁵

in-vitro-Technik auf der LGS Böblingen (Usambaraveilchen, Kresse, Gerbera oder Flamingoblume)

Vorbemerkung:

Die Versuche der *in-vitro*-Vermehrung sind wie folgt strukturiert (mit jeweils entsprechendem Arbeitsblatt):

1. Arbeitsregeln für Schüler
2. Vorbereitung des Arbeitsplatzes
3. Desinfektion des Pflanzenmaterials
4. Anlegen einer Gewebekultur
- 5- Heranziehen der Gewebekultur in der Schule
6. Entsorgung von Nährböden

Da Nährlösung auf der LGS Böblingen schon fertiggestellt ist, findet sich eine kurze Sachinformation über Theorie und Herstellung von Nährlösungen im Anhang. Außerdem findet man auch ein Adressenverzeichnis über die Bestellung entsprechender Geräte.

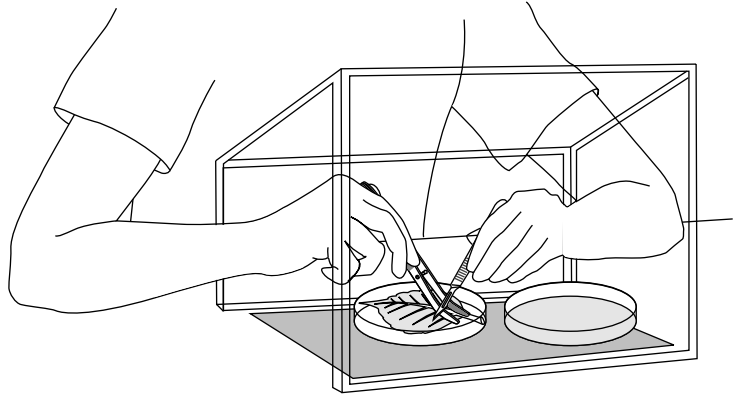
Ausstattung eines Schülerarbeitsplatzes

- Geräte
 - 1 Arbeitsplatz mit Steriltunnel und Zellstofftüchern
 - 1 Becherglas 500 ml
 - 1 Becherglas 250 ml mit passendem Uhrglas
 - 1 Becherglas 250 ml
 - 1 Kartuschenbrenner

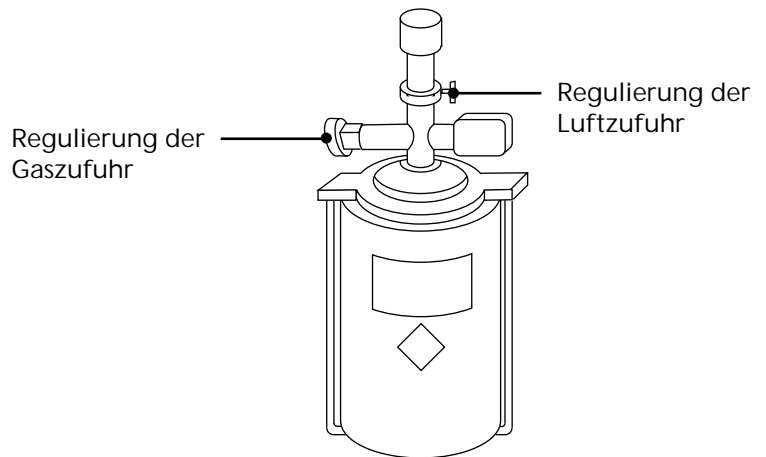
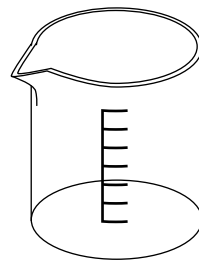
²⁵ Vgl. NLI-Bericht 53

Abbildung und Beschriftung der wichtigsten Geräte

Steriltunnel mit Zellstofftöchern zum Präparieren des Pflanzenmaterials



Bechergläser verschiedener Größe (500 ml, 250 ml, 100 ml)



Kartuschenbrenner

Becherglas mit Alkohol zum Desinfizieren von Skalpell und Pinzette

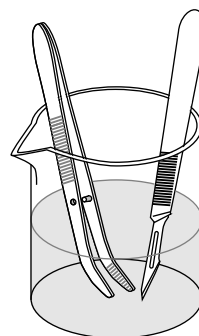
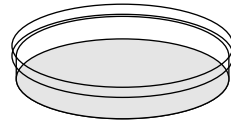


Abbildung und Beschriftung der wichtigsten Geräte

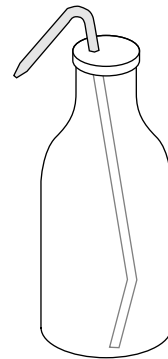
Einweg-Petrischale
mit sterilem Nährboden



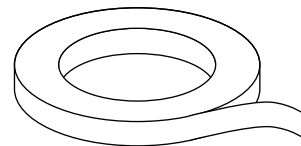
Uhrglas zum Abdecken des
Becherglases (250 ml)



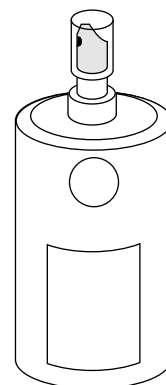
Spritzflasche
mit destilliertem Wasser



Tesakrepp zum Verschließen
der Petrischale



Sagrotan zum Desinfizieren
des Steriltunnels und der Zellstofftücher



**Versuche zur Pflanzenvermehrung
Vorbereitung des Arbeitsplatzes**

- 2 Bechergläser 100 ml
- 1 Pinzette (gebogen)
- 1 Skalpell
- 1 Petrischale
- 1 Folienschreiber (wasserfest)
- 1 Rolle Tesakrepp
- 1 Spritzflasche

- Substanzen

- 1 Sagrotan Pumpspray
- 50 ml Ethanol 70proz.
- 50 ml verdünnte Chlorbleichlauge (NaOCl-Lösung)
- 250 ml steriles Leitungswasser
- 1 Einwegpetrischale mit Nährboden
- entsprechende Blätter der zu vermehrenden Zierpflanzen (abdeckt)
- 50 ml Spiritus

Vorbereitung des Arbeitsplatzes

Um Enttäuschungen durch verpilzte Kulturen dem Schüler zu ersparen, erscheint es wichtig, auf das Problem von häufiger Verunreinigung steriler Kulturen aufmerksam zu machen und durch entsprechende Arbeitsanweisungen bzw. Experimentieren dies zu verhindern. Wichtig ist es deshalb, dem Schüler zu erklären, warum man steril arbeiten muß. Dies beinhaltet folgende Punkte:

1. Sterilisieren der Arbeitsgeräte









- a) Pinzetten und Skalpelle werden abgeflammt.
- b) Glas und Porzellengeräte werden bis zu 60 Minuten im Trockenschrank bei ca. 180° C behandelt.

2. Sterilisieren von Flüssigkeiten


Die Flüssigkeiten werden etwa 30 Minuten in einem Dampfkochtopf nach Vorschrift des Herstellers behandelt.


Diese Arbeitsgänge werden von den auf der LGS Böblingen unterrichtenden Studenten vor dem Unterricht durchgeführt!


Arbeitsregeln für Schülerinnen und Schüler


-  **Behandle die Geräte sorgfältig, andere Schüler möchten damit auch noch experimentieren!**
-  **Am Arbeitsplatz nicht essen und trinken, die Arbeitsfläche ist keine Ablagefläche für Nahrungsmittel, Rucksäcke usw.!**
-  **Richte Dich genau nach den Anweisungen des Lehrers!**
-  **Unruhiges Verhalten und unnötiges Sprechen während des Arbeitens Vermeiden; konzentriere Dich auf Deinen Versuch!**
-  **Skalpelle und Pinzetten sind Vor und nach Gebrauch zu reinigen und danach mit dem Brenner abzuflammen!**
-  **Alle Petrischalen gut lesbar beschriften!**
-  **Keine zusätzlichen Versuche durchführen, die zu einer Verunreinigung führen könnten!**
-  **Nach dem Experimentieren Hände waschen!**


Hinweise für Schüler zur Vorbereitung des Arbeitsplatzes

-  **Reinige zuerst den Steriltunnel mit Sagrotan Pumpspray. Keine offene Flamme in der Nähe!!!**

-  **Nimm 2 Zellstofftücher, lege sie auf den Arbeitsplatz und stelle den Tunnel darüber.**

-  **Ordne den Arbeitsablauf nach den entsprechenden Arbeitsblättern.**

-  **Die Petrischale stellst Du so hin, daß Du die sterile Oberfläche nicht berührst.**

-  **Vor der Arbeit unter dem Tunnel wäschst Du Deine Hände!**

Desinfektion der Usambaraveilchenblätter

- **Geräte**

- 1 Becherglas (250 ml) mit Uhrglas, steril
- 2 Bechergläser (je 100 ml) für Ethanol und Chlorbleichlauge
- 1 Spritzflasche für Leitungswasser
- 1 Becherglas (500 ml)

- **Substanzen**

- ca. 50 ml Ethanol (70proz. unvergällt)
- ca. 50 ml verdünnte Chlorbleichlauge (NaOCl-Lösung)
- ca. 250 ml Leitungswasser (steril)
- Blätter des Usambaraveilchens (entnommen aus dem mittleren Bereich der Rosette)

- **Durchführung**

- Gib 2 Blätter in das Becherglas (250 ml) mit Uhrglas. Übergieße die Blätter mit Alkohol so, daß diese vollständig bedeckt sind, decke sie dann mit dem Uhrglas ab und schwenke sie 1 Minute lang vorsichtig.
- Gieße den Alkohol in das große Becherglas.
- Bedecke nun die Blätter mit verdünnter Chlorbleichlauge (ca. 2 Minuten vorsichtig schwenken).
- Gieße die verdünnte Chlorbleichlauge in das große Becherglas ab.
- Die Blätter werden nun mit sterilem Leitungswasser (reichlich) übergossen, etwa 1 Minute schwenken. Gieße das Leitungswasser in das große Becherglas und wiederhole diesen Vorgang zweimal.
- Nun hast Du sterile Usambaraveilchenblätter.

Präparieren der Usambaraveilchenblätter**

- **Geräte**

Steriltunnel
Kartuschenbrenner
Skalpell
Pinzette
Petrischale (steril)
Becherglas
Tesakrepp-Streifen
Folienschreiber (wasserfest)

- **Substanzen**

Sagrotan-Pumpspray
Usambaraveilchenblätter (steril im abgedeckten Becherglas)
Petrischale mit sterilem Nährboden (MS/BAP) mit Deckel

- **Durchführung**

- 1 Sterilisiere den Arbeitsplatz und den Steriltunnel mit Sagrotan-Spray. Du hast als Unterlage angefeuchtetes Küchenpapier.
2. Stelle das Becherglas mit den Blättern und die Petrischale (steril) in den Tunnel!
3. Flamme Pinzette und Skalpell ab!
4. Entnimm nun mit der Pinzette dem Becherglas ein Blatt, lege es in die Petrischale, schneide den äußeren Teil des Blattes ab und entferne diese. Nur das innere Blattgewebe ist zur Gewebekultur geeignet!
5. Präpariere nun mit Hilfe der Pinzette und des Skalpells die Blätter, indem Du etwa 0,5 cm lange quadratische Stücke schneidest (sie können auch rechteckige Form haben). Schneide etwa 4 - 6 Blattstücke.
6. Diese drückst Du vorsichtig mit Hilfe der Pinzette auf die Petrischale mit Nährboden.

** Nach: Nellen, U.; Lüdemann, H.; Habsch, F. u.a.: Biotechnik im Sekundarbereich I. Band 3: In-vitro-Vermehrung in der Zierpflanzenproduktion. NLI-Bericht Nr. 53, S. 41

Präparieren der Usambara-Veilchen-Blätter

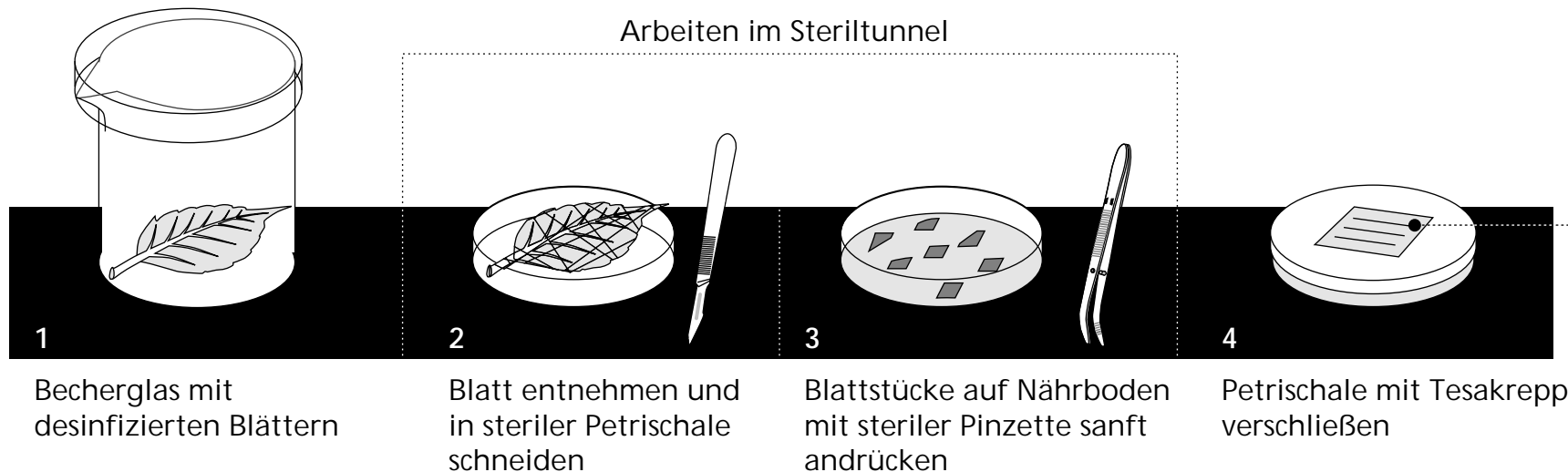
Geräte:

- Steriltunnel
- Kartuschenbrenner
- Skalpell
- Pinzette
- Petrischale (steril)
- Becherglas
- Tesakrepp-Streifen
- Folienschreiber (wasserfest)

Substanzen:

- Sagrotan-Pumpspray
- Usambara-Veilchen-Blätter
(steril im abgedeckten Becherglas)
- Petrischale mit sterilem Nährboden
(MS/BAP) mit Deckel

Durchführung:



**Präparieren der Usambaraveilchenblätter
in-vitro-Vermehrung in der Schule (Fortsetzung)
Klonieren der Pflanzen**

7. Verschließe die Petrischale mit dem Deckel und nimm sie aus dem Steriltunnel.
8. Verschließe sie mit einem Tesakrepp-Streifen. Beschrifte sie mit: Name, Datum, Pflanze!
9. Die Petrischale soll an einen hellen, 20° - 25° C warmen Ort gestellt werden (keine direkte Sonneneinstrahlung).
10. Beobachte und protokolliere die Entwicklung der Kultur!
11. Haben sich neue Sprossen an den Blattstücken gebildet kann mit der Weiterverarbeitung begonnen werden (Dauer ca. 4 Wochen).
12. Du erhältst von Deinem Lehrer die entsprechenden Anleitungen.
13. Als weitere Aufgabe geben wir Dir eine Anleitung mit, mit der Du das Pflanzenportrait des Usambaraveilchens beschreiben kannst.

in-vitro-Vermehrung in der Schule (Fortsetzung)

Die weiteren Arbeitsgänge der in-vitro-Vermehrung in der Schule kann man wie folgt gliedern:

- a) Klonieren der Pflanzen
- b) Wurzelbildung der Sproßkulturen
- c) Heranziehen der Pflanzen in Tontöpfen

Klonieren der Pflanzen (Gerbera, Usambaraveilchen, Kresse oder Flamingoblume)

Den Vorgang einer künstlichen vegetativen Vermehrung bezeichnet man als „klonieren“. Unter einem Klon versteht man Gruppen von Lebewesen mit genau gleichen Erbanlagen. Ein Klon geht aus einer Zelle oder einem Gewebe durch ungeschlechtliche (vegetative) Vermehrung hervor.

Klonieren der Pflanzen

Haben die Blattstücke der Pflanzen nach etwa 4 Wochen Sproßkulturen gebildet, so können diese wieder zur *in-vitro*-Vermehrung verwendet werden, d.h. der Versuchsablauf ist der gleiche wie beim Präparieren der Blätter auf der LGS Böblingen, es entfällt die Desinfektion. Nach einigen Wochen bilden sich daraus wieder neue Sprossen an den Blattstücken.

Wurzelbildung bei den Sproßkulturen^{***}

- **Geräte**

- 1 Steriltunnel
- 1 Becherglas (400 ml)
- 1 Bunsenbrenner
- 1 Skalpell
- 1 Pinzette
- 1 Petrischale (steril)
- Tesakrepp-Streifen
- Folienschreiber (wasserfest)

- **Substanzen**

- Sagrotan-Spray
- Becherglas (400 ml) mit sterilem Nährboden (MS/NES)
- sterile Pflanzensproßkulturen in Petrischalen

- **Durchführung**

1. Arbeitsplatz steril machen!
2. Petrischale mit der Sproßkultur, sterile Petrischale und Becherglas (400 ml mit Nährboden) in den Steriltunnel stellen!
3. Vorsichtiges Ablösen der Sproßkultur vom Nährboden mit Hilfe der Pinzette.
4. Die abgelöste Sproßkultur wird in die sterile Petrischale gegeben und in Teilstücke zerlegt, die jeweils 3 - 5 Sprossen aufweisen.

^{***} Nach: Nellen, U.; Lüdemann, H.; Habsch, F. u.a.: Biotechnik im Sekundarbereich I. Band 3: In-vitro-Vermehrung in der Zierpflanzenproduktion. NLI-Bericht Nr. 53, S. 43ff.

**Klonieren der Pflanzen
Heranziehen der Gewebekulturen**

5. Diese Teilstücke gibst Du mit Hilfe der Pinzette (vorher abflammen!) in das Becherglas mit dem MS/NES-Nährboden. Keine Berührung der Finger mit dem Rand oder Innenwand des Becherglases.
6. Verschließe das Becherglas mit einer Aluminium-Folie. Beschrifte sie mit: Name, Datum, Objekt!
7. Aufstellen bei 20° - 25° C ohne direkte Sonneneinstrahlung (ggf. Pflanzenlampe).
8. Beobachten, auswerten und protokollieren. Nach einigen (ca. 4-6) Wochen (Dauer je nach Bedingungen) haben die Kulturen Wurzeln gebildet.

Heranziehen der Gewebekulturen

Man verwendet dazu kleine Ton- oder besser Torftöpfe, die mit einem Gemisch aus Pflanzenhumuserde und Sand im Verhältnis etwa 2:1 gefüllt und durchgefeuchtet werden.

• **Durchführung**

1. Die Pflanzenbüschel werden mit Hilfe der Pinzette aus dem Becherglas genommen und auf einer kleinen Glasplatte (glatte Oberfläche) zerteilt.
2. Die anhaftenden Reste des Nährbodens werden von den einzelnen Pflänzchen mit lauwarmen Wasser abgespült.
3. Danach werden die Pflänzchen in vorbereitete Töpfe gesetzt, wobei jeder Topf durch eine Plastiktüte vor Verdunstung geschützt wird.
4. Nach etwa 2 Wochen erfolgt stundenweise Belüftung und danach durch Abdeckung vollständige Abhärtung.
5. Wenn Du das Blatt mit dem Pflanzenportrait Deiner durch *in-vitro*- Vermehrung aufgezogenen Pflanze ausgefüllt hast, kannst Du ohne Schwierigkeit diese Pflanze so pflegen, daß nach etwa 3 Monaten die ersten Blütenknospen entstehen.

Heranziehen der Gewebekulturen

Hinweis

Die *in-vitro*-Vermehrung könnte man mit anderen Formen der Pflanzenvermehrung vergleichen, wobei diese ebenfalls handlungsorientiert unterrichtet werden sollten.

Vorbereitung von Arbeitsmitteln Herstellung und Sterilisierung von MS-Nährboden

Vorbereitung von Arbeitsmitteln

- **Herstellung einer verdünnten Chlorbleichlaug (NaOCl-Lösung)**

Die Chlorbleichlaug wird im Abzug - wie folgt - verdünnt: 100 ml Chlorbleichlaug (NaOCl-Lösung) werden mit aqua dest. auf 1000 ml aufgefüllt, dazu gibt man ca. 10 Tropfen Spülmittel für eine bessere Benutzbarkeit der Pflanzenoberfläche. Diese Lösung in verschließbaren Flaschen aufbewahren. Entsorgungsvorschriften beachten (Gefahrstoffverordnung)!

- **Herstellung von Stammlösungen von Phytohormonen**

- a) BAP-Stammlösung (Cytokinin)

100 mg käufliches BAP (6-Benzylaminopurin) in ca. 20 ml 1 n HCL unter Erwärmen auflösen und mit kochendem aqua dest. auf 100 ml auffüllen.

- b) NES-Stammlösung (Auxin)

100 mg käufliches NES (1-Naphthyllessigsäure) in ca. 10 ml 1 n NaOH unter Erwärmen auflösen und mit kochendem aqua dest. auf 100 ml auffüllen.

Beide Stammlösungen in beschriftete Glasflaschen abfüllen und im Kühlschrank aufbewahren (Haltbarkeit ca. 1 Jahr).

Dosierung

1 ml BAP-Lösung bzw. 1 ml NES-Lösung werden einem Liter Nährmedium zugesetzt.

Herstellung und Sterilisierung von MS-Nährboden mit Phytohormonen

1. 4,71 g käufliches MS-Medium (= Murashige und Skoog-Medium) werden in etwa 900 ml aqua dest. gelöst.
2. Der Lösung werden 30 g Zucker (Saccharose p. a.) und je nach Ansatz der Kultur 1 ml BAP- bzw. 1 ml NES-Stammlösung zugegeben; anschließend wird auf 1000 ml aufgefüllt.

Herstellung und Sterilisierung von MS-Nährboden Entsorgung

3. Mit Hilfe eines pH-Meters und tropfenweiser Zugabe von 1 n NaOH-Lösung wird der pH-Wert auf 5,8 eingestellt.
4. Die Lösung verteilt man gleichmäßig am besten im Erlenmeyer, der etwa jeweils 2,5 agar-agar (käuflich im Handel) enthält (Vorteil von agar-agar: Verliert nicht bei 120° C seine Gelierfähigkeit).
5. Die Erlenmeyerkolben werden nun mit Hilfe eines Dampfdrucktopfes ca. 30 Minuten sterilisiert.

Achtung

Die Erlenmeyerkolben nur bis zur Hälfte mit der Lösung füllen, da ein Überkochen wegen des Geliertemperaturbereichs von agar-agar möglich sein könnte.

6. Das Nährmedium wird heiß verarbeitet (ca. 50° - 60° C) (s. Darstellung auf der folgenden Seite).

Entsorgung

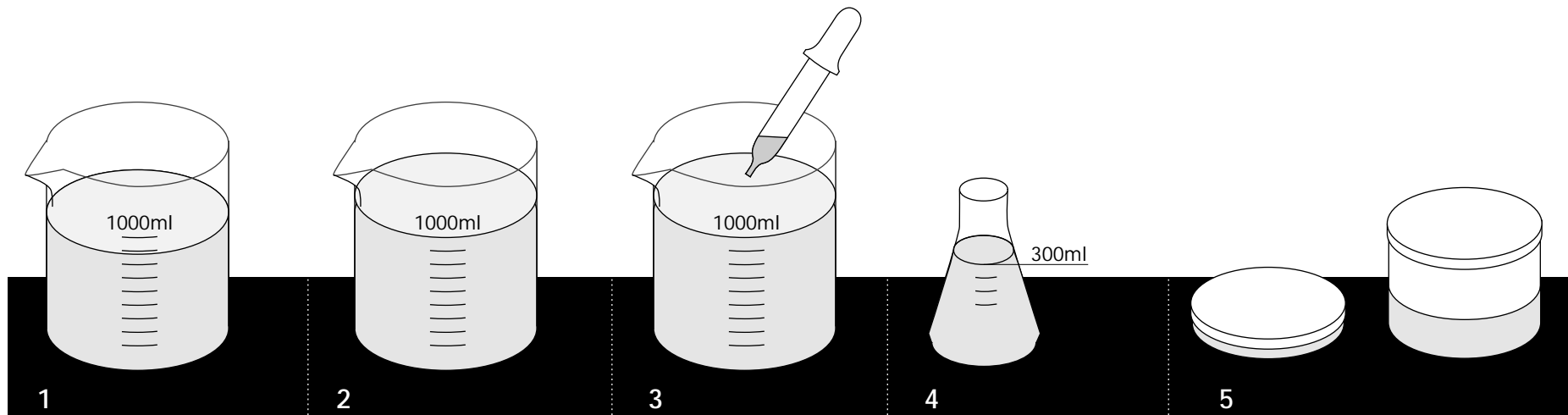
Verbrauchte Nährböden bzw. verunreinigte Kulturen müssen entsorgt werden. Der Vorschlag des Niedersächsischen Landesinstitutes für Lehrerfortbildung, Lehrerweiterbildung und Unterrichtsforschung wäre die Verwendung eines käuflichen Autoklaven mit integrierter Heizung. Da die Anschaffung für viele Schulen zu teuer ist, wäre vielleicht eine Entsorgung durch das nächstgelegene Krankenhaus möglich, d.h. daß dort die Nährböden sterilisiert werden könnten.

Eine weitere Möglichkeit der Entsorgung wäre, die Verunreinigungen mit einem käuflichen Dampfdrucktopf zu sterilisieren.

Herstellung und Sterilisierung von MS-Nährboden mit Phytohormonen

1. 4,71 g käufliches MS-Medium werden in etwa 900 ml aqua dest. gelöst.
2. Der Lösung werden 30 g Zucker und je nach Ansatz der Kultur 1 ml BAP bzw. 1 ml NES-Stammlösung zu-gegeben; anschließend wird auf 1000 ml aufgefüllt.
3. Mit Hilfe eines pH-Meters und tropfenweiser Zugabe von 1 n - NaOH-Lösung wird der pH-Wert auf 5,8 eingestellt.

4. Die Lösung verteilt man gleichmäßig am besten im Erlenmeyer, der etwa jeweils 2,5 g Agar (käuflich im Handel) enthält. (Vorteil von Agar: Verliert nicht bei 120 °C seine Gelierfähigkeit)
5. Die Erlenmeyerkolben werden nun mit Hilfe eines Dampfdrucktopfes ca. 30 Minuten sterilisiert.
Achtung: Die Erlenmeyer nur zur Hälfte mit der Lösung füllen, da ein Überkochen wegen des Geliermittels Agar möglich sein könnte.
6. Das Nährmedium wird heiß verarbeitet (ca. 50 °C – 60 °C). Dazu folgende Darstellung:



1
Zugabe von entsprechendem Phytohormon
4,71 g MS-Medium
30 g Zucker

2
Auffüllen des Becherglases auf 1000 ml mit aqua dest.

3
pH: 5,8 mit NaOH-Lösung (1µ)

4
Aufteilung der Lösung in 4 Erlenmeyer (300ml) mit jeweils 2,5 g Agar verschließen mit Al-Folie und autoklavieren

5
Ausgießen (heiß) des Nährmediums in Petrischale oder Kulturglas anschließend steril verschließen

Adressen für Geräte und Substanzen

- Phytohormone können in der Apotheke beschafft werden:
 - ◆ BAP (6-Benzylaminopurin)
Hersteller: Serva, Best-Nr. 14812
 - ◆ NES (1-Naphthylelessigsäure)
Hersteller: Roth, Best.-Nr 4343; Fluka Chemika, Best.-Nr 70900
- Bezugsquelle für MS-Medium = Murashige und Skoog-Medium (ohne agar-agar):
Flow Laboratories, Meckenheim
- Einwegpetrischale:
Fa. Greiner Kunststoffwerke, 72622 Nürtingen, Best.-Nr 9.408045
- Fertiger Steriltunnel nach Nellen:
Fa. Schlüter - Haus für Biologie, 71364 Winnenden, Katalog-Nr. 5165
voraussichtlicher Preis: DM 69,50
- Steril-Kulturen von Usambaraveilchen:
Gewebekulturlabor Reinhold Hummel, 70499 Stuttgart
- Chlorbleichlauge (NaOCl-Lösung) ist im Chemikalienhandel erhältlich, enthält bis zu 20 % aktives Chlor. Für Gebrauch verdünnen auf 1 % bis 2 % aktives Chlor.
- Usambaraveilchen aus Gewebekultur-Kit (Experimente zur pflanzlichen Gewebekultur):
Fa. Schlüter, 71364 Winnenden, Katalog-Nr 2464 voraussichtlicher Preis: ca. DM 100,00
- 70proz. Ethanol sollte in der Apotheke beschafft werden.
- Saccharose p. a. sollte in der Apotheke/Chemikalienhandel beschafft werden.

Pflanzenportrait

Name der Pflanze	
Familie:	
Heimat:	
Abbildung:	
Beschreibung:	
Blütezeit:	
Standortansprüche:	
Temperatur:	
Licht:	
Feuchtigkeit:	
Pflege:	
Vermehrung:	

Arbeitsblatt 7. und 8. Klasse

1) Du hast in diesem Film gesehen, wie man Mikroorganismen zur Herstellung von Lebensmitteln einsetzt.

a) Beschreibe dazu 2 Anwendungen!

b) Kennst Du noch andere Lebensmittel aus Deiner Umgebung, die mit Hilfe von Mikroorganismen hergestellt werden?

2) In der Chemischen Industrie werden heute Bakterienstämme großtechnisch hergestellt. Der Film zeigt ein Beispiel. Berichte darüber!

3) Im Film wird dargestellt, wie Pflanzen vermehrt werden können. Wie wurde die Vermehrung durchgeführt? Beschreibe eine Methode!

4) Am Ende dieses Films nehmen verschiedene Wissenschaftler Stellung zu „Freilandversuchen“ mit Pflanzen, deren Eigenschaften verändert wurden. Welche Meinung hast Du zu diesen Versuchen?

Arbeitsblatt 9. und 10. Klasse

1) Du hast in diesem Film gesehen, wie man Mikroorganismen zur Herstellung von Lebensmitteln einsetzt.

a) Beschreibe dazu 2 Anwendungen!

b) Nenne noch andere Lebensmittel aus Deiner Umgebung, die mit Hilfe von Mikroorganismen hergestellt werden!

2) Der Film zeigt eine großtechnische Herstellung von Bakterienstämmen und deren praktische Anwendung. Nenne diese Herstellung! Kennst Du noch andere Beispiele?

3) Im Film wird dargestellt, wie man Pflanzen genetisch verändern kann. Berichte darüber!

4) Am Ende dieses Films nehmen verschiedene Wissenschaftler Stellung zu „Freilandversuchen“ mit gentechnisch veränderten Pflanzen. Erörtere hierzu Pro und Contra!

- Literatur**
- Altner, G.; Krauth, W.; Linzer, I.; Vogtmann, H. Gentechnik und Landwirtschaft, Stiftung Ökologischer Landbau, Verlag C. F. Müller, 1990.
- Bayrhuber, H.; Lucius, E. R. Handbuch der praktischen Mikrobiologie und Biotechnik, Metzler Schulbuch, 1992, Bd. 1 u. 3.
- Bogen, H. J. Gezähmt für die Zukunft. Leistungen und Perspektiven der Biotechnik, Droemer/Knauer, 1973, S. 21.
- Fond der chem. Industrie Frankfurt, „Biotechnologie/ Gentechnik 1985“, Integrierter Pflanzenbau (Hrsg.: Auswertung- und Informationsdienst für Ernährung und Forsten), Bonn, 1986.
- Bund für Lebensmittelrecht und Lebensmittelkunde e. V. Gentechnik & Lebensmittel, Foliensatz mit Begleitheft, Bonn, 1995.
- Gen-ethischer Informationsdienst Grüne Gentechnik, 1995, 108/109, 43.
- Gottschalk, G.; u. a. Das ZDF-Studienprogramm als Buch. Biotechnologie, Vgs Köln, 1986.
- Hastedt H. Aufklärung und Technik. Grundprobleme einer Ethik der Technik, Suhrkamp Verlag, Frankfurt a.M., 1991.
- Jagnow, G.; Dawid, W. Biotechnologie, dtv wissenschaft, 1985.
- Kluge, S.; Menzel, G.; u. a. Mikrobiologie. Ein Arbeitsbuch für Schüler, Volk und Wissen Verlag, 1991.
- Lenk, H. „Zu einer praxisnahen Ethik der Verantwortung in den Wissenschaften“ in Wissenschaft und Ethik (Hrsg.: Lenk, H.); Reclam Verlag, Stuttgart, 1991, S.54-75.
- Lucius, E. R.; Gliesche, C. G. Aufbaukurs Biotechnik: Bakteriengenetische Methoden und ihre Auswertung, IPN Abteilung Biologiedidaktik, Kiel, 1992.
- Lucius, E. R.; Labahn-Lucius C. Experimente für die Klassen 5 - 10: Biotechnik handlungsorientiert, IPN Abt. Biologiedidaktik, Kiel, 1993.
- Mieth, D. „Ethische Evaluierung der Biotechnologie“ in Biotechnologie/Gentechnik - eine Chance für die Industrie (Hrsg.: v. Schell, T.; Mohr, H.),

Springer Verlag, Heidelberg,
1995, S.505-530.

Mieth, D. „Wissenschaft - Technik - Ökonomie: Was können wir verantworten?" in Ethik ohne Chance? Erkundigungen im technologischen Zeitalter (Hrsg.: Wils, J. R; Mieth, D.), Attempto Verlag ,Tübingen, 1991, S. 210-224.

Nevers, P.; Stobbe, M.; Nellen, U. u.a.: Biotechnik im Sekundarbereich I. Band 1: Einführung. NLI-Bericht Nr. 47, Niedersächsisches Landesinstitut für Lehrerfortbildung, Hannover 1991.

Nellen, U.; Lüdemann, M.; Habsch, F. u.a.: Biotechnik im Sekundarbereich I. Band 3: In-vitro- Vermehrung in der Zierpflanzen-Produktion. NLI-Bericht Nr. 53, Niedersächsisches Landesinstitut für Lehrerfortbildung, Hannover 1991.

Reiss, J. „Biotechnologie im Unterricht" Praxis-Schriftenreihe. Abteilung Biologie, Aulis Verlag Deubner & Co, 1989, Bd. 36.

Röglin, H.-C. „Angst - eine Grundstimmung der deutschen Gesellschaft" in Ackerbau und

Umweltschutz (Hrsg.: Industrieverband Agrar), Frankfurt a. M., 1991.

Schallies, M.; Wellensiek, A. „Biotechnologie/Gentechnik - Implikationen für das Bildungswesen" (Hrsg.: Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden Württemberg), Arbeitsbericht Nr 46.

Schell, T v.: Die Freisetzung gentechnisch veränderter Mikroorganismen. Ein Versuch interdisziplinärer Urteilsbildung, Attempto Verlag, Tübingen, 1994, hier ibs. S. 587-619.

Schell, T. v.; Mohr, H. Biotechnologie - Gentechnik. Eine Chance für neue Industrien, Springer-Verlag , 1995.

Stryer, L. Biochemistry, 3rd edition, Freeman and Co., San Francisco, 1995, S. 117-140.

Unterricht Biologie Biotechnik, Friedrich Verlag Velber, 1990, Heft 151.

Van den Daele, W. Zum Forschungsprogramm der Abteilung „Normbildung und Umwelt". Wissenschaftszentrum für Sozialforschung, Berlin, FS II 91-301, 1991.

Literatur

- Wartenberg, A. Einführung in die Biotechnologie, Fischer-Verlag, Stuttgart, 1989.
- Westphal, R.; Lucius, E. R. Grundkurs Biotechnik: Mikrobiologische Praktikum, IPN Abt. Biologiedidaktik, Kiel, 1992.
- Tabellen: Preil, Bundesforschungsanstalt für gartenbäuliche Pflanzenzüchtung, Hamburg-Ahrensburg, 1992.
- IPN-Blätter** Bayrhuber, H.; Lucius, E. R. „Sicherheit in der Schulmikrobiologie. Bundesforschungsministerium fördert IPN-Projekt" IPN-Blätter 1988, 5(4), 1 u. 3.
- Bayrhuber, H. „Bio-Technik im Biologieunterricht südasiatischer Länder" IPN-Blätter 1992, 9 (2), 1 u. 3.
- Bayrhuber, H.; Lucius, E. R. „Vorschläge zu mikrobiologischen Experimenten" IPN-Blätter (Spezial) 1993, 10(1), 5-8.
- Bayrhuber, H. „EIBE in Kiel" IPN-Blätter 1993, 10(2), 3.
- Labahn-Lucius, C.; Lucius, E. R. „Der Lambda Schulkit. Versuchskasten zur elektroophoretischen Untersuchung von DNA" IPN-Blätter 1994, 11 (3), 7.
- Lucius, E. R. „Laborgeräte im Eigenbau" IPN-Blätter 1987, 4 (2), 1-2.
- Lucius, E. R. „Mikrobiologie im Unterricht. Lehrerfortbildung mit einfachen Selbstbaugeräten" IPN-Blätter 1988,5(2), 6.
- Lucius, E. R. „Biotechnik: Unterrichtsforschung - Entwicklung - Lehrerfortbildung - Kooperation" IPN-Blätter 1990, 7 (3), 1-2.
- Lucius, E. R. „Schulmikrobiologie" Tagung am IPN, IPN-Blätter 1991, 8 (1), 2.
- Lucius, E. R. „Bakteriengenetik und Gentechnik in der Lehrerfortbildung" Pilotprojekt in Baden-Württemberg für den Biologieunterricht der Sekundarstufe II, IPN-Blätter 1991, 8 (3), 4.
- Lucius, E. R. „Studie zur Sicherheit mikrobiologischer und bakteriengenetischer Schulversuche" IPN-Blätter 1992, 9(4), 1 u. 3.
- Lucius, E. R. „Biotechnik in Europa" IPN-Blätter 1992, 9(4), 4.

Literatur

Nellen, U. „Das unendliche Usambara-Veilchen. Biotechnik im Experiment" IPN-Blätter 1988, 5 (2), 5.

Nevers, P. „IPN-Symposium Biotechnik und Schule" IPN-Blätter 1987, 4 (1), 3.

Nevers, P. „Biotechnik in der Sekundarstufe 1" IPN-Blätter 1988, 5 (4), 2.

Nevers, P. „Vom Bottich zum Fermenter" IPN-Blätter 1987, 4 (4), 3,

Nevers, P. „Was kann man tun, was soll man lassen? Einführung der Gentechnik in die Gymnasiale Oberstufe" IPN-Blätter 1989, 6 (3), 6.

Nevers, P. „Gentechnik: Der Weg zwischen Scylla und Charybdis" DIFF-/IPN-Studienbrief über Gentechnik, IPN-Blätter 1990, 7 (3), 5.

Winkler, U. „Neue Argininbedürftige Mutanten von Escherichia coli K12s für den Schulunterricht" IPN-Blätter 1991, 8(3), 6.

Die Akademie

Die Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg hat 1992 als Stiftung des öffentlichen Rechts in Stuttgart ihre Arbeit aufgenommen. Die Konzeption der Akademie ist Resultat des Wunsches von Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und gesellschaftlichen Gruppen, ein Forum für die Technikfolgenabschätzung im Land und eine Plattform für den öffentlichen Diskurs über die Chancen und Risiken von Technik zu institutionalisieren. Die Satzung der Akademie legt als Aufgaben fest, „Technikfolgen zu erforschen, diese Folgen zu bewerten und den gesellschaftlichen Diskurs über Technikfolgenabschätzung zu initiieren und zu koordinieren“. Die Stiftung ist in die den Bereich Geschäftsführung und Öffentlichkeitsarbeit, vier wissenschaftliche Funktionsbereiche und den Querschnittsbereich Diskurs gegliedert. In Stiftungsrat und Kuratorium sind die Politik, die Wissenschaft und unterschiedliche gesellschaftliche Gruppen vertreten. In ihrer Arbeit greift die Akademie auf das Wissen und die Forschungskapazitäten universitärer und nicht-universitärer Einrichtungen zurück und entwickelt insbesondere themen- und projektspezifische Netzwerke.

Das Projekt

Ziel des Projektes ist die Präsentation des Themas „Biotechnologie und Gentechnik“ für die Klassenstufen 7 bis 10 aller Schultypen. Die Präsentation unter dem Titel „Grünes Gold der Zukunft!?!- Biotechnologie und Gentechnik in der Pflanzenproduktion“ beinhaltet eine kurze Einführung in das Thema und eine Darstellung neuer Methoden der Pflanzenzüchtung, des Gentransfers und der in-vitro-Vermehrung und - Technik für das Gebiet der Pflanzenproduktion. Die Akademie für Technikfolgenabschätzung konzipierte diesen Beitrag für das Naturklassenzimmer auf der Landesgartenschau in Böblingen in Zusammenarbeit mit der Stadt Böblingen (Umwelt-und Grünflächenamt), der LGS Böblingen 1996 GmbH und der Pädagogischen Hochschule Heidelberg.

Die Präsentation ist als Unterrichtsmaterial gedacht und ist in ihrer Anwendung nicht auf die Landesgartenschau Böblingen beschränkt.

*Akademie für Technikfolgenabschätzung
in Baden-Württemberg*

Industriestr. 5, 70565 Stuttgart

Tel.: 07 11/90 63-0

Fax: 07 11/90 63-299

E-Mail: info@afta-bw.de

<http://www.afta-bw.de>