Gentechnik und deren ethische Bewertung im Biologieunterricht

Eine analytisch orientierte Bestandsaufnahme

Inaugural-Dissertation zur Erlangung

des Doktorgrades Dr. phil.

der Pädagogischen Hochschule Weingarten

vorgelegt von

Beate Luther-Kirner, geb. am 18.05.1968,

aus Aulendorf

2007

Erstgutachter: Prof. Dr. Dietmar Kalusche

Zweitgutachter: Prof. Dr. Bruno Schmid

Mündliche Prüfung: 16.07.2008

Danksagung

Ich möchte mich an dieser Stelle bei allen Personen bedanken, die mich auf die unterschiedlichste Weise unterstützt und damit zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.
Herrn Prof. Dr. Dietmar Kalusche danke ich für die Übernahme und Betreuung meiner thematischen Fragestellung, die Freiheit bei der Ausgestaltung der Arbeit, die immerwährende Diskussionsbereitschaft und die vielfältigen Impulse.
Herrn Prof. Dr. Bruno Schmid möchte ich für die Zweitbetreuung der Arbeit, die kompetente und ausdauernde Begleitung, die intensiven Gespräche und Beratungen und die zahlreichen konstruktiven Anregungen danken.
Meiner Kollegin Julia Horlacher danke ich für die enge Zusammenarbeit, die vielen guten Unterhaltungen und den fruchtbaren Gedankenaustausch.
Danken möchte ich außerdem allen Mitarbeitern des FuN-Kollegs für die freundliche Aufnahme im Kolleg, die wertvollen Kollegabende und die vielen bereichernden Diskussionen.
Meinem Mann danke ich für die stilistischen und orthographischen Korrekturvorschläge, meinen Kindern und meinem Mann für ihre Geduld und Unterstützung.

Eidesstattliche Versicherung der *Beate Luther-Kirner*

zur Dissertation

Gentechnik und deren ethische Bewertung im Biologieunterricht

Eine analytisch orientierte Bestandsaufnahme

Belehrt, dass die Abgabe einer falschen Versicherung an Eides statt strafbar sein kann, erkläre ich hiermit an Eides Statt, dass ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus anderen Quellen direkt oder indirekt übernommenen Daten und Konzepte sind unter Angabe der Quelle gekennzeichnet.

Die Arbeit wurde bisher weder im In- noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Beate Luther-Kirner

Inhaltsverzeichnis

Einleitung 9

1. Grundlagen der Gentechnik 14

1.1 Begriffsklärung 14

1.2 Die Gentechnik als drittes Zeitalter der Genetik 16

1.3 Grundlegende gentechnische Verfahren 19

1.3.1 Die Genklonierung 19

1.3.1.1 Methode und Zielsetzung 19

1.3.1.2 Werkzeuge der Genklonierung 20

1.3.2 Genbibliotheken als Sammlung geklonter DNA 25

1.3.3 Die Polymerase-Kettenreaktion 26

1.3.4 Verfahren der Definition und Analyse von DNA 28

1.3.4.1 Restiktionsfragmentlängen-Analyse 28

1.3.4.2 Sondenhybridisierung 29

1.3.4.3 Die Sequenzierung von DNA 30

1.3.4.4 Die Kartierung von Genomen 31

1.4 Forschungs- und Anwendungsbereiche der Gentechnik 33

1.4.1 Gentechnik und Grundlagenforschung 34

1.4.2 Gentechnik in der Medizin 36

1.4.2.1 Gendiagnostik 36

1.4.2.2 Gentherapie 38

1.4.3 Anwendung von DNA-Typisierungen 40

1.4.4 Herstellung rekombinanter pharmazeutischer Proteine 42

1.4.5 Gentechnik in der Landwirtschaft 44

1.4.6 Gentechnik in der Lebensmittelproduktion 47

1.4.7 Gentechnik im Dienste der Umwelt 48

1.5 Gentechnik als Herausforderung für Ethik und Moral 50

1.6 Gentechnik in der öffentlichen Diskussion 52

1.7 Zusammenfassung 55

2. Grundlagen der Bioethik 58
2.1 Entstehung der Bioethik 58
2.2 Wortbedeutung 61
2.3 Theoretische Ansätze der Bioethik 62
2.3.1 Versuch einer Systematisierung 62
2.3.2 Prinzipienethische Ansätze 66
2.3.2.1 Konsequenzialistische Ansätze 66
2.3.2.2 Deontologische Ansätze 69
2.3.3 Kohärentistische Ansätze 72
2.3.4 Kontextualistische Ansätze 77
2.3.5 Anthropozentrismus versus Physiozentrismus 79
2.4 Zusammenfassung 81
2.5 Ertrag 82

3. Analyse von Unterrichtsvorschlägen aus dem Überschneidungsfeld Gentechnik und Ethik 84
3.1 Materialkorpus und formale Charakterisierung des Materials 84
3.2 Gentechnische Inhalte 90
3.2.1 Übersicht 90
3.2.2 Historisch-thematische Einordnung der thematisierten Inhalte 93
3.2.2.1 Zusammenhang zwischen wissenschaftlicher Entwicklung und Auftreten von Unterrichtsvorschlägen 94
3.2.2.2 Zusammenhang zwischen öffentlicher Diskussion und Auftreten von Unterrichtsvorschlägen 107
3.3 Umgangsweise mit Themen aus dem Überschneidungsfeld Gentechnik und Ethik 112
3.3.1 Einleitende Überlegungen 112
3.3.2 Forschungsmethodische Vorgehensweise 113
3.3.2.1 Theoretische Grundlagen des Analyserasters 113
3.3.2.2 Ausgestaltung des Analyserasters 116

3.3.3 Ergebnisse der Analyse 118
3.3.3.1 Problemanalyse 118
3.3.3.1.1 Problemhorizont 118
3.3.3.1.2 Problemfeststellung 122
3.3.3.1.3 Zusammenfassende Betrachtung 126
3.3.3.1.4 Kritische Würdigung 130
3.3.3.2 Kriterienbestimmung 131
3.3.3.2.1 Angaben zu Zielen, Mitteln und Folgen 131
3.3.3.2.2 Angaben zu normativen Leitlinien 144
3.3.3.2.3 Zusammenfassende Betrachtung 147
3.3.3.2.4 Kritische Würdigung 148
3.3.3.3 Problemlösung 153
3.3.3.3.1 Strategien der Problemlösung 153
3.3.3.3.2 Zusammenfassende Betrachtung 158
3.3.3.3.3 Kritische Würdigung 160
3.3.4 Zusammenschau der Ergebnisse 162
3.3.5 Zusammenfassung 166

4. Biologiedidaktische Konzeptionen zu ethischem Lernen im Biologieunterricht 168

4.1 Von der Entscheidungssituation über Ziele oder Motive, Werte und Folgen zur ethischen Urteilsfähigkeit 170
4.2 Von der Entscheidungssituation über Werthaltungen und ethische Ansätze zur moralischen Urteilsfähigkeit 172
4.3 Ethische Urteilsfähigkeit durch Handlungsanalyse 176
4.4 Von moralischen Äußerungen zu argumentativen Begründungen 179
4.5 Zusammenfassung 181
4.6 Kritische Würdigung 184
4.6.1 Prüfung anhand der Leitfragen Klafkis 184
4.6.2 Vertiefte Würdigung der Struktur ethischer Urteilsfindung 189
4.7 Zusammenfassung 198

Schlussbetrachtung 200

Literaturverzeichnis 209
Tabellenverzeichnis 220
Abbildungsverzeichnis 220

Einleitung

Bahnbrechende Erfolge Mitte des vergangenen Jahrhunderts rückten die Biologie in den Rang einer Jahrhundertwissenschaft. Mit der Strukturaufklärung der DNA durch Watson und Crick 1953 und der Entzifferung des genetischen Codes durch Nirenberg 1961 war die Biologie zu ihren selbst gewählten Fundamenten vorgestoßen. Das Wissen um die Universalität der genetischen Information führte zum Beginn einer neuen Ära biologischer Forschung. Die Entwicklung der Gentechnik schließlich machte die Biologie, die bis dahin eine beschreibende und analysierende Wissenschaft gewesen war, zu einer synthetischen.[1] Gentechnische Methoden gestatten nicht nur einen Einblick in die Struktur des Erbmaterials, sie ermöglichen auch gezielte Veränderungen an Nukleinsäuren sowie die Kombination von DNA unterschiedlicher Herkunft. Einzelne Gene als funktionsfähige Einheiten können isoliert und gezielt in Mikroorganismen, tierische oder pflanzliche Zellen eingebracht werden und hier auf biochemische Vorgänge Einfluss nehmen. Die genetische Information lässt sich auf diese Weise in Organismen realisieren, in denen sie natürlicherweise nicht vorkommt. Die Anwendung gentechnischer Methoden bietet enorme Möglichkeiten und ist im Begriff, die Biologie und die Medizin zu revolutionieren. Gentechnische Methoden werden beispielsweise dazu verwendet, das Synthesespektrum unterschiedlichster Organismen zu verändern. So können zahlreiche neue Produkte aus gentechnisch veränderten Mikroorganismen oder tierischen und pflanzlichen Zellen zum Einsatz in der Medizin, der Landwirtschaft oder der Lebensmitteltechnologie gewonnen werden. Bereits seit Ende der 1970er Jahre ist die Produktion pharmazeutisch wirksamer Proteine in gentechnisch veränderten Mikroorganismen möglich. Aus gentechnisch veränderten tierischen oder pflanzlichen Zellen können ganze Tiere oder Pflanzen zur Entwicklung gebracht werden, die dann in allen Zellen die Genveränderung tragen. Auf diese Weise lässt sich der langwierige Weg konventioneller Züchtung stark beschleunigen und ausweiten. Im Rahmen der Medizin eröffnen gentechnische Methoden neue Wege der Diagnose und Therapie von Krankheiten. So werden gentechnische Verfahren dazu genutzt, Krankheiten früher und zuverlässiger zu erkennen oder das Risiko schwerer Erkrankungen vorherzusagen. Von der Gentherapie, also dem Einschleusen von therapeutisch wirksamem genetischem Material in den Organismus, verspricht man sich verbesserte Heilungschancen genetisch bedingter oder mitbedingter Erkrankungen.[2]

[1] Vgl. Vollmer (1992), S. 3.
[2] Vgl. Junker (2004), S. 96f.; Dingermann (1999), S. 5.

Die neuartigen Handlungsmöglichkeiten der Gentechnik, die das Leben selbst zum Gegenstand technischer Umgestaltung machen, führen zu einer ganzen Reihe neuartiger moralischer und ethischer Fragestellungen.[3] So ist es schwierig, „zu entscheiden, was wir denn nun mit diesem Können anfangen wollen, sollen, dürfen."[4] Diskutiert wird, ob „die Gentechnik einen Eingriff in die Natur als Schöpfung"[5] darstellt und sich der Mensch damit an der Schöpfung vergreift. Es scheint nur schwer vorhersagbar, wohin der Weg führt. Niemand kann wirklich sagen, ob sich der Mensch, wie es WOLF SINGER prophezeit, tatsächlich „in raschen Schritten einem alten Traum des Menschen [nähert,]: dem Traum, man könne sich vom Geschöpf zum Schöpfer wandeln, den Zwängen der Evolution entfliehen und den Weg zurück ins Paradies durch Wissensmehrung ebnen."[6] Entsprechend sind kontroverse Diskussionen und ethische Fragestellungen, die aus gentechnischen Verfahren erwachsen, in den letzten Jahren verstärkt ins öffentliche Bewusstsein getreten.

Innerhalb der Biologiedidaktik wird schon seit längerem die zunehmende gesellschaftliche Bedeutung biologischer Forschungs- und Anwendungsgebiete thematisiert. So wurde bereits Anfang der 1970er Jahre dafür plädiert, sich bei der Inhaltsauswahl an gegenwärtigen und künftigen Lebensbedürfnissen der Schüler[7] zu orientieren[8] und somit den Forderungen nach Schüler-, Gesellschafts- und Fachrelevanz Rechnung zu tragen. Die Gefahren des Missbrauchs der Biologie und die Auswirkungen der angewandten Forschung auf Wirtschaft und Gesellschaft seien von so immenser Bedeutung, dass sie in den Biologieunterricht einbezogen werden müssten.[9] Damit entwickelten sich die Bedürfnisse des Individuums und der Gesellschaft zu Maßstäben der Inhaltsbestimmung. Die in der Biologiedidaktik nachfolgend entstandenen Strukturierungsansätze für biologische Inhalte bezogen demgemäß sozial- und gesellschaftsrelevante Aspekte mit ein.[10]

---

[3] Da mit den Begriffen *moralisch* und *ethisch* Unterschiedliches gemeint werden kann, soll an dieser Stelle eine Begriffsklärung vorgenommen werden. Um die Reflexionsebenen der Moral und Ethik sprachlich voneinander abzugrenzen, gehe ich in dieser Arbeit von folgendem Verständnis aus: Die Moral als kollektiv geprägtes Regelsystem umfasst die Gesamtheit aller Sitten, Normen und Konventionen einer Gesellschaft. Die Ethik ist die Theorie der Moral. Ihr geht es um Analyse, Kritik und Begründung unterschiedlicher moralischer Urteilsbildungen. Ethische Fragestellungen beziehen sich deshalb nicht unmittelbar auf singuläre Handlungen, sondern thematisieren auf einer Metaebene moralisches Handeln grundsätzlich, indem sie nach Kriterien oder Prinzipien zur Beurteilung von Handlungen fragen oder Bedingungen untersuchen, unter welchen moralische Normen und Werte allgemein verbindlich sind. Vgl. Eser & Potthast (1999), S. 23; Pieper (2000), S. 17ff; Schmid (2004), S. 5.

[4] Vollmer (1992), S. 2.

[5] Winnacker, Rendtorff, Hepp, Hofschneider & Korff (2002), S. 16.

[6] Singer (1996), S. 31.

[7] In der vorliegenden Arbeit wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit vorwiegend die maskuline Form verwendet.

[8] Vgl. Hedewig (1992), S. 77.

[9] Vgl. Mostler, Krumwiede & Meyer (1975), S. 2.

[10] Vgl. Graf (2004), S. 40ff.

In den 1980er Jahren, als kontroverse Diskussionen um Gentechnik und Reproduktionsmedizin besonders intensiv in der Öffentlichkeit geführt wurden, tauchte in der biologiedidaktischen Diskussion die Forderung auf, neben den biologischen Grundlagen dieser neueren Techniken auch bioethische Fragen im Biologieunterricht aufzugreifen und zu erörtern. So stellten ROLAND HEDEWIG und WILFRIED STICHMANN fest, dass „biologiedidaktische Konzepte, in denen ethische Aspekte eine Rolle spielen, nur vereinzelt“[11] vorlägen und es nun an der Zeit sei, dass sich Biologiedidaktiker intensiv mit ethischen Aspekten im Biologieunterricht auseinandersetzten. Sie warben deshalb dafür, die Erörterung bioethischer Fragen als festen Bestandteil in den Biologieunterricht zu integrieren.[12] Ebenso forderte ULRICH KATTMANN, „die Zusammenhänge zwischen den Größen ‚Biologie’, ‚Ethik’ und ‚Unterricht’ herzustellen bzw. systematisch zu erfassen.“[13] Weil es angesichts der großen Fortschritte in den Biowissenschaften für den Einzelnen schwierig sei, „den Überblick zu gewinnen und die Entwicklung geistig zu bewältigen“[14], plädierte auch HORST BAYRHUBER dafür, im Biologieunterricht nicht nur biologisches Sachwissen aufzugreifen, sondern auch Orientierungshilfen zu geben, um Schüler zu einer ethischen Bewertung zu befähigen.[15] Dabei sei ein möglichst breites fachliches Angebot „zwar eine notwendige Voraussetzung, aber keine Garantie der Förderung von Urteilsfähigkeit, zumal man aus dem, was ist, nicht darauf schließen kann, was sein soll.“[16] Deshalb müsse im Unterricht auch auf Normen sittlichen Handelns eingegangen werden.
Die Notwendigkeit der Integration bioethischer Themen in den Biologieunterricht ist heute unbestritten. Dies zeigt sich nicht zuletzt an einer zunehmenden Anzahl biologiedidaktischer Veröffentlichungen, die diesem Anspruch genügen wollen. Neben zahlreichen fachdidaktischen Artikeln und Unterrichtsvorschlägen liegen inzwischen mehrere biologiedidaktische Konzeptionen zur strukturierten Bearbeitung bioethischer Fragestellungen im Biologieunterricht vor.[17] Eine kritische Aufarbeitung dieser biologiedidaktischen Bemühungen fand bislang jedoch nur im Hinblick auf Teilaspekte statt.[18]

Die vorliegende Arbeit will einen Beitrag zur kritischen Standortbestimmung und Reflexion biologiedidaktischer Praxis leisten. Der Schwerpunkt liegt dabei auf einer Bestandsaufnahme und kritischen Würdigung der seitherigen

[11] Hedewig & Stichmann (1988), S. 8.
[12] Vgl. Hedewig & Stichmann (1988), S. 8.
[13] Kattmann (1988), S. 47.
[14] Bayrhuber (1987), S. 39.
[15] Vgl. Bayrhuber (1987), S. 39.
[16] Bayrhuber (1987), S. 41.
[17] Vgl. Dulitz & Kattmann (1990); Bayrhuber (1992); Klein (1993a,b); von Falkenhausen (1994); Langlet (1999); Hößle (2001a); Meisert & Kierdorf (2001).
[18] So leistete beispielsweise Monika Weidenbach einen Beitrag zur Reflexion biologiedidaktischer Konzepte zur Förderung ethischer Urteilsfähigkeit. Vgl. Weidenbach (2005).

biologiedidaktischen Leistungen im Themenfeld Gentechnik und Ethik. So wird der Frage nachgegangen, in welcher Weise die Biologiedidaktik – und somit auch der Biologieunterricht – in den vergangenen Jahren einerseits auf Fortschritte in der Gentechnik und andererseits auf damit verbundene ethische Herausforderungen reagiert hat.
Zur Bearbeitung dieser Forschungsfrage werden unterschiedliche Parameter herangezogen. So ist von Interesse, welche gentechnischen Verfahren und Anwendungen in den Biologieunterricht Eingang fanden und auf welche Weise mit den damit verbundenen Problemstellungen verfahren wurde. Die Erörterung dieser Fragestellungen erfolgt anhand von Unterrichtsvorschlägen zur Gentechnik, die in biologiedidaktischen Zeitschriften veröffentlicht wurden. Die Bestandsaufnahme dieser Unterrichtsvorschläge ermöglicht eine historisch-thematische Einordnung und eine Beurteilung des in den Unterrichtsvorschlägen vertretenen Themenspektrums. Die Rekonstruktion der in Unterrichtsvorschlägen der vergangenen Jahre empfohlenen Umgangsweise mit Problemstellungen der Gentechnik erlaubt eine Einschätzung der Unterrichtspraxis und verdeutlicht darüber hinaus, wie sich der Umgang mit bioethischen Fragestellungen innerhalb des Untersuchungszeitraums verändert hat.
Aus biologiedidaktischen Bemühungen zur Integration bioethischer Fragestellungen in den Biologieunterricht resultierten, wie bereits erwähnt, mehrere Konzeptionen zur strukturierten Bearbeitung bioethischer Fragestellungen, die teilweise auch innerhalb der Unterrichtsvorschläge anhand von Beispielen konkretisiert wurden. Die Untersuchung dieser Konzeptionen soll einen vertiefenden und klärenden Einblick in die von der Biologiedidaktik empfohlene Umgangsweise mit bioethischen Fragen im Biologieunterricht ermöglichen.
Schon zu Beginn der Untersuchung biologiedidaktischer Konzeptionen und Unterrichtsvorschläge wurde die Dringlichkeit einer Auseinandersetzung mit den biologischen Grundlagen der Gentechnik und mit theoretischen Ansätzen der Bioethik deutlich. Dabei steht die Beschäftigung mit der Gentechnik im Dienste der historisch-thematischen Einordnung der in den Unterrichtsvorschlägen aufgegriffenen gentechnischen Verfahren und Anwendungen sowie der Beurteilung des in den Unterrichtsvorschlägen vertretenen Themenspektrums.
Die Notwendigkeit der Auseinandersetzung mit den Grundlagen der Bioethik ergab sich aus der Beobachtung, dass theoretische ethische Ansätze in den untersuchten biologiedidaktischen Arbeiten durchaus eine Rolle spielen. Die Beurteilung der Frage, welcher (Bio)Ethik sich die Biologiedidaktik bedient oder aus welchen (bio)ethischen Ressourcen sie schöpft, kann nur auf der Grundlage einer solchen Auseinandersetzung erfolgen.

Die biologischen und ethischen Grundlagen werden in den ersten beiden Kapiteln der Arbeit dargestellt. Im ersten Kapitel wird ein Überblick über die

Entwicklung der Gentechnik bis zum heutigen Stand der Wissenschaft gegeben. Nach einer Zusammenfassung ethischer Probleme und der Beschreibung der öffentlichen Debatte um die Gentechnik schließt das Kapitel mit einer Darstellung der wichtigsten Meilensteine.
Das zweite Kapitel befasst sich mit der Bioethik. Dabei wird zunächst die Entstehungsgeschichte der Bioethik näher betrachtet. Um einen Einblick in die bioethische Theorienlandschaft zu vermitteln, werden im Anschluss daran unterschiedliche bioethische Theorien erörtert und im Hinblick auf die Unterrichtspraxis reflektiert.
Im dritten Kapitel erfolgt die Auseinandersetzung mit Unterrichtsvorschlägen zur Gentechnik. In einem ersten Schritt werden diese erfasst und historisch-thematisch eingeordnet. Es folgt dann die Vorstellung des zur Untersuchung der Unterrichtsvorschläge entwickelten Analyserasters. Anschließend werden die Ergebnisse der inhaltlichen Auseinandersetzung mit den Unterrichtsvorschlägen ausgeführt. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Beschreibung der biologiedidaktischen Praxis, wie sie sich innerhalb der Unterrichtsvorschläge zeigt.
Biologiedidaktische Konzeptionen bioethischen Lernens sind Gegenstand des vierten Kapitels. Zuerst werden unterschiedliche biologiedidaktische Konzepte bioethischen Lernens vorgestellt und anschließend einer Reflexion unter didaktischen und ethischen Gesichtspunkten unterzogen.
In einer Schlussbetrachtung werden nach einem zusammenfassenden Rückblick die aus den einzelnen Teilen resultierenden Folgerungen zu didaktischen Empfehlungen verdichtet.

1. Grundlagen der Gentechnik

Die eingehende Beschäftigung mit der Gentechnik ist für eine historisch-thematische Einordnung der in den untersuchten Unterrichtsvorschlägen thematisierten gentechnischen Verfahren und Anwendungsmöglichkeiten sowie für die sich daran anschließende Einschätzung des aufgefundenen Themenspektrums notwendig.[19]
In diesem Kapitel werden deshalb die Entwicklungen und Forschritte innerhalb der Gentechnik dargestellt. An erster Stelle steht dabei eine Begriffsklärung. Danach werden in einem kurzen historischen Abriss die Ereignisse geschildert, die letztendlich die Gentechnik auf den Weg gebracht haben. Es folgt eine Darstellung der naturwissenschaftlichen Entdeckungen und Fortschritte bis zum Stand der Wissenschaft heute. Dabei werden zunächst grundlegende Verfahren der Gentechnik beschrieben. Im Anschluss daran wird ein Überblick über die praktische Bedeutung gentechnischer Verfahren gegeben. Nach einer Darstellung möglicher moralischer Problemstellungen, die aus gentechnischen Verfahren erwachsen, und einer Beschreibung der öffentlichen Debatte schließt das Kapitel mit einer Zusammenfassung von für die Entwicklung und Etablierung der Gentechnik wichtigen Meilensteinen.

1.1 Begriffsklärung

Häufig werden *Gentechnologie*, *Biotechnologie* und *Reproduktionstechnologie* im gleichen Atemzug genannt und damit die Grenzen zwischen den Gebieten verwischt. Die unsaubere Begriffsverwendung hat die Gentechnik in ein fragwürdiges Licht gerückt, da zweifelhafte Experimente, wie beispielsweise die Herstellung chimärer Tiere oder die Erzeugung des Klonschafes Dolly, der Gentechnik zugeordnet wurden.[20] Aus diesem Grund ist eine Begriffsklärung notwendig.

Unter *Biotechnologie* werden Verfahren zur Herstellung von Stoffen zusammengefasst, bei denen „biologische Organismen, biologische Systeme und biologische Reaktionen eine entscheidende Rolle spielen.“[21] Unterscheiden kann man zwischen der traditionellen und der modernen Biotechnologie. Während man unter der traditionellen Biotechnologie unterschiedliche Verfahren zur Herstellung und Veredlung von Nahrungsmitteln, wie beispielsweise Käse, Brot, Bier oder Sauerkraut, mit

[19] Siehe Abschnitt 3.2.2.
[20] Vgl. Dingermann (1999), S. 8ff.
[21] Dingermann (1999), S. 8.

Hilfe mikrobieller Fermentationsprozesse zusammenfasst,[22] stellt die moderne Biotechnologie eine integrierte Anwendung von Biologie, Chemie und Verfahrenstechnik dar. Auch gentechnische Methoden kommen innerhalb der modernen Biotechnologie zum Einsatz. Häufig wird der Begriff Biotechnologie als zusammenfassende Bezeichnung für die klassische Biotechnologie, die Gentechnologie und die Reproduktionstechnologie verwendet.[23]

Die *Gentechnologie* oder *Gentechnik* ist ein Teilgebiet der modernen Biotechnologie. Sie umfasst Methoden und Verfahren zur Isolierung, Erforschung, Veränderung und Übertragung von Erbmaterial.[24] Gentechnische Methoden werden eingesetzt, um die DNA molekular zu charakterisieren, das heißt ihre Basensequenz zu klären und damit ihren Informationsgehalt zu ermitteln, sowie Teilbereiche von DNA-Molekülen neu zu kombinieren.[25] Bezüglich der hierbei verwendeten Methoden kann also zwischen der Genanalyse zur beschreibenden Erfassung der DNA eines Lebewesens und der Technik des Gentransfers als Eingriff in das Erbgut unterschieden werden.

Die *Reproduktionstechnologie* schließlich „befaßt sich mit der künstlichen Fortpflanzung bei Menschen, Tieren und Pflanzen.“[26] Dabei werden der Reproduktionsbiologie die Anwendung künstlicher Fortpflanzungstechniken an Pflanzen und Tieren zugeordnet, während in der Reproduktionsmedizin Anwendungen am Menschen im Vordergrund stehen. Die Reproduktionsbiologie und -medizin sind nicht deckungsgleich mit der Gentechnik, allerdings ergeben sich Berührungspunkte. So ermöglichen erst die für die In-Vitro-Fertilisation entwickelten Techniken die Anwendung gentechnischer Verfahren an Embryonen.[27]

[22] Vgl. Bayrhuber (1990), S. 4.
[23] Vgl. Raubuch (1999), S. 15.
[24] Vgl. Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.) (2001a), S. 8.
[25] Vgl. Dingermann (1999), S. 15.
[26] Nissen (1996), S. 35.
[27] Vgl. Nissen (1996), S. 35.

1.2 Die Gentechnik als drittes Zeitalter der Genetik

„Die Genforschung und die Gentechnik sind ohne Frage eine (…) wissenschaftliche Revolution, die die Welt und damit das Leben der Menschen schon nachhaltig verändert hat und weiter verändern wird.“[28] Häufig wird die Gentechnik auch als drittes großes Zeitalter der Genetik bezeichnet, welches Anfang der 1970er Jahre anbrach.[29] In diese Zeit fallen einige für die Entstehung der Gentechnik entscheidende Entdeckungen. So kam es zur Entwicklung einer neuen Methodik, „die man mit Fug und Recht als Revolution der modernen Biologie bezeichnen kann. (…) Kernstück dieser Methoden, die man zusammenfassend als *DNA-Rekombinationstechnik* oder *Gentechnologie* (Gentechnik) bezeichnet, ist das Verfahren der *DNA-Klonierung*; sie leitete das dritte große Zeitalter der Genetik ein.“[30] Dieser Phase der anwendungsorientierten Molekulargenetik ging eine ungefähr einhundert Jahre andauernde Entwicklung voraus.

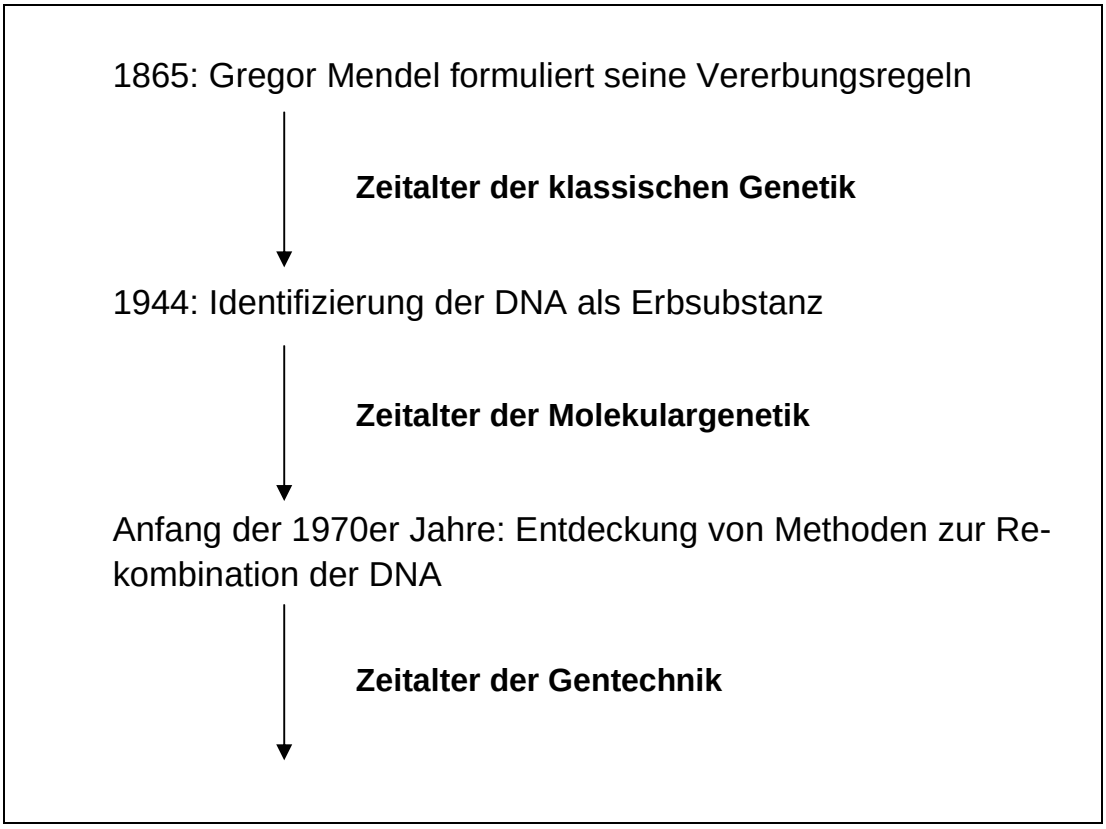


Abbildung 1: Die Zeitalter der Genetik (nach Stöckle (1988), S. 2)

[28] Beer (1999), S. 13.
[29] Vgl. Brown (2002), S. 4.
[30] Brown (2002), S. 4.

Als Vater der Genetik gilt GREGOR MENDEL, der als Ertrag jahrelanger Experimente an der Gartenerbse Gesetzmäßigkeiten der Vererbung formulierte. Grundlage dieser *Mendelschen Gesetze* ist die Annahme von Erbfaktoren oder Genen, die als substanzielle, stoffliche Einheiten für die Vererbung von Eigenschaften verantwortlich sind. Die Ergebnisse seiner Experimente veröffentlichte MENDEL 1866 in den *Verhandlungen des Naturforschenden Vereins Brünn*.[31] Die Bedeutung seiner Erkenntnisse blieb zu MENDELS Lebzeiten unerkannt. Erst nach seinem Tod wurden seine Versuche erneut aufgegriffen und fanden durch lichtmikroskopische Beobachtungen von Chromosomen während Zellteilungsvorgängen ihre strukturelle Erklärung. Die Parallelen zwischen MENDELS Erbfaktoren und dem Verhalten der Chromosomen während Mitose und Meiose führten zur Chromosomentheorie der Vererbung, die SUTTON und BOVERI um 1902 unabhängig voneinander aufstellten. Experimentell bestätigt wurde die Chromosomentheorie der Vererbung von MORGAN. Seine Experimente mit der Fruchtfliege *Drosophila melanogaster* lieferten den Beweis dafür, dass die Mendelschen Erbfaktoren auf den Chromosomen lokalisiert sind. Dabei konnte MORGAN zeigen, dass bestimmte Merkmale nur gemeinsam bzw. *gekoppelt* vererbt werden. Die Entdeckung dieser gekoppelten Gene bereitete den Weg zur Aufstellung von Genkarten.[32] Bereits 1922 war die relative Position von über zweitausend Genen auf den vier Chromosomen der Fruchtfliege bekannt.[33]

AVERY konnte 1944 die DNA, die bereits 1869 von MIESCHER erstmals isoliert worden war, als stoffliche Grundlage der Erbsubstanz identifizieren. Mit AVERYS Entdeckung brach das Zeitalter der Molekulargenetik an.[34] 1951 entdeckte CHARGAFF, dass sich in der DNA jeder von ihm untersuchten Spezies der Anteil der Adenin- und Thyminbasen sowie der Anteil der Guanin- und Cytosinbasen entsprechen. Ungefähr zeitgleich konnte FRANKLIN aus Ergebnissen einer Röntgenstrukturanalyse ableiten, dass die DNA in einer helikalen Struktur vorliegen müsse. Auf den Entdeckungen CHARGAFFS und den Erkenntnissen FRANKLINS aufbauend, erstellten WATSON und CRICK 1953 das Strukturmodell der DNA.[35]

Erst 1956 wurde die Anzahl der menschlichen Chromosomen ermittelt, es sind 46. 1958 konnte CRICK - unter anderem aufbauend auf den klassischen Experimenten von BEADLE und TATUM sowie Versuchen von HERSHEY und CHASE[36] - „das zentrale Dogma der Molekularbiologie“[37] formulieren, nach

[31] Vgl. Stamadiadis-Smidt & zur Hausen (Hrsg.) (1998), S. 21f.
[32] Vgl. Campbell & Reece (2003), S. 319ff.
[33] Vgl. Brown (2002), S. 3.
[34] Vgl. Stöckle (1988), S. 1.
[35] Vgl. Watson, Tooze & Kurtz (1989), S. 13 f.; Campbell & Reece (2003), S. 342ff.
[36] Tatum und Beadle arbeiteten mit unterschiedlichen Mutationen des roten Schimmelpilzes *Neurospora crassa.* Ausgehend von der Annahme, dass bei den Mangelmutanten ein Enzymdefekt vorliege, stellten sie auf Grundlage ihrer Experimente die Ein-Gen-Ein-Enzym-Hypothese auf, die besagt, dass verschiedenartige Mutationen auf Defekte an verschiedenen Genen zurückzuführen sind

dem die Proteinbiosynthese von der DNA über eine RNA und von dieser zum Protein verläuft.[38] In den frühen 1960er Jahren begann die Erforschung des genetischen Codes; der erste Code wurde 1961 von NIRENBERG aufgeklärt, 1966 war der genetische Code vollständig entschlüsselt.[39]

Die Entdeckung der *Restriktionsenzyme* Ende der 1960er Jahre ermöglichte den Zugriff auf spezifische Basensequenzen der DNA und brachte damit den Durchbruch für neue Analyse- und Sequenzierungsmethoden von Nukleinsäuren sowie für die Kombination von Nukleinsäurefragmenten unterschiedlicher Herkunft.[40]

Zu Beginn der 1970er Jahre gelang es erstmals, DNA-Fragmente unterschiedlicher Herkunft, die mit Hilfe von Restriktionsenzymen erzeugt worden waren, zu verknüpfen und damit eine *rekombinante* DNA herzustellen.[41] 1973 konnten BOYER und COHEN rekombinante DNA von einem Organismus auf einen anderen übertragen. Sie setzten bakterienchromosomale DNA aus Staphylokokken in Plasmide ein und übertrugen diese auf Bakterien der Art *Escherichia coli*. Die übertragenen rekombinanten Plasmide wurden innerhalb der Bakterienzellen wie eigene DNA repliziert und bei der Teilung an Bakterientochterzellen weitergegeben. Das Verfahren bot erstmals die Möglichkeit, an DNA in handhabbarer Größe und in ausreichender Menge zu kommen[42] und eröffnete das wissenschaftlich-technische Gebiet der Gentechnik.[43] Das Jahr 1973 wird deshalb häufig als Geburtsjahr der Gentechnik bezeichnet. Für die Entwicklung der Gentechnik war auch die Entdeckung von Sequenzierungstechniken Mitte der 1970er-Jahre von entscheidender Bedeutung. Durch diese wurde eine Analyse der Basensequenzen der DNA erst möglich.[44]

---

und dass jedes Gen für die Synthese eines bestimmten Enzyms verantwortlich ist. Hershey und Chase arbeiteten mit Bakteriophagen. Sie identifizierten 1952 die DNA als das genetische Material des Bakteriophagen T2 indem sie bewiesen, dass die DNA des T2 bei einer Infektion in Bakterienzellen übertritt und in den befallenen Bakterienzellen für die Produktion weiterer T2-Phagen verantwortlich ist. Vgl. Baron, Braun, Erdmann, Erdmann, Heinze & Lucius (2004), S. 61f., 99.

[37] Stöckle (1988), S. 2.

[38] Heute weiß man, dass dieses Dogma nicht uneingeschränkt gültig ist. So gilt es nicht bei Retroviren, bei denen die vireneigene RNA innerhalb der Wirtszelle mit Hilfe der Reversen Transkriptase in c-DNA umgeschrieben wird. Vgl. Stöckle (1988), S. 2.

[39] Vgl. Gassen, Hektor & Minol (1997), S. 17.

[40] Vgl. Stöckle (1988), S. 2f.

[41] Vgl. Watson, Tooze & Kurtz (1989), S. 56.

[42] Zur Angabe der Größe der DNA kann die Anzahl der Basenpaare benutzt werden. Dabei entsprechen tausend Basenpaare einem Kilobasenpaar. Die menschliche DNA ist ca. 3 Milliarden Basenpaare lang, gut handhabbare DNA-Stücke umfassen ca. zehn Kilobasenpaare. Vgl. Seyffert (1998), S. 1026.

[43] Vgl. Seyffert (1998), S. 988f.; Watson u.a. (1989), S. 57.

[44] Vgl. Gassen, Hektor & Minol (1997), S. 16.

1.3 Grundlegende gentechnische Verfahren

1.3.1 Die Genklonierung

1.3.1.1 Methode und Zielsetzung

Unter Genklonierung versteht man den Einbau eines ausgewählten Gens oder DNA-Abschnitts in einen Vektor und die nachfolgende Vermehrung in geeigneten Wirtszellen.[45] Vektoren, häufig auch als Genfähren bezeichnet, sind Nukleinsäuremoleküle, die als Träger von Fremd-DNA dienen und den Transport dieses DNA-Abschnittes in eine Wirts- bzw. Zielzelle vermitteln.[46] Das Grundprinzip der Genklonierung ist auf Abbildung 2 schematisch dargestellt. Als Vektoren dienen im gewählten Beispiel Plasmide, als Wirtszellen Bakterienzellen.[47] Plasmide und Fremd-DNA werden bei dem Vorgang mit Hilfe genetischer Scheren, so genannter Restriktionsendonukleasen, zerschnitten und neu kombiniert. Die dabei erzeugten rekombinanten Plasmide werden einer Bakterienkultur zugesetzt. Bei einem als Transformation bezeichneten Vorgang können dabei rekombinante Bakterienzellen, das heißt Bakterienzellen mit verändertem Genom, entstehen. In einem weiteren Schritt werden die Bakterienzellen zur Vermehrung gebracht. Bei diesem Vorgang werden auch die Plasmide vervielfältigt.[48]

Auf Abbildung 2 sind außerdem mögliche Zielsetzungen der Genklonierung veranschaulicht. So können die in Wirtszellen vermehrten Gene wieder gewonnen und anderen Lebewesen zugeführt werden. Diese werden so mit gewünschten Eigenschaften ausgestattet. Beispielsweise können Pflanzen mit Resistenzeigenschaften versehen oder Tiere mit der Eigenschaft ausgestattet werden, bestimmte pharmakologische Wirkstoffe zu produzieren. Ebenso kann man aus den Wirtszellen selbst die Proteine, für die die transferierte DNA kodiert, gewinnen. Nicht zuletzt stehen die vermehrten Gene bzw. die aus den transgenen Wirtszellen gewonnenen Proteine für die Grundlagenforschung zur Verfügung.[49]

---

[45] Unter Genen versteht man aus spezifischen Nukleotidsequenzen der DNA (bei einigen Viren auch RNA) bestehende Einheiten der Erbinformation, die für die Bildung von RNA codieren. Vgl. Campbell & Reece (2003), S. 381, 1511.

[46] Vgl. Regenass-Klotz (2000), S. 39. Der Begriff *Nukleinsäuremoleküle* steht hier für DNA-Moleküle. Die DNA wird - ebenso wie die RNA - zu den Nukleinsäuren gezählt.

[47] Bei Plasmiden handelt es sich um kleine ringförmige DNA-Moleküle bakteriellen Ursprungs. Plasmide kommen in beinahe allen heute bekannten Bakterienarten vor. Siehe Abschnitt 1.3.1.2.

[48] Sowohl Rekombinantion als auch Transformation sind Wahrscheinlichkeitsereignisse, das heißt es wird nicht jede Bakterienzelle rekombinant. Auf Nährböden kultiviert, entstehen durch Teilungsvorgänge aus jeder Bakterienzelle neue Zellkolonien. Da Bakterienzellen einer solchen Kolonie identisch sind, nennt man sie auch Zell- bzw. Bakterienklone. Ein weiterer Schritt besteht in der Selektion der rekombinanten Bakterienklone, welche mit Hilfe von Markergenen erfolgt. Markergene sind also Indikatoren für die Anwesenheit von Vektor und Fremd-DNA in der Wirtszelle. Vgl. Campbell & Reece (2003), S. 442ff.

[49] Vgl. Campbell & Reece (2003), S. 440. Siehe Abschnitt 1.4.1.

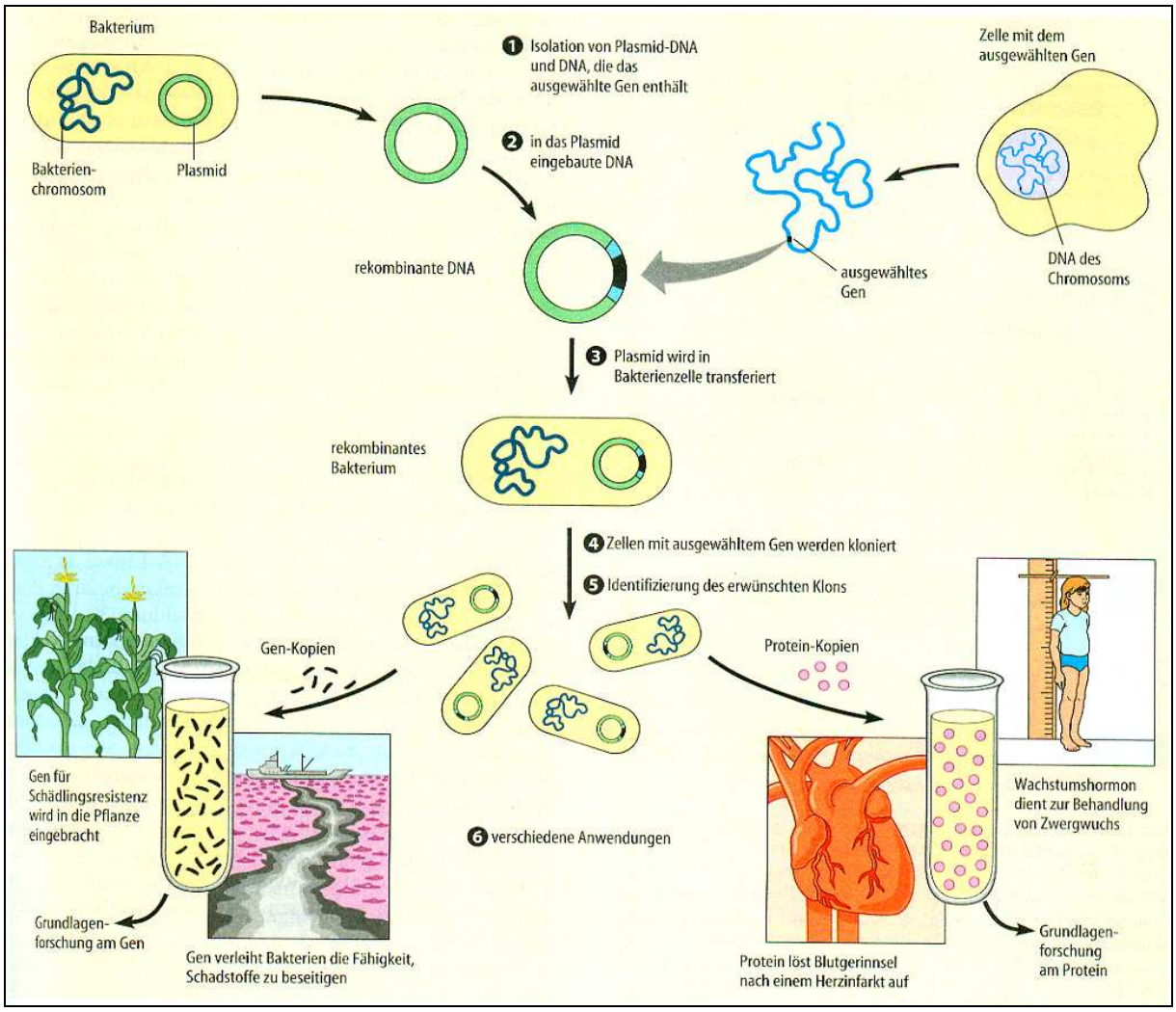


Abbildung 2: Genklonierung mit Hilfe bakterieller Plasmide (aus Neil A. Campbell und Jane B. Reece: „Mastering Biology“, Originalausgabe © Benjamin Cummings, ein Imprint von Pearson Education, erschienen in der deutschen Ausgabe der 3. Auflage bei Spektrum Akademischer Verlag, 2003, S. 441)

1.3.1.2 Werkzeuge der Genklonierung

Restriktionsenzyme und Ligasen

Das Verfahren der Genklonierung wurde 1969 durch die Entdeckung der Restriktionsendonukleasen oder Restriktionsenzyme durch ARBER und NATHANS auf den Weg gebracht. Zuvor war keine Methode bekannt, mit der man doppelsträngige DNA-Moleküle in definierte DNA-Fragmente hätte schneiden können.[50]

Restriktionsenzyme erlauben einen direkten Zugriff auf definierte DNA-Fragmente und ermöglichen so die Kombination von DNA-Fragmenten unterschiedlicher Herkunft. Die meisten Restriktionsenzyme erkennen

[50] Vgl. Regenass-Klotz (2000), S. 34.

bestimmte Basensequenzen innerhalb eines DNA-Moleküls und spalten dieses spezifisch entweder innerhalb dieser Sequenz oder in deren Nähe. Restriktionsenzyme kommen arteigen in Bakterien vor und bieten diesen einen Schutz gegenüber der Infiltration artfremder DNA.[51]

Die in der Gentechnik bedeutsamen Typ-II-Restriktionsenzyme erkennen in der Regel Sequenzen aus vier bis acht Basenpaaren, die palindromisch angeordnet sind, das heißt die charakteristische Basenabfolge findet sich auf beiden DNA-Strängen in gegenläufiger Orientierung (siehe auch Abbildung 3).[52]

Weil eine Erkennungssequenz meist mehrfach auf einer DNA vorkommt, wird ein DNA-Molekül gewöhnlich von den entsprechenden Restriktionsenzymen mehrfach und in voraussagbarer Weise geschnitten.[53]

Viele Restriktionsenzyme erzeugen beim Vorgang der Restriktion überstehende Einzelstränge, die man als *sticky ends* bezeichnet.[54]

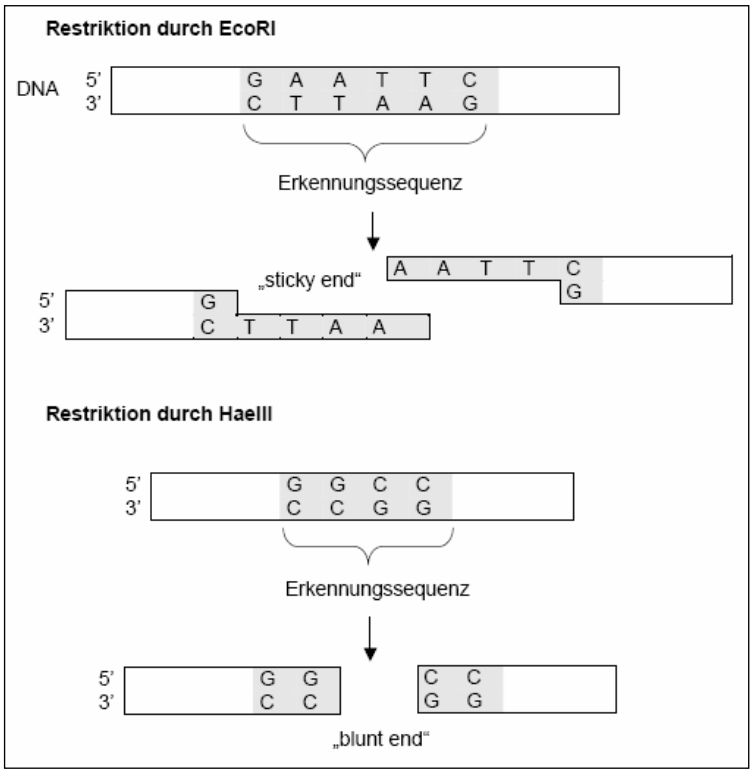


Abbildung 3: Schnittstellen von Restriktionsenzymen

Diese sticky ends tendieren aufgrund der Komplementarität der Schnittstellen dazu, sich spontan zu verbinden, wobei sich dabei auch DNA-Fragmente unterschiedlicher Herkunft zusammenlagern können. Diese Zusammenlagerungen können mit Hilfe von *DNA-Ligasen* dauerhaft verbunden werden. Dabei handelt es sich um Enzyme, die normalerweise bei der DNA-Replikation, also der Herstellung einer Kopie der DNA in der Zelle, eine Schlüsselstellung einnehmen.[55]

---

[51] Damit nicht auch bakterieneigene DNA zerschnitten wird, ist diese an den Erkennungssequenzen mit Hilfe von Methylgruppen maskiert. Vgl. Campbell & Reece (2003), S. 440f.; Reineke (2004), S. 40f.

[52] Daneben gibt es die Typ-I- und die Typ-III-Restriktionsenzyme. Während die Typ-I-Restriktionsenzyme nicht sequenzspezifisch wirken, schneiden die Typ-III-Restriktionsenzyme nicht direkt an der Erkennungssequenz. Neben den Typ II-Restriktionsendonukleasen kommen lediglich Typ III-Restriktionsendonukleasen in begrenztem Maße zum Einsatz. Vgl. Dingermann (1999), S. 25ff.; Urmann (1996), S. 96f.; Brown (2002), S. 67ff.

[53] Vgl. Regenass-Klotz (2000), S. 37; Campbell & Reece (2003), S. 442.

[54] Es gibt auch Restriktionsenzyme, die so genannte *blunt ends* erzeugen. Ein Beispiel hierfür ist die Restriktionsendonuklease HaeIII. Vgl. Regenass-Klotz (2000), S. 35.

[55] DNA-Ligasen sind verantwortlich für die Verschweißung der Okazaki-Fragmente, die bei der Replikation am Folgestrang entstehen. Vgl. Reineke (2004), S. 44f.

Sowohl die Fähigkeit der Typ II-Restriktionsenzyme, DNA in vorhersagbarer Weise zu spalten, als auch die Eigenart der bei der Restriktion entstehenden Fragmente, sich spontan zusammenzulagern, machen Restriktionsenzyme zu wichtigen Werkzeugen der Gentechnik.

Wirtssysteme

Je nach Anforderungen, welche die Klonierung und Expression eines bestimmten Gens stellen, werden in der Gentechnik neben den bereits erwähnten bakteriellen Wirtssystemen noch andere Wirtssysteme eingesetzt. Weil die Exprimierung eukaryotischer Gene in eukaryotischen Zellen leichter fällt als in prokaryotischen Bakterienzellen,[56] finden beispielsweise die zu den Eukaryoten zählenden Hefezellen bei der Herstellung von Impfstoffen und Pharmazeutika Verwendung. Manche Proteine lassen sich aufgrund ihrer außerordentlich komplexen Struktur vornehmlich in Säugetierzellen herstellen. Ein Beispiel für ein solches Säugerwirtssystem sind Zellkulturen, die aus den Ovarien chinesischer Hamster gezüchtet wurden.[57]

Klonierungsvektoren

Vektoren sind DNA-Moleküle, mit deren Hilfe ausgewählte DNA-Fragmente oder Gene in Wirtszellen eingeschleust und dort zur Vermehrung gebracht werden können. Im in Abbildung 2 dargestellten Beispiel wird diese Funktion von einem Plasmid übernommen.

Plasmide sind doppelsträngige ringförmige DNA-Moleküle, die extrachromosomal in beinahe allen bekannten Bakterienarten vorkommen. Sie sind zwischen drei und zwanzig Kilobasenpaare lang und tragen nur wenige Gene.[58] Da auch Plasmide Erkennungsstellen für Restriktionsenzyme besitzen, lassen sich Fremd-DNA-Stücke in Plasmide einfügen. Dabei beträgt das Fassungsvermögen eines Plasmidvektors ungefähr zehn Kilobasenpaare Fremd-DNA. Plasmide können mit Hilfe verschiedener Methoden in Bakterienzellen eingebracht werden und sich dort unabhängig vom Genom der Wirtszelle replizieren.[59] Unterschieden werden natürliche und konstruierte

[56] Will man beispielsweise das Genom von Eukaryotenzellen in Bakterienzellen exprimieren, bedarf es einiger methodischer Tricks, da das Genom von Eukaryoten strukturell anders organisiert ist, als das von Bakterien. So wird in Eukaryotenzellen die bei der Transkription entstehende *prä-m-RNA* noch weiteren Veränderungen unterzogen. Des Weiteren funktioniert die fehlerfreie Exprimierung eukaryotischer Gene in Bakterien nur dann, wenn keine spezielleren Ansprüche bezüglich der anschließenden Modifikation des resultierenden Polypeptids an die Bakterienzelle gestellt werden. Vgl. Regenass-Klotz (2000), S. 57f.

[57] Vgl. Regenass-Klotz (2000), S. 57f.

[58] Plasmide bieten ihren natürlichen Wirten Überlebensvorteile. Sie können beispielsweise Gene tragen, die diese resistent gegenüber Antibiotika oder Schwermetallen macht. Vgl. Schrimpf (2002), S. 101.

[59] Vgl. Regenass-Klotz (2000), S. 40f. Da Plasmide die Membran der Wirtszelle nicht aktiv durchdringen können, erfolgt die Übertragung der Plasmide über unterschiedliche Methoden. Gängige Übertragungsmethoden sind die Kalziumpräzipitation, die Elektroporation, der biolistische Gentransfer

Plasmidvektoren. Während natürliche Plasmidvektoren innerhalb von Bakterien vorkommen, haben konstruierte zwar einen natürlichen Ursprung, werden allerdings derart modifiziert, dass sie die an Plasmidvektoren gestellten Ansprüche optimal erfüllen. Deshalb kommen heute in erster Linie konstruierte Plasmide als Klonierungsvektoren zum Einsatz, die mit Restriktions-Erkennungssequenzen und Markergenen versehen werden.[60]

Ein besonderes Plasmid, das vor allem bei Pflanzenzellen verwendet wird, ist das *Ti-Plasmid*, das natürlicherweise in Bodenbakterien der Art *Agrobacterium tumefaciens* vorkommt und von diesen in Pflanzenzellen eingeschleust wird. Hier wird ein Teil des Ti-Plasmids in das Genom der Pflanzenzellen integriert und löst an verletzten zweikeimblättrigen Pflanzen Tumoren, so genannte Wurzelhalsgallen, aus. Um das Ti-Plasmid als Vektor zu nutzen, werden die krankheitsauslösenden Gene entfernt und an ihre Stelle eine beliebige Fremd-DNA integriert. Anschließend kann das Ti-Plasmid entweder direkt in Pflanzenzellen eingebracht oder wieder in Bakterienzellen überführt werden. Im letzteren Fall werden Pflanzenzellen mit den veränderten Bodenbakterien versetzt, welche diese dann infizieren und das Ti-Plasmid einschleusen. Diese *Entwaffnung* des Ti-Plasmids gelang 1983 und war der Durchbruch für die Gentechnik an Pflanzen.[61]

Neben Plasmiden kommen auch andere Vektorsysteme zum Einsatz. So werden Derivate natürlich vorkommender Bakteriophagen, auch einfach Phagen genannt, eingesetzt. Dabei handelt es sich um Viren, die ausschließlich Bakterienzellen befallen. Hierzu verfügen sie über spezifische Mechanismen, um ihre DNA in die Bakterienzellen zu bringen. Innerhalb der Wirtszelle wird die Phagen-DNA dann vermehrt. Der Vermehrungszyklus endet entweder mit dem Tod der Bakterien (lytischer Zyklus) oder aber die Vermehrung der Phagen erfolgt zunächst ohne Abtöten der Wirtszellen (lysogener Zyklus), das heißt Phagen und Wirtszellen koexistieren. In diesem Fall wird das Phagengenom in das Genom der Wirtszelle eingegliedert und kann dort über Generationen hinweg verbleiben. Bei jedem Vermehrungszyklus der Wirtszelle wird es gemeinsam mit dem Wirtsgenom repliziert. Unter bestimmten äußeren Einflüssen kann es dazu kommen, dass die integrierte Phagen-DNA wieder aus dem Bakteriengenom herausgeschnitten wird und ein lytischer Zyklus einsetzt.[62]

Aufgrund ihrer Eigenschaften, DNA in Bakterienzellen einzuschleusen und dort in das Wirtsgenom zu integrieren, sind Phagen grundsätzlich gut für die Genklonierung geeignet. Hierzu bedarf es allerdings einiger Veränderungen,

---

(lediglich bei pflanzlichen Zellen), der Gentransfer durch Liposomen bzw. die Mikroinjektion bei eukaryoten Zellen. Vgl. Regenass-Klotz (2000), S. 53 f.

[60] Vgl. Schumann (1996), S. 127f.

[61] Vgl. Dingermann (1999), S. 214, 216.

[62] Vgl. Campbell & Reece (2003), S. 388 ff.; Regenass-Klotz (2000), S. 42f.; Reineke (2004), S. 74.

die ebenfalls mit Hilfe gentechnischer Methoden vorgenommen werden. So werden Teile der Phagen-DNA, die für die Infektion nicht benötigt werden, mit Hilfe von Restriktionsenzymen herausgeschnitten und durch eine beliebige Fremd-DNA ersetzt, wobei Phagen größere DNA-Fragmente aufnehmen können, als Plasmide. Phagen finden beispielsweise zur Herstellung von Gendatenbanken Verwendung.[63] Allerdings können sie lediglich bei bakteriellen Wirtszellen als Vektoren eingesetzt werden.

Als Vektoren für tierische Zellen werden häufig Adeno- und Retroviren genutzt. Adenoviren lösen beim Menschen Erkältungskrankheiten aus. Ihre DNA wird nicht in das menschliche Genom integriert. Bevor Adenoviren als Genfähren verwendet werden können, müssen sie gentechnisch verändert werden. Hierzu wird der für die Wirtszelle schädliche Anteil entfernt und das Fremdgen eingebaut. Auch Retroviren müssen gentechnisch umfunktioniert werden, bevor sie als Vektoren für tierische Zellen brauchbar sind. Das Genom der Retroviren besteht aus einer einsträngigen RNA. In der befallenen Zelle muss diese RNA zunächst in eine doppelsträngige DNA übersetzt werden; erst dann ist die Intergration in das Genom der Wirtszelle möglich. Diese Übersetzung von RNA in DNA wird durch das vireneigene Enzym *Reverse Transkriptase* bewerkstelligt.[64]

Eine weitere Gruppe von Vektoren bilden die *Cosmide* und *YACs*. Beide werden synthetisch hergestellt und können große Mengen von Fremd-DNA transferieren.[65]

[63] Vgl. Regenass-Klotz (2000), S. 43ff.

[64] Vgl. Regenass-Klotz (2000), S. 46f.

[65] Cosmide sind aus dem Bakteriophagen λ und Plasmiden abgeleitete Vektoren. Entsprechend weisen sie Eigenschaften beider Vektoren auf: Wie Plasmide sind sie ringförmig, können unabhängig vom Wirtsgenom repliziert werden und enthalten Marker-Gene. Wie Phagen können sie Wirtszellen infizieren, wobei hier lediglich Bakterienzellen als Wirtszellen in Betracht kommen. YAC steht für *Yeast Artificial Chromosome*, was soviel bedeutet wie *künstliches Hefechromosom*. Dabei handelt es sich um lineare Moleküle, welche Chromosomenelemente besitzen. Letztgenannte gewährleisten eine identische Vermehrung und Weitergabe an die Tochterzelle bei der Zellteilung. YACs werden in Hefezellen transformiert und dort vermehrt. Ebenso wie Plasmide sind auch YACs auf spezielle Methoden des Gentransfers in die Wirtszellen angewiesen. Vgl. Reineke (2004); S. 77f.; Schumann (1996), S. 202.

1.3.2 Genbibliotheken als Sammlung geklonter DNA

Die Klonierung von DNA-Abschnitten erlaubt es, Genbibliotheken bzw. DNA-Banken für jeden Organismus herzustellen. Innerhalb dieser Genbibliotheken werden Abschnitte einer bestimmten DNA für weitere Analysen konserviert. Grundsätzlich können genomische Bibliotheken von c-DNA-Banken unterschieden werden.[66]

Unter einer genomischen Bibliothek versteht man „eine Sammlung von Klonen, deren Zahl so groß ist, dass in ihnen wahrscheinlich jedes Gen eines bestimmten Organismus vorhanden ist.“[67] Um eine genomische Bibliothek herzustellen, wird die DNA einer Zelle isoliert und anschließend mit Hilfe von Restriktionsenzymen fragmentiert. Die dabei entstehenden Fragmente werden mit Hilfe geeigneter Vektoren in einzellige Träger-Organismen oder Phagen gebracht.[68] Abbildung 4 zeigt schematisch Teile zweier genomischer Bibliotheken, einer Plasmid- und einer Phagen-Bibliothek.

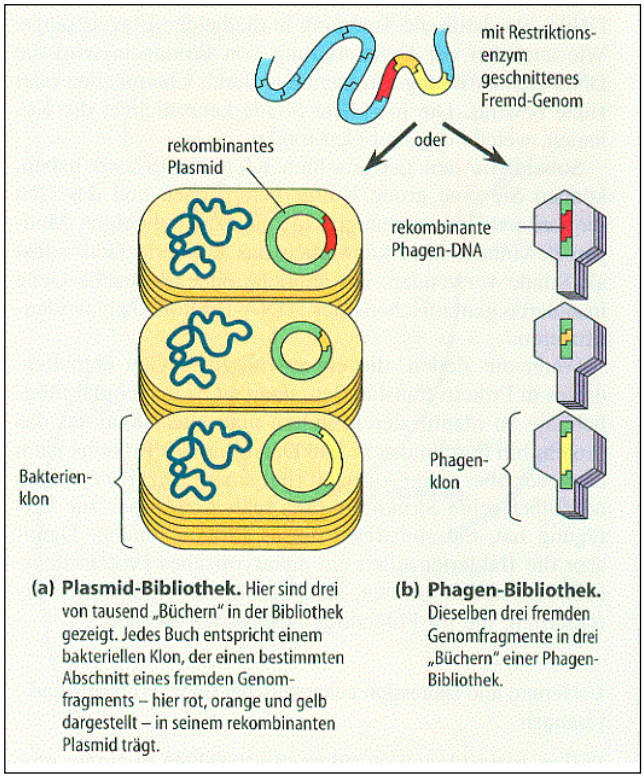


Abbildung 4: Genomische Bibliotheken (aus Neil A. Campbell und Jane B. Reece: „Mastering Biology“, Originalausgabe © Benjamin Cummings, ein Imprint von Pearson Education, erschienen in der deutschen Ausgabe der 3. Auflage bei Spektrum Akademischer Verlag, 2003, S. 446)

Insbesondere genomische Bibliotheken von Säugetier- oder Pflanzenzellen sind sehr groß und schlecht handhabbar.[69] Aus diesem Grund wird häufig auf eine kompaktere Form der Genbibliothek, die c-DNA-Bank, zurückgegriffen. Bei einer c-DNA oder *copy*-DNA handelt es sich um die zu einem m-RNA-Molekül komplementäre DNA. Zur Herstellung einer c-DNA-Bank wird deshalb die m-RNA von Zellen benötigt. Die isolierten m-RNA-Moleküle werden mit Hilfe der Reversen Transkriptase in c-DNA umgeschrieben. Diese wird anschließend kloniert. Die daraus hergestellte c-DNA-Bank

[66] Vgl. Campbell & Reece (2003), S. 446f.; Reineke (2004), S. 85.
[67] Brown (2002), S. 179.
[68] Vgl. Brown (2002), S. 179; Appelhans & Minol (1996), S. 193ff.; Reineke (2004), S. 86.
[69] Das Genom von Säugetieren besteht aus ca. $3 \cdot 10^9$ Basenpaaren, eine genomische Datenbank, die jedes mögliche Gen ein Mal enthalten soll, besteht aus mehreren hunderttausend Klonen. Außerdem enthalten die meisten Klone einer genomischen Datenbank von Säugetieren und Pflanzen nicht-codierende DNA-Fragmente. Lediglich 3 – 5 % der DNA entfallen auf codierende Sequenzen. Vgl. Appelhans & Minol (1996), S. 192.

enthält lediglich eine begrenzte Auswahl von Genen eines Organismus, und zwar nur die Gene, die von der Ausgangszelle transkribiert wurden. Dabei handelt es sich entweder um Gene, die für das Überleben der Zellen notwendig sind und deshalb in allen Zellen eines Organismus exprimiert werden oder um Gene, die für zell- bzw. gewebstypische Proteine codieren.[70]
Genomische Bibliotheken dienen als Bezugsquelle von DNA-Abschnitten und werden zur Genkartierung- bzw. Sequenzierung verwendet, während c-DNA-Banken dann von Nutzen sind, wenn Gene untersucht werden sollen, die für spezielle Funktionen eines Zelltyps verantwortlich sind. Außerdem sind c-DNA-Banken für Strukturanalysen eukaryotischer Proteine von großem Nutzen, da die Abfolge der Aminosäuren innerhalb dieser Proteine über die Basensequenz der c-DNA direkt bestimmt werden kann.[71]
Mit Hilfe geeigneter Screeningverfahren können einzelne Klone einer Bibliothek ausfindig gemacht werden, die eine bestimmte DNA-Sequenz tragen. Hierbei können Nukleinsäuresonden zum Einsatz kommen.[72]

1.3.3 Die Polymerase-Kettenreaktion

Anfang der 1980er-Jahre entdeckte KARY MULLIS mit der Polymerase-Kettenreaktion (PCR) eine gegenüber der Klonierung in Wirtszellen schnellere und effektivere Methode, einzelne DNA-Abschnitte zu isolieren und zu vermehren. Das Verfahren hat seither die Biotechnologie und die Molekulargenetik revolutioniert. MULLIS erhielt für die Entwicklung dieses Verfahrens 1993 den Nobelpreis für Chemie.[73]
Die PCR ist nach dem Vorbild der Replikation in der Zelle entstanden. Entsprechend werden für die PCR die Komponenten benötigt, die auch in der Zelle für die Verdopplung der DNA benötigt werden. Neben Primern, welche als Startmoleküle der Replikation dienen, sind das DNA-Polymerasen, die für die Synthese der DNA zuständig sind, sowie DNA-Nukleotide als DNA-Bausteine. Weil bei der PCR mit hohen Temperaturen gearbeitet wird, werden die besonders hitzestabilen Taq-Polymerasen[74] eingesetzt. Die verwendeten Primer sind kurze, künstlich hergestellte DNA-Fragmente, die zwischen 18 und 30 Basenpaare lang und komplementär zu bestimmten Stellen der zu vervielfältigenden DNA sind. Während der PCR binden die Primer an diese

[70] Vgl. Campbell & Reece (2003), S. 446f.; Appelhans & Minol (1996), S. 203; Reineke (2004), S. 87.
[71] Vgl. Campbell & Reece (2003), S. 446f.
[72] Vgl. Reineke (2004), S. 85, 120f.; siehe Abschnitt 1.3.4.2.
[73] Vgl. Minol (1996a), S. 292; Reineke (2004), S. 90.
[74] Dabei handelt es sich um Polymerasen des Bakteriums *Thermus aquaticus.* Diese Bakterienart lebt in heißen Quellen. Viele ihrer Enzyme, darunter auch die DNA-Polymerase, sind hitzestabil und werden bei hohen Temperaturen nicht denaturiert. Vgl. Brown (2002), S. 62.

komplementären Stellen und flankieren auf diese Weise den zu vervielfältigenden DNA-Abschnitt.
Neben der DNA, die vervielfältigt werden soll, werden die genannten Komponenten in ein Reaktionsgefäß gegeben. Weil die einzelnen Reaktionsschritte bei unterschiedlicher Temperatur ablaufen, wird die PCR heute in programmierbaren Heizgeräten, so genannten Thermocyclern, durchgeführt.[75]
Ein PCR-Zyklus beginnt bei einer Temperatur von 94° C. Bei dieser Temperatur denaturieren die Doppelstränge der Ausgangs-DNA in Einzelstränge. Das Reaktionsgemisch wird anschließend auf eine Temperatur zwischen 45 und 65° C abgekühlt, es kommt zu der Anlagerung von Primern an die zu ihnen komplementären DNA-Bereiche.[76] Ausgehend von den Primern beginnen die Taq-Polymerasen mit der Neusynthese der DNA. Hierzu wird die Temperatur auf die optimale Arbeitstemperatur von 72° C der Polymerasen erhöht. Dieser nur wenige Minuten andauernde Zyklus wird nun üblicherweise zwischen 25- und 35-mal wiederholt, die Anzahl der zwischen den Primern liegenden DNA-Abschnitte erhöht sich dabei exponentiell.[77]
Die PCR ist zu einer der bedeutsamsten Methoden in der Gentechnik geworden. Aus der grundlegenden Technik hat sich ein breites Repertoire an speziellen Techniken entwickelt, die in verschiedensten Bereichen als molekularbiologische Nachweismethoden verwendet werden. Beispielsweise können mit Hilfe der PCR einfach und sicher Erbkrankheiten, Tumore oder Infektionskrankheiten identifiziert werden. Die PCR ergänzte außerdem die Möglichkeiten der forensischen Medizin, der Lebensmittelanalytik, der Archäologie und der Evolutionsforschung.[78]

[75] Will man die PCR zur Vervielfältigung der DNA einsetzen, müssen zumindest die Primersequenzen bekannt sein. Vgl. Reineke (2004), S. 90ff.
[76] Die genaue Temperatur hängt von der Länge und von der Basenzusammensetzung der verwendeten Primer ab. Weil die Primer im großen Überschuss vorliegen, bilden sich bevorzugt Doppelstrangbereiche zwischen Primern und dazu komplementären DNA-Strängen, während eine Renaturierung der Einzelstränge nicht favorisiert wird. Vgl. Dingermann (1999), S. 42f.
[77] Vgl. Reineke (2004), S. 90ff.; Minol (1996a), S. 295.
[78] Vgl. Minol (1996a), S. 293; Dingermann (1999), S. 60.

1.3.4 Verfahren der Definition und Analyse von DNA

1.3.4.1 Restriktionsfragmentlängen-Analyse

Die Restriktionsfragmentlängen-Analyse beruht auf den 1980 von BOTSTEIN und DAVIES entdeckten *Restriktionsfragmentlängen-Polymorphismen* (*RFLP's*). Darunter versteht man Unterschiede bezüglich der Schnittstellen von Restriktionsenzymen in DNA-Molekülen verschiedener Individuen. Es hatte sich nämlich gezeigt, dass die Schnittstellen von Restriktionsenzymen auf den DNA-Molekülen verschiedener Individuen einer Spezies unterschiedlich positioniert sind. Deshalb entstehen beim Einsatz von Restriktionsenzymen, beim so genannten *Restriktionsverdau*, unterschiedlich lange DNA-Fragmente. Da nun jedes DNA-Molekül durch die Zahl und Länge dieser Fragmente charakterisierbar ist und diese Unterschiede nach den Mendelschen Regeln vererbt werden, lassen sich mit Hilfe der RFLP-Analyse auf Grundlage der RFLP's indirekt, das heißt ohne dass die DNA-Basensequenz bekannt ist, Unterschiede zwischen DNA-Molekülen sichtbar machen.[79] Hierbei kommt die *Gelelektrophorese* zum Einsatz.[80] Die beim Restriktionsverdau unterschiedlicher DNA-Moleküle entstehenden Fragmente werden in spezielle Geltaschen eines Gels gegeben. An das mit den DNA-Fragmenten beschickte Gel wird eine elektrische Spannung angelegt. Dabei befindet sich die Kathode auf der Seite der Geltaschen, die Anode am entgegengesetzten Ende. Aufgrund der Spannung beginnen die wegen der Phosphatgruppen negativ geladenen DNA-Molekül-Fragmente durch das Gel in Richtung Anode zu wandern, wobei kleinere DNA-Moleküle das Gel schneller durchdringen als größere. Wird der Strom schließlich abgeschaltet, sind die DNA-Fragmente ihrer Größe nach auf dem Gel angeordnet. Über Färbemethoden können diese DNA-Banden direkt auf dem Gel sichtbar gemacht werden.[81] Zum Nachweis definierter DNA-Fragmente im Gel eignet sich das *Southern-Blot-Verfahren*. Hierbei werden die DNA-Banden des Gels auf Nylon- oder Nitrocellulose-Membranen überführt (*geblottet)*, wo dann mit Hilfe von Gensonden spezifische DNA-Sequenzen aufgespürt werden.[82]

Das Verfahren ist für die Anfertigung von Genomkarten und für die Untersuchung genetisch bedingter Erkrankungen von großer Bedeutung.[83] Auch die Anfertigung genetischer Fingerabdrücke kann auf Grundlage der RFLP-Analyse erfolgen. Die 1985 von JEFFREYS entwickelte Technik basiert auf der

[79] Vgl. Campbell & Reece (2003), S. 448f.
[80] Bei der Gelelektrophorese handelt es sich um eine Methode, die es erlaubt, Makromoleküle, wie Nukleinsäuremoleküle oder Proteine, aufgrund ihrer Größe und ihrer elektrischen Ladung aufzutrennen. Das dazu eingesetzte Gel wirkt dabei wie ein Molekularsieb. Vgl. Seyffert (1998), S. 975.
[81] Vgl. Brown (2002), S. 74f.; Reineke (2004), S. 62f.
[82] Vgl. Reineke (2004), S. 117ff.; Campbell & Reece (2003), S. 449.
[83] Vgl. Brown (2002), S. 208.

RFLP-Analyse durch Southern Blot. Hierzu wird die aus Zellen isolierte DNA mit Restriktionsenzymen vollständig abgebaut, gelelektrophoretisch aufgetrennt und geblottet. Mit Sonden werden so genannte VNTR-Sequenzen sichtbar gemacht. Dabei handelt es sich um DNA-Abschnitte, in denen sich kurze Sequenzen tandemartig wiederholen und die von Individuum zu Individuum stark variieren. Man erhält auf diese Weise für die DNA eines jeden Individuums ein spezifisches, unverwechselbares Muster.[84]

1.3.4.2 Sondenhybridisierung

Gensonden werden, wie bereits in den Abschnitten 1.3.2 und 1.3.4.1 angesprochen, zur Identifizierung einzelner Gene in Genbibliotheken oder zum Nachweis bestimmter DNA-Sequenzen im Southern Blot eingesetzt.

Gensonden sind kurze DNA- oder RNA-Stücke, die mit hoher Spezifität an komplementäre Nukleinsäurestränge binden. Auf diese Weise kann das Vorhandensein der entsprechenden Nukleinsäurestränge im Probematerial nachgewiesen werden. Die Anlagerung an die komplementäre oder zumindest teilweise komplementäre einsträngige DNA erfolgt aufgrund der Eigenschaft einsträngiger DNA, sich spontan mit komplementärer DNA zusammenzulagern bzw. zu *hybridisieren*. Bevor Gensonden eingesetzt werden, muss die zu untersuchende DNA deshalb in einsträngiger Form vorliegen. Das kann erreicht werden, indem man die DNA beispielsweise mit Hilfe einer Alkalilösung denaturiert. Die eigentliche Detektion der DNA-Abschnitte erfolgt, weil die Sonden markiert sind. Wurde die Sonde beispielsweise radioaktiv markiert, kann die Lage der gebundenen Sonde über Autoradiographie nachgewiesen werden.[85]

[84] Vgl. Dingermann (1999), S. 549ff.; siehe Abschnitt 1.4.3.

[85] Will man ein bestimmtes Gen in einer genomischen Genbibliothek identifizieren, werden die Bakterienzellen der Genbibliothek auf Nährböden plattiert. Durch Vermehrung geht aus jeder Bakterienzelle eine Bakterienkolonie hervor, die aus identischen Bakterienklonen besteht. Mit Hilfe einer Nitrocellulose-Folie wird ein Abdruck der Nährböden hergestellt. Die Verteilung der Bakterienkolonien auf dem Abdruck entspricht dabei der Verteilung der Kolonien auf dem Nährboden. Die anschließende Sondenhybridisierung erfolgt mit den Bakterienkolonien, die sich nach dem Abdruck auf der Nitrocellulose-Membran befinden. Die Bakterienhüllen werden aufgelöst, die DNA freigesetzt, durch Wärmebehandlung erfolgt deren Denaturierung. Trägt man nun die Sondenmoleküle auf, so lagern sich diese an komplementäre DNA-Bereiche an, es kommt zur Hybridisierung. Durch Autoradiographie kann man die gebundenen Sonden durch Vergleich der Hybridisierungspunkte auf der Membran mit der Verteilung der Bakterienklone auf den Nährböden ausfindig machen. Vgl. Reineke (2004), S. 118ff.

1.3.4.3 Die Sequenzierung von DNA

Neben der Entdeckung von Restriktionsenzymen und Genklonierungsverfahren spielte die Entwicklung von direkten DNA-Sequenzierungstechniken Mitte der 1970er Jahre für die Etablierung der Gentechnik eine große Rolle.[86]
Bereits 1975 stellten SANGER und COULSON mit der „+ / - Methode“ ein Verfahren der direkten DNA-Sequenzanalyse vor, von dem sich die *Kettenabbruch-Methode* von SANGER und COULSON ableitet.[87] Eine weitere Technik der DNA-Sequenzierung wurde 1977 von MAXAM und GILBERT entwickelt.[88]
Die Erfinder dieser beiden grundsätzlich unterscheidbaren Sequenzierungstechniken wurden 1980 mit dem Nobelpreis für Chemie ausgezeichnet. Das von MAXAM und GILBERT entwickelte Verfahren hat heute nicht zuletzt wegen der Verwendung hochgiftiger Chemikalien keine Bedeutung mehr. In der Laborpraxis hat sich die Kettenabbruch-Methode durchgesetzt.[89] Aus diesem Grund soll in diesem Rahmen schwerpunktmäßig dieses Verfahren beschrieben werden.
Vorbild der Kettenabbruch-Methode ist der Vorgang der Replikation der DNA. Hierbei wird die DNA durch bestimmte Enzyme in Einzelstränge zerlegt, an welchen dann komplementäre Stränge synthetisiert werden. Benötigt werden dabei unter anderem DNA-Polymerasen, Nukleotide als DNA-Bausteine und Primer. Auch die Kettenabbruch-Methode geht von einsträngiger DNA aus. Diese kann gewonnen werden, indem ein DNA-Doppelstrang denaturiert wird. Zu den Einzelsträngen werden DNA-Polymerasen, radioaktiv markierte Primer und Nukleotide zugesetzt. Außerdem werden modifizierte Basennukleotide hinzugefügt, welche, falls sie eingebaut werden, die Synthesereaktion zum Abbruch bringen. Entsprechend der vier DNA-Basen gibt es vier Abbruch-Nukleotide. Die Strangsynthesereaktion lässt man nun in vier unterschiedlichen Reaktionsansätzen ablaufen. In jeden Reaktionsansatz wird dabei nur eine Sorte von Abbruch-Nukleotiden gegeben. Die DNA-Synthese kann dann in jedem der Ansätze nur soweit fortschreiten, bis das jeweilige Abbruch-Nukleotid zufällig eingebaut wird. Auf diese Weise entstehen in jedem Ansatz alle möglichen DNA-Fragmente unterschiedlicher Länge, die mit den jeweiligen Basen der Abbruch-Nukleotide enden. Die derartig hergestellten Fragmentgemische werden wieder denaturiert und anschließend mit Hilfe der Gelelektrophorese aufgetrennt. Nach der Sichtbarmachung der DNA-Banden im Gel lässt sich die Sequenz des DNA-Abschnittes bestimmen.[90] Die

[86] Vgl. Gassen & Minol (1997), S. 16.
[87] Vgl. Seyffert (1998), S. 1042.
[88] Vgl. Bangsgow & Schäfer (1996), S. 242.
[89] Vgl. Reineke (2004), S. 108ff. Eine modernere Variante der Kettenabbruch-Methode ist die *Taq-cycle-Sequenzierung.* Vgl. Bangsgow & Schäfer (1996), S. 243.
[90] Die Sichtbarmachung der Banden erfolgt mit Hilfe der Autoradiographie: Weil die DNA

Größenabfolge der Fragmente auf dem Gel entspricht der Reihenfolge der Nukleotide des untersuchten DNA-Abschnittes.[91]

1.3.4.4 Die Kartierung von Genomen

Mit Hilfe der Kettenabbruch-Methode können lediglich DNA-Fragmente bis zu einer Länge von bis zu 400 Basenpaaren bestimmt werden,[92] Auch davon abgeleitete modernere Verfahren sind nicht viel effektiver.[93] Die Sequenzierung eines großen, komplexen Genoms kann aus diesem Grunde nur stückweise, das heißt aufgeteilt in viele kleine Untereinheiten, erfolgen. Solche Untereinheiten können mit Hilfe genetischer und physikalischer Karten wieder zusammengesetzt werden.[94]

Ziel der genetischen Kartierung ist die Ermittlung der ungefähren Lage eines DNA-Abschnitts oder Gens im Genom des zu untersuchenden Organismus. Bei Eukaryoten beinhaltet dies die Zuordnung zu bestimmten Chromosomen. Hierfür ist es wichtig, Orientierungspunkte bzw. *Marker* im Genom zu haben, welche die Zuordnung erleichtern. Die Vererbung des fraglichen Gens wird mit der Vererbung dieser Marker verglichen. Je näher das Gen an einem solchen Marker liegt, desto häufiger werden beide gemeinsam, das heißt *gekoppelt* vererbt. Der Nachweis, dass das fragliche Gen mit einem Marker gekoppelt ist, ist ein ganz wichtiger Schritt bei der Ermittlung der Position eines nicht kartierten Gens auf dem Chromosom.[95] Als Marker kommen bekannte Gene in Frage. Beispielsweise wurde als erstes menschliches Gen das Gen für Farbensehen dem X-Chromosom zugeordnet. Außerdem werden RFLP's oder kurze repetitive Sequenzen, die als Mikrosatelliten im menschlichen Genom häufig vorkommen, als Marker verwendet. 1989 waren ungefähr 500 menschliche Gene kartiert worden, heute umfasst die menschliche Genkarte ungefähr 5000 Marker.[96]

Ist ihre ungefähre Lage bekannt, kann die Anordnung der Gene auf den Chromosomen untersucht werden. Der als *chromosome walking* bezeichnete Vorgang ist auf Abbildung 5 dargestellt.

Die zu untersuchende DNA wird bei diesem Vorgang mit Hilfe zweier unterschiedlicher Restriktionsenzyme zerlegt, zwei genomische Bibliotheken

---

durch Zugabe von radioaktiv markierten Primern und Nukleotiden selbst markiert ist, kann man sie sichtbar machen, wenn man einen Röntgenfilm auf das Gel legt. Die radioaktiven DNA-Banden belichten den Film, die Banden werden sichtbar. Vgl. Brown (2002), S. 77.

[91] Vgl. Reineke (2004), S. 108ff.

[92] Vgl. Brown (2002), S. 229.

[93] Beispielsweise können mit Hilfe der *Taq-cycle-Sequenzierung* DNA-Fragmente mit bis zu 500 Basenpaaren Länge sequenziert werden. Vgl. Bangsgow & Schäfer (1996), S. 251.

[94] Vgl. Schmid (2002), S. 242.

[95] Vgl. Brown (2002), S. 337.

[96] Vgl. Campbell & Reece (2003), S. 452; Watson, Tooze & Kurzt (1989), S. 186.

werden erstellt. Die Fragmente dieser Bibliotheken werden dann mit Hilfe von Gensonden auf Überlappungen getestet. Dabei wird eine Sonde aus dem Ende eines bekannten Gens abgeleitet. Mit Hilfe dieser Sonde (Sonde 1 auf Abbildung 5) wird aus der Bibliothek II das Fragment gefischt, welches mit der Sonde bzw. mit dem bekannten Gen überlappt. Nun wird aus dem gefischten Gen Sonde 2 abgeleitet, mit deren Hilfe Bibliothek I durchmustert wird. Auf diese Weise wird das mit dieser Sonde 2 überlappende Fragment aus der Genbank I ausfindig gemacht. Die Schritte werden nun wiederholt, bis die Reihenfolge der DNA-Fragmente bestimmt ist.[97]

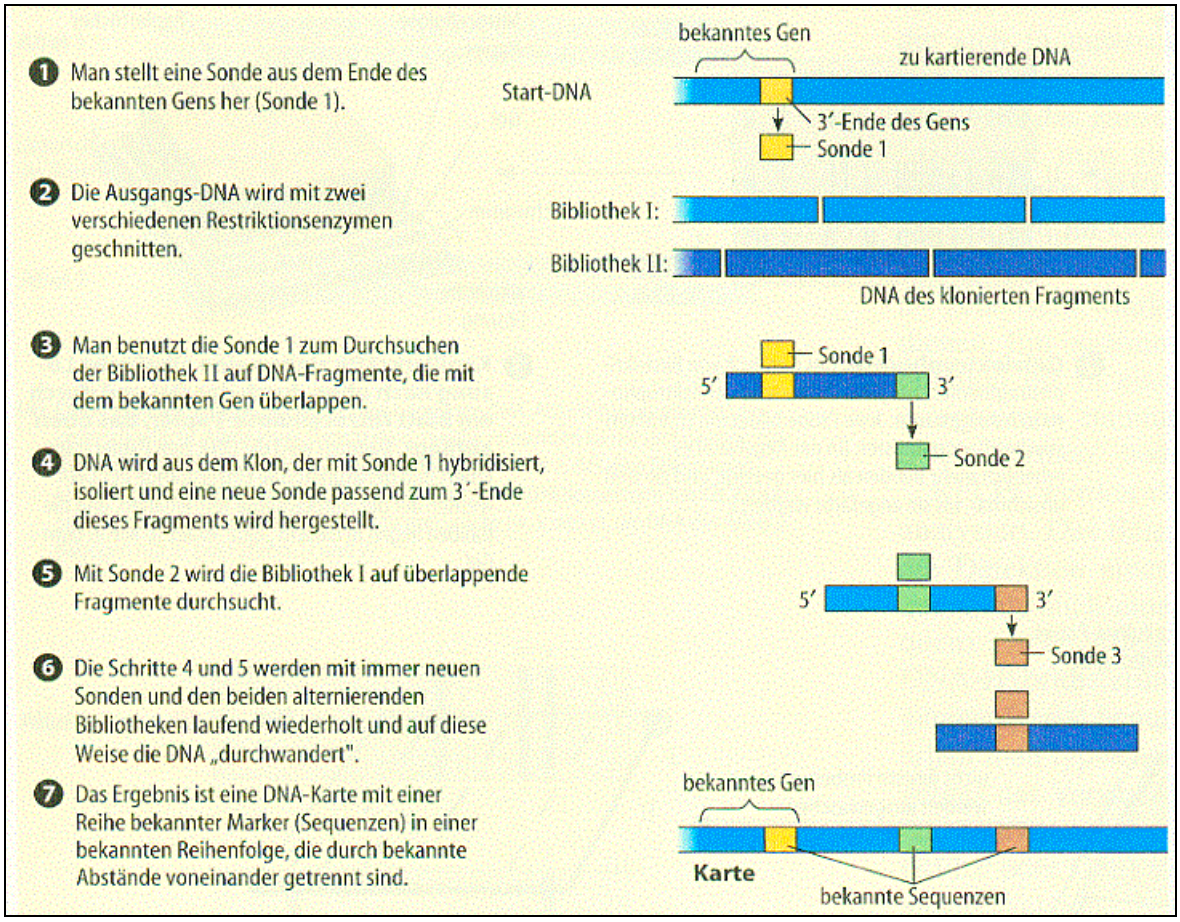


Abbildung 5: Chromosome walking (aus Neil A. Campbell und Jane B. Reece: „Mastering Biology", Originalausgabe © Benjamin Cummings, ein Imprint von Pearson Education, erschienen in der deutschen Ausgabe der 3. Auflage bei Spektrum Akademischer Verlag, 2003, S. 452)

[97] Vgl. Campbell & Reece (2002), S. 452.

1.4 Forschungs- und Anwendungsbereiche der Gentechnik

Gentechnische Methoden werden heute in vielen praktischen Bereichen eingesetzt. So revolutioniert die Gentechnik die Medizin und die pharmazeutische Industrie und eröffnet außerdem neue Wege in Landwirtschaft, Lebensmitteltechnologie und im Umweltschutz. Die größten Erfolge wurden jedoch in der Grundlagenforschung erzielt. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse sind als Grundlage für neue Strategien der Anwendung zu nutzen.[98]

Abbildung 6 zeigt einen Überblick über wichtige gentechnische Forschungs- und Anwendungsgebiete.

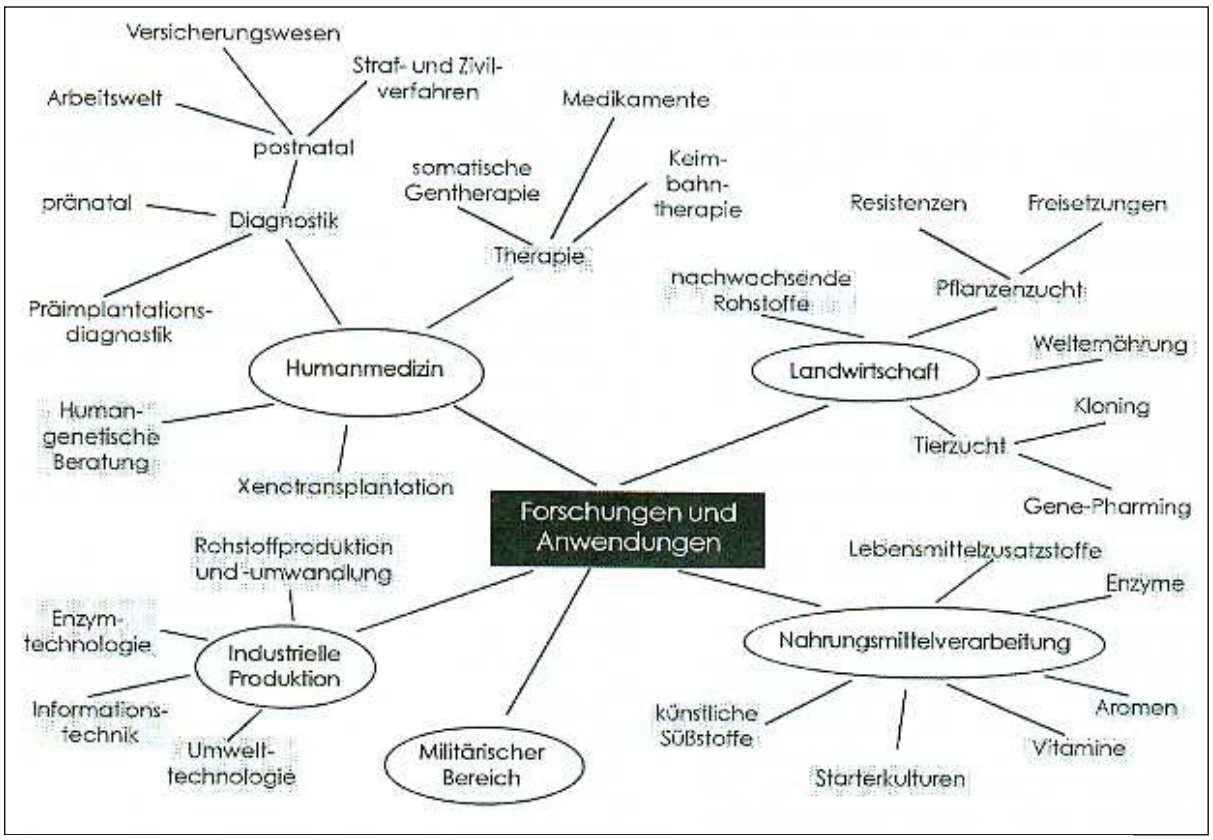


Abbildung 6: Forschungs- und Anwendungsbereiche der Gentechnik (Bremekamp (1999), S. 23; gekürzt)

[98] Vgl. Campbell & Reece (2003), S. 439f.

1.4.1 Gentechnik und Grundlagenforschung

Gentechnische Methoden eröffnen neue Wege, um elementare biologische Fragestellungen zu erforschen. So gewährt die Kenntnis ganzer Genome Einblick in Organisation, Regulation und Expression von Genen und gibt Aufschluss über Wachstumsregulation, Keimesentwicklung und Evolution von Lebewesen.[99]

Inzwischen sind die Genome von über 395 Arten sequenziert. Als erstes Genom wurde das des Bakteriums *Hämophilus influenzae* vollständig entschlüsselt, die Ergebnisse wurden 1995 veröffentlicht. 1997 lag die Basensequenz der Hefe *Saccharomyces cerevisiae* vor, der erste sequenzierte vielzellige Organismus war der Fadenwurm *Caenorhabditis elegans*.[100] Als erste Pflanze war die Ackerschmalwand *Arabidopsis thaliana* im Jahr 2000 vollständig sequenziert, 2001 lag die Basensequenz des Reises *Oryza sativa* vor.[101]

Im Jahr 1990 wurde die Entzifferung des menschlichen Genoms weltweit in Angriff genommen. Die grundlegende Idee für das *Humangenom-Projekt* (HGP) wurde erstmals 1985 formuliert.[102] Im Jahr 1995 schloss sich Deutschland dem Projekt an. Aus dem Projekt erhofft man sich neue Erkenntnisse für die medizinische Diagnostik und die Aufklärung von Krankheitsursachen und damit auch neuartige Ansatzpunkte für die Therapie.[103] Bereits 2001 wurde die vorläufige Basensequenz des menschlichen Genoms veröffentlicht. Genome anderer Organismen werden erforscht, um über den Vergleich Erkenntnisse über das menschliche Genom zu gewinnen. So können Rückschlüsse auf Verwandtschaftsbeziehungen zwischen verschiedenen Lebewesen gezogen werden. Es hat sich außerdem gezeigt, dass Genome von stammesgeschichtlich weit entfernten Lebewesen zahlreiche Genfunktionen aufweisen, die Ähnlichkeiten zu jenen des Menschen haben.[104] Aus diesem Grund werden viele höhere Lebewesen als Modellorganismen zur Untersuchung der jeweiligen Gene eingesetzt. An diesen Modellorganismen können gezielte Genveränderungen zum Studium von Krankheitsbildern vorgenommen werden, außerdem lassen sich Therapiekonzepte erproben.[105] In den vergangenen Jahren wurden auch zahlreiche transgene Tiermodelle für menschliche Erkrankungen vorgestellt.[106] Die *Harvard-Krebsmaus* wurde 1988

[99] Vgl. Campbell & Reece (2003), S. 455.
[100] Vgl. Campbell & Reece (2003), S. 454f.; Kempken & Kempken (2004), S. 62.
[101] Vgl. Kempken & Kempken (2004), S. 15f.
[102] Vgl. Bangsgow & König (1996), S. 372.
[103] Vgl. Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.) (2001a), S. 12f., Bangsgow & König (1996), S. 385f.
[104] Vgl. Fischer (2002), S. 42ff.
[105] Vgl. Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.) (2001a), S. 18; Ganten (2003), S. 27.
[106] Vgl. Schenkel (2006), S. 8.

in den USA patentiert,[107] *Knock-out-Mäuse*, bei denen gezielt einzelne Gene oder Regulationselemente gentechnisch abgeschaltet werden, wurden 1989 erstmals erzeugt.[108]

Auch pflanzliche Genome werden mit Hilfe gentechnischer Verfahren untersucht. Man verspricht sich davon ein verbessertes Verständnis der molekularbiologischen Abläufe in Entwicklung, Funktion und Evolution von Pflanzen. Darüber hinaus erhofft man sich das Auffinden von Genen, die für produktionsrelevante Eigenschaften wie Ertrag und Widerstandskraft verantwortlich sind und den Weg zu qualitäts- und produktionsoptimierten Pflanzen bereiten. Das Wissen um Gene für bestimmte Eigenschaften erlaubt Rückschlüsse auf andere Pflanzen und hilft hier bei der Identifizierung ähnlicher Genome.[109]

Neben der Entschlüsselung der Funktion einzelner Gene ist mit Hilfe gentechnischer Methoden die Untersuchung der Genexpression an und für sich möglich. Mit Hilfe von c-DNA-Banken und Sondentechnik kann beispielsweise untersucht werden, welche Gene in einer Zelle zu welchem Zeitpunkt transkribiert werden.[110]

An die Genomforschung schließen sich Proteom- und Physiomforschung an. Der Proteomforschung geht es um die „Untersuchung der Gesamtheit der vom Genom exprimierten Proteine in Raum und Zeit.“[111] Die darauf aufbauende Physiomforschung kreist um die Frage, „*welche Proteine zu welcher Zeit in welchen Zellen welche Wirkungen erzielen*.“[112] Von der Genom-, Proteom- und Physiomforschung erhofft man sich ein umfassendes Bild über Zusammenhänge und Vorgänge in Organismen.[113]

[107] Sechs Jahre zuvor war es gelungen, Mäusen ein menschliches Gen ins Erbgut zu übertragen, welches die Anfälligkeit für Brustkrebs erhöht. Der Mäusestamm dient als Tiermodell in der Krebsforschung. Vgl. Rose (1998), S. 58.
[108] Vgl. Köppelle (2002), S. 71. Für die Erfindung von Knock-out-Mäusen erhielten Mario Capecchi, Oliver Smithies und Martin Evans am 08.10.2007 den Medizin-Nobelpreis.
[109] Vgl. Menrad, Gaisser, Hüsing & Menrad (2003), S. 65.
[110] Vgl. Campbell & Reece (2003), S. 456.
[111] Campbell & Reece (2003), S. 458.
[112] Campbell & Reece (2003), S. 458.
[113] Vgl. Campbell & Reece (2003), S. 458.

1.4.2 Gentechnik in der Medizin

1.4.2.1 Gendiagnostik

Die Methoden der Gentechnik, wie DNA-Amplifizierung mit Hilfe der PCR, Sondenhybridisierung und DNA-Sequenzierungsmethoden, erlauben hochsensitive und schnell durchzuführende DNA-Analysen.
In der Medizin dienen diese Verfahren einerseits dazu, Krankheitserreger zu detektieren, andererseits können erblich bedingte Erkrankungen bzw. Krankheitsdispositionen diagnostiziert werden.[114]

Erregernachweis

Gendiagnostische Methoden werden inzwischen zum schnellen und sicheren Nachweis unterschiedlicher Erreger von Infektionskrankheiten eingesetzt.
Beispielsweise ist der Nachweis einer HIV-Infektion mit Hilfe der PCR möglich. Hierzu wird DNA aus Leukozyten des Patienten isoliert. Liegt eine HIV-Infektion vor, befindet sich virale DNA in den Leukozyten. Bei der sich anschließenden PCR werden Primer verwendet, die erregerspezifische Sequenzen aufweisen. Deshalb kommt es nur bei einer vorliegenden Infektion zur Anlagerung von Primern sowie zur Amplifizierung und nur dann kann virale DNA anhand der PCR-Produkte nachgewiesen werden. Neben dem HIVirus können auch andere Erreger, wie beispielsweise die Erreger von Typhus, Ruhr oder Tuberkulose, bereits nach wenigen Stunden nachgewiesen werden.[115]

Diagnose erblich bedingter Krankheiten

Mit Hilfe gentechnischer Verfahren konnten bereits viele Gene identifiziert werden, deren Mutationen mit dem Auftreten bestimmter Erkrankungen in Zusammenhang gebracht werden. Voraussetzung für die Identifikation krankheitsverursachender Gene sind die Lokalisierung von für Erkrankungen verantwortlichen Genorten sowie Kenntnisse über die Sequenzen mutierter oder mit dem Genort gekoppelter Gene. Ist die krankheitsverursachende Mutation bekannt, kann diese mit Hilfe der PCR und geeigneter Gensonden direkt nachgewiesen werden. Die dabei verwendeten Gensonden werden direkt aus dem bekannten Gen abgeleitet.[116]
Bei einem unbekannten Gen kann ein indirektes Gendiagnose-Verfahren, die *Kopplungsanalyse*, Aufschluss geben. Hierbei wird der Erbgang des fraglichen Gens mit der Vererbung genetischer Loci, so genannter *Marker*, verglichen, deren Lage auf der Genkarte bereits bekannt ist. Falls eng gekoppelte Marker

[114] Vgl. Minol (1996b), S. 320f.
[115] Vgl. Regenass-Klotz (2000), S. 73ff.; Minol (1996b), S. 324.
[116] Vgl. Minol (1996b), S. 328ff.

vorhanden sind, also bekannte Basensequenzen, die ganz in der Nähe des fraglichen Gens liegen, werden Marker und fragliches Gen mit hoher Wahrscheinlichkeit gemeinsam vererbt.[117] Geeignete Marker sind beispielsweise Erkennungssequenzen für Restriktionsenzyme, die von Person zu Person variieren können und zu unterschiedlich großen Restriktionsfragmenten, so genannten Restriktionsfragmentlängen-Polymorphismen (RFLP's) führen können. Zeigt sich beispielsweise, dass bestimmte RFLP's eng mit einer Erkrankung gekoppelt sind und mit dieser gemeinsam vererbt werden, kann das defekte Gen indirekt über den Nachweis dieser RFLP's diagnostiziert werden.[118] Häufig sind solche indirekten Gentests mit familienspezifischen Analysen verbunden, da Kopplungen mit einem bestimmten Marker auch auf Familien beschränkt sein können.[119]
Da nun jedes DNA-Molekül durch die Zahl und Länge dieser Fragmente charakterisierbar ist und diese Unterschiede nach den Mendelschen Regeln vererbt werden, lassen sich mit Hilfe der RFLP-Analyse auf Grundlage der RFLP's indirekt, das heißt ohne dass die DNA-Basensequenz bekannt ist, Unterschiede zwischen DNA-Molekülen sichtbar machen.[120]
1980 noch waren nur die Genorte weniger menschlicher Krankheitsgene bekannt.[121] Die Duchenne-Muskeldystrophie war eines der ersten Erbleiden, für welches ein Gentest entwickelt wurde. Bereits 1983 gelang es, das verantwortliche Gen mittels Kopplungsanalyse einzukreisen. 1986 erschien in der Fachzeitschrift *Nature* ein Artikel, in dem verkündet wurde, dass das verantwortliche Gen mit Hilfe bestimmter Sonden gefunden wurde. Ebenso konnten 1983 für Chorea Huntington Markergene identifiziert werden, die in der Nähe des verantwortlichen Gens liegen. Ein indirekter Gentest wurde damit möglich. Menschen, bei denen diese Markergene nachgewiesen werden, erkranken mit hoher Wahrscheinlichkeit an Chorea Huntington. 1989 konnte das für Cystische Fibrose (Mukoviszidose) verantwortliche Gen gefunden werden, in den Folgejahren wurden dann die Gene der wichtigsten klassischen Erbkrankheiten identifiziert. So konnte das Gen für Chorea Huntington 1993 gefunden werden. Erfolg hatte man außerdem bei Subgruppen bestimmter Erkrankungen, die in manchen Familien wie Erbkrankheiten weitergegeben werden. Beispielsweise konnten in der ersten Hälfte der 1990er Jahre Gene identifiziert werden, die das Risiko von Darm- und Brustkrebs erhöhen. Daneben wurden Gene gefunden, die mit Alzheimer, Bluthochdruck oder erhöhtem Blutfettspiegel in Verbindung gebracht werden.[122] In den kommenden Jahren sollen nahezu alle der auf 4000

[117] Vgl. Brown (2002), S. 337; Campbell & Reece (2003), S. 459.
[118] Siehe Abschnitt 1.3.4.1.
[119] Vgl. Minol (1996b), S. 325ff.
[120] Vgl. Campbell & Reece (2003), S. 448f.
[121] Vgl. Stamatiadis-Smidt & zur Hausen (Hrsg.) (1998), S. 137.
[122] Vgl. Wolf (2002), S. 32.

geschätzten bekannten monogen bedingten Erkrankungen diagnostizierbar sein.[123]

Der Einsatz gendiagnostischer Verfahren ist sowohl prä- als auch postnatal möglich. Im Rahmen der Pränataldiagnostik (PND) kann man ausgehend von Gewebe- bzw. Fruchtwasserproben des Ungeborenen sowohl Anzahl und Feinstruktur der Chromosomen als auch Basensequenz einzelner Gene gezielt untersuchen und so ein mögliches Erkrankungsrisiko oder eine Erkrankungsdisposition des Ungeborenen ermitteln.[124] Mit Hilfe der Präimplantationsdiagnostik (PID) können in vitro erzeugte Embryonen vor der Implantation in die Gebärmutter genanalytisch untersucht werden. Das Verfahren wurde 1990 erstmals erfolgreich angewendet und seither weltweit in vielen hundert Befruchtungszyklen eingesetzt.[125]

1.4.2.2 Gentherapie

Unter Gentherapie versteht man verschiedene Methoden, mit denen genetisch bedingte Erkrankungen durch „Einschleusen von therapeutisch wirkendem genetischen Material in den Organismus“[126] behandelt werden sollen. Dabei kann versucht werden, defekte Gene direkt durch funktionstüchtige zu ersetzen, „Gene zur lokalen Expression eines therapeutisch wirksamen Proteins“[127] zuzuführen oder bestimmte Gene gezielt unschädlich zu machen.[128] Grundsätzlich unterscheidbar sind die *somatische Gentherapie* und die *Keimbahntherapie*. Letztere zielt darauf ab, genetische Defekte in Keimbahnzellen zu korrigieren. Erreichen kann man dieses Ziel durch Einbringen des intakten Gens in die befruchtete Eizelle, welche nach der genetischen Manipulation der Mutter eingepflanzt wird. Gelingt das Experiment, ist das intakte Gen in allen Zellen des späteren Individuums vorhanden, wird exprimiert und an mögliche Nachkommen weitergegeben. Die Durchführung einer Keimbahntherapie ist in Deutschland verboten.

Bei der somatischen Gentherapie werden Körperzellen verändert. Ziel ist es, vererbte und erworbene Gendefekte durch Einschleusen von intakten Genen zu kompensieren. Bei dieser Variante ist die Genveränderung nicht auf

[123] Vgl. Propping, Aretz & Schumacher (2006), S. 33.
[124] Vgl. Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.) (2001a), S. 20. Das embryonale bzw. fetale Zellmaterial wird mit Hilfe invasiver pränataldiagnostischer Methoden, wie beispielsweise der Fruchtwasserpunktion, der Chorionzottenbiopsie oder der Fetoskopie gewonnen.
[125] Vgl. Kollek (2002), S. 27.
[126] Minol (1996c), S. 342f.
[127] Minol (1996c), S. 343.
[128] Hierbei wird versucht, den Abruf der genetischen Fehlinformation zu verhindern, indem beispielsweise eine Anti-Sense-RNA eingeschleust wird. Denkbar ist dies bei der Behandlung von Infektionen, wie HIV oder Hepatitis. Vgl. Minol (1996c), S. 343ff.

Nachkommen übertragbar.[129] Dabei können die therapeutischen Gene direkt in den Körper des Erkrankten eingebracht werden. In diesem Fall spricht man von der *in-vivo-Therapie*. Dem Patienten können allerdings auch Zellen entnommen, in einer Zellkultur mit dem gewünschten Gen versehen und wieder in den Organismus reimplantiert werden. Dieses *ex-vivo*-Verfahren ist auf Zellen beschränkt, die leicht aus dem Körper isoliert und vermehrt werden können.

Zum Gentransfer selbst stehen unterschiedliche Vektoren zur Verfügung. Besonders effektiv ist der Einsatz von Retroviren als Genfähren, da diese ihr Genom stabil in die Chromosomen der Wirtszellen integrieren. Dadurch wird eine dauerhafte Expression des Fremdgens gewährleistet.[130] Allerdings birgt der Einsatz von Retroviren auch Gefahren. So kann es beispielsweise zur Insertionsmutagenese kommen. Weil die Integrationsstelle der viralen DNA willkürlich zu sein scheint, sind Funktionsstörungen der von der Integration betroffenen Gene möglich. Außerdem kann nicht abgeschätzt werden, ob es zu einem „Rearrangment"[131] des viralen genetischen Materials zu Virus-Partikeln kommen kann. Deshalb werden Retroviren nur bei der ex-vivo-Gentherapie eingesetzt. Während der Einsatz von Retroviren auf teilungsaktive Zellen beschränkt bleibt, können Adenoviren als Genfähren bei nichtteilungsaktiven Zellen in vivo eingesetzt werden. Allerdings wird dabei das mit dem Virus transferierte Gen nicht in das Wirtsgenom eingebaut. Bei Zellteilungsvorgängen nimmt die transferierte DNA deshalb beständig ab, der Gentransfer muss regelmäßig wiederholt werden. Neben viralen Vektoren kommen noch andere Vektorsysteme zum Einsatz.[132]

Die Idee, Gendefekte durch Einschleusen intakter Gene zu heilen, wurde bereits Anfang der 1970er Jahre geboren.[133] Zu Beginn der 1980er Jahre machte der Fall CLINE Schlagzeilen. CLINE wollte Patienten mit einer erblichen Bluterkrankung gentherapeutisch behandeln. Dies wurde ihm allerdings von der Ethikkommission der Universität von Kalifornien verweigert. 1980 wurde bekannt, dass CLINE die Versuche dennoch durchgeführt hatte. Dieser Zwischenfall wurde von den Medien weltweit verbreitet. Eine Folge dieses Ereignisses war die Festlegung strenger Kriterien für die somatische Gentherapie.[134]

1990 kam es zur ersten genehmigten klinischen Durchführung einer ex-vivo-Gentherapie bei der unter dem SCID-Syndrom leidenden Ashanti de Silva.[135]

---

[129] Vgl. Brown (2002), S. 341; Minol (1996), S. 342; Regenass-Klotz (2000), S. 101f.
[130] Vgl. Minol (1996c), S. 342f.; Regenass-Klotz (2000), S. 102f.
[131] Minol (1996c), S. 350.
[132] So kann der Gentransger mit Liposomen oder der Mikroinjektion erfolgen. Auch ein ligandengesteuerter Gentransfer ist möglich. Weitere Möglichkeiten des Gentransfers vgl. Minol (1996c), S. 346 ff.; Regenass-Klotz (2000), S. 101ff.
[133] Vgl. Minol (1996c), S. 341.
[134] Vgl. Stamatiadis-Smidt & zur Hausen (Hrsg.) (1998), S. 178f.
[135] Menschen mit einem erblichen Adenosindesaminase(ADA)-Mangel leiden unter diesem Syndrom.

Bei der gentherapeutischen Behandlung des Syndroms wird das Gen für die *Adenosindesaminase* eingeschleust. Nach mehrmaliger Wiederholung der Therapie konnten im Blut der Patientin gentransplantierte T-Lymphocyten nachgewiesen werden. Ashanti de Silva geht es heute gut. Das Experiment wird deshalb als Erfolg der Gentherapie gesehen. Allerdings wird Ashanti de Silva bis heute medikamentös behandelt, so dass es ungewiss ist, ob sie ihr Wohlbefinden der Gentherapie oder der konventionellen Therapie verdankt.[136] Nach dieser Pionierarbeit wagten sich viele Wissenschaftler an weitere klinische Anwendungen. Weltweit wurden seit 1990 über 300 klinische Studien durchgeführt, 1994 erfolgten die ersten Studien in Deutschland.[137]
1999 kam es zu einer schwarzen Stunde der Gentherapie: Der 18-jährige Jessie Gelsinger starb während einer Gentherapie in Philadelphia. Ihm wurden Milliarden gentechnisch veränderte Retroviren injiziert, welche eine Überreaktion des Immunsystems verursachten. Gelsinger gilt als erstes Todesopfer der bis dahin so optimistisch gehandelten Technologie.[138] Ebenso rückte eine weitere Studie die Gentherapie in ein schlechtes Licht: ALAIN FISCHER behandelte in Paris elf Kinder gentherapeutisch, die an einer als x-SCID-ADA bezeichneten Immunschwäche litten. Zunächst brachte das Experiment den gewünschten Erfolg. Die Kinder galten als geheilt. Allerdings erkrankten von den behandelten Kindern zwei im Jahr 2002 an Leukämie.[139]

1.4.3 Anwendung von DNA-Typisierungen

Mit Hilfe gentechnischer Methoden lassen sich charakteristische DNA-Profile erstellen, welche beispielsweise in der Forensik die Identifikation von Personen durch „die Analyse von DNA aus Haaren, Blutflecken und anderem Tatortmaterial“[140] ermöglichen. Die als *DNA-Fingerprinting*, *DNA-Profiling* oder *DNA-Typisierung* bekannten Verfahren beruhen auf dem Nachweis von Sequenzpolymorphismen. Dabei handelt es sich um DNA-Sequenzen, die von Individuum zu Individuum variieren. So enthält das Genom eines jeden Organismus Sequenzen, die wiederholt hintereinander geschaltet sind.[141] Je nachdem wie lange diese Sequenzabschnitte sind, spricht man von Minisatelliten oder Mikrosatelliten.[142] Während sich bei Mikrosatelliten die Anzahl der jeweiligen Wiederholungseinheiten von Person zu Person unterscheidet,

[136] Vgl. Stamatiadis-Smidt & zur Hausen (Hrsg.) (1998), S. 161f.
[137] Vgl. Stamatiadis-Smidt & zur Hausen (Hrsg.) (1998), S. 163.
[138] Vgl. Stollorz (1999), S. 24.
[139] Vgl. Koch (2002), S. A3293.
[140] Brown (2002), S. 363.
[141] Vgl. Brown (2002), S. 363.
[142] Minisatelliten werden auch VNTRs (variable number of tandem repeats) und Mikrosatelliten STRs (short tandem repeats) genannt. Minisatelliten sind zwischen 10 und 100 Nukleotide, Mikrosatelliten zwischen 2 und 6 Nukleotide lang. Vgl. Reineke (2004), S. 105.

haben Minisatelliten die Eigenschaft, dass ihre Lage im Genom variabel ist und man sie bei unterschiedlichen Menschen an unterschiedlichen Positionen findet.[143]

Die erste Methode der DNA-Typisierung, die Mitte der 1980er-Jahre von JEFFREYS entwickelt wurde, basiert auf der RFLP-Analyse durch Southern Blot und der Analyse von Minisatelliten. Dabei wird die zu untersuchende DNA einem vollständigen Restriktionsverdau unterzogen, gelelektrophoretisch aufgetrennt und geblottet. Bei der anschließenden Detektion von Fragmenten auf dem Southern Blot werden Sonden mit der Sequenz der Minisatelliten verwendet und damit die Fragmente sichtbar gemacht, die diese Sequenzen enthalten. Weil diese Sequenzen an Stellen im Genom eingebaut sind, die von Individuum zu Individuum variieren, erhält man für unterschiedliche Personen unterschiedliche Bandenmuster.[144]

Die heute zur Verfügung stehende leistungsfähigere Technik der DNA-Typisierung beruht auf der PCR und der Analyse von Mikrosatelliten. Unter Verwendung von Primern, die rechts und links von der Mikrosatelliten-Sequenz binden, werden diese mit Hilfe der PCR gezielt amplifiziert. Abhängig von der Anzahl der Wiederholungseinheiten der Mikrosatelliten-Sequenz erhält man individuell verschiedene DNA-Fragmente, die nach der gelelektrophoretischen Auftrennung ein individuelles Bandenmuster ergeben.[145] In der Praxis werden bei forensischen DNA-Analysen ungefähr fünf unterschiedliche Mikrosatelliten untersucht. Die Wahrscheinlichkeit, dass zwei Personen ein identisches DNA-Profil aufweisen, liegt – abhängig von der Anzahl der verwendeten Mikrosatelliten – zwischen 1:100000 und 1:1 Milliarde.[146]

Seit 1990 werden genetische Fingerabdrücke als Beweismittel in Strafverfahren anerkannt, allerdings dürfen hierbei nur nicht-codierende Bereiche der Erbsubstanz verwendet werden.[147]

Da Sequenzpolymorphismen nach den Mendelschen Regeln vererbt werden, können mit Hilfe des Verfahrens außerdem Verwandtschaftsnachweise geführt werden. Außerdem findet das Verfahren in der Archäologie und der Lebensmittelanalytik Verwendung.[148]

[143] Vgl. Brown (2002), S. 364; Reineke (2004), S. 105.
[144] Vgl. Brown (2002), S. 364.
[145] Vgl. Brown (2002), S. 365f.; Reineke (2004) S. 105f.
[146] Vgl. Campbell & Reece (2003), S. 463.
[147] Vgl. Schmitter (1998), S. 60.
[148] Vgl. Brown (2002), S. 363, 367.

1.4.4 Herstellung rekombinanter pharmazeutischer Proteine

Nach dem Vorbild der von BOYER und COHEN durchgeführten Genklonierung lassen sich therapeutisch wirksame Proteine herstellen.[149] Hierzu werden die für entsprechende Proteine codierenden Gene in Wirtszellen übertragen. In diesen Wirtszellen ist dann die Produktion der entsprechenden Proteine möglich.[150] Inzwischen werden weltweit über ein Viertel aller auf dem Markt befindlichen Arzneimittel mit Hilfe der Bio- und Gentechnologie produziert, der Anteil in Deutschland liegt bei ungefähr sechs Prozent.[151] Häufig bietet die Gentechnik die einzige praktikable Möglichkeit, therapeutische Proteine in ausreichender Menge und Reinheit herzustellen. Neben Wirkstoffen für die Substitutionstherapie können mit Hilfe rekombinanter DNA-Techniken außerdem andere therapeutische Proteine, wie beispielsweise Antikörper oder Impfstoffe, erzeugt werden.[152]

Somatostatin wurde 1977 als erstes therapeutisches Protein in Bakterienzellen erzeugt, 1979 gelang die bakterielle Synthese der A- und B-Kette des Insulins. Gentechnisch erzeugtes Insulin kam als erstes biopharmazeutisches Produkt 1982 auf den Markt.[153] Rekombinantes Somatotropin folgte 1986. Ende der 1970er Jahre war es außerdem gelungen, das menschliche Interferon-Gen zu isolieren, 1981 starteten die ersten Versuche, ein in rekombinanten Bakterien erzeugtes Interferon am Menschen zu erproben.[154]

Gentechnisch erzeugte Impfstoffe für Mensch und Tier gibt es seit Mitte der 1980er Jahre. Der gentechnisch hergestellte Impfstoff gegen Hepatitis B für den Menschen wurde in den USA 1986, in Deutschland 1988 zugelassen. Bis Februar 2006 kamen in Deutschland 115 Medikamente auf der Basis von 84 rekombinanten Wirkstoffen auf den Markt.[155]

Während einfache Proteine, wie Insulin und Wachstumshormon, aus transgenen Bakterienzellen gewonnen werden können, müssen komplexere tierische und menschliche Proteine, wie der Gewebeplasminogen-Aktivator, Erythropoietin und der Faktor VIII, in eukaryotischen Hefe-, Insekten- oder Säugetierzellen hergestellt werden.[156]

---

[149] Siehe Abschnitt 1.3.1.

[150] Allerdings müssen die Gene an das Expressionssystem der Wirtszellen angepasst werden. So müssen Kontrollelemente in die Vektor-DNA eingebaut werden, durch die die Wirtszellen in die Lage versetzt werden, das Genprodukt des Vektors zu produzieren. Vgl. Brown (2002), S. 302ff.

[151] Vgl. Dorfmüller (2004/2005), S. 38.

[152] Vgl. Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.) (2001b), S. 18.

[153] Vgl. Renneberg (2007), S. 71ff.

[154] Vgl. Pestka (1983), S. 60

[155] Vgl. Verband forschender Arzneimittelhersteller (Hrsg.) (2006), S.12f., 19.

[156] Diese Proteine enthalten neben dem Proteinanteil noch Modifikationen, wie Zuckerreste, Phosphatgruppen und Nukleotidgruppen. Prokaryoten können mit ihrer zellulären Ausstattung diese Proteine nicht herstellen. Auch in Hefen können bestimmte Proteinmodifikationen nicht hergestellt werden, in diesem Fall muss auf Säugerzellen zurückgegriffen werden. Vgl. Renneberg (2007), S. 78f.; siehe Abschnitt 1.3.1.2.

Eine Alternative dazu bietet die Produktion in Säugetieren. Beim so genannten *gene pharming* versucht man, besonders komplexe Proteine in transgenen Tieren zu erzeugen.[157] 1987 gelang erstmals die Produktion des Gewebeplasminogen-Aktivators in transgenen Mäusen. Diese gaben ihn mit der Milch ab.[158] Das transgene Schaf Tracy, welches das humane α-1-Antitrypsin in der Milch erzeugt, wurde 1991 vorgestellt.[159] Pharmazeutisch wirksame Proteine konnten mittlerweile auch in Schweinen, Rindern oder Ziegen gewonnen werden.[160] So ist es bereits gelungen Laktoferrin in Milchdrüsen der Nachkommenschaft eines transgenen Bullen zu erzeugen.[161]
Anfang der 1990er Jahre wurde außerdem versucht, humanes Hämoglobin in transgenen Schweinen zu exprimieren. Aus dem Blut dieser Schweine konnten jedoch nur Mischformen aus humanem Hämoglobin und Schweinehämoglobin gewonnen werden.[162]
Zahlreiche Forschungsprojekte beschäftigen sich mit der Herstellung pharmazeutisch bedeutender Proteine in transgenen Tieren, einige befinden sich bereits in klinischer Prüfung.[163] Im August 2006 erteilte die Europäische Arzneimittelagentur die Zulassung für das erste, durch *gene pharming* erzeugte Medikament: *ATryn* wird aus transgenen Ziegen gewonnen.[164]
Auch die Erzeugung wichtiger pharmazeutischer Wirkstoffe in transgenen Pflanzen ist in experimentellen Systemen bereits gelungen. 1989 glückte die Expression von Antikörpern in transgenen Pflanzen, 1992 wurde mit einem Hepatitis B-Oberflächen-Antigen der erste Impfstoff in Pflanzen produziert. Über einen klinischen Test mit aus Pflanzen gewonnen Impfstoffen wurde 1998 erstmals berichtet.[165]

[157] Mit *pharming* wird die Produktion pharmazeutischer Produkte und mit *farming* ein pflanzliches Produktionssystem beschrieben. Vgl. De Kathen (2001), S. 5.
[158] Vgl. Velander, Lubon & Drohan (1997), S. 72.
[159] Vgl. Idel (1992), S. 25.
[160] Vgl. Niemann (1997), S. 151.
[161] Ende der 1980er Jahre wurden von der holländischen Firma GenePharming 2400 Rinderembryonen Gene für Laktoferrin übertragen. Aus dieser Versuchsreihe ging ein transgener Bulle hervor, 1996 produzierten Töchter dieses Bullen Lactoferrin in den Milchdrüsen. Vgl. Renneberg (2007), S. 209ff.
[162] Vgl. Niemann (1997), S. 163.
[163] Vgl. Menrad, Gaisser, Hüsing & Menrad (2003), S. 35.
[164] Vgl. Möhring (2007), S. 31.
[165] Vgl. De Kathen (2001), S. 17.

1.4.5 Gentechnik in der Landwirtschaft

Innerhalb der landwirtschaftlichen Tier- und Pflanzenzucht haben gentechnische Methoden bereits einen festen Stellenwert. Genanalytische und gendiagnostische Verfahren erlauben in der Tierzucht eine gezielte Abstammungskontrolle von Zuchttieren, eine Erbfehlerdiagnostik und die schnelle Erfassung von genetisch bedingten Qualitätsmerkmalen, wie beispielsweise der Milchleistung von Kühen. Außerdem können – wie beim Menschen auch – Infektionskrankheiten schnell und sicher diagnostiziert werden.[166] Inzwischen werden auch Impfstoffe und Medikamente, welche die Bekämpfung ökonomisch bedeutsamer Tierseuchen erlauben, teilweise schon gentechnisch hergestellt.[167] Seit 1985 gibt es beispielsweise einen gentechnisch erzeugten Impfstoff gegen die Maul- und Klauenseuche.[168]

Das Interesse kommerzieller Tierzüchter an gentechnischen Methoden wurde 1982 geweckt, als gezeigt werden konnte, dass eine transgene Maus, die ein Wachstumshormon der Ratte trägt, größer wird als ihre nicht-transgenen Geschwister. Diese Entdeckung eröffnete die Perspektive, landwirtschaftliche Nutztiere mit besseren Marktchancen zu produzieren. Die Steigerung der Größe oder die Verminderung der Krankheitsanfälligkeit schien mit gentechnischen Verfahren schneller und gezielter erreichbar zu sein, als mit herkömmlichen Züchtungsmethoden.

Es folgten innerhalb weniger Jahre Berichte über transgene Nutztiere, wie Schweine, Schafe, Ziegen, Rinder und Hühner[169], allerdings hat der Einsatz gentechnischer Verfahren in der deutschen landwirtschaftlichen Tierzucht bislang keine Bedeutung.[170] International wird vor allem an der Erzeugung transgener Fische zur fischwirtschaftlichen Nutzung gearbeitet. So sollen transgene Fische der Ernährungssicherung dienen. Zuchtziele sind ein beschleunigtes Größenwachstum und die Übertragung von Resistenzgenen gegen Krankheiten und Kälte.[171]

In der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion stehen gendiagnostische Tests für den schnellen und gezielten Nachweis von Krankheitserregern zur

[166] Vgl. Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.) (2001b), S. 38.
[167] Vgl. Griesinger (1997), S. 109.
[168] Vgl. Renneberg (2007), S. 138f.
[169] Vgl. Schenkel (2006), S. 174ff.
[170] Vgl. Menrad, Gaisser, Hüsing & Menrad (2003), S. 59.
[171] Gentechnische Veränderungen bei Fischen sind einfacher durchzuführen als bei Säugetieren, weil die Befruchtung der Eier und die Entwicklung der Fischembryonen nicht im Muttertier, sondern am Gewässergrund stattfinden. Die Eier können dort leicht entnommen und direkt verändert werden. Bisher wurden bereits über 30 Fischarten gentechnisch verändert. Obgleich einige transgene Fischarten bereits Marktreife erlangt haben, sind sie bisher nur als Aquarienfische in Taiwan und in den USA zugelassen worden. Vgl. Renneberg (2007), S. 211ff.

Verfügung. Außerdem kann mit Hilfe gendiagnostischer Verfahren eine gezielte Auslese von Pflanzen, die zur Weiterzucht geeignet sind, erfolgen.[172]
Der Einsatz von Gentransfermethoden in der Pflanzenzucht verfolgt dieselben Ziele wie die konventionelle Züchtung. So geht es beispielsweise um die Bildung von Resistenzen oder Toleranzen gegen Herbizide, Pflanzenschädlinge oder umweltbedingte Stressfaktoren, wie Hitze, Kälte, Trockenheit oder Böden mit erhöhten Schwermetall- bzw. Salzkonzentrationen. Daneben wird auch auf eine Veränderung der Produktqualität abgezielt. So können Pflanzen mit bestimmten Inhaltsstoffen angereichert werden. Ein Beispiel hierfür ist der *Golden Rice*, der, im Gegensatz zu herkömmlichem Reis, Beta-Carotin in hoher Konzentration enthält.
Durch das gezielte Ausschalten einzelner Gene können Pflanzen von unerwünschten Eigenschaften befreit werden. Die hierzu verwendete Antisense-Technik basiert auf der Eigenschaft komplementärer Nukleinsäuren, sich zusammenzulagern. Diese Technik wurde erfolgreich zur Herstellung der *Anti-Matsch-Tomate* (FlavrSavr™-Tomate) eingesetzt.[173]
Transgene Pflanzen können auch zur Synthese von Wertstoffen verwendet werden. Beispielsweise wurden 1992 Pflanzen vorgestellt, welche einen biologisch abbaubaren Kunststoff synthetisieren.[174] Auch transgene Kartoffeln, die besonders gut zur Leim- und Kleisterherstellung geeignet sind, wurden bereits versuchsweise in Deutschland und in den Niederlanden angebaut.[175]
Um die gewünschten Eigenschaften zu erreichen, werden Gene eingeklont, die diese Eigenschaften vermitteln. Für den Gentransfer stehen unterschiedliche Verfahren zur Verfügung. Dabei kommt zum Beispiel das Ti-Plasmid des *Agrobacterium tumefaciens* bei zweikeimblättrigen Pflanzen in Frage.[176] Die 1987 entwickelte biolistische Transformation und die Protoplastentransformation sind weitere Methoden der Transformation von Pflanzen.[177]
1985 wurden in den USA die ersten herbizidresistenten Pflanzen hergestellt, ein Jahr später lagen die ersten virusresistenten Pflanzen und 1987 die ersten

[172] Diese Auslese kann bereits bei sehr jungen Pflanzen erfolgen, was zeit- und kostensparend ist. Vgl. Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.) (2001a), S. 28.
[173] Bei der Tomate ist das Gen für die Polygalakturonidase für das Matschigwerden verantwortlich. Während der Genexpression wird eine m-RNA gebildet, nach deren Vorlage an den Ribosomen die Aminosäuresequenz der Polygalakturonidase erzeugt wird. Schleust man nun ein synthetisch hergestelltes Gen ein, das in eine zur m-RNA der Polygalakturonidase komplementäre RNA kopiert wird, lagern sich beide m-RNA's zusammen. Auf diese Weise wird die m-RNA der Polygalakturonidase abgefangen, bevor sie an die Ribosomen gelangen und dort in die Aminosäuresequenz der Polygalakturonidase umgewandelt werden kann. Vgl. Kempken & Kempken (2004), S. 125ff.
[174] Vgl. Kempken & Kempken (2004), S. 16.
[175] Vgl. Minol & Sinemus (2004/2005), S. 42.
[176] Siehe Abschnitt 1.3.1.2.
[177] Bei der biolistischen Transformation werden intakte Pflanzenzellen mit DNA-beschichteten Gold- oder Wolframkügelchen beschossen, bei der Protoplastentransformation werden zellwandlose Pflanzenzellen (Protoplasten) hergestellt. Der DNA-Durchtritt durch die Zellmembran wird durch Polyethylenglykol oder kurze Stromstöße vermittelt. Vgl. Kempken & Kempken (2004), S. 94ff.

insektenresistenten Pflanzen vor. Erste Freisetzungsexperimente mit transgenen Pflanzen fanden in den USA bereits 1986 und in Deutschland 1991 statt. 1988 konnte die Fruchtreife bei Tomaten kontrolliert werden. Die *Anti-Matsch-Tomate* kam als erstes gentechnisch verändertes pflanzliches Produkt 1994 auf den Markt. 1998 waren bereits 48 transgene Pflanzen bzw. deren Produkte zugelassen.[178] Zwischen 1996 und 2003 nahm die Anbaufläche von transgenen Pflanzen um das 40fache zu.[179]

In der EU bestand seit 1998 ein De-facto-Moratorium gegen die Zulassung gentechnisch veränderter Organismen. So hatten sich die Agrarminister der Mitgliedsstaaten darauf verständigt, erst dann wieder gentechnisch veränderte Pflanzen für Anbau oder Import zu genehmigen, wenn neue Rechtsvorschriften in Kraft getreten seien. Als 2001 das Europäische Parlament eine europaweite Freisetzungsrichtlinie für transgene Nutzpflanzen billigte, wurden wieder Genehmigungsverfahren für gentechnisch veränderte Organismen aufgenommen. Zwei weitere EU-Verordnungen, die im Jahr 2003 rechtskräftig wurden, führten zur Aufhebung des Moratoriums und zur Zulassung transgener Sorten in der EU.[180]

Ein prominentes Beispiel einer insektenresistenten Pflanze, die bereits seit 1998 in Deutschland zu Versuchszwecken und seit 2005 kommerziell in Deutschland angebaut werden darf, ist der Bt-Mais. Diesem Mais wurden Gene von *Bacillus turingiensis* eingeklont. Die stäbchenförmigen Bakterien produzieren Bt-Toxin, welches spezifisch gegen bestimmte Schadinsekten gerichtet ist. Bt-Präparate werden seit Jahren als Pflanzenschutzmittel gegen Insekten eingesetzt. Die mit dem Gen für das Bt-Toxin versehenen Pflanzen produzieren das Gift nun selbst und verfügen so über einen eigenen Fraßschutz.[181]

[178] Vgl. Kempken & Kempken (2004), S. 15f.
[179] So betrug diese 1996 1,7 Mio. Hektar, 2003 67,7 Mio. Hektar. Vgl. Brandt (2004), S. 290.
[180] Vgl. Busch (2004/2005), S. 12.
[181] Vgl. Renneberg (2007), S. 190; Langenbruch, Hassan, Büchs, Burgermeister, Freier & Hommel (2006), S. 10.

1.4.6 Gentechnik in der Lebensmittelproduktion

Gentechnische Methoden sind sowohl bei der Erzeugung als auch bei der Kontrolle von Lebensmitteln von Bedeutung.

So werden in der Lebensmittelüberwachung DNA-gestützte Diagnose- und Analyseverfahren zur Art- und Herkunftsbestimmung von Pflanzen- und Tierarten in Lebensmitteln[182] sowie zur schnellen und sicheren Diagnose von Krankheitserregern und lebensmittelverderbenden Keimen eingesetzt. Außerdem können mit Hilfe von DNA-Analyseverfahren gentechnische Veränderungen in Lebensmitteln detektiert werden.[183]

Die gentechnische Lebensmittelerzeugung umfasst sowohl den Bereich der lebensmittelrelevanten landwirtschaftlichen Urproduktion als auch die Herstellung gentechnisch veränderter Mikroorganismen für die Lebensmittelverarbeitung.[184] Um letztgenannten Bereich der Lebensmittelerzeugung soll es an dieser Stelle schwerpunktmäßig gehen, da die gentechnische Erzeugung von Agrarprodukten bereits thematisiert wurde.

Mikroorganismen, wie Milchsäurebakterien oder Hefepilze, sind in der Lebensmittelerzeugung von immenser Bedeutung. Sie sind unmittelbar bei der Herstellung über eines Viertels unserer Lebensmittel, darunter Käse, Jogurt, Rohwürste und Brot, beteiligt.[185] So leiten sie als Starterkulturen Gärprozesse ein und dienen dabei der Produktion fermentierter Lebensmittel mit definierten Eigenschaften oder hemmen als Schutzkulturen die Vermehrung von Krankheits- und Verderbniserregern während des Herstellungsprozesses. Gentechnisch veränderte Starterkulturen könnten beispielsweise zur Vereinfachung des mikrobiologischen Geschehens durch Kombination von Eigenschaften in einem einzigen Organismus oder zur Erhöhung der Produktsicherheit und der Lebensmittelhygiene führen. Eine gentechnisch erzeugte erhöhte Resistenz der eingesetzten Mikroorganismen gegen Viren könnte sich außerdem positiv auf die Prozesssicherheit auswirken.[186]

Neben Mikroorganismen selbst kommen auch deren Stoffwechselprodukte, wie beispielsweise Enzyme, in der Lebensmittelerzeugung zum Einsatz. Enzyme stehen im Dienste einer schonenden und werterhaltenden Nahrungsmittelproduktion. So wird das Enzym Chymosin bei der Herstellung vieler Käsesorten eingesetzt. Chymosin wurde ursprünglich aus Kälbermägen gewonnen. Die weltweit steigende Käseproduktion führte in den vergangenen Jahren zu einem Chymosinmangel. Deshalb musste auf andere mikrobielle

[182] So kann mit Hilfe gentechnischer Analysemethoden festgestellt werden, ob in Lebensmitteln auch die Rohstoffe enthalten sind, die deklariert werden. Vgl. Menrad, Gaisser, Hüsing & Menrad (2003), S. 175.
[183] Vgl. Menrad u.a. (2003), S. 173ff.
[184] Vgl. Menrad u.a. (2003), S. 169.
[185] Vgl. Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.) (2001b), S. 41.
[186] Vgl. Menrad u.a. (2003), S. 186f.

milchgerinnende Enzyme zurückgegriffen werden, deren Eignung zur Käseherstellung hinsichtlich Ausbeute und Geschmack aber deutlich hinter Chymosin zurückblieb.[187] Seit 1988 wird Chymosin mit Hilfe gentechnisch veränderter Hefen hergestellt. Um die rekombinanten Hefestämme zu erzeugen, wurde das Chymosingen aus Schleimhautzellen des Labmagens von Kälbern isoliert und auf Hefezellen übertragen. Gentechnisch hergestelltes Chymosin ist in vielen Ländern, seit 1997 auch in Deutschland, zugelassen. Inzwischen sind über 40 Enzympräparate aus gentechnisch veränderten Mikroorganismen kommerziell erhältlich.[188]

Gentechnische Verfahren ermöglichen auch die Konstruktion von Enzymen mit veränderten Eigenschaften. Durch gezielte Veränderungen am jeweiligen Gen können die natürlichen Eigenschaften eines Enzyms, wie beispielsweise die Temperaturempfindlichkeit oder das pH-Optimum, verändert und Enzyme so an die technischen Prozessbedingungen angepasst werden. Inzwischen sind erste Anwendungen im Lebensmittelbereich in der Entwicklung. So konnte eine Glukose-Isomerase mit erhöhter Temperaturstabilität für den Einsatz in der Stärkeverzuckerung hergestellt werden.[189]

Neben Enzymen werden auch Lebensmittelzusatzstoffe, wie beispielsweise Süßstoffe, Aromen, Vitamine oder Emulgatoren, mit Hilfe gentechnisch veränderter Mikroorganismen hergestellt. [190]

1.4.7 Gentechnik im Dienste der Umwelt

Biotechnologische und insbesondere auch gentechnische Verfahren ermöglichen den Schutz der Umwelt durch Schonung von Ressourcen, den wirkungsvollen Abbau von Schadstoffen und eine vorsorgende Vermeidung von Umweltbelastungen.[191]

Beispielsweise können Umweltbelastungen, die bislang durch die industrielle Anwendung physikalischer oder chemischer Verfahren entstanden sind, durch den Einsatz herkömmlicher und gentechnisch veränderter Mikroorganismen und Enzyme reduziert werden.[192] So übernehmen Enzyme innerhalb der industriellen Produktion häufig Produktionsschritte, die unter konventionellen Bedingungen nur mit giftigen Chemikalien oder unter hohen Temperatur- oder Druckverhältnissen möglich sind.[193] Der Einsatz rekombinanter Bakterien-

[187] Vgl. Pabst, Geis & Bockelmann (1998), S. 24.
[188] Vgl. Menrad, Gaisser, Hüsing & Menrad (2003), S. 179.
[189] Vgl. Menrad u.a. (2003), S. 179.
[190] Vgl. Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.) (2001b), S. 41.
[191] Vgl. Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.) (2001b), S. 45.
[192] Dies gilt für die Nahrungsmittel- und Pharmaindustrie und auch für die Produktion chemischer Grundstoffe. Vgl. Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.) (2001b), S. 43ff.
[193] Beispielsweise erfolgt in der konventionellen Papierindustrie die Trennung des Papierrohstoffes Zellulose von den übrigen Holzbestandteilen mit starken Säuren oder Basen oder mit hoher

stämme zur Enzymproduktion kann zur Steigerung der Enzymausbeute führen und damit viele Herstellungsverfahren erst wirtschaftlich machen. Die damit verbundene Schonung der Ressourcen kommt direkt der Umwelt zugute.

Die vielfältigen Stoffwechselleistungen von Mikroorganismen eröffnen grundsätzlich die Möglichkeit, diese zur Sanierung kontaminierter Böden und Abwässer oder der Luft zu verwenden. Bisher werden hierfür natürlich vorkommende oder durch Auslese und Züchtung optimierte Mikroorganismen verwendet. Allerdings können viele giftige Verbindungen durch natürlich vorkommende Mikroorganismen nicht oder nur unzureichend abgebaut werden. Deshalb wird intensiv daran gearbeitet, mit Hilfe gentechnischer Verfahren Stämme mit speziellen Abbauleistungen für belastende Stoffe zu entwickeln.[194]

Inzwischen wurden außerdem gentechnisch veränderte Pflanzen hergestellt, die einen Beitrag zur Sanierung kontaminierter Böden leisten können. Das gängige Verfahren der Bodensanierung ist zunächst die Abtragung der Erde. Anschließend muss die Erde entweder verbrannt oder in Bioreaktoren mit Hilfe von Mikroorganismen entgiftet werden. Eine Alternative zu diesem teuren und für die Ausführenden gefährlichen Verfahren ist die Beseitigung von Giftstoffen mit Hilfe gentechnisch veränderter Pflanzen. Beispielsweise wurden 1999 Tabakpflanzen erzeugt, die TNT in ihrem Wurzelbereich in harmlose Verbindungen umwandeln können. Auch transgene Pappeln wurden inzwischen gezüchtet, die cadmiumverseuchte Böden entgiften können.[195]

Gentechnische Verfahren eröffnen darüber hinaus die Perspektive, Wertstoffe in gentechnisch veränderten Organismen herzustellen. Bereits 1992 wurden erste Pflanzen vorgestellt, welche das Biopolymer *Polyhydroxybuttersäure* synthetisieren. Dieser Stoff kann bei der Kunststoffherstellung verwendet werden und ist biologisch abbaubar. Auch die Herstellung transgener Kartoffeln, die besonders gut zur Leim- und Kleisterherstellung geeignet sind, ist bereits gelungen. [196]

Temperatur unter hohem Druck. Die enzymatische Trennung von Cellulose von den übrigen Holzstoffen mit Hilfe der Xylanasen ist wesentlich umweltschonender. Vgl. Regenass-Klotz (2000), S. 133 ff.

[194] Vgl. Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.) (2000), S. 52f.; Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.) (2001b), S. 43ff.

[195] Vgl. Sinemus & Minol (2004/2005), S. 49.

[196] Vgl. Kempken & Kempken (2004), S. 16, 151.

1.5 Gentechnik als Herausforderung für Ethik und Moral

Die Handlungsmöglichkeiten der Gentechnik machen das Leben selbst zum Gegenstand technischer Umgestaltung. Sie berühren damit grundsätzliche Fragen des menschlichen Selbst- und Weltverständnisses und führen zu einer ganzen Reihe neuartiger moralischer und ethischer Fragestellungen.

Qualitativ neu an der Gentechnik „ist die Eingriffstiefe, die Möglichkeit, zugleich eine Zeitumkehr und eine Zeitbeschleunigung in der Evolution anzurichten, die Variabilität, die Vielseitigkeit, die Präzision und die Schnelligkeit, die die Gentechnik z.B. gegenüber konventionellen Züchtungsverfahren bei Pflanzen und Tieren aber auch in der schnellen Ablösung diagnostischer Methoden, an den Tag legt.“[197] Angesichts dieser Eingriffstiefe stellen sich grundlegende Fragen nach der Berechtigung zur und den Grenzen der genetischen Manipulation von Leben.[198] So verursacht die Möglichkeit des gezielten Eingriffs in die naturale Basis des Lebens „Bedenken gegenüber der Herabsetzung von Lebewesen und Naturprozessen zu einer bloßen Ressource für eine rein zweckorientierte, möglichst effiziente Bedürfnisbefriedigung des Menschen“[199] und transformiert jede Debatte um Gentechnik zu einer Auseinandersetzung mit moralischen Vorstellungen über Gesellschaft und Moderne.[200] In diesem Zusammenhang wird diskutiert, ob die Gentechnik einen Eingriff in die Natur als Schöpfung darstellt und sich demzufolge an der Schöpfung vergreift.[201]

Moralische Fragen werden nach CHRISTA RUNTENBERG in allen Bereichen der Gentechnik relevant,[202] allerdings sind unterschiedliche Forschungs- und Anwendungsbereiche mit unterschiedlichen Problemen verbunden und entsprechend differenziert zu betrachten. Selbst eine ethische Bewertung eines kompletten Forschungs- und Entwicklungsbereiches, wie beispielsweise der grünen Gentechnik, kann nicht generalisierend vorgenommen werden.[203]

So stehen im Zusammenhang mit gentechnischen Anwendungen am Menschen neben der prinzipiellen Frage, ob Eingriffe in die naturale Basis des Menschen zulässig sind, medizinische Sicherheitsbedenken, potenzielle Gefahren für die Autonomie des Individuums und soziale Folgeprobleme im Zentrum der Diskussion.[204] Einerseits erweitern gentechnische Eingriffe am Menschen das Repertoire der Medizin in Therapie und Diagnostik, andererseits berühren sie Grundfragen der Menschenwürde. Im Zusammenhang mit

[197] Mieth (2002), S. 3.
[198] Vgl. Elstner (1997), S. 2.
[199] Runtenberg (2001a), S 26.
[200] Vgl. Renn (2005), S. 34.
[201] Vgl. Winnacker, Rendtorff, Hepp, Hofschneider & Korff (2002), S. 16.
[202] Vgl. Runtenberg (2001a), S. 115.
[203] Vgl. Busch (2004/2005), S. 14f.
[204] Vgl. Runtenberg (2001a), S. 116.

der Präimplantationsdiagnostik und der Keimbahntherapie stellt sich etwa die Frage nach dem moralischen Status und der Schutzwürdigkeit von Embryonen mit besonderem Nachdruck. Gentechnische Verfahren, am Menschen angewendet, werden nicht selten mit Menschenzüchtungsversuchen in Verbindung gebracht und verursachen Ängste vor dem gläsernen Menschen.[205]

Im landwirtschaftlichen Anwendungsbereich geht es – neben dem prinzipiellen Recht auf Eingriff in die Natur der Pflanzen oder Tiere – um das Risiko der Freisetzung transgener Organismen. Im Anwendungsbereich Pflanzenzucht werden in ökologischer Hinsicht unter anderem Fragen der Sortenvielfalt, Biodiversität und Resistenzbildungen diskutiert,[206] im Anwendungsbereich Tierzucht stehen die Konsequenzen gentechnischer Eingriffe für Tiere im Zentrum; die Abwägung zwischen dem Leid der Tiere und dem Nutzen des Menschen ist ein wichtiges Thema.[207]

Im Bereich der Grundlagenforschung ergeben sich ethische Probleme aus dem Konflikt zwischen Forschungsfreiheit einerseits und dem erhofften Nutzen bzw. den Risiken andererseits, während der Einsatz gentechnischer Verfahren in der Industrie, wie beispielsweise in der Lebensmittel-, Pharma- oder Waschmittelindustrie, die moralische Frage nach der Sicherheit der Produkte oder Fragen der Kennzeichnung gentechnisch hergestellter Lebensmittel aufwirft.[208]

[205] Vgl. Runtenberg (2001a), S. 26.
[206] Vgl. Busch (2004/2005), S. 14f.
[207] Vgl. Wulff (1999), S. 218f.
[208] Vgl. Runtenberg (2001a), S. 115.

1.6 Gentechnik in der öffentlichen Diskussion

Angesichts der moralischen Implikationen gentechnischer Verfahren gehört die Gentechnik begreiflicherweise zu den umstrittensten Technologien der Gegenwart und ist seit ihrer Entstehung vor über dreißig Jahren Gegenstand öffentlicher Kontroversen und Debatten.[209] Dabei ist die gesellschaftliche Auseinandersetzung noch immer von einer tiefen Spaltung zwischen Befürwortern und Gegnern geprägt.[210]
Mit zunehmendem Einsatz der Gentechnik in unterschiedlichsten Bereichen haben sich die öffentlichen Kontroversen und Debatten verändert. TORGENSEN U.A. unterscheiden im Verlauf der öffentlichen Debatte um die Gentechnik unterschiedliche Phasen, die von unterschiedlichen Leitthemen geprägt sind:

- Phase 1, seit 1973: Wissenschaftliche Forschung
- Phase 2, seit 1978: Wettbewerbsfähigkeit, gesellschaftlicher Widerstand und gesetzliche Regelungen
- Phase 3, seit 1990: Europäische Integration
- Phase 4, seit 1996: Erneuter Widerstand der Konsumenten[211]

Innerhalb der ersten Phase war die Gentechnik als rein wissenschaftliche Methode auf Laboratorien beschränkt, an praktische Anwendungen war noch nicht zu denken. Die innerhalb dieses ersten Zeitraums geführten Diskussionen drehten sich vor allem um mögliche Sicherheitsrisiken gentechnischer Experimente, wobei die Debatten um die Gentechnik hauptsächlich von Wissenschaftlern geführt wurden und so weitgehend auf Fachkreise begrenzt waren.[212]

In den 1980er Jahren gelangten die Diskussionen in die Öffentlichkeit. In dieser Zeit vollzog die Gentechnik den Schritt von der Grundlagenwissenschaft zur angewandten Wissenschaft, der eine große ökonomische Zukunftsfähigkeit zugewiesen wurde.[213] So gelang bereits Ende der 1970er Jahre die gentechnische Herstellung von Medikamenten in Mikroorganismen; gentechnisch erzeugtes Insulin kam 1982 auf den Markt.[214] Auch Enzyme für die Käseherstellung und Waschmittelindustrie wurden gentechnisch erzeugt.[215] Mitte der 1980er Jahre konnten herbizid-, virus- und insektenresistente

[209] Vgl. Hampel & Renn (1999), S. 8.
[210] Vgl. Hampel & Pfennig (1999), S. 28.
[211] Vgl. Thorgensen, Hampel, von Bergmann-Winberg, Bridgman u.a. (2002), S. 27; Hampel (2005), S. 78f.
[212] Vgl. Hampel (2005), S. 79f.; Zülicke (2000), S. 60.
[213] Vgl. Hampel (2005), S. 79f.
[214] Siehe Abschnitt 1.4.4.
[215] Siehe Abschnitt 1.4.6.

Pflanzen hergestellt werden; die ersten Feldversuche mit transgenen Pflanzen fanden 1986 in den USA statt.[216] Außerdem wurden in dieser Zeit erste, auf gentechnischen Methoden beruhende Testverfahren für Chorea Huntington und Duchenne-Muskeldystrophie entwickelt und der Plan der Sequenzierung des menschlichen Genoms entstand.[217]

Zu Beginn der 1980er Jahre wurden die anfänglichen Sicherheitsbedenken durch den ökonomischen Nutzen der Gentechnik überlagert. Gentechnisch hergestelltes Insulin wurde zum „Positiv-Fetisch“[218], das Insulin symbolisierte lange Jahre die positiven Möglichkeiten der Gentechnik.[219] Die ersten kontroversen Debatten entflammten sich an der Reproduktionsmedizin, die streng genommen nichts mit der Gentechnik zu tun hat. So standen in Deutschland zum einen ─ übereinstimmend mit den Fortschritten der Reproduktionsmedizin ─ Diskussionen um den Anwendungsbereich Mensch und damit Fragen der Genomanalyse, der Gentherapie sowie der verbrauchenden Embryonenforschung im Vordergrund. In diesem Zusammenhang entstanden Vorstellungen vom *Gläsernen Bürger* und vom *Menschen nach Maß.* Überdies wurden Fragen nach dem Wert des vorgeburtlichen oder behinderten menschlichen Lebens und eugenische Aspekte in Verbindung mit gentechnischen Verfahren am Menschen diskutiert.[220] Als Mitte der 1980er Jahre die Gentechnik auch von der Umweltbewegung aufgegriffen wurde, erweiterten sich die Debatten um die großtechnische Produktion in geschlossenen Systemen und um die Freisetzung gentechnisch veränderter Pflanzen. Die Risikodiskussion verlagerte sich dabei von technisch-naturwissenschaftlichen auf soziale, ökonomische und ökologische Risiken.[221]

Mitte der 1980er Jahre beschäftigten sich in Deutschland auf politischer Ebene Expertenrunden mit den neuen Möglichkeiten der Gentechnologie und der Reproduktionsmedizin. So wurden 1984 die Benda-Kommission und die Enquete-Kommission des Deutschen Bundestags *Chancen und Risiken der Gentechnologie* gebildet. 1985 legte die Bendakommission ihren Abschlussbericht vor, 1987 wurde der Abschlussbericht der Enquete-Kommission präsentiert. Die Arbeit dieser Einrichtungen führte zu Beginn der 1990er Jahre zur Verabschiedung zweier Gesetze. Das 1990 verabschiedete Gentechnikgesetz klammert den Bereich Humangenetik aus und enthält grundsätzliche Ausführungen für die Nutzung der Gentechnik. Das 1991 in Kraft getretene Embryonenschutzgesetz regelt den Umgang mit Embryonen und betrifft insofern auch gentechnische Eingriffe an Embryonen.[222]

---

[216] Siehe Abschnitt 1.4.5.
[217] Siehe Abschnitt 1.4.2.1.
[218] Brodde (1992), S. 217.
[219] Vgl. Brodde (1992), S. 217, 273 ff.
[220] Vgl. Zülicke (2000), S. 60.
[221] Vgl. Hampel (2000), S. 36.
[222] Vgl. Zülicke (2001), S. 41.

Da sich die nationalen Regelungen im Umgang mit der Gentechnik sehr unterschiedlich entwickelten, wurden 1990 von der EU-Kommission zwei Richtlinien zur Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen und zur Anwendung der Gentechnik in geschlossenen Systemen verabschiedet. Das Entscheidungszentrum verlagerte sich in diesen Fragen immer mehr zur Europäischen Union, was auch Auswirkungen auf die nationalen Diskussionen hatte. In den 1990er Jahren nahmen diese in den meisten europäischen Ländern, nicht zuletzt auch wegen des Zusammenbruchs des Sozialismus und den damit zusammenhängenden Problemen, ab.[223] Als in der ersten Hälfte der 1990er Jahre Verbraucher in Großbritannien zum ersten Mal mit Tomatenmark aus gentechnisch veränderten Tomaten konfrontiert wurden, blieben öffentliche Diskussionen aus.[224]

Mitte der 1990er Jahre änderte sich die Situation erneut. So führte die BSE-Krise zu einem Verlust an Vertrauen in die Produktion und Qualität von Lebensmitteln. Mitten in dieser Phase sich neu entfachender Debatten um die Lebensmittelsicherheit erreichten 1995/1996 die ersten Schiffe mit genverändertem Soja und Mais die europäischen Häfen. Infolgedessen bekam auch die Diskussion um die Gentechnik in Deutschland neuen Auftrieb. Dabei standen die Anwendung gentechnischer Verfahren in der Agrarindustrie und in der Lebensmittelproduktion sowie die Forderung nach einer Kennzeichnungspflicht gentechnisch erzeugter Lebensmittel im Vordergrund.[225]
Als die Erzeugung des Klonschafes Dolly 1997 Schlagzeilen machte, gewannen Fragen des Einsatzes gentechnischer Verfahren in der Reproduktionsmedizin innerhalb der öffentlichen Debatte an Bedeutung.[226] In diesem Zusammenhang wurden Themen wie Stammzellforschung, therapeutisches Klonen und Xenotransplantation neu diskutiert. Auch das 1999 in den Unterzeichnerländern in Kraft getretene europäische Menschenrechtsübereinkommen zur Biomedizin sorgte dafür, dass gentechnische Anwendungen am Menschen wieder vermehrt ins Blickfeld gerieten.[227] Die Veröffentlichung der Sequenz des menschlichen Genoms zu Beginn des Jahres 2001 und nicht zuletzt die Beschäftigung des Nationalen Ethikrates und einer Enquete-Kommission mit Fragen des Embryonenschutzes und der PID rückten die Anwendung gentechnischer Verfahren am Menschen wieder in den Mittelpunkt des öffentlichen Interesses.

[223] Vgl. Thorgensen, Hampel, von Bergmann-Winberg, Bridgman u.a. (2002), S. 58.
[224] Vgl. Thorgensen u.a. (2002), S. 60.
[225] Vgl. Hampel (2000), S. 39.; Zülicke (2000), S. 61.
[226] Vgl. Thorgensen u.a. (2002), S. 64f.
[227] Vgl. Ach & Runtenberg (2002), S. 187.

1.7 Zusammenfassung

- Bei der Gentechnik handelt es sich um eine Querschnittstechnologie, mit deren Hilfe es möglich geworden ist, die Erbanlagen aller Organismen zu identifizieren, zu isolieren und auf andere Organismen zu übertragen. Die Geburtsstunde der Gentechnik lässt sich auf den Beginn der 1970er Jahre datieren. Sowohl die Entdeckung der Restriktionsenzyme als auch erste Rekombinations- und Klonierungsexperimente haben die Gentechnik auf den Weg gebracht. In der Grundlagenforschung führen gentechnische Verfahren zu einem raschen Erkenntnisfortschritt. Dieser ist allerdings enger als je zuvor mit der Anwendung und industriellen Nutzung verzahnt. Die Methoden des Gentransfers und der Genanalyse eröffnen grundsätzlich neue Wege in unterschiedlichsten Bereichen. So führen gentechnische Methoden innerhalb der Humanmedizin zu grundlegenden Veränderungen der therapeutischen und diagnostischen Möglichkeiten. In der Landwirtschaft erlauben gentechnische Verfahren neben einer schnellen und gezielten Analyse von Schädlingen oder der Selektion von zur Zucht geeigneten Tieren oder Pflanzen die Erzeugung neuer Pflanzen und Tiere mit neuen Eigenschaften. Ebenso sind gentechnische Methoden in der Pharmaindustrie sowie der Lebensmittel- oder Umwelttechnologie fest etabliert. So wird eine Vielzahl von Medikamenten bereits mit Hilfe gentechnisch veränderter Zellen erzeugt. Gentechnisch hergestellte Enzyme finden in der Lebensmittelindustrie oder der industriellen Produktion bereits seit Jahren Verwendung. Dieser Vielfalt der Anwendungsmöglichkeiten muss durch eine differenzierte Bewertung der unterschiedlichen Anwendungsbereiche Rechnung getragen werden.

- Die Gentechnik ist seit ihrer Entstehung Gegenstand öffentlicher Diskussionen und Kontroversen. Die Möglichkeit der gezielten Veränderung der genetischen Information von Organismen weckt wie kein anderes Thema widersprüchliche Emotionen. Angesichts der Eingriffstiefe gentechnischer Verfahren stellen sich grundlegende Fragen nach Recht und Grenzen genetischer Manipulation von Leben. Damit führen Debatten um die Gentechnik zur Auseinandersetzung mit den moralischen Fundamenten von Gesellschaft und Moderne.

- Mit der Entwicklung hin zu einer Querschnittstechnologie haben sich auch die Diskussionen um die Gentechnik verändert. TORGENSEN U.A. beschreiben die Debattengeschichte in vier Phasen, die sich sowohl im Hinblick auf das Ausmaß der Diskussionen als auch hinsichtlich der vorherrschenden Themen unterscheiden.

In Tabelle 1 werden die wichtigsten wissenschaftlichen Ereignisse seit der Entstehung der Gentechnik den Veränderungen in der öffentlichen Debatte um die Gentechnik gegenübergestellt.

1972	▪ Erstmalige Herstellung einer rekombinanten DNA	**Phase der wissenschaftlichen Forschung** ▪ Diskussionen um Sicherheitsfragen stehen im Vordergrund
1973	▪ COHEN & BOYER erzeugen erste rekombinante Bakterien	
1975	▪ SANGER & COULSON stellen das erste Verfahren der direkten DNA-Sequenzanalyse vor ▪ Konferenz von Asimolar	
1977	▪ SANGER & COULSON und MAXAM & GILBERT stellen weitere Sequenzierungsmethoden vor ▪ Erzeugung von Somatostatin in Bakterienzellen	
1979	▪ Synthese von Insulin in transgenen Bakterien	
1980	▪ Entdeckung der Restriktionsfragmentlängen-Polymorphismen ▪ Durchführung einer ungenehmigten Gentherapie	**Phase der Wettbewerbsfähigkeit, der gesetzlichen Regelungen, des gesellschaftlichen Widerstands** ▪ Debatten über Gentherapie und Genanalyse im Zusammenhang mit der Reproduktionsmedizin ▪ Debatten über die großtechnische Produktion in geschlossenen Systemen ▪ Debatten über die Freisetzung gentechnisch veränderter Pflanzen
1981	▪ Testung von gentechnisch erzeugtem Interferon	
1982	▪ Gentechnisch erzeugtes Insulin kommt auf den Markt ▪ Erste transgene Maus mit Wachstumsgen der Ratte	
1983	▪ MULLIS entwickelt die Polymerase-Kettenreaktion ▪ Markergene für Chorea Huntington werden identifiziert ▪ Entschärfung des Ti-Plasmids	
1985	▪ JEFFREYS entwickelt ein Verfahren zur Herstellung eines genetischen Fingerabdruckes ▪ Gentechnisch erzeugter Impfstoff gegen Maul- und Klauenseuche ▪ Herstellung der ersten herbizidresistenten Pflanzen ▪ Idee für das Humangenom-Projekt (HGP) wird geboren	
1986	▪ Gentechnisch erzeugtes Somatotropin kommt auf den Markt ▪ In gentechnisch veränderten Bakterienzellen erzeugter Impfstoff gegen Hepatitis B kommt in den USA auf den Markt ▪ Erste Freisetzungsversuche mit transgenen Pflanzen in den USA ▪ Gentest für Duchenne-Muskeldystrophie	
1987	▪ Gentechnisch erzeugter Wachstumsfaktor kommt auf den Markt ▪ Produktion des Gewebeplasminogen-Aktivators in transgenen Mäusen ▪ Die erste Genkarte des Menschen wird publiziert	
1988	▪ Chymosin wird mit Hilfe gentechnisch veränderter Hefen hergestellt ▪ Patentierung der Harvard-Krebs-Maus ▪ Zulassung eines Hepatitis-B-Impfstoffes in Deutschland ▪ Kontrolle der Fruchtreife der Tomaten	
1989	▪ Expression von Antikörpern in transgenen Tabakpflanzen ▪ Erfindung von Knock-out-Mäusen ▪ Identifizierung eines Gens, das für Cystische Fibrose verantwortlich ist	

1990	▪ Entzifferung des menschlichen Genoms wird in Angriff genommen (Humangenom-Projekt, HGP) ▪ Erste genehmigte klinische Durchführung einer Gentherapie ▪ Zulassung des genetischen Fingerabdrucks als Beweismittel in Strafverfahren	**Phase der europäischen Integration** ▪ Debatten um die Gentechnik flauen ab
1991	▪ Erstes Kind nach einer PID kommt zur Welt ▪ Geburt des transgenen Schafes Tracy, welches α-1-Antitrypsin in der Milch produziert ▪ Erste Freisetzungsexperimente mit transgenen Pflanzen in Deutschland	
1992	▪ Der erste Impfstoff wird in Pflanzen produziert ▪ Transgene Pflanzen produzieren Bioplastik	
1993	▪ Entwicklung eines direkten Gentests für Chorea Huntington ▪ Versuch, menschliches Hämoglobin in transgenen Schweinen zu produzieren	
1994	▪ Anti-Matsch-Tomate kommt als erste Frucht einer transgenen Pflanze auf den Markt ▪ Start zahlreicher Gentherapie-Studien in Deutschland	
1995	▪ Das Genom von *Hämophilus influenzae* ist als erstes Genom vollständig sequenziert ▪ Deutschland schließt sich dem HGP an	
1997	▪ Vollständige Basensequenz des ersten eukaryotischen Lebewesens, der Bäckerhefe *Saccharomyces cerevisiae,* liegt vor	**Phase des erneuten Widerstands der Konsumenten** ▪ Debatten um die Anwendung der Gentechnik im Agrarbereich ▪ Debatten um die Anwendung im Lebensmittelbereich ▪ Debatten um gentechnische Anwendungen in der Humangenetik und in der Reproduktionsmedizin
1998	▪ Die Sequenz des ersten vollständig sequenzierten Vielzellers *Caenorhabditis elegans* liegt vor ▪ Es wird erstmals über einen klinischen Test mit in Pflanzen produziertem Impfstoff berichtet ▪ 48 transgene Pflanzen bzw. deren Produkte sind weltweit zugelassen ▪ Bt-Mais wird in Deutschland im Rahmen eines Pilotprojektes ausgesät	
1999	▪ In den USA stirbt der erste Mensch an den Folgen einer Gentherapie	
2000	▪ Sequenzierung der Ackerschmalwand als erster Pflanze	
2001	▪ Genom des Reises *Oryza sativa* ist sequenziert ▪ Veröffentlichung der vorläufigen Basensequenz der menschlichen DNA ▪ Veröffentlichung der vorläufigen Basensequenz des menschlichen Genoms	
2002	▪ Zwei Kinder, die mit einer Gentherapie behandelt wurden, erkranken an Leukämie ▪ Enquete-Kommission des Deutschen Bundestags spricht sich für ein Verbot der PID aus	
2003	▪ Nationaler Ethikrat plädiert für eine eng begrenzte Zulassung der PID	
2005	▪ Zulassung erster transgener Maissorten in Deutschland	

Tabelle 1: Überblick über wissenschaftliche Ereignisse und Debattengeschichte der Gentechnik

2. Grundlagen der Bioethik

Die Handlungsmöglichkeiten der Gentechnik, die das Leben selbst zum Gegenstand technischer Umgestaltung machen, werfen eine ganze Reihe neuartiger moralischer Probleme auf.[228] Die systematische Auseinandersetzung mit diesen Problemen ist Gegenstand der Bioethik. Als angewandte Ethik wird die Bioethik der normativen Ethik zugeordnet. Entsprechend geht es ihr um die Reflexion konkreter Fragen und Probleme ihres Gegenstandsbereiches mit Hilfe ethischer Theorien bzw. moralischer Prinzipien.

Dieses Kapitel befasst sich mit den Grundlagen der Bioethik. Die Notwendigkeit der Auseinandersetzung mit diesen Grundlagen ergab sich aus der Beobachtung, dass theoretische ethische Ansätze in den untersuchten biologiedidaktischen Arbeiten durchaus von Bedeutung sind. Die Beurteilung der Frage, welcher (Bio)Ethik sich die Biologiedidaktik bedient bzw. aus welchen (bio)ethischen Ressourcen sie schöpft, ist nur auf der Basis einer theoretischen Durchdringung der Bioethik möglich. Zunächst wird die Entstehungsgeschichte der Bioethik näher betrachtet. Anschließend soll ein Einblick in die bioethische Theorienlandschaft gegeben werden. Aus diesem Grund wird eine Auswahl bioethischer Theorien zunächst systematisiert und anschließend beschrieben. Ausgehend von der Auseinandersetzung mit diesen bioethischen Theorien werden Empfehlungen für den Biologieunterricht formuliert.

2.1 Entstehung der Bioethik

Die Bioethik entwickelte sich im angloamerikanischen Raum im Zusammenhang mit den großen Fortschritten innerhalb der biomedizinischen Forschung. Dabei lief die Entstehung der Bioethik Seite an Seite mit einer Wiederbelebung der philosophischen Beschäftigung mit konkreten moralischen Fragestellungen in der Mitte des 20. Jahrhunderts.

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts war die normative Philosophie angesichts der Erfolge in den Naturwissenschaften in eine Grundlagenkrise und damit ins Hintertreffen geraten. Wertungen und moralische Sollensforderungen schienen nicht Gegenstand von Erkenntnis und damit nicht wahrheitsfähig zu sein. In den 1950er und 1960er Jahren wurde dann aber der Druck konkreter moralischer Problemstellungen größer. Beispielsweise warfen in der Medizin die Möglichkeiten der künstlichen Beatmung und der Organtransplantation Fragen nach der Zulässigkeit experimenteller Behandlungsmethoden sowie der Verfügbarkeit und den Verteilungskriterien von Spenderorganen auf.[229]

[228] Vgl. Rehmann-Sutter (2002), S. 247.
[229] Vgl. Düwell & Steigleder (2003), S. 12ff.

Wichtige Impulse für die Entstehung der Bioethik lieferten neben lebensbedrohlichen Experimenten an Menschen, die von US-Ärzten in der Nachkriegszeit ohne Einwilligung der Versuchspersonen durchgeführt worden waren,[230] auch politisch-militärische Fragestellungen. Zu nennen sind die Erfahrungen des Vietnamkriegs oder auch die zunehmende atomare Bedrohung im Kalten Krieg.[231] Zu Beginn der 1970er Jahre schlug der amerikanische Onkologe VAN RENSSELAER POTTER die Etablierung einer neuen Wissenschaft vor, in der eine Zusammenführung von philosophischen und naturwissenschaftlichen Erkenntnissen realisiert werden sollte und die in erster Linie als *Überlebenswissenschaft* angesichts der ökologischen Krise gedacht war. Diese neue Wissenschaft nannte er *Bioethik*. Etwa zeitgleich entstanden in den USA die ersten Forschungseinrichtungen, die gezielt im Bereich der biomedizinischen Ethik tätig wurden.[232] So nahmen 1969 das *Institute for Society, Ethics and the Life sciences* (heute *Hastings Center*) und 1971 das *Joseph and Rose Kennedy Institute for the Study of Human Reproduction and Bioethics* die Arbeit auf.[233]

In Deutschland setzte die öffentliche Auseinandersetzung mit der Bioethik erst Mitte der 1980er Jahre ein. Sie wurde durch Diskussionen um die Gentechnik und die Reproduktionsmedizin initiiert. Weil unter dem Stichwort Gentechnik nicht nur gentechnische Verfahren am Menschen, sondern auch der Einsatz der Gentechnik in der Pflanzen- und Tierzucht diskutiert wurden, schlossen die bioethischen Debatten in Deutschland an das in den 1970er Jahren gewachsene Umweltbewusstsein an.[234]
Die Institutionalisierung der Bioethik begann in Deutschland, bevor sie Bestandteil öffentlicher Diskussionen wurde. Zur Gründung erster Ethikkommissionen kam es bereits 1973, sechs Jahre später wurde die Einrichtung von Ethik-Kommissionen von der Bundesärztekammer allgemein empfohlen.[235] In den 1980er Jahren etablierten sich außerdem wissenschaftliche Einrichtungen, die sich mit bioethischen Fragestellungen beschäftigen. Zu nennen sind beispielsweise das *Interfakultäre Zentrum für Ethik in den Wissenschaften* (IZEW) in Tübingen oder das *Zentrum für medizinische Ethik in Bochum* (ZME). Inzwischen gibt es zahlreiche Einrichtungen und Gremien, die auf dem Gebiet der Bioethik arbeiten.[236] Auf politischer Ebene beschäftigten sich Mitte der 1980er Jahre die Benda-Kommission und eine Enquete-Kommission des Deutschen Bundestags mit

[230] Vgl. Prüfer & Stollorz (2003), S. 7f.
[231] Vgl. Düwell & Steigleder (2003), S. 15f.
[232] siehe Abschnitt 2.2.
[233] Vgl. Düwell & Steigleder (2003), S. 20f.
[234] Vgl. Düwell & Steigleder (2003), S. 22.
[235] Vgl. Ach & Runtenberg (2002), S. 43.
[236] Vgl. Ach & Runtenberg (2002), S. 48f.

bioethischen Fragestellungen. Die Arbeit dieser Einrichtungen führte 1990 letztendlich zur Verabschiedung des Gentechnik- und des Embryonenschutzgesetzes.[237]

Die Bioethik hatte zunächst in der bundesdeutschen Öffentlichkeit einen schweren Stand. Rezeptionshintergrund waren die medizinischen Versuche in den Konzentrationslagern sowie die Euthanasie- und Eugenik-Programme des Dritten Reiches.[238] Während die Biowissenschaften oft „als weltweit operierende Formation zur Erweiterung der Eingriffsmöglichkeiten in das Lebendige“[239] wahrgenommen wurden, geriet die Bioethik in den Verdacht, die Akzeptanz der Biowissenschaften zu stärken, das heißt moralische Überzeugungen derart zu manipulieren, „dass die Menschen mit den Eingriffen der Biowissenschaften einverstanden sind.“[240] Vor diesem Hintergrund muss auch die enge Verknüpfung der Bioethik mit dem Utilitarismus gesehen werden. „Im Blick auf die neuen medizinischen Techniken wurde der Utilitarismus in der öffentlichen Debatte zum Wortführer eines Angriffs auf traditionelle Moralvorstellungen“[241]; die Diskussion wurde durch einen Grabenkampf der traditionellen Ethikrichtungen gegen den Utilitarismus und insbesondere PETER SINGER, der als Wortführer der Utilitaristen galt, entscheidend geprägt.[242] Auch die Menschenrechtskonvention zur Biomedizin des Europarates, die ab 1990 unter der Bezeichnung *Bioethik-Konvention* diskutiert wurde, führte nicht zur Hebung des Ansehens der Bioethik.[243]
ULRICH KÖRTNER, Ordinarius für Systematische Theologie an der Evangelisch-Theologischen Fakultät der Universität Wien, stellt fest, „daß die öffentliche Debatte auf fragwürdige Weise moralisiert wird“[244] und im Bereich der Gentechnologie „Ethik mit moralischer Entrüstung und eine argumentativ begründete ethische Urteilsbildung mit der appellativen Formulierung eines allgemeinen Unbehagens an der Technik“[245] verwechselt werde. So diene die Berufung auf Ethik und Moral innerhalb des gentechnischen Diskurses der Emotionalisierung der Debatte.[246]

[237] Vgl. Düwell & Steigleder (2003), S. 22; siehe Abschnitt 1.6.
[238] Vgl. Düwell & Steigleder (2003), S. 26; Irrgang (2005), S. 11.
[239] Düwell & Steigleder (2003), S. 26.
[240] Düwell & Steigleder (2003), S. 26.
[241] Irrgang (2005), S. 12.
[242] Vgl. Irrgang (2005), S. 12f.; Düwell (2003), S. 58; siehe Abschnitt 2.3.2.1.
[243] Vgl. Irrgang (2005), S. 13.
[244] Körtner (1997), S. 340.
[245] Körtner (1997), S. 342.
[246] Vgl. Körtner (1997), S. 340f.

2.2 Wortbedeutung

Der Begriff Bioethik wurde von Anfang an uneinheitlich verwendet, die Bezeichnung Bioethik kann also Unterschiedliches meinen. So wird unter Bioethik eine „medizinische Ethik unter besonderer Berücksichtigung der neueren Entwicklungen und Möglichkeiten der biologisch-medizinischen Forschung und Therapie“[247] verstanden. Dieses Verständnis legten das *Institute for Society, Ethics and the Life sciences* und das *Joseph and Rose Kennedy Institute for the Study of Human Reproduktion and Bioethics* ihrer Arbeit zu Grunde.[248] Nach einem weiter gefassten Verständnis setzt sich Bioethik reflexiv mit all jenen Sachverhalten auseinander, die den verantwortlichen Umgang des Menschen mit Leben betreffen.[249] Sie wird dann als „begründete Stellungnahme zu und moralische Bewertung von Eingriffen aller Art in menschliches, tierliches und pflanzliches Leben“[250] und als „eine normative Verständigung über die Spielräume und Grenzen menschlichen Handelns im Umgang mit der lebendigen Natur“[251] bezeichnet. Entsprechend umfasst sie „nicht nur die biomedizinische Ethik mit dem Menschen als zentralem Gegenstand ethischer Reflexion, sondern alle Bereichsethiken, welche die lebendige Natur insgesamt in den Mittelpunkt der moralischen und ethischen Berücksichtigung stellen.“[252] Sie schließt folglich neben der biomedizinischen Ethik die Tierethik, die ökologische Ethik und eine auf diese Disziplinen bezogene Forschungsethik ein.[253] Nach DÜWELL & STEIGLEDER ist die genaue Bestimmung des Ausmaßes der Bioethik nebensächlich, weil „die einzelnen Gegenstandsbereiche und Inhalte (…) jeweils wichtige und dringliche Aufgaben“ darstellen, „unabhängig davon, ob man sie etwa unter dem Label ‚Umweltethik’ oder einer diese einschließenden ‚Bioethik’ bearbeitet.“[254]

Ethische Fragestellungen, die aus dem Bereich der Gentechnik entstammen, sind Gegenstand eines weiter gefassten Verständnisses von Bioethik. Das enge Verständnis erfasst lediglich die Verfahren, die im direkten Kontext zur biomedizinischen Forschung und Anwendung stehen. Da es in dieser Arbeit um eine Bestandsaufnahme und kritische Würdigung biologiedidaktischer Leistungen im Themenfeld Gentechnik und Ethik geht, wird das weiter gefasste Verständnis der Bioethik zu Grunde gelegt.

[247] Korff (2000), S. 7.
[248] Vgl. Düwell & Steigleder (2003), S. 21.
[249] Vgl. Korff (2000), S. 7.
[250] Ach (2002), S. 101.
[251] Engels (2005), S. 135.
[252] Engels (2005), S. 135.
[253] Vgl. Ach (2002), S. 101.
[254] Düwell & Steigleder (2003), S. 29.

2.3 Theoretische Ansätze der Bioethik

2.3.1 Versuch einer Systematisierung

Der Bioethik geht es um eine Reflexion konkreter Fragen und Probleme ihres Gegenstandsbereiches mit Hilfe ethischer Theorien oder moralischer Prinzipien. Diese bieten einen Rahmen an, innerhalb dessen Handelnde über die Legitimität von Handlungen nachdenken können.[255]
Bioethiker sind keiner moralischen Tradition verpflichtet. Alle ethischen Theorien können verwendet werden und treten teilweise in Konkurrenz zueinander. Man spricht von einem Theorienpluralismus.[256] Entsprechend vielfältig gestaltet sich die bioethische Theorienlandschaft. Insbesondere in den USA wurden zahlreiche Beiträge zur Bioethik entwickelt, die auch auf die deutsche Diskussion, die sich traditionell an der Ethik KANTS und ARISTOTELES orientiert, einwirken.[257]

Grundsätzlich kann im Hinblick auf die Geltung normativer Regeln und Gesetze zwischen *Prinzipienethiken* einerseits und *Situationsethiken* bzw. *kontextualistischen Ethiken* andererseits unterschieden werden.[258] Während Prinzipienethiken Einzelfallurteile durch Rekurs auf die grundlegende Moraltheorie rechtfertigen und methodisch *deduktiv* vorgehen,[259] plädieren kontextualistisch ausgerichtete Ethiken dafür, konkrete Problemfälle bzw. Situationen in das Zentrum des moralischen Denkens zu stellen. Falls höherstufige moralische Prinzipien und Normen Relevanz haben, stehen diese am Ende des Reflexions- und Entscheidungsprozesses.[260] Methodisch gehen diese Ansätze von konkreten Problemsituationen aus und sind infolgedessen *induktiv*.
Prinzipienethiken waren in der angewandten Ethik immer wieder der Kritik ausgesetzt. So sind sich heute die meisten Ethiker einig, dass es eine Pluralität von moralischen Auffassungen und Überzeugungen gibt. Aus diesem Grunde könnten auch einzelne Moralkonzeptionen keinen Anspruch auf objektive Gültigkeit erheben, also als zwingend und objektiv richtig betrachtet werden. Dies gelte auch für singuläre Urteile, die aus diesen Konzeptionen abgeleitet werden, ein Dissens sei also immer möglich.[261] Einige Autoren stellen einen Zusammenhang zwischen der offensichtlichen Aussichtslosigkeit der Beilegung moralischer Dissense und der Bezugnahme auf allgemeine Regeln und Prinzipien her. Generelle Prinzipien seien zu abstrakt und

[255] Vgl. Rehmann-Sutter (2002), S. 248.
[256] Vgl. Rehmann-Sutter (2002), S. 248.
[257] Vgl. Ach & Runtenberg (2002), S. 38.
[258] Vgl. Düwell, Hübenthal & Werner (2002), S. 15f.
[259] Vgl. Ach & Runtenberg (2002), S. 116f.
[260] Vgl. Ach & Runtenberg (2002), S. 126f.
[261] Vgl. Ach & Runtenberg (2002), S. 119.

praxisfern und damit hinderlich und ungeeignet, um im konkreten Einzelfall zur Lösung zu führen. Je mehr man sich in konkreten Fragen Prinzipien zuwende, desto weniger lösbar sei die Debatte.[262] Es wird sogar davon ausgegangen, dass „unter Ausnutzung des unvermeidlichen Interpretationsspielsraumes im Grunde (beinahe) jede Position mit (beinahe) jedem Prinzip (…) kompatibel gemacht werden“[263] könne. Für die Beurteilung von Einzelfällen ist demnach das Prinzip bzw. die Theorie nutzlos, „das Ergebnis der Anwendung, also das konkrete Urteil, nicht viel mehr als eine Art elaboriertes Vorurteil“.[264]
Angesichts der Kritik an der Prinzipienethik ist die in anwendungsbezogenen Bereichen der Ethik bedeutende Forderung zu sehen, Handlungskontexte stärker zu berücksichtigen und damit die Praxisferne zu überwinden. Dementsprechend plädieren kontextualistische Ansätze dafür, reale Problemkonstellationen in den Mittelpunkt zu stellen und auch die damit zusammenhängenden sozialen Kontexte mit in den Blick zu nehmen.[265] Allerdings werden auch kontextualistische Ansätze kritisiert. Beanstandet wird die distanzlose Verwurzelung in der Alltagsmoral. Die Orientierung an singulären Fällen verdecke den Blick auf größere Zusammenhänge und neue ethische Perspektiven; der Verzicht auf generalisierte moralische Prinzipien und ethische Theorien erschwere zum einen die Identifizierung moralischer Probleme, zum anderen ihre Lösung.[266] Einen Mittelweg zwischen prinzipienethischen und kontextualistischen Ansätzen suchen *kohärentistische Ansätze*. Diese sind einerseits kontextsensitiv, wollen dabei allerdings nicht auf Prinzipien verzichten. An die Stelle der Berufung auf letzte Fundamente und höchste Prinzipien tritt eine an Kohärenz orientierte Integration moralischer und nicht-moralischer Überzeugungen.[267] Dies erfolgt beispielsweise durch Anknüpfen an bestehende Konsense bzw. konsensfähige Kriterien, die in Form von *mittleren Prinzipien* oder *Prinzipien mittlerer Reichweite* ausbuchstabiert werden können.[268] Dabei sind Anwendung und Begründung nicht als voneinander losgelöste Bereiche zu verstehen, die Anwendung der Prinzipien auf moralische Problemlagen wirkt auf deren Inhalt zurück. Kohärentistische Ansätze spielen heute eine wichtige Rolle in der Bioethik, die meisten Bioethiker vertreten kohärentistische Verfahren.[269]

[262] Vgl. Bayertz (1991), S. 14.
[263] Ach & Runtenberg (2002), S. 121.
[264] Ach & Runtenberg (2002), S. 121.
[265] Vgl. Ach & Runtenberg (2002), S. 125f.
[266] Vgl. Ach & Runtenberg (2002), S. 130 ff.
[267] Vgl. Badura (2002), S. 91.
[268] Vgl. Düwell, Hübenthal & Werner (2002), S. 16; Bayertz (1999), S. 87.
[269] Vgl. Ach & Runtenberg (2002), S. 137.

Abbildung 7 soll einen Überblick über eine Auswahl unterschiedlicher theoretischer bioethischer Ansätze geben, die innerhalb der bioethischen Diskussion eine Rolle spielen.[270]
Es wird grundsätzlich unterschieden zwischen

- prinzipienethischen Ansätzen, die Urteile durch Rekurs auf ein universales Moralprinzip oder ein Set mehrerer universaler Moralprinzipien begründen und die deduktiv vorgehen;
- kontextualistischen Ansätzen, die nicht von einem Set von Normen und Prinzipien ausgehen, sondern die konkrete Problemfälle in den Mittelpunkt rücken. Höherstehende moralische Normen und Prinzipien stehen ─ wenn sie überhaupt eine Rolle spielen ─ am Ende eines Entscheidungsprozesses;[271]
- kohärentistischen Ansätzen, die insofern eine mittlere Position einnehmen, weil sie einerseits kontextsensitiv sind und andererseits nicht auf Prinzipien verzichten wollen. An die Stelle der Berufung auf letzte Fundamente und höchste Prinzipien tritt das Anknüpfen an bestehende Konsense oder pragmatische Prinzipien.

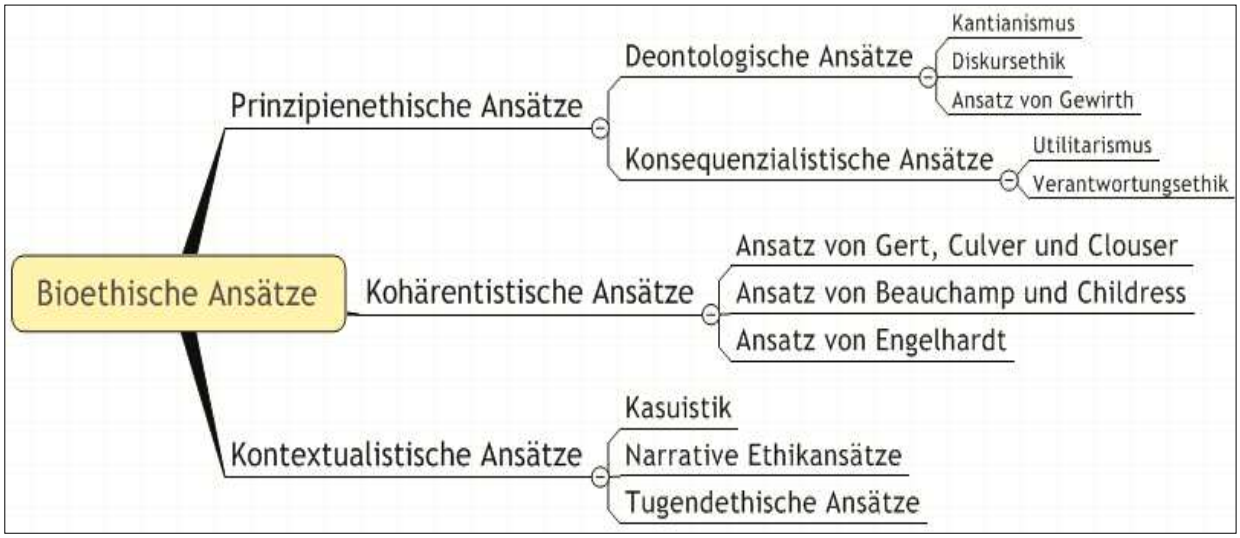


Abbildung 7: Bioethische Theorien

[270] Die in der Abbildung vorgenommene Zuordnung ist als Versuch einer Systematisierung aufzufassen. Dabei wird hier kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben. Ziel ist es, anhand der ausgewählten Ansätze zunächst einen Eindruck von der Vielfalt bioethischer Theorien zu vermitteln. Eine Auswahl bioethischer Theorien wird in Ach & Runtenberg (2002), Rehmann-Sutter (2002) und Düwell & Steigleder (2003) vorgestellt. Düwell & Steigleder beschreiben mehrere Ansätze, die im Kontext konkreter bioethischer Fragestellungen entfaltet wurden. Ach & Runtenberg sehen ihr Werk im Horizont einer biomedizinischen Ethik. Entsprechend thematisieren Sie Ansätze, die v.a. im biomedizinischen Kontext eine Rolle spielen.
[271] Vgl. Ach & Runtenberg (2002), S. 126.

Hinsichtlich der Frage, welcher Art von Lebewesen ein moralischer Status einzuräumen sei, können grundsätzlich anthropozentrische und physiozentrische Ethiken unterschieden werden.[272] Während anthropozentrische Ansätze den Menschen in den Mittelpunkt der ethischen Begründung stellen, messen physiozentrische auch natürlichen Objekten oder der Natur selbst einen intrinsischen Wert zu. Sie halten „natürliche Objekte oder die Natur als ganze ‚an sich', also völlig ohne Bezug auf Menschen, menschliche Interessen und Bedürfnisse, für den Ausgangspunkt moralischer Begründungen ihrer Schutzwürdigkeit."[273] Innerhalb physiozentrischer Ansätze lassen sich in Hinsicht auf ihre Reichweite unterschiedliche Spielarten unterscheiden. Während pathozentrische Ethiken leidensfähige Tiere für moralisch relevant halten, umfassen biozentrische Ansätze alle Lebewesen und ökozentrische die ganze Natur. Abbildung 8 soll einen Überblick über die Reichweite verschiedener ethischer Begründungen geben.

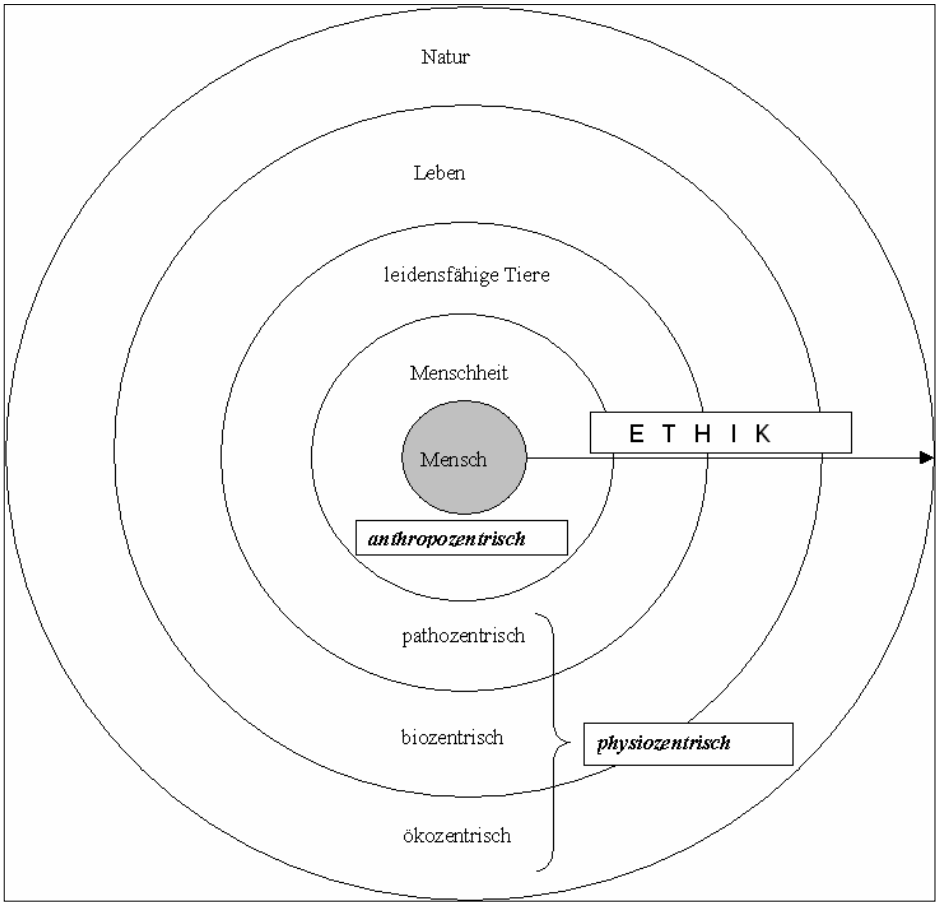


Abbildung 8: Reichweite und Subjekte verschiedener ethischer Begründungen (nach Kattmann (1995), S. 3)

[272] Nach Eve-Marie Engels ist die Bioethik von ihrem Gegenstandsbereich her nicht anthropozentrisch angelegt. Obwohl nur der Mensch als moralisches Subjekt über ein moralisches Urteils- und Handlungsvermögen verfügt, umfasst der Kreis der Wesen, die moralisch berücksichtigt werden sollen, auch Pflanzen und Tiere. Vgl. Engels (2005), S. 135.
[273] Eser & Potthast (1999), S. 46.

Im Folgenden werden die Grundgedanken der in Abbildung 7 und 8 dargestellten bioethischen Theorien beschrieben. Die Ausführungen sollen einen Überblick über die bioethische Theorienlandschaft vermitteln und damit die Verortung der in den biologiedidaktischen Arbeiten auffindbaren bioethischen Theorien ermöglichen.

2.3.2 Prinzipienethische Ansätze

In prinzipienethischen Ansätzen erfolgt die Begründung singulärer moralischer Urteile durch Anwendung abstrakter moralischer Prinzipien oder Theorien. Dabei ist in letzter Instanz eine einzige Präskription maßgeblich. Charakteristisch für prinzipienethische Ansätze ist eine deduktive Vorgehensweise, das heißt Urteile werden durch Rekurs auf ein universales Moralprinzip oder ein Set mehrerer universaler Moralprinzipien begründet. Dabei sind grundsätzlich konsequenzialistische und deontologische Ansätze zu unterscheiden.

2.3.2.1 Konsequenzialistische Ansätze

Konsequenzialistische Ethiken beurteilen Handlungen ausschließlich nach den erwartbaren und tatsächlichen Folgen und Ergebnissen.

Utilitarismus

Die am weitesten ausgearbeitete und meist diskutierte konsequenzialistische Ethik ist der *Utilitarismus,* der im 18. Jahrhundert entstand.[274] Traditionell beschäftigte sich der Utilitarismus mit Fragen der Politik und war damit schon immer anwendungsorientiert. Vor diesem Hintergrund ist die Bedeutung des Utilitarismus in vielen Bereichen der angewandten Ethik und somit auch der Bioethik verständlich.[275]

Im Utilitarismus bestehen Handlungsbeurteilungen aus zwei Teilen. So müssen zunächst die Handlungsfolgen bewertet werden. Auf dieser Grundlage wird dann beurteilt, ob die fragliche Handlung moralisch geboten, erlaubt oder verboten ist.[276] Im klassischen Utilitarismus sind Handlungen moralisch richtig, wenn sie „den über die Summe der Differenz zwischen Freude und Leid definierten Nutzen befördern".[277] Unter den jeweils verfügten Handlungsalternativen ist demnach diejenige Handlung moralisch geboten, die den Nutzen maximiert, das heißt die absehbar das maximale Übergewicht der positiven

[274] Vgl. Birnbacher (2002), S. 95ff.
[275] Vgl. Düwell (2003), S. 57.
[276] Vgl. Birnbacher (2002), S. 95.
[277] Ott (2001), S. 98.

über die negativen Folgen bewirkt. Dabei sind die absehbaren Folgen einer Handlung entscheidend, „d.h. die Folgen, wie sie sich für einen wohl informierten, und vernünftig denkenden Beobachter zum Zeitpunkt der Handlung als mehr oder weniger wahrscheinlich darstellen."[278] Für die Handlungsbeurteilung werden die beabsichtigten und die unbeabsichtigten absehbaren Folgen gleichgewichtig gewertet. Neben den möglichen Folgen kommt es außerdem auf die Eintrittswahrscheinlichkeit an: Kleine Risiken dürfen für die Verwirklichung großer Chancen in Kauf genommen werden.[279] Charakteristisch für den Utilitarismus ist damit eine ausgeprägte Zukunftsorientierung. So fordert der Utilitarismus neben einer reinen Bestandserhaltung eine Vorsorge der Gegenwart für zukünftige Generationen.[280]

In der klassischen, von BENTHAM begründeten Form des Utilitarismus hat eine Handlung dann gute Folgen, „wenn sie das größte Glück der größten Zahl"[281] befördert. Das größte Glück der größten Zahl wird heute kaum noch als Moralprinzip befürwortet.[282] So bemessen verschiedene Utilitaristen des 20. Jahrhunderts beispielsweise die guten Folgen an der Befriedigung von Präferenzen und Interessen. In diesem *Präferenzutilitarismus* verschiebt sich die Wertebasis grundlegend vom Nutzen auf die maximale Erfüllung von Wünschen und Präferenzen, während für den *Durchschnittsnutzenutilitarismus* eine Steigerung des Nutzens pro Kopf maßgeblich ist und im *Regelutilitarismus* eine Handlung danach beurteilt wird, ob sie bestimmten Regeln entspricht, deren Befolgung im Vergleich zu anderen Handlungsregeln die günstigsten Folgen hat.[283] KARL POPPER schlägt vor, das utilitaristische Grundprinzip in einem negativen Sinn zu verstehen. Weil das Prinzip der Leidensvermeidung überzeugender sei, als das Prinzip der Nutzenmaximierung, solle nach einem kleinstmöglichen Grad an Leiden gestrebt werden.[284]

Durch ihre Einstellung zu dem, was sie für moralisch richtig oder falsch halten, geraten Utilitaristen häufig in Konflikt mit Vertretern anderer Ethiken. PETER SINGER, einer der prominentesten zeitgenössischen Vertreter des Utilitarismus, verlangt, „dass die Interessen aller Wesen, die in der Lage dazu sind, Interessen zu entwickeln, in gleicher Weise moralisch zu berücksichtigen seien."[285] Zu diesem Kreis können auch Tiere zählen, der Ansatz ist insofern physiozentrisch. Nicht zugehörig sind „Wesen, die unserer biologischen Gattung angehören, aber noch gar keine Interessen haben, wie Embryonen

[278] Birnbacher (2002), S. 95.
[279] Über die genauen Beziehungen, in denen Chancen und Risiken, Werte und Unwerte zueinander stehen müssen, um eine Handlung als erlaubt oder geboten gelten zu lassen, besteht unter den Vertretern der utilitaristischen Ethik kein völliger Konsens. Vgl. Birnbacher (2002), S. 95.
[280] Vgl. Birnbacher (2002), S. 105.
[281] Birnbacher (2002), S. 98.
[282] Vgl. Düwell (2003), S. 57.
[283] Vgl. Birnbacher (2002), S. 99ff.
[284] Vgl. Schaber (1998), S. 48.
[285] Düwell (2003), S. 58.

und Feten“[286] oder geistig Schwerstbehinderte, die nie Interessen entwickeln werden können. Diese Einstellung steht nun in Konflikt mit dem Grundsatz traditioneller kontinentaleuropäischer Ethikansätze, nach dem jedes menschliche Leben unantastbar ist.[287]
Dieser Konflikt, der teilweise als Auseinandersetzung zwischen der kontinentaleuropäischen und der angelsächsischen Welt geführt wurde, hat die Rezeption der Bioethik in Deutschland entscheidend beeinflusst. Frontstellungen zwischen utilitaristischen Bioethikern und Kirchen- bzw. Behindertenvertretern, die sich für die Würde jeglichen menschlichen Lebens stark machten, waren die Folge. Das Spektrum der Positionen reduzierte sich dabei auf zwei Standpunkte. Entweder war man für das „Heiligkeit-des-Lebens-Prinzip“[288] oder dagegen.[289]

Verantwortungsethik

Die Folgen einer Handlung spielen ebenfalls innerhalb der *Verantwortungsethik*, die von HANS JONAS ausgearbeitet wurde, eine übergeordnete Rolle, wenngleich sie zu völlig anderen Schlüssen gelangt als der Utilitarismus. JONAS Verantwortungsethik entstand als Antwort auf die neuen ethischen Herausforderungen der technologischen Zivilisation. Die neue Technik, so JONAS, bringe Handlungen von so neuer Größenordnung mit so neuartigen Objekten und so neuartigen Folgen mit sich, dass der Rahmen früherer Ethik sie nicht mehr fasse, weil die Natur selbst in den Verfügungsbereich menschlicher Handlungen gekommen sei. Die veränderte Qualität menschlichen Handelns mache eine neue Ethik erforderlich; der Ethik würde eine „nie zuvor erträumte Dimension der Verantwortung“[290] aufgezwungen.[291] Als Ergänzung bisheriger Ethikansätze stellte JONAS 1979 seine Verantwortungsethik vor, die als eine Notstandsethik oder Vermeidungsethik zu verstehen ist.[292] Er formuliert einen auf den neuen Typus menschlichen Handelns passenden Imperativ, welcher lautet: „Handle so, daß die Wirkungen deiner Handlung verträglich sind mit der Permanenz echten menschlichen Lebens auf Erden“[293] bzw. „Handle so, daß die Wirkungen deiner Handlung nicht zerstörerisch sind für die künftige Möglichkeit solchen Lebens“[294]. Die Begründung dieses Moralprinzips erfolgt in mehreren Schritten. Zunächst versucht JONAS – um die „angebliche Kluft zwischen Sein und Sollen“[295] zu überbrücken – den

[286] Düwell (2003), S. 61.
[287] Vgl. Düwell (2003), S. 58.
[288] Düwell (2003), S. 58.
[289] Vgl. Düwell (2003), S. 58.
[290] Jonas (1984), S. 26.
[291] Vgl. Jonas (1984), S. 26ff.
[292] Vgl. Werner (2003), S. 41ff.
[293] Jonas (1984), S. 36.
[294] Jonas (1984), S. 36.
[295] Jonas (1984), S. 153.

intrinsischen Wert bzw. die Zweckhaftigkeit der Natur nachzuweisen. Dann zeigt er auf, dass diese Zweckhaftigkeit ein „Gut-an-sich [ist,] von dem intuitiv gewiss ist, daß es aller Zwecklosigkeit des Seins unendlich überlegen ist.“[296] Daraus leitet er die Pflicht zur Bewahrung der Natur und der Menschheit ab. Weil die Natur um ihretwillen erhalten und bewahrt werden muss, dürfen auch die Auswirkungen einer Handlung der Natur nicht schaden.
Für die Anwendung des Imperativs ist eine sorgfältige Zukunftsprognose oder Folgenabschätzung entscheidend. Falls Unsicherheiten bezüglich der Fernwirkungen bestehen, schlägt JONAS die Entscheidungsregel „in dubio pro malo“ vor, nach welcher im Zweifelsfall die schlimmeren Fernwirkungen und Prognosen angenommen werden müssen.[297]
JONAS ist einer der Wegbereiter der gegenwärtigen Bioethik. Er hat zu verschiedenen Themen der angewandten Bioethik Stellung bezogen, wie beispielsweise zur Frage der Forschungsfreiheit, zur Pränataldiagnostik und Keimbahntherapie oder zur Klonierung.[298]

2.3.2.2 Deontologische Ansätze

Deontologische Ethiken formulieren Vorschriften, sie erklären bestimmte Handlungsweisen als geboten oder verboten. Eine Handlung ist dann geboten oder pflichtmäßig, wenn sie moralischen Prinzipien folgt, die in sich selbst gut sind und den Forderungen der Pflicht folgen.[299] Damit kommt es deontologischen Ethiken weniger auf die Ergebnisse und Folgen einer Handlung an, sondern auf die moralische Richtigkeit der Handlung selbst.[300]

Kantianismus

Als erstes entfaltetes Konzept deontologischer Ethik wird allgemein die Ethik IMMANUEL KANTS angesehen. Sie beruht auf dem *Kategorischen Imperativ* als oberstem Moralprinzip, der identisch ist mit dem Prinzip der Autonomie.[301]
In seiner *Grundlegung zur Metaphysik der Sitten* entfaltet und begründet KANT Ende des 18. Jahrhunderts dieses oberste Moralprinzip. Ausgangspunkt ist dabei die Überlegung, „dass nichts in der Welt uneingeschränkt gut gelten könne, als ein moralisch guter Wille.“[302] Demnach wird eine Handlung erst dann moralisch gut, wenn das Moment des innerlich zustimmenden Wollens, das sich im *guten Willen* ausdrückt, hinzutritt. Alle anderen Eigenschaften, die

[296] Jonas (1984), S. 154.
[297] Vgl. Werner (2003), S. 45.
[298] Vgl. Werner (2003), S. 49ff.
[299] Vgl. Müller-Koch (2005), S. 111.
[300] Vgl. Eser & Potthast (1999), S. 41.
[301] Vgl. Werner (2002a), S. 124.
[302] Ott (2001), S. 80.

in einem außermoralischen Sinne gut sind, wie z.B. Verstand oder Mut, können hingegen mit unmoralischen Zwecken verbunden werden und aus diesem Grunde nicht als *moralisch gut* gelten.[303]
Inhaltlich besteht der gute Wille im Bewusstsein des moralischen Pflichtgefühls oder Gewissens, das der Mensch aufgrund seiner Vernunft hat. Das Gewissen des Menschen impliziert ein oberstes Moralprinzip, das KANT in Form des Kategorischen Imperativs zugänglich macht.[304] In seiner Grundformel lautet dieser: „*handle nur nach derjenigen Maxime, durch die du zugleich wollen kannst, daß sie ein allgemeines Gesetz werde"*[305]*.* Dabei versteht KANT unter einer Maxime einen subjektiven Grundsatz des Handelns, der sich als allgemeines Gesetz begreifen lässt.[306] Mit Hilfe dieses Imperativs will KANT aussprechen, „was jedermann als Vernunftwesen ungeklärt weiß und vollzieht."[307] Damit wird der Imperativ zu einem kategorischen Prinzip, das jeder vernünftige Mensch anerkennen muss.[308]
In bioethischen Debatten nimmt die deontologische Ethik kantischer Tradition die Rolle der „Verteidigerin der absoluten Geltung der Menschenwürde gegen utilitaristische Relativierungsversuche"[309] ein.

Diskursethik

Bei der *Diskursethik*, die von JÜRGEN HABERMAS zu Beginn der 1980er Jahre vorgestellt wurde, handelt es sich um eine Prinzipienethik KANTISCHEN Typs. Wie bei KANT wird ein einziges, universales Moralprinzip formuliert und begründet, welches uns nicht sagt, wie wir uns in konkreten Situationen zu verhalten haben, sondern gebietet, alle übrigen Handlungsorientierungen darauf hin zu überprüfen, ob sie moralisch richtig sind. Allerdings ist es in der Diskursethik nicht hinreichend, dass - wie bei KANT - lediglich das moralische Subjekt wollen kann, dass eine Handlungsmaxime allgemeines Gesetz werde. Der jeweiligen Handlungsmaxime müssen alle Vernunftsubjekte zustimmen.[310]
An die Stelle des Kategorischen Imperativs tritt deshalb das Verfahren der moralischen Argumentation in Form eines *praktischen Diskurses*. Damit wird moralisches Handeln an Kommunikation gebunden, der praktische Diskurs ist die Kommunikationsform, in der bestimmte Geltungsansprüche angeführt und problematisiert werden.[311] Das *Diskursprinzip D* besagt dabei, dass nur diejenigen Normen Geltung beanspruchen dürfen, die die Zustimmung aller Betroffenen als Teilnehmer eines praktischen Diskurses finden. Aus dem

[303] Vgl. Ott (2001), S. 77ff.
[304] Vgl. Ott (2001), S. 80.
[305] Zit. aus Steigleder (2002), S. 132.
[306] Vgl. Müller-Koch (2005), S. 112.
[307] Jaspers (1991), S. 484.
[308] Vgl. Jaspers (1991), S. 484.
[309] Prüfer & Stollorz (2003), S. 31.
[310] Vgl. Werner (2002b), S. 141.
[311] Vgl. Müller-Koch (2005), S. 115.

Diskursprinzip D ist der *Universalisierungsgrundsatz U* abzuleiten. Nach diesem Grundsatz müssen bei gültigen Normen die „voraussichtlichen Folgen und Nebenwirkungen, die sich aus ihrer *allgemeinen* Befolgung für die Befriedigung der Interessen *eines jeden* voraussichtlich ergeben, *von allen* Betroffenen zwanglos akzeptiert (…) werden“[312] können. Mit anderen Worten ist also eine Norm nur dann gerechtfertigt und gültig, wenn die sich aus ihr ergebenden Konsequenzen für alle Betroffenen annehmbar sind.[313]
Innerhalb der Diskursethik spielen Fragen der anwendungsbezogenen Ethik eine untergeordnete Rolle. Der Schwerpunkt liegt auf der Beschäftigung mit den allgemeinen Problemen, die die Orientierung am diskursethischen Moralprinzip mit sich bringt. Die Beiträge zur Bioethik mehren sich allerdings.[314] Beispielsweise akzentuiert CHRISTA RUNTENBERG zur Förderung einer aufgeklärten ethischen Bewertung der Gentechnik die Diskursethik neu, indem sie bestimmte Kategorien, wie beispielsweise den Anwendungsbezug, aufwertet.[315]

Der Ansatz von Alan Gewirth

Ein weiterer deontologischer Ansatz, der aus dem angloamerikanischen Raum stammt, wurde 1978 von ALAN GEWIRTH vorgestellt. GEWIRTH Ausgangspunkt ist die Überlegung, dass Moral immer an Handeln gebunden ist.
Mit seinem „Principle of Generic Consistency“[316] weist er deshalb ein an Handeln gebundenes Moralprinzip aus, welches besagt, dass jeder Handelnde in Übereinstimmung mit den Rechten handeln solle, „die sich aus den ‚arttypischen’ (*generic*) Eigenschaften des Handelns für ihn sowie für alle anderen handlungsfähigen Rezipienten seines Handelns ergeben.“[317]
Bei der Begründung dieses Moralprinzips setzt GEWIRTH bei einem elementaren Kennzeichen des von ihm vorausgesetzten Handelns an. Dieses sei immer intentional, das heißt auf ein Ziel hin ausgerichtet. Diese Intentionalität beinhaltet nach GEWIRTH eine evaluative Struktur: So wird jeder Handelnde sein Handlungsziel positiv bewerten, sonst würde er es ja nicht erreichen wollen.
Weil ein Handelnder zur Erreichung seiner Handlungsziele auf bestimmte grundlegende Voraussetzungen nicht verzichten kann, muss er auch diese als notwendige Güter betrachten, also positiv bewerten. Nach GEWIRTH handelt es sich bei diesen grundlegenden Handlungsvoraussetzungen um *Freiheit* und *Wohlergehen*. Unter Wohlergehen werden dabei alle Güter verstanden, „die erforderlich sind, damit ein Handlungsfähiger grundlegend in der Lage ist,

[312] Habermas (1991), S. 134.
[313] Vgl. Müller-Koch (2005), S. 115f.
[314] Vgl. Werner (2002b), S. 150f.
[315] Vgl. Runtenberg (2001a), S. 19f.
[316] Düwell (2002), S. 154; Hübenthal (2003), S. 126.
[317] Hübenthal (2003), S. 125f.

Handlungsziele zu verfolgen."[318] Da ein Handeln ohne Freiheit und Wohlergehen grundsätzlich nicht möglich ist, folgert GEWIRTH ein Recht des Handelnden auf die zur Handlung notwendigen Handlungsvoraussetzungen Freiheit und Wohlergehen. Weil Handlungsfähigkeit damit zur Bedingung für die Zuschreibung von Rechten wird, muss der Handelnde auch jedem anderen handlungsfähigen Wesen die für sein Handeln notwendigen Güter und Rechte zugestehen.[319]

Mit der Ableitung von negativen und positiven Pflichten und Rechten aus diesem Moralprinzip unternimmt GEWIRTH eine erste Weichenstellung für die Anwendung.[320] Während es von GEWIRTH selbst nur wenige systematische Ausführungen zur Bioethik gibt, wurde sein Ansatz in den vergangenen Jahren von einigen Bioethikern für unterschiedliche bioethische Problemfelder fruchtbar gemacht.[321] So nehmen BEYLEVELD U.A. Stellung zur moralischen Zulässigkeit eines pränatadiagnostischen Ausschlusstests in Bezug auf Chorea Huntington,[322] während STEIGLEDER der Frage nachgeht, ob schwere, nicht therapierbare genetisch bedingte Krankheiten vermieden werden müssen oder dürfen.[323]

2.3.3 Kohärentistische Ansätze

Unter *Kohärentismus* werden Ansätze zusammengefasst, welche die Anwendung und Begründung normativer Präskriptionen nicht als voneinander getrennte Bereiche sehen. Vielmehr kommt es zu einem Wechselspiel zwischen Begründung und Anwendung.[324] „Durch die kritische Rekonstruktion der normativen Textur moralischer Praxis werden moralische Grundorientierungen bestimmt, in ihrem argumentativen Zusammenhang auf Kohärenz geprüft (...), um schließlich im Lichte konkreter Kontextbedingungen tiefenscharfe Beurteilungen moralischer Problemlagen zu ermöglichen."[325] Damit wird der Begründungsanspruch an die Praxis gebunden. An die Stelle der Berufung auf letzte Fundamente und höchste situationsunabhängige und damit abstrakte Prinzipien tritt das Anknüpfen an bestehende Konsense oder mittlere Prinzipien, die als Bestandteil einer *common morality* gedacht werden

[318] Düwell (2002), S.157. Gewirth unterscheidet insgesamt drei Güter: Erstens gehe es „um die substantiellen Voraussetzungen des Handelns selber, also etwa Leben, physische und psychische Integrität oder um die dazugehörigen Mittel (…), zweitens um den Erhalt des bisher erreichten Niveaus der Zweckverwirklichung und drittens um dessen Erweiterung." Hübenthal (2003), S. 124.
[319] Vgl. Hübenthal (2003), S. 123f.; Düwell (2002), S. 159.
[320] Vgl. Düwell (2002), S. 159.
[321] Vgl. Hübenthal (2003), S. 120.
[322] Vgl. Beyleveld, Quarell & Toddington (2000), S. 123ff.
[323] Vgl. Steigleder (2000), S. 91ff.
[324] Vgl. Ach & Runtenberg (2002), S. 133.
[325] Badura (2002), S. 91.

können. Außerdem wird die Integration anderer, auch außermoralischer, orientierungsrelevanter Aspekte angestrebt.[326]

Der Ansatz von Beauchamp und Childress

Ein in der biomedizinischen Ethik prominenter kohärentistischer Ansatz ist der *prinziplistische Ansatz* von BEAUCHAMP und CHILDRESS.

Ausgangspunkt des Ansatzes ist die Überlegung, dass ethische Prinzipien in deontologischen und utilitaristischen Ansätzen zu abstrakt seien, als dass sie auf konkrete Problemfälle angewandt werden könnten. Außerdem seien die klassischen Ethikansätze generell zu praxisfern. Ihre Anwendung bedürfe philosophischer Erfahrung, die beispielsweise Praktiker in unterschiedlichen Heilberufen nicht aufwiesen. BEAUCHAMP und CHILDRESS gehen davon aus, dass solche *Ethik-Laien* konkreterer Prinzipien bedürfen, die ihnen für ihr Handeln den Weg weisen.[327] Sie verfolgen deshalb „nicht schwierige und kontroverse Letztbegründungsfragen, sondern beginnen mit der moralischen Erfahrung und den im Alltag für richtig gehaltenen Pflichten“[328] und formulieren vier Prinzipien, die „nicht als ethische Axiome, sondern eher als ‚Leitbegriffe’ des moralischen Diskurses“[329] zu begreifen sind. So wird anhand des *Autonomieprinzips,* des *Nicht-Schadens-Prinzips,* des *Wohltuens-Prinzips* sowie des *Prinzips der Gerechtigkeit* über die moralische Akzeptabilität von Handlungen reflektiert.[330] Diese „Prinzipien bilden ein begriffliches Gerüst (...) für die Darstellung und Analyse von Fällen und Themen der biomedizinischen Ethik (...)“[331], sind allgemein anerkannt und mit verschiedenen Moraltheorien zu vereinbaren.[332] In Situationen, „in denen die praktische Erfahrung der beteiligten Personen aufgrund der spezifischen Merkmale der Situation *irritiert* ist“,[333] werden die vier Prinzipien entsprechend interpretiert und spezifiziert. Anschließend wird geprüft, ob die daraus resultierenden Verbindlichkeiten oder Verpflichtungen im Einklang miteinander stehen oder konfligieren. Im letzteren Fall müssen die Prinzipien gegeneinander abgewogen werden, wobei BEAUCHAMP und CHILDRESS betonen, dass es keine grundsätzliche Hierarchie zwischen den verschiedenen Prinzipien gebe. Vielmehr hänge es vom speziellen Einzelfall ab, welchem Prinzip Vorrang zukomme.[334] Durch diese Vorgehensweise wird ein Wechselspiel zwischen moralischer Praxis einerseits und ethischer Theorie andererseits ermöglicht und die Prinzipien gewinnen im Lichte des moralischen Problems an Relevanz. Damit wird

[326] Vgl. Badura (2002), S. 93ff.
[327] Vgl. Quante & Vieth (2003), S. 141.
[328] Schmid (2007), S. 97.
[329] Ach & Runtenberg (2002), S. 57.
[330] Vgl. Qaunte & Vieth (2003), S. 136 ff.; Ach & Runtenberg (2002), S. 57.
[331] Rauprich (2005), S. 21.
[332] Vgl. Marckmann (2000), S. 499; Rauprich (2005), S. 15.
[333] Qaunte & Vieth (2003), S. 142.
[334] Vgl. Marckmann (2000), S. 500; Rauprich (2005), S. 18.

einerseits Orientierung geboten, andererseits müssen sich die Prinzipien in der Praxis bewähren.
Der Ansatz erfreut sich inzwischen auch im deutschsprachigen Raum großer Popularität. So dient er beispielsweise der Bearbeitung moralischer Konfliktsituationen im klinischen Alltag.[335] Kritisiert wird der Ansatz u.a. wegen des Verzichts auf Prioritäts- und Gewichtungsregeln. Es wird also keine Methode zur Verfügung gestellt, die es ermöglicht Dilemmata zwischen den Prinzipien aufzulösen. Deshalb bleibt es dem subjektiven Ermessen überlassen, welche Aspekte für relevant gehalten und wie diese gewichtet werden.[336]

Der Ansatz von Engelhardt

Auch der Ansatz von TRISTRAM ENGELHARDT ist im Kern ein prinziplistischer Ansatz. ENGELHARDTS Ausgangspunkt ist die Überlegung, dass in pluralistischen Gesellschaften Unterschiede und Gegensätze im Hinblick auf Moralauffassungen bestehen, welche sich nicht nur aus unterschiedlichen Bewertungen ergeben, sondern auch daraus, dass gemeinsam anerkannte Werte unterschiedlich gewichtet werden.[337] Gemeinsame Moralauffassungen sind nach ENGELHARDT genauso auf *Moralgemeinschaften* beschränkt, wie die Begründung moralischer Normen nur innerhalb von Moralgemeinschaften möglich ist. So sei es unmöglich, gehaltvolle Moralauffassungen als allgemein verbindlich auszuweisen bzw. die Verbindlichkeit moralischer Normen durch vernünftige Argumentation zu belegen.[338] Das Aufeinandertreffen von Mitgliedern unterschiedlicher Moralgemeinschaften in unserem pluralistischen Alltag führt nun dazu, dass sich beispielsweise in der medizinischen Versorgung immer wieder Menschen begegnen, die ganz unterschiedliche Moralvorstellungen vertreten und von ENGELHARDT *moral strangers* genannt werden.[339]
Auf Grundlage dieser Überlegungen konzipiert ENGELHARDT eine Minimalethik, die jenes Minimum an moralischen Überzeugungen zu formulieren versucht, das von Menschen unterschiedlicher Weltanschauungen, Religionen und Traditionen anerkannt werden kann. Diese Minimalethik basiert auf dem „Wunsch nach Selbstbestimmung, Privatheit, und dem Wunsch nach einem angenehmen und guten Leben".[340] Ausbuchstabiert wird sie im *Erlaubnisprinzip*, nach welchem nur mit der Zustimmung der von einer Handlung Betroffenen gehandelt werden darf und das nach Engelhardt die einzige Möglichkeit darstellt, „moralische Autorität für das Handeln zu gewinnen".[341] Notwendige

[335] Vgl. Marckmann (2000), S. 499.
[336] Vgl. Ach & Runtenberg (2002), S. 136f.
[337] Vgl. Steigleder (2003a), S. 72.
[338] Vgl. Ach & Runtenberg (2002), S. 68.
[339] Vgl. Steigleder (2003a), S. 73.
[340] Ach & Runtenberg (2002), S. 70.
[341] Steigleder (2003a), S. 76.

und hinreichende Voraussetzungen für ein Handeln mit moralischer Autorität ist dementsprechend die Achtung vor der Freiheit handlungsfähiger Personen.[342]
Vom Erlaubnisprinzip sind noch weitere Prinzipien ableitbar, wie beispielsweise das *Fürsorgeprinzip*, welches eine inhaltliche Ausgestaltung der moralischen Praxis gestattet, was allerdings nur innerhalb partikularer moralischer Gemeinschaften möglich ist.[343] Das Fürsorge- und das Erlaubnisprinzip sollen ermöglichen, die im Bereich der Gesundheitsfürsorge auftretenden Konflikte besser beurteilen zu können.[344]

Der Ansatz von Gert, Culver und Clouser

Die bioethische Konzeption von BERNARD GERT, CHARLES M. CULVER und K. DANNER CLOUSER beruht auf der Moraltheorie BERNARD GERTS. In *Bioethics: A Return to Fundamentals* entfalten und konkretisieren die Autoren GERTS Moraltheorie im Horizont bioethischer Problemfelder. Allerdings wollen sie ihren Ansatz nicht auf bioethische Problemlagen beschränkt sehen: „All moral problems can be considered."[345] Mit ihrer Konzeption, die sie als „coherent and comprehensive framework"[346] sehen, wollen GERT, CULVER und CLOUSER die Nachteile und Unzulänglichkeiten universalistischer Theorien überwinden, ihre Stärken gleichzeitig aber bewahren.[347]
Ausgangspunkt der Konzeption ist eine Kritik am Prinziplismus, dem eine vereinheitlichende Theorie fehle. Diese sei allerdings erforderlich, denn nur eine solche Theorie erlaube es, die Bestandteile eines moralischen Konsenses oder Dissenses zu erläutern und den Handelnden klare Entscheidungshilfen an die Hand zu geben. Aus diesem Grund plädieren GERT, CULVER und CLOUSER für eine Bioethik, die auf einer einheitlichen Theorie mit Universalitätsanspruch basiert.[348] Grundlage ihres bioethischen Ansatzes ist die Annahme eines „moralischen Common Sense"[349], der sich in der großen Übereinstimmung zu den meisten moralischen Belangen zeigt. So besteht Übereinkunft darin, dass Handlungen wie Töten oder das Verursachen von Schmerzen unmoralisch sind, sofern keine adäquaten Gründe zur Rechtfertigung solcher Handlungen vorliegen. Das Anliegen von GERT, CULVER und CLOUSER besteht nun darin, diesen moralischen Common Sense zu explizieren und so einen moralischen Rahmen zu schaffen, der unter allen moralisch Handelnden Zustimmung findet. Dabei ergibt sich die Konsensbasis des

[342] Vgl. Steigleder (2003a), S. 76 ff.
[343] Vgl. Ach & Runtenberg (2000), S. 70.
[344] Vgl. Engelhardt (1999), S. 117.
[345] Gert, Culver & Clouser (1997), S. 2.
[346] Gert u.a. (1997), S. 2.
[347] Vgl. Gert u.a. (1997), S. 71.
[348] Vgl. Ach & Runtenberg (2002), S. 61ff.; Kettner (2003), S. 88.
[349] Kettner (2003), S. 88.

Moralsystems aus der Überlegung, dass eigentlich niemand irrational handeln will. Entsprechend orientiert sich das Moralsystem an der Leitfrage „Was würde keiner, den wir ernst nehmen, tun wollen?“[350] Auf dieser Basis formuliert GERT eine Liste mit Gütern und Übeln, von denen er annimmt, dass sie von vernünftigen Personen als solche wahrgenommen werden. Außerdem stellt er zehn Grundregeln aller Moral auf, die einen Konsens über Handlungsweisen repräsentieren, die nicht rechtfertigungslos erlaubt werden dürfen.[351] Zum Moralsystem gehören außerdem moralische Ideale. Während moralische Regeln einen verbindlichen Charakter haben, kommt moralischen Idealen eine ermunternde bzw. verstärkende und orientierende Funktion zu. Sie „betreffen direkt oder indirekt die Verringerung von Grundübeln.“[352]
Bei der Bildung moralischer Urteile kann auf die Liste der Übel und Grundgüter und auf die moralischen Grundregeln zurückgegriffen werden. Bei moralischen Meinungsverschiedenheiten muss aus der Sicht aller Betroffenen eine Bewertung der Konsequenzen der Handlung anhand der Grundgüter und Grundübel erfolgen. Außerdem können bei der Bildung moralischer Urteile schon beurteilte Fälle zum Einsatz kommen. Für die vergleichende Betrachtung von Fällen wird eine Liste von Fragen angeboten, welche die zur moralischen Beurteilung wesentlichen Aspekte erfassen.[353]
Aufgrund des Universalitätsanspruches, den GERT, CULVER und CLOUSER erheben, wäre auch eine Zuordnung zu den prinzipienethischen Ansätzen gerechtfertigt. Allerdings wollen GERT, CLOUSER und CULVER ausdrücklich die Nachteile prinzipienethischer Ansätze überwinden, indem sie ausgehend von in die Lebenspraxis eingewobenen moralischen Grundüberzeugungen ihr Moralsystem rekonstruieren. Sie überwinden damit die Praxisferne prinzipienethischer Ansätze. Moralisch relevante Fälle werden auf Grundlage des Moralsystems diskutiert, wobei der Rekurs auf das Moralsystem nicht der deduktiven Lösung von moralischen Konflikten dienen soll.[354] In diesem Sinne könnte der Ansatz als *begründungsorientierter Kohärentismus* bezeichnet werden, der sich nicht damit zufrieden gibt, von der apriorischen Geltung der herangezogenen moralischen Überzeugungen auszugehen, sondern darauf abzielt, die Geltung moralischer Überzeugungen zu begründen.[355]

Alle hier unter dem Stichwort *Kohärentismus* zusammengefassten Ansätze stammen aus dem angloamerikanischen Raum. Auch im deutschsprachigen Raum wurden in den vergangenen Jahren *Prinzipien mittlerer Reichweite* formuliert: So werden im österreichischen Gentechnikgesetz von 1994 eine

[350] Kettner (2003), S. 90.
[351] Vgl. Kettner (2003), S. 90ff.
[352] Kettner (2003), S. 99.
[353] Vgl. Kettner (2003), S. 101f.
[354] Vgl. Gert, Culver & Clouser (1997), S. 90.
[355] Vgl. Badura (2002), S. 95f.

Reihe Prinzipien angeführt, die bei der Entscheidung über die Zulässigkeit gentechnischer Verfahren zu beachten sind. Genannt werden beispielsweise das Vorsorgeprinzip, das Zukunftsprinzip, das Stufenprinzip, das demokratische und das ethische Prinzip.[356]

2.3.4 Kontextualistische Ansätze

ACH und RUNTENBERG subsumieren unter dem Begriff Kontextualismus ganz unterschiedliche Ansätze, deren gemeinsamer Kerngedanke es ist, reale Probleme in ihrer Komplexität in den Vordergrund zu rücken, um eine Alltagsferne und ein vorschnelles Generalisieren zu vermeiden und der Gefahr vorzubeugen, unterschiedliche Fälle „über den Kamm eines einzigen Prinzips bzw. einiger weniger Prinzipien zu scheren."[357]

Kasuistik

JONSEN und TOULMIN legten Ende der 1980er Jahre mit ihrer *Kasuistik* einen bedeutenden kontextualistischen Ansatz vor. Im Mittelpunkt ihrer Überlegungen stehen konkrete moralische Problemfälle aus dem klinischen Bereich, deren Beurteilung in drei Schritten erfolgt. Zunächst muss der Fall, der zur Diskussion steht, hinsichtlich seiner Grundstruktur und -probleme untersucht werden, wobei es um das Klären „der *Umstände*, die den Fall ausmachen, also die Erfassung des ‚wer, was, wo, wann, warum, wie und mit welchen Mitteln'"[358] geht. Dadurch werden gleichzeitig der Bereich, innerhalb dessen die Lösung zu suchen ist, und die für diesen Bereich typischen moralischen Grundfragen erfasst; die für den Fall typische Problematik wird dabei ersichtlich. Anschließend wird der Fall in eine Ordnung verwandter Fälle eingeordnet, welche den moralischen Rahmen bestimmen. In einem dritten Schritt geht es darum, durch einen Vergleich mit Fällen zu einer Bewertung zu kommen.[359]

Die Kasuistik wird aufgrund ihrer starken Verwurzelung in der Alltagsmoral kritisiert. So liefere die tendenzielle Theorielosigkeit moralisches Denken und Urteilen individuellen und sozialen Vorurteilen aus. Der Verzicht auf moralische Prinzipien führe dazu, dass moralische Entscheidungen nicht mehr seien, als intuitive Beurteilungen.[360] Außerdem sei Bioethik oder Medizinethik nicht auf die Lösung klinischer Fälle zu beschränken, es stellten sich auch grundsätzliche Fragen, die nicht allein kasuistisch gelöst werden könnten.[361]

---

[356] Vgl. Körtner (1997), S. 341f.
[357] Ach & Runtenberg (2002), S. 128.
[358] Steigleder (2003b), S. 155.
[359] Vgl. Steigleder (2003b), S. 156.
[360] Vgl. Ach & Runtenberg (2002), S. 130f.
[361] Vgl. Steigleder (2003b), S. 164.

Narrative Ansätze

Narrative Ethikansätze treten für die Einbeziehung von Erzählungen in die ethische Reflexion ein. Sie gewinnen dann an Bedeutung, „wenn das Unbehagen an Prinzipienethiken oder Verfahrensethiken wächst und der Rückgriff auf die Narrativität mit der Hoffnung verbunden wird, dem Phänomen der Moral mit alternativen Deutungsmodellen präziser auf die Spur zu kommen.“[362] Vor allem in der medizinischen Praxis haben narrative Ansätze große Bedeutung. Entsprechend ist die Kasuistik ein besonderer Ort für Narrativität im Kontext der Medizin. Fallstudien ohne die narrative Rekonstruktion von Krankengeschichten sind nicht möglich. Neben realen Geschichten hat auch der Einsatz fiktiver Fallgeschichten zu Ausbildungszwecken seinen festen Stellenwert.[363]

Allerdings beschränkt sich die Bedeutung von Erzählungen nicht nur auf Lebensgeschichten. Auch das Lesen fiktionaler und literarischer Texte ist nach Meinung mancher narrativer Ethiker von Bedeutung. Diese ermöglichen einen Perspektivenwechsel, eine Horizonterweiterung oder eine Identifikation und sind deshalb auch für bioethische Diskussions- und Entscheidungsprozesse bedeutsam.[364]

Nach MARTHA NUSSBAUM erweitert der Umgang mit literarischen Texten die Handlungsspielräume, „indem er zum Nachdenken über alternative Szenarien einlädt und uns konkret vor Augen führt, was in Moraltheorien zwangsläufig abstrakt bleiben muss.“[365] Entsprechend plädiert NUSSBAUM für eine narrative Erweiterung der Moralphilosophie, um durch Einbezug der affektiven Dimension zu einer kontextsensitiven Urteilsbildung anzuregen.

Eine narrative Bioethik taugt auf keinen Fall als Ersatz für argumentative Ethikansätze. Dennoch hat sie „den Vorteil, auf spezifische Kontexte zu reagieren und auf der Ebene der Reflexion immer schon mit einer interdisziplinären Wissenschaftspraxis verbunden zu sein (Literatur, Geschichte, Psychologie, Philosophie, Theologie u.a.).“[366] So könne die moralische Vorstellungskraft vom Kontakt mit Geisteswissenschaften profitieren. Vor allem in der Kombination mit anderen Ansätzen können narrative Ansätze ihre Stärken entfalten.[367]

Tugendethische Ansätze

Tugendethische Ansätze gehen davon aus, dass sich der moralisch Handelnde weniger an Prinzipien, sondern eher an der Frage orientiert, was eine tugendhafte Person in der gegebenen Situation tun würde. Auf diese Weise

[362] Lesch (2003), S. 184f.
[363] Vgl. Lesch (1993), S. 191.
[364] Vgl. Ach & Runtenberg (2002), S. 102f.
[365] Lesch (2003), S. 189.
[366] Lesch (2003), S. 196.
[367] Vgl. Lesch (2003), S. 196.

rückt die handelnde Person selbst in den Mittelpunkt des Interesses.[368] Moderne Tugendethiker nehmen an, dass Menschen „in aller Regel nicht aufgrund von abstrakten Prinzipien [handeln]; die Motivation zum Handeln speise sich vielmehr aus persönlichen Beziehungen, dem eigenen normativen Selbstverständnis und aus Vorstellungen vom Guten.“[369] Deshalb werden nicht die Handlungen selbst moralisch beurteilt, sondern der Handelnde steht im Zentrum, weil dessen „Intuitionen (...), Haltungen, Dispositionen oder Charaktereigenschaften“[370] für das Treffen von moralischen Entscheidungen als wichtig erachtet werden.
Tugendethische Ansätze haben in der medizinischen Ethik im Rahmen eines ärztlichen oder pflegerischen Berufsethos eine gewisse Bedeutung, zur Strukturierung und Beurteilung konkreter bioethischer Problemsituationen eignen sie sich hingegen kaum.[371]

2.3.5 Anthropozentrismus versus Physiozentrismus

Grundsätzlich können sich bioethische Ansätze hinsichtlich der Frage, welcher Art von Lebewesen ein moralischer Status eingeräumt werden soll, unterscheiden. Während für die herkömmliche Ethik westlicher Tradition die Achtung vor der Würde des Menschen ein weitgehend unbestrittenes Fundament darstellt, muss im Hinblick auf andere Lebewesen und die Natur geklärt werden, ob und warum sie Berücksichtigung bei moralischen Erwägungen verdienen.[372] Entsprechend lassen sich im Hinblick auf die Begründung des moralischen Status der Natur anthropozentrische und physiozentrische Positionen unterscheiden.

Anthropozentrische Ethiken stellen den Menschen in den Mittelpunkt ihrer ethischen Argumentationen. Entsprechend nehmen sie bei der Begründung des Schutzes der Natur auf menschliche Belange Bezug. Häufig werden anthropozentrische Ethiken als umweltfeindlich betrachtet. Der anthropozentrischen Position wird die Ansicht unterstellt, dass nichts außer dem Menschen moralische Relevanz habe.[373] Der Anthropozentrismus wird auf Nutzenkalkulation reduziert und der Physiozentrismus wird ihm „als Kampfbegriff“[374] gegenübergestellt, „um Natur diesem Kosten-Nutzen-Kalkül zu entziehen.“[375]

[368] Vgl. Schaber (1998), S. 63.
[369] Ach & Runtenberg (2002), S. 104.
[370] Zimmermann-Acklin (2003), S. 200.
[371] Vgl. Zimmermann-Acklin (2002), S. 200ff.
[372] Vgl. Eser (2003), S. 344f.
[373] Vgl. Eser & Potthast (1999), S. 47.
[374] Eser & Potthast (1999), S. 47.
[375] Eser & Potthast (1999), S. 47.

Allerdings wird nach UTA ESER die Natur innerhalb anthropozentrischer Ethiken nicht nur als Ressource gesehen, über die der Mensch nach Belieben verfügen kann, auch ideelle, ästhetische, emotionale oder spirituelle Bewertungen der Natur spielen eine Rolle.[376]

Physiozentrische Ethiken messen natürlichen Objekten oder der Natur als Ganzer einen intrinsischen Wert zu und halten diese selbst für den Ausgangspunkt einer moralischen Begründung ihrer Schutzwürdigkeit, ohne auf menschliche Bedürfnisse oder Interessen Bezug zu nehmen. Innerhalb physiozentrischer Ethiken lassen sich unterschiedliche Richtungen charakterisieren:

Pathozentrische Ethiken berufen sich in ihrer Begründung auf die Leidensfähigkeit von Lebewesen. Dabei gilt die moralische Pflicht, Leiden zu verhindern, für alle Lebewesen, die die Fähigkeit haben, Leiden zu empfinden.[377] Pathozentrische Argumente spielen innerhalb der Tierethik eine große Rolle. So sind sie im Hinblick auf Tierexperimente oder Haltungsbedingungen einschlägig, beim Schutz bedrohter Arten oder Ökosysteme indes haben sie ihre Grenzen, da hier nicht auf das Leiden einzelner Tiere Rücksicht genommen werden kann.[378]

Biozentrisch ausgerichtete Ethiken messen unabhängig von der Leidensfähigkeit der Tiere jedem Lebewesen einen intrinsischen Wert zu. Sie „beruhen auf der moralischen Ehrfurcht vor allem Leben.“[379] Während egalitäre biozentrische Ansätze jedem Lebewesen die gleiche moralische Bedeutung zuerkennen, ist in abgestuften biozentrischen Ansätzen die moralische Relevanz eines Lebewesens von dessen Organisationshöhe abhängig.[380] Aus der Perspektive einer angewandten Ethik, der es ja um konkrete Handlungsanweisungen in konkreten Situationen geht, bieten biozentrische Ansätze keine echten Entscheidungshilfen und sind deshalb unbefriedigend, weil selbst elementare Lebensvollzüge des Menschen das Wohlergehen anderer Lebewesen unmittelbar beeinträchtigen.[381]

Ökozentrische bzw. *holistische* Ansätze berufen sich in ihrer Begründung auf den moralischen Wert der gesamten Natur. Der Mensch wird innerhalb ökozentrischer Ethiken als Teil eines Systems betrachtet. Die dabei vorgenommene Unterordnung individueller Interessen unter das Wohl einer Gemeinschaft steht allerdings im „problematischen Widerspruch zu einer Ethik, die in der Achtung vor der Würde jedes einzelnen Menschen grün-

[376] Vgl. Eser (2003), S. 345f.
[377] Vgl. Eser & Potthast (1999), S. 46.
[378] Vgl. Eser (2003), S. 346.
[379] Eser & Potthast (1999), S. 46.
[380] Vgl. Eser & Potthast (1999), S. 46.
[381] Vgl. Eser (2003), S. 346f. Allerdings stehen meines Erachtens auch biozentrischen Ansätzen Instrumentarien der Güterabwägung zur Verfügung, wenngleich Uta Eser davon ausgeht, dass innerhalb eines strikt egalitären Biozentrismus Abwägungskonflikte schwerlich konsistent zu lösen sind.

det.“[382] So sind innerhalb eines solchen Konzepts Verletzungen der Menschenwürde im Namen der Natur denkbar.[383]

2.4 Zusammenfassung

Mitte der 1980er Jahre wurde die Bioethik in Deutschland Gegenstand öffentlicher Diskussionen. Dabei hatte sie zunächst einen schweren Stand, weil sie mit den Euthanasie- und Eugenik-Programmen des Dritten Reiches in Verbindung gebracht wurde. Überdies führte die Bioethik-Debatte rasch in einen Grabenkampf zwischen traditionellen kontinentaleuropäischen Ethikrichtungen und Utilitarismus.

Die Bioethik lässt sich keiner bestimmten moralischen Tradition zuordnen. Unterschiedliche ethische Theorien werden verwendet und treten teilweise in Konkurrenz zueinander. Entsprechend vielfältig gestaltet sich die bioethische Theorienlandschaft. Prinzipienethische Ansätze sind durch eine deduktive Vorgehensweise gekennzeichnet. Die Prinzipien, die einen Anspruch auf universale Gültigkeit erheben, werden auf konkrete Situationen angewendet. Kritisiert werden prinzipienethische Ansätze wegen ihrer Praxisferne und Abstraktheit. Deshalb seien sie ungeeignet, im konkreten Einzelfall zu einer Lösung zu führen. Ihre Anwendung erfordere außerdem philosophische Erfahrung, die Praktiker in Heilberufen nicht aufwiesen.

Vor diesem Hintergrund ist die Entstehung kohärentistischer und kontextualistischer Theorien zu verstehen. Kontextualistische Ansätze stehen für eine einzelfallbezogene und kontextsensitive Ethik; moralische Prinzipien oder Normen stehen am Ende eines Entscheidungsprozesses. Die Kritik an kontextualistischen Ansätzen verhält sich entgegengesetzt zu der, die an prinzipienethischen Ansätzen geübt wird. So wird ihnen eine zu starke Verwurzelung in der Alltagsmoral vorgeworfen. Überdies liefere ihre tendenzielle Theorielosigkeit moralisches Denken und Urteilen Vorurteilen und Intuitionen aus.

Kohärentistische Ansätze stehen zwischen kontextualistischen und prinzipienethischen Ansätzen. Sie bekennen sich einerseits zu einer Kontextsensitivität und wollen andererseits auf Prinzipien nicht verzichten. An Stelle der Berufung auf höchste Fundamente und Prinzipien plädieren sie für pragmatische Prinzipien oder knüpfen an bestehende Konsense an.

Hinsichtlich der Frage, welcher Art von Lebewesen ein moralischer Status einzuräumen sei, kann man anthropozentrische von physiozentrischen Ethiken unterscheiden. Während anthropozentrische Ansätze den Menschen in den

[382] Eser (2003), S. 348.
[383] Vgl. Eser (2003), S. 349.

Mittelpunkt der ethischen Begründung stellen, messen physiozentrische Ansätze auch natürlichen Objekten oder der Natur selbst einen intrinsischen Wert zu. Erstere werden von Kritikern häufig auf eine reine Nutzenkalkulation reduziert und mit der Ansicht gleichgesetzt, nur der Mensch sei moralisch relevant. Um die Natur diesem Kosten-Nutzen-Kalkül zu entziehen, wird dem Anthropozentrismus der Physiozentrismus entgegengehalten.

2.5 Ertrag

Da es den Rahmen des Biologieunterrichts bei weitem sprengen würde, alle ethischen Theorien aufzuarbeiten bzw. aufzugreifen, ist es notwendig, unter den vielfältigen Ansätzen eine Auswahl zu treffen.[384] Im Hinblick auf die Fragestellung dieser Arbeit ist dabei von Interesse, welche bioethischen Theorien bzw. Theorieströmungen in biologiedidaktischen Konzeptionen tatsächlich Verwendung finden. Dieser Fragestellung soll in den folgenden beiden Kapiteln nachgegangen werden.

In Anbetracht des hier dargestellten Theorienpluralismus kann außerdem überlegt werden, welcher Ethik man sich im Biologieunterricht zur Behandlung bioethischer Fragestellungen vorzugsweise bedienen sollte. Um eine sinnvolle Antwort auf diese Frage zu finden, schlage ich vor, die an den einzelnen Theorieströmungen geübte Kritik ernst zu nehmen und ausgehend von dieser Kritik Empfehlungen für den Biologieunterricht zu formulieren.

Der Schwierigkeit einer universal gültigen Letztbegründung ist dadurch Rechnung zu tragen, dass ethische Theorien mit Universalitätsanspruch auch im Biologieunterricht nicht zur allgemeinen, rationalen Letztbegründung eingesetzt werden. Allerdings erklärt EKKEHARD MARTENS, dass die Möglichkeit von selbstverantwortetem, einsichtigem Handeln immer die Geltung moralischer Werte und Regeln mit nicht nur beliebiger Geltung impliziert. Daher müsse geprüft werden, „wer wir selbst sein und wie wir leben wollen“[385]. Prinzipienethische Ansätze können nach MARTENS somit im Sinne einer existenziellen, reflektierten Selbstwahl Bedeutung haben[386] und in diesem Zusammenhang dazu dienen, eine mögliche Richtung plausibel begründeter Urteile anzuzeigen. Dabei darf man allerdings nicht aus den Augen verlieren, dass bei jeder Entscheidung für eine ethische Position Intuitionen eine große Rolle spielen.[387] Außerdem bieten diese in sich logisch begründeten Urteile nicht zwangsläufig Orientierung. So wurde die Rezeption der Bioethik in Deutschland entscheidend von Frontstellungen zwischen den durchaus

[384] Vgl. Rieß (1999), S. 65f.
[385] Martens (2002), S. 179.
[386] Vgl. Martens (2002), S. 180.
[387] Vgl. Ach & Runtenberg (2002), S. 120.

plausiblen Urteilen utilitaristischer Bioethiker und den nicht weniger überzeugenden Urteilen traditioneller Ethikansätze geprägt. Dieser Aspekt ist aus meiner Sicht im Hinblick auf die Zielsetzung des Unterrichts zu reflektieren und entsprechend zu verwerten. Falls es also darum geht, den Dissens zwischen Befürwortern und Gegnern der Gentechnik, der nach wie vor existiert, verstehbar zu machen, eignet sich die Bezugnahme auf divergierende Prinzipien, während die Suche nach Lösungswegen für moralische Problemlagen hierdurch eher erschwert wird.

Kritisiert werden prinzipienethische Ansätze wegen ihrer Abstraktheit und Alltagsferne. Außerdem bedürfe die Anwendung abstrakter Prinzipien philosophischer Erfahrung, die *Ethik-Laien* nicht aufwiesen.[388] Weil meines Erachtens auch Schüler und Lehrer in diesem Sinne eher den ethischen Laien zuzuordnen sind, sollte auch im Biologieunterricht nicht der direkte Weg von moralischen Prinzipien zu singulären Urteilen beschritten werden.

Kontextualistische Ansätze plädieren dafür, reale Problemkonstellationen in den Mittelpunkt der ethischen Erörterung zu stellen. Ihnen wird allerdings ihre starke Verwurzelung in der Alltagsmoral vorgeworfen. Aus dieser Kritik ist abzuleiten, dass im Biologieunterricht nicht gänzlich auf moralische Prinzipien verzichtet werden sollte.

Kohärentistische Ansätze stellen insoweit einen Kompromiss dar, als sie einerseits kontextsensitiv sind und andererseits auf Prinzipien nicht verzichten wollen, wobei die Gewichtung der angewandten Prinzipien eher in den Hintergrund rückt.[389]

Ausgehend von diesen Kritikpunkten erscheint mir im Biologieunterricht ein Rückgriff auf pragmatische oder im Rahmen einer *common morality* konsensfähige Prinzipien sinnvoll zu sein, die im Lichte der gegebenen Situation relevant werden. Entsprechend könnte eine diskursive Besinnung auf gemeinsame moralische Überzeugungen, also einer Minimalethik im Sinne ENGELHARDTS oder einer *common morality* nach dem Verständnis von GERT, CULVER und CLOUSER[390], für den Biologieunterricht fruchtbar gemacht werden. Dabei ist es allerdings unverzichtbar, die dabei gewonnen Prinzipien einer Geltungsanalyse zu unterziehen und so zu einer Gewichtungsskala zu kommen.

[388] Vgl. Quante & Vieth (2003), S. 141.
[389] Vgl. Abschnitt 2.3.3: Der Ansatz von Beauchamp und Childress.
[390] Vgl. Gert, Culver & Clouser (1997), S. 3f.

3. Analyse von Unterrichtsvorschlägen aus dem Überschneidungsfeld Gentechnik und Ethik

Ein Anliegen dieser Arbeit ist es, zu untersuchen, auf welche Weise die Biologiedidaktik und somit der Biologieunterricht in den vergangenen Jahren auf die Fortschritte in der Gentechnik und die damit verbundenen ethischen Herausforderungen reagiert haben.
In diesem Zusammenhang ist von besonderem Interesse, auf welche Weise mit Problemstellungen, die aus unterschiedlichen gentechnischen Verfahren und Anwendungen erwachsen, im Biologieunterricht verfahren wird und ob sich in den vergangenen Jahren die Umgangsweise mit diesen Problemstellungen verändert hat.
Die Erörterung dieser Fragestellungen erfolgt mit Hilfe von Unterrichtsvorschlägen zur Gentechnik, die in biologiedidaktischen Zeitschriften veröffentlicht wurden.[391] Die Bestandsaufnahme der Unterrichtsvorschläge ermöglicht eine historisch-thematische Einordnung und eine Bewertung des in den Unterrichtsvorschlägen vertretenen Themenspektrums. Beides erfolgt vor dem Hintergrund der eingehenden Auseinandersetzung mit der Gentechnik im ersten Kapitel.
Die Rekonstruktion der in Unterrichtsvorschlägen der vergangenen Jahre empfohlenen Umgangsweise mit Problemfeldern der Gentechnik gestattet eine Einschätzung der Unterrichtspraxis im Themenfeld Gentechnik und Ethik.

3.1 Materialkorpus und formale Charakterisierung des Materials

Unter Unterrichtsvorschlägen werden in diesem Zusammenhang Veröffentlichungen verstanden, die konkrete Unterrichtsanleitungen und didaktische Hinweise enthalten. Die didaktische Aufbereitung erlaubt Rückschlüsse auf die innerhalb der einzelnen Unterrichtsvorschläge empfohlene Praxis.
Unterrichtsvorschläge zum Thema Gentechnik wurden dann in den Materialkorpus aufgenommen, wenn Sie eines der folgenden Kriterien erfüllten:

- Thematisierung von gentechnischen Arbeitsweisen
- Thematisierung von Forschungs- und Anwendungsgebieten der Gentechnik
- Thematisierung von Problemen, die sich direkt aus der Gentechnik bzw. aus gentechnischen Anwendungen ergeben können

[391] Diese stellen Empfehlungen für die Praxis, das heißt für die mit der Vermittlung von biologischem Wissen an die heranwachsende Generation Betrauten, dar und erlauben somit eine Einschätzung der Fragestellung.

Nicht berücksichtigt wurden Unterrichtsvorschläge, in welchen die Gentechnik nicht als Rahmenthema, sondern nur am Rande aufgegriffen wurde.[392]

Folgende weitere Überlegungen zur Erstellung des Materialkorpus wurden angestellt:

- Das Material sollte explizit für den Biologieunterricht konzipiert worden sein, da Rückschlüsse auf den Biologieunterricht gezogen werden sollen.[393]
- Das Material sollte eine gewisse Breitenwirksamkeit aufweisen, das heißt es muss über den Buchhandel oder über Verlage zu beziehen sein.
- Das Material sollte eine Aktualität und Gegenwartsbezogenheit widerspiegeln.

Unterrichtsvorschläge, die in biologiedidaktischen Zeitschriften veröffentlicht werden, erfüllen im Allgemeinen diese Kriterien. Deshalb wurde der Materialkorpus aus biologiedidaktischen Zeitschriften, die in der Bundesrepublik über den Buchhandel oder über Verlage zu erhalten und in Bibliotheken zugänglich sind, erstellt. Derzeitig sind dies folgende Zeitschriften:

- Unterricht Biologie
- Praxis der Naturwissenschaften – Biologie in der Schule
- Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht

Ebenso wurden nachstehende, nicht mehr erscheinende Zeitschriften berücksichtigt:

- Praxis der Naturwissenschaften – Biologie
- Der Biologieunterricht
- Naturwissenschaften im Unterricht – Biologie
- Biologie in der Schule
- Biologica didactica

Die bibliografischen Angaben zu den Zeitschriften sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

---

[392] Beispielsweise wird in einer Unterrichtsanregung von Rüdiger Lutz Klein der Einsatz geklonter Rinder aufgegriffen. In diesem Zusammenhang wird das Klonen gentechnisch veränderter Tiere als zukünftige Möglichkeit am Rande thematisiert. Im Mittelpunkt steht die Frage, ob ein Bauer geklonte Tiere in seinen Stall stellen soll und nicht, ob gentechnisch veränderte Tiere hergestellt und eingesetzt werden sollen. Vgl. Klein (1993b) In den Unterrichtsvorschlägen von Bernhard Knauer und von Winfried und Elisabeth Greber geht es um Evolution und unterschiedliche Evolutionsbelege bzw. um die Erschließung phylogenetischer Zusammenhänge. Hierbei wird der Vergleich von Makromolekülen, also auch Nukleinsäuren, thematisiert. Gentechnische Verfahren zur Gewinnung und Aufbereitung dieser Makromoleküle spielen hingegen keine nennenswerte Rolle. Vgl. Knauer (1996); Greber & Greber (1992); Greber & Greber (1994).

[393] Unterrichtsvorschläge zum Thema Gentechnik werden außerdem von anderen Stellen veröffentlicht: So kann man unter anderem auch in religionspädagogischen Zeitschriften und Zeitschriften für die politische Bildung fündig werden. Da jedoch Aussagen über biologischen Unterricht gemacht werden sollen, wurden solche Zeitschriften nicht verwendet, da sie in der Regel von Biologielehrern nicht benutzt werden.

Die genannten Zeitschriften richten sich in erster Linie an Biologielehrer.[394] Sie nehmen nach Schulbuch und Zeitungsmeldungen Rang drei der von Praktikern verwendeten Unterrichtshilfsmittel ein.[395]
Da das Zeitalter der Gentechnik spätestens mit der ersten Klonierung eines Gens durch STANLEY COHEN im Jahr 1973 anbrach[396], wurden die oben genannten Zeitschriften ausgehend von 1973 bis einschließlich 2005 auf Unterrichtsvorschläge zur Gentechnik durchgesehen und geprüft.

Zeitschriftentitel	**Verleger, Erscheinungsdaten**	**Hinweise**
Unterricht Biologie (UB)	Friedrich-Verlag, Seelze 1.1976 -	▪ darin aufgegangen: Naturwissenschaften im Unterricht
Praxis der Naturwissenschaften – Biologie in der Schule (PdN-BioS)	Aulis-Verlag Deubner, Köln 49.2000,7 -	▪ Vorgänger: PdN-Bio. ▪ Vorgänger: Biologie in der Schule
Der Mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht (MNU)	Verlag Seeberger, Neuss 1. 1948/1949 -	▪ Vorgänger: Mathematik und Naturwissenschaften
Praxis der Naturwissenschaften – Biologie (PdN-Bio.)	Aulis-Verlag Deubner, Köln 22.1973 - 49.2000.6	▪ Vorgänger: Praxis der Naturwissenschaften / 2 ▪ Darin aufgegangen: BU ▪ Fortsetzung: PdN-BioS
Der Biologieunterricht (BU)	Friedrich-Verlag, Seelze 1.1965 - 20.1984 1965 - 1983 Klett-Verlag, Stuttgart	▪ aufgegangen in PdN-Bio.
Naturwissenschaften im Unterricht	Aulis-Verlag, Köln 25.1977 - 32.1984	▪ aufgegangen in UB
Biologie in der Schule	Pädagogischer Zeitschriftenverlag, Berlin 1.1952 - 49.2000,3	▪ Fortsetzung: (PdN-BioS)
Biologica didactica	Didaktischer Dienst Franzbecker, Bad Salzdetfurth 2.1979 - 5.1982,2; 6.1984 - 7.1985	▪ Vorgänger: Biologica didact

Tabelle 2: Bibliographische Angaben zu den verwendeten Zeitschriften (Informationen aus: Subito Dokumente aus Bibliotheken e.V.; http://www.subito-doc.de)

[394] Die Zeitschrift MNU richtet sich außerdem an andere naturwissenschaftliche Fächer. Sie enthält praxisbezogene Beiträge mit unmittelbar im Schulalltag umsetzbaren Inhalten sowie Aufsätze zu didaktischen und methodischen Problemen aus Mathematik, Physik, Chemie und Biologie.
[395] Vgl. Graf (2004), S. 51.
[396] Siehe Abschnitt 1.2.

Die in den Zeitschriften aufgefundenen Unterrichtsvorschläge zur Gentechnik sind in Tabelle 3 chronologisch aufgeführt. Insgesamt wurde das Thema Gentechnik als Rahmenthema in 34 Unterrichtsvorschlägen thematisiert. Im weiteren Verlauf werden die Unterrichtsvorschläge mit den Autorennamen und dem Erscheinungsjahr benannt. Liegen von einem Autoren bzw. einem Autorenteam mehrere Veröffentlichungen im selben Jahr vor, wird an das Erscheinungsjahr ein Kleinbuchstabe angefügt.[397]

Die Unterrichtsvorschläge sind in einen Informationsteil, in welchem biologisches bzw. ethisches Sachwissen beschrieben wird, und einen didaktischen Teil mit Hinweisen zur methodisch-didaktischen Umsetzung der Thematik gegliedert. Arbeitsmaterial ist in der Regel beigefügt. In 23 Unterrichtsvorschlägen wurden zusätzlich kontrovers diskutierte Fragestellungen der Anwendung oder des Verfahrens aufgegriffen. Die entsprechenden Unterrichtsvorschläge finden sich innerhalb der Tabelle in **fett** gedruckter Form.

[397] Im Literaturverzeichnis sind die Unterrichtsvorschläge ebenso aufgeführt. Sie können also im Literaturverzeichnis mit Hilfe der Jahreszahl und dem nachgestellten Kleinbuchstaben direkt identifiziert werden.

Autor, Quelle, Jahr,	Titel	Thematisierte Gebiete
1. SCHNEIDER & PROBST (1984) UB 90/8	Gentechnologie	Herstellung eines Medikaments (Fiblaferon) in transgenen Bakterien
2. SORBE (1987) PdN-Bio. 2/36	Genetisch manipulierte Bakterien produzieren Humaninsulin	Herstellung eines Medikaments (Insulin) in transgenen Bakterien
3. KLEIN (1987) PdN-Bio. 2/36	**Genetische Manipulation umfasst alle Lebensbereiche**	**Genanalyse, Gentherapie am Menschen**
4. KÜHNE U.A. (1987a) UB 125/11	**Wollen wir den perfekten Menschen?**	**Genanalyse, Gentherapie am Menschen**
5. MENZDORF (1988) PdN-Bio. 4/37	**Anwendungen der Gentechnologie**	**Allgemeine Arbeitstechniken, Herstellung von Medikamenten in transgenen Mikroorganismen, Gentherapie, Grüne Gentechnik**
6. BADE (1990) UB 151/14	**Biotechnik: Chancen und Probleme**	**Grüne Gentechnik: Herstellung von transgenem Kakao; Herstellung eines Medikaments in transgenen Bakterien**
7. KLEIN (1993a) PdN-Bio. 5/42. Jg. 1993	**Blut für Menschen: Von Menschen oder Schweinen oder …?**	**Herstellung transgener Tiere zur Medikamentenerzeugung**
8. LABAHN-LUCIUS U.A. (1993) UB 182/17	**Freisetzung von gentechnisch veränderten Bakterien**	**Unbeabsichtigte Freisetzung transgener Bakterien**
9. BERGERHOFF (1994) BioS 43	**Chancen und Risiken der Gentechnologie**	**Unterschiedliche, von Schülern zu wählende Themen**
10. RUPPERT (1995a) UB 209/19	**Gentechnisch erzeugte Herbizidresistenz bei Pflanzen**	**Grüne Gentechnik: Herstellung herbizidresistenter Pflanzen**
11. LECKE & BRANER (1995) UB 209/19	Die Polymerasekettenreaktion und die HIV-Diagnose	Diagnose von Infektionskrankheiten beim Menschen mit Hilfe der PCR
12. DEPPE (1995) UB 204/19	**Die Traumbohne**	**Grüne Gentechnik: Herstellung von transgenem Kakao**
13. GREBER & GREBER (1995) UB 209/19	Anwendung der PCR in Archäologie und Kriminalistik	Gentechnik in der Forensik und Archäologie
14. HAAS (1995) UB 209/19	Das Mukoviszidose-Gen	Genanalyse am Menschen
15. MÜLLER (1995) UB 210/19	Es geht um die Wurst!	Gentechnik in der Lebensmittelanalytik
16. ELVERS (1998) PdN-Bio. 6/47	**Transgener Mais**	**Grüne Gentechnik: Herstellung von transgenem Mais**
17. MARSCHALL (1999) UB 246/23	**Fingerabdruck ohne Fingerspuren**	**Gentechnik in der Forensik**
18. KATTMANN & SCHÜPPEL (1999) UB 250/23	**Die Gene lügen nicht? Perspektiven der Gendiagnostik**	**Genanalyse am Menschen**
19. OEHLKE (2000) UB 251/24	Wolf im Schafspelz?	Gentechnik in der Lebensmittelanalytik

20. JÄSCHKE & UHLMANN (2000) UB 251/24	Leben aus prähistorischer DNA?	PCR im Dienste der Vermehrung fossiler DNA
21. SCHARF & SCHARF (2000) UB 251/24	**Modellversuch zur Gentechnik**	**Grundlegende Arbeitsweisen**
22. EGERDING (2000) UB 256/24	DNA-Isolation und -Sequenzierung – experimentell und virtuell	Gentechnische Methoden in der Gerichtsmedizin
23. KREUZ U.A. (2000) MNU 53/5	**Bioethik am Beispiel des Bt-Mais**	**Grüne Gentechnik: Herstellung von transgenem Mais**
24. RUNTENBERG (2001b) PdN-BioS 6/50	**Ethische Aspekte der Verwendung von Tieren in der Forschung**	**Herstellung transgener Tiere**
25. BERTSCH & HARMS (2001) PdN-BioS 6/50	**Konstruktion von Knock-out-Mäusen**	**Herstellung transgener Tiere**
26. HÖßLE (2001b) PdN-BioS 6/50	**Ethische Bewertung der Keimbahntherapie am Menschen**	**Gentherapie am Menschen, Keimbahntherapie**
27. HÖßLE (2001c) PdN-BioS 7/50	**Ambivalenz des genetischen Tests**	**Genanalyse am Menschen**
28. HÖßLE (2002) PdN-BioS 1/51	**Transgene Tiere und ihre ethische Vertretbarkeit**	**Herstellung transgener Tiere**
29. RUNTENBERG (2003) PdN-BioS 6/52	**Ethische Aspekte der Präimplantationsdi-agnostik**	**Genanalyse, Präimplantationsdiagnostik**
30. BIALKE-ELLINGHAUSEN U.A. (2004a) UB 291	**Arbeitnehmerscreening**	**Genanalyse am Menschen**
31. HINRICHS (2004) UB 291	Somatische Gentherapie: Wie bringt man fremde Gene in Körperzellen?	Gentherapie
32. UNTERMOSER (2004) UB 291	**Präimplantationsdiagnostik: Anwendung des Machbaren?**	**Genanalyse, Präimplantationsdiagnostik**
33. BIALKE-ELLINGHAUSEN U.A. (2004b) UB 291	**Somatische Gentherapie**	**Gentherapie**
34. SCHMALOSKE & DREESMANN (2005) PdN-BioS 7/54	Krimi im Klassenzimmer. Gentechnik im Biologieunterricht der Jahrgangsstufe 6	Gentechnik in der Forensik

Tabelle 3: Materialkorpus (Abkürzungen der Zeitschriften siehe Tabelle 2)

3.2 Gentechnische Inhalte

3.2.1 Übersicht

In Abbildung 9 ist die Gesamtzahl der gesichteten Unterrichtsvorschläge in Fünf-Jahreszeiträumen gezeigt. Feststellbar ist eine deutliche Zunahme von Unterrichtsvorschlägen innerhalb des untersuchten Zeitraums. Beobachtbar ist außerdem, dass der Anteil der Unterrichtsvorschläge, in welchen Problemfelder aufgegriffen wurden, im Intervall zwischen 1986 und 1990 sehr hoch ist. In den 1990ern geht dieser prozentual zurück und steigt erst ab 2001 wieder an.

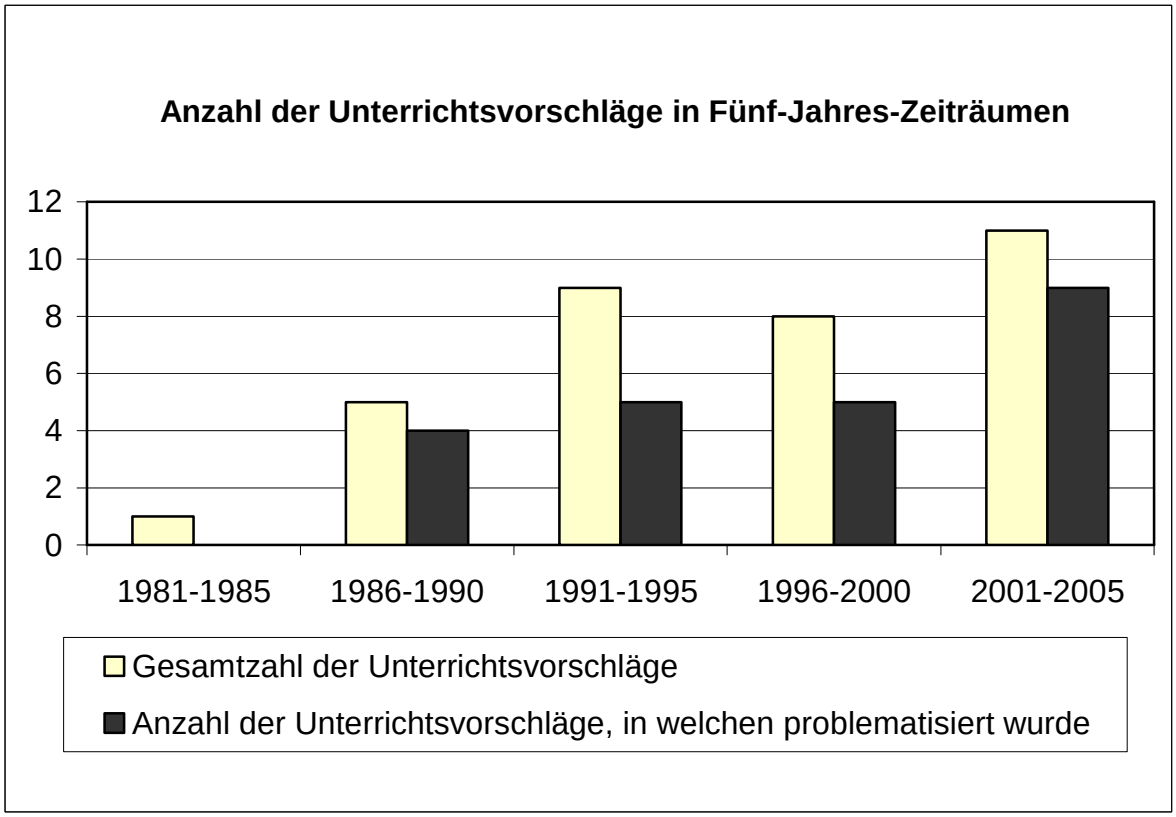


Abbildung 9: Anzahl der Unterrichtsvorschläge in Fünf-Jahres-Zeiträumen

Abbildung 10 zeigt die Häufigkeit, mit der bestimmte Inhalte in Unterrichtsvorschlägen aufgenommen werden. Gentechnische Anwendungen am Menschen, das heißt genanalytische bzw. gentherapeutische Verfahren, werden zwölf Mal in den Blick genommen. Auf die Grüne Gentechnik entfallen sieben Unterrichtsvorschläge; in vier weiteren geht es um die Herstellung und Nutzung transgener Tiere. Die eben genannten Themenbereiche werden innerhalb der Unterrichtsvorschläge auch bevorzugt problematisiert.
Die Medikamentenherstellung in Mikroorganismen wird insgesamt fünf Mal aufgegriffen. Weniger häufig werden allgemeine Arbeitsweisen und die Anwendung gentechnischer Methoden in der Archäologie, Forensik und

Lebensmittelanalytik thematisiert. Mit der unbeabsichtigten Freisetzung von transgenen Bakterien befasst sich nur ein einziger Unterrichtsvorschlag.

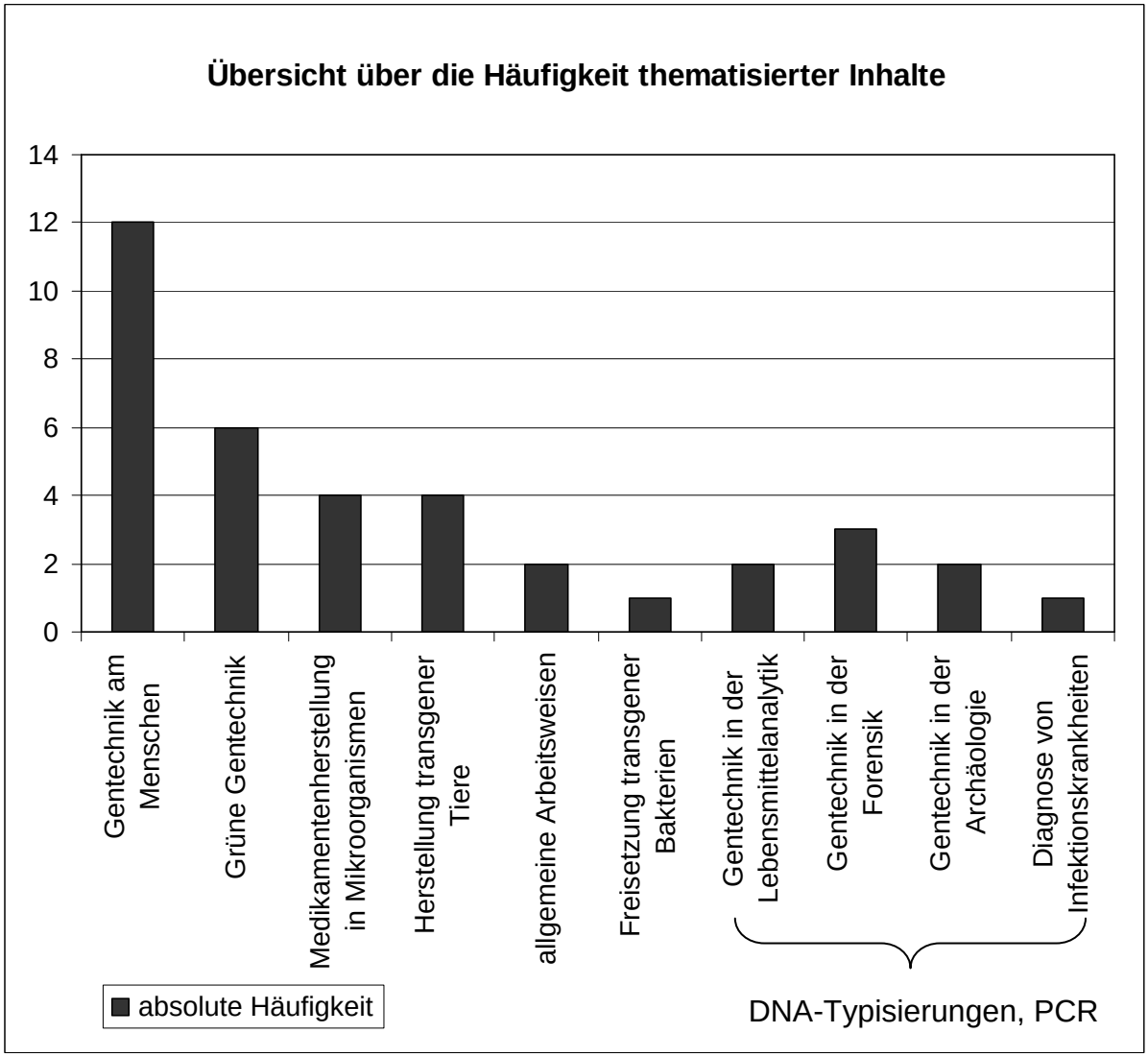


Abbildung 10: Übersicht über die Häufigkeit thematisierter Inhalte

In Abbildung 11 ist die Häufigkeit dargestellt, mit der bestimmte Inhalte in Fünf-Jahresabschnitten innerhalb der Unterrichtsvorschläge auftreten.[398]
Zwischen 1986 und 1990 sind das in erster Linie gentechnische Verfahren am Menschen, die Herstellung von Medikamenten in Mikroorganismen und die Grüne Gentechnik. In den 1990er Jahren verlieren Unterrichtsvorschläge zur Gentechnik am Menschen und zur gentechnischen Herstellung von Medikamenten in Mikroorganismen an Bedeutung, während Anwendungen von DNA-Typisierungsverfahren in der Forensik, der Archäologie, der Diagnose von Infektionskrankheiten und der Lebensmittelanalytik vermehrt in den Blick

[398] Da in einigen Unterrichtsvorschlägen mehrere Themengebiete aufgegriffen werden, entspricht die Anzahl der Thematisierungen nicht der Anzahl von Unterrichtsvorschlägen.

genommen werden. Ab dem Jahr 2001 stehen Unterrichtsvorschläge zur Gentechnik am Menschen und zur Herstellung transgener Tiere im Vordergrund; die Herstellung pharmazeutisch wirksamer Proteine in Zellkulturen und die Grüne Gentechnik hingegen werden nicht mehr aufgegriffen.
Deutlich ist, dass bestimmte Themengebiete in bestimmten Intervallen gehäuft auftreten, während sie in anderen unterrepräsentiert sind. So werden Unterrichtsvorschläge zur Gentechnik am Menschen vor allem in zwei Phasen vorgelegt: Der Anteil dieser Vorschläge beträgt zwischen 1986 und 1990 50%, zwischen 2001 und 2005 sogar 70%. Unterrichtsvorschläge zur Grünen Gentechnik findet man zwischen 1985 und 2000, wobei sich im Intervall zwischen 1990 und 1995 die Unterrichtsvorschläge zur Grünen Gentechnik auf das Jahr 1995 beschränken. Ab 2001 können keine Unterrichtsvorschläge zur grünen Gentechnik mehr gefunden werden. Die gentechnische Herstellung pharmazeutisch wirksamer Proteine in Zellkulturen findet lediglich bis 1990 Beachtung, während Anwendungen von DNA-Typisierungsverfahren vor allem in den 1990er Jahren thematisiert werden.

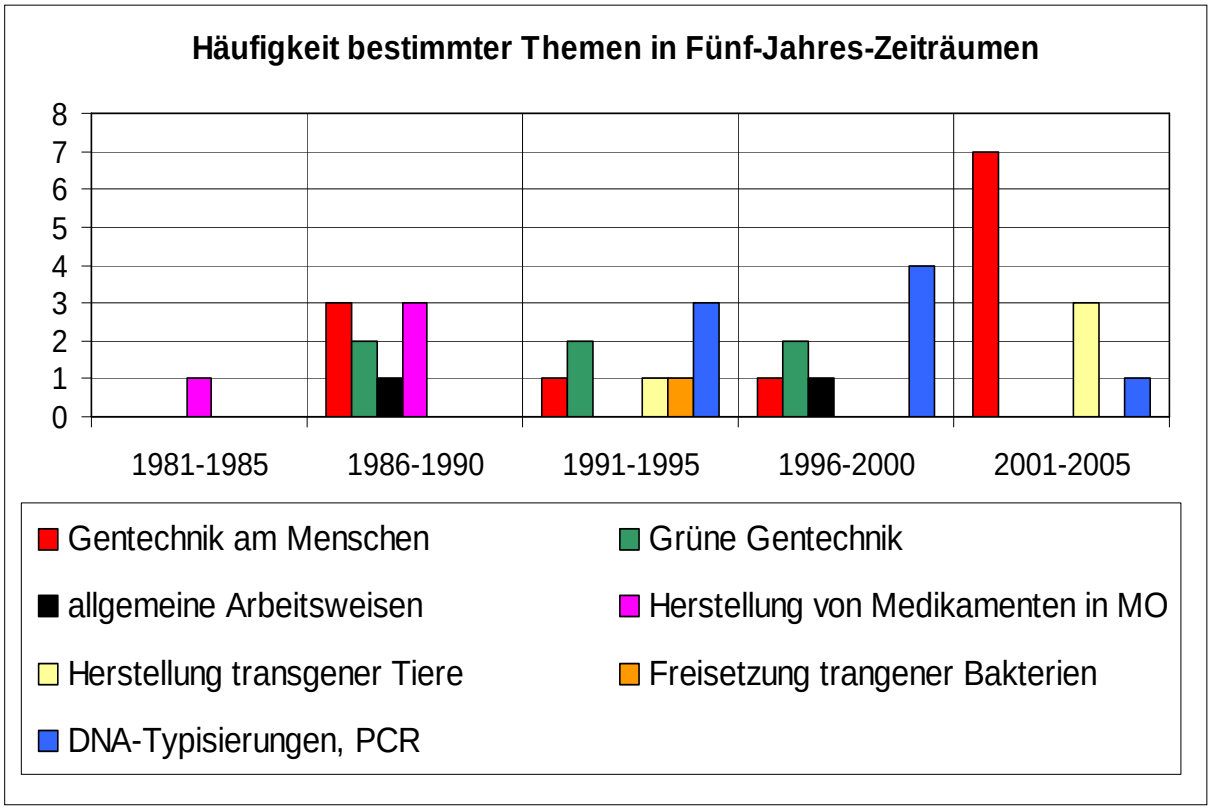


Abbildung 11: Häufigkeit bestimmter Inhalte in Fünf-Jahres-Zeiträumen

3.2.2 Historisch-thematische Einordnung der thematisierten Inhalte

Nach ROLAND HEDEWIG steht die Themenwahl im Biologieunterricht unter dem Einfluss wissenschaftlicher, gesellschaftlicher und daneben auch didaktischer Entwicklungen. In Abbildung 12 sind die wichtigsten Veränderungen für den Biologieunterricht der Sekundarstufe I seit Anfang der 1970er Jahre dargestellt.[399]

Wie im vorangehenden Abschnitt gezeigt, ist auch im Untersuchungsmaterial eine Veränderung des gentechnischen Themenspektrums beobachtbar. Während bestimmte Inhalte gehäuft in bestimmten Intervallen auftreten, fehlen sie in anderen Intervallen nahezu. Dieser Sachverhalt soll in diesem Abschnitt erhellt werden. Hierzu wird in Abschnitt 3.2.2.1 der Zusammenhang zwischen der wissenschaftlichen Entwicklung einerseits und dem Auftreten bestimmter Unterrichtsinhalte andererseits untersucht. Das Verhältnis zwischen dem Verlauf der öffentlichen Diskussion und der beobachteten Themenwahl ist Gegenstand von Abschnitt 3.2.2.2.

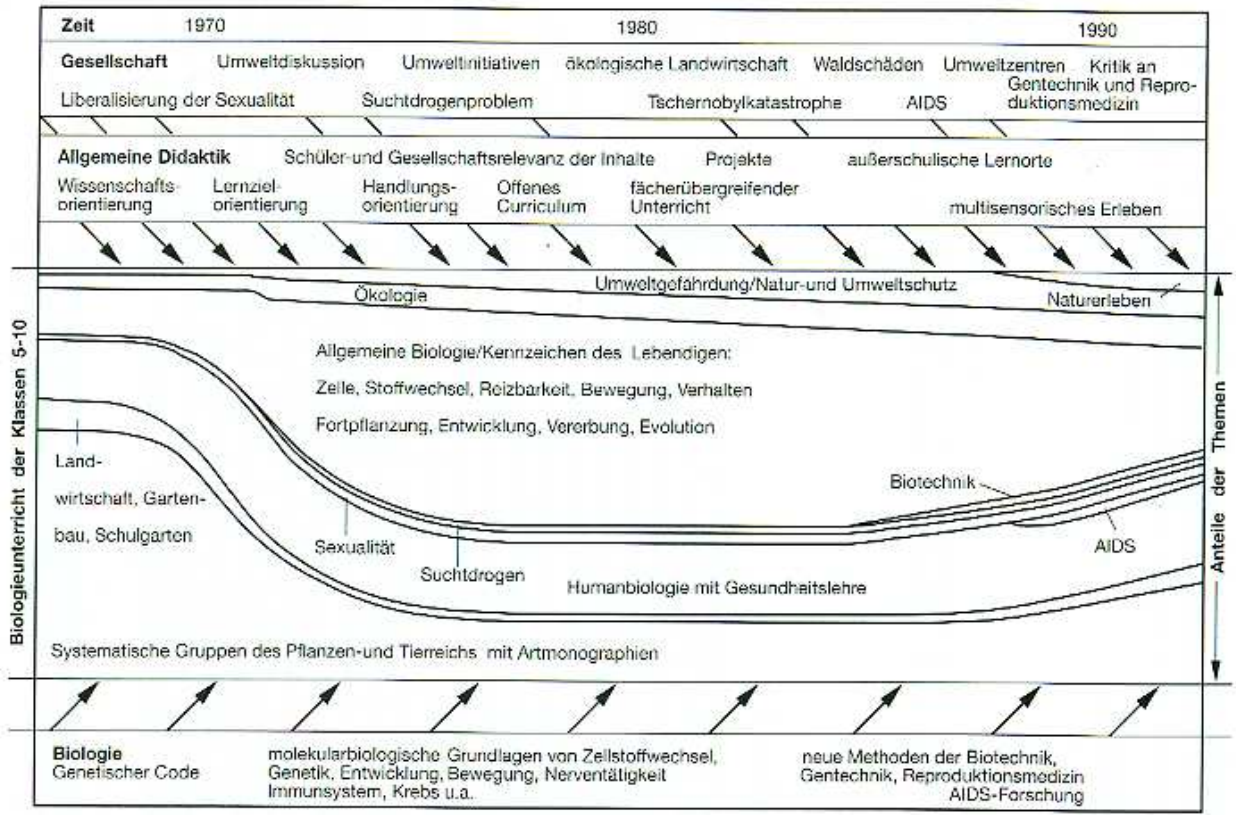


Abbildung 12: Wandel in den Anteilen der Themen des Faches Biologie in Lehrplänen, Lehrbüchern und Unterricht unter verschiedenen Einflussgrößen (Hedewig (1992), S. 76)

[399] Vgl. Hedewig (1992), S. 75ff.

3.2.2.1 Zusammenhang zwischen wissenschaftlicher Entwicklung und Auftreten von Unterrichtsvorschlägen

(1) Herstellung pharmazeutisch wirksamer Proteine in transgenen Zellkulturen

Die Herstellung pharmazeutisch wirksamer Proteine in transgenen Zellkulturen wird zwischen 1984 und 1990 vier Mal innerhalb von Unterrichtsvorschlägen anhand unterschiedlicher Beispiele aufgegriffen. Das Verfahren selbst markierte den Übergang der Wissenschaft Gentechnik zu einer Technologie der Anwendung. Auf Abbildung 13 wird ein zeitlicher Überblick über wichtige wissenschaftliche Ereignisse und dem Erscheinen von Unterrichtsvorschlägen gegeben.

In allen zur Thematik vorgelegten Unterrichtsvorschlägen zeigt sich die große Anschlussfähigkeit an das jeweilige wissenschaftliche Vorbild. So wird in SCHNEIDER & PROBST (1984) die gentechnische Herstellung eines Beta-Interferons thematisiert. Dieses konnte Ende der 1970er Jahre erstmalig isoliert und auf Bakterien übertragen werden, 1981 wurde in rekombinanten Bakterien erzeugtes Interferon am Menschen erprobt.[400] In SORBE (1987) wird die Insulin-Erzeugung in rekombinanten Bakterien aufgegriffen. Diese gelang bereits Ende der 1970er Jahre, 1982 kam Insulin als erstes biotechnologisch hergestelltes Produkt auf den Markt.[401] Auch MENZDORF (1988) thematisiert in seinem Unterrichtsvorschlag die gentechnische Herstellung pharmazeutisch wirksamer Proteine am Beispiel der Insulin-, der Interferon- oder der Impfstoffherstellung. Ein gentechnisch erzeugter Hepatitis-B-Impfstoff kam 1986 auf den Markt,[402] die Herstellung dieses Impfstoffes greift BADE (1990) in seinem Unterrichtsvorschlag auf.

Nach 1990 verschwindet das Anwendungsgebiet fast gänzlich aus dem Untersuchungsmaterial. In einem einzigen 1993 erscheinenden Unterrichtsvorschlag wird die Herstellung pharmazeutisch wirksamer Proteine in transgenen Tieren thematisiert.[403]

Die wissenschaftliche Entwicklung hingegen stand in dieser Zeit nicht still. Bis Februar 2006 wurden in Deutschland 115 gentechnisch erzeugte Medikamente zugelassen. Diese werden teilweise aus Bakterien, Hefezellen oder Säugerzellkulturen gewonnen.[404] Pharmazeutisch wirksame Proteine können inzwischen auch in transgenen Pflanzen oder Tieren erzeugt werden. So wurden 1989 transgene Pflanzen beschrieben, welche Antikörper produzierten. Über einen klinischen Test mit einem essbaren Impfstoff wurde 1998 erstmals berichtet. Die Herstellung des Gewebeplasminogen-Faktors in

[400] Siehe Abschnitt 1.4.4.
[401] Siehe Abschnitt 1.4.4.
[402] Siehe Abschnitt 1.4.4.
[403] Vgl. Klein (1993a).
[404] Siehe Abschnitt 1.4.4.

transgenen Mäusen gelang bereits 1987; in den 1990er Jahren glückte auch die Herstellung pharmazeutisch wirksamer Proteine in Rindern, Kaninchen, Schweinen oder auch Ziegen.[405] Diese Neuheiten werden im Untersuchungsmaterial nahezu ausgeklammert, die Aufarbeitung der Thematik scheint nicht mehr aktuell zu sein.

[405] Siehe Abschnitt 1.4.4.

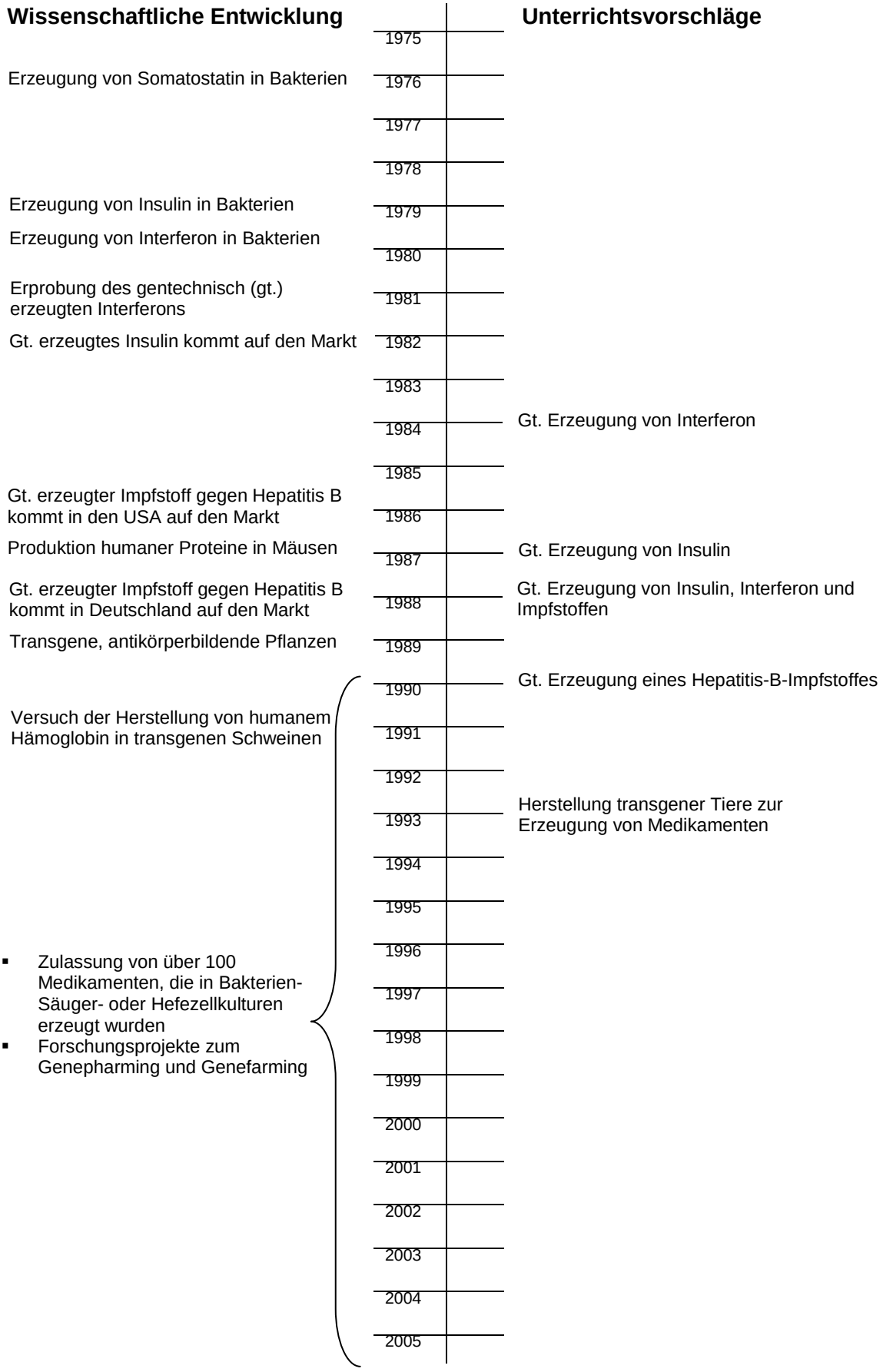


Abbildung 13: Zeitlicher Abriss; Herstellung pharmazeutisch wirksamer Proteine

(2) Gentechnische Verfahren am Menschen

Unterrichtsvorschläge zu Genanalyse- und Gentherapieverfahren am Menschen wurden innerhalb des Untersuchungsmaterials gehäuft zwischen 1986 und 1990 und nochmals zwischen 2001 und 2005 veröffentlicht. Einen zeitlichen Überblick zeigt Abbildung 14.

Als 1987 und 1988 die ersten Unterrichtsvorschläge zur Genanalyse und zur Gentherapie[406] vorgelegt wurden, steckten beide Verfahren noch in Kinderschuhen. So waren genehmigte Gentherapien bis zu diesem Zeitpunkt noch nicht durchgeführt worden. Zwar legten in den USA die National Institutes of Health (NIH) 1978 ein erstes Genehmigungsverfahren für gentherapeutische Forschungsvorhaben fest, die erste genehmigte Gentherapie fand jedoch erst 1990 statt. Allerdings sorgte zu Beginn der 1980er Jahre eine ohne Genehmigung durchgeführte Gentherapie für Schlagzeilen.[407]

Desgleichen waren in den 1980er Jahren nur wenige auf gentechnischen Verfahren beruhende Gentests bekannt. Beispielsweise wurde 1983 ein indirekter Gentest für Chorea Huntington entwickelt, 1986 konnte das für Duchenne Muskeldystrophie verantwortliche Gen und 1989 ein für die Cystische Fibrose (Mukoviszidose) verantwortlicher Gendefekt gefunden werden. In den 1990er Jahren wurden dann die Gene der wichtigsten klassischen Erbkrankheiten identifiziert. Das für Chorea Huntington verantwortliche Gen wurde beispielsweise 1993 entdeckt. Erfolgreich war man außerdem bei Subgruppen bestimmter Erkrankungen, die in manchen Familien wie Erbkrankheiten weitergegeben werden. So konnte man in der ersten Hälfte der 1990er Jahre Gene finden, die das Risiko von Darmkrebs und Brustkrebs stark erhöhen. Daneben entdeckte man Gene, die mit erhöhtem Blutdruck, erhöhtem Blutfettspiegel oder mit Alzheimer in Verbindung gebracht wurden.[408] Für die Entwicklung der Gendiagnostik wichtig war auch der Start des Humangenom-Projekts, dem sich 1995 schließlich auch Deutschland anschloss.[409] In den 1990er Jahren starteten in Deutschland außerdem zahlreiche klinische gentherapeutische Studien.[410]

Entgegen dieser Entwicklung spielen in den 1990er Jahren Unterrichtsvorschläge zur Gentechnik am Menschen anteilmäßig keine nennenswerte Rolle. Nur zwei Mal wird die Genanalyse in den Blick genommen: In HAAS (1995) geht es um einen Gentest für Cystische Fibrose, in KATTMANN & SCHÜPPEL (1999) wird die Gendiagnostik am Beispiel von Chorea Huntington, erblichem Brustkrebs und Cystischer Fibrose aufgegriffen.

---

[406] vgl. Klein (1987); Kühne, Landsberg-Becher, Micheler & Pochanke (1987a); Menzdorf (1988).
[407] Siehe Abschnitt 1.4.2.2.
[408] Siehe Abschnitt 1.4.2.1.
[409] Siehe Abschnitt 1.4.1.
[410] Siehe Abschnitt 1.4.2.2.

Zu einer deutlichen Zunahme von Unterrichtsvorschlägen zur Gentechnik am Menschen kommt es erst nach Anbruch des Jahres 2001 wieder. Dabei werden die somatische Gentherapie zwei Mal und die Keimbahntherapie ein Mal thematisiert.[411] Zur Genanalyse liegen vier Unterrichtsvorschläge vor, in welchen die Präimplantationsdiagnostik, die Gendiagnostik am Beispiel von Chorea Huntington sowie Anwendungsmöglichkeiten von Gentests am Beispiel des Arbeitnehmerscreenings behandelt werden.[412]
Diese Zunahme der Unterrichtsvorschläge steht nur in einem mittelbaren Zusammenhang mit den wissenschaftlichen Fortschritten. So sind weder PID noch Genanalyseverfahren eine wissenschaftliche Neuerung. Screening-verfahren im Bereich der Arbeitsmedizin kommen, soweit das bekannt ist, nicht zur Anwendung. Lediglich in den USA führen wenige Firmen Tests auf der Ebene der Genprodukte durch, mit denen sich eine verringerte Fähigkeit zum Abbau bestimmter Schadstoffe nachweisen lässt.[413] Die Keimbahnthera-pie ist aufgrund des Stands der technischen Entwicklung bisher am Menschen nicht möglich und außerdem wegen der schwerwiegenden Sicherheitsproble-me und der Schwierigkeit eines gezielten Eingriffs auch in naher Zukunft nicht zu erwarten. In Deutschland und vielen anderen Ländern ist sie verboten. Klinische Studien zur somatischen Gentherapie werden bereits jahrelang durchgeführt, allerdings kam es seit Ende der 1990er Jahre immer wieder zu Rückschlägen für die somatische Gentherapie. So starb 1999 der 18-jährige Jessie Gelsinger während einer Gentherapie in Philadelphia und im Jahr 2002 erkrankten gentherapeutisch behandelte Kinder an Leukämie.[414] Der Zusammenhang zwischen den Unterrichtsvorschlägen zur somatischen Gentherapie und diesen Schlagzeilen ist meines Erachtens auffallend.

[411] Vgl Bialke-Ellinghausen, Bennert & Hausmann (2004b); Hinrichs (2004); Hößle (2001b).
[412] Vgl. Runtenberg (2003); Untermoser (2004); Hößle (2001c); Bialke-Ellinghausen, u.a. (2004a).
[413] Vgl. Wolf (2002), S. 51.
[414] Siehe Abschnitt 1.4.2.2.

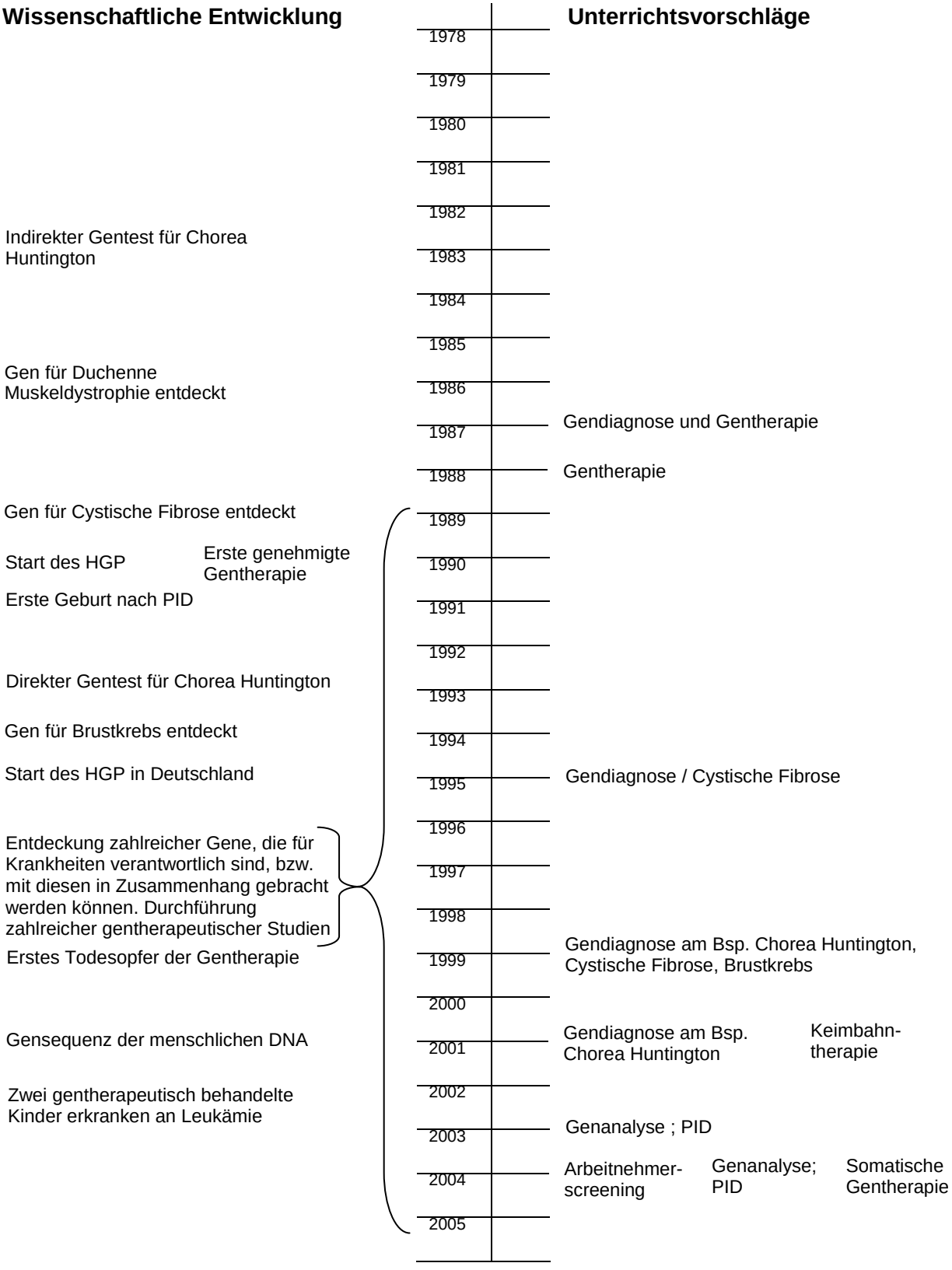


Abbildung 14: Zeitlicher Abriss; Gentechnik am Menschen

(3) Grüne Gentechnik

Die Anwendung gentechnischer Verfahren an Pflanzen wird insgesamt sechs Mal innerhalb von Unterrichtsvorschlägen thematisiert. Einen zeitlichen Überblick über die Erscheinungsjahre der Unterrichtsvorschläge und die wissenschaftliche Entwicklung zeigt Abbildung 15. Insgesamt ist in den zur Thematik vorgelegten Unterrichtsvorschlägen eine hohe Anschlussfähigkeit an wissenschaftliche Ereignisse feststellbar.

Im ersten 1988 vorgelegten Unterrichtsvorschlag von MENZDORF (1988) werden ganz unterschiedliche Möglichkeiten der modernen Pflanzenzüchtung für die Landwirtschaft thematisiert. In dieser Zeit liefen zahlreiche Forschungsprojekte zur Erzeugung gentechnisch veränderter Pflanzen. Herbizid-, virus- und insektenresistente Pflanzen lagen bereits seit Mitte der 1980er Jahre vor und erste Freisetzungsversuche hatten in den USA stattgefunden. 1988 gelang es, die Fruchtreife von Tomaten zu kontrollieren.[415] Zu Beginn der 1990er Jahre konnten mit Hilfe gentechnischer Methoden außerdem Pflanzen mit modifizierter Kohlenhydrat- und Fettsäurezusammensetzung hergestellt werden. Forschungsprojekte zur Herstellung transgener Kakaopflanzen starteten 1986. Nur vier Jahre später erscheint diese Thematik in BADE (1990). Dabei wird ein Schwerpunkt auf soziale und ökonomische Folgen der Herstellung transgener Kakaopflanzen gelegt. Auch in DEPPE (1995) wird transgener Kakao thematisiert, wobei in diesem Unterrichtsvorschlag gesundheitliche Aspekte des Genusses gentechnisch veränderter Nahrungsmittel im Vordergrund stehen. Mit transgenen Nahrungsmitteln wurde der Verbraucher ein Jahr zuvor erstmals konfrontiert, als die Anti-Matsch-Tomate auf den Markt kam. Im Unterrichtsvorschlag von RUPPERT (1995a) wird die Herstellung herbizidresistenter Nutzpflanzen am Beispiel der Basta-Resistenz aufgegriffen.

In den nach 1995 vorgelegten Unterrichtsvorschlägen von ELVERS (1998) und KREUZ U.A. (2000) wird transgener Mais behandelt. Während es in ELVERS (1998) um die Erzeugung herbizidresistenter Maispflanzen geht, steht in KREUZ U.A. (2000) die Herstellung von Bt-Mais im Vordergrund. Erste Bt-Mais-Sorten wurden bereits 1987 erzeugt und 1995 in den USA zugelassen. In Deutschland wurde Bt-Mais 1998 im Rahmen eines Pilotprojektes erstmals ausgesät, der Anbau allerdings im Jahr 2000 wieder gestoppt.[416] Freisetzungsversuche mit herbizidresistenten Maispflanzen fanden zwischen 1995 und 1997 statt. Der Zusammenhang der Unterrichtsvorschläge und diesen Ereignissen ist meines Erachtens auffällig.

2003 wurde das seit 1998 in der EU bestehende Zulassungs-Moratorium für gentechnisch veränderte Pflanzen aufgehoben, was zur Zulassung zahlreicher

[415] Das Forschungsprojekt mündete schließlich in der Entwicklung von Anti-Matsch-Tomaten. Vgl. Abschnitt 1.4.5.

[416] Siehe Abschnitt 1.4.5.

transgener Sorten in der EU führte.[417] Allerdings haben Unterrichtsvorschläge zur grünen Gentechnik nach Anbruch des Jahres 2001 innerhalb des Untersuchungsmaterials keine Bedeutung mehr.

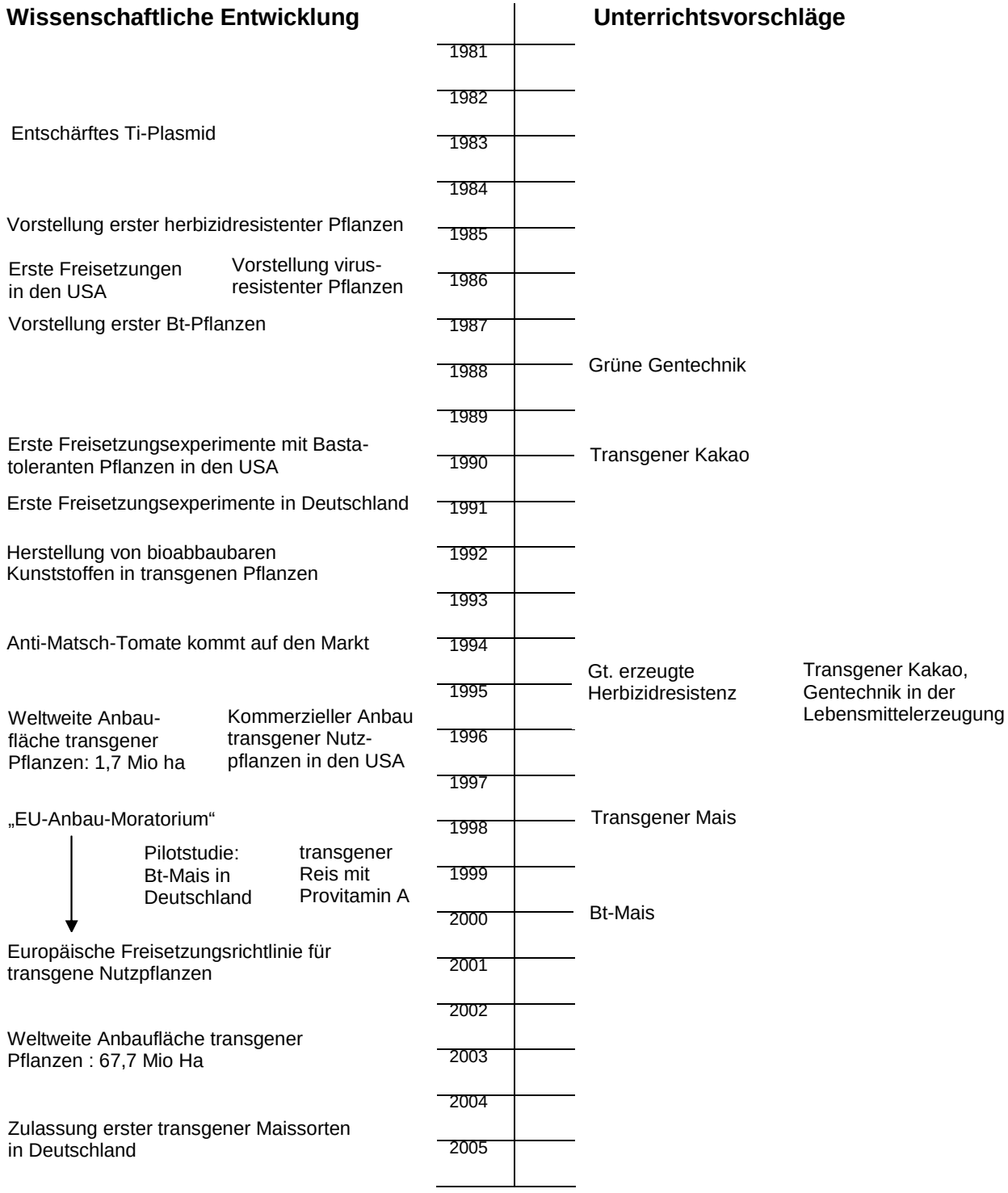


Abbildung 15: Zeitlicher Abriss; Grüne Gentechnik

[417] Siehe Abschnitt 1.4.5.

(4) Herstellung transgener Tiere

Einen zeitlichen Überblick über die Erscheinungsjahre von Unterrichtsvorschlägen zur Herstellung transgener Tiere und den Stand der wissenschaftlichen Entwicklung zeigt Abbildung 16. Die Herstellung transgener Tiere wird hauptsächlich in Unterrichtsvorschlägen thematisiert, die nach Anbruch des Jahres 2001 veröffentlicht wurden. Zuvor wird zur Thematik lediglich ein einziger Unterrichtsvorschlag von KLEIN (1993a) vorgelegt.

Zu dieser Zeit war es längst gelungen, transgene Tiere zu erzeugen. Bereits 1982 konnte durch Einfügen des Rattengens für das Wachstumshormon in die Keimbahn der Maus eine transgene Riesenmaus erzeugt werden.[418] In den Folgejahren glückte die Generierung zahlreicher transgener Tiere mit unterschiedlichen Zielrichtungen. In KLEIN (1993a) wird die Herstellung von Hämoglobin in transgenen Schweinen thematisiert, ein Forschungsprojekt hierzu fand Anfang der 1990er Jahre statt[419].

Der Zusammenhang zu wissenschaftlichen Ereignissen bzw. Vorbildern ist bei den übrigen Unterrichtsvorschlägen weniger deutlich. So wird in RUNTENBERG (2001b) grundsätzlich die biomedizinische Forschung an transgenen Nutztieren thematisiert, die seit Mitte der 1980er prosperiert. Die Herstellung von Knock-out-Mäusen, die exemplarisch in BERTSCH & HARMS (2001) in den Blick genommen wird, war bereits 1989 gelungen[420]. In HÖßLE (2002) wird die Erzeugung pharmazeutisch wirksamer Proteine in der Milch transgener Tiere am Beispiel des α-1-Antitrypsins thematisiert; das transgene Schaf Tracy, das eben dieses Protein in der Milch produziert, wurde bereits 1990 geboren[421].

[418] Siehe Abschnitt 1.4.5.
[419] Siehe Abschnitt 1.4.4.
[420] Siehe Abschnitt 1.4.1.
[421] Siehe Abschnitt 1.4.4.

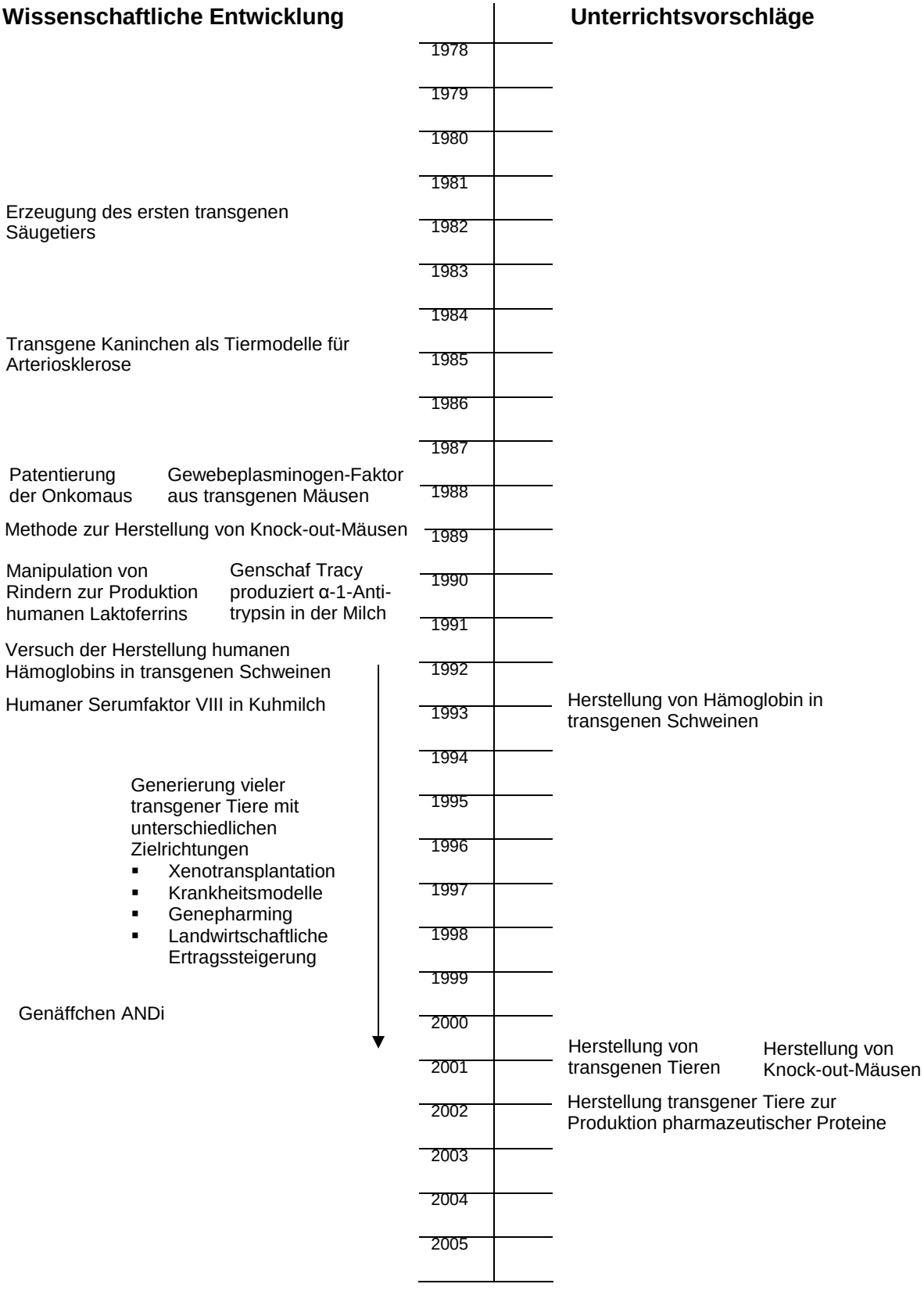


Abbildung 16: Zeitlicher Abriss; Herstellung transgener Tiere

(5) DNA-Typisierungsverfahren

Mitte der 1990er Jahre ist eine Zunahme von Unterrichtsvorschlägen zu beobachten, in welchen DNA-Typisierungsverfahren an unterschiedlichen Beispielen thematisiert werden. So wird in LECKE & BRANER (1995) die Diagnose von Infektionskrankheiten mit Hilfe der PCR am Beispiel HIV-Infektion aufgegriffen. GREBER & GREBER (1995) und MARSCHALL (1999) konkretisieren die PCR anhand ihres Einsatzes in der Forensik und in der Archäologie. In den Unterrichtsvorschlägen von MÜLLER (1995) und OEHLKE (2000) geht es um die Überprüfung von Fleisch- und Wurstwaren mit Hilfe der DNA-Analytik. JÄSCHKE & UHLMANN (2000) thematisieren die PCR am Beispiel der Frage, ob aus prähistorischer DNA Leben erzeugt werden könne.

Das Verfahren der PCR wurde mehr als 10 Jahre vor diesem Aktualitätsschub entwickelt. Auch DNA-Typisierungsverfahren lagen schon Mitte der 1980er Jahre vor. Bereits 1990 wurden DNA-Fingerabdrücke in Strafverfahren anerkannt. Allerdings machten die Verfahren erst im Verlauf der 1990er Jahre wirklich Schlagzeilen. So erhielt MULLIS 1993 für die Entdeckung der PCR den Nobelpreis für Chemie, außerdem berichtete die Presse zunehmend über Kriminalfälle, die mit Hilfe des genetischen Fingerabdrucks gelöst werden konnten.[422] Vor diesem Hintergrund ist das plötzliche Auftreten der Unterrichtsvorschläge plausibel. Die Unterrichtsvorschläge von MÜLLER (1995) und OEHLKE (2000) sind im Horizont der BSE-Krise zu sehen, die Mitte der 1990 Jahre Schlagzeilen machte. Sowohl MÜLLER (1995) als auch OEHLKE (2000) stellen die Bedeutung der gentechnischen Lebensmittelanalytik zur Identifizierung von Fleischwaren heraus. Hier ermöglichten DNA-Typisierungsverfahren eine eindeutige Zuordnung von Fleisch- und Wurstwaren.

Nach Anbruch des Jahres 2001 wurde lediglich ein einziger Unterrichtsvorschlag zum Einsatz von DNA-Typisierungsverfahren vorgelegt. So thematisieren SCHMALOSKE & DREESMANN (2005) den Einsatz des DNA-Fingerabdrucks zum Nachweis von Verwandtschaftsverhältnissen.

[422] Siehe Abschnitt 1.3.3.

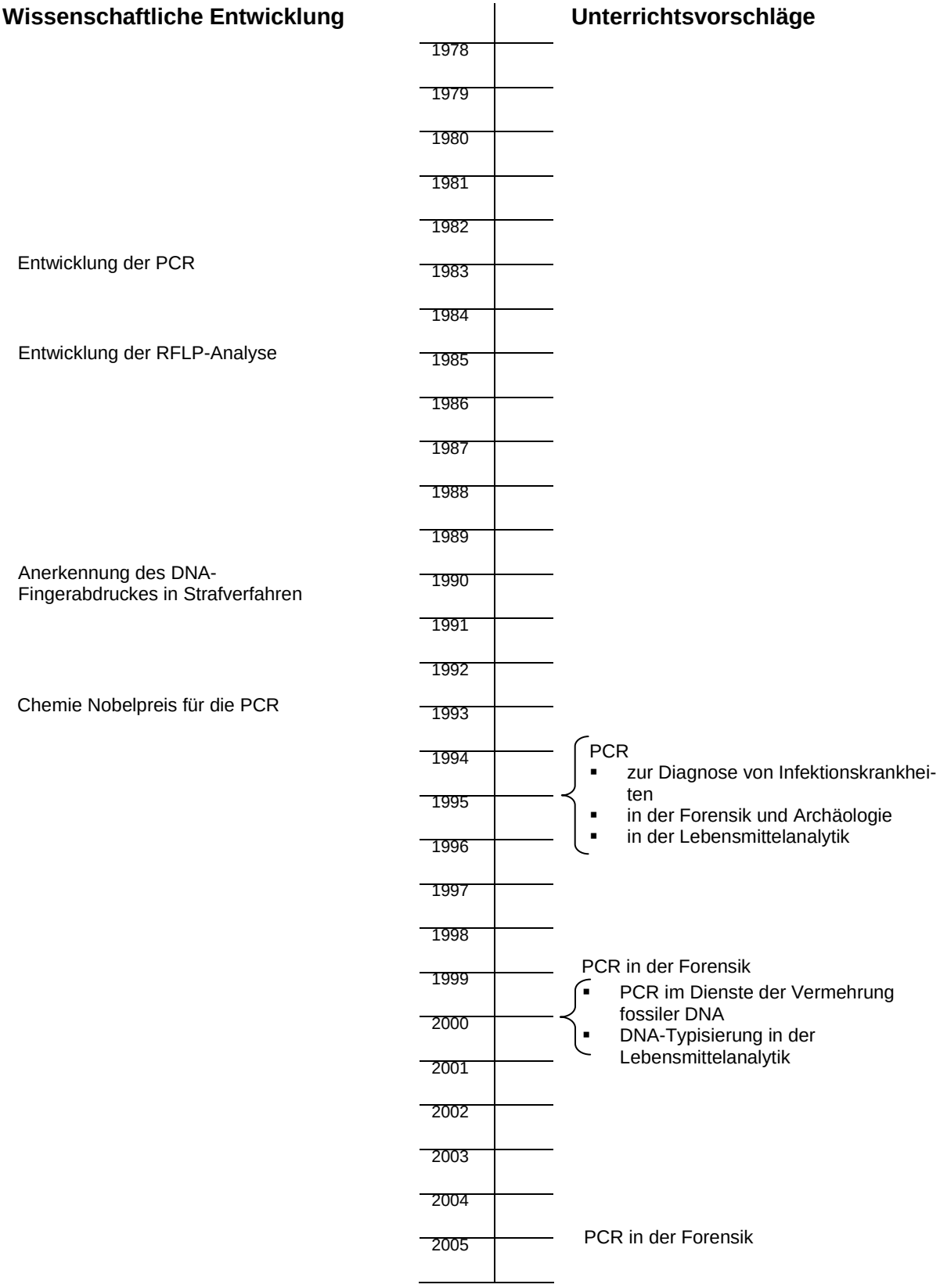


Abbildung 17: Zeitlicher Abriss; DNA-Typisierung

Zusammenfassende Betrachtung

Insgesamt feststellbar ist eine große Anschlussfähigkeit einiger Unterrichtsvorschläge an die wissenschaftliche Entwicklung oder an unmittelbar damit zusammenhängende Ereignisse, die für Schlagzeilen sorgten.[423] Häufig vergehen nur kurze Zeitspannen, bis ein Forschungs- oder Anwendungsgebiet in Form von Unterrichtsvorschlägen konkretisiert wird. Beobachtbar ist außerdem ein wiederholtes Auftreten bestimmter Themen in bestimmten Zeitspannen, ohne dass ein Zusammenhang zur wissenschaftlichen Entwicklung deutlich ist. So gewinnen Unterrichtsvorschläge zu gentechnischen Verfahren am Menschen oder an Tieren plötzlich an Bedeutung, während andere Anwendungsgebiete, wie die Herstellung pharmazeutisch wirksamer Medikamente, plötzlich aus der Landschaft der Unterrichtsvorschläge verschwinden. Wieder andere Anwendungsgebiete, wie beispielsweise die Erzeugung nachwachsender Rohstoffe mit Hilfe der grünen Gentechnik, der Schadstoffabbau durch transgene Mikroorganismen, die Sanierung kontaminierter Böden durch transgene Pflanzen oder das Genefarming, werden innerhalb von Unterrichtsvorschlägen nie in den Blick genommen.

Natürlich geht es im Biologieunterricht nicht darum, die Wissenschaft Biologie in vereinfachter Form abzubilden. Vielmehr ergeben sich die Aufgaben des Biologieunterrichts gerade aus der Frage, was ein mündiger Bürger in unterschiedlichsten Lebensbereichen an biologischer Bildung benötigt, um sachgerecht urteilen und handeln zu können.[424] Gentechnik gehört zu den bedeutendsten und umstrittensten Technologien der Gegenwart und das praktisch seit ihrer Entstehung. Aus diesem Grund ist die geringe zeitliche Verzögerung, mit der einige Anwendungsgebiete im Biologieunterricht konkretisiert werden, positiv zu vermerken. Auf der anderen Seite bleibt zu fragen, weshalb einigen Themen mehr Bedeutung beigemessen wird, als anderen. Während die Anwendung gentechnischer Verfahren am Menschen und in der Landwirtschaft bevorzugt thematisiert wird, spielen beispielsweise Enzymdesign, Schadstoffabbau durch transgene Mikroorganismen oder Genefarming keine Rolle.

Um zu verstehen, weshalb bestimmte Forschungs- oder Anwendungsgebiete bevorzugt oder gehäuft innerhalb des Untersuchungsmaterials auftreten, während andere keine Rolle spielen, wurde der Zusammenhang zwischen dem Verlauf der öffentlichen Diskussion um die Gentechnik und dem Auftreten bestimmter Themen untersucht.

[423] Didaktische Veröffentlichungen unterliegen immer einer gewissen zeitlichen Verzögerung, da der reine wissenschaftliche Befund erst für die nicht im Forschungsbetrieb Stehenden zugänglich gemacht werden muss.

[424] Vgl. Hedewig (1992), S. 75.

3.2.2.2 Zusammenhang zwischen öffentlicher Diskussion und Auftreten von Unterrichtsvorschlägen

Der Verlauf der öffentlichen Debatte um die Gentechnik wurde von THORGENSEN U.A. in Phasen beschrieben, die von unterschiedlichen Leitthemen geprägt sind.[425] Innerhalb einer ersten Phase, die bis Ende der 1970er Jahre reichte, drehten sich öffentliche Diskussionen um die Sicherheit gentechnischer Experimente. Mit Beginn der 1980er Jahre erweiterten sich die Debatten um Genanalyse- und Gentherapieverfahren im Zusammenhang mit der Reproduktionsmedizin und um die Freisetzung gentechnisch veränderter Pflanzen. Während zunächst gentechnisch erzeugtes Insulin die positiven Möglichkeiten der Gentechnik symbolisierte, wurde die großtechnische Produktion von rekombinanten Proteinen in geschlossenen Systemen in den späten 1980er Jahren sehr kontrovers diskutiert.[426] Die Diskussionen um gentechnische Anwendungen verlagerten sich dabei auf ökonomische, ökologische und soziale Risiken.[427] In dieser zweiten Phase traten in den untersuchten Unterrichtszeitschriften erstmals Unterrichtsvorschläge zur Gentechnik auf. Dabei ist beobachtbar, dass gerade die Themen aufbereitet wurden, die in der öffentlichen Debatte als Leitthemen präsent waren. So geht es um die Herstellung von pharmazeutisch wirksamen Proteinen[428], um Genanalyse und Gentherapie[429] und um gentechnische Anwendungen in der Landwirtschaft[430]. Die öffentliche Debatte scheint sich also zumindest innerhalb der Themenauswahl der Unterrichtsvorschläge abzubilden. Vor diesem Hintergrund ist die Beobachtung bemerkenswert, dass in den meisten Unterrichtsvorschlägen aus dieser Zeit mögliche Problemfelder gentechnischer Anwendungen innerhalb der Unterrichtsschritte thematisiert werden.[431] In den beiden Unterrichtsvorschlägen, in welchen Problemfelder nicht innerhalb von Unterrichtsschritten aufgegriffen werden, erfolgt dies innerhalb der didaktischen Ausführungen. So wird in SCHNEIDER & PROBST (1984) betont, dass der dargestellte Unterrichtsgang recht positive Seiten der Gentechnik herausstelle. Da man diese Technik auch für menschenschädigende Produkte verwenden könne, sei eine Weiterführung des Unterrichts bezüglich der gentechnischen Problematik unerlässlich.[432] In SORBE (1987) wird bemerkt, dass Schulunterricht sowohl Möglichkeiten als auch Schwierigkeiten dieser neuen Technologie aufzeigen sollte.[433]

---

[425] Siehe Abschnitt 1.6.
[426] Vgl. Brodde (1992), S. 217.
[427] Siehe Abschnitt 1.6.
[428] Vgl. Schneider & Probst (1984); Sorbe (1987); Menzdorf (1988); Bade (1990).
[429] Vgl. Klein (1987); Kühne, Landsberg-Becher, Micheler & Pochanke (1987a); Menzdorf (1988).
[430] Vgl. Menzdorf (1988); Bade (1990).
[431] Siehe Abschnitt 3.2.1, Abbildung 9.
[432] Vgl. Schneider & Probst (1984), S. 51.
[433] Vgl. Sorbe (1987), S. 19.

In den 1990er Jahren ließen die öffentlichen Auseinandersetzungen um die Gentechnik zunächst nach und wurden nicht mehr mit derselben Schärfe geführt, wie in den 1980er Jahren. Unterrichtsvorschläge zur Gentechnik nehmen in der ersten Hälfte der 1990er Jahre insgesamt zu, auch das Themenspektrum erweitert sich.[434] Als Modethemen werden vor allem Anwendungsgebiete, die im Zusammenhang mit der PCR stehen, thematisch aufbereitet.[435] Die PCR mit ihrem großen Potenzial war durch den Chemienobelpreis ihres Entdeckers Anfang der 1990er Jahre medienpräsent. Unterrichtsvorschläge zur Gentechnik am Menschen hingegen gehen zurück. Nur ein einziger Unterrichtsvorschlag zur Genanalyse wird vorgelegt, in welchem Problemfelder allerdings nicht in den Blick genommen werden.[436] Der Anteil der problematisierenden Unterrichtsvorschläge ist im Verhältnis zur Gesamtzahl mit knapp über 50 % eher gering.[437] Dabei werden Problemfelder der Grünen Gentechnik innerhalb zweier 1995 vorgelegter Unterrichtsvorschläge thematisiert[438] und ein Mal wird die unbeabsichtigte Freisetzung von transgenen Bakterien in Gewässern der ehemaligen DDR behandelt.[439] Innerhalb eines Unterrichtsvorschlags sollen Schüler Chancen und Risiken gentechnischer Verfahren an selbst gewählten Beispielen erarbeiten,[440] außerdem wird in einem weiteren die Herstellung pharmazeutisch wirksamer Proteine in transgenen Tieren aus ethischer Perspektive betrachtet.[441]
Mitte der 1990er Jahre kam es zu einer erneuten Änderung der Debatte. Als 1996 die ersten Schiffe mit gentechnisch verändertem Soja und Mais die europäischen Häfen erreichten, wurden die Diskussionen um die Gentechnik wieder angefacht. Im Vordergrund standen zunächst Anwendungen im Lebensmittelbereich und in der Agrarindustrie. Als 1997 das Klonschaf Dolly Schlagzeilen machte, gewannen innerhalb der Debatte gentechnische Verfahren in der Reproduktionsmedizin wieder an Bedeutung. Auch die Menschenrechtskonvention zur Biomedizin des Europarates sorgte dafür, dass Ende der 1990er Jahre gentechnische Anwendungen am Menschen zu diagnostischen und therapeutischen Zwecken sowie Forschungen und Eingriffe an Embryonen ins Blickfeld gelangten. Nach Anbruch des Jahres 2000 sorgten die Veröffentlichung der Basensequenz des menschlichen Genoms und die Beschäftigung des nationalen Ethikrates und einer Enquete-Kommission mit der PID für die große Aktualität gentechnischer Verfahren am Menschen.[442]

---

[434] Siehe Abschnitt 3.2.1, Abbildung 11.
[435] Vgl. Lecke & Braner (1995); Greber (1995); Müller (1995).
[436] Vgl. Haas (1995).
[437] Siehe Abbildung 9, Abschnitt 3.2.1.
[438] Vgl. Ruppert (1995a); Deppe (1995).
[439] Vgl. Labahn-Lucius, Lucius & Herbermann (1993).
[440] Vgl. Bergerhoff (1994).
[441] Vgl. Klein (1993a).
[442] Vgl. diese Arbeit, Abschnitt 1.6.

Zwischen 1996 und 2000 werden zwei Unterrichtsvorschläge zur Grünen Gentechnik[443], ein Unterrichtsvorschlag zur Genanalyse[444] und vier Unterrichtsvorschläge zur DNA-Typisierung in der Forensik, Archäologie und Lebensmittelanalytik[445] vorgelegt. Im Vergleich zum vorangehenden Zeitraum steigt der Anteil der Problematisierungen in diesem Zeitintervall an.[446] Dabei steht in den Unterrichtsvorschlägen zur Grünen Gentechnik mit dem Anbau von transgenem Mais ein Thema im Vordergrund, das auch in der öffentlichen Diskussion präsent war. Die Gentechnik am Menschen ist mit einem Unterrichtsvorschlag unterrepräsentiert, in Korrelation mit dem öffentlichen Interesse an dieser Thematik nimmt die Anzahl der Unterrichtsvorschläge im sich anschließenden Zeitraum jedoch zu. So werden zwischen 2001 und 2005 Unterrichtsvorschläge zur PID[447], Keimbahntherapie[448] und Genanalyse[449] veröffentlicht. Daneben wird die somatische Gentherapie, welche Ende der 1990er Jahre Negativschlagzeilen machte, in den Blick genommen.[450] An Bedeutung gewinnen außerdem Unterrichtsvorschläge zur Gentechnik an Tieren.[451] Möglicherweise ist das vermehrte Interesse an dieser Thematik im Zusammenhang mit dem Klonschaf Dolly und dem damit verbundenen zunehmenden Interesse an Xenotransplantationen zu sehen. Überdies wurde ein Unterrichtsvorschlag zum DNA-Fingerabdruck vorgelegt,[452] weil kaum ein Fernsehkrimi „ohne einen Vergleich von DNA“ auskommt, „wohingegen das Thema Vaterschaftstest ein beliebtes Thema der nachmittäglichen Talkshows darstellt.“[453] Außer in zwei Fällen werden in allen nach dem Jahr 2000 vorgelegten Unterrichtsvorschlägen auch gentechnische Problemfelder thematisiert.[454]

Meines Erachtens zeigt sich ab der zweiten Hälfte der 1990er Jahre im Hinblick auf die Grüne Gentechnik und die Anwendung gentechnischer Verfahren am Menschen eine deutliche Korrelation zwischen der in der Öffentlichkeit geführten Diskussion und den in den Unterrichtsvorschlägen beobachteten Themen einerseits und der Problematisierungsrate andererseits. In Phasen intensiver öffentlicher Diskussionen werden bevorzugt die

[443] Vgl. Elvers (1998); Kreuz, Völker & Durst (2000).
[444] Vgl. Kattmann & Schüppel (1999).
[445] Vgl. Marschall (1999); Oehlke (2000); Jäschke & Uhlmann (2000); Egerding (2000).
[446] Siehe Abbildung 9, Abschnitt 3.2.1.
[447] Vgl. Runtenberg (2003); Untermoser (2004).
[448] Vgl. Hößle (2001b).
[449] Vgl. Hößle (2001c); Bialke-Ellinghausen, Bennert & Hausmann (2004a).
[450] Vgl. Hinrichs (2004); Bialke-Ellinghausen u.a. (2004b).
[451] Vgl. Runtenberg (2001b); Bertsch & Harms (2001); Hößle (2002).
[452] Vgl. Schmaloske & Dreesmann (2005). Dieser Unterrichtsvorschlag wurde speziell für die Sekundarstufe I konzipiert, weil es laut Autoren für diese Altersstufe nur wenig angemessenes Lehr- und Unterrichtsmaterial zur Gentechnik gibt. Vgl. Schmaloske & Dreesmann (2005), S. 33.
[453] Schmaloske & Dreesmann (2005), S. 33.
[454] So werden in Hinrichs (2004) und Schmaloske & Dreesmann (2005) keine Problemstellen thematisiert.

Leitthemen der Debatte thematisiert, außerdem werden häufiger Problemfelder aufgegriffen.

Zusammenfassende Betrachtung

Meines Erachtens sind die Parallelen zwischen den in den Unterrichtsvorschlägen behandelten Themen und dem Verlauf der öffentlichen Debatte deutlich. So dominieren in Phasen intensiver Diskussionen einerseits deren aktuelle Leitthemen. Außerdem werden in den Unterrichtsvorschlägen, die in Phasen heftiger Diskussionen vorgelegt wurden, häufiger Problemfelder gentechnischer Verfahren aufgegriffen. In der ersten Hälfte der 1990er Jahre hingegen, als die öffentliche Diskussion um die Gentechnik abflaute, erweitert sich das Themenspektrum[455]. Auch die Problematisierungsrate nimmt in dieser Phase ab. Dabei finden vor allem medienwirksame Ereignisse, wie beispielsweise der Nobelpreis für die PCR, ihren Weg in die Unterrichtspraxis, während andere Themen eher unterrepräsentiert bleiben. Insgesamt bilden sich also gerade die Themen ab, die öffentlichkeitswirksam verhandelt werden.

Zu fragen bleibt, ob sich innerhalb der Unterrichtsgänge die die öffentliche Kontroverse kennzeichnende Polarisierung der Bewertung der Gentechnik widerspiegelt.

[455] Siehe Abschnitt 3.2.1, Abbildung 11.

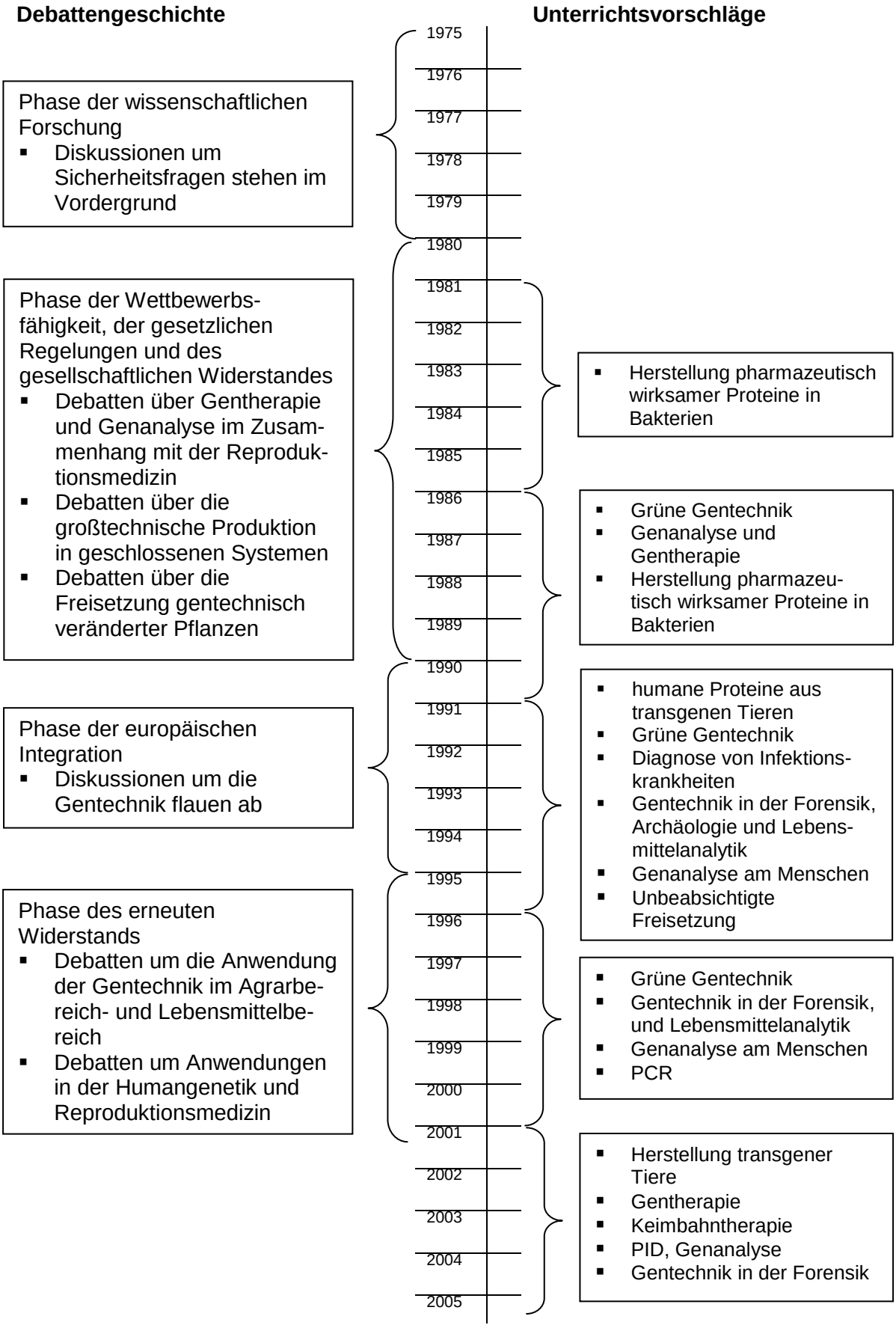


Abbildung 18: Zeitlicher Abriss; Unterrichtsvorschläge und Debattengeschichte

3.3 Umgangsweise mit Themen aus dem Überschneidungsfeld Gentechnik und Ethik

3.3.1 Einleitende Überlegungen

Gegenstand des nun folgenden Abschnittes ist die Auseinandersetzung mit der Frage, auf welche Weise mit Problemstellungen, die aus gentechnischen Verfahren und Anwendungen erwachsen, im Biologieunterricht verfahren wird und ob sich die Umgangsweise mit diesen Problemstellungen in den vergangenen Jahren verändert hat. Zur Klärung dieser Frage werden Unterrichtsvorschläge herangezogen, in welchen gentechnische Problemfelder innerhalb der Unterrichtsgänge thematisiert werden. Nur diese Unterrichtsvorschläge geben Aufschluss über die Umgangsweise.[456] In einigen Fällen werden neben gentechnischen Verfahren auch Themen aus anderen, nicht der Gentechnik zuzuordnenden Bereichen abgehandelt: Beispielsweise wird in KLEIN (1987) neben der Genanalyse und der Gentherapie am Menschen auch das Klonen thematisiert. In solchen Unterrichtsvorschlägen stehen innerhalb dieser Analyse die Themen aus dem Bereich der Gentechnik im Vordergrund.

Ob innerhalb eines Unterrichtsvorschlages Problemfelder aufgegriffen werden oder nicht, hängt von der Zielsetzung des Unterrichtsgangs ab und entzieht sich einer Bewertung. Beispielsweise geht es in HAAS (1995) um die Vermittlung molekularbiologischer Grundlagen der Gendiagnostik. Eine weiterführende Diskussion über Schwierigkeiten, die sich aus der Anwendung ergeben, ist nicht geplant. Die vermeintlich fehlende Problematisierung kann hier nicht als Mangel bewertet werden, da das Konzept eine andere Zielsetzung verfolgt. Allerdings soll an dieser Stelle nochmals auf die Unterrichtsvorschläge von SCHNEIDER & PROBST (1984) und SORBE (1987) hingewiesen werden.[457] Hier wird die Problematik gentechnischer Verfahren innerhalb der dargestellten Unterrichtsgänge zwar nicht aufgegriffen, allerdings innerhalb der didaktischen Ausführungen angesprochen. So wird in SCHNEIDER & PROBST (1984) betont, dass der dargestellte Unterrichtsgang recht positive Seiten der Gentechnik herausstelle. Da man diese Technik auch für menschenschädigende Produkte verwenden könne, sei eine Weiterführung des Unterrichts bezüglich der gentechnischen Problematik unerlässlich.[458] SORBE (1987) merkt folgendes an: „Die erfolgreiche Produktion von Humaninsulin durch Bakterien war der erste durchschlagende Beweis für die kommerzielle Nutzung der Gentechnologie. Dieser Erfolg war nur durch eine lange, intensive und vielseitige Grundlagenforschung möglich geworden. Der Schulunterricht sollte die Möglichkeiten, aber auch die Schwierigkeiten dieser neuen Technologie

[456] Siehe Abschnitt 3.1, Tabelle 3, fett gedruckte Unterrichtsvorschläge.
[457] Siehe Abschnitt 3.2.2.2.
[458] Vgl. Schneider & Probst (1984), S. 51.

aufzeigen.“[459] Meines Erachtens sprechen diese Hinweise dafür, dass hier bereits eine Bewertung der thematisierten Anwendung erfolgt ist. Die Diskussion über die Anwendung wird nicht durchgeführt, da die Autoren der Meinung sind, es gebe nichts zu diskutieren.

3.3.2 Forschungsmethodische Vorgehensweise

Forschungsmethodisch wurden die Unterrichtsvorschläge mit Hilfe einer qualitativen Inhaltsanalyse in Anlehnung an MAYRING untersucht. Als Analyseform diente eine inhaltliche Strukturierung, die zum Ziel hat, „bestimmte Aspekte aus dem Material herauszufiltern, unter vorher festgelegten Ordnungskriterien einen Querschnitt durch das Material zu legen oder das Material aufgrund bestimmter Kriterien einzuschätzen.“[460]
Für die Analyse der Unterrichtsvorschläge mussten also Ordnungskriterien festgelegt werden, die eine strukturierte Annäherung an das Material erlaubten. Zu diesem Zweck wurde ein Analyseraster entwickelt, über das die wichtigsten Unterrichtsmomente erfasst werden können.
Folgende Anforderungen wurden an das Analyseraster gestellt:

(1) Das Raster sollte eine Einschätzung möglichst aller Unterrichtsvorschläge ermöglichen.
(2) Das Raster sollte einen Vergleich zwischen den Unterrichtsvorschlägen erlauben.

3.3.2.1 Theoretische Grundlagen des Analyserasters

Das Analyseraster wurde in der theoretischen Auseinandersetzung mit Konzepten ethischer Urteilsbildung erstellt. Wichtige Impulse lieferten hierzu EDUARD TÖDT und OTFRIED HÖFFE, deren Analysen zum Prozess ethischer Urteilsfindung richtungsweisend waren. TÖDT zergliederte den Prozess ethischer Urteilsbildung analytisch in sechs idealtypische Schritte oder Sachmomente, „durch die hindurch der Urteilende zu einem Ergebnis kommt, wenn er sein Urteil zu einem Abschluß bringt.“[461] An erster Stelle steht dabei die *Problemfeststellung*, das heißt, es wird zunächst geklärt, „was denn wohl in dem betreffenden »Fall«, der ein Urteil erfordert, das eigentliche *Problem* ist.“[462] Es folgen eine *Situationsanalyse*, in welcher der reale Kontext, „in dem

[459] Sorbe (1987), S. 19.
[460] Mayring (1993), S. 54.
[461] Tödt (1977), S. 82.
[462] Tödt (1977), S. 83.

sich das Problem stellt“[463], untersucht wird, und die Klärung der *Verhaltensalternativen*. Innerhalb der *Normenprüfung* werden ethisch relevante Entscheidungskriterien gesichtet und gewählt. „Aus dem Erkennen des *situativen Sachverhalts*, der möglichen *Verhaltensalternativen*, der einschlägigen *Normen* ergibt sich (…) als ein synthetischer Akt das Urteils(ergebnis).“[464] Dabei ist ein ethisches Urteil dadurch gekennzeichnet, dass das urteilende Subjekt immer zugleich auch über sich selbst entscheidet, indem es eine Handlung oder ein Verhalten wählt; der Selbsteinsatz des oder der Urteilenden ist also gefordert.[465] Das ethische Urteil stellt sich damit als „ein integrierter Erkenntnis- und Willensakt dar, in welchem der Urteilende zu einem ihn herausfordernden Sachverhalt Stellung nimmt und dabei auch über sich selbst in seinem Verhältnis zu diesem Sachverhalt mit entscheidet“[466]. TÖDT geht davon aus, dass gerade ethische Entscheidungen noch einmal oder auch häufiger überdacht werden. Diese nachträgliche Reflexion nennt er *rückblickende Adäquanzkontrolle.*[467]
TÖDT entwickelte dieses Urteilsbildungsmodell aus analytischem Interesse. Ihn interessierte die Bedeutung des Umgangs mit Normen im konkreten Prozess der ethischen Urteilsfindung.[468] Dabei diente ihm das Schema zur Analyse konkret vorliegender ethischer Urteile. Außerdem schreibt TÖDT seiner Theorie eine orientierende Funktion zu: „Wenn Studenten, wie es bei uns im Examen üblich ist, zu einem konkreten ethischen Problem sich ein Urteil erarbeiten, dann ist es für sie manchmal dienlich, einen methodischen Anhalt zu haben, mit welchen Schritten man hier zum Ziel kommen könnte.“[469]

Innerhalb einer Stellungnahme zu dem von TÖDT entwickelten Modell stellte OTFRIED HÖFFE eine modifizierte Theorie zur Diskussion.[470] Dabei unterstreicht HÖFFE, dass nicht das Schema, sondern das Verschränktsein kognitiver und voluntativer Aspekte das eigentliche Kernstück einer Theorie sittlicher Urteilsfindung darstelle. Um genau dieses Kernstück zu akzentuieren, schlägt er vor, das von TÖDT erstellte Schema „noch deutlicher nicht als zeitlich aufeinanderfolgende Schritte, sondern als Momente eines Gesamtprozesses zu verstehen, die ineinandergreifen und in ihrer Verschränkung das Urteil konstituieren.“[471] Sein modifiziertes Schema besteht im Wesentlichen aus drei Schritten: So sind die Momente Problemfeststellung und Situationsanalyse zur *Problemanalyse* zusammengefasst. Während dieser geht es um

[463] Tödt (1977), S. 83.
[464] Tödt (1977), S. 83.
[465] Vgl. Tödt (1977), S. 83.
[466] Tödt (1977), S. 87.
[467] Vgl. Tödt (1977), S. 83.
[468] Vgl. Tödt (1977), S. 82.
[469] Tödt (1977), S. 82.
[470] Vgl. Höffe (1978), S. 185 ff.
[471] Höffe (1978), S. 185.

„die Wahrnehmung und das methodische *Erfassen der Situation*: der Tatbestände (Daten) und ihrer Probleme (Schwierigkeiten, Mängel usw.)“.[472] Anschließend „folgt sachlich noch nicht die Frage, was zu tun sei, sondern die Frage, woran man sich orientieren soll.“[473] HÖFFE nennt dieses Moment *Prinzipien-* oder *Kriterienbestimmung*. Innerhalb dieser werden ethisch relevante Prinzipien und Kriterien gesichtet und gewählt. Es geht um die Klärung der Kriterien und normativen Leitlinien, nach welchen die gegebene Situation beurteilt werden kann. Nach HÖFFE weist die Problemanalyse aus sich heraus bereits auf die Prinzipien- und Kriterienbestimmung hin, also „auf die Frage, nach welchen sittlichen Prinzipien und Kriterien (Zielen, Zwecken, Grundsätzen, normativen Leitlinien o. dgl.) die gegebene Situation als sittlich problematisch (…) zu beurteilen“[474] ist. Hier zeigt sich die enge Verzahnung zwischen Problemanalyse und Kriterienbestimmung. Auf diese Weise werden die Kriterien gesichtet, die im Lichte der gegebenen Situation relevant sind. Damit trägt HÖFFES Modell meines Erachtens deutliche kohärentistische Züge.[475]

Auf der Basis dieser beiden Schritte kann „die Leitfrage, was zu tun sei, in Angriff genommen werden.“[476] Dabei kommt es zunächst zum *konstruktiven Entwurf* eines Urteils und schließlich zum ethischen Urteil selbst, wobei hier das voluntative Moment hinzukommt; die willentliche Zustimmung als wesentlicher Bestandteil eines ethischen Urteils.[477]

HÖFFE empfiehlt den Einsatz dieses dreischrittigen Modells auch im ethischen Unterricht. Hier soll den Schülern ermöglicht werden „die sittlichen Probleme, die im schulischen und außerschulischen Leben auftreten, zu erkennen, zu artikulieren und nach allgemein verbindlichen Kriterien und Verfahren zu bewältigen. Er sollte also zur Entwicklung der Fähigkeit des Schülers beitragen, die sittlichen Aufgaben, die sich etwa angesichts persönlicher, gesellschaftlicher und politischer Konflikte, die sich angesichts der Verschiedenheit und Konkurrenz von Werten, Normen und Weltanschauungen stellen, allererst zu sehen, sie ihrer sittlichen Struktur nach wahrzunehmen und zu interpretieren, sie zu analysieren und dafür Begründungs-, Beurteilungs- und Kritikaspekte (...) zu finden.“[478]

---

[472] Höffe (1978), S. 185.
[473] Höffe (1978), S. 186.
[474] Höffe (1978), S. 186.
[475] Siehe Abschnitt 2.3.3.
[476] Höffe (1978), S. 186.
[477] Dabei werden lediglich Pläne bzw. Möglichkeiten eines sittlichen Urteils und nicht das sittliche Urteil selbst gewonnen. Vgl. Höffe (1978), S.186f. Die nachträgliche Adäquanzkontrolle ist nach Höffe kein Strukturmoment des Urteilsfindungsprozesses. Vielmehr versteht er es als Aufforderung, das Ganze nochmals gründlich zu überdenken und zu überprüfen. Vgl. Höffe (1978), S. 186.
[478] Höffe (1979), S. 463f.

Für das Verfassen eines für das Unterrichtsmaterial geeigneten Analyserasters sind grundsätzlich beide Konzepte brauchbar, allerdings ist HÖFFES Ansatz zuträglicher, weil er aufgrund seiner Übersichtlichkeit eine eindeutigere Zuordnung der Daten erlaubt.
Als Analysekategorien wurden deshalb in Anlehnung an HÖFFE die beiden zentralen Momente *Problemanalyse* und *Kriterienbestimmung* herangezogen. Da in den untersuchten Unterrichtsvorschlägen nicht immer die Bildung eines ethischen Urteils vorgesehen ist, sondern es beispielsweise auch um eine Risikoabschätzung gehen kann, wurde als übergreifende dritte Analysekategorie die *Problemlösung* gewählt.

3.3.2.2 Ausgestaltung des Analyserasters

Die Hauptkategorien *Problemanalyse, Kriterienbestimmung* und *Problemlösung* sollten in erster Linie eine strukturierte Annäherung an das Material ermöglichen. Es ging also nicht darum, zu untersuchen, ob innerhalb der Unterrichtsvorschläge den Kategorien im TÖDT'SCHEN oder HÖFFE'SCHEN Sinne Rechnung getragen wurde. Die inhaltliche Besetzung der Kategorien erfolgte nahe am Material. So wurden hinsichtlich der drei beschriebenen Kategorien auf induktive Weise weitere Auswertungsaspekte als Unterkategorien entwickelt. Bei der Bestimmung der Unterkategorien wurde darauf geachtet, eine eindeutige Zuordnung von Aspekten aus den Unterrichtsvorschlägen zu ermöglichen und Überschneidungen zu vermeiden.

Im Rahmen des Momentes *Problemanalyse* interessierte zunächst die Ausrichtung der im Zusammenhang mit gentechnischen Verfahren stehenden Fragestellungen, die innerhalb der Unterrichtsvorschläge aufgegriffen wurden. So wird nicht in jedem Unterrichtsvorschlag eine kritische Auseinandersetzung mit den gentechnischen Verfahren selbst angestrebt. In einigen Unterrichtsvorschlägen werden beispielsweise Risiken betrachtet, ohne dass Forschungs- oder Anwendungsgebiete selbst zur Diskussion stehen. Überdies wurde geklärt, auf welche Weise das Problem im Unterricht herausgestellt wird bzw. wie die Schüler auf Problemfelder gentechnischer Verfahren und Anwendungen aufmerksam gemacht werden.
Damit ergeben sich folgende Fragen zur Kategorie Problemanalyse:

- Welcher Problemhorizont ist erkennbar?
- Wie erfolgt die Problemfeststellung?

Innerhalb der Kategorie *Kriterienbestimmung* war grundsätzlich von Interesse, welche Informationen zur Bearbeitung des aufgeworfenen Problems

zur Verfügung stehen. In den meisten Unterrichtsvorschlägen werden beispielsweise Informationen zu Zielen und möglichen Folgen der gentechnischen Verfahren gegeben. Auch über die Methoden selbst wird beinahe durchgängig informiert. Dies sind gerade die Dimensionen, die nach ALFONS AUER und CHRISTA RUNTENBERG zur Beurteilung biotechnologischer Verfahren herangezogen werden sollten.[479] Daneben lassen sich Angaben zu normativen Leitlinien oder Grundsätzen, ethischen Prinzipien oder Werten im Untersuchungsmaterial beobachten.
Entsprechend haben sich folgende Analyseleitfragen als für das Material geeignet erwiesen:

- Welche Informationen dienen zur Beurteilung des Sachverhalts?
    - Welche Bedeutung haben Informationen zu Zielen, gentechnischen Methoden und Folgen?
    - Welche Bedeutung haben Informationen zu normativen Leitlinien, wie beispielsweise Werten, Normen, Gesetzen oder ethischen Theorien?

Bezüglich der Kategorie *Problemlösung* wurde gefragt, ob oder auf welche Weise die Lösung des aufgeworfenen Problems erfolgen soll. In einigen Unterrichtsvorschlägen werden die Schüler beispielsweise zur Urteilsfällung angehalten, während in anderen eine ergebnisoffene Abwägung von Vor- und Nachteilen angestrebt wird. Weitere Unterrichtsvorschläge sehen eine Risikoabschätzung vor. Von Interesse ist also folgende Fragestellung:

- Auf welche Weise soll das Problem gelöst werden?

TÖDT weist darauf hin, dass ein ethischer Entscheidungsprozess nicht notwendigerweise in der Reihenfolge der oben genannten Momente erfolgen muss.[480] Auch HÖFFE schlägt vor, die einzelnen Teile des Urteilsschemas „nicht als zeitlich aufeinander folgende Schritte, sondern als Momente eines Gesamtprozesses zu verstehen“.[481] Auch die untersuchten Unterrichtsvorschläge sind nicht notwendigerweise in dieser Reihenfolge geplant. Das analytische Zerlegen des Unterrichts hinsichtlich der Kategorien und Leitfragen soll einen prinzipiellen Blick auf die Unterrichtsvorschläge und damit einen direkten Vergleich ermöglichen. Damit wird der an das Analyseinstrumentarium gestellten Anforderung (2) entsprochen.[482]

[479] Vgl. Auer (1986), S. 78f.; Runtenberg (2001a), S. 154f.
[480] Vgl. Tödt (1977), S. 84.
[481] Höffe (1978), S. 185.
[482] Siehe Abschnitt 3.3.2.

3.3.3 Ergebnisse der Analyse

Die im folgenden Abschnitt dargestellten Ergebnisse wurden mit Hilfe der Analyse von Unterrichtsvorschlägen unter Anwendung des Analyserasters gewonnen. Die Ausführungen sind dabei hinsichtlich der zugrunde gelegten Analysekategorien *Problemanalyse*, *Kriterienbestimmung* und *Problemlösung* gegliedert. Innerhalb dieser Abschnitte werden zunächst die im Material beobachteten Strategien beschrieben. Überdies wird in einer *kritischen Würdigung* zu einzelnen Unterrichtsvorschlägen bzw. Vorgehensweisen, die in ethischer Hinsicht zu hinterfragen sind, Stellung bezogen.

3.3.3.1 Problemanalyse

3.3.3.1.1 Problemhorizont

Im Material beobachtbar sind zunächst zwei unterschiedliche Ausrichtungen: So steht in zwei Unterrichtsvorschlägen die pragmatische Abschätzung von Risiken, die im Zusammenhang mit gentechnischen Anwendungsgebieten diskutiert werden, im Vordergrund. Im Unterschied hierzu ist in allen anderen Unterrichtsvorschlägen eine kritische Auseinandersetzung mit Forschungs- oder Anwendungsgebieten der Gentechnik vermittels unterschiedlicher Gesichtspunkte beabsichtigt; die gentechnischen Forschungs- oder Anwendungsgebiete stehen damit selbst zur Diskussion. Dabei wird beispielsweise die Frage nach Möglichkeiten, Schwierigkeiten oder Grenzen in den Blick genommen. Darüber hinaus ist in einigen Unterrichtsvorschlägen eine deutliche ethische Ausrichtung bemerkbar. So werden in einigen Unterrichtsgängen gezielt ethische Fragen aufgeworfen.
Im Folgenden werden die im Material beobachteten Spielarten beschrieben.

(1) Einschätzung von Risiken

In den von LABAHN-LUCIUS U.A. (1993) und MARSCHALL (1999) vorgelegten Unterrichtsvorschlägen wird keine kritische Auseinandersetzung mit gentechnischen Verfahren angestrebt. Vielmehr werden Risiken thematisiert, die in Verbindung mit gentechnischen Verfahren stehen und die innerhalb der Unterrichtsgänge auf pragmatische Weise eingeschätzt werden sollen, ohne dass die Verfahren selbst bewertet werden.
In LABAHN-LUCIUS U.A. (1993) soll mit Hilfe eines Versuches geklärt werden, ob von unbeabsichtigt freigesetzten transgenen Bakterien ein Risiko ausgeht, während in MARSCHALL (1999) mit Hilfe empirischer Daten das Risiko einschätzt wird, ob mit Hilfe eines genetischen Fingerabdrucks Informationen über Erbkrankheiten oder Charaktereigenschaften gewonnen werden können. Dabei soll auf der Basis der biologischen Grundlagen festgestellt werden, dass

diese Gefahr nicht besteht, weil „die untersuchten Introns keine Informationen codieren“.[483]

(2) Kritische Auseinandersetzung mit gentechnischen Verfahren und Anwendungsgebieten

In den meisten Unterrichtsvorschlägen ist eine kritische Auseinandersetzung mit gentechnischen Verfahren beabsichtigt, gentechnische Forschungs- oder Anwendungsgebiete stehen damit selbst zur Diskussion. Dabei wird die Problematik etwa durch die Erörterung von Möglichkeiten und Chancen einerseits und Schwierigkeiten oder Grenzen andererseits abgebildet. So beleuchtet BADE (1990) Chancen und Risiken gentechnischer Verfahren im Allgemeinen und die des transgenen Kakaos im Besonderen, während in MENZDORF (1988) Möglichkeiten, Schwierigkeiten und Grenzen der Gentherapie und Möglichkeiten der grünen Gentechnik besprochen werden. In RUPPERT (1995a) werden gentechnisch erzeugte herbizidresistente Kulturpflanzen und die damit verbundenen Chancen und Risiken thematisiert. Eine Diskussion über Möglichkeiten, Vorteile und Probleme, die im Zusammenhang mit der Produktion von transgenem Kakao stehen, wird in DEPPE (1995) angestrebt, während sich die Schüler in BERGERHOFF (1994) mit Chancen und Risiken selbst gewählter Anwendungsgebiete auseinandersetzen. In KATTMANN & SCHÜPPEL (1999) und BIALKE-ELLINGHAUSEN U.A. (2004a) steht die Gendiagnostik zur Diskussion. Dabei erfolgt in KATTMANN & SCHÜPPEL (1999) eine Auseinandersetzung mit Vor- und Nachteilen sowie möglichen gesellschaftlichen Folgen der Gendiagnostik, während in BIALKE-ELLINGHAUSEN U.A. (2004a) der Frage nach Risiken und Perspektiven der Gendiagnostik nachgegangen wird. In BIALKE-ELLINGHAUSEN (2004b) geht es um die Erörterung von Problemen und Risiken sowie Perspektiven und Chancen gentherapeutischer Verfahren.

Auch im Unterrichtsvorschlag von SCHARF & SCHARF (2000) wird eine kritische Auseinandersetzung mit gentechnischen Verfahren angestrebt. Dabei erfolgt allerdings keine Auseinandersetzung mit Perspektiven oder Problemen der Technik. Vielmehr sollen die Schüler ihre beim praktischen gentechnischen Arbeiten gewonnenen Erfahrungen mit Berichten und Schlagzeilen zum Thema Gentechnik in Beziehung setzen und überlegen, ob die Berichterstattung um die Gentechnik angemessen ist.[484]

In einigen Unterrichtsvorschlägen ist darüber hinaus eine ethische Akzentuierung feststellbar. So werden ethische Fragen der Form ‚Was sollen wir tun?’ oder ‚Wie wollen wir leben?’ aufgeworfen. Mit diesen genuin-ethischen Fragen wird eine bereits vollzogene oder mögliche Praxis hinsichtlich ihrer morali-

[483] Marschall (1999), S. 50.
[484] Vgl. Scharf & Scharf (2000), S. 39.

schen Berechtigung hinterfragt. Dabei wird mit den *Sollen-Fragen* die grundsätzliche Handlungsorientierung in den Vordergrund gerückt, während mit den *Dürfen-Fragen* die Berechtigung einer möglichen oder bereits vollzogenen Praxis zur Diskussion gestellt wird.

In KLEIN (1987) und KLEIN (1993a), KREUZ U.A. (2000) und HÖßLE (2001b) steht die Handlungsorientierung im Vordergrund. Dabei wird in KLEIN (1987) im Zusammenhang mit der Gentherapie und der Genanalyse der Frage, „ob und, wenn ja, wie die Zukunft des Menschen geplant werden soll / muss“[485] nachgegangen. Im Unterrichtsgang werden Bedingungen und Voraussetzungen der Zukunftsplanung erarbeitet, die dann als Maßstab für die Diskussion unterschiedlicher Anwendungsfelder dienen. KLEIN (1993a) will mit seinem Konzept die ethische Beurteilung von Handlungen erleichtern und die Schüler in die Lage versetzen, die Frage nach dem „Was soll ich tun?“[486] zu beantworten. Im Unterrichtsgang wird dabei erörtert, ob Dr. M. menschlichen Blutfarbstoff mit Hilfe transgener Tiere erzeugen soll. Ebenso wird in KREUZ U.A. (2000) innerhalb einer simulierten Debatte darüber entschieden, ob Bt-Mais angebaut werden soll.[487] Zuvor werden die wesentlichen Argumente für und gegen die Produktion von Bt-Mais aus dem Internet erarbeitet und hinsichtlich ihrer normativen Prämissen analysiert. In HÖßLE (2001c) diskutieren die Schüler die Frage, ob die Durchführung eines prädiktiven Gentests für die betreffende Risikoperson sinnvoll ist bzw. ob Irene dem „Wunsch ihres Vaters, weiterhin in Ungewissheit leben zu wollen, nachkommen soll oder ob sie ihrem Bedürfnis nach Gewissheit folgen soll“[488] unter ethischen Aspekten.

Die moralische Berechtigung zu einer Praxis wird in ELVERS (1998), HÖßLE (2002), RUNTENBERG (2001b), BERTSCH & HARMS (2001) und UNTERMOSER (2004) geprüft. Unter der Leitfrage „Soll und darf der Mensch Pflanzen mit artfremden Genen züchten?“[489] geht ELVERS (1998) im Bereich Gentechnik in der Landwirtschaft der Frage nach der moralischen Berechtigung der Gentechnik nach.[490] In RUNTENBERG (2001b), HÖßLE (2002) und BERTSCH & HARMS (2001) wird die moralische Berechtigung zu einer gentechnischen Veränderung von Tieren hinterfragt. So sollen sich in RUNTENBERG (2001b) „die Lernenden mit der Frage auseinandersetzen, ob es grundsätzlich ethisch gerechtfertigt ist, artfremde Gene in das Genom von Tieren einzufügen und sie als Versuchstiere in der Forschung einzusetzen“[491], während in HÖßLE (2003) darüber nachgedacht wird, ob der Mensch Tiere zu seinem Zweck gentech-

[485] Klein (1987), S. 24.
[486] Klein (1993a), S. 32.
[487] Vgl. Kreuz, Völker & Durst (2000), S. 270.
[488] Hößle (2001c), S. 36.
[489] Elvers (1998), S. 28.
[490] Vgl. Elvers (1998), S. 28.
[491] Runtenberg (2001b), S. 15.

nisch verändern darf[492] und in BERTSCH & HARMS (2001) Stellung bezogen werden soll „zu der Berechtigung, Tiere für diese Versuche leiden zu lassen.“[493] UNTERMOSER (2004) greift thematisch die Präimplantationsdiagnostik auf. Dabei wird der ethische Frage „Darf man menschliche Keime nach bestimmten Kriterien auswählen bzw. töten?“[494] nachgegangen.
Auch in HÖßLE (2001b) und RUNTENBERG (2003) ist die ethische Ausrichtung der Unterrichtsgänge deutlich. So werden in HÖßLE (2001b) am Beispiel der Keimbahntherapie gezielt ethische Argumente zur Thematik erörtert. Anschließend können „ethische Fragen, die das Thema Keimbahntherapie aufwirft,“[495] im Unterricht bearbeitet werden. Ebenso geht es in RUNTENBERG (2003) weniger um die Frage nach der Berechtigung der PID, sondern um die Reflexion relevanter Argumentationstypen, die in der ethischen Debatte um die Präimplanationsdiagnostik eine Rolle spielen.
KÜHNE U.A. (1987a) betiteln Ihren Unterrichtsvorschlag mit der Frage „Wollen wir den perfekten Menschen?“[496] und werfen damit ebenfalls eine ethische Frage auf, die allerdings im Unterrichtsgang selbst nicht erörtert wird. Vielmehr werden im Zusammenhang mit Genanalyse- und Gentherapieverfahren die möglichen „psychischen und sozialen Konsequenzen sowie das Selbstverständnis der Forscher und das all dem zugrunde liegende Menschenbild“ abgehandelt und mögliche Gefahren und Risiken aufgezeigt. Der Unterrichtsgang steht damit im Dienste der Beleuchtung von Problemen und Risiken.

[492] Vgl. Hößle (2002), S. 33.
[493] Bertsch & Harms (2001), S. 13.
[494] Untermoser (2004), S. 17.
[495] Hößle (2001b), S. 31.
[496] Kühne, Landsberg-Becher, Micheler & Pochanke (1987a), S. 44.

3.3.3.1.2 Problemfeststellung

In diesem Abschnitt interessiert, auf welche Weise innerhalb der dargestellten Unterrichtsgänge das Augenmerk der Schüler auf Problemfelder gentechnischer Verfahren oder Anwendungen gelenkt wird. Die innerhalb der Unterrichtsvorschläge gefundenen Strategien werden im Folgenden beschrieben.[497]

(1) Konfrontation mit Risiken oder Gefahren

In drei Unterrichtsvorschlägen werden Schüler mit Risiken oder Gefahren der thematisierten Technik konfrontiert, bevor mögliche Chancen bekannt sind. Im Unterrichtsvorschlag von KÜHNE U.A. (1987a) werden gentechnische Anwendungen im zweiten und dritten Unterrichtsabschnitt thematisiert. Im ersten Unterrichtsabschnitt geht es um die In-vitro-Fertilisation.[498] Auf mit der Gentherapie verbundene Probleme werden die Schüler während der Klärung der biologischen Grundlagen aufmerksam gemacht. Die Vermittlung der fachbiologischen Inhalte der Gentherapie erfolgt mit Hilfe eines Textes, in welchem außerdem auf Risiken und den mutmaßlich verantwortungslosen Umgang mit der Technik hingewiesen wird. So heißt es, Gene „wurden 1980 zwei β-Thalassämie-Patientinnen erfolglos und unter Vernachlässigung jeglicher Risikoabschätzungen reimplantiert.“[499] Die Darstellung enthält zwei Implikationen: Zunächst war die Anwendung ohne Erfolg, also sinnlos, zweitens wurde sie verantwortungslos durchgeführt.[500] Genanalyseverfahren werden problematisiert, indem der Zusammenhang zwischen pränataler Diagnostik und der Eugenik im Nationalsozialismus hergestellt wird.[501]

In den übrigen Unterrichtsvorschlägen, die dieser Strategie zugerechnet werden, erfolgt die Konfrontation mit Risiken, Gefahren, Befürchtungen und Problemfeldern unter motivationalen Aspekten. So wird in BADE (1990) auf „Besonderheiten und Gefahrenpotentiale der derzeitigen Entwicklung“[502] mit Hilfe einer Tabelle aufmerksam gemacht. Diese zeigt, dass die Zeitspannen zwischen der Entdeckung neuer Technologien und deren Anwendung immer

---

[497] Nicht charakterisieren lassen sich die Unterrichtsvorschläge von Klein (1993a), Ruppert (1995a) und Kreuz, Völker & Durst (2000). Im Unterrichtsvorschlag von Klein (1993a) zeigen sich meines Erachtens die Problemfelder der Anwendung irgendwann während der Handlungsprojektion, möglicherweise bei der Reflexion möglicher Wertvorstellungen oder der Zuordnung möglicher Tätigkeiten oder möglicher Folgen. Genaue Angaben sind nicht möglich. Ruppert (1995a) schlägt den Einsatz eines Zeitungsartikels vor. Dieser liegt allerdings nicht vor. Im dritten Unterrichtsabschnitt werden dann Argumente, die gegen die Freisetzung Basta®-resistenter Nutzpflanzen sprechen, dargestellt. Spätestens an dieser Stelle wird der Problemhorizont eröffnet.

[498] Auf Probleme der In-vitro-Fertilisation werden Schüler mit Hilfe von Texten zur Selektion durch planmäßige Samenwahl hingewiesen. Vgl. Kühne, Landsberg-Becher, Micheler & Pochanke (1987b), S.1.

[499] Kühne u.a. (1987b), S. 2.

[500] Vermutlich nehmen die Autoren Bezug auf den Fall *Cline*. Cline führte eine ungenehmigte Gentherapie durch und verstieß damit gegen geltendes Recht. Er bekam daraufhin seine Approbation entzogen. Siehe diese Arbeit, Abschnitt 1.4.2.2

[501] Vgl. Kühne u.a. (1987a) S. 47; Kühne u.a. (1987b), S. 4.

[502] Bade (1990), S. 35.

kürzer werden. Den Schülern soll damit bewusst gemacht werden, dass durch diese Verkürzung intensive Reflexionsprozesse über Folgen und Risiken erschwert bzw. verhindert werden.[503]
Innerhalb einer Fallgeschichte wird in BIALKE-ELLINGHAUSEN U.A (2004a) ein mögliches soziales Folgeproblem von Arbeitnehmerscreening-Verfahren geschildert. Im Mittelpunkt steht ein Stellenbewerber, der aufgrund seiner genetischen Disposition bei einer Stellenvergabe nicht berücksichtigt, also diskriminiert wurde.[504]

(2) Aufzeigen der Diskrepanz zwischen Chancen oder Vorteilen und Problemen oder Nachteilen

In sechs Unterrichtsvorschlägen zeigt sich die Problemhaftigkeit des jeweils thematisierten gentechnischen Verfahrens durch die Gegenüberstellung von Chancen bzw. Vorteilen und Problemen bzw. Nachteilen. In Abgrenzung zu Strategie (1) wird das Augenmerk der Schüler simultan auf Chancen und Risiken gelenkt oder Chancen der Verfahren sind bereits bekannt, bevor Probleme thematisiert werden.
So werden die Schüler in DEPPE (1995) mit Hilfe eines Textes über gentechnische Projekte der Schokoladenindustrie und die damit verbundenen Ziele informiert. Anhand von Leitfragen denken die Schüler über mögliche Vor- und Nachteile gentechnisch erzeugter Kakaobohnen nach. Die Problematik der Anwendung wird durch die Diskrepanz von Vor- und Nachteilen offenbart.[505]
In MARSCHALL (1999) wird die weit verbreitete Befürchtung, dass mit einem genetischen Fingerabdruck Daten über Erbkrankheiten oder Charaktereigenschaften gewonnen werden können, zur Diskussion gestellt.[506] Indem zunächst die Möglichkeit veranschaulicht wird, mit Hilfe des genetischen Fingerabdrucks Mörder zu überführen, und erst anschließend die Problematisierung des Umgangs mit den gewonnenen Daten erfolgt, wird die „Gratwanderung zwischen dem Sicherheitsbedürfnis der Bevölkerung und dem individuellen Persönlichkeitsrecht“[507] verdeutlicht.
BERTSCH & HARMS (2001) setzen zur Eröffnung des Problemhorizonts einen Informationstext ein, der „die Schüler erstmalig mit der Thematik konfrontieren (…) und ihnen einen schlaglichtartigen Überblick über die Möglichkeiten (…) sowie einige mit dieser Methode verbundenen Probleme geben soll.“[508]

---

[503] Vgl. Bade (1990), S. 35.
[504] Vgl. Bialke-Ellinghausen, Bennert & Hausmann (2004a), S. 20.
[505] Vgl. Deppe (1995), S. 41.
[506] Vgl. Marschall (1999), S. 50.
[507] Marschall (1999), S. 48. Allerdings geht es im Unterrichtsgang nicht um die Bewertung des genetischen Fingerabdrucks aufgrund der Informationen zu Möglichkeiten und Risiken. Vielmehr soll die thematisierte Befürchtung mit Hilfe empirischer Daten eingeschätzt werden. So sollen die Schüler „einwenden, dass die untersuchten Introns keine Informationen codieren, sondern reine Muster darstellen. Außerdem können von der DNA keine charakterlichen Anlagen abgelesen werden.“ Marschall (1999), S. 50, siehe Abschnitt 3.3.3.1.1.
[508] Bertsch & Harms (2001), S. 13.

In den Unterrichtsvorschlägen von KATTMANN & SCHÜPPEL (1999), HÖßLE (2001c) und BIALKE-ELLINGHAUSEN U.A. (2004b) werden Chancen und Probleme, die die Anwendung gentechnischer Verfahren am Menschen mit sich bringen kann, vermittels Erzählungen persönlicher Schicksale konkretisiert. Dabei werden in KATTMANN & SCHÜPPEL (1999) individuelle Probleme und Chancen gendiagnostischer Verfahren mit Hilfe mehrerer Fallgeschichten veranschaulicht,[509] während in HÖßLE (2001c) anhand einer Dilemmageschichte sowohl die Chancen, die eine junge Frau mit einem prädiktiven Test auf Chorea Huntington verbindet, als auch das damit verbundene Problem, das Recht des Vaters auf Nicht-Wissen zu missachten, illustriert werden. Die Konflikthaftigkeit der individuellen Situation wird auf diese Weise hervorgehoben.[510] In BIALKE-ELLINGHAUSEN U.A. (2004b) werden mit Hilfe von Fallgeschichten individuelle Hoffnungen, die mit einer somatischen Gentherapie verbunden sein können, erarbeitet. Mit Problemen und Nebenwirkungen der somatischen Gentherapie werden die Schüler direkt im Anschluss daran konfrontiert.[511]
Im Unterrichtsvorschlag von HÖßLE (2001b) steht eine Auseinandersetzung mit den ethischen Traditionen des Utilitarismus und der Deontologie an erster Stelle. In diesem Zusammenhang lernen die Schüler einige für diese Traditionen typische ethische Argumentationen kennen. Der Problemhorizont zeigt sich meines Erachtens. in der Divergenz dieser Argumente; in diesem Fall zwischen dem Argument, Keimbahntherapie verstoße gegen die Menschenwürde, und dem Argument, Keimbahntherapie vermindere persönliches Leid und steigere das Wohlergehen.[512]

(3) Aufzeigen der Aktualität von Diskussionen um die Gentechnik
In vier Unterrichtsvorschlägen wird mit Hilfe von Zeitungsmeldungen und Schlagzeilen auf die Aktualität von Diskussionen um die Gentechnik hingewiesen. So konfrontieren MENZDORF (1988) und SCHARF & SCHARF (2000) die Schüler mit unterschiedlichen Zeitungsmeldungen zur Gentechnik. MENZDORF (1988) möchte mit Hilfe der Zeitungsmeldungen zeigen, dass Anwendungsmöglichkeiten der Gentechnik und ihr wirtschaftlicher Nutzen häufig einseitig positiv oder negativ dargestellt werden.[513] Die Diskussion selbst wird an ausgewählten Anwendungsbereichen durchgeführt. SCHARF & SCHARF (2000) greifen Pressemeldungen und Schlagzeilen auf, um über die Angemessenheit der Berichterstattung zu diskutieren,[514] während ELVERS (1998) die Schüler mit Hilfe von Zeitungsmeldungen Fragen formulieren lässt, die letztendlich die

[509] Vgl. Kattmann & Schüppel (1999), S. 49.
[510] Vgl. Hößle (2001c), S. 36.
[511] Vgl. Bialke-Ellinghausen, Bennert & Hausmann (2004b), S. 45, 46, 52, 53.
[512] Vgl. Hößle (2001b), S. 31.
[513] Vgl. Menzdorf (1988), S. 11.
[514] Vgl. Scharf & Scharf (2000), S. 39.

Themenschwerpunkte der Projektarbeit ergeben.[515] LABAHN-LUCIUS U.A. (1993) setzen als Einstiegsmotivation einen Zeitungsartikel ein, in welchem über die unkontrollierte Freisetzung transgener Bakterien berichtet wird. Anschließend sollen mit Hilfe einer Versuchsreihe die Überlebenschancen transgener Bakterien in Teichwasser untersucht werden.

(4) Mobilisierung von Voreinstellungen und Emotionen

In drei Unterrichtsvorschlägen wird an der Erfahrungswelt der Schüler angeknüpft, indem Voreinstellungen und Emotionen mobilisiert werden. So sollen in BERGERHOFF (1994) die Schüler mit Hilfe von Abbildungen zur Gentechnik eine Bildergeschichte erstellen. Damit werden Vorwissen, aber auch Ängste und Hoffnungen mobilisiert und einbezogen.[516] Im Unterschied hierzu werden die Schüler in RUNTENBERG (2001b) durch einen provokativen Cartoon und in RUNTENBERG (2003) mit Hilfe der Abbildung eines transgenen Tieres zu spontanen Äußerungen und Argumenten angeregt.[517]

(5) Nachdenken über Konsequenzen oder Folgen der Anwendung

In KLEIN (1987) sollen die Schüler während der Klärung fachwissenschaftlicher Grundlagen darüber nachdenken, welche Auswirkungen die thematisierten Anwendungen haben. So sollen mit Hilfe von Informationsblättern zum einen Kenntnisse über biologische Grundlagen der Gendiagnostik und der Gentherapie vermittelt werden. Zum anderen soll andiskutiert werden, welche Konsequenzen die Verfahren für den Einzelnen haben.[518]

(6) Direktes Aufwerfen der ethischen Frage

In HÖßLE (2002) und UNTERMOSER (2004) wird der Problemhorizont mit Hilfe einer ethischen Frage eröffnet. So wird in HÖßLE (2002) in einem als Fallgeschichte benannten Text über die Erzeugung transgener Tiere und die damit verbundenen Möglichkeiten, „das Leid erbkranker Personen zu mindern“[519], berichtet. Die ethische Frage nach der Berechtigung des Menschen, Tiere gentechnisch zu verändern, wird innerhalb des Textes aufgeworfen. In UNTERMOSER (2004) schildert die Lehrkraft „die Situation eines Ehepaars, das aufgrund seiner medizinischen Vorgeschichte einen Antrag auf PID gestellt hat (...). Aus dieser Beschreibung ergibt sich fast zwangsläufig die Problemstel-

[515] Vgl. Elvers (1998), S. 28.
[516] Bergerhoff will zusätzlich auf die Brisanz und auf die aktuelle Bedeutung der Thematik durch Erstellen einer Medienwand aufmerksam machen. Dabei werden während des gesamten Halbjahrs Zeitungsausschnitte aus der Tagespresse gesammelt. Vgl. Bergerhoff (1994), S. 40.
[517] Vgl. Runtenberg (2001b), S. 17; Runtenberg (2003), S. 11.
[518] Vgl. Klein (1987), S. 26.
[519] Hößle (2002), S. 33.

lung ‚Darf man menschliche Keime nach bestimmten Kriterien auswählen oder töten?'".[520]

3.3.3.1.3 Zusammenfassende Betrachtung

In den untersuchten Unterrichtsvorschlägen sind grundsätzlich zwei Ausrichtungen zu beobachten. Während es in den Unterrichtsvorschlägen von MARSCHALL (1999) und LABAHN-LUCIUS U.A. (1993) nicht um die kritische Bewertung eines Verfahrens oder einer Anwendung geht, werden in den übrigen Unterrichtsvorschlägen die thematisierten gentechnischen Verfahren selbst zur Diskussion gestellt. Dies erfolgt beispielsweise durch die kritische Auseinandersetzung mit Chancen oder Risiken der Technik. Überdies ist in einigen Unterrichtsvorschlägen eine deutliche ethische Orientierung feststellbar. So werden beispielsweise gezielt ethische Fragen aufgeworfen.

Abbildung 19 zeigt einen Überblick über die in den Unterrichtsvorschlägen beobachteten Varianten. Erkennbar ist, dass der Anteil der ethisch ausgerichteten Unterrichtsvorschläge ab 1990 beständig ansteigt, während die Unterrichtsvorschläge ohne akzentuierte ethische Ausrichtung nach 1995 an Bedeutung verlieren. Hier kommt also ein großes Bemühen zum Ausdruck, die mit gentechnischen Verfahren bzw. Anwendungen verbundenen Probleme aus einem ethischen Blickwinkel mit ethischen Fragestellungen aufgreifen.

Abbildung 20 zeigt das anteilige Auftreten der unterschiedlichen Strategien der Problemfeststellung. Zwischen 1985 und 1990 werden die Schüler hauptsächlich mit Risiken direkt konfrontiert, die Strategie wird in der Hälfte der Unterrichtsvorschläge verwendet. Daneben werden die Schüler zum Nachdenken über Konsequenzen der thematisierten gentechnischen Verfahren angeleitet, außerdem wird die Aktualität von Problemstellungen, die aus gentechnischen Verfahren erwachsen, mit Hilfe von Zeitungsmeldungen aufgezeigt. Zwischen 1991 und 1995 werden Problemstellungen durch Bezugnahme auf ihre Aktualität und epochale Relevanz, Mobilisierung von Voreinstellungen und Emotionen der Schüler oder Aufzeigen der Diskrepanz zwischen Vor- und Nachteilen dargelegt. Die zwischen 1996 und 2000 bevorzugt verwandten Strategien sind die Bezugnahme auf die Aktualität gentechnischer Probleme und das Aufzeigen der Diskrepanz zwischen Vor- und Nachteilen. Letztere Strategie wird auch zwischen 2000 und 2005 favorisiert. Als neue Strategie kommt in diesem Zeitraum das direkte Aufwerfen ethischer Fragen hinzu. Auch die Mobilisierung von Voreinstellungen und Emotionen gewinnt an Bedeutung.

Insbesondere die in HÖßLE (2002) und UNTERMOSER (2004) angewandte Strategie (6) markiert eine Entwicklung hin zur Ethik. Doch auch die Gegen-

[520] Untermoser (2004), S. 17.

überstellung von Vorteilen und Nachteilen (Strategie (3)) impliziert meines Erachtens einen ethischen Horizont, verweist allerdings auf eine konsequenzialistische Sichtweise, weil damit die Folgen und Ergebnisse der zur Diskussion stehenden Verfahren in den Vordergrund gerückt werden.[521] Erst mit ethischen Fragen werden auch handlungsleitende Normen ausdrücklich mit in den Blick genommen. Damit wird eine neue Dimension des Ethischen beschritten.

Innerhalb des Materials lässt sich überdies eine Verschiebung des Medienspektrums verzeichnen, die auch für eine Entwicklung zur Ethik spricht. So kommen ab 1999 vermehrt Fallgeschichten zum Einsatz.[522] Diese werden in der ethischen Bildung zur Stimulation ethischer Entscheidungsfindungsprozesse verwendet.[523] Daneben ist eine ─ wenn auch nicht so ausgeprägte ─ Zunahme des Einsatzes von Cartoons oder provozierenden Abbildungen festzustellen. Nach NORBERT WEIDINGER verfolgen Karikaturen und ethische Erziehung einen gemeinsamen Zielhorizont.[524] Sie motivierten zu einer Auseinandersetzung „mit den dahinter stehenden Zielen, Motivationen, der Verhältnismäßigkeit der Mittel, der Handlung an sich und den Folgen “.[525]

[521] Siehe Abschnitt 2.3.2.1.
[522] Fallgeschichten werden ausschließlich im Bereich gentechnischer Verfahren am Menschen eingesetzt, um mögliche Auswirkungen gentechnischer Verfahren auf das Leben einzelner Menschen zu verdeutlichen
[523] Vgl. Horlacher & Luther-Kirner (2007), S. 221f.
[524] Vgl. Weidinger (2003), S. 112f.
[525] Weidinger (2003), S. 112.

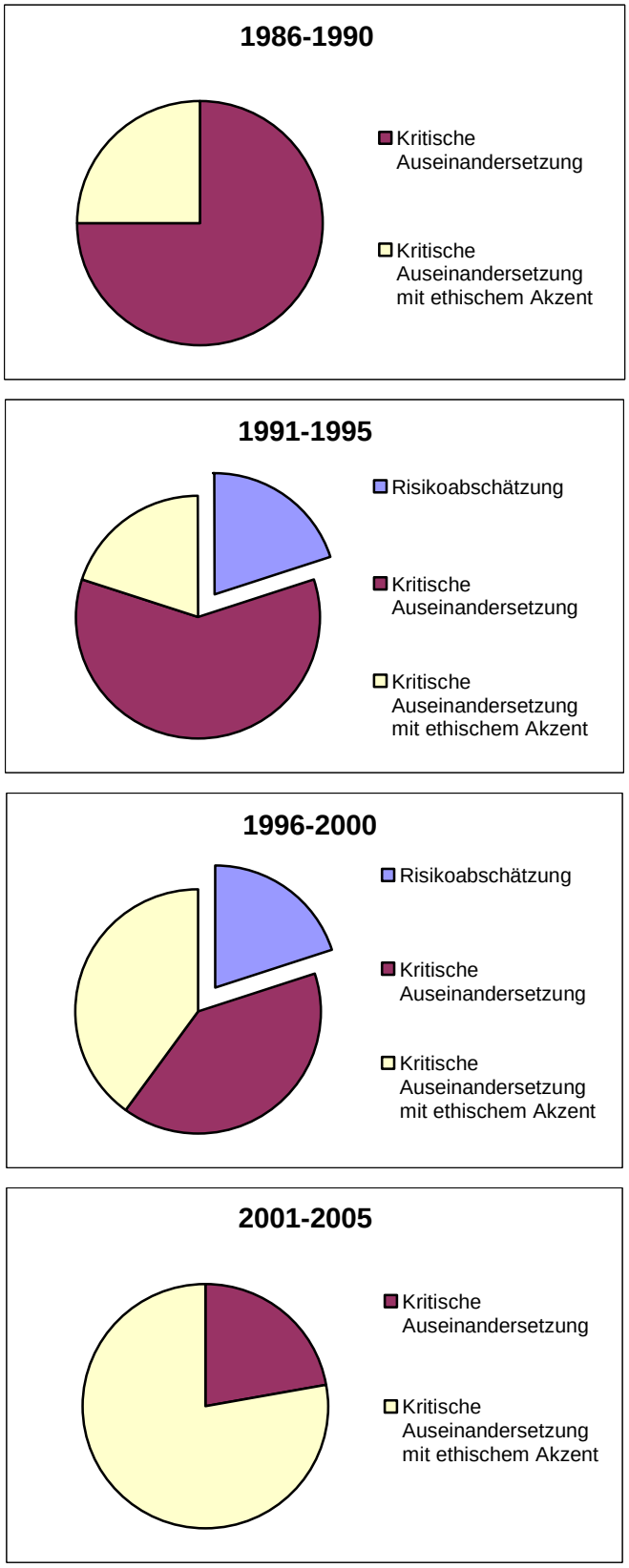


Abbildung 19: Problemhorizonte

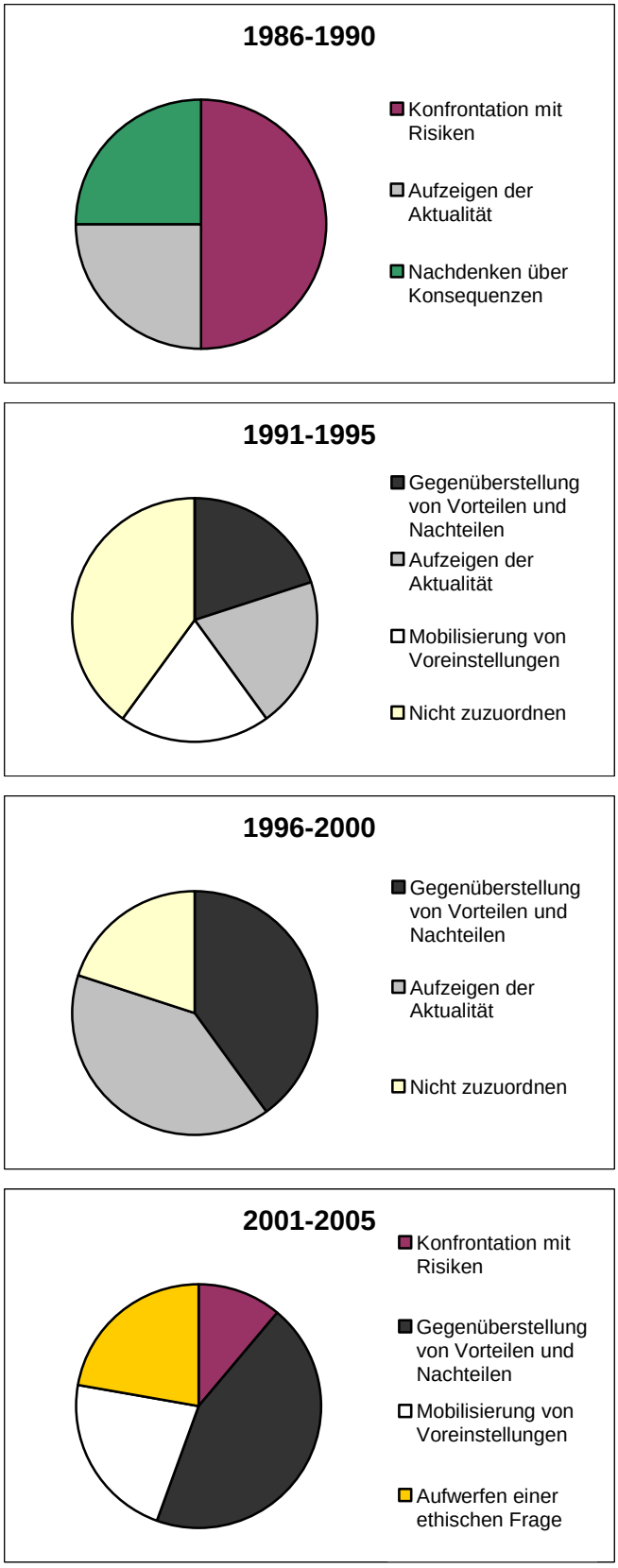


Abbildung 20: Problemfeststellung

3.3.3.1.4 Kritische Würdigung

Im Folgenden sollen die in einzelnen Unterrichtsvorschlägen gewählten Vorgehensweisen kritisch beleuchtet werden.

Die ethischen Fragestellungen, die zur Erschließung von Problemfeldern formuliert werden, sind in einigen Fällen kritisch zu sehen. So enthält die im Unterrichtsvorschlag von KLEIN (1987) aufgeworfene Frage, „ob und, wenn ja, wie die genetische Zukunft des Menschen geplant werden soll / muss“[526] die Auffassung, dass gentherapeutische und genanalytische Methoden zwingend das Ziel haben, die genetische Zukunft des Menschen planen zu wollen, also im Dienste einer positiven Eugenik stehen. Gentherapie und Genanalyse werden also im Horizont einer positiven Eugenik betrachtet.

Auch die in KÜHNE U.A. (1987a) gewählte Konfrontation mit Befürchtungen, Risiken und Negativ-Schlagzeilen ist meines Erachtens verfänglich. Sowohl im Bereich Genanalyse als auch im Bereich Gentherapie wird eigentlich kein Problem direkt benannt. Im Fall der Gentherapie werden Informationen zu Risiken und Problemen in einen Text eingestreut, mit dessen Hilfe biologische Grundlagen geklärt werden sollen. Im Kontext der Genanalyse werden Genanalyseverfahren und NS-Eugenik parallelisiert. Auf diese Weise wird ein einseitig negatives Schlaglicht auf die thematisierten Anwendungen geworfen, die Anwendungsbereiche werden von vorn herein mit den menschenverachtenden Praktiken des Dritten Reiches in Verbindung gebracht.[527] Die Vorgehensweise erinnert an die Anfänge der Bioethik-Diskussion in Deutschland, welche im Horizont der medizinischen Versuche in den Konzentrationslagern und der Euthanasie- und Eugenik-Programme des Dritten Reiches geführt wurde.[528]

[526] Klein (1987), S. 24. Ebenso unterstellt die den Unterrichtsvorschlag von Kühne, Landsberg-Becher, Micheler & Pochanke (1987a) betitelnde Frage ‚Wollen wir den perfekten Menschen?’ allen, die sich für gentherapeutische und genanalytische Maßnahmen aussprechen ein eugenisches Motiv.
[527] Vgl. Kühne u.a. (1987b), S. 2, 4.
[528] Vgl. Abschnitt 2.1.

3.3.3.2 Kriterienbestimmung

Innerhalb der Kategorie Kriterienbestimmung sind alle Informationen von Interesse, die innerhalb der Unterrichtsgänge zur Bearbeitung der aufgeworfenen Probleme zur Verfügung stehen.

Dabei werden didaktische Hinweise, beigefügte Arbeitsmaterialien und gegebenenfalls auch Quellenangaben ausgewertet. Beispielsweise sind in ELVERS (1998) oder RUNTENBERG (2003) mehrere Literaturquellen angegeben, die zur Bearbeitung der Inhalte hinzugezogen werden müssen.[529] Auch Arbeitsaufträge machen deutlich, welche Kriterien als wichtig erachtet werden. So ist im Unterrichtsvorschlag von KREUZ U.A. (2000) eine Internetrecherche mit Hilfe von Leitfragen geplant, wobei sich die Leitfragen auf mögliche Folgen des Anbaus von Bt-Mais beziehen.[530]

3.3.3.2.1 Angaben zu Zielen, Mitteln und Folgen

Im Untersuchungsmaterial ist eine Auseinandersetzung mit möglichen Zielsetzungen und Folgen gentechnischer Verfahren sowie mit gentechnischen Methoden selbst feststellbar. Im Folgenden soll beschrieben werden, welche Bedeutung Informationen zu diesen Dimensionen in den einzelnen Unterrichtsvorschlägen haben.

(1) Bedeutung von Zielen und Zwecken

Angaben zu Zielen und Zwecken der thematisierten gentechnischen Verfahren oder Anwendungen werden in der Mehrzahl der Unterrichtsvorschläge gemacht.[531] Die Vorstellung möglicher Ziele erfolgt dabei in unterschiedlichen Formen. Ziele werden beispielsweise systematisch in Auflistungen, Informationstexten oder Filmen beschrieben oder finden innerhalb von Fallbeispielen, Stellungnahmen und Arbeitsaufträgen, teilweise nur recht knapp, Erwähnung. Inhaltlich beziehen sich die vorgestellten Ziele auf die thematisierten Anwendungsgebiete. Entsprechend breit ist das im Unterrichtsmaterial auffindbare Zielspektrum.

---

[529] Vgl. Runtenberg (2003), S. 11; Elvers (1998), S. 28.

[530] Vgl. Kreuz, Völker & Durst (2000), S. 268.

[531] Nicht thematisiert werden Zielsetzungen in den Unterrichtsvorschlägen von Labahn-Lucius, Lucius & Herbermann (1993) und Kreuz u.a. (2000): Im Vorschlag von Labahn-Lucius u.a. (1993) geht es um die Einschätzung des Risikos, das von unbeabsichtigt freigesetzten transgenen Bakterien ausgeht. Mögliche Zielsetzungen, die mit der Herstellung transgener Bakterien verbunden sind, werden in diesem Zusammenhang nicht angesprochen. Ebenso werden im Unterrichtsvorschlag von Kreuz u.a. (2000) Ziele der Herstellung von Bt-Mais nicht erwähnt. Allerdings sind Grundkenntnisse der gentechnischen Pflanzenproduktion Lernvoraussetzung. Die Schüler dürften also über Ziele, die mit Herstellung von Bt-Mais verbunden sind, informiert sein. Weil in Bergerhoff (1994) die didaktischen Hinweise sehr knapp sind, kann keine Auskunft darüber gegeben werden, welche Bedeutung Zielzuschreibungen haben.

Thematisiert werden sowohl persönliche oder individuelle Zielsetzungen einzelner Personen als auch nicht-private Ziele, die mit der Technik oder der Anwendung verfolgt werden. Beispielsweise werden in KATTMANN & SCHÜPPEL (1999), HÖßLE (2001c), BIALKE-ELLINGHAUSEN U.A. (2004a), BIALKE-ELLINGHAUSEN U.A. (2004b) und UNTERMOSER (2004) Zielsetzungen der thematisierten Verfahren mit Hilfe von Fallgeschichten anhand persönlicher Schicksale veranschaulicht.[532]
Äußerst knapp und am Rande werden Zielsetzungen in den von SCHARF & SCHARF (2000) und MARSCHALL (1999) vorgelegten Unterrichtsvorschlägen erwähnt. In beiden Fällen kommen dabei Zeitungsmeldungen zum Einsatz. In MARSCHALL (1999) wird damit das Ziel, mit Hilfe eines genetischen Fingerabdruckes Kapitalverbrechen aufzuklären[533], illustriert, während in SCHARF & SCHARF (2000) über die mögliche Zielsetzung, mit Hilfe gentechnisch veränderter Pflanzen Impfstoffe zu erzeugen[534], berichtet wird.

Während es in einigen Unterrichtsvorschlägen Anzeichen dafür gibt, dass innerhalb der Unterrichtsgänge über die Legitimität der vorgestellten Zielsetzungen reflektiert werden soll, fehlen in KLEIN (1987), KÜHNE U.A. (1987a), MENZDORF (1988), BADE (1990), RUPPERT (1995a), MARSCHALL (1999) und SCHARF & SCHARF (2000) didaktische Hinweise, die für eine intendierte Reflexion der vorgestellten Zielsetzungen sprechen. Es bleibt bei der Vorstellung von Zielen und gegebenenfalls von Argumenten für die vorgestellten Ziele. So lernen die Schüler in RUPPERT (1995a) Zuchtziele der gentechnischen Pflanzenerzeugung sowie Argumente für diese Zuchtziele kennen[535], während in MENZDORF (1988) mit Hilfe zweier Filme über die Zuchtziele der gentechnischen Pflanzenerzeugung in der Landwirtschaft und über therapeutische Ziele gentechnischer Verfahren informiert wird.[536] In BADE (1990) erarbeiten sich die Schüler mögliche Zielsetzungen der gentechnischen Kakaoerzeugung und Gründe, die für die Notwendigkeit gentechnischer Forschungsprojekte an Kakaopflanzen sprechen, aus einem Informationstext.[537] Außerdem wird das Ziel, mit Hilfe transgener Bakterien Impfstoffe zu produzieren, thematisiert. Anhand der Frage „Deutet sich hier die biotechnische Lösung des eklatanten Impfstoffmangels in der dritten Welt an?“[538] soll über die Notwendigkeit eines gentechnisch erzeugten Hepatitis-B-Impfstoffes nachgedacht werden. Dies kann als Auftrag zur Reflexion über die Zielsetzung, Impfstoff zu produzieren, interpretiert werden. Die Offenheit dieses

[532] Vgl. Kattmann & Schüppel (1999), S. 49; Hößle (2001c), S. 36; Bialke-Ellinghausen, Bennert & Hausmann (2004a), S. 25; Bialke-Ellinghausen u.a. (2004b), S. 45, 46; Untermoser (2004), S. 18.
[533] Vgl. Marschall (1999), S. 48.
[534] Vgl. Scharf & Scharf (2000), S. 37.
[535] Vgl. Ruppert (1995a), S. 33.
[536] Vgl. Menzdorf (1988), S. 12.
[537] Vgl. Bade (1990), S. 32.
[538] Bade (1990), S. 35.

Auftrags ist meines Erachtens fraglich, da die Notwendigkeit bereits innerhalb der Aufgabenstellung unterstrichen wird. Überdies soll überlegt werden, „ob bei den Pharmaunternehmen neben Wirtschaftlichkeitsüberlegungen auch caritative Motive die Entscheidungen über die Produktion oder Nichtproduktion eines Impfstoffs bestimmen bzw. bestimmen sollen.“[539] Meines Erachtens wird durch diese Fragestellung die mutmaßliche Dringlichkeit eines solchen Impfstoffes akzentuiert.

In KLEIN (1987) und KÜHNE U.A. (1987a) finden Zielzuschreibungen Verwendung, die nach vorherrschenden Moralvorstellungen unzulässig und nicht akzeptabel sind. In KÜHNE U.A. (1987a) sollen sich die Schüler überlegen, weshalb „die Auswahlkriterien, nach denen die noch nicht geborenen Kinder sortiert werden, zu kritisieren“[540] sind und welche Folgen es haben kann, „wenn Menschen zukünftig auch nach ihren genetischen Daten für Beruf bzw. Arbeit ausgewählt werden dürfen“.[541] Innerhalb beider Aufgabenstellungen wird Selektion als eigentliche Zielsetzung genanalytischer Verfahren unterstellt. Darüber hinaus wird suggeriert, diese Ziele würden bereits in naher Zukunft erreicht werden.[542] Weitere Zielzuschreibungen finden sich innerhalb von Stellungnahmen und Texten. Dabei soll einerseits gezeigt werden, welche Ziele rechtfertigbar sind und welche nicht. So könne das Ziel pränataler Diagnostik nur therapeutische Hilfe für den Einzelfall sein, die eugenische Verbesserung der Gesellschaft sei ethisch nicht zu vertreten.[543] Andererseits werden ─ nach vorherrschenden Moralvorstellungen ─ unzulässige Zielrichtungen vorgegeben. Beispielsweise gehe es Forschern um eine systematische Verbesserung der menschlichen Art. Außerdem solle „die Produktion solcher Individuen“[544] verringert werden.

Auch in KLEIN (1987) wird häufig mit derartigen Zielzuschreibungen argumentiert. So würden Krankheiten nicht mehr gesucht, um sie zu therapieren, sondern um den Träger zu vernichten.[545] Außerdem würden „einzelne Wissenschaftler nicht nur forschen, um dem Patienten zu helfen, sondern es als persönliches Ziel betrachten, der Erste zu sein.“[546] Moralisch legitimierte Zielsetzungen, die auf mögliche Chancen hinzeigen, werden nur selten und unter Vorbehalt thematisiert. Beispielsweise sei Heilung durch somatische Gentherapie zwar möglich, die Risiken allerdings erheblich.[547] Eine Analyse

[539] Bade (1990), S. 35.
[540] Kühne, Landsberg-Becher, Micheler & Pochanke (1987a), S. 47.
[541] Kühne u.a. (1987a), S. 47.
[542] Zwar kann mit derartigen Aufgabenstellungen ein didaktisches Ziel verfolgt werden - beispielsweise kann die Aufgabenstellung selbst problematisiert werden und dazu dienen, mögliche weitere Ziele zu suchen, eine Reflexion über die Aufgabenstellung wird allerdings im konkreten Fall nicht angestrebt.
[543] Vgl. Kühne u.a. (1987b), S. 4.
[544] Kühne u.a. (1987b), S. 4.
[545] Vgl. Klein (1987), S. 39.
[546] Klein (1987), S. 38.
[547] Vgl. Klein (1987), S. 38.

der ausgewählten Stellungnahmen auf Stichhaltigkeit wird in der Regel nicht angestrebt, auch die Reflexion über die Legitimität der angeführten Ziele bleibt meist aus.[548]
Sowohl in KLEIN (1987) als auch in KÜHNE U.A. (1987a) wird reklamiert, dass vorgegebene, moralisch weitgehend akzeptierte Ziele wie Therapie und Heilung nicht die eigentlichen Ziele genanalytischer und gentherapeutischer Verfahren seien, vielmehr würden unmoralische Ziele angestrebt werden.

In einer Reihe von Unterrichtsvorschlägen finden sich Indizien dafür, dass innerhalb der Unterrichtsgänge eine weiterführende Reflexion über die Rechtfertigungsfähigkeit der vorgestellten Ziele geplant ist. CHRISTA RUNTENBERG beispielsweise betont in ihren didaktischen Ausführungen ausdrücklich die Bedeutsamkeit einer Reflexion von Zielen gentechnischer Verfahren für die ethische Beurteilung. In RUNTENBERG (2001b) werden die Schüler mit den Methoden und Zielen der gentechnischen Herstellung von Versuchstieren vertraut gemacht, bevor die Ziele reflektiert werden.[549] In RUNTENBERG (2003) schließt sich die Reflexion der Ziele an die Vermittlung der Methoden der PID an.[550]
Im Unterschied hierzu sprechen in anderen Unterrichtsvorschlägen indirekte Hinweise für eine intendierte Reflexion von Zielen. Zielsetzungen werden beispielsweise reflektiert, indem über ihre Notwendigkeit oder Dringlichkeit nachgedacht wird.[551] Demgemäß wird im Unterrichtsgang von DEPPE (1995) über die Rechtfertigbarkeit der Zielsetzungen anhand der Leitfrage „Brauchen wir die veränderte Kakaobohne?“[552] und in ELVERS (1998) anhand der Fragestellung „Wozu brauchen wir transgene Pflanzen?“[553] diskutiert.
Über Zielsetzungen wird außerdem anhand der Frage nach dem Recht, diese Ziele zu verfolgen, nachgedacht.[554] In KATTMANN & SCHÜPPEL (1999) werden aus Fallbeispielen erarbeitete Zielsetzungen gendiagnostischer Tests reflektiert, indem einerseits ihre Angemessenheit geprüft wird und sie

[548] Lediglich ein einziger Arbeitsauftrag unter sehr vielen findet sich, der für eine intendierte Zielreflexion im Bereich des Arbeitnehmerscreenings spricht: So sollen Schüler mit Hilfe von Texten beurteilen, ob sie es für vertretbar halten, Kenntnisse über angeborene Merkmale als Kriterium für einen Einsatz an einem bestimmten Arbeitsplatz zu verwenden. Vgl. Klein (1987), S. 40, AB 7.
[549] Vgl. Runtenberg (2001b), S. 17.
[550] Vgl. Runtenberg (2003), S. 11.
[551] Nach einer These Auers sind Ziele technischer Innovationen rechtfertigungsfähig, wenn ihre gesellschaftliche Dringlichkeit ausgewiesen ist. Über die Rechtfertigungsfähigkeit von Zielsetzungen kann folglich nachgedacht werden, indem über die Dringlichkeit reflektiert wird. Vgl. Auer (1986), S. 78ff.
[552] Deppe (1995), S. 41.
[553] Elvers (1998), S. 29.
[554] Nach einer These Auers dürfen mit technischen Innovationen verbundene Zielsetzungen nur dann verfolgt werden, wenn die Entscheidungsfreiheit bzw. die Freiheit zur Verfügung gegeben ist. Folglich kann also über die Legitimität von Zielsetzungen anhand der Frage nach den Grenzen der Entscheidungsfreiheit nachgedacht werden. Nur wenn die Entscheidungsfreiheit gegeben ist, sind Zielsetzungen zu rechtfertigen. Vgl. Auer (1986), S. 78ff.

andererseits zu Interessen anderer in Beziehung gesetzt werden. So soll überlegt werden, wer über die Durchführung gendiagnostischer Verfahren mitentscheiden sollte.[555] Auf diese Weise werden die Grenzen des Entscheidungsrechtes bzw. die Bedingungen des Verfügungsrechtes geprüft. Auch in HÖßLE (2001c) wird über Recht und Grenzen der Entscheidungsfreiheit einer jungen Frau nachgedacht, die einen Gentest auf Chorea Huntington durchführen lassen will. Ihr Wunsch, Kenntnis über ihre genetische Ausstattung zu erlangen, konkurriert dabei mit dem Recht ihres Vaters auf Nicht-Wissen.[556] In BIALKE-ELLINGHAUSEN U.A. (2004a) werden Gentests einerseits in den Dienst der Auswahl von Stellenbewerbern gestellt, andererseits stehen sie im Zusammenhang mit Arbeitsschutzmaßnahmen zur Diskussion. Außerdem wird auf mögliche persönliche Dringlichkeiten abgehoben. Im letzten Unterrichtsabschnitt sollen die Schüler überlegen, „wie man Durchführung und Anwendung von Gentests zukünftig gesetzlich regeln könnte."[557] Hier muss meines Erachtens darüber nachgedacht werden, wo Zielsetzungen ihre Grenzen haben, also wo beispielsweise das Recht auf Selbstverfügung endet und die Pflicht zur Annahme von Verfügtheiten beginnt.

In einigen Unterrichtsvorschlägen wird grundsätzlich überlegt, ob die vorgestellten Zielsetzungen den Einsatz der gentechnischen Mittel oder das Auftreten möglicher Folgen rechtfertigen. Ziele werden zu Mitteln bzw. Folgen in Beziehung gesetzt und hierdurch reflektiert.[558] So nehmen die Schüler in KLEIN (1993a) die Perspektive eines Forschers ein, der Medikamente in transgenen Schweinen erzeugen will. Sie reflektieren aus dieser Perspektive über Erwartungen, aber auch über Norm- und Wertvorstellungen, die der Forscher mit seinem Vorhaben verbindet.[559] Innerhalb einer Handlungsprojektion wird das Vorhaben gedanklich durchgespielt. Dabei werden die mit der Handlung verbundenen Erwartungen möglichen Mitteln und Folgen zugeordnet. Dieses In-Beziehung-Setzen von Erwartungen bzw. Zielen, Mitteln und Folgen beeinflusst laut Autor die Ausrichtung des Verhaltens,[560] was bedeutet, dass die mit der Handlung verbundenen Erwartungen, die eingesetzten Mittel und die Folgen gegeneinander abgewogen werden müssen.

In HÖßLE (2001b) und HÖßLE (2002) werden die Schüler schwerpunktmäßig innerhalb von Argumenten über Ziele der Keimbahntherapie informiert.

---

[555] Vgl. Kattmann & Schüppel (1999), S. 49.
[556] Vgl. Hößle (2001c), S. 36f.
[557] Bialke-Ellinghausen, Bennert & Hausmann (2004a), S. 21.
[558] Nach Dietmar Mieth kann eine verantwortungsethische Prüfung von Interessen und Zielen auch durch eine Ziel-Mittel-Relation erfolgen, beispielsweise indem gefragt wird, ob die Ziele nur auf dem zur Diskussion stehenden Weg erreicht werden können. Vgl. Mieth (1993), S. 91.
[559] Nach meinem Verständnis kann der vom Autor verwendete Begriff Erwartung durch den Begriff Zielsetzung ersetzt werden. So ist die Erwartung des Forschers, mit Hilfe transgener Tiere Hämoglobin zu erzeugen eigentlich deckungsgleich mit der Zielsetzung, mit transgenen Tieren Hämoglobin zu erzeugen.
[560] Vgl. Klein (1993a), S. 34.

Während in HÖßLE (2001b) die Schüler entscheiden sollen, ob sie selbst eine Keimbahntherapie durchführen lassen würden, um eine schwere genetische Erkrankung bei eigenen Nachkommen zu vermeiden[561], soll in HÖßLE (2002) überlegt werden, ob der Mensch Tiere zu seinem Zweck gentechnisch verändern darf.[562] In beiden Fällen muss darüber nachgedacht werden, ob die jeweils verfolgten Ziele bzw. Zwecke die Mittel bzw. auch die Folgen rechtfertigen. Ebenso geht es in BERTSCH & HARMS (2001) im Zusammenhang mit der Herstellung von Knock-out-Mäusen um die Abwägung zwischen der Qualität des Leidens und der Qualität der wissenschaftlichen und medizinischen Rechtfertigung aufgrund der zu den Zielen, Möglichkeiten und Erfolgen gegebenen Informationen. In BIALKE-ELLINGHAUSEN U.A. (2004b) werden Zielsetzungen der somatischen Gentherapie anhand von Fallbeispielen verdeutlicht. Anhand der Fragstellung „Legen Sie dar, ob sie als Mutter oder Vater ihr Kind an der klinischen Phase 1 teilhaben lassen würden“[563] werden Ziele der klinischen Phase 1 überdacht. Dabei müssen mögliche Nachteile, die das Kind durch die Behandlung erleidet, und die Ziele der klinischen Phase 1 gegeneinander abgewogen werden.[564] Außerdem soll grundsätzlich erwogen werden, „welche Fragen bei der Entscheidung für oder gegen eine Gentherapie zu berücksichtigen sind.“[565] Diese grundsätzliche Reflexion schließt meines Erachtens eine metaethische Auseinandersetzung mit der Zieldimension ein. In UNTERMOSER (2004) steht ein Ehepaar im Mittelpunkt, das eine PID anstrebt, um die Erkrankung Mukoviszidose auszuschließen. Durch Abwägung von wissenschaftlichen Erkenntnissen, Wertentscheidungen und Handlungsmöglichkeiten[566] soll eine Entscheidung zu dem vorgestellten Fall getroffen werden. Dabei werden Ziele, Werte und Folgen gegeneinander abgewogen.

[561] Vgl. Hößle (2001b), S. 32.
[562] Vgl. Hößle (2002), S. 33.
[563] Bialke-Ellinghausen, Bennert & Hausmann (2004b), S. 49.
[564] In dieser Phase haben die Teilnehmer der Studie keinen medizinischen Vorteil, es handelt sich nicht um Therapie. Vielmehr geht es darum, zu überprüfen, ob Entzündungen oder Immunprobleme auftreten und ob überhaupt Dystrophin produziert wird. Vgl. Bialke-Ellinghausen u.a. (2004b), S. 49.
[565] Bialke-Ellinghausen u.a. (2004b), S. 44.
[566] Vgl. Untermoser (2004), S. 18.

(2) Angaben zu den gentechnischen Methoden

In den meisten Unterrichtsvorschlägen ist die Klärung gentechnischer Methoden und Verfahren vorgesehen.[567]

In den von MENZDORF (1988), BADE (1990), DEPPE (1995), MARSCHALL (1999) und SCHARF & SCHARF (2000) vorgelegten Unterrichtsvorschlägen wird über die eingesetzten gentechnischen Mittel informiert. Hinweise dafür, dass innerhalb der Unterrichtsgänge über die moralische Legitimität der Methoden reflektiert werden soll, fehlen.

Neben grundlegenden gentechnischen Methoden werden in MENZDORF (1988) Techniken zur Herstellung pharmazeutischer Proteine in Mikroorganismen und Verfahren der Gentherapie und der gentechnischen Pflanzenzucht in den Blick genommen,[568] während in BADE (1990) sehr knapp über die gentechnische Erzeugung transgener Kakaopflanzen und ausführlicher über die gentechnische Herstellung eines Hepatitis-B-Impfstoffes informiert wird.[569] In DEPPE (1995) wird die Herstellung transgener Pflanzen[570] und in MARSCHALL (1999) die Vorgehensweise bei der Erstellung eines genetischen Fingerabdruckes dargestellt.[571] Informationen zu grundlegenden gentechnischen Methoden erhalten die Schüler in SCHARF & SCHARF (2000), außerdem werden gentechnische Versuche durchgeführt. Die dabei gewonnenen Erfahrungen sollen dann mit Berichten und Schlagzeilen in Beziehung gesetzt werden,[572] Gentechnik wird also anhand der gewonnenen Erfahrungen beurteilt.

In einigen Unterrichtsvorschlägen werden überdies Informationen zu den gentechnischen Methoden gegeben, die eine Bewertung der gewählten Mittel beeinflussen können. Sowohl in KLEIN (1987) als auch in KÜHNE U.A. (1987a) werden im Zusammenhang mit der Klärung gentechnischer Methoden Probleme thematisiert, die mit der Methode selbst verbunden sein können. So werden in KLEIN (1987) mit der Methode verknüpfte Unsicherheiten genannt: Es sei beispielsweise „nicht vorhersagbar, ob das eingesetzte Gen auch

[567] In den von Kreuz, Völker & Durst (2003) und Hößle (2001b; 2001c; 2002) vorgelegten Unterrichtsvorschlägen spielt die Vermittlung naturwissenschaftlicher Grundlagen eine untergeordnete Rolle. Im Unterrichtsvorschlag von Bergerhoff (1994) erarbeiten die Schüler gentechnische Anwendungen eigenständig und wählen dabei die Themen selbst. Zuvor werden sie über grundlegende gentechnische Arbeitsweisen informiert. Welche Bedeutung den biologischen Grundlagen der jeweils bearbeiteten Anwendungen zukommt, kann aufgrund fehlender didaktischer Hinweise nicht beantwortet werden. In Labahn-Lucius, Lucius & Herbermann (1993) werden zwar nicht die Methoden der Herstellung transgener Bakterien thematisiert, allerdings spielen biologische Methoden dennoch eine große Rolle. So wird eine Versuchsreihe zu der Frage gestartet, ob transgene Bakterien in Teichwasser überleben können.

[568] Vgl. Menzdorf (1988), S. 11.

[569] Über das Verfahren der Herstellung transgenen Kakaos informiert Bade sehr knapp innerhalb eines Informationstextes zu Zielen und Folgen der Kakaoherstellung. Siehe Bade (1990), S. 32f.

[570] Vgl. Deppe (1995), S. 42f.

[571] Vgl. Marschall (1999), S. 49f.

[572] Vgl. Scharf & Scharf (2000), S. 37ff.

tatsächlich exprimiert wird."[573] Außerdem könnten durch die Infektion mit fremder DNA Mutationen hervorgerufen werden.[574] In KÜHNE U.A. (1987a) wird im Zusammenhang mit der Klärung biologischer Grundlagen der Gentherapie über Probleme informiert, die der klinischen Anwendung der Gentherapie im Wege stehen. Außerdem wird von ungewissen Erfolgsaussichten und einer Durchführung unter Vernachlässigung jeglicher Risikoabschätzung berichtet.[575] Auch in KATTMANN & SCHÜPPEL (1999) werden innerhalb von Fallgeschichten Informationen gegeben, welche die Wahl der gentechnischen Methoden grundsätzlich in Frage stellen. So betrachtet Victor L., der sich auf Chorea Huntington testen ließ, „die Tatsache, dass das HD-Allel bei vorgeburtlicher Diagnose ein Grund für eine embryopathisch indizierte Abtreibung ist, (…) als Angriff auf seine Person."[576] Im Zusammenhang mit einem Gentest auf Brustkrebs heißt es: „Gar nicht so selten lässt die Gendiagnose jedoch alle Fragen offen (…). Beim Gen BRCA2 liegt die tatsächliche Krebsrate irgendwo zwischen 37% (…) und 84% (…)."[577] In BIALKE-ELLINGHAUSEN U.A. (2004a) wird die Methode anhand ihrer Aussagekraft kritisch betrachtet. So wird darauf hingewiesen, dass mit einen Gentest in der Regel nur eine Wahrscheinlichkeitsaussage gemacht werden kann und dass sich die festgestellte genetische Anomalie möglicherweise nie in Form einer Erkrankung manifestieren wird.[578] In BIALKE-ELLINGHAUSEN U.A. (2004b) lernen Schüler Vor- und Nachteile der Methode kennen. Beispielsweise ist von unerwünschten Nebenwirkungen die Rede.[579]
In den eben genannten Fällen können die Schüler zu einer möglichen Reflexion über die Legitimität der Verfahren angeregt werden, die Verfahren selbst werden auf diese Weise einer Reflexion erschlossen. Im Unterschied hierzu wird in RUPPERT (1995a) der Einsatz gentechnischer Verfahren in der Pflanzenzucht neben die herkömmliche Pflanzenzucht gerückt und dieser damit gleichgesetzt. So soll „deutlich werden, daß die Gentechnik eine zusätzliche Methode der Pflanzenzüchtung mit weitem Anwendungspotential ist".[580] Damit wird meines Erachtens die Frage nach einer möglichen Legitimität der Verfahren der Diskussion entzogen.

In einigen Unterrichtsvorschlägen gibt es didaktische Hinweise dafür, dass während der Unterrichtsgänge die Frage nach der Legitimität der Mittel erörtert werden soll. Dabei unterstreicht lediglich CHRISTA RUNTENBERG in ihren

[573] Klein (1987), S. 32.
[574] Vgl. Klein (1987), S. 32.
[575] Vgl. Kühne, Landsberg-Becher, Micheler & Pochanke (1987b), S. 2.
[576] Kattmann & Schüppel (1999), S. 49.
[577] Kattmann & Schüppel (1999), S. 49.
[578] Vgl. Bialke-Ellinghausen, Bennert & Hausmann (2004a), S. 23, 25.
[579] Vgl. Bialke-Ellinghausen u.a. (2004b), S. 52, 52.
[580] Ruppert (1995a), S. 34.

didaktischen Anmerkungen ausdrücklich die Bedeutsamkeit der Reflexion von Mitteln gentechnischer Verfahren für die Beurteilung derselben. So wird in RUNTENBERG (2001b) „die Frage nach der Legitimität des Verfahrens, also nach dem grundsätzlichen Recht, auf diese Weise mit Tieren umzugehen“[581] erörtert, während in RUNTENBERG (2003) zu überlegen ist, ob die erforderlichen Mittel moralisch zulässig sind.[582]
Anhand der Frage „Ist Gentechnik unmoralisch?“[583] wird im Unterrichtsvorschlag von ELVERS (1998) über die Legitimität der Mittel nachgedacht. Zur Bearbeitung dieser Frage erhalten die Schüler Literaturhinweise. In den dabei genannten Texten geht es unter anderem um die Eingriffstiefe gentechnischer Verfahren in die naturale Basis von Pflanzen.[584] In UNTERMOSER (2004) wird grundsätzlich der Frage nach der Legitimität der PID anhand der Frage „Darf man menschliche Keime nach bestimmten Kriterien auswählen bzw. töten?“[585] nachgegangen.
In KLEIN (1993a), BERTSCH & HARMS (2001), HÖßLE (2001b) und HÖßLE (2002) werden gentechnische Mittel reflektiert, indem sie zu den Zielen oder Folgen in Beziehung gesetzt werden. Innerhalb einer Handlungsprojektion wird in KLEIN (1993a) das Vorhaben, roten Blutfarbstoff in transgenen Schweinen zu erzeugen, gedanklich durchgespielt. Dabei werden die mit der Handlung verbundenen Erwartungen, die dazu notwendigen Mittel und die Folgen gegeneinander abgewogen.[586] Auch in BERTSCH & HARMS (2001) geht es im Zusammenhang mit der Herstellung von Knock-out-Mäusen um die Abwägung zwischen der Qualität des Leidens und der Qualität der wissenschaftlichen und medizinischen Rechtfertigung aufgrund der zu den Zielen, Möglichkeiten und Erfolgen gegebenen Informationen. Dabei wird die Technik der Erzeugung transgener Tiere anhand des Versuchstierverbrauches problematisiert. Anhand der Frage „Darf man Tiere für diese Versuche leiden lassen?“[587] wird die Legitimität *dieser Versuche* hinterfragt. Zwar werden die biologischen Grundlagen in HÖßLE (2001b) und Hößle (2002) nicht geklärt, allerdings lernen die Schüler Argumente kennen, in welchen den Verfahren die moralische Zulässigkeit aufgrund der Eingriffstiefe aberkannt wird. Nach der Auseinandersetzung mit diesen Argumenten sollen die Schüler in HÖßLE (2001b) entscheiden, ob sie selbst eine Keimbahntherapie durchführen lassen würden, um eine schwere genetische Erkrankung bei eigenen Nachkommen zu vermeiden,[588] während in HÖßLE (2002) abgewogen werden soll, ob der Mensch Tiere zu

[581] Runtenberg (2001b), S. 17.
[582] Vgl. Runtenberg (2003), S. 10.
[583] Elvers (1998), S. 28.
[584] Vgl. van der Daele (1995), S. 30; Nagl (1992), S. 137ff.
[585] Untermoser (2004), S. 17.
[586] Vgl. Klein (1993a), S. 34.
[587] Bertsch & Harms (2001), S. 13.
[588] Vgl. Hößle (2001b), S. 32.

seinem Zweck gentechnisch verändern darf.[589] Zur Beantwortung dieser Fragen müssen Ziele, Mittel und Folgen gegeneinander abgewogen werden.

(3) Angaben zu Folgen

Die Vorstellung möglicher Folgen, negativer oder positiver Effekte bzw. Chancen und Risiken gentechnischer Verfahren spielt in den Unterrichtsvorschlägen eine große Rolle.[590] Dabei werden Informationen zu Folgen innerhalb von Argumenten, Stellungnahmen, Informationstexten, Filmen, Abbildungen oder Fallgeschichten gegeben.

Auch hinsichtlich der Kategorie Folgen zeigt sich, dass es innerhalb einiger Unterrichtsvorschläge bei der Vorstellung möglicher Folgen bleibt, während in anderen ein weiteres Nachdenken über Folgen geplant ist. So werden mögliche Folgen gegeneinander abgewogen oder es wird über ihre Reichweite und Verantwortbarkeit nachgedacht.

In den Vorschlägen von KLEIN (1987), KÜHNE U.A. (1987a), MENZDORF (1988), RUPPERT (1995a) und LABAHN-LUCIUS (1993) fehlen Anzeichen, die für eine intendierte Folgenreflexion sprechen. Dabei kommen lediglich im Unterrichtsvorschlag von RUPPERT (1995a) Informationen zu positiven und negativen Folgen gleichermaßen zu Wort. Diese werden den Schülern innerhalb von Argumenten zugänglich gemacht, in welchen mit positiven und negativen Effekten argumentiert wird. Eine Abwägung der Folgen ist innerhalb des Unterrichtsgangs nicht geplant.[591]

In KLEIN (1987) und KÜHNE U.A. (1987a) liegt der Schwerpunkt auf Informationen zu Problemen und Risiken der thematisierten Techniken. In KLEIN (1987) werden während der Klärung biologischer Grundlagen zur Genanalyse auch Folgen andiskutiert. Dabei wird auf Datenschutz und Recht auf Nicht-Wissen hingewiesen.[592] Auch im Zusammenhang mit der Gentherapie sollen bereits während der Klärung biologischer Grundlagen die „positiven wie negativen Konsequenzen (…) angesprochen und aufgelistet werden.“[593] Auf dem hierzu eingesetzten Informationsblatt werden allerdings lediglich Hinweise zu möglichen Problemen und negativen Effekten, die mit der Methode verbunden sind, gegeben. So seien sowohl das Auftreten von Mutationen als auch die Zerstörung menschlicher Zellen möglich und die Folgen einer genetischen Manipulation auf Ebene der Keimzellen nicht prognostizierbar. Auf den Arbeitsblättern, die zur Klärung der Legitimation gentechnologischer Maßnah-

[589] Vgl. Hößle (2002), S. 33.
[590] Lediglich im Unterrichtsvorschlag von Scharf & Scharf (2000) spielen Angaben zu Folgen keine Rolle. Aufgrund fehlender didaktischer Hinweise kann für den Unterrichtsvorschlag von Bergerhoff (1994) keine Auskunft darüber gegeben werden, welche Bedeutung Informationen über Folgen haben.
[591] Vgl. Ruppert (1995a), S. 33; Ruppert (1995b), S. 4.
[592] Vgl. Klein (1987), S. 26.
[593] Klein (1987), S. 26.

men eingesetzt werden, sind Stellungnahmen zum Einsatz der thematisierten Techniken abgedruckt, die auf strittige Zielsetzungen und Risiken der gentechnischen Verfahren verweisen. Dahingegen werden moralisch legitimierte Zielsetzungen, die auf mögliche Chancen hindeuten, nur selten und unter Vorbehalt thematisiert; mögliche positive Effekte werden angedeutet, um sie allerdings anschließend wieder zu relativieren. So sei Heilung durch Gentherapie zwar möglich, das damit verbundene Risiko allerdings erheblich. Auch gäbe es prinzipiell nicht prognostizierbare Nebenfolgen und erhebliche, vielschichtige Risiken.[594] In KÜHNE U.A. (1987a) werden die Schüler über „neue Formen sozialer Benachteiligungen und Unterdrückungen“[595], die aus genanalytischen Verfahren resultieren, informiert. Es ist von aufkommender Euthanasie oder sich anschließendem Rassismus die Rede.[596] Indem innerhalb des Textmaterials beispielhaft das Eintreten dieser Folgen belegt wird, werden diese nicht als mögliche Risiken, sondern als unumgängliche Folgen gehandelt.

Auch in MARSCHALL (1999) und LABAHN-LUCIUS U.A. (1993) stehen Risiken bzw. Befürchtungen im Mittelpunkt. In beiden Unterrichtsvorschlägen geht es im Unterschied zu allen anderen nicht um die Bewertung einer Anwendung oder eines Verfahrens, sondern um die pragmatische Einschätzung des beschriebenen Risikos.[597] Dabei werden Risiken, die möglicherweise von freigesetzten transgenen Bakterien ausgehen, in LABAHN-LUCIUS U.A. (1993) innerhalb eines Zeitungsartikels angesprochen[598], in MARSCHALL (1999) wird die Befürchtung, dass mit Hilfe eines genetischen Fingerabdrucks Informationen über Charaktereigenschaften gewonnen werden können, innerhalb einer Impulsfrage formuliert.[599]

In MENZDORF (1988) erhalten die Schüler schwerpunktmäßig Informationen zu Zielsetzungen der gentechnischen Verfahren, die auf positive Effekte verweisen. Innerhalb eines Films zur Gentherapie werden neben Chancen der gentechnischen Herstellung von Medikamenten auch Chancen der Gentherapie stark fokussiert. Ethische Problemkreise, die sich aus der Gentherapie ergeben, werden am Ende des Films lediglich genannt. Dass sie im Unterrichtsgang selbst thematisiert und diskutiert werden sollen, ist nicht ersichtlich. Auch in dem zur grünen Gentechnik gezeigten Film werden schwerpunktmäßig Chancen erörtert. Es gibt einen einzigen, pragmatischen Hinweis auf ein mögliches Problem („neue Generation von Erregern“), ansonsten werden mögliche Probleme und Risiken ausgeblendet.[600]

---

[594] Vgl. Klein (1987), S. 37, 38.
[595] Kühne, Landsberg-Becher, Micheler & Pochanke u.a. (1987 b), S. 5.
[596] Vgl. Kühne u.a. (1987b), S. 4f.
[597] Siehe Abschnitt 3.3.3.1.
[598] Vgl. Labahn-Lucius, Lucius & Herbermann (1993), S. 41.
[599] Vgl. Marschall (1999), S. 50.
[600] Vgl. Menzdorf (1988), S. 12.

Ebenso werden in BADE (1990) positive und negative Effekte nicht immer gleichgewichtig akzentuiert. Während die gentechnische Herstellung eines Hepatitis-B-Impfstoffes im Horizont der Möglichkeit thematisiert wird, einen eklatanten Impfstoffmangel zu beheben,[601] werden im Zusammenhang mit der gentechnischen Kakaoherstellung insbesondere soziale Probleme und Gefahren fokussiert. Zwar werden auch wirtschaftliche Perspektiven für die Schokoladenindustrie aufgezeigt, allerdings wird deutlich, dass diese ausschließlich an der Gewinnmaximierung interessiert ist. Es geht also darum, auf Verlierer der Entwicklung hinzuweisen und diese zu benennen. Unterstrichen wird dies durch die Darstellung von Problemen, die billigere Produkte für Drittweltländer brachten.[602] Im dritten Unterrichtsabschnitt werden die Schüler mit Argumenten zu Chancen und Risiken der Gentechnik informiert.[603] Diese betreffen allerdings weniger die thematisierten Anwendungsgebiete; vielmehr handelt es sich um allgemeine Stellungnahmen zu Chancen und Risiken der Gentechnik. Im Unterschied zu den oben genannten Unterrichtsvorschlägen ist außerdem eine weiterführende Auseinandersetzung mit Folgen geplant. So wird im dritten Unterrichtsabschnitt über die Verantwortbarkeit von Risiken anhand der Frage „Sollte die Bundesrepublik ein Gen-Gesetz erlassen und was sollte darin festgeschrieben werden?“[604] nachgedacht. Um diese Frage zu beantworten, müssen Chancen und Risiken eingeschätzt werden.

In den Unterrichtsvorschlägen von DEPPE (1995), ELVERS (1998), KREUZ U.A. (2000), BERTSCH & HARMS (2001), RUNTENBERG (2001b), RUNTENBERG (2003), HÖßLE (2001b), HÖßLE (2001c), HÖßLE (2002), BIALKE-ELLINGHAUSEN U.A. (2004a), BIALKE-ELLINGHAUSEN U.A. (2004b) und UNTERMOSER (2004) ist eine weiterführende Beschäftigung mit den thematisierten Folgen geplant. Die Bedeutsamkeit der Folgenreflexion wird abermals von CHRISTA RUNTENBERG ausdrücklich unterstrichen.
Innerhalb des Untersuchungsmaterials werden Folgen beispielsweise reflektiert, indem wie bei BADE (1990) über ihre Verantwortbarkeit nachgedacht wird. So werden in BIALKE-ELLINGHAUSEN U.A. (2004a) mögliche positive und negative Effekte von Gentests aus unterschiedlichen Texten erarbeitet.[605] Außerdem soll überlegt werden, wie die Anwendung von Gentests künftig gesetzlich geregelt werden könnte, was eine reflektierende Auseinandersetzung mit möglichen Chancen und der Verantwortbarkeit von Risiken voraussetzt.[606] Über die Verantwortbarkeit möglicher Folgen wird ebenso in BIALKE-ELLINGHAUSEN U.A. (2004b) nachgedacht. Nachdem die Schüler mit Hilfe von

[601] Vgl. Bade (1990), S. 35.
[602] Vgl. Bade (1990), S. 32.
[603] Vgl. Bade (1990), S. 34, 36.
[604] Bade (1990) S. 35.
[605] Vgl. Bialke-Ellinghausen, Bennert & Hausmann (2004a), S. 23ff.
[606] Vgl. Bialke-Ellinghausen u.a. (2004a), S. 21.

Texten über mögliche Chancen und Risiken gentherapeutischer Verfahren informiert wurden, sollen sie darlegen, „ob sie als Mutter oder Vater ihr Kind an der klinischen Phase 1 teilhaben lassen würden“.[607] Außerdem sollen sie sich grundsätzlich „damit auseinandersetzen, welche Fragen bei der Entscheidung für oder gegen eine Gentherapie zu berücksichtigen sind.“[608] Diese grundsätzliche Reflexion schließt meines Erachtens eine metaethische Auseinandersetzung mit der Folgendimension ein.

In einigen Unterrichtsvorschlägen werden negative und positive Effekte gegeneinander abgewogen. So werden in ELVERS (1998) mögliche Folgen der Erzeugung transgenen Maises innerhalb von Projektgruppen erarbeitet. Am Ende der Unterrichtseinheit sollen sich die Schüler aufgrund der Folgen bei Nutzung bzw. Nicht-Nutzung positionieren.[609] In DEPPE (1995) wird zum einen über mögliche Auswirkungen bei Erfolg der genannten Forschungsziele nachgedacht. Darüber hinaus lernen die Schüler Argumente für und gegen die gentechnische Herstellung von Lebensmitteln kennen, innerhalb derer mit negativen und positiven Effekten argumentiert wird. In einer Abschlussdiskussion sollen Vor- und Nachteile, also auch negative und positive Effekte gegeneinander abgewogen werden.[610]

Mögliche Folgen der Herstellung von Bt-Mais werden in KREUZ U.A. (2000) aus dem Internet erarbeitet. Die Leitfragen, die zur Internet-Recherche verwendet werden, zielen auf negative und positive Effekte ab. Innerhalb einer Debatte kommt es anschließend zur Entscheidung über den Anbau von Bt-Mais. Weil innerhalb der Internet-Recherche schwerpunktmäßig nach Folgen gesucht wird, kann angenommen werden, dass während dieser Debatte die Diskussion über die Verantwortbarkeit der erarbeiteten Folgen einen breiten Raum einnimmt.[611]

In BERTSCH & HARMS (2001) werden im Zusammenhang mit der Herstellung von Knock-out-Mäusen Zielsetzungen und Chancen, die gewählten Methoden und die negativen Effekte und Risiken für das Tier einander gegenübergestellt und abgewogen. Dabei sollen die Schüler „Stellung beziehen zu der Berechtigung, Tiere für diese Versuche leiden zu lassen.“[612]

Eine Reflexion über die Verantwortbarkeit von Folgen erfolgt in vier Unterrichtsvorschlägen, indem ethische Urteile anhand ihrer Konsequenzen überdacht werden. So sollen die Schüler in den Unterrichtsvorschlägen von HÖßLE über die Konsequenzen ihrer Urteile nachdenken, bevor es zur Bildung erneuter Urteile kommt.[613] Ebenso wird in UNTERMOSER (2004) überlegt,

[607] Bialke-Ellinghausen, Bennert & Hausmann (2004b), S. 49.
[608] Bialke-Ellinghausen u.a. (2004b), S. 44.
[609] Vgl. Elvers (1998), S. 28, 30.
[610] Vgl. Deppe (1995), S. 41, S. 43.
[611] Vgl. Kreuz, Völker & Durst (2000), S. 268, 270.
[612] Bertsch & Harms (2001), S. 13.
[613] Vgl. Hößle (2001b), S. 32; Hößle (2001c), S. 38; Hößle (2002), S. 33.

welche Folgen es hätte, wenn das Urteil des Ethikrates für alle Menschen gelten würde.[614]

Nicht eindeutig einschätzen lässt sich der Unterrichtsvorschlag von KATTMANN & SCHÜPPEL (1999). Hier werden mögliche Folgen gendiagnostischer Tests aus Fallbeispielen erarbeitet. Außerdem werden Vor- und Nachteile diskutiert. Dazu muss zunächst überdacht werden, ob sich die Folgen als Vor- oder Nachteile offenbaren. Ob während dieser Diskussion eine Abwägung von Folgen angestrebt wird, bleibt offen. Nach KATTMANN & SCHÜPPEL (1999) ist es allerdings wichtig, ein Pauschalurteil zu vermeiden. Jeder Fall solle gesondert und differenziert beurteilt werden, das individuelle Recht und die persönliche Entscheidung seien herauszustellen.[615] Meines Erachtens wird hierdurch die Reflexion über die Verantwortbarkeit der Folgen an die Betroffenen delegiert. Allerdings verweisen die Autoren auf einen Katalog ethisch klärender Fragen, der zur Analyse verwendet werden kann. Mit Hilfe dieser Leitfragen wird über die Reichweite möglicher Folgen nachgedacht.[616] Im zweiten Unterrichtsabschnitt wird das Augenmerk der Schüler auf mögliche gesellschaftliche Folgen gendiagnostischer Verfahren gelenkt. Die Schüler sollen in diesem Zusammenhang überlegen, wie sich diese Folgen verhindern lassen.[617] Dies impliziert die Überzeugung, dass die angesprochenen Folgen einen verantwortungsvollen Umgang erfordern bzw. dass sie verhindert werden müssen.

3.3.3.2.2 Angaben zu normativen Leitlinien

In einigen Unterrichtsvorschlägen werden Angaben zu Werten, normativen Leitlinien oder Grundsätzen und ethischen Prinzipien gemacht. Im Folgenden soll beschrieben werden, welche Bedeutung Informationen zu diesen Dimensionen haben.

(1) Bedeutung von Werten

Werte als ethische Orientierungspunkte sind in einigen Unterrichtsvorschlägen bedeutsam. In KLEIN (1993a) und HÖßLE (2001c) werden unterschiedlichen Handlungsoptionen zugrunde liegende Wertvorstellungen systematisch identifiziert,[618] während in UNTERMOSER (2004) Werte und ethische Maßstäbe, nach denen eine PID zu beurteilen ist, ermittelt werden. Außerdem sollen die Schüler gemeinsam überlegen, welche Werte für sie am wichtigsten sind; es findet also eine Verständigung über diese Werte statt.[619]

[614] Vgl. Untermoser (2004), S. 18.
[615] Vgl. Kattmann & Schüppel (1999), S. 49, 50.
[616] Vgl. Dulitz & Kattmann (1990), S. 21f.
[617] Vgl. Kattmann & Schüppel (1999), S. 50.
[618] Vgl. Klein (1993a), S. 35; Hößle (2001c), S. 36.
[619] Vgl. Untermoser (2004), S. 18.

In RUNTENBERG (2003), HÖßLE (2001b) und HÖßLE (2002) geht es um ein Erkennen von Werten, die unterschiedlichen Argumenten zugrunde liegen: Dabei werden in RUNTENBERG (2003) die „relevanten normativen Prämissen (…) einzelner Argumente auf kreative Weise erarbeitet und problematisiert“,[620] während in HÖßLE (2002) geprüft wird, welche Werte innerhalb von Argumenten für oder gegen die Herstellung von transgenen Tieren verletzt bzw. geschützt werden.[621] In HÖßLE (2001b) und RUNTENBERG (2001b) sollen die Schüler die Argumentationsweisen unterschiedlicher Ethikansätze analysieren. In diesem Zusammenhang lernen sie die grundlegenden Werte dieser Ansätze kennen.

(2) Bedeutung von theoretischen ethischen Ansätzen

In einigen Unterrichtsvorschlägen erfolgt eine Auseinandersetzung mit theoretischen ethischen Ansätzen. Dabei stehen diese meist im Dienste einer metaethischen Reflexion. Von Bedeutung sind die prinzipienethischen Ansätze Deontologie und Utilitarismus und speziellere bioethische Ansätze, wie anthropozentrische und unterschiedliche physiozentrische Ansätze. In KREUZ U.A. (2000) und HÖßLE (2002) sollen Argumente den Ansätzen Anthropozentrismus und Biozentrismus, in HÖßLE (2002) außerdem dem Pathozentrismus und dem Holismus, zugeordnet werden.[622] In RUNTENBERG (2001b) erhalten die Schüler Einblicke in ethische Grundpositionen zu Tierversuchen. Sie lernen anthropozentrische, biozentrische und pathozentrische Argumente kennen und vergleichen diese miteinander. Anschließend werden die Konsequenzen, Stärken und Schwächen der Ansätze problematisiert.[623]
In HÖßLE (2001b) und HÖßLE (2001c) stehen die ethischen Traditionen des Utilitarismus und der Deontologie im Vordergrund. Auch hier sollen Argumente den Ansätzen zugeordnet werden, denn, so heißt es in HÖßLE (2001b), „um die Urteilsfähigkeit von Schülern zu fördern, ist es (…) zunächst hilfreich, mehr Transparenz in die aktuelle Diskussion zu bringen. Dies kann erreicht werden, indem ethische Argumente und Urteile hinsichtlich ihrer ethischen Tradition systematisiert werden (…).“[624] In beiden Unterrichtsvorschlägen geht es letztlich darum, die Schüler in die Lage zu versetzen, ethische Werte und ihre Tragweite zu erkennen und zu reflektieren.[625]

(3) Weitere normative Leitlinien

In KREUZ U.A. (2000) sollen Leitfragen, mit deren Hilfe eine Internetrecherche durchgeführt wird, über das vorliegende Projekt hinaus die Beurteilung der

[620] Runtenberg (2003), S. 11.
[621] Vgl. Hößle (2002), S. 33.
[622] Vgl. Kreuz, Völker & Durst (2000), S. 269; Hößle (2002), S. 33.
[623] Vgl. Runtenberg (2001b), S. 17.
[624] Hößle (2001b), S. 29.
[625] Vgl. Hößle (2001b), S. 31; Hößle (2001c), S. 37.

wesentlichen bioethischen Aspekte neuer biotechnologischer Produkte und Verfahren“[626] ermöglichen. Mit Hilfe dieser Leitfragen wird gewissermaßen ein Handwerkszeug vermittelt, das die Einschätzung auch anderer Sachverhalte ermöglichen soll. Die Leitfragen ergeben sich „aus den ethischen Kriterien Humanorientierung, Umweltorientierung, Zukunftsorientierung, Internationale Gerechtigkeit“[627], welche aus einer von BENDER, SINEMUS und PLATZER entwickelten Analyse zur Urteilsbindung im Bereich der Gentechnik hervorgehen.[628] Auch in KATTMANN & SCHÜPPEL (1999) wird die Anwendung eines Kataloges strukturierender ethischer Leitfragen empfohlen.[629] Diese Fragen beziehen sich laut Autoren „auf die allgemeinen ethischen Grundsätze, wie sie innerhalb einer vernunftbezogenen Ethik formuliert wurden: Universalität, Gegenseitigkeit, Solidarität (Grundrechte).“[630] Allerdings werden diese Grundsätze innerhalb der Leitfragen nicht als Orientierungspunkte ausgewiesen und stehen den Schülern damit vermutlich auch nicht als Orientierungswissen zur Verfügung.
Rechtliche Regelungen und Gesetze haben in BIALKE-ELLINGHAUSEN U.A. (2004a), KÜHNE U.A. (1987a) und auch in UNTERMOSER (2004) Bedeutung. In BIALKE-ELLINGHAUSEN U.A. (2004a) sollen die Schüler mit Hilfe von Textmaterial mögliche Ziele der Genanalyse reflektieren. Innerhalb dieses Textmaterials sind Gesetzestexte (Arbeitsschutzgesetz, Grundgesetz, Art. 3, Europäische Richtlinie 89/391) abgedruckt, außerdem werden Persönlichkeitsrechte, Menschenrechte und das Recht auf Nicht-Wissen thematisiert.[631] In KÜHNE U.A. (1987a) wird innerhalb von Arbeitsaufträgen auf das Grundrecht auf geistige und körperliche Unversehrtheit und auf das Grundrecht auf freie Wahl des Arbeitsplatzes Bezug genommen.[632] UNTERMOSER (2004) sieht in ihrem Unterrichtsgang das Ermitteln rechtlicher Regelungen vor, die von einer PID berührt werden.[633]

(4) Zwingende Orientierung an einer Norm

Im Unterrichtsvorschlag von KLEIN (1987) werden innerhalb der zweiten Unterrichtsphase Normen verbindlich festgelegt. So wird „ethisch, nicht nur biologisch, geklärt, daß der Mensch als Zeitgestalt wie auch als Raumgestalt mit dem Zeitpunkt der Befruchtung existiert. Alle weitergehenden Überlegungen haben sich an dieser Aussage zu orientieren.“[634] Des Weiteren seien die

[626] Kreuz, Völker & Durst (2000), S. 268.
[627] Kreuz u.a. (2000), S. 268.
[628] Vgl. Bender, Sinemus & Platzer (1995), S. 293-303.
[629] Vgl. Dulitz & Kattmann (1990), S. 21f. Hier wird ein Modell ethischer Urteilsfindung vorgestellt, in welches diese Leitfragen eingebunden sind.
[630] Dulitz & Kattmann (1990), S. 22.
[631] Vgl. Bialke-Ellinghausen, Bennert & Hausmann (2004a), S. 23f.
[632] Vgl. Kühne, Landsberg-Becher, Micheler & Pochanke (1987a), S. 47.
[633] Vgl. Untermoser (2004), S. 18.
[634] Klein (1987), S. 27.

Grenzen des Bedürfnisses nach Manipulation „dort zu setzen, wo 1. jetzt oder zukünftig lebende Dritte in ihren Lebensmöglichkeiten und ihrer Privatsphäre unwiderrufbar betroffen werden sowie 2. der Versuch unternommen wird, nach den Vorstellungen von Menschen den ‚neuen Menschen' auf genetischer Basis, also ebenfalls unwiderrufbar, schaffen zu wollen."[635]

3.3.3.2.3 Zusammenfassende Betrachtung

Tabelle 4 zeigt eine zeitliche Übersicht über die Bedeutung von Zielen, gentechnischen Methoden und Folgen sowie die Bedeutung von Informationen zu Werten und sonstigen normativen Leitlinien und theoretischen ethischen Ansätzen.

Im Untersuchungsmaterial nimmt die Vorstellung gentechnischer Methoden sowie möglicher Folgen und Zielsetzungen großen Raum ein. Nach CHRISTA RUNTENBERG handelt es sich dabei gerade um die „Dimensionen der moralischen Kritik" [636] an gentechnischen Verfahren. Um zu einer reflektierten Entscheidung zu kommen, sei es deshalb notwendig, alle Dimensionen zu berücksichtigen.[637] Ebenso unterstreicht ALFONS AUER die Bedeutung der Reflexion über Ziele, gewählte Gegenstände und Folgen bei der Beurteilung technischer Innovationen.[638] Unterrichtsvorschläge, die auf eine Bewertung gentechnischer Verfahren abzielen, sollten diesen Dimensionen also Rechnung tragen.[639]

Besonders in den zeitlich früher vorgelegten Unterrichtsvorschlägen bleibt es bei der mehr oder weniger vollständigen Vorstellung dieser Dimensionen. Eine Reflexion über die Dimensionen innerhalb der Unterrichtsgänge bleibt fast immer ausgeklammert. Es scheint das primäre Ziel zu sein, Informationsmaterial zu liefern. In späteren Unterrichtsvorschlägen finden sich vermehrt didaktische Bemerkungen, die darauf hinweisen, dass während der dargestellten Unterrichtsgänge über die Rechtmäßigkeit von Zielen, die Verantwortbarkeit von Folgen oder die Legitimität der gewählten Gegenstände nachgedacht werden soll. Die Reflexion wird zu einem Bestandteil der Unterrichtsgänge, wobei diesbezüglich die nach AUER und RUNTENBERG maßgeblichen Kritikdimensionen ab 2001 beinahe durchgängig berücksichtigt werden.

Des Weiteren zeigt sich im Untersuchungsmaterial eine deutliche Tendenz, normative Leitlinien und handlungsleitende Normen im Unterrichtsgeschehen zu berücksichtigen. Zu Beginn des Jahres 2000 gewinnt die Orientierung an

[635] Klein (1987), S. 27.
[636] Runtenberg (2001a), S. 154.
[637] Vgl. Runtenberg (2001a), S. 154.
[638] Vgl. Auer (1986), S. 78ff.
[639] Das sind alle außer Labahn-Lucius, Lucius & Herbermann (1993) und Marschall (1999). In beiden geht es um eine rein pragmatische Einschätzung von Risiken; gentechnische Verfahren sollen hierbei nicht beurteilt werden.

Werten, normativen Leitlinien und ethischen Bezugspunkten an Einfluss. Hier zeigt sich ein großes Bemühen, ethische Orientierungspunkte darzubieten und damit auch ethischen Aspekten gerecht zu werden. So werden Werte systematisch identifiziert und Gesetze bzw. rechtliche Regelungen, die als Ausdruck einer *common morality* verstanden werden können, als Orientierungshilfen angeboten. Die Analyse von Werten und Normen steht dabei einerseits im Dienste einer Ermittlung von Werten, die von den jeweiligen gentechnischen Verfahren berührt werden. Andererseits werden Argumente auf ihre zugrunde liegenden normativen Prämissen hin untersucht, die Argumente werden rekonstruiert. Daneben gewinnen theoretische ethische Ansätze an Bedeutung. Dabei stehen mit deontologischen und utilitaristischen Ansätzen prinzipienethische Theorien im Vordergrund. Zum anderen werden auch speziellere bioethische Theorien wie anthropozentrische und unterschiedliche physiozentrische Ansätze innerhalb des Materials thematisiert. Im Unterrichtsvorschlag von KREUZ U.A. (2000) ist ein Rückgriff auf ethische Prinzipien, die meines Erachtens Prinzipien mittlerer Reichweite darstellen, vorgesehen. Der außerdem beobachtbare zunehmende Einsatz von Fallgeschichten verweist auf einen Trend zur fallbezogenen, kontextsensitiven Ethik, der auch innerhalb der Medizin- oder Pflegeethik zu beobachten ist.

3.3.3.2.4 Kritische Würdigung

Grundsätzlich verbietet es sich, Schüler „im Sinne erwünschter Meinungen zu überrumpeln und damit an der Gewinnung eines selbständigen Urteils zu hindern“, heißt es im so genannten *Beutelsbacher Konsens*.[640] Auch das Bundesverfassungsgericht sprach im Zusammenhang mit der Sexualerziehung ein Indoktrinationsverbot für den Unterricht aus.[641] Aus diesem Grund ist die in KLEIN (1987) erfolgende Festsetzung einer verbindlichen Norm kritisch zu sehen. Während die Würde des Menschen als ethisches Prinzip allgemeine gesellschaftliche Akzeptanz genießt und über die Gültigkeit dieses Prinzips ein moralischer Konsens herrscht, besteht über die Frage, ab welchem Zeitpunkt der Entwicklung und aufgrund welcher Kriterien dem Menschen moralische Schutzwürdigkeit zugesprochen wird, unter Ethikern und Theologen keinesfalls Einigkeit. Zwar spricht das Bundesverfassungsgericht dem menschlichen Embryo spätestens ab dem 14. Tag nach der Empfängnis Schutzwürdigkeit zu[642], allerdings scheint die apodiktische Art, die unverhandelbare kategorische Grenze auf den Zeitpunkt der Befruchtung zu setzen, nicht angemessen zu sein und gegen das Indoktrinationsverbot zu verstoßen.

[640] Schneider (1999), S. 173.
[641] Vgl. Kattmann (1988), S. 56.
[642] Klein legt die kategorische Grenze auf den Zeitpunkt der Befruchtung, siehe Abschnitt 3.3.3.2.2.

Durch eine einseitige Auswahl des Informationsmaterials werden in KLEIN (1987), KÜHNE U.A. (1987a), MENZDORF (1988) und BADE (2000) indoktrinierende Schlaglichter auf die thematisierten gentechnischen Verfahren bzw. Anwendungen geworfen. So enthalten die in KLEIN (1987) beigefügten Textmaterialien Stellungnahmen, die auf strittige Zielsetzungen und Risiken der gentechnischen Verfahren verweisen. Dahingegen werden moralisch legitimierte Zielsetzungen, die auf mögliche Chancen hindeuten, nur selten und auch unter Vorbehalt thematisiert. Die Auswahl des Materials erschwert eine Beurteilung der thematisierten gentechnischen Anwendungen. In KÜHNE U.A. (1987a) werden hauptsächlich Informationen über mögliche Risiken und Folgen gentherapeutischer und genanalytischer Verfahren geliefert, während mögliche positive Effekte nur nebenbei thematisiert werden. Die Vorstellung von nach vorherrschenden Wertvorstellungen anstößigen Zielen und das Parallelisieren genanalytischer Verfahren mit der NS-Eugenik und -Euthanasie lassen gentechnische Verfahren am Menschen in einem negativen Licht erscheinen. Die Vorgehensweise erinnert an die deutsche Bioethik-Debatte, die Mitte der 1980er Jahre unter dem Eindruck der Eugenik- und Euthanasie-Programme des dritten Reiches geführt wurde.[643] Zwar ist es ein Ziel der Autoren, Denkimpulse zu geben, allerdings werden Arbeitsaufträge, die eine Reflexion über die dargebotenen Informationen anstoßen könnten, nicht erteilt. Dadurch erhält die Sequenz einen appellativen bzw. warnenden Charakter und erinnert inhaltlich an eine *slippery-slope-Argumentation*[644], ohne dass Argumente formuliert werden. Vielmehr wird suggeriert, Genanalyseverfahren führten unabwendbar zu einer inhumanen Praxis. Im Unterschied dazu werden in MENZDORF (1988) schwerpunktmäßig Informationen zu Chancen der Gentherapie und der grünen Gentechnik erteilt. Mögliche Probleme und Risiken werden ausgeblendet. Hier entsteht der Eindruck, die in der Unterrichtssequenz besprochenen Verfahren seien ein Segen für die Menschheit.

Außerdem sind die in BADE (1990) und SCHARF & SCHARF (2000) gewählten Vorgehensweisen problematisch. In BADE (1990) wird im Themenbereich Medikamentenherstellung in Mikroorganismen diskutiert, ob sich mit der gentechnischen Herstellung des Hepatitis-B-Impfstoffes „eine biotechnische Lösung des eklatanten Impfstoffmangels in der Dritten Welt“[645] andeutet. Im

[643] Siehe Abschnitt 2.1.

[644] Darunter versteht man Argumente, in denen davor gewarnt wird, dass mit der Zulassung, der Durchführung oder der Unterlassung einer bestimmten Handlung ein Prozess in Gang gesetzt wird, der unweigerlich auf eine schiefe Bahn unverantwortlichen Handelns gerät und bei einem katastrophalen Resultat endet. Häufig wird im Zusammenhang mit der Pränataldiagnostik innerhalb dieser Argumente auf die Gefahren einer schleichenden Selektion und Diskriminierung von menschlichem Leben bzw. menschlicher Lebensformen aufgrund genetischer Daten verwiesen und die Entwicklung zu einer Gesellschaft hin beschrieben, in der ein im Vergleich zur nationalsozialistischen Ära perfektioniertes Euthanasie- und Eugenik-Programm realisiert ist. Vgl. Guckes (1997), S. 5, 180ff.

[645] Bade (1990), S. 35.

Zusammenhang mit dieser Frage wird der weltweit hohe Bedarf an Impfstoffen dargelegt und damit die große Dringlichkeit eines gentechnisch erzeugten Hepatitis-B-Impfstoffes verdeutlicht. Diese wird außerdem bekräftigt durch die Diskussion darüber, „ob bei Pharmaherstellern neben Wirtschaftlichkeitsüberlegungen auch karitative Motive über die Produktion oder Nichtproduktion eines Impfstoffes bestimmen bzw. bestimmen sollen.“[646] Im Zusammenhang mit der Gentechnik in der Landwirtschaft liegt der Schwerpunkt auf sozialen Folgen und Problemen, die der Einsatz gentechnisch veränderter Kakaobohnen für Drittweltländer bringen würde. Zwar wird im dritten Unterrichtsabschnitt eine Diskussion über Chancen und Risiken der Gentechnik angestrebt, allerdings werden diese unabhängig von den exemplarisch herausgehobenen Anwendungsbeispielen erörtert. Meines Erachtens ist mit einer pauschalen Chancen-Risiken-Diskussion einzelnen gentechnischen Anwendungen nicht gerecht zu werden, weil jede Anwendung eigene Chancen und Gefahren birgt.[647]
In SCHARF & SCHARF (2000) soll die Berichterstattung um die Gentechnik und damit die Gentechnik selbst aufgrund praktischer Erfahrungen eingeschätzt werden. Außerdem stehen Informationen zu gentechnischen Methoden zur Verfügung. Mögliche Zielsetzungen werden nur am Rande und Folgen überhaupt nicht thematisiert. Auf diese Weise wird der Eindruck vermittelt, Gentechnik könne aufgrund empirischer Erkenntnisse, wie den Informationen zu gentechnischen Methoden, und den gesammelten praktischen Erfahrungen eingeschätzt werden. Da praktische Erfahrungen sehr unterschiedlich ausfallen können, wird einerseits auf ein sehr subjektives Bewertungskriterium zurückgegriffen. Andererseits können gentechnische Verfahren nicht nur mit Hilfe empirischer Aussagen eingeschätzt werden. Meines Erachtens liegt hier ein *naturalistischer Fehlschluss* vor, nämlich der Irrtum, dass auf der Grundlage deskriptiver Aussagen, hier repräsentiert durch die Informationen zu den gentechnischen Versuchen bzw. durch die Versuche selbst, Werturteile begründet werden können. Wäre dies möglich, wären alle ethischen Probleme allein mit den Mitteln der Naturwissenschaft lösbar.[648]

Aus meiner Sicht sollte auch die in einigen Unterrichtsvorschlägen vorgenommene Bezugnahme auf theoretische ethische Ansätze reflektiert werden. Die Beschäftigung mit ethischen Traditionen erfolgt zum einen mit dem Ziel, die Schüler über unterschiedliche Argumentationstypen zu informieren. Zum anderen steht sie im Dienste einer metaethischen Reflexion unterschiedlicher Argumentationsweisen. Häufig werden hierzu Argumente hinsichtlich der Theorien klassifiziert. Dadurch wird geklärt, auf welchen Werten oder

[646] Bade (1990), S. 35.
[647] Siehe Abschnitt 1.5.
[648] Vgl. Pfeifer (2003), S. 155.

normativen Prämissen unterschiedliche Argumente beruhen, die Argumente werden rekonstruiert. Auf diese Weise wird den Schülern ein Einblick in die Struktur ethischer Argumente gewährt. Durch die Klassifizierung wird allerdings auch suggeriert, jedes Argument sei einer der thematisierten Traditionen zuzuordnen. Da sich die Argumente innerhalb der Gentechnik-Debatte jedoch nur indirekt auf verschiedene normative Konzepte beziehen und meist Aspekte verschiedener normativer Konzepte innerhalb eines Arguments oder einer komplexen Argumentation formuliert werden,[649] ist es zweifelhaft, ob diese Klassifizierung und Einteilung den im realen Diskurs geäußerten Argumenten gerecht werden kann. Unklar bleibt außerdem der Status nicht klassifizierbarer Argumente. So bleibt offen, ob diese überhaupt als zulässig oder plausibel erachtet werden.

Zu hinterfragen ist außerdem, ob durch die insbesondere in HÖßLE (2001b) und HÖßLE (2001c) vorgenommene Reduktion der Bioethik auf die konfligierenden Prinzipien Utilitarismus und Deontologie nicht ein Gegensatz aufgebaut wird, der den Entscheidungsspielraum auf eine Wahl zwischen einem Kosten-Nutzen-Kalkül und der Wahrung der Menschen- oder Kreaturwürde beschränkt. Dieses Vorgehen erinnert an Bioethik-Diskussionen in den 1980er Jahren, die durch Frontstellungen zwischen traditionellen Ethikrichtungen und dem Utilitarismus entscheidend geprägt waren.[650]

Meines Erachtens ist es zweifelhaft, ob eine differenzierte bioethische Diskussion über einen solchen Graben hinweg überhaupt eine Chance hat.

[649] Vgl. Runtenberg (2001), S. 119.
[650] Siehe Abschnitte 2.1, 2.3.2.1 und 4.6.2.

	Information			Reflexion			Werte / Normen / ethisches Sachwissen		
	Ziele	Mittel	Folgen	Ziele	Mittel	Folgen	Werte, normative Leitlinien	Theoretische ethische Ansätze	Verbindliche Norm
KLEIN (1987)	■	■	■		▒				■
KÜHNE U.A. (1987a)	■	■	■		▒		■		
MENZDORF (1988)	■	■	■						
BADE (1990)	■	■	■			■			
KLEIN (1993)	■	■	■	■	■	■	■		
LABAHN-LUCIUS U.A. (1993) [651]			■						
BERGERHOFF (1994)	?	?	?						
RUPPERT (1995a)	■	■	■						
DEPPE, (1995)	■	■	■	■		■			
ELVERS (1998)	■	■	■	■	■	■			
MARSCHALL (1999)	■	■	■						
KATTMANN & SCHÜPPEL (1999)	■	■	■	■	▒	?	■		
SCHARF & SCHARF (2000)	■	■							
KREUZ U.A. (2000)	?	?	■	?	?	■	■	■	
RUNTENBERG (2001b)	■	■	■	■	■	■	■	■	
BERTSCH & HARMS (2001)	■	■	■	■	■	■			
HÖßLE (2001b)	■		■	■	■	■	■	■	
HÖßLE (2001C)	■		■	■		■	■	■	
HÖßLE (2002)	■		■	■	■	■	■	■	
RUNTENBERG (2003)	■	■	■	■	■	■	■		
BIALKE-ELLINGHAUSEN U.A. (2004a)	■	■	■	■	▒	■	■		
BIALKE-ELLINGHAUSEN U.A. (2004b)	■	■	■	■	▒	■			
UNTERMOSER (2004)	■	■	■	■	■	■	■		

■ Kategorie (Zeile 2) trifft zu

▒ Gentechnische Mittel werden der Reflexion erschlossen

Tabelle 4: Übersicht über die Bedeutung unterschiedlicher Informationen zu gentechnischen Verfahren in den Unterrichtsvorschlägen

[651] In Labahn Lucius, Lucius & Herbermann (1993) werden zwar biologische Methoden thematisiert, nicht aber gentechnische.

3.3.3.3 Problemlösung

Bezüglich der Kategorie Problemlösung interessiert, ob und auf welche Weise die in den Unterrichtsvorschlägen aufgeworfenen Probleme abschließend geklärt werden sollen. Die unterschiedlichen Problemlösestrategien werden im Folgenden beschrieben.[652]

3.3.3.3.1 Strategien der Problemlösung

(1) Problemlösung auf der Sachebene

In zwei Unterrichtsvorschlägen werden die aufgeworfenen Probleme auf sachliche Art und Weise gelöst, es wird eine Aussage ohne wertende Inhalte angestrebt. Eine moralische Überzeugung soll also nicht zum Ausdruck gebracht werden, die Wahrheit der Aussage lässt sich auf dem Weg der empirischen Prüfung beweisen.

In MARSCHALL (1999) steht die Befürchtung zur Diskussion, ob aus einer DNA-Analyse auch Daten über Erbkrankheiten, oder Charaktereigenschaften gewonnen werden können. Diese Befürchtung wird auf der Grundlage der Methode geklärt. So „sollen die Schüler einwenden, dass die untersuchten Introns keine Informationen codieren."[653] LABAHN-LUCIUS u.a. (1993) gehen mit Hilfe eines Modellversuchs der Frage nach, ob von unbeabsichtigt in Teichwasser freigesetzten Bakterien ein Risiko ausgeht. Mit Hilfe des Versuchs wird überprüft, ob bzw. in welcher Zahl Bakterien eines Laborstammes in Teichwasser überleben, die Schüler sollen „Vorstellungen über wachstumsfördernde und -hemmende Faktoren in natürlicher Umgebung"[654] entwickeln.

(2) Abwägung von Chancen und Risiken

In drei Unterrichtsvorschlägen ist eine abschließende Diskussion von Vor- und Nachteilen der thematisierten Verfahren vorgesehen. Dabei wird der Schritt zur Urteilsbildung nicht vollzogen, das heißt es werden keine abschließenden

[652] Aufgrund fehlender didaktischer Hinweise lassen sich die Unterrichtsvorschläge von Kühne, Landsberg-Becher, Micheler & Pochanke (1987a), Bergerhoff (1994) und Ruppert (1995a) nicht eindeutig einschätzen. In Kühne u.a. (1987a) ist im Falle der Gentherapie eine ethische Bewertung anhand der Empfehlungen der Enquete-Kommission *Chancen und Risiken der Gentechnik* und der Benda-Kommission geplant. Ob in diesem Zusammenhang ein Urteil gefällt werden soll, wird nicht angegeben. Im Falle der Genanalyse sollen die Schüler nie dazu „angehalten werden, Meinungen zu übernehmen, sondern aufgefordert werden, Widersprüche aufzunehmen und mit Widersprüchen zu argumentieren". Kühne u.a. (1987a), S. 47. Weitere Hinweise darauf, ob und wie eine Problemlösung erfolgen soll, werden allerdings nicht gegeben. Auch die Konzeption von Bergerhoff (1994) zielt auf Bewertung ab, eine „kritische Wertung solcher Vorhaben" ist geplant. Wie diese vorgenommen werden soll, wird nicht beschrieben. In Ruppert (1995a) werden Schüler zwar mit Chancen und Risiken der Freisetzung herbizidresistenter Pflanzen konfrontiert, allerdings fehlen didaktische Hinweise, die eine Zuordnung zu einer der Problemlösestrategien zulassen.

[653] Marschall (1999), S. 50.

[654] Labahn-Lucius, Lucius & Herbermann (1993), S. 42.

Positionierungen und Entscheidungen eingefordert. In DEPPE (1995) formulieren die Schüler nach einer Auseinandersetzung mit Chancen und Risiken gentechnischer Verfahren in der Lebensmitteltechnologie Pro- und Contra-Argumente. Dabei nehmen sie die Rollen von acht bis zehn Vertretern beider Positionen ein. In einer Abschlussdiskussion werden die „Pro- und Contra-Argumente gesammelt und gegeneinander abgewogen“,[655] ein Urteilsentscheid ist nicht zwingend vorgesehen. Im Unterrichtsvorschlag von KATTMANN & SCHÜPPEL (1999) werden im zweiten Unterrichtsschritt Vor- und Nachteile gendiagnostischer Verfahren zunächst aus Fallbeispielen erarbeitet und anschließend diskutiert. Dabei wird betont, dass im Hinblick auf gendiagnostische Verfahren in der Medizin ein Pauschalurteil über die Anwendung von Gentests vermieden und der Schluss nahe gelegt werden soll, „dass jeder Fall gesondert und differenziert beurteilt werden muss. Das individuelle Recht und die persönliche Entscheidung für oder gegen die Inanspruchnahme einer Gendiagnose sind herauszustellen.“[656] In BIALKE-ELLINGHAUSEN U.A. (2004b) sollen sich die Schüler damit auseinandersetzen, welche Fragen bei der Entscheidung für und gegen eine Gentherapie zu berücksichtigen sind. Die Pro- und Contra-Argumente sollen für eine Plenumsdiskussion vor- und aufbereitet werden.[657]

(3) Einschätzung von Risiken

In zwei Unterrichtsvorschlägen ist eine abschließende Einschätzung von Risiken gentechnischer Verfahren geplant. Im dritten Unterrichtsabschnitt des Unterrichtsvorschlags von KATTMANN & SCHÜPPEL (1999) wird der Blick der Schüler auf mögliche problematische gesellschaftliche Folgen der Gendiagnostik gelenkt. Dabei soll im Hinblick auf das geschilderte Szenario eingeschätzt werden, wie wahrscheinlich die Entwicklung ist und wie eine solche Entwicklung verhindert werden könnte.[658] Um die Diskussion der „Notwendigkeit gesetzlicher Vorgaben für gentechnische Versuche sowie auch die ethisch-moralische Verantwortung der Experimentierenden“ geht es in SCHARF & SCHARF (2000). Eine solche Diskussion ist meines Erachtens ohne eine Einschätzung von Risiken nicht möglich.

In beiden Unterrichtsvorschlägen gibt es keine Hinweise dafür, dass im Anschluss an diese Risikoeinschätzung eine Urteilsbildung erfolgen soll. So werden die Schüler nicht direkt zur Urteilsbildung aufgefordert und auch Entscheidungen werden nicht ausdrücklich verlangt.

---

[655] Deppe (1995), S. 43.
[656] Kattmann & Schüppel (1999), S. 50.
[657] Vgl. Bialke-Ellinghausen, Bennert & Hausmann (2004b), S. 44.
[658] Vgl. Kattmann & Schüppel (1999), S. 50. Innerhalb eines Textes werden zuvor mögliche gesellschaftliche Folgen beschrieben, falls die Gendiagnostik nicht auf eine eng begrenzte Anzahl schwerer genetisch bedingter Krankheiten beschränkt bleibt.

(4) Bildung eines ethischen Urteils

Nach EDUARD TÖDT ist ein ethisches Urteil dadurch gekennzeichnet, dass ein Selbsteinsatz des oder der Urteilenden gefordert ist. Der Urteilende bezieht in einem ihn herausfordernden Sachverhalt Stellung und entscheidet dabei auch über sich selbst.[659] OTTFRIED HÖFFE sieht die willentliche Zustimmung als wesentliches Merkmal eines Urteils.[660] Als Indiz für Urteilsbildung wird folglich gewertet, ob Entscheidungen abverlangt werden oder ob direkt zur Urteilsbildung aufgefordert wird.

In insgesamt zwölf Unterrichtsvorschlägen sollen von Schülern abschließende Urteile gefällt werden. Dabei geht es in einem Unterrichtsvorschlag nicht um die Beurteilung gentechnischer Verfahren, sondern um die Beurteilung von Aussagen zur Problematik. In sechs Unterrichtsvorschlägen erfolgt eine Urteilsbildung in Verbindung mit der Übernahme einer Perspektive oder Rolle, in fünf weiteren ohne eine Perspektiven- oder Rollenübernahme.

Beurteilung von Aussagen zur Problematik

Im Unterrichtsvorschlag von SCHARF & SCHARF (2000) ist neben der Risikoabschätzung die Beurteilung bzw. Einschätzung von Stellungnahmen, die zu gentechnischen Verfahren geäußert wurden, vorgesehen. So soll entschieden werden, ob die Berichterstattung um die Gentechnik angemessen ist. Hierzu werden Schlagzeilen mit praktischen Erfahrungen, welche die Schüler im Unterrichtsgang sammeln konnten, in Beziehung gesetzt.[661] Auf diese Weise wird die Gentechnik indirekt beurteilt, denn meines Erachtens ist die Einschätzung der Berichterstattung nur auf der Grundlage der Einschätzung der Gentechnik möglich.

Urteilsbildung ohne Perspektivenübernahme

Die Bildung ethischer Urteile ohne eine Perspektiven- oder Rollenübernahme ist in fünf Unterrichtsvorschlägen vorgesehen.

Dabei wird in den Unterrichtsvorschlägen von BADE (1990) und BIALKE-ELLINGHAUSEN (2004a) der Schritt von der Risikoeinschätzung zur Urteilsbildung vollzogen. In BADE (2000) kann nach einer Beschäftigung mit Risiken gentechnischer Verfahren überlegt werden, ob die Bundesrepublik ein Gentechnik-Gesetz erlassen und was in diesem festgeschrieben werden sollte.[662] Eine ähnliche Vorgehensweise findet sich in BIALKE-ELLINGHAUSEN U.A. (2004a). Hier sollen sich die Schüler auf der Basis ihres bisher erworbenen Wissens „eigenständig damit auseinandersetzen, wie man Durchführung

[659] Vgl. Tödt (1977), S. 83f.
[660] Vgl. Höffe (1978), S. 186.
[661] Vgl. Scharf & Scharf (2000), S. 39.
[662] Vgl. Bade (1990), S. 35.

und Anwendung von Gentests zukünftig gesetzlich regeln könnte."[663] Sowohl in BADE (1990) als auch in BIALKE-ELLINGHAUSEN U.A. (2004a) sind Entscheidungen zu fällen. Einerseits soll zur Notwendigkeit anderseits zur Ausgestaltung gesetzlicher Vorgaben Stellung bezogen werden.
In ELVERS (1998) sollen sich die Schüler zwischen zwei Meinungspolen positionieren,[664] während in KREUZ U.A. (2000) im letzten Unterrichtsschritt eine Demokratische Abstimmung zwischen Befürwortern und Gegnern geplant ist.[665] Beides setzt eine Entscheidung voraus, impliziert also eine Urteilsbildung. Ebenso soll im Unterrichtsvorschlag von BERTSCH & HARMS (2001) Stellung bezogen werden „zu der Berechtigung, Tiere für diese Versuche leiden zu lassen."[666]

Urteilsbildung mit Perspektivenübernahme

In sechs Unterrichtsvorschlägen ist eine persönliche Urteilsbildung in Verbindung mit der Übernahme einer Perspektive oder Rolle vorgesehen.
In KLEIN (1993a) übernehmen die Schüler innerhalb eines Rollenspiels unterschiedliche Perspektiven und setzen sich aus dieser Perspektive mit der Herstellung transgener Tiere auseinander. Danach sollen sie überprüfen, ob sich ihre Haltung zur Herstellung transgener Tiere geändert hat.[667] Auf ähnliche Weise ist die Urteilsbildung in HÖßLE (2002) geplant. Im selben Themenfeld sollen die Schüler aus einer bestimmten Perspektive heraus Argumente formulieren und diskutieren, hernach ist eigenständig ein begründetes Urteil zu fällen.[668]
Im Unterschied hierzu werden in HÖßLE (2001b), HÖßLE (2001c), RUNTENBERG (2003) und UNTERMOSER (2004) Urteile aus einer Rolle heraus gefällt. In HÖßLE (2001b) sollen sich die Schüler vorstellen, Träger einer dominant vererbbaren Erkrankung zu sein. Aus dieser Perspektive sollen sie beurteilen, ob sie eine Keimbahntherapie durchführen lassen würden. Eine weitere Reflexion des eigenen Urteils durch Überdenken der Konsequenzen, die mit diesem verbunden sind, ist außerdem vorgesehen.[669] Ebenso ist in HÖßLE (2001c) ein eigenständiges Urteil zu einem vorgestellten Fall zu fällen. Hierzu sollen die Schüler die Rollen von Irene oder Irenes Bruder einnehmen, um aus dieser Position aus zu urteilen. Durch diesen Perspektivenwechsel soll eine möglichst hohe Identifikation mit dem Dilemma und ein starker Realitätsbezug erzeugt werden.[670] In RUNTENBERG (2003) und UNTERMOSER (2004) nehmen

[663] Bialke-Ellinghausen, Bennert & Hausmann (2004a), S. 21.
[664] Vgl. Elvers (1998), S. 30.
[665] Vgl. Kreuz, Völker & Durst (2000), S. 270.
[666] Bertsch & Harms (2001), S. 13.
[667] Vgl. Klein (1993a), S. 37.
[668] Vgl. Hößle (2002), S. 32.
[669] Vgl. Hößle (2001), S. 32.
[670] Vgl. Hößle (2001c), S. 36f.

die Schüler die Rollen von Mitgliedern eines Ethikrates ein und fällen aus dieser Rolle heraus Urteile über die Zulassung der Präimplantationsdiagnostik. Dabei stimmt in RUNTENBERG (2003) der Ethikrat über zwei konkurrierende Voten zur PID ab und die Schüler sollen begründet entscheiden, welchem der beiden Voten sie sich anschließen,[671] während in UNTERMOSER (2004) jede Ethikratgruppe ein begründetes Urteil zum vorgestellten Fallbeispiel formuliert.[672]

(5) Metatheoretische Auseinandersetzung mit ethischen Positionen

In RUNTENBERG (2001b) sollen sich die Schüler „mit der Frage auseinandersetzen, ob es grundsätzlich ethisch gerechtfertigt ist, artfremde Gene in das Genom von Tieren einzufügen und sie als Versuchstiere in der Forschung einzusetzen."[673] In diesem Zusammenhang lernen sie unterschiedliche ethische Grundpositionen kennen. In einer abschließenden Diskussion werden Stärken und Schwächen der jeweiligen Ansätze und die Konsequenzen, die sich daraus ergeben, problematisiert.[674] Der Schritt zur Urteilsbildung wird dabei allerdings nicht vollzogen. Weder die Herstellung transgener Tiere noch die thematisierten ethischen Positionen sollen abschließend beurteilt werden.

(6) Bewertung der Anwendung wird vorgegeben

In zwei Konzepten ist die Bewertung der thematisierten Verfahren innerhalb des Materials vorgegeben. So wird in KLEIN (1987) die ethische Beurteilung gentherapeutischer Verfahren innerhalb zweier Texte vorgenommen, die von den Schülern bearbeitet werden.[675] Im ersten Text sind Motive beschrieben, die sich auf Vernichtung und Selektion beziehen. So würden Krankheiten nicht mehr gesucht, um sie zu therapieren, sondern um den Träger zu vernichten.[676] Außerdem vollziehe man mit der Gentherapie den Schritt „von der genetischen Diagnose und Selektion des Menschen zur genetischen Konstruktion (...)."[677]
Im zweiten Text werden Ansatzpunkte für eine ethische Bewertung angeboten. Die somatische Gentherapie wird ethisch gesehen der Organtransplantation gleichgesetzt und deshalb als moralisch unproblematisch bezeichnet, die Keimbahntherapie jedoch nicht.[678]
In MENZDORF (1988) liegt die Bewertung in Form einer Risikoabschätzung vor. „Trotz der insgesamt beachtlichen Fortschritte sind der Gentechnologie heute noch enge Grenzen gesetzt: Nur geringe DNA-Mengen sind übertragbar,

[671] Vgl. Runtenberg (2003), S. 12.
[672] Vgl. Untermoser (2004), S. 17.
[673] Runtenberg (2001b), S. 15.
[674] Vgl. Runtenberg (2001b), S. 15ff.
[675] Vgl. Klein (1987), S. 27.
[676] Vgl. Klein (1987), S. 39, Text f.
[677] Klein (1987), S. 39, Text f.
[678] Vgl. Klein (1987), S. 39, Text g.

polygene Merkmale und Defekte der Genregulation können mit den heute zur Verfügung stehenden Methoden nicht beeinflusst werden. Daher ist die genetische Manipulation des Menschen in naher Zukunft nicht zu befürchten.“[679]

3.3.3.3.2 Zusammenfassende Betrachtung

Auf Abbildung 21 ist das anteilige Auftreten unterschiedlicher Problemlösestrategien in Fünf-Jahreszeiträumen dargestellt.[680] Zwischen 1986 und 1990 wird Strategie (6) bevorzugt eingesetzt, das heißt die Bewertung des zur Diskussion stehenden gentechnischen Verfahrens wird innerhalb des Materials vorgenommen. Diese Strategie verschwindet allerdings in den späteren Zeiträumen völlig. In den 1990er Jahren erfolgt die Problemlösung auf ganz unterschiedliche Art und Weise, unterschiedliche Strategien kommen in einem relativ ausgewogenen Verhältnis zum Einsatz. So werden Urteile gefällt, die aufgeworfenen Probleme auf der Sachebene gelöst, Güter- und Normenabwägungen vorgenommen und Risikoabschätzungen durchgeführt. Dabei verweisen die Abwägung von Chancen und Risiken bzw. die Abschätzung von Risiken auf einen eher konsequenzialistischen Blickwinkel, weil damit die Folgen und Ergebnisse der zur Diskussion stehenden Verfahren in den Vordergrund gerückt werden.[681]

Ab Mitte der 1990er Jahre ist ein deutlicher Trend in Richtung einer systematischen ethischen Urteilsbildung feststellbar. Diese wird ab der zweiten Hälfte der 1990er Jahre zur dominanten Strategie und bleibt dies auch im darauf folgenden Zeitintervall, während die Bedeutung anderer Problemlösestrategien abnimmt. Durch die Bildung ethischer Urteile wird die Entscheidung für handlungsleitende Normen ausdrücklich mit in den Blick genommen und damit eine neue Dimension des Ethischen beschritten.

Abbildung 22 zeigt das prozentuale Auftreten der im Untersuchungsmaterial beobachteten Spielarten der Urteilsbildung gemessen an der Gesamtzahl der Unterrichtsvorschläge. Neben dem auch auf dieser Abbildung nochmals deutlich erkennbaren Trend zur Urteilsbildung zeigt sich ein zeitlicher Trend zur Urteilsbildung in Verbindung mit der Übernahme einer Perspektive oder Rolle.

---

[679] Menzdorf (1988), S. 12.

[680] Die Anzahl der Problemlösestrategien entspricht im Intervall 1996-2000 nicht der Anzahl der Unterrichtsvorschläge, da die Unterrichtsvorschläge von Kattmann & Schüppel (1999) und Scharf & Scharf (2000) zwei Kategorien zugerechnet werden können.

[681] Siehe Abschnitt 2.3.2.1.

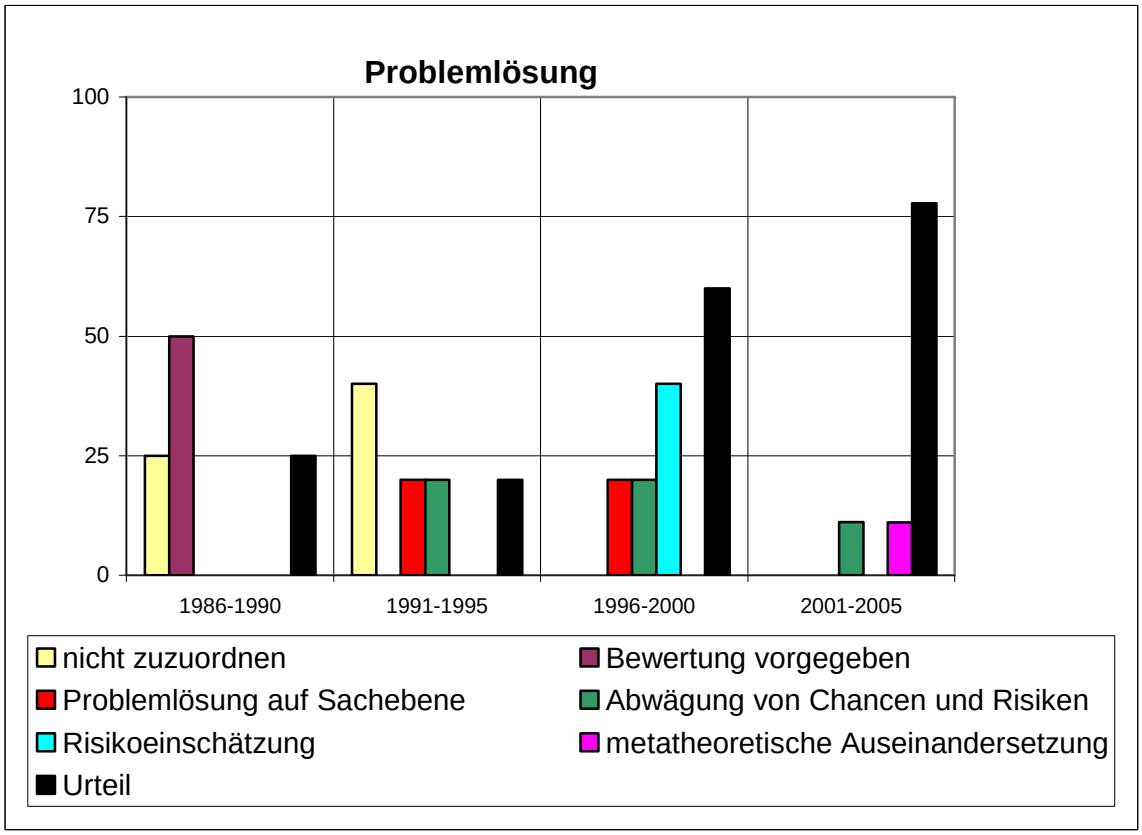


Abbildung 21: Strategien der Problemlösung

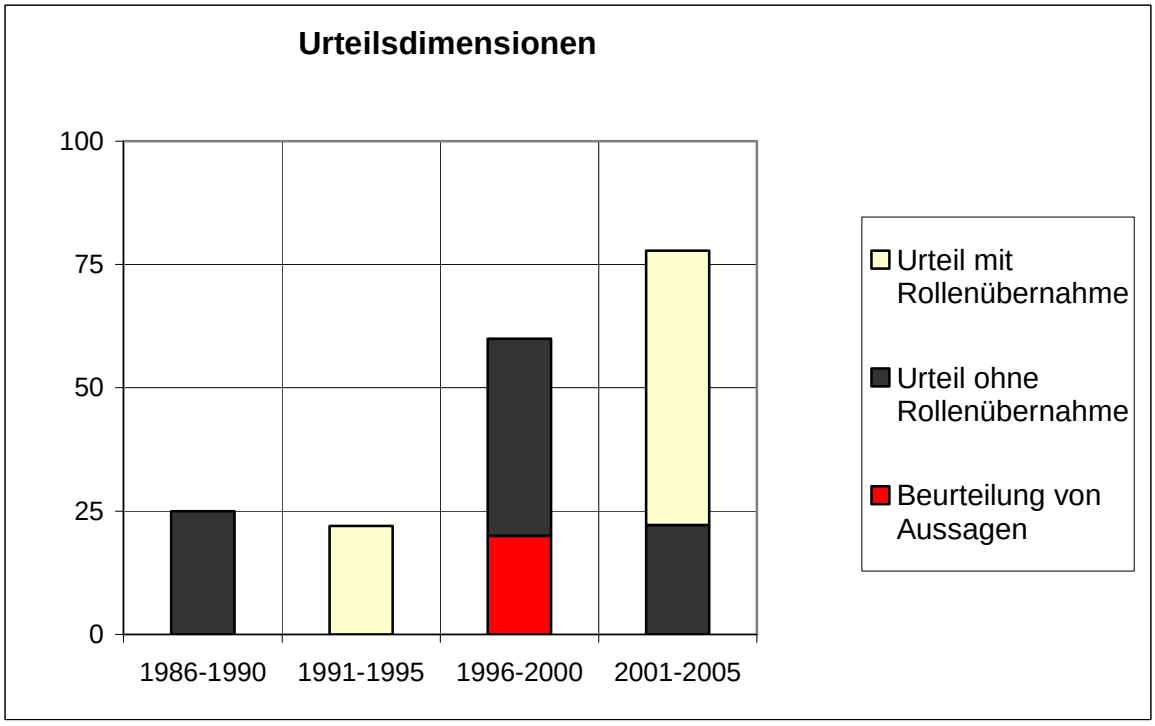


Abbildung 22: Urteilsdimensionen

Meist werden die Schüler bei der Urteilsbildung als moralische Subjekte herausgefordert, Urteile zu fällen und zu begründen, Stellung zu beziehen oder sich zu positionieren. Durch die in einigen Unterrichtsvorschlägen vorgenommene Perspektiven- oder Rollenübernahme werden Interessen anderer bei der Bildung der Urteile berücksichtigt, die eigene Perspektive wird um andere Standpunkte erweitert. Die gemeinsame Suche nach gemeinschaftlich getragenen Lösungen spielt in KREUZ U.A. (2000) und UNTERMOSER (2004) eine Rolle. Während in KREUZ U.A. (2000) die gemeinsame Lösung durch eine demokratische Abstimmung ermittelt wird, lässt UNTERMOSER (2005) eine Ethikratgruppe ein gemeinsames Urteil formulieren.
In den Unterrichtsvorschlägen von BADE (1990), KREUZ U.A. (2000) und BIALKE-ELLINGHAUSEN (2004a) wird die private Reichweite des Urteils überschritten, indem der gesetzliche bzw. gesellschaftliche Regelungsbedarf fokussiert wird. Damit wird der Notwendigkeit einer gesamtgesellschaftlichen Klärung bioethischer Fragen Rechnung getragen.

3.3.3.3.3 Kritische Würdigung

Weil Schüler nicht im Sinne erwünschter Meinungen überrumpelt und damit an der Gewinnung selbständiger Urteile gehindert werden sollten,[682] sind die in KLEIN (1987) und MENZDORF (1988) beabsichtigten Vorgehensweisen verfänglich: Wie gezeigt werden konnte, verweist in beiden Fällen bereits die Informationsauswahl auf eine Bewertung. Überdies ist eine Beurteilung der problematisierten Anwendungsgebiete im Material enthalten. Während in KLEIN (1987) die ethische Beurteilung der Gentherapie innerhalb zweier Texte vorgenommen wird, werden in MENZDORF (1988) durch eine von der Lehrperson vorgenommene Risikoabschätzung mögliche Risiken zurückgewiesen und auf diese Weise der Diskussion entzogen.
Problematisch sind auch die von BADE (1990) und SCHARF & SCHARF (2000) beabsichtigten Strategien. In BADE (1990) sollen die Schüler innerhalb des Unterrichtsgangs im Kontext der gentechnischen Kakaoherstellung mögliche Folgen diskutieren. Die gentechnische Herstellung des Hepatitis-B-Impfstoffes soll zwar nicht bewertet werden, die Diskussionsaufträge verweisen allerdings auf die Notwendigkeit, diesen Impfstoff zu erzeugen. Die im dritten Unterrichtsabschnitt vorgenommene Chancen-Risiken-Abwägung mit Urteilsbildung steht allerdings nicht im direkten Zusammenhang mit den thematisierten Anwendungsgebieten. Es geht also nicht um Chancen und Risiken der gentechnischen Herstellung von Kakao oder Impfstoffen, sondern um eine ganz allgemeine Einschätzung. Hierdurch ist meines Erachtens weder der Querschnittstechnologie Gentechnik noch einzelnen gentechnischen

[682] Vgl. Schneider (1999), S. 173.

Anwendungen gerecht zu werden. Der Vielfalt der Anwendungsmöglichkeiten ist eine differenzierte Bewertung geschuldet.[683]

Neben der Einschätzung der von gentechnischen Versuchen ausgehenden Risiken soll in SCHARF & SCHARF (2000) die Berichterstattung um die Gentechnik aufgrund von Erfahrungen beurteilt werden. Diese Beurteilung ist aufs engste mit einer Bewertung der Gentechnik verknüpft. Um die Berichterstattung einschätzen zu können, muss die Gentechnik selbst auch eingeschätzt werden. Da hierfür allein Sachinformationen zu den durchzuführenden Versuchen und Erfahrungen, die mit diesen Versuchen gesammelt wurden, zur Verfügung stehen, liegt hier ein naturalistischer Fehlschluss vor, also die Meinung, der Gegenstand Gentechnik sei aufgrund biologisch bestimmter Aussagen einzuschätzen.[684] Auch die Risikoeinschätzung, das heißt die Diskussion über die Notwendigkeit gesetzlicher Vorgaben für gentechnische Versuche, kann meines Erachtens nicht vorgenommen werden, da die Schüler keine Informationen über mögliche Risiken erhalten.

Als reflexionsbedürftig erweist sich meines Erachtens auch die in vielen Unterrichtsvorschlägen allein privat bleibende Urteilsbildung. Zwar genügt diese den Ansprüchen TÖDTS oder HÖFFES, weil ein Selbsteinsatz der Schüler als moralische Subjekte gefordert ist, allerdings birgt die allein privat bleibende Urteilsbildung die Gefahr, in einer Indifferenz zu münden.[685] Der Tatsache, dass die Bildung ethischer Urteile in einem sozialen Umfeld erfolgt und auf dieses Auswirkungen hat, wird in einigen Fällen zwar durch Berücksichtigung anderer Perspektiven Rechnung getragen. Geht man wie der Philosoph und Biologe ARNE DITTMER jedoch davon aus, dass zur Reflexionsfähigkeit auch die Fähigkeit gehört, im argumentativen Diskurs zu gemeinsamen Lösungen, beispielsweise in Form von Kompromissen, zu gelangen,[686] bleibt sicher eine Leerstelle, weil dieser Diskurs meist nicht eingeübt wird.

[683] Siehe Abschnitt 2.1.6.
[684] Siehe Abschnitt 3.3.3.2.4
[685] Siehe Abschnitt 3.3.2.1.
[686] Vgl. Dittmer (2005), S. 34.

3.3.4 Zusammenschau der Ergebnisse

Im Untersuchungsmaterial sind im Umgang mit Problemfeldern gentechnischer Verfahren zwei grundsätzliche Strategien zu beobachten. So ist in den Unterrichtsvorschlägen von LABAHN-LUCIUS U.A. (1993) und MARSCHALL (1999) nicht die Bewertung gentechnischer Verfahren, sondern die pragmatische Einschätzung von Risiken mit Hilfe von biologischem bzw. empirischem Wissen beabsichtigt.

Im Unterschied hierzu geht es in allen anderen Unterrichtsvorschlägen um eine kritische Auseinandersetzung mit Forschungs- und Anwendungsgebieten, die thematisierten gentechnischen Forschungs- oder Anwendungsgebiet stehen damit selbst zur Diskussion.

Dabei werden die aufgeworfenen Probleme bearbeitet, indem

- darüber *informiert* wird;
- über die Zulässigkeit der Anwendung *reflektiert* wird.

Der informierende Weg wird vorwiegend in den zeitlich früher vorgelegten Unterrichtsvorschlägen beschritten, der Zeitraum zwischen 1986 und 1990 kann also als *informierende Phase* bezeichnet werden. KLEIN (1987), KÜHNE U.A. (1987a) und MENZDORF (1988) beschränken sich beispielsweise darauf, Informationen zu den gentechnischen Methoden selbst, zu Zielen, möglichen Folgen oder – im Falle der Unterrichtsvorschläge von KLEIN (1987) und KÜHNE U.A. (1987a) – auch zu normativen Leitlinien zu geben. Beobachtbar ist außerdem, dass eine Einflussnahme im Sinne heimlicher Ethik insbesondere innerhalb dieser frühesten Unterrichtsvorschläge erfolgt. Die informierende Phase fällt also mit einer *Phase der Einflussnahme* zusammen. Einseitige Informationen oder Schlaglichter lassen die in den Unterrichtsvorschlägen thematisierten gentechnischen Verfahren positiv oder negativ erscheinen. Dabei werden innerhalb der Unterrichtsvorschläge gentechnische Verfahren zur Erzeugung von pharmazeutisch wirksamen Proteinen durchweg positiv bewertet. An dieser Stelle sollen nochmals die von SCHNEIDER & PROBST (1984) sowie SORBE (1987) vorgelegten Unterrichtsvorschläge erwähnt werden, in welchen es Hinweise dafür gibt, dass die Kontroverse nicht aufgenommen wurde, weil die thematisierten Anwendungen grundsätzlich positiv eingeschätzt werden.[687] Dagegen haben Unterrichtsvorschläge zur Gentechnik am Menschen eher einen warnenden Charakter. Gentechnischen Verfahren am Menschen werden eugenische Motive unterstellt, außerdem kommen Zielzuschreibungen zu Wort, die nach vorherrschenden Moralvorstellungen unzulässig und nicht akzeptabel sind.

[687] Siehe Abschnitt 3.2.3.1.

Innerhalb der ersten Hälfte der 1990er Jahre lässt sich keine einheitliche Strategie im Umgang mit gentechnischen Problemfeldern erkennen. So lässt sich der Unterrichtsvorschlag von RUPPERT (1995a) dem informierenden Weg zuordnen, während der von BERGERHOFF (1994) aufgrund fehlender didaktischer Hinweise nicht eingeordnet werden kann und in dem von KLEIN (1993a) innerhalb des Unterrichtsganges ein Reflexionsprozess durchschritten wird.
Ab Mitte der 1990er Jahre werden die aufgeworfenen Probleme in wachsendem Maße durch eine reflektierende Auseinandersetzung mit den gentechnischen Verfahren selbst, ihren Folgen sowie den damit verfolgten Zielen bearbeitet und gelöst; eine *Phase der Reflexion* bricht an.[688] Neue Akzente werden dann ab dem Jahr 2000 gesetzt, die Phase der Reflexion wird zu einer *ethisch-reflektierenden Phase*. Die in den Unterrichtsvorschlägen thematisierten gentechnischen Problemfelder werden vermehrt aus ethischer Perspektive aufgegriffen und unter Rückgriff auf ethische Werte reflektiert und gelöst. Dieser ethisch-reflektierende Weg wird maßgeblich durch CORINNA HÖßLE und CHRISTA RUNTENBERG eingeleitet. Beide erstellten im Rahmen eines vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projekts Forschungsarbeiten zum Thema Gentechnik und Ethik, die 2001 veröffentlicht wurden. CORINNA HÖßLE konkretisiert in HÖßLE (2001c) am Beispiel der Genanalyse eine Konzeption ethischer Entscheidungsfindung, die sie im Rahmen dieser Forschungsarbeit entwickelt hat und auf die im vierten Kapitel nochmals eingegangen wird.[689]
Auf Abbildung 23 ist der Zusammenhang zwischen den eben beschriebenen Phasen und der Debattengeschichte dargestellt. Die informierende Phase bzw. die Phase der Einflussnahme fällt in eine Zeit, in welcher in Deutschland heftige Debatten über die Gentechnik geführt wurden. Wie in Abschnitt 3.2.2.2 gezeigt werden konnte, werden in dieser Zeit hauptsächlich die Leitthemen der Debatten in den Unterrichtsvorschlägen aufgegriffen. Daneben werden Bewertungen von Anwendungsgebieten transportiert. So spiegeln sich die Erwartungen des Anfangs, symbolisiert durch gentechnisch erzeugtes Insulin, in den Unterrichtsvorschlägen von MENZDORF (1988), BADE (2000) und auch in denen von SCHNEIDER & PROBST (1984) und SORBE (1987) wider, während Befürchtungen, die mit gentechnischen Verfahren am Menschen verknüpft waren, in den Unterrichtsvorschlägen von KÜHNE U.A. (1987a) und KLEIN (1987) zum Ausdruck kommen. Besonders in KÜHNE U.A. (1987a) scheint sich die unter dem Eindruck der Eugenik- und Euthanasiebewegung des Dritten Reiches stehende Bioethik-Debatte der 1980er Jahre abzubilden.
Mit dem Abflauen der Diskussionen in Deutschland verschwinden die befürwortenden und warnenden Unterrichtsvorschläge. Als Mitte der 1990er

[688] Vgl. Deppe (1995); Elvers (1998); Kattmann & Schüppel (1999).
[689] Ebenso wird in Klein (1993a) eine Konzeption ethischer Urteilsfindung am Beispiel der Herstellung transgener Tiere veranschaulicht und auch diese wird im vierten Kapitel näher untersucht.

Jahre die Debatten wieder aufflammten, dominieren wieder deren Leitthemen innerhalb des Unterrichtsmaterials. Dabei werden die aufgeworfenen Probleme durch eine reflektierende Auseinandersetzung mit den gentechnischen Verfahren selbst sowie ihren Zielen und Folgen bearbeitet und gelöst, das heißt die Phase der Reflexion setzt sich durch. Die sich anschließende ethisch-reflektierende Phase wird maßgeblich von didaktischen Forschungsbemühungen zur Gentechnik und Ethik des IPN in Kiel bestimmt.

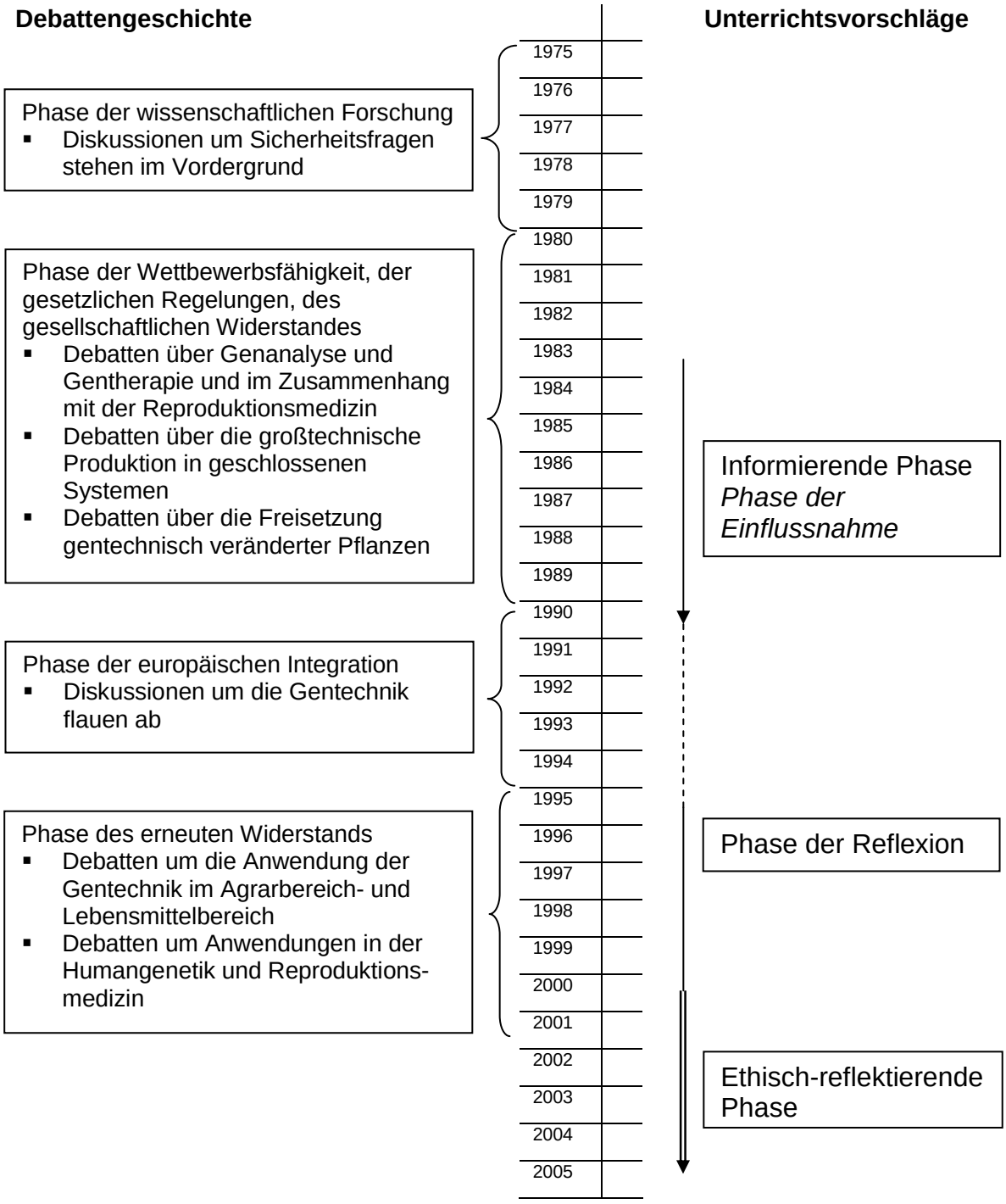


Abbildung 23: Zusammenhang zwischen Debattengeschichte und Unterrichtsstrategien

3.3.5 Zusammenfassung

Im Folgenden sollen die wesentlichen Ergebnisse der Analyse von Unterrichtsvorschlägen zusammengefasst werden.

Die Bestandsaufnahme und die historische Einordnung der in den Unterrichtsvorschlägen aufgegriffenen Themen

- zeigen insbesondere bei den ersten Unterrichtsvorschlägen eine hohe Anschlussfähigkeit an die wissenschaftliche Entwicklung;

- zeigen, dass bestimmte Themen in bestimmten Zeiträumen gehäuft auftreten. Dabei ist zu beobachten, dass insbesondere öffentlichkeitswirksam verhandelte Themen in den Blick genommen werden. So dominieren in den Phasen intensiver Diskussionen auch deren Leitthemen. Ebenso finden andere medienwirksam verhandelte Ereignisse, wie beispielsweise die Vergabe des Medizin-Nobelpreises für die Entwicklung der Polymerase-Kettenreaktion, ihren Weg leichter in die Unterrichtspraxis, als Verfahren, die wenig öffentlichkeitswirksam besprochen werden.

Die inhaltliche Analyse der Unterrichtsvorschläge

- offenbart insbesondere in zeitlich früher vorgelegten Unterrichtsvorschlägen eine sehr deutliche Einflussnahme im Sinne heimlicher Ethik. Diese Phase der Einflussnahme fällt mit einem Zeitraum zusammen, in welchem sehr heftig über gentechnische Verfahren debattiert wurde. In den Unterrichtsvorschlägen wird über gentechnische Verfahren häufig mit zustimmender oder ablehnender Intention informiert, wobei die die öffentlichen Debatten kennzeichnenden Wertungen transportiert werden. Reflexionsprozesse hingegen bleiben meist ausgeklammert;

- dokumentiert hinsichtlich der Umgangsweise mit Problemfeldern eine deutliche Entwicklung zur Reflexion als Unterrichtsbestandteil und zur Ethik hin. Ab Mitte der 1990er Jahre werden vermehrt Reflexionsprozesse angeregt, außerdem werden gentechnische Problemfelder mit ethischen Fragestellungen betrachtet und mit Hilfe ethischer Prinzipien und Werte bearbeitet. Außerdem ist ein deutlicher Trend zur ethischen Urteilsbildung zu verzeichnen. Dabei zeigt sich meines Erachtens eine Entwicklung von einer eher konsequenzialistischen Sichtweise, bei welcher Folgen und Ergebnisse der zur Diskussion stehenden Verfahren in den Vordergrund gerückt werden, hin zu einer neuen Dimension des Ethischen, in welcher

handlungsleitende Normen ausdrücklich mit in den Blick genommen werden.[690]

- zeigt eine Verschiebung des Medienspektrums zu Medien hin, die innerhalb der ethischen Bildung Bedeutung haben. So kommen beispielsweise vermehrt Fallgeschichten zum Einsatz, mit deren Hilfe mögliche Auswirkungen gentechnischer Verfahren auf das Leben einzelner Menschen verdeutlicht werden, die darüber hinaus für den Einzelfall sensibilisieren und Möglichkeiten der Rollenübernahme und Empathie bieten. Hier dokumentiert sich ein auch innerhalb der anwendungsbezogenen Ethik beobachtbarer Trend zu einer kontextsensitiven Ethik.

- macht einen Reflexionsbedarf innerhalb der ethischen Dimension deutlich. So sollte zum einen die in einigen Unterrichtsvorschlägen vorgenommene Bezugnahme auf theoretische ethische Ansätze reflektiert werden. Meines Erachtens ist es ungewiss, ob durch die metaethische Klassifizierung von Argumenten oder Werten hinsichtlich bestimmter ethischer Traditionen dem realen Diskurs Rechnung getragen wird und ob der Einsatz konfligierender Theorien die Urteilsfähigkeit der Schüler tatsächlich fördert. Überdacht werden kann außerdem die in vielen Unterrichtsvorschlägen allein privat bleibende Urteilsbildung. Diese läuft Gefahr, in einer Indifferenz zu münden. Geht man davon aus, dass zur Reflexionsfähigkeit auch die Fähigkeit gehört, im argumentativen Diskurs zu gemeinsamen Lösungen zu kommen, bleibt hier eine Leerstelle.

[690] Siehe hierzu insbesondere Abschnitte 3.3.3.1.3 und 3.3.3.3.2.

4. Biologiedidaktische Konzeptionen zu ethischem Lernen im Biologieunterricht

Die in Kapitel 3 erfolgte Rekonstruktion der in Unterrichtsvorschlägen der vergangenen Jahre empfohlenen Umgangsweise mit Problemstellungen aus dem Gebiet der Gentechnik offenbarte eine deutliche Entwicklung zur Reflexion als festem Unterrichtsbestandteil und zur Ethik hin. Ab Mitte der 1990er Jahre werden innerhalb von Unterrichtsgängen gezielt Reflexionsprozesse gefördert und ab dem Jahr 2000 sind deutliche ethische Akzente zu erkennen. So werden die thematisierten Problemfelder vermehrt aus ethischer Perspektive aufgegriffen und unter Rückgriff auf ethische Werte und Prinzipien meist durch Bildung ethischer Urteile gelöst. Insgesamt belegte die Analyse also ein deutliches Bemühen, im Unterricht auch der spezifisch ethischen Komponente gerecht zu werden.

Biologiedidaktische Bemühungen zur Integration bioethischer Fragestellungen in den Biologieunterricht zeigen sich auch in der Entwicklung mehrerer biologiedidaktischer Konzeptionen zur strukturierten Bearbeitung ethischer Fragestellungen. Zwei solcher Konzeptionen waren bereits Bestandteil des in Kapitel 3 analysierten Materials.[691] So stellten CORINNA HÖßLE und RÜDIGER LUTZ KLEIN ihre Konzeptionen in Form von Unterrichtsvorschlägen zu gentechnischen Verfahren vor. Daneben wurden in den vergangenen Jahren noch weitere biologiedidaktische Konzeptionen zur Förderung ethischer Urteilsfähigkeit im Biologieunterricht entwickelt. Eine kritische Aufarbeitung dieser biologiedidaktischen Bemühungen fand bislang nur in Ansätzen statt. So leistete beispielsweise MONIKA WEIDENBACH einen Beitrag zur Reflexion biologiedidaktischer Konzepte zur Förderung ethischer Urteilsfähigkeit. Mit ihrer 2005 erschienenen Dissertation will sie die Lücken vorliegender biologiedidaktischer Konzeptionen ethischen Lernens im Hinblick auf die Berücksichtigung von Emotionen bei der ethischen Urteilsbildung schließen.[692]

Auch die vorliegende Arbeit will zur Reflexion und kritischen Standortbestimmung biologiedidaktischer Praxis beisteuern. In diesem Kapitel werden zu diesem Zweck biologiedidaktische Konzeptionen zur Förderung ethischer Urteilsfähigkeit einer systematischen Reflexion unter ethischen und didaktischen Gesichtspunkten unterzogen. Die Untersuchung der Konzeptionen soll einen vertieften Einblick in die von der Biologiedidaktik empfohlene Umgangsweise mit bioethischen Fragestellungen im Biologieunterricht vermitteln.

Eine Auswahl biologiedidaktischer Konzeptionen zur Förderung ethischer Urteilsfähigkeit im Biologieunterricht wird in einem von SUSANNE BÖGEHOLZ, CORINNA HÖßLE, JÜRGEN LANGLET, ELKE SANDER und KIRSTEN SCHLÜTER im

[691] Vgl. Hößle (2001c); Klein (1993).
[692] Vgl. Weidenbach (2005).

Jahr 2004 in der Zeitschrift *Didaktik der Naturwissenschaften* veröffentlichten Aufsatz vorgestellt.[693] Von den insgesamt zehn Verfahrensvorschlägen zur strukturierten Behandlung ethischer Fragen im Biologieunterricht wurden sieben von Biologiedidaktikern für den Biologieunterricht konzipiert.[694] Diese stammen von BARBARA DULITZ & ULRICH KATTMANN, HORST BAYRHUBER, CORINNA HÖßLE, JÜRGEN LANGLET, ANKE MEISERT & HORST KIERDORF, SUSANNE BÖGEHOLZ & JAN BARKMANN und REGULA KYBURZ-GRABER. Weil die Konzeptionen von BÖGEHOLZ & BARKMANN und KYBURZ-GRABER speziell auf Umweltbildung unter dem Leitbild der Nachhaltigkeit abzielen und deshalb nur eingeschränkt zur Bearbeitung auch anderer bioethischer Fragen geeignet sind, bleiben sie in meinen Ausführungen unberücksichtigt.[695] Ergänzend sollen noch zwei weitere, von Biologiedidaktikern konzipierte Verfahrensvorschläge Beachtung finden: So werden die Konzeptionen von RÜDIGER LUTZ KLEIN und von ELISABETH VON FALKENHAUSEN in diese Ausführungen einbezogen.[696]

Alle in diesem Rahmen untersuchten Konzeptionen stehen im Dienste der Förderung ethischer Urteilsfähigkeit im Biologieunterricht. Sie weisen eine Schrittfolge auf, die den unmittelbaren Einsatz im Biologieunterricht erleichtern soll. Während in den Konzeptionen von DULITZ & KATTMANN, KLEIN, BAYRHUBER, HÖßLE und MEISERT& KIERDORF moralische Entscheidungs- bzw. Handlungssituationen zum Ausgangspunkt ethischen Lernens gemacht werden, gehen die Verfahrensvorschläge von JÜRGEN LANGLET und ELISABETH VON FALKENHAUSEN von moralischen Aussagen aus. Die moralische Urteilsfähigkeit soll dabei auf unterschiedliche Art und Weise gefördert werden.

- BARBARA DULITZ & ULRICH KATTMANN schlagen einen Weg des ethischen Entscheidungsprozesses vor, der über die Reflexionsebenen der Ordnungs-, Gesinnungs- und Verantwortungsethik verläuft.
- In den Konzeptionen von BAYRHUBER, HÖßLE und MEISERT & KIERDORF soll ethische Urteilsfähigkeit durch Analyse von Werthaltungen, die hinter den

[693] Vgl. Bögeholz, Hößle, Langlet, Sander & Schlüter (2004).

[694] Drei vorgestellte Modelle stammen aus anderen Fachdisziplinen und lassen sich laut Autoren auf den Biologieunterricht übertragen. Da es hier um die Reflexion der biologiedidaktischen Entwicklung geht, wurden Modelle aus anderen Fachdisziplinen in diesem Rahmen nicht berücksichtigt.

[695] Zwar sind Bezüge zwischen nachhaltiger Entwicklung und Gentechnik möglich, allerdings wird in den genannten Modellen nicht auf Bewertung der gentechnischen Verfahren, sondern auf die Gestaltung unter dem Leitbild der Nachhaltigkeit abgezielt.

[696] Zwei weitere Verfahrensvorschläge werden von Ute Harms und Christa Runtenberg in dem von Horst Bayrhuber, Ute Harms und Angela Kroß herausgegebenen *Handbuch der praktischen Mikrobiologie und Biotechnik, Band 4* und von Ute Harms und Horst Bayrhuber in dem von Michael Schallies und Klaus D. Wachlin herausgegebenen Buch *Biotechnologie und Gentechnik* vorgestellt. In beiden Fällen handelt es sich um Synthesen der Konzeptionen von Corinna Hößle und Horst Bayrhuber und nicht um unabhängige Verfahrensvorschläge. Sie bringen also qualitativ nichts Neues und sollen deshalb in diesen Ausführungen keine Beachtung finden. Siehe Harms & Runtenberg (2001), S. 5; Harms & Bayrhuber (1999), S. 93.

zur Diskussion gestellten Handlungsoptionen stehen, unter Bezugnahme auf theoretische ethische Ansätze erreicht werden.
- In KLEINS Verfahrensvorschlag soll ethische Urteilsfähigkeit durch Analyse der zur Diskussion stehenden Handlung gefördert werden.
- In den Konzeptionen von LANGLET und VON FALKENHAUSEN werden moralische Aussagen zu bioethischen Problemen auf ihre normativen Prämissen hin untersucht, die Erarbeitung argumentativer Transparenz steht im Vordergrund.

Im folgenden Abschnitt werden die Konzeptionen zunächst hinsichtlich ihrer Kerngedanken und ihrer Schrittfolge beschrieben. Ein Überblick wird außerdem in Tabelle 5, Abschnitt 4.5, gegeben.

4.1 Von der Entscheidungssituation über Ziele oder Motive, Werte und Folgen zur ethischen Urteilsfähigkeit

Bereits 1987 stellte ULRICH KATTMANN in einem Vortrag anlässlich der Tagung *Biologieunterricht und Ethik* eine Konzeption zur Organisation ethischer Entscheidungsprozesse vor. In schriftlicher Form erschien diese erneut im von BARBARA DULITZ & ULRICH KATTMANN veröffentlichten Band *Bioethik*.[697] Grundlage der Konzeption ist die Unterscheidung zwischen Ordnungs-, Gesinnungs- und Verantwortungsethik. Diese drei Idealtypen seien als Reflexions- bzw. Begründungsebenen zu sehen. Demnach können Werturteile auf der Grundlage der Ordnungs-, der Gesinnungs- und der Verantwortungsethik begründet werden. Die Ordnungsethik rückt kategorisch und zeitlos gültige Werte in den Vordergrund. Die Orientierung erfolgt an einem kategorischen Fundament, „die Urteile gründen sich auf angenommene Seins-Ordnungen“[698]; ethische Werturteile werden auf der Basis von Tatsachenaussagen und kategorialen Unterscheidungen gefällt. Weil Ethik auf grundlegende Wertentscheidungen nicht verzichten kann, sei die Ordnungsethik im Unterricht unverzichtbar. DULITZ & KATTMANN weisen ihr die Aufgabe zu, auf Gefahren aufmerksam zu machen und zu helfen, gefährliche Entwicklungen abzuwehren. Innerhalb einer Gesinnungsethik sind Ziele und Motive die Maßstäbe des Handelns. Da jedoch gute Absichten das Handeln noch nicht rechtfertigen können, wird als dritte Ebene die Verantwortungsethik vorgeschlagen, in welcher die absehbaren Folgen einer Handlung mitbedacht werden.[699]

[697] Vgl. Kattmann (1988), S. 54ff; Dulitz & Kattmann (1990), S. 15ff.
[698] Dulitz & Kattmann (1990), S. 16.
[699] Vgl. Dulitz & Kattmann (1990), S, 16ff.

Die Autoren schlagen nun Schritte eines ethischen Entscheidungsprozesses vor, wobei die Ordnungs-, Gesinnungs- und Verantwortungsethik als Reflexionsebenen nacheinander systematisch durchschritten werden. Die Ebenen sind dabei hierarchisch angeordnet, die Verantwortungsethik wird zur höchsten Stufe ethischer Reflexion erhoben.[700] In einem ersten Schritt erfolgt die Wahrnehmung der Entscheidungssituation. Diese muss so anschaulich wie möglich gemacht werden, damit sie von den Schülern nachempfunden werden kann. DULITZ & KATTMANN stellen hierzu eine Auswahl von Fallgeschichten und Texten zur Verfügung, die zur Veranschaulichung von Entscheidungssituationen dienen.[701] Nach der Auflistung der Handlungsmöglichkeiten, der davon berührten Werte sowie der mit der Handlung verbundenen Ziele und Motive werden in einem weiteren Schritt Ziele, Motive, Wertentscheidungen und Handlungsmöglichkeiten unter Beachtung der Folgen analysiert. Dies erfolgt mit Hilfe eines Kataloges ethisch klärender Fragen, die an den gängigen ethischen Grundsätzen Universalität, Gegenseitigkeit und Solidarität orientiert sind. Bei der nachstehenden Aufstellung einer Rangordnung der Werte gibt es keine Mehrheitsentscheidungen.[702] Es folgt die Auswahl der Handlungsmöglichkeit, die den ethischen Bewertungen am meisten entspricht. Dabei unterstreichen DULITZ & KATTMANN, dass nicht „jeder beliebige Lösungsvorschlag ethisch zu akzeptieren“[703] sei. Vielmehr seien die vorgeschlagenen Lösungen im Gespräch vernünftig zu begründen und ethisch nicht vertretbare Lösungen zu verwerfen. Wichtig ist den Autoren dabei vor allem, dass sich die Schüler ihrer eigenen Wertmaßstäbe bewusst werden und lernen, ethisch begründet zu argumentieren.[704]

Dem Material nach zu urteilen, wird die ethische Positionierung des Modells zwar gegenüber den Lehrenden ausgewiesen, nicht aber gegenüber den Lernenden. So erfahren die Schüler nicht, dass die Reflexionsebenen der Ordnungs-, Gesinnungs- und Verantwortungsethik durchschritten werden bzw. die gängigen ethischen Prinzipien Universalität, Gegenseitigkeit und Solidarität herangezogen werden. Hinweise darauf finden sich lediglich in den didaktischen Bemerkungen.

Die Konzeption von DULITZ & KATTMANN ist laut BÖGEHOLZ U.A. für konkrete bioethische Probleme jeden Themas einsatzfähig. Eine Altersbeschränkung für den Einsatz des Modells wird nicht gemacht.[705]

[700] Vgl. Dulitz & Kattmann (1990), S. 16ff.
[701] Vgl. Dulitz & Kattmann (1990), S. 25ff.
[702] Vgl. Dulitz & Kattmann (1990), S. 20ff.
[703] Dulitz & Kattmann (1990), S. 15.
[704] Vgl. Dulitz & Kattmann (1990), S. 15ff.
[705] Vgl. Bögeholz, Hößle, Langlet, Sander & Schlüter (2004), S. 111.

4.2 Von der Entscheidungssituation über Werthaltungen und ethische Ansätze zur moralischen Urteilsfähigkeit

In den Konzeptionen von HORST BAYRHUBER, CORINNA HÖßLE und ANKE MEISERT & HORST KIERDORF geht es um das Erkennen von Werthaltungen, die hinter unterschiedlichen Handlungsmöglichkeiten einer Entscheidungssituation stehen. Diese Werthaltungen werden unter Bezugnahme auf ethische Ansätze reflektiert.[706]

Unter dem Titel *Ethische Analyse der Gentherapie von Keimbahnzellen im Unterricht* präsentierte HORST BAYRHUBER 1992 im Friedrich-Jahresheft eine sechsschrittige Konzeption der ethischen Analyse[707], die davon ausgeht, „daß beim ethischen Argumentieren letztlich auf bestimmte basale Werte Bezug genommen wird, nämlich entweder auf das *Wohlergehen* des Menschen bzw. der Natur oder auf die *Würde* des Menschen.“[708] Seine ethische Analyse orientiert sich demgemäß „an den beiden grundlegenden Begründungsarten der abendländischen Moralphilosophie, der naturalistischen und der personalistischen Begründung“[709], wobei BAYRHUBER mit der personalistischen Begründung theologische und deontologische Ansätze und mit der naturalistischen teleologische bzw. insbesondere utilitaristische Ansätze erfassen möchte.[710] BAYRHUBER geht davon aus, dass genau diese beiden Begründungsarten die Diskussion um die Gentechnik bestimmen. Innerhalb seines Verfahrensvorschlags wird nun überprüft, inwieweit die untersuchte Handlung die zugrunde gelegten basalen Werte *Wohlergehen* und *Würde des Menschen* berührt.

BAYRHUBERS Konzeption sieht die folgenden Schritte vor: Zunächst wird die Entscheidungssituation formuliert. Dabei wird die Handlung, um die es geht,

---

[706] Nach Bögeholz u.a. stehen die in diesem Abschnitt vorgestellten Konzeptionen in der Tradition Kohlbergs. Allerdings war Kohlberg kein Ethiker, sondern Psychologe und Pädagoge. Sein Stufenkonzept der Moralentwicklung beruht auf der kognitiven Entwicklungstheorie der moralischen Entwicklung, die davon ausgeht, dass sich das moralische Bewusstsein beim Menschen stufenweise entwickelt. Entsprechend beschreibt er in seinem Stufenmodell nicht die Schritte, die zu einem ethischen Urteil führen, sondern entwicklungstypische Argumentationsstrukturen. Kohlbergs Schritte wurden zwar bereits für Unterrichtsmodelle fruchtbar gemacht, die Grundidee dieser Modelle ist jedoch die schrittweise Förderung des Stufenprozesses. Dies kann beispielsweise erfolgen, indem die Schüler mit Denkmustern konfrontiert werden, die eine Stufe über der Stufe stehen, auf der sie sich selbst befinden, oder durch einen induktiven Vergleich von Argumenten, bei welchem diese je nach Komplexität gesammelt werden. Parallelen zwischen Kohlberg und den hier beschriebenen Modellen bestehen hauptsächlich im Einsatz von Dilemmata und der damit verbundenen Annahme, die moralische Entwicklung lasse sich durch die Konfrontation mit diesen Dilemmata fördern.

[707] Vgl. Bayrhuber (1992), S. 128-131.

[708] Bayrhuber (1992), S. 128.

[709] Bayrhuber (1992), S. 128.

[710] Vgl. Bayrhuber (1987), S. 41. Naturalismus in der Ethik bedeutet die Forderung eines naturgemäßen Lebens, die Entfaltung der natürlichen Triebe und den philosophischen Versuch, die sittlichen Begriffe aus bloßen Naturanlagen abzuleiten. Nach dem Naturalismus erweisen sich sittliche Prädikate bei näherer Betrachtung als gleichbedeutend mit empirischen Prädikaten, wie *gut, nützlich* oder *lustvoll*. Personalismus in der Ethik bedeutet die Statuierung eines Vorranges der Persönlichkeitswerte vor anderen sittlichen Werten. Vgl. Höffe (1997), S. 179, 208; Schischkoff (Hrsg.) (1978), S. 475.

deskriptiv und nicht wertend beschrieben. In einem weiteren Schritt erfolgt die Aufzählung der durch die Handlung berührten Werte. Die gefundenen Werte werden auf ihren Zusammenhang mit der Würde des Menschen und dem Wohlergehen untersucht und dadurch einer metaethischen Reflexion unterzogen. Nacheinander werden dann beide Werte argumentativ auf die Handlung bezogen. Dabei wird die Handlung auf Grundlage des betrachteten Wertes beurteilt. Außerdem wird geklärt, welche gesellschaftlich-politischen und sozialen Konsequenzen aus dieser Beurteilung zu ziehen sind. „Es geht darum, wie Politiker in diesem Fall entscheiden sollten, und was jeder einzelne in sozialer Verantwortung tun sollte."[711] Die bei diesen Schritten erarbeiteten Argumente werden anschließend diskutiert und kritisiert.[712]
Das Verfahren will zum einen eine Entscheidungshilfe geben, wobei deutlich gemacht werden sollte, „daß es eine klare und eindeutige Antwort auf die Frage, ob dieses Verfahren moralisch gut oder schlecht ist, nicht gibt."[713] Zum anderen soll es dazu dienen, verschiedene Argumente systematisch zu ordnen und im Einzelnen zu diskutieren. Außerdem soll der Indoktrination vorgebeugt und ein tolerantes Verhalten gegenüber Andersdenkenden gefördert werden.[714] Nach BÖGEHOLZ U.A. eignet sich BAYRHUBERS Konzeption ab der Sekundarstufe I zur Analyse bioethischer, insbesondere genethischer Dilemmata.[715]

Parallelen zum Verfahrensvorschlag von BAYRHUBER zeigt die von CORINNA HÖßLE entwickelte Konzeption zur Förderung moralischer Urteilsfähigkeit. Innerhalb einer 2001 veröffentlichten Interventionsstudie untersuchte CORINNA HÖßLE den Einfluss von Betroffenheit auf die moralische Urteilsfähigkeit von Schülern.[716] Für ihre Schulversuche entwickelte sie ein Kategoriensystem, das sowohl als Analyseinstrumentarium als auch als Unterrichtskonzept verwendet wurde. Die von HÖßLE aufgestellten Schritte eignen sich demzufolge „als Kriterien zur Messung und (…) als Lernziele zur Förderung moralischer Urteilsfähigkeit."[717]
Im Ablaufschema stehen die Wahrnehmung und die Analyse der Entscheidungssituation an erster Stelle. HÖßLE sieht hier den Einsatz moralischer Dilemmata vor. In einem zweiten Schritt werden die Handlungsoptionen aufgezählt und die von den Handlungsoptionen berührten Werte beschrieben. Auf diese Weise werden Argumente für die zur Diskussion stehenden

[711] Bayrhuber (1992), S. 129.
[712] Vgl. Bayrhuber (1992), S. 129ff.
[713] Bayrhuber (1992), S. 131.
[714] Vgl. Bayrhuber (1992), S. 131.
[715] Vgl. Bögeholz, Hößle, Langlet, Sander & Schlüter (2004), S.113. Unter einem Dilemma versteht man die Schwierigkeit zwischen Handlungsweisen zu wählen, in welchen ethische Werte und Normen konkurrieren. Vgl. Kuld & Schmid (2001), S. 107.
[716] Vgl. Hößle (2001a).
[717] Hößle & Bayrhuber (2006), S. 1f.

Handlungsoptionen gebildet. Die so gefundenen Argumente bzw. Werte werden dann auf die ethischen Traditionen Deontologie und Utilitarismus zurückgeführt und auf diese Weise, ähnlich wie in der Konzeption von BAYRHUBER, reflektiert.[718] Dieser Schritt ist HÖßLE wichtig, da sie davon ausgeht, dass sich Argumente, die in den öffentlichen Diskussionen zu finden sind, diesen beiden ethischen Grundrichtungen zuordnen lassen. Außerdem gehöre zum begründeten Urteil die allgemeine Charakterisierung des einzelnen konkreten Arguments sowie die Einordnung in eine ethische Tradition.[719] Die Fähigkeit der Einordnung beweise, dass Schüler in der Lage seien, ethische Werte und deren Tragweite zu erkennen und zu reflektieren. Außerdem, so HÖßLE, würden Schüler auf diese Weise erkennen, dass Entscheidungen bei Norm- und Wertkonflikten auf unterschiedliche tragfähige Begründungen zurückzuführen sind und dass utilitaristische und deontologische Argumente konfligieren.[720]
Innerhalb eines weiteren Schrittes sollen begründete Urteile gefällt und andersartige Urteile diskutiert werden. Dies kann nach HÖßLE erst gelingen, wenn die Schüler dazu fähig sind, „einen Perspektivenwechsel zu vollziehen und andere Positionen in ihrem Denken zu berücksichtigen.“[721] Danach werden die gefällten Urteile anhand ihrer Konsequenzen reflektiert, wobei dazu ein Rollenwechsel zu vollziehen ist, mit Hilfe dessen die Personen und sozialen Wirkungskreise berücksichtigt werden, auf die sich mögliche Folgen des Urteils auswirken könnten. HÖßLE hält diesen Schritt für bedeutsam, „da das Benennen von Konsequenzen sowohl die eigene Person als auch andere Personen betreffen könnte.“[722] Es folgt eine erneute Urteilsbildung, da „neue Aspekte hinzugekommen sein könnten, die das Urteil (…) als revisionsbedürftig erweisen.“[723]
HÖßLES Konzeption kann nach BÖGEHOLZ U.A. ab der Sekundarstufe I zur Lösung bioethischer Dilemmata sowie anderer Konfliktfälle und zur Gewaltprävention eingesetzt werden.[724]

ANKE MEISERT und HORST KIERDORF stellten 2001 einen Erarbeitungs- und Strukturierungsansatz für bioethische Sachverhalte vor, welcher im Sinne argumentativer Kompetenz die Urteilsbildung von Schülern fördern soll. Sie erläutern unter dem Titel *Bioethische Themen im Biologieunterricht* am Beispiel der operativen Trennung siamesischer Zwillinge, bei welcher nur ein

[718] In neueren Publikationen wird der Utilitarismus durch den Konsequenzialismus ersetzt. Vgl. Hößle & Bayrhuber (2006), S. 1.
[719] Vgl. Hößle (2001a), S. 86.
[720] Vgl. Hößle (2001b), S. 31; Hößle (2001c), S. 37.
[721] Vgl. Bögeholz, Hößle, Langlet, Sander & Schlüter (2004), S. 99.
[722] Bögeholz u.a. (2004), S. 99.
[723] Bögeholz u.a. (2004), S. 100.
[724] Vgl. Bögeholz u.a. (2004), S. 113.

Kind überleben kann, eine Konzeption ethischer Urteilsfindung.[725] Ausgangspunkt ist die argumentative Struktur entscheidungsrelevanter Aussagen. Nach MEISERT & KIERDORF konstituieren sich bioethische Argumente aus den Momenten *Sachverhalt, Handlungsmöglichkeiten* und deren *normative Grundlage.* Die Entscheidung für eine der beiden Handlungsmöglichkeiten hänge nun von der Relevanz der zu Grunde liegenden Normen oder Werte ab.[726]

Diese argumentative Struktur wird in Unterrichtsschritten verwirklicht. Demnach muss zunächst der Sachverhalt beschrieben werden. Ausgangspunkt hierbei sind Fallbeispiele, die auf einem eindeutigen Sachverhalt beruhen, eine klare und überschaubare Folgenabschätzung ermöglichen und idealerweise zwei Handlungsoptionen eröffnen.[727] Nach der Darlegung dieser Handlungsmöglichkeiten werden in einem weiteren Schritt Argumente gesucht, die für die jeweiligen Handlungsmöglichkeiten sprechen. In der Regel spiegeln diese Argumente die zu Grunde liegenden Werte und normativen Grundlagen wider. Eine vergleichende Betrachtung der Argumente soll deutlich machen, dass unterschiedliche Positionen auf unterschiedlichen normativen Grundlagen beruhen und divergente Entscheidungen auf verschiedenartige Bewertungen dieser Grundlagen zurückzuführen sind. Außerdem wird diskutiert, welche zugrunde liegenden Normen und Werte von den Lernenden als besonders ausschlaggebend eingestuft werden. Je nach inhaltlicher Relevanz und unterrichtlichem Anforderungsbereich können in einem weiteren Schritt grundsätzliche Unterschiede in Bezug auf die ermittelten normativen Grundlagen im Sinne einer Unterscheidung zwischen konsequenzialistischen und deontologischen Argumenten aufgezeigt werden. Dabei geht es nicht um eine Klassifizierung der Argumente. Vielmehr sollen die Handlungsoptionen dahingehend überprüft werden, auf welchen kontextuellen Gesichtspunkt sie sich beziehen, also auf die Handlung selbst oder auf die Konsequenzen der Handlung. Die Unterscheidung dient also einer Durchleuchtung der Argumentationen.[728] Auf diese Weise sollen die Schüler erkennen, dass unterschiedliche Positionen aus unterschiedlichen Blickwinkeln resultieren können.

Als festigende Fortsetzung bietet sich laut Autoren „als Einzelarbeit (…) das Verfassen einer begründeten Stellungnahme (…) an.“[729]

Für den Einsatz der Konzeption wird keine spezielle Klassenstufe angegeben.

[725] Vgl. Meisert & Kierdorf (2001), S. 359-363.
[726] Vgl. Meisert & Kierdorf (2001), S. 360.
[727] Meisert & Kierdorf gehen von Dilemmata aus, die nicht mehr als zwei Handlungsoptionen zulassen. Vgl. Meisert & Kierdorf (2001), S. 361.
[728] Vgl. Meisert & Kierdorf (2001), S. 361f.
[729] Meisert & Kierdorf (2001), S. 363.

4.3 Ethische Urteilsfähigkeit durch Handlungsanalyse

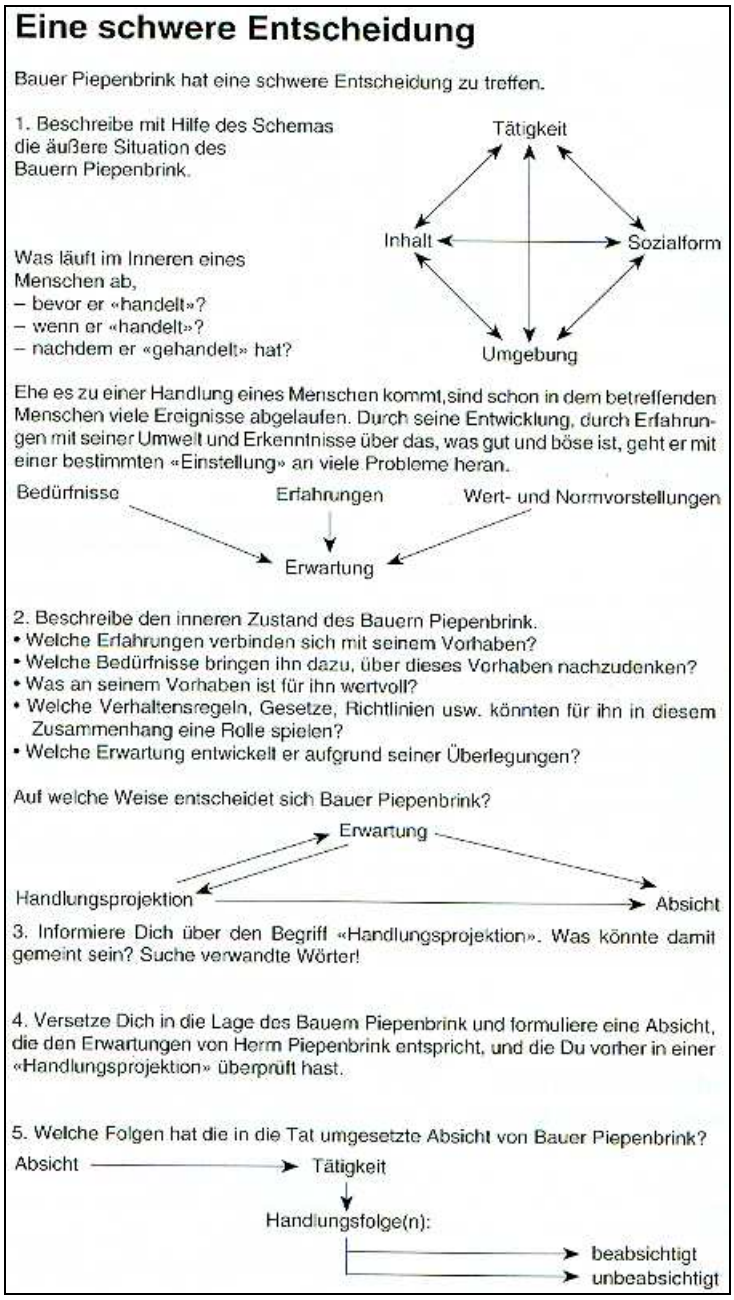
RÜDIGER LUTZ KLEIN stellte 1993 eine Unterrichtskonzeption zur Strukturierung ethischer Entscheidungsprozesse vor, welche er an den Beispielen der Herstellung transgener Schweine und der Anschaffung geklonter Hochleistungsmilchkühe konkretisierte.[730] KLEIN versteht sein Konzept als Hilfsmittel, um weitergehende, differenziertere Verfahrensweisen überhaupt mit Schülern erreichen zu können, und empfiehlt den Einsatz seiner Konzeption in der Sekundarstufe I.[731]

Grundlage seines Verfahrens ist das Erschließen des Handlungsbegriffes. So ist nach KLEIN die Befähigung zur Analyse und Bewertung einer Handlung eine notwendige Voraussetzung für die ethische Begründung derselben.[732] Innerhalb seiner Konzeption werden nun mögliche Ursachen und Folgen einer Handlung schrittweise ermittelt. Dabei wird die Handlung, die zur Diskussion steht, in einem ersten Schritt zunächst als Situation beschrieben, ohne den Handlungsträger genauer zu berücksichtigen; es wird also die Außenperspektive eingenommen. Für die Beschreibung der Handlung müssen neben dem Inhalt noch die äußeren Bedingungen berücksichtigt werden. Dazu zählen mögliche Tätigkeitsformen, die mit dem Handeln verbunden sind, und der soziale Kontext der Handlung.[733] Genau genommen wird innerhalb dieses Schrittes dem Umfeld, in welchem die Handlung erfolgt, Rechnung getragen. Für die anschließende Analyse der Handlung wird der personale Bezug hergestellt. Die Schüler versetzen sich in den Handlungsträger, der im Handlungsträger ablaufende Abwägungsprozess wird nachvollzogen. Dabei wird davon ausgegangen, dass der Handelnde während des Prozesses unterschiedliche Reflexionsebenen durchschreitet. KLEIN unterscheidet zwischen einer Basis-, einer Entscheidungs- und einer Ausführungsinstanz. Die Erwartungen, die jemand mit einer Handlung verbindet, werden von der Basis generiert. Sie sind abhängig von den Erfahrungen und Bedürfnissen sowie von den Wert- und Normvorstellungen des oder der Handelnden. Die Erwartungen werden in Handlungsprojektionen möglichen Tätigkeitsformen und Folgen zugeordnet. Die Handlungsprojektion stellt den Kontakt zum Handlungsobjekt her, das heißt während der Handlungsprojektion überdenkt der Handelnde das ganze Szenario. Die Erwartungen und die Handlungsprojektion beeinflussen die Intention und die Ausrichtung des Verhaltens, was wiederum der entscheidende Faktor für die Handlung selbst ist und zur entsprechenden Tätigkeit führt.[734] Die Schüler durchschreiten aus der Perspektive des Handlungsträgers diese Instanzen. Auf der Ebene der

[730] Vgl. Klein (1993a), S. 30-37; Klein (1993b), S. 30-34.
[731] Vgl. Klein (1993a), S. 32; Klein (1993b), S. 30.
[732] Vgl. Klein (1993a), S. 32; Klein (1993b), S. 33.
[733] Vgl. Klein (1993a), S. 33; Klein (1993b), S. 33.
[734] Vgl. Klein (1993), S. 34; Klein (1993b), S. 33f.

Basisinstanz werden die Wert- und Normvorstellungen, die von der Handlung berührt werden, geklärt und die Bedürfnisse, also Ziele und Motive, des Handelnden erfasst. Anschließend spielen die Schüler die Handlung gedanklich durch, sie befinden sich auf der Ebene der Entscheidungsinstanz. In einem weiteren Schritt werden die Folgen der durchgeführten Handlung überdacht. In einem sich anschließenden Rollenspiel werden die unterschiedlichen Vorstellungen einander gegenübergestellt, danach können sich die Schüler positionieren.[735]
Sowohl die Beschreibung als auch die Analyse der Handlung werden von den Schülern mit Hilfe des auf Abbildung 24 dargestellten Schemas durchgeführt.
Obwohl das von KLEIN vorgeschlagene Verfahren von einem anderen theoretischem Fundament ausgeht, weist es Parallelen zu dem Modell von DULITZ & KATTMANN auf. Wie bei DULITZ & KATTMANN werden nach einer umfassenden Situationsanalyse die mit der Handlung verbundenen Erwartungen und die Bedürfnisse des Handelnden herausgearbeitet. Diese spiegeln die Ziele und Motive des Handelnden wider, die *Gesinnung* des Handelnden wird geprüft. Außerdem werden von der Handlung berührte Norm- und Wertvorstellungen erfasst, die Folgen werden bedacht, erst dann kommt es zur Bildung einer eigenen Position.

[735] Vgl. Klein (1993), S. 37; Klein (1993b), S. 34.



Eine schwere Entscheidung

Bauer Piepenbrink hat eine schwere Entscheidung zu treffen.

1. Beschreibe mit Hilfe des Schemas die äußere Situation des Bauern Piepenbrink.

Was läuft im Inneren eines Menschen ab,
– bevor er «handelt»?
– wenn er «handelt»?
– nachdem er «gehandelt» hat?

Ehe es zu einer Handlung eines Menschen kommt, sind schon in dem betreffenden Menschen viele Ereignisse abgelaufen. Durch seine Entwicklung, durch Erfahrungen mit seiner Umwelt und Erkenntnisse über das, was gut und böse ist, geht er mit einer bestimmten «Einstellung» an viele Probleme heran.

2. Beschreibe den inneren Zustand des Bauern Piepenbrink.
- Welche Erfahrungen verbinden sich mit seinem Vorhaben?
- Welche Bedürfnisse bringen ihn dazu, über dieses Vorhaben nachzudenken?
- Was an seinem Vorhaben ist für ihn wertvoll?
- Welche Verhaltensregeln, Gesetze, Richtlinien usw. könnten für ihn in diesem Zusammenhang eine Rolle spielen?
- Welche Erwartung entwickelt er aufgrund seiner Überlegungen?

Auf welche Weise entscheidet sich Bauer Piepenbrink?

3. Informiere Dich über den Begriff «Handlungsprojektion». Was könnte damit gemeint sein? Suche verwandte Wörter!

4. Versetze Dich in die Lage des Bauern Piepenbrink und formuliere eine Absicht, die den Erwartungen von Herrn Piepenbrink entspricht, und die Du vorher in einer «Handlungsprojektion» überprüft hast.

5. Welche Folgen hat die in die Tat umgesetzte Absicht von Bauer Piepenbrink?

Abbildung 24: Schema zur Analyse von Handlungen (Klein (1993b), S. 33)

4.4 Von moralischen Äußerungen zu argumentativen Begründungen

In den Konzeptionen von ELISABETH VON FALKENHAUSEN und JÜRGEN LANGLET wird die hinter moralischen Aussagen stehende Wertebene auf induktive Art und Weise erschlossen. Dabei steht die Förderung ethischer Urteilsfähigkeit durch Erarbeitung argumentativer Transparenz im Vordergrund.

ELISABETH VON FALKENHAUSEN machte 1994 innerhalb eines NLI-Berichts (Niedersächsisches Landesinstitut für Schulentwicklung und Bildung) einen Vorschlag, wie mit ethischen Fragestellungen im Biologieunterricht zu verfahren sei. Nach VON FALKENHAUSEN steht im Biologieunterricht vor allem die Vermittlung von Inhalten der Biologie im Vordergrund. Die Behandlung der sich aus der Anwendung ergebenden ethischen Fragen steht an zweiter Stelle.

Zur Behandlung ethischer Fragestellungen im Biologieunterricht schlägt VON FALKENHAUSEN folgende Schritte vor: Nach der Vermittlung biologischen Sachwissens wird das mit der Anwendung verbundene ethische Problem herausgestellt. Anschließend werden Schülerfragen, -aussagen und -argumente aufgenommen, erörtert und die ihnen zugrunde liegenden Wertvorstellungen identifiziert. In einem nächsten Schritt können die Argumente im Sinne philosophischer und christlicher Ethik eingeordnet werden, wobei es VON FALKENHAUSEN nicht um die Abhandlung ethischer Theorien geht, sondern um ein Durchleuchten der Argumentation. In einem weiteren Schritt sollen die Schüler erneut zum anstehenden Problem Stellung beziehen.

Das Aufnehmen unbefangener Aussagen und Urteile ist VON FALKENHAUSEN ebenso wichtig wie die anschließende Reflexion. Die Schüler sollen auf diese Weise ihre eigenen moralischen Vorstellungen reflektieren, gegebenenfalls sogar revidieren und für andersartige Argumente Verständnis entwickeln.[736]

Unter dem Titel *Ich esse keine Gene* legte JÜRGEN LANGLET 1999 eine Konzeption der moralischen und ethischen Analyse „als Instrumentarium zur Entwicklung von Urteilsfähigkeit“[737] vor. Dabei propagiert LANGLET eine „moralische und politische Fallanalyse (Kasuistik) auf fachwissenschaftlicher Grundlage.“[738]

LANGLETS Ausgangspunkt ist die Feststellung, dass Ethik nach den Gründen der Moral fragt. Ethisches Nachdenken bedeutet entsprechend, Begründungen für moralische Aussagen zu finden. Hierzu will LANGLET die Schüler mit Hilfe seiner Konzeption auffordern.[739] Wie in VON FALKENHAUSENS Verfahrens-

[736] Vgl. von Falkenhausen (1994), S. 8f.
[737] Langlet (1999), S. 96.
[738] Langlet (1999), S. 97.
[739] Vgl. Langlet (1999), S. 98.

vorschlag werden moralische Schüleräußerungen zu bioethischen Problemlagen zum Ausgangspunkt ethischen Lernens gemacht. Diese werden „in sukzessiven Begründungsschritten auf ethische Grundsätze“[740] zurückgeführt. Die Diskussion verlagert sich damit auf die Ebene der zu Grunde liegenden Werte, aus intuitiven Urteilen werden reflektierte. Der Schwerpunkt liegt auf dem Erlernen von argumentativ konsistentem Begründen.[741]

LANGLET sieht folgende Schritte vor: Nach der Klärung der Problemsituation müssen alle moralischen Aussagen aufgelistet werden. Anschließend werden die moralischen Aussagen durch Normen begründet, die hernach durch (meta)ethische Prinzipien gerechtfertigt werden müssen. Hierbei können ethische Theorien und Mindestkonsense zum Zug kommen. Am Schluss steht „die Entscheidung bzw. Stellungnahme für eine der alternativen moralisch-ethischen Begründungen“[742].

Mit Hilfe der Konzeption können grundsätzlich alle moralischen Aussagen auf ihre Stichhaltigkeit hin analysiert werden. Auf diese Weise werden „Irrationalia“[743], wie sie im gentechnischen Bereich weit verbreitet sind, verstehbar gemacht.[744] Während LANGLETS Verfahren in allen Jahrgangsstufen und Schulformen bei jedem ethisch relevanten Problem eingesetzt werden kann, gibt VON FALKENHAUSEN keine spezielle Klassenstufe an.

[740] Langlet (1999), S. 99.
[741] Vgl. Langlet (1999), S. 98f.
[742] Langlet (1999), S. 99.
[743] Langlet (1999), S. 99.
[744] Vgl. Langlet (1999), S. 99.

4.5 Zusammenfassung

In den vergangenen 15 Jahren lässt sich innerhalb der Biologiedidaktik ein großes Bestreben feststellen, konkrete ethische Fragestellungen in den Biologieunterricht zu integrieren. So wurden mehrere Konzeptionen für ethisches Lernen im Sinne der ethischen Reflexion als Unterrichtshilfen entwickelt. Die Autoren dieser Konzeptionen bieten formale Verfahren zur Förderung der ethischen Urteilsfähigkeit an. Die Verfahren sind stark strukturiert und weisen eine Schrittfolge auf, welche ihre Anwendung im Unterricht erleichtern soll. Unterschiede zeigen sich in der zur Förderung der Urteilsfähigkeit gewählten Strategie. Innerhalb aller untersuchten Konzeptionen werden zunächst die mit biologischen Erkenntnissen verbundenen ethischen Probleme herausgestellt. Die Klärung von berührten Werten und weitere ethische Überlegungen sind nachgeordnet. Außer im Modell von KLEIN wird innerhalb der vorgeschlagenen Ablaufschritte zumindest fakultativ auf theoretische ethische Ansätze Bezug genommen, wobei für den Einsatz der Modelle fragmentarische Kenntnisse der philosophischen Ethik ausreichend sind. Meist stehen deontologische und konsequenzialistische Ansätze im Vordergrund, die meisten Konzeptionen lassen sich also auf der Ebene prinzipienethischer Ethikansätze positionieren. Lediglich in LANGLETS Verfahrensvorschlag ist die Berufung auf ethische Mindestkonsense vorgesehen, wobei die ethischen Grundsätze von Bedeutung sind, die im Lichte des gegebenen Problems Relevanz haben.

Das Wissen um ethische Prinzipien oder Ansätze hat unterschiedliche Bedeutung. So wird in der Konzeption von DULITZ & KATTMANN die Verantwortungsethik zur obersten Stufe ethischer Reflexion erklärt, während Ordnungs- und Gesinnungsethik den Status von Hilfsethiken zugewiesen bekommen. BAYRHUBER und HÖßLE stellen ethische Ansätze in den Dienst einer metaethischen Reflexion von Argumenten. Deshalb werden Argumente ethischen Traditionen zugeordnet. In den Konzeptionen von MEISERT & KIERDORF und VON FALKENHAUSEN dient die fakultativ vorzunehmende Bezugnahme auf ethische Ansätze der Durchleuchtung der jeweiligen Argumentationsweise.

	DULITZ & KATTMANN (1990)	**BAYRHUBER (1992)**	**KLEIN (1993a,b)**	**LANGLET (1999)**
Kerngedanken, Schwerpunkte	Während des Entscheidungsprozesses werden drei Reflexionsebenen durchschritten, welche normativ auf Ordnungs-, Gesinnungs- und Verantwortungsethik gründen. Diese drei Reflexionsebenen sind als strukturierende Kernelemente des Prozesses zu verstehen. Ethisch klärende Fragen sollen den Prozess erleichtern. Einige dieser Fragen „zielen auf die allgemeinen ethischen Grundsätze, wie sie innerhalb einer vernunftbezogenen Ethik formuliert wurden: Universalität, Gegenseitigkeit, Solidarität“[745] ab.	Das Verfahren der ethischen Analyse orientiert sich an den basalen Werten der naturalistischen und personalistischen Ethik. Es soll helfen, verschiedene Argumente systematisch zu ordnen und im Einzelnen zu diskutieren. Die Bezugnahme auf die personalistische und naturalistische Ethik erfolgt mit dem Ziel, ethische Grundrichtungen, von denen Urteile geleitet sind, aufzudecken. Hierbei soll gezeigt werden, wie gegensätzlich ein und dieselbe Handlung beurteilt werden kann.	Es wird davon ausgegangen, dass Handelnde während eines Entscheidungs- bzw. Abwägungsprozesses bestimmte Reflexionsebenen durchschreiten. Die Schüler sollen diesen Prozess aus der Sicht des Handelnden nachvollziehen und dabei die der Handlung zugrunde liegenden Motive, Ziele und Folgen sowie die von der Handlung berührten Normen und Werte aufspüren.	Ethisches Nachdenken bedeutet Begründungen für moralische Aussagen zu finden. Deshalb sollen moralische Äußerungen auf zugrunde liegende Normen und diese wieder auf metaethische Prinzipien (ethische Theorien oder Mindestkonsense) zurückgeführt werden.
Schritte	1. Wahrnehmung der Entscheidungssituation 2. Auflisten der Handlungsmöglichkeiten 3. Auflisten der Werte 4. Auflisten der Ziele und Motive 5. Analyse der Ziele, Wertentscheidungen und Handlungsmöglichkeiten 6. Aufstellen einer Rangordnung der Werte 7. Auswahl der Handlungsmöglichkeit	1. Beschreibung der Handlung, die zur Debatte steht 2. Auflisten der durch die Handlung berührten Werte 3. Klärung des Zusammenhangs der ermittelten Werte mit der *Würde* des Menschen bzw. dem *Wohlergehen* 4. Bewertung der Handlung auf der Grundlage des betrachteten Wertes 5. Klärung der gesellschaftlich-politischen und sozialen Konsequenzen 6. Diskussion und Kritik Wiederholung der Schritte 3 – 6 für den anderen Wert	1. Vermittlung biologischer Informationen 2. Beschreibung der Handlung als Situation 3. Analyse der Handlung ▪ Analyse der Erfahrungen und Bedürfnisse des Handelnden sowie der zugrunde liegenden Norm- und Wertvorstellungen. ▪ Zuordnung von Tätigkeitsformen und Bedenken der Folgen 4. Bildung einer eigenen Position	1. Benennung der Problemsituation, Klärung der Sache 2. Auflisten der moralischen Aussagen zum Problemfall 3. Begründung der Aussagen durch Normen 4. Rechtfertigung der Normen durch metaethische Prinzipien 5. Entscheidung bzw. Stellungnahme für eine der alternativen Begründungen
Ziel	▪ Schüler sollen dazu befähigt werden, ethische Probleme zu erkennen, auf diese zu reagieren und moralisch vertretbare Lösungen zu finden.	▪ Systematisches Ordnen der Argumente ▪ Vorbeugen von Indoktrination ▪ Prüfung der Stichhaltigkeit von Argumenten • Entscheidungshilfe	▪ Den Schülern soll zu Sachkompetenz in der ethischen Urteilsfindung verholfen werden.	▪ Offen legen und Entlarven von Irrationalia ▪ Durchleuchten von moralischen Aussagen

[745] Vgl. Dulitz & Kattmann (1990), S. 22.

	HÖßLE (2001a)	MEISERT & KIERDORF (2001)	VON FALKENHAUSEN (1994)
Kerngedanken, Schwerpunkte	Zur Schulung der Urteilsfähigkeit sollte die öffentliche Diskussion transparenter gemacht werden. Deshalb werden ethische Argumente und Urteile der deontologischen bzw. der utilitaristischen Tradition zugeordnet. Die Bezugnahme auf diese Traditionen erfolgt mit dem Ziel, ethische Grundrichtungen, von denen Urteile geleitet sind, aufzudecken.	Bioethische Diskussionen konstituieren sich aus Sachverhalt, Handlungsmöglichkeit und normativer Grundlage der Handlungsmöglichkeit. Die Entscheidung für eine der beiden Handlungsmöglichkeiten hängt von der Relevanz der zu Grunde liegenden Normen oder Werte ab. Diese argumentative Struktur wird in Unterrichtsschritten aufgedeckt. Die fakultativ vorzunehmende Bezugnahme auf die konsequenzialistische und die deontologische Tradition erfolgt mit dem Ziel, die Art der Argumentation zu durchleuchten	Moralische Äußerungen zu ethischen Fragen, die sich aus biologischen Anwendungen ergeben, werden auf zugrunde liegende Werte zurückgeführt. Die fakultative Bezugnahme auf ethische Traditionen erfolgt mit dem Ziel die Art der Argumentation zu durchleuchten.
Schritte	1. Definieren des Dilemmas 2. Nennen der Handlungsoptionen 3. Aufzählen berührter ethischer Werte 4. Unterscheidung zwischen deontologischen und utilitaristischen Argumenten 5. Begründete Urteilsfällung und Diskussion alternativer Urteile 6. Aufzählen der Konsequenzen aus den Urteilen 7. Erneute Reflexion des Urteils	1. Beschreibung des Sachverhalts 2. Angabe zweier Handlungsoptionen 3. Sammlung von Argumenten für beide Handlungsoptionen 4. Vergleichende Betrachtung beider Standpunkte 5. Analyse der zugrunde liegenden Werte 6. Evtl. Bezug zur deontologischen und konsequenzialistischen Sichtweise 7. Fakultativ vorzunehmende Stellungnahme zum vorgestellten Problem	1. Vermittlung biologischen Fachwissens 2. Sammlung von Schülerfragen, -aussagen und -argumenten 3. Aufspüren zugrunde liegender Wertvorstellungen 4. evtl. Einordnen der Argumente im Sinne philosophischer bzw. christlicher Ethik 5. erneute Stellungnahme
Ziele	▪ Förderung moralischer Urteilsfähigkeit und Fähigkeit zum Perspektivwechsel	• Förderung der Urteilsfähigkeit • Erarbeitung argumentativer Transparenz	Ethisch begründetes Urteilen und Handeln

Tabelle 5: Übersicht über biologiedidaktische Konzeptionen für ethisches Lernen im Biologieunterricht[746]

[746] siehe hierzu auch Bögeholz, Hößle, Sander & Schlüter (2004).

4.6 Kritische Würdigung

Im Folgenden werden die vorgestellten Konzeptionen einer kritischen Würdigung unterzogen. Unterrichtshilfen, die im Dienste der Förderung ethischer Urteilskraft stehen, werden dabei sowohl unter didaktischen als auch ethischen Blickwinkeln reflektiert. Meines Erachtens bieten sich hierfür WOLFGANG KLAFKIS Leitfragen nach der Zugänglichkeit, der Gegenwarts- und Zukunftsbedeutung, der Exemplarität und der Struktur des Inhalts als Reflexionsgrundlage an,[747] da diese auf eine didaktische Reflexion der Inhalte, in diesem Fall der Ethik, ausgerichtet sind und somit sowohl der didaktischen als auch der ethischen Dimension Rechnung tragen.

Damit steht die Prüfung folgender Fragen zur Debatte:

(1) Sind die Konzeptionen dazu geeignet, die Zugänglichkeit zu bioethischen Problemen zu erhöhen?
(2) Kann mit Hilfe der Konzeptionen die Gegenwarts- und Zukunftsbedeutung bioethischer Fragen aufgezeigt werden?
(3) Eignen sich die Konzeptionen zur exemplarischen Erschließung größerer Sinn- und Sachzusammenhänge?
(4) Wird die Struktur bioethischer Probleme und Fragestellungen oder die Struktur ethischer Argumentations- und Urteilsbildungsprozesse durch den Einsatz der Konzeptionen verständlich?

4.6.1 Prüfung anhand der Leitfragen Klafkis

(1) Sind die Konzeptionen dazu geeignet, die Zugänglichkeit zu bioethischen Problemen zu erhöhen?

Durch die in den Konzeptionen von DULITZ & KATTMANN, BAYRHUBER, KLEIN, HÖßLE und MEISERT & KIERDORF in Form von Fallgeschichten oder Dilemmata dargebotenen konkreten Entscheidungssituationen werden bioethische Probleme eingegrenzt und somit anschaulich bzw. zugänglich gemacht. Die genannten Konzeptionen sind also grundsätzlich dazu geeignet, die Zugänglichkeit zu bioethischen Problemen zu erhöhen. Mit Hilfe von Dilemmata und Fallgeschichten werden zusätzlich adäquate Mittel zur Stimulation der Urteilsfähigkeit und zur Steigerung von Argumentationsfähigkeit und praktischer Urteilskraft gewählt. „Der Schüler sieht sich in Widersprüche verwickelt und sieht sich herausgefordert, diese kognitiven Dissonanzen wieder auszubalancieren.“[748] Allerdings kann davon ausgegangen werden, dass nicht nachvollziehbare Konfliktsituationen bioethische Problemstellungen nicht

[747] Vgl. Klafki (1994), S. 270ff.
[748] Pfeifer (2003), S. 144.

zugänglicher machen, sondern den Prozess ethischer Urteilsfindung behindern. Werden beispielsweise Dilemmasituationen zum Ausgangspunkt ethischen Lernens gemacht, ist es wichtig, dass die pädagogisch vorgegebene Definition des Dilemmas mit derjenigen der Schüler überlappt. Kann dies nicht erreicht werden, sollte das Thema nicht weiter verfolgt werden, da moralisches Lernen nicht erzwungen werden kann.[749] CORINNA HÖßLE unterstreicht die Wichtigkeit des korrekten Erfassens der Problemsituation, in ihrem Fall eines Dilemmas, als erste Vorraussetzung für ethische Urteilsbildungsprozesse. Dieser Hinweis ist meines Erachtens für den Lehrenden unabdingbar.
KLEIN versteht seine Konzeption als Hilfsmittel für den Einstieg in die Problematik ethischer Urteilsfindung.[750] Diese soll also grundsätzlich mit Hilfe seines Verfahrensvorschlags zugänglich gemacht werden. Allerdings ist es nach meinem Dafürhalten zweifelhaft, ob durch die Analyse der zur Diskussion stehenden Handlung nach der abstrakten und stark formalisierten Vorlage KLEINS die Zugänglichkeit zur bioethischen Urteilsfindung tatsächlich erhöht wird.[751]
In den Modellen von LANGLET und VON FALKENHAUSEN werden originär moralische Stellungnahmen von Schülern zu moralischen Problemen zum Ausgangspunkt ethischen Lernens gemacht. Auf diese Weise wird an der Erfahrungswelt der Schüler angeknüpft, die hierdurch dort abgeholt werden, wo sie sich befinden. Die Zugänglichkeit wird also auch in diesen beiden Verfahrensvorschlägen erhöht.

(2) Kann mit Hilfe der Konzeptionen die Gegenwarts- und Zukunftsbedeutung bioethischer Fragen aufgezeigt werden?

Die zu Beginn der Konzeptionen stehenden konkreten Entscheidungs- und Handlungssituationen machen die bioethischen Probleme nicht nur zugänglich, sondern bieten darüber hinaus die Chance, eine mögliche Gegenwarts- und Zukunftsbedeutung der aufgeworfenen Probleme aufzuzeigen. Ebenso wird mit der Aufnahme von Schüleraussagen und -argumenten an der gegenwärtigen Situation und dem Erfahrungsbereich der Schüler angeknüpft.
Durch eine entsprechende Wahl der Fallgeschichten und Dilemmata kann die Möglichkeit zur Identifikation mit der Situation, der Entscheidungsaufgabe oder dem Problem gegeben und direkt an möglichen gegenwärtigen oder zukünftigen Situationen der Schüler angeschlossen werden. Das im Unterricht aufgeworfene Problem wird zum Problem der Schüler gemacht. Auf diese Weise wird zwischen der Sache und den Schülern vermittelt.
Fall- bzw. Dilemmageschichten sind vor allem dann geeignet, wenn sie nicht zu abstrakt sind und moralische Probleme deutlich erkennen lassen. Außer-

[749] Vgl. Lind (2006), S. 12f.
[750] Vgl. Klein (1993a), S. 32.
[751] Siehe Abschnitt 4.3, Abbildung 24.

dem sollten innerhalb der Fall- und Dilemmageschichten Themen aufgegriffen werden, welche Schüler der jeweiligen Altersstufen ansprechen.[752] Auch sollte bei der Auswahl darauf geachtet werden, dass die Grenze zwischen Realität und Fiktion klar angezeigt wird. Andernfalls wird Unsicherheit hinsichtlich der tatsächlichen Gegenwarts- und Zukunftsbedeutung der thematisierten Techniken erzeugt.[753]

(3) Eignen sich die Konzeptionen zur exemplarischen Erschließung größerer Sinn- und Sachzusammenhänge?

Da in den Konzeptionen von DULITZ & KATTMANN, KLEIN, BAYRHUBER, HÖßLE und MEISERT & KIERDORF exemplarische Entscheidungs- oder Handlungssituationen in den Mittelpunkt gerückt werden, eignen sich diese Modelle grundsätzlich zur exemplarischen Erschließung größerer Sinn- und Sachzusammenhänge. So werden mit Hilfe der zu Beginn stehenden Entscheidungs- bzw. Handlungssituationen konflikthafte exemplarische Situationen herausgehoben und einer Diskussion zugänglich gemacht. Anhand dieser exemplarischen Situationen können Schüler ihre Argumentations- und Urteilsbildungsfähigkeit erproben, das heißt den Prozess ethischen Argumentierens und Urteilens vollziehen.

Allerdings stehen die genannten Modelle im Dienste der Regulierung der vorgestellten Entscheidungs- oder Handlungssituationen, sie beschränken sich also auf die Bearbeitung der exemplarisch herausgehobenen Fälle. Zu fragen bleibt, ob es zur Erschließung eines größeren Sinn- und Sachzusammenhangs nicht nötig wäre, in einem weiteren Schritt vom exemplarischen Fall abzuweichen und die Perspektive zu öffnen, also die eigentliche moralische Frage nicht aus dem Blickfeld zu verlieren.

In diesem Zusammenhang ist bei der Auswahl der Entscheidungs-, Handlungs- oder Problemsituationen Sorge zu tragen, dass die eingesetzten Fallbeispiele und Konfliktsituationen exemplarischen Charakter haben und dazu geeignet sind, ein Problemfeld zu erschließen.[754]

Auch die moralischen Schüleraussagen, die in den Modellen von LANGLET und VON FALKENHAUSEN zum Ausgangspunkt ethischen Lernens gemacht werden, haben exemplarischen Charakter. Anhand dieser exemplarischen Äußerungen wird die Grundstruktur moralischer Aussagen aufgedeckt.

[752] Vgl. Maier (1986), S. 119f.
[753] Vgl. Horlacher & Luther-Kirner (2007), S. 225.
[754] Vgl. Horlacher & Luther-Kirner (2007), S. 226.

(4) Wird die Struktur bioethischer Probleme und Fragestellungen bzw. ethischer Argumentations- und Urteilsbildungsprozesse durch den Einsatz der Unterrichtskonzeptionen verständlich?

Um diese Frage beantworten zu können, muss zunächst geklärt werden, wie eine Struktur ethischer Argumentations- und Urteilsbildungsprozesse aussehen könnte. Erst dann kann beurteilt werden, ob die untersuchten Unterrichtsmodelle diese Struktur deutlich machen.

a) Zur Struktur ethischer Argumentations- und Urteilsbildungsprozesse

Eine objektiv gültige und direkt handhabbare Theorie über den Verlauf und die Form ethisch-philosophischer Argumentation im Unterricht könne zunächst einmal genauso wenig angegeben werden, wie ein methodisches Handwerkszeug, das unmittelbar zur Förderung ethischer Argumentationsfähigkeit geeignet ist, bemerkt CHRISTA RUNTENBERG. So lerne man ethisches Argumentieren im Vollzug, also indem man argumentiere und sich inhaltlich mit der Argumentation auseinandersetze.[755]

Bereits in Abschnitt 3.3.2.1 wurde ein Konzept ethischer Urteilsbildung dargelegt: Das von EDUARD TÖDT entfaltete Modell besteht aus sechs Schritten, die der Urteilende durchläuft, bevor er sein Urteil zum Abschluss bringen kann. Eine modifizierte Theorie, die im Wesentlichen aus drei Schritten besteht, wurde von OTFRIED HÖFFE vorgestellt.[756] In Anlehnung an HÖFFE unterstreicht auch VOLKER PFEIFER diese drei Kernelemente. Demnach sollte ethisches Argumentieren mindestens dreierlei berücksichtigen: „In der Situationsanalyse werden die konkreten und signifikanten Details identifiziert, die Normenanalyse stellt jene Prinzipien und Normen bereit, nach denen geurteilt werden soll. Schließlich kommt es in einer sich daran anschließenden Güterabwägung zu einem abschließenden, aber grundsätzlich revisionsoffenen Urteil.“[757] Ebenso geht JULIA DIETRICH davon aus, dass ein ethisches Urteilsbildungsmodell im Grunde aus diesen drei Elementen besteht, „mit denen zugleich drei grundlegende Fähigkeiten benannt sind, die das Profil ethischer Grundbildung ausmachen, nämlich die Fähigkeit zur Wahrnehmung einer Situation als ethisch relevanter (…), die Fähigkeit zur Generierung von einschlägigen Normen zusammen mit deren Abwägung und Begründung sowie die Fähigkeit zur logischen Schlussfolgerung.“[758] Nach OTFRIED HÖFFE sollte sich Unterricht, der im Dienste der Förderung ethischer Urteilsfähigkeit steht, auf diese kognitiven Momente sittlichen Handelns konzentrieren.[759]

[755] Vgl. Runtenberg (2001a), S. 177.
[756] Vgl. Abschnitt 3.3.2.1.
[757] Pfeifer (2003), S. 28.
[758] Dietrich (2003), S. 272.
[759] Vgl. Pfeifer (2003), S. 28.

Eine Unterrichtskonzeption, die im Dienste der Förderung ethischer Urteilskraft steht, kann also dahingehend untersucht werden, ob die oben genannten Strukturschritte grundsätzlich vollzogen werden und somit die Struktur ethischer Urteilsbildung abgebildet wird.

b) Würdigung der Struktur ethischer Urteilsfindung innerhalb der Konzeptionen

Meines Erachtens können im Großen und Ganzen alle untersuchten Konzeptionen auf die oben beschriebene Grundstruktur ethischer Urteilsbildung zurückgeführt werden. In allen Fällen wird zunächst die Problem- bzw. Entscheidungssituation wahrgenommen, um dann zu einer Prüfung von Normen und Werten überzugehen. So werden in den Konzeptionen von BAYRHUBER, HÖßLE, KLEIN, DULITZ & KATTMANN und MEISERT & KIERDORF zunächst die von den Handlungsoptionen berührten Werte gesucht. Mit Hilfe der Werte werden Argumente für oder gegen die Handlungsoptionen gebildet. In den Verfahrensvorschlägen von LANGLET und VON FALKENHAUSEN werden moralische Aussagen oder Argumente auf ihre zugrunde liegenden Normen und Werte untersucht.

Als sich daran anschließende logische Schlussfolgerung wird im Konzept von DULITZ & KATTMANN eine Handlungsoption ausgewählt, während HÖßLE eine begründete Urteilsbildung vorsieht. In den Konzeptionen von LANGLET, VON FALKENHAUSEN, und MEISERT & KIERDORF soll bzw. kann Stellung zu den vorgestellten Problemen bzw. Argumenten bezogen werden. Im Verfahrensvorschlag von BAYRHUBER wird die zur Diskussion stehende Handlung lediglich auf Grundlage des jeweils betrachteten Wertes beurteilt, eine abschließende Schussfolgerung in Form einer Entscheidung bleibt ausgespart. Vielmehr „sollte deutlich gemacht werden, dass es eine klare und eindeutige Antwort auf die Frage, ob dieses Verfahren moralisch gut oder schlecht ist, nicht gibt.“[760] Mir erscheint das bewusste Ausklammern einer Schlussfolgerung unbefriedigend, weil ein wesentlicher Bestandteil ethischer Argumentation fehlt. Die zusätzliche Betonung der Unmöglichkeit einer Beantwortung suggeriert außerdem, dass bioethische Probleme nicht lösbar seien. Zwar sind bei echten Prinzipienkollisionen glatte Lösungen nicht möglich, allerdings ist die Frage, „ob es jenseits der ‚restlosen’ Lösungen nicht auch angenäherte Lösungen gibt und ob es nicht möglich ist, den ‚Rest’ zu minimieren.“[761] KURT BAYERTZ jedenfalls sieht gerade darin eine wichtige Aufgabe der angewandten Ethik. Diese solle „zeigen, welche der zur Verfügung stehenden Handlungsoptionen – unter Abwägung aller involvierten faktischen und normativen Aspekte – die bestmögliche ist.“[762] Die sorgfältige

[760] Bayrhuber (1992), S. 131.
[761] Bayertz (1991), S. 33.
[762] Bayertz (1991), S. 33.

Güterabwägung eröffne den Weg, auf dem begründete Entscheidungen getroffen werden können.[763]

Dieser hier durchgeführte formale Blick erlaubt noch keine Aussage darüber, auf welche Weise die Struktur ethischer Argumentation bzw. Urteilsfindung innerhalb der Konzeptionen erhellt wird und von welchen ethischen Voran-nahmen die unterschiedlichen Unterrichtsmodelle ausgehen. Eine qualitative Würdigung anhand dieses formalen Blickes ist deshalb nicht möglich. Hierfür ist ein analytischer, das heißt inhaltlich vertiefender Blick notwendig. Auf die Konzeptionen bezogen heißt das, dass entlang der oben genannten Dimensi-onen untersucht werden kann, auf welche Weise diesen Schritten Rechnung getragen wird. Stärken und Schwächen hinsichtlich dieser Dimensionen erhellen oder verdecken den Weg ethischer Entscheidungsfindung.

4.6.2 Vertiefte Würdigung der Struktur ethischer Urteilsfindung

(1) Erste Dimension: Situationsanalyse oder Wahrnehmung einer Situation als ethisch relevant

In den untersuchten Konzeptionen steht die Wahrnehmung von Entschei-dungs- bzw. Handlungssituationen oder ethischen Problemen zu Beginn. Besonders DULITZ & KATTMANN sowie KLEIN sehen eine sehr umfassende Situations- bzw. Problemanalyse vor, über welche Handlungskontexte und auch Handlungsbedingungen erschlossen werden sollen. Unterstützt wird dieser Prozess im Verfahrensvorschlag von DULITZ & KATTMANN durch Leitfragen. In der Konzeption von KLEIN erschließen die Schüler die Kontexte mit Hilfe eines Schemas.[764] Dem Umfeld, in welchem die Handlung erfolgt bzw. auf welches die Handlung Auswirkungen hat, wird auf diese Art und Weise Rechnung getragen. Auch die in den Konzeptionen von HÖßLE, BAYRHUBER und MEISERT & KIERDORF am Anfang stehenden normativen Entscheidungssituationen müssen zunächst definiert bzw. ausbuchstabiert werden.

Grundsätzlich ist es wichtig, dass die Probleme, die zum Ausgangspunkt ethischen Lernens gemacht werden, genau erfasst und verstanden werden, damit sie aufgelöst werden können. Dies wird insbesondere von CORINNA HÖßLE unterstrichen. Auch DULITZ & KATTMANN betonen, dass die Entschei-dungssituation möglichst anschaulich gemacht werden müsse, damit diese für die Schüler nachvollziehbar sei.

[763] Vgl. Bayertz (1991), S. 33.
[764] Siehe Abschnitt 4.3, Abbildung 24.

Es ist davon auszugehen, dass Dilemmageschichten und Konfliktsituationen bei Schülern Gefühle wecken und Emotionen hervorrufen. Der Kognitionspsychologe MARTIN HÄNZE betont, dass solche Gefühle der Reflexion bedürfen, wenn Urteilsbildung befördert werden solle. Die Reflexion von Gefühlen führe zu einer emotionalen Klarheit, was Grundlage sei für die Entscheidungsfähigkeit und Handlungsbereitschaft in ambivalent erlebten Konfliktsituationen.[765] Konkret heißt das, dass innerhalb der Konzeptionen Raum für diese Reflexion gelassen werden sollte. Eine solche Phase wird außer in VON FALKENHAUSENS Konzept nicht explizit berücksichtigt, eine Ergänzung wäre deshalb notwendig.[766]

Insbesondere wenn konkrete Entscheidungs- und Dilemmasituationen zum Ausgangspunkt ethischen Lernens gemacht werden, muss nach meinem Dafürhalten außerdem darauf geachtet werden, dass der Urteilsgegenstand nicht nur im Hinblick auf die konkrete Situation oder das konkrete Problem betrachtet wird. Andernfalls wird die ethische Urteilsbildung in den Dienst einer Regulierung von Einzelfällen gestellt. Nach KURT BAYERTZ allerdings lässt sich die angewandte Ethik nicht auf den Einzelfall beschränken, sondern muss auch den Regelfall zum Gegenstand ihrer Reflexion machen.[767] Die Modelle sollten meines Erachtens um einen solchen Hinweis ergänzt werden.

(2) Zweite Dimension: Normenanalyse oder Fähigkeit zur Generierung, Abwägung und Begründung einschlägiger Normen

In allen untersuchten Konzeptionen werden unterschiedliche Schritte der Benennung und Prüfung von Werten oder Normen eingeschaltet, es werden also Kriterien gesucht, die zur Bearbeitung der vorgestellten Probleme herangezogen werden können. Dabei wird die normative Ebene durch Analyse von Werten erreicht. In den Konzeptionen von BAYRHUBER und HÖßLE werden die von den Handlungsoptionen berührten Werte zunächst aufgelistet und benannt, dann unter Bezugnahme auf ethische Traditionen vertiefend reflektiert. Auch im Verfahrensvorschlag von DULITZ & KATTMANN geht es um die Benennung der von den Handlungsoptionen berührten Werte. Nach einer vertiefenden Reflexion dieser Werte unter ethischen Gesichtspunkten wird zusätzlich eine Rangordnung der Werte erstellt, für welche es allerdings keine Mehrheitsentscheidungen gebe.[768] In der Konzeption von MEISERT & KIERDORF werden von Schülern Argumente für die zur Diskussion stehenden Handlungsoptionen gebildet. Diese spiegeln die zugrunde liegenden Normen und Werte wider. Anschließend wird im Klassenverband diskutiert, welche Werte und Normen als besonders ausschlaggebend eingestuft werden, das heißt, die

[765] Vgl. Weidenbach (2005), S. 90f.
[766] Vgl. Weidenbach (2005).
[767] Vgl. Bayertz (1991), S. 23.
[768] Vgl. Dulitz & Kattmann (1990), S. 22f.

Werte und Argumente werden auf ihre Plausibilität hin überprüft. In den Verfahrensvorschlägen von LANGLET und VON FALKENHAUSEN steht die Analyse zugrunde liegender Werte im Dienste der Erörterung unterschiedlicher Schüleraussagen. Dabei werden Aussagen und Argumente von Schülern rekonstruiert, indem diese auf zugrunde liegende normative Prämissen zurückgeführt werden.
Insgesamt werden zwar in allen Konzeptionen Werte analysiert, meist werden diese anhand bestimmter ethischer Kriterien reflektiert bzw. klassifiziert, eine Verständigung über diese Werte im Klassenverband findet ausdrücklich lediglich im Vorschlag von MEISERT & KIERDORF statt. Der Ethikdidaktiker VOLKER PFEIFER hält elementare Verbindlichkeiten durchaus für notwendig, um „einen gerechten und humanen Umgang mit Konflikten zu ermöglichen."[769] Diese müssen gefunden und benannt werden. Wünschenswert wäre es deshalb, sich im Klassenverband über diese Verbindlichkeiten zu verständigen. Einen solchen Schritt sehen beispielsweise SUSANNE BÖGEHOLZ und JAN BARKMANN in ihrer biologiedidaktischen Konzeption zur Urteilsfindung im Bereich Umweltbildung vor. So sollen sich die Schüler diskursiv auf zentrale Wertekategorien einigen und diese gewichten. Hierdurch soll ein „Kommunikationsrepertoire zur Suche nach Konsens oder fairem Kompromiss" vermittelt und „Einigungen in der Gemeinschaft bzw. Gesellschaft"[770] angebahnt werden.
Freilich wird eine gemeinsame Wertebasis nicht immer auszuloten sein; was allerdings auf jeden Fall gewährleistet sein sollte, ist die Anerkennung der Regeln des ethischen Diskurses, also der „Grund- und Rahmenbedingungen, die den Ausgleich rivalisierender Selbstrealisation regeln: Voraussetzungen von Kommunikation und Bedingungen einer humanen Konfliktbewältigung."[771]

Das Wissen um ethische Prinzipien oder Ansätze hat in den Konzeptionen unterschiedliche Bedeutung. So werden weder im Konzept von DULITZ & KATTMANN noch in dem von KLEIN ethische Prinzipien oder Ansätze gegenüber den Lernenden ausdrücklich benannt. Zwar erfolgt im Konzept von DULITZ & KATTMANN die Reflexion der Werte anhand ethisch klärender Fragen, über die allgemeine ethische Prinzipien abgedeckt sein sollen, jedoch werden diese, dem Material nach zu urteilen, gegenüber den Lernenden nicht angeführt. Auch die ethische Positionierung, also die Orientierung an der Ordnungs-, Gesinnungs- und Verantwortungsethik, wird lediglich gegenüber dem Lehrenden ausgewiesen, nicht aber gegenüber den Schülern. Genau dies wäre wichtig und notwendig. Klar wird die von DULITZ & KATTMANN vorgegebene Struktur der Urteilsbildung dann, wenn offen gelegt wird, woran eine

[769] Pfeifer (2003), S. 27.
[770] Bögeholz (2006), S. 17.
[771] Höffe (1994), zit. aus Pfeifer (2003), S. 27.

Orientierung erfolgt, weil nur auf diese Weise der Weg der ethischen Entscheidung auch transparent gemacht wird.

SVEA LUISE HERRMANN sieht das ethische Fundament des Konzepts von DULITZ und KATTMANN überaus kritisch. Weil Ordnungs-, Gesinnungs- und Verantwortungsethik als Reflexionsebenen verstanden würden, die aufeinander aufbauen, gerieten Ordnungs- und Gesinnungsethik „zu einer Art Hilfsethiken für die sog. Verantwortungsethik“[772]. Letztere erhielte dadurch den Status der eigentlichen, modernen und begründeten Ethik. Durch die Erklärung der Verantwortungsethik zur obersten Stufe würde gleichsam suggeriert, dass dieser der höchste Geltungsanspruch zukomme.[773]

In einigen Konzeptionen ist innerhalb der Ablaufschritte die Bezugnahme auf theoretische ethische Ansätze vorgesehen. Diese erfolgt in den Verfahrensvorschlägen von BAYRHUBER und HÖßLE als fester Bestandteil des Entscheidungsfindungsprozesses, in denen von MEISERT & KIERDORF und VON FALKENHAUSEN als Kann-Option.

In den Konzeptionen von HÖßLE und BAYRHUBER steht die metaethische Klassifizierung von Argumenten hinsichtlich ethischer Ansätze im Vordergrund. BAYRHUBER sieht „die im angelsächsischen Raum beheimatete naturalistisch-teleologische und in die in der europäisch-christlichen Tradition stehende personalistisch-deontologische“[774] Ethik vor, wobei er unter personalistischer Ethik theologische und deontologische Ansätze subsummiert und mit der naturalistischen Ethik den Utilitarismus erfassen möchte.[775] Nach BAYRHUBER bestimmen gerade diese beiden Traditionen das geistige Leben der Zeit und demgemäß auch die öffentliche Diskussion über die Biotechnik mit.[776] Durch die Rückführung der von den Schülern gesammelten Werte auf *Wohlergehen* und *Menschenwürde* werde die Möglichkeit zur Klassifizierung der individuellen Begründungen gegeben. Außerdem könne deutlich gemacht werden, dass es eine klare und eindeutige Antwort auf bestimmte Fragen nicht gebe.[777] In der von HÖßLE entwickelten Konzeption ist die Bezugnahme auf die deontologische und utilitaristische Tradition vorgesehen. HÖßLE geht davon aus, dass sich Argumente, die in den öffentlichen Diskussionen zu finden sind, diesen beiden ethischen Grundrichtungen zuordnen lassen. Deshalb sollen Argumente hinsichtlich dieser Traditionen klassifiziert werden, weil zum begründeten ethischen Urteil die Fähigkeit zur Einordnung des einzelnen Arguments in die entsprechende philosophische Tradition gehöre. Diese Fähigkeit zeige, dass der Schüler eine eigene Vorstellung von einem allgemeinen Begriff moralischen Urteilens habe und in der Lage dazu sei,

[772] Herrmann (1999), S. 83.
[773] Vgl. Herrmann (1999), S. 83.
[774] Bayrhuber (1987), S. 41.
[775] Vgl. Bayrhuber (1987), S. 41; Bayrhuber (1990), S. 9f.
[776] Vgl. Bayrhuber (1987), S. 41.
[777] Vgl. Bayrhuber (1992), S. 128ff.

ethische Werte in ihrer Tragweite zu erkennen und zu reflektieren. Außerdem, so HÖßLE, könnten Schüler auf diese Weise erkennen, dass utilitaristische und deontologische Argumente konfligieren.[778]
In den Verfahrensvorschlägen von MEISERT & KIERDORF und VON FALKENHAUSEN dient die Berufung auf ethische Traditionen dazu, den Fokus unterschiedlicher Argumentationen aufzudecken und die Art der Argumentationsweise zu durchleuchten. Dabei kann es nach VON FALKENHAUSEN selbst in der gymnasialen Oberstufe nicht darum gehen, ethische Theorien explizit abzuhandeln.[779] In der Konzeption von MEISERT & KIERDORF „werden die jeweiligen Normen dahin gehend überprüft, auf welchen kontextbezogenen Gesichtspunkt sie sich beziehen, das heißt ob sie in erster Linie die Handlung selbst bewerten (…) oder (…) ob sie die Folgen/Konsequenzen einer Handlung heranziehen (…).“[780] Der Schwerpunkt liegt also nicht auf einer metaethischen Reflexion von Schülerargumenten, sondern auf einer vertiefenden Auseinandersetzung mit zugrunde liegenden Werten. Nicht die Klassifizierung von Argumenten steht im Vordergrund, sondern die Erkenntnis, dass unterschiedliche Urteile aus unterschiedlichen Blickwinkeln auf die Problematik resultieren können.

Im Sinne einer rationalen und verständigungsorientierten Diskussion ist als Voraussetzung für die eigene Urteilsfähigkeit die philosophische Auseinandersetzung mit Urteilen und Argumenten anderer notwendig und vorteilhaft.[781] So gehört zu einer eigenen kritischen Standortbestimmung die Auseinandersetzung mit fremden Wertmustern und Lebensentwürfen. Die Auseinandersetzung mit unterschiedlichen Argumentationsstrategien kann Orientierung bieten, das heißt eine „mögliche Richtung plausibel begründeter Urteile und Entscheidungen“[782] anzeigen. Die Bezugnahme auf ethische Traditionen mit dem Ziel, Argumentationsstrukturen zu durchleuchten oder plausibel begründete Argumente aufzuzeigen und dadurch Orientierung zu bieten, scheint mir deshalb sinnvoll und hilfreich zu sein.
Zu überdenken ist meines Erachtens die Klassifizierung von Argumenten hinsichtlich ihrer philosophischen Traditionen, wie sie in den Konzeptionen von BAYRHUBER und HÖßLE vorgesehen ist. Schon die Grundannahmen, beim ethischen Argumentieren würde letztlich entweder auf das Wohlergehen oder auf die Würde des Menschen Bezug genommen oder die in den öffentlichen Diskussionen zu findenden Argumente seien entweder dem Utilitarismus oder der Deontologie zuzuordnen, sind zu hinterfragen. Durch die Einteilung der

[778] Vgl. Hößle (2001c), S. 37.
[779] Vgl. von Falkenhausen (1994), S. 9.
[780] Meisert und Kierdorf (2001), S. 362.
[781] Vgl. Runtenberg (2001), S. 151.
[782] Pfeifer (2003), S. 29.

Argumente in diese beiden ethischen Traditionen wird unterstellt, dass entweder das Eine oder das Andere gehe. Gleichzeitig wird die Bioethik auf diese beiden theoretischen Strömungen reduziert und damit ignoriert, dass sich die Bioethik eben keiner ethischen Tradition eindeutig zuordnen lässt und dass die meisten Bioethiker kohärentistische Verfahren befürworten.[783]
Nach CHRISTA RUNTENBERG beziehen sich die Argumente in der Gentechnik-Debatte „nur zum Teil direkt, in der Regel jedoch nur indirekt auf verschiedene normative Konzepte.“[784] Dementsprechend könnten in der öffentlichen Diskussion diese beiden Typen von Argumenten nicht immer unterschieden werden,[785] die Klassifikation von Argumenten anhand normativ ethischer Theorien trägt also den im realen Diskurs ausgetauschten Argumenten kaum Rechnung.
Ungeklärt ist außerdem, inwiefern die Fähigkeit zur Klassifizierung die Urteilsbildung befördert, wie HÖßLE annimmt. Zwar sind nach LAWRENCE KOHLBERG logisches Denken und das Verstehen moralischer Prinzipien notwendige Bedingungen für reifes moralisches Urteilen,[786] auch ist die Struktur eines moralischen Urteils von der kognitiven Entwicklung abhängig, allerdings nicht im Sinne reiner Gedankenarbeit.[787] Deshalb kann meines Erachtens die Fähigkeit zur Klassifizierung nicht gleichgesetzt werden mit Urteilsfähigkeit.
Nach HÖßLE und BAYRHUBER ist es außerdem wichtig, dass Schüler unterschiedliche ethische Strömungen unterscheiden, beschreiben und gegeneinander abwägen können. Ich denke, es geht nicht um die Abwägung ethischer Strömungen, sondern um das gute Begründen und Abwägen von Handlungsoptionen.
Zu reflektieren ist in diesem Zusammenhang ebenso die Bezugnahme auf unterschiedliche Ansätze mit dem Ziel, den Dissens zu unterstreichen, wie BAYRHUBER und HÖßLE es vorsehen. So ist es meines Erachtens ungewiss, ob eine differenzierte bioethische Diskussion innerhalb dieser angestrebten Frontstellung eine Chance hat oder ob auf diese Weise nicht ein unüberwindbarer Gegensatz zwischen den Positionen aufgezeigt wird. Das Vorgehen erinnert an die Rezeption der Bioethik in Deutschland Mitte der 1980er Jahre, die durch einen Grabenkampf der traditionellen Ethikrichtungen gegen den Utilitarismus entscheidend geprägt war.[788] Eine Urteilsbildung zwischen solchen Fronten ist sehr schwierig. Damit eine Entscheidung nicht „einer Wahl zwischen ‚Gott’ und ‚Teufel’ gleichkommt“[789], bedarf es einer sehr gründlichen

[783] Siehe Abschnitt 2.3.1.
[784] Runtenberg (2001), S. 119f.
[785] Vgl. Runtenberg (2001), S. 129f.
[786] Vgl. Maier (1986), S. 101.
[787] Vgl. Kuld & Schmid (2001), S. 83.
[788] Siehe Abschnitte 2.1 und 2.3.2.1.
[789] Bayertz (1991), S. 101.

Güterabwägung, bemerkt zum Beispiel KURT BAYERTZ.[790] Zwar zeigt sich nach JENS BADURA gerade im Bereich der praxisbezogenen Ethik, „dass moralische Orientierung *sowohl* deontologischer *als auch* konsequenzialistischer Elemente bedarf“[791], jedoch bieten diese moralischen Grundorientierungen keine Hilfe bei der moralischen Orientierung, solange sie nicht als komplementäre, sondern als einander ausschließende, konkurrierende Sichtweisen verstanden werden.[792]

Zudem werden gerade prinzipienethische Ansätze innerhalb der anwendungsbezogenen Ethik immer wieder in Frage gestellt. So gibt es Stimmen, die davon ausgehen, dass die Bezugnahme auf generelle Prinzipien ungeeignet und hinderlich sei, um zu konkreten Lösungen im Einzelfall zu kommen. Wer konkrete Themen, wie beispielsweise die Abtreibungsfrage auf der Ebene von abstrakten Theorien diskutieren wolle, garantiere, dass diese Diskussion in die Sackasse gerate.[793] Die Entwicklung kontextualistischer und kohärentistischer Ansätze ist vor diesem Hintergrund zu sehen. Insbesondere kohärentistische Ansätze, die von Prinzipien mittlerer Reichweite ausgehen, spielen in der Bioethik eine große Rolle; kohärentistische Verfahren werden von den meisten Bioethikern vertreten.[794]
Ethische Mindestkonsense oder Prinzipien mittlerer Reichweite spielen lediglich in LANGLETS Konzeption eine Rolle. Die Bezugnahme auf metaethische Prinzipien steht dabei im Dienste des Ergründens moralischer Aussagen. Es werden nicht spezielle ethische Theorien festgelegt, stattdessen ist eine Bezugnahme auf ethische Theorien *und* Mindestkonsense erlaubt, die im Lichte des gegebenen Problems relevant sind. LANGLET geht dabei induktiv vor. Ausgehend von konkret geäußerten moralischen Aussagen wird eine Rekonstruktion derselben vorgenommen, indem diese auf ihre normativen Prämissen zurückgeführt werden. Damit vermeidet LANGLET die Nachteile kontextualistischer Ansätze und muss sich außerdem der Kritik der Alltagsferne nicht aussetzen.

[790] Vgl. Bayertz (1991), S. 32f.
[791] Badura (2002), S. 202.
[792] Vgl. Badura (2002), S. 202.
[793] Vgl. Bayertz (1991), S. 15.
[794] Siehe diese Arbeit, Abschnitt 2.3.1.

(3) Dritte Dimension: Urteilsfindung oder logische Schlussfolgerung

Nach EDUARD TÖDT ist ein ethisches Urteil dadurch gekennzeichnet, dass ein Selbsteinsatz des Urteilenden gefordert ist. Der Urteilende bezieht in einem ihn herausfordernden Sachverhalt Stellung und entscheidet dabei auch über sich selbst.[795] In diesem TÖDT'SCHEN Sinne wird in allen untersuchten Konzeptionen außer in der von BAYRHUBER eine Urteilsbildung angestrebt. So sollen die Schüler in VON FALKENHAUSENS Verfahrensvorschlag Stellung zum thematisierten Problem beziehen, während LANGLET die Entscheidung und Stellungnahme für eine der gefällten moralischen Begründungen vorsieht. Ebenso bietet sich in der Konzeption von MEISERT & KIERDORF fakultativ im Anschluss an die Plausibilitätsprüfung der Argumente „das Verfassen einer begründeten Stellungnahme"[796] in Einzelarbeit an. Auch in KLEINS Konzeption sollen die Schüler ihre eigene Position überdenken, in der von DULITZ & KATTMANN ist die Entscheidung für eine der möglichen Handlungsoptionen zu fällen und in HÖßLES wird direkt zur Bildung eines ethischen Urteils aufgefordert.

In allen oben genannten Modellen wird die Stellungnahme zu bzw. die Entscheidung zwischen Handlungsoptionen oder die Urteilsbildung an die einzelnen Schüler delegiert. Auch die hierfür notwendige Abwägung von Gütern wird außer in der Konzeption von MEISERT & KIERDORF in die alleinige Verantwortung der Schüler gelegt.

Im TÖDT'SCHEN Sinne ist ein ethisches Urteil durch den Selbsteinsatz des Urteilenden charakterisiert. Dieser Selbsteinsatz ist notwendig, da jedes moralische Subjekt letztendlich selbst für das von ihm gefällte Urteil verantwortlich ist. Auch kann angesichts der herrschenden Wertepluralität ein Konsens eher selten erreicht werden. Die ausschließlich privat bleibende Urteilsbildung läuft meines Erachtens allerdings Gefahr, in einer Indifferenz zu münden in dem Sinne, dass jeder Einzelne für sich sein persönliches Urteil fällt und begründet. Ethische Urteile werden dann zu einer Frage der Beliebigkeit, ähnlich wie Fragen des guten Geschmacks. Dass die Ethik aber letztlich nicht der Beliebigkeit, sondern der Wahrheit verpflichtet ist, wird spätestens dann deutlich, wenn eine Gemeinschaft auf ein gemeinsames ethisches Urteil angewiesen ist. Als Beispiel mag die Frage der Zulassung von gentechnisch veränderten Organismen gelten.

Geht man davon aus, dass zur Reflexionsfähigkeit auch die Fähigkeit gehört, im argumentativen Diskurs zu gemeinsamen Lösungen, beispielsweise in Form von Kompromissen, zu gelangen,[797] bleibt in den Modellen sicher eine Leerstelle, weil dieser Diskurs nicht eingeübt wird. Des Weiteren kann angefragt werden, ob durch die ausschließlich auf persönlicher Ebene

[795] Vgl. Tödt (1977), S. 83f.
[796] Meisert & Kierdorf (2001), S. 363.
[797] Vgl. Dittmer (2005), S. 34.

erfolgende Urteilsbildung der Struktur bioethischer Probleme gerecht zu werden ist. So wird meines Erachtens suggeriert, bioethische Probleme erforderten ausschließlich individuelle Lösungen, Stellungnahmen bzw. Urteile. Zwar zeichnen sich bioethische Probleme und Fragestellungen dadurch aus, dass sie den Einzelnen vor Herausforderungen stellen, allerdings konfrontieren sie auch die menschliche Gemeinschaft mit neuartigen moralisch-ethischen Problemen, die einer gesamtgesellschaftlichen Klärung bedürfen. Dieser Aspekt sollte nicht vernachlässigt werden.
Der Tatsache, dass ethische Urteilsbildung in einem sozialen Umfeld erfolgt und auf dieses Auswirkungen hat, wird in den Konzeptionen von KLEIN und HÖßLE durch Berücksichtigung anderer Perspektiven Rechnung getragen. In HÖßLES Konzeption wirkt zudem eine erneute Urteilsbildung durch Überdenken des bereits gefällten Urteils als Regulativ. Auf diese Weise wird das eigene Urteil einer kritischen Überprüfung unterzogen. Dennoch steht das Urteilssubjekt allein im Zentrum. Dagegen wird im Verfahrensvorschlag von DULITZ & KATTMANN zwar die Abwägung der Werte in die alleinige Verantwortung der Schüler gelegt, die ethisch vertretbaren Handlungsmöglichkeiten jedoch werden gemeinsam ausgewählt und ethisch nicht vertretbare Vorschläge verworfen.[798] Auf diese Weise versuchen DULITZ & KATTMANN einen Weg zwischen moralischer Indoktrination und Entscheidungsfreiheit der einzelnen Schüler zu finden. Allerdings gehen sie davon aus, dass es meist mehrere ethisch vertretbare Lösungen gibt. Der Versuch einer Suche nach gemeinsamen Lösung oder Kompromissen bleibt auch in dieser Konzeption ausgeklammert. Wichtiger sei „daß die Schüler sich ihrer eigenen Maßstäbe bewußt geworden sind und gelernt haben, ethisch begründet zu argumentieren.“[799]
In der Konzeption von BAYRHUBER soll zwar überlegt werden, welche gesellschaftlich-politischen oder persönlichen Konsequenzen im Hinblick auf den jeweils betrachteten Wert zu ziehen sind, eine abschließende Stellungnahme oder Urteilsbildung bleibt jedoch ausgespart. BAYRHUBER will zwar eine Entscheidungshilfe geben, allerdings soll gleichzeitig deutlich werden, dass es eine klare und eindeutige Antwort nicht gibt. Hier kann angefragt werden, ob die Betonung der Divergenz unterschiedlicher Positionen eine Entscheidung wirklich erleichtert. Meines Erachtens wird auf diese Weise suggeriert, bioethische Probleme seien nicht lösbar. Zwar sind bei echten Prinzipienkollisionen eindeutige Lösungen nicht möglich, allerdings ist auch die Suche nach Konsens oder Kompromiss ein lohnendes Ziel ethischer Bildung.

[798] Vgl. Dulitz & Kattmann (1990), S. 23.
[799] Dulitz & Kattmann (1999), S. 23.

4.7 Zusammenfassung

Im Großen und Ganzen wird innerhalb aller Konzeptionen KLAFKIS Leitfragen nach Zugänglichkeit, Gegenwarts- und Zukunftsbedeutung und Exemplarität Rechnung getragen. Lücken zeigen sich vor allem innerhalb der ethischen Dimension.

- Im Unterricht von konkreten Einzelfällen auszugehen, ist aus didaktischer Sicht sinnvoll. Außerdem entspricht diese Vorgehensweise dem Trend der angewandten Ethik. Allerdings besteht die Gefahr, dass die Ethik auf die Regulierung von Einzelfällen beschränkt wird. Aus diesem Grund wäre es aus meiner Sicht wichtig, die gesellschaftliche Perspektive der Problematik nicht ganz aus dem Blickfeld zu verlieren. Die Lücke zwischen der Regulierung der zur Diskussion stehenden Fälle und der hinter diesen Fällen stehenden Problemfelder müsste geschlossen werden.

- Insgesamt ist in allen Konzeptionen die Analyse von Werten vorgesehen. Meist werden diese anhand bestimmter ethischer Kriterien reflektiert bzw. klassifiziert, eine Verständigung über diese Werte im Klassenverband findet ausdrücklich lediglich in der Konzeption von MEISERT & KIERDORF statt. Der Ethikdidaktiker VOLKER PFEIFER hält elementare Verbindlichkeiten durchaus für notwendig, um „einen gerechten und humanen Umgang mit Konflikten zu ermöglichen.“[800] Diese müssen gefunden und benannt werden, was eine Verständigung über diese Verbindlichkeiten voraussetzt. Deshalb wäre es meines Erachtens sinnvoll, die Konzeptionen um einen Schritt der diskursiven Verständigung über gemeinsam getragene Werte zu erweitern.

- Die Bezugnahme auf ethische Traditionen sollte meines Erachtens überdacht werden. Einerseits sollten plausible ethische Orientierungspunkte expliziert oder erarbeitet werden, damit Schülern auch außerhalb des Unterrichts ein gewisses Orientierungswissen zur Verfügung steht. Als Instrumentarium zur Durchleuchtung von Argumentationen und zur Darstellung plausibel begründeter Argumente ist die Bezugnahme auf theoretische ethische Ansätze geeignet. Allerdings ist auch hier zu bedenken, dass die Rezeption der Bioethik in Deutschland entscheidend von Frontstellungen zwischen den durchaus plausiblen Urteilen utilitaristischer Bioethiker und den ebenfalls plausiblen Urteilen traditioneller europäischer Ethikansätze geprägt war.[801] In diesem Zusammenhang sollte erwogen werden, ob durch die Reduktion der Bioethik auf konfligierende Prinzipien mit dem Ziel, den Dissens zu unterstreichen, tatsächlich eine Orientierungshilfe gegeben

[800] Pfeifer (2003), S. 27.
[801] Siehe Abschnitt 2.1.

oder ob hierdurch nicht lediglich der in Kapitel 2.2.1 erwähnte Grabenkampf zwischen traditionell europäischen und angelsächsischen Ethikansätzen abgebildet wird. Zu überdenken ist außerdem die Bezugnahme auf generelle Prinzipien. So werden diese Prinzipien oftmals als zu abstrakt und praxisfern kritisiert. Sie seien aus diesem Grund ungeeignet, um im konkreten Einzelfall zu Lösungen zu führen. Durch die Bezugnahme auf oberste Prinzipien wird außerdem ein deduktives Verhältnis zwischen theoretischer und angewandter Ethik unterstellt in der Form, dass es einen direkten Weg zwischen generellen moralischen Prinzipien und Einzelfallurteilen gebe. Meines Erachtens könnten stattdessen im Diskurs konsensfähige Kriterien als „mittlere Axiome“[802] zum Einsatz kommen.

- Zu überdenken ist auch die ausschließlich privat bleibende Entscheidungsfindung und Urteilsfällung. Die Ethik wird hierdurch auf eine private Angelegenheit reduziert. Zwar ist die persönliche Urteilsbildung wichtig, allerdings muss auch der Notwendigkeit einer gesamtgesellschaftlichen Klärung bioethischer Fragen Rechnung getragen werden. In der bewusst geförderten diskursiven Suche nach Konsens oder fairem Kompromiss innerhalb des Klassenverbandes kann die gesellschaftliche Dimension für den einzelnen Schüler spürbar und ihrer Komplexität erfahrbar gemacht werden.

[802] Mieth (1993), S. 92.

Schlussbetrachtung

Zielsetzung dieser Arbeit war eine kritische Standortbestimmung und Reflexion biologiedidaktischer Praxis im Überschneidungsbereich Gentechnik und Ethik. In diesem Zusammenhang wurde der Frage nachgegangen, in welcher Weise die Biologiedidaktik und damit auch der Biologieunterricht in den vergangenen drei Jahrzehnten auf die Fortschritte der Gentechnik und die damit verbundenen ethischen Herausforderungen reagiert haben. Dabei interessierte zum einen, welche gentechnischen Verfahren und Anwendungen zu welcher Zeit in den Biologieunterricht Eingang fanden. Ein weiterer Schwerpunkt lag auf der Erörterung der Frage, wie seither in der Biologiedidaktik mit ethischen Problemstellungen verfahren wurde. In dieser Schlussbetrachtung sollen die wesentlichen Schritte und Ergebnisse der Arbeit nochmals zusammengefasst und die aus den einzelnen Teilen resultierenden Schlussfolgerungen zu didaktischen Empfehlungen verdichtet werden.

Im ersten Kapitel kommen grundlegende gentechnische Verfahren und ihre praktische Bedeutung zur Darstellung. Außerdem werden daraus resultierende ethische und moralische Fragestellungen sowie die Entwicklung der öffentlichen Debatte um die Gentechnik zusammengefasst. Diese Auseinandersetzung erlaubte die historisch-thematische Einordnung der in den Unterrichtsvorschlägen konkretisierten gentechnischen Verfahren und Anwendungen sowie eine kritische Bewertung des vorgefundenen Themenspektrums.
Im zweiten Kapitel wird ein Einblick in die bioethische Theorienlandschaft gegeben. Eine Auswahl bioethischer Theorien wird zunächst systematisiert und anschließend beschrieben. Ausgehend von der Auseinandersetzung mit diesen Theorien werden Folgerungen für den Biologieunterricht formuliert. Diese eingehende Beschäftigung mit den unterschiedlichen bioethischen Theorieströmungen war für die Beurteilung der Frage erforderlich, welcher Bioethik sich die Biologiedidaktik bedient.
Die im dritten Kapitel dargestellte Analyse von Unterrichtsvorschlägen, die in biologiedidaktischen Zeitschriften veröffentlicht wurden, ermöglichte zum einen Aussagen zu der Frage, welche Themengebiete aus dem Bereich der Gentechnik in den vergangenen Jahren für den Biologieunterricht konkretisiert wurden. Zum anderen erlaubte die systematische Untersuchung der in den Unterrichtsvorschlägen empfohlenen Umgangsweise mit Problemstellungen der Gentechnik Rückschlüsse auf die Unterrichtspraxis im Themenfeld Gentechnik und Ethik und zeigte darüber hinaus, wie sich der Umgang mit bioethischen Fragestellungen innerhalb des Untersuchungszeitraums verändert hat.

Im vierten Kapitel werden biologiedidaktische Konzeptionen für ethisches Lernen näher betrachtet, in der Annahme, dass sich die Unterrichtsvorschläge bewusst oder unbewusst an solchen Konzeptionen orientieren bzw. sich diesen zuordnen lassen. Auf die Beschreibung unterschiedlicher Konzeptionen folgt eine Reflexion unter didaktischen und ethischen Gesichtspunkten. Diese Auseinandersetzung sollte einen vertieften Einblick in die von der Biologiedidaktik empfohlene Umgangsweise mit ethischen Fragen im Biologieunterricht vermitteln.

Zusammenfassende Betrachtung gentechnischer Inhalte

In den untersuchten biologiedidaktischen Zeitschriften wurden gentechnische Verfahren und Anwendungsgebiete bereits seit Beginn der 1980er Jahre im Rahmen von Unterrichtsvorschlägen thematisiert. Besonders die in den 1980er Jahren vorgelegten Unterrichtsvorschläge zeigen eine sehr hohe thematische Anschlussfähigkeit an die Wissenschaft. Oft fanden konkrete wissenschaftliche Erkenntnisse bereits nach kurzer Zeit Eingang in Unterrichtsvorschläge. Ein genauerer Blick auf das Themenspektrum zeigt allerdings, dass in dieser Zeit vor allem öffentlichkeitswirksam verhandelte Forschungs- und Anwendungsgebiete innerhalb von Unterrichtsvorschlägen aufgegriffen werden. Während sich diese Tendenz in den 1990er Jahren fortsetzt, geht die Orientierung an der Fachwissenschaft deutlich zurück. In Phasen intensiver Diskussionen finden sich besonders die öffentlich verhandelten Leitthemen in den untersuchten Unterrichtsvorschlägen wieder. Parallel dazu werden auch ethische Fragestellungen verstärkt thematisiert. Daneben gehen auch andere medienwirksame Verfahren und Anwendungsgebiete leichter in Unterrichtsvorschläge ein.

In Anbetracht dieser Beobachtung stellt sich die Frage, ob die inhaltliche Orientierung an Leit- und Modethemen der Schlüsseltechnologie Gentechnik mit ihren zahlreichen Anwendungen gerecht wird. Zwar ist fachdidaktisches Arbeiten mehr, als „effektives, methodisches Umsetzen oder motivierendes Einkleiden von wissenschaftlicher Erkenntnis“[803] und steht immer auch in einem gesamtgesellschaftlichen Kontext. So zählt WOLFGANG KLAFKI die technisch-wissenschaftliche Machbarkeit und die ethische Verantwortung dafür zu den epochaltypischen Schlüsselproblemen, anhand derer eine Auswahl an Unterrichtsinhalten erfolgen sollte.[804] Vor diesem Hintergrund steht außer Diskussion, dass es sich bei den innerhalb der Unterrichtsvorschläge aufgegriffenen gentechnischen Inhalten um Themen von großer gesellschaftlicher Relevanz handelt. Allerdings deutet sich hier nach meinem Dafürhalten die Notwendigkeit an, in einer weiteren didaktischen Reflexion zu

[803] Gropengiesser & Kattmann (1994), S. 325.
[804] Vgl. Klafki (1994), S. 56ff.

einer Balance zwischen der inhaltlichen und der gesellschaftlichen Orientierung der Themenauswahl zu gelangen.
Natürlich bezieht sich dieser Befund lediglich auf das untersuchte Material. Deshalb wäre durch eine Analyse von Bildungsplänen und Lehrbüchern sowie einer Untersuchung der Unterrichtspraxis zu klären, ob sich die hier gefundene Tendenz bei der Auswahl gentechnischer Unterrichtsinhalte bestätigt.

Zusammenfassende Betrachtung der ethischen Dimension

In den untersuchten Unterrichtsvorschlägen lässt sich seit Mitte der 1990er Jahre ein Bemühen, auch der ethischen Dimension gerecht zu werden, feststellen. Von Seiten der Biologiedidaktik wurden seit Anfang der 1990er Jahre mehrere Konzeptionen zur strukturierten Integration ethischer Fragestellungen ausgearbeitet.
In den Unterrichtsvorschlägen, die in den 1980er-Jahren vorgelegt wurden, ist hinsichtlich der Umgangsweise mit moralischen Problemstellungen, eine deutliche Einflussnahme im Sinne heimlicher Ethik[805] feststellbar, die sich allerdings in den 1990er Jahren verliert. Meines Erachtens spiegelt sich hier eine die öffentliche Kontroverse kennzeichnende Polarisierung der Bewertung gentechnischer Verfahren wider. Die positiven Erwartungen des Anfangs, symbolisiert durch gentechnisch erzeugtes Insulin, und die Befürchtungen, die mit der Vision vom *gezüchteten Menschen* verknüpft waren, werden innerhalb der Unterrichtsvorschläge zum Ausdruck gebracht. So haben Unterrichtsvorschläge zur gentechnischen Erzeugung von Wirkstoffen einen befürwortenden und solche zur Gentechnik am Menschen eher einen warnenden Charakter. Mit dem Abflauen der Debatten in Deutschland verschwinden diese einseitig bewertenden Unterrichtsvorschläge.
In den 1990er Jahren setzt eine deutliche Entwicklung zur Reflexion als Unterrichtsbestandteil und zur Ethik hin ein. So werden Problemstellungen der Gentechnik vermehrt aus einer ethischen Perspektive aufgegriffen. Darüber hinaus werden im Unterricht verstärkt Reflexionsprozesse in Gang gesetzt. Insbesondere in den neueren Unterrichtsvorschlägen ist ein Rückgriff auf ethische Prinzipien und Werte feststellbar. Hier kommen zum einen deontologische und utilitaristische Theorien zum Einsatz, was insbesondere auf CORINNA HÖßLES Eintrag zurückzuführen ist. Zum anderen spielen speziellere bioethische Ansätze eine Rolle. Meist werden Argumente hinsichtlich dieser Theorien klassifiziert und dadurch rekonstruiert und so unterschiedliche Standpunkte verständlich gemacht. Die ethischen Ansätze stehen damit im Dienste einer metaethischen Reflexion von Argumenten. Innerhalb des

[805] Der Begriff heimliche Ethik wird in Anlehnung an Dulitz & Kattmann (1990) verwendet. Diese verstehen darunter in Texten und Bildern versteckte Wertaussagen, Appelle und Verhaltensvorschriften, die verborgen und verdeckt bleiben und als Teil einer nicht akzeptablen Indoktrination zu verstehen sind. Vgl. Dulitz & Kattmann (1990), S. 8ff.

Materials ist darüber hinaus ein Trend zur Problemlösung durch Bildung ethischer Urteile feststellbar. Dabei sollen sowohl die Abwägung unterschiedlicher Werte als auch die Urteilsbildung meist individuell vom Schüler vollzogen werden. Der außerdem beobachtbare zunehmende Einsatz von Fallgeschichten verweist auf eine Bewegung zur kontextualistischen Ethik hin. Es wird also zunehmend Wert darauf gelegt, reale Problemkonstellationen in ihrem jeweiligen sozialen Kontext mit in den Blick zu nehmen.
Dieser Trend zeigt sich auch in den biologiedidaktischen Konzeptionen für ethisches Lernen. Ausgehend von Fallgeschichten, Dilemmata oder konkreten moralischen Aussagen werden in allen untersuchten Konzeptionen die gegenstandsnahen ethischen Werte oder Normen analysiert und meist anhand bestimmter ethischer Kriterien reflektiert oder klassifiziert. Eine diskursive Verständigung über die gefundenen Werte findet meist nicht statt. Wie auch in einigen Unterrichtsvorschlägen beobachtet, wird die Abwägung von Werten und die in den meisten Konzeptionen vorzunehmende Urteilsbildung an die einzelnen Schüler delegiert. Während der vorgeschlagenen Schritte der ethischen Urteilsfindung wird in nahezu allen Modellen zumindest fakultativ auf theoretische ethische Ansätze Bezug genommen, wobei für den Einsatz der Modelle fragmentarische Kenntnisse der philosophischen Ethik ausreichend sind. Größtenteils stehen hier, wie auch in einigen Unterrichtsvorschlägen, deontologische und konsequenzialistische Ansätze im Vordergrund. In einem einzigen Modell ist die Bezugnahme auf ethische Mindestkonsense erlaubt. Das Wissen um ethische Prinzipien oder Ansätze hat in den Konzeptionen unterschiedliche Bedeutung. So werden diese als Reflexionsebenen verstanden oder häufiger, wie auch in einigen Unterrichtsvorschlägen beobachtbar, in den Dienst einer metaethischen Reflexion von Argumenten gestellt.

Impulse für die Biologiedidaktik

Die Auseinandersetzung mit biologiedidaktischen Konzeptionen für ethisches Lernen und Unterrichtsvorschlägen im Überschneidungsbereich Gentechnik und Ethik macht deutlich, dass folgende Aspekte kritisch zu überdenken sind:

- **Einzelfallbezug**

Konkrete Fälle und Situationen mit in den Blick zu nehmen, entspricht dem Trend der angewandten Ethik. Eine fallbezogene Ethik „impliziert eine starke Aufwertung der Anwendungsdimension und hebt Elemente der moralischen Urteilsbildung in Einzelfällen hervor, die von der Regel- und Prinzipienethik oft unterschlagen oder vernachlässigt“[806] worden sind. Ebenso ist die Arbeit mit konkreten bioethischen Problemlagen oder Fallsituationen unter didaktischen

[806] Bayertz (1991), S. 17.

Gesichtspunkten sinnvoll. Hierdurch werden bioethische Probleme nicht nur zugänglich gemacht, sondern es bietet sich darüber hinaus die Chance, den Schülern eine mögliche Gegenwarts- und Zukunftsbedeutung der aufgeworfenen Probleme aufzuzeigen. Der Einsatz konkreter Fallgeschichten bietet also ein enormes ethisches und didaktisches Potenzial, welches auch in den untersuchten biologiedidaktischen Arbeiten genutzt wird.
Allerdings birgt die Beschäftigung mit konkreten Fällen grundsätzlich die Gefahr, die Ethik auf die Regulierung der herausgehobenen Fälle zu beschränken und damit die Struktur bioethischer Probleme zu verdecken. Bioethische Probleme werden zu Problemen, die Einzelne vor Herausforderungen stellen. Indessen lässt sich die angewandte Ethik nicht auf den Einzelfall beschränken sondern muss auch den Regelfall zum Gegenstand ihrer Reflexion machen.[807]
Werden also konkrete Fälle oder Situationen zum Ausgangspunkt ethischen Lernens gemacht, ist darauf zu achten, den Urteilsgegenstand nicht nur in Bezug auf die konkrete Situation oder das konkrete Problem in den Blick zu nehmen, weil sonst die ethische Urteilsbildung einseitig auf die Regulierung von Einzelfällen reduziert wird. In diesem Zusammenhang sollte außerdem darauf geachtet werden, dass die eingesetzten Fälle einen exemplarischen Charakter haben und dementsprechend dazu geeignet sind, einen größeren Sinn- und Sachzusammenhang zu erschließen.

- **Verständigung über Werte**

Die Analyse von Werten spielt sowohl innerhalb der Unterrichtsmodelle als auch in einigen Unterrichtsvorschlägen eine Rolle. Beispielsweise werden von Handlungsoptionen berührte Werte identifiziert oder Argumente bzw. moralische Aussagen auf ihre zugrunde liegenden Werte untersucht. Nur selten ist eine Aussprache über diese Werte im Klassenverband vorgesehen. Der Ethikdidaktiker VOLKER PFEIFER hält elementare Verbindlichkeiten durchaus für notwendig, um „einen gerechten und humanen Umgang mit Konflikten zu ermöglichen.“[808] Deshalb wäre es meines Erachtens sinnvoll, solche Verbindlichkeiten im Unterricht zu suchen und sich darüber zu verständigen. Ein Austausch über gemeinsame moralische Überzeugungen oder die Suche nach einer Minimalethik im ENGELHARDT’schen Sinne bzw. einer c*ommon morality*, wie GERT, CLOUSER und CULVER diese gemeinsamen Verbindlichkeiten nennen, könnte eine gemeinsame Wertebasis klären helfen und damit eine Orientierung bieten.[809] Gleichzeitig kann damit ein „Kommuni-

[807] Vgl. Bayertz (1991), S. 23.
[808] Pfeifer (2003), S. 27.
[809] Siehe Abschnitt 2.3.3.

kationsrepertoire zur Suche nach Konsens oder fairem Kompromiss“[810] eingeübt werden

- **Bedeutung normativer Theorien**

Innerhalb einiger Unterrichtsvorschläge und Unterrichtsmodelle ist ein Rückgriff auf Werte, Normen und ethische Theorien vorgesehen.
Dabei kommen deontologische und konsequenzialistische Ansätze zum Einsatz. Innerhalb der Unterrichtsvorschläge spielen außerdem speziellere bioethische Ansätze eine Rolle. Die Beschäftigung mit den Traditionen erfolgt häufig mit dem Ziel, über die Art und Weise der Argumentation nachzudenken. Die theoretischen Ansätze stehen damit im Dienste einer metaethischen Reflexion. Zu überdenken ist aus meiner Sicht die in einigen Unterrichtsmodellen und Unterrichtsvorschlägen getroffene Auswahl und Verwendung normativer Theorien. Dabei geht es sowohl um den Einsatz praxisfremder prinzipienethischer Theorien als auch um die metaethische Zuordnung von Argumenten zu vorgegebenen Theorien und die Verwendung konfligierender Prinzipien mit dem Ziel, den Dissens zu unterstreichen.
Prinzipienethische Ansätze werden immer wieder aufgrund ihrer Abstraktheit und Alltagsferne kritisiert. Außerdem erfordere die Anwendung abstrakter ethischer Prinzipien philosophische Erfahrung, die Ethik-Laien nicht aufwiesen.[811] Weil meines Erachtens auch Schüler und Lehrer in diesem Sinne eher als ethische Laien zu betrachten sind, sollte der Einsatz gerade dieser Theorien im Biologieunterricht überdacht werden. Zwar können nach EKKEHARD MARTENS prinzipienethische Theorien im Sinne einer existenziellen, reflektierten Selbstwahl im Unterricht Bedeutung haben und in diesem Zusammenhang dazu dienen, eine mögliche Richtung plausibel begründeter Urteile anzuzeigen, allerdings denke ich, dass solchermaßen plausibel begründeten Urteile nicht zwangsläufig Orientierung bieten[812]. So wurde die Rezeption der Bioethik in Deutschland entscheidend von einer Frontstellung zwischen den durchaus plausiblen Urteilen utilitaristischer Bioethiker und den ebenfalls einleuchtenden Urteilen traditioneller europäischer Ethikansätze geprägt.[813] Dieser Aspekt ist im Hinblick auf die Zielsetzung des Unterrichts zu reflektieren. Falls es beispielsweise darum gehen soll, den Dissens zwischen Befürwortern und Gegnern der Gentechnik verstehbar zu machen, ist eine Bezugnahme auf die Divergenz fundamentaler Prinzipien gut geeignet. Die Suche nach Lösungswegen für moralische Problemlagen allerdings wird nach meinem Dafürhalten hierdurch eher erschwert.

[810] Bögeholz (2006), S. 17.
[811] Siehe Abschnitt 2.3.3 und 2.5.
[812] Siehe Abschnitt 2.5.
[813] Siehe Abschnitt 2.1.

Die Kritik an kontextualistischen Ansätzen rät davon ab, im Biologieunterricht gänzlich auf moralische Prinzipien zu verzichten, da ansonsten eine Verflachung und eine allzu starke Verwurzelung in der Alltagsmoral drohen.
Einen Mittelweg suchen kohärentistische Ansätze. Diese wollen einerseits kontextsensitiv sein und andererseits auf Prinzipien nicht verzichten. Anstelle der Berufung auf fundamentale Prinzipien plädieren sie für den Einsatz konsensfähiger Kriterien, die in Form von Prinzipien mittlerer Reichweite ausbuchstabiert werden können.[814] Ausgehend von dieser Kritik ist auch im Biologieunterricht ein Rückgriff auf solche pragmatische und im Diskurs konsensfähige Prinzipien denkbar.
Vorstellbar wäre folgende Vorgehensweise: Ausgehend von konkreten Fällen sucht die Klasse als moralische Gemeinschaft nach pragmatischen, nachvollziehbaren ethischen Prinzipien, die im Lichte der gegebenen Situation relevant sind. Für die gefundenen Prinzipien wird dann eine Gewichtungsskala erstellt, anhand derer der Fall beurteilt wird. Bei diesem Prozess können auch fundamentale Prinzipien bzw. universalistische Theorien eine wichtige Funktion einnehmen.

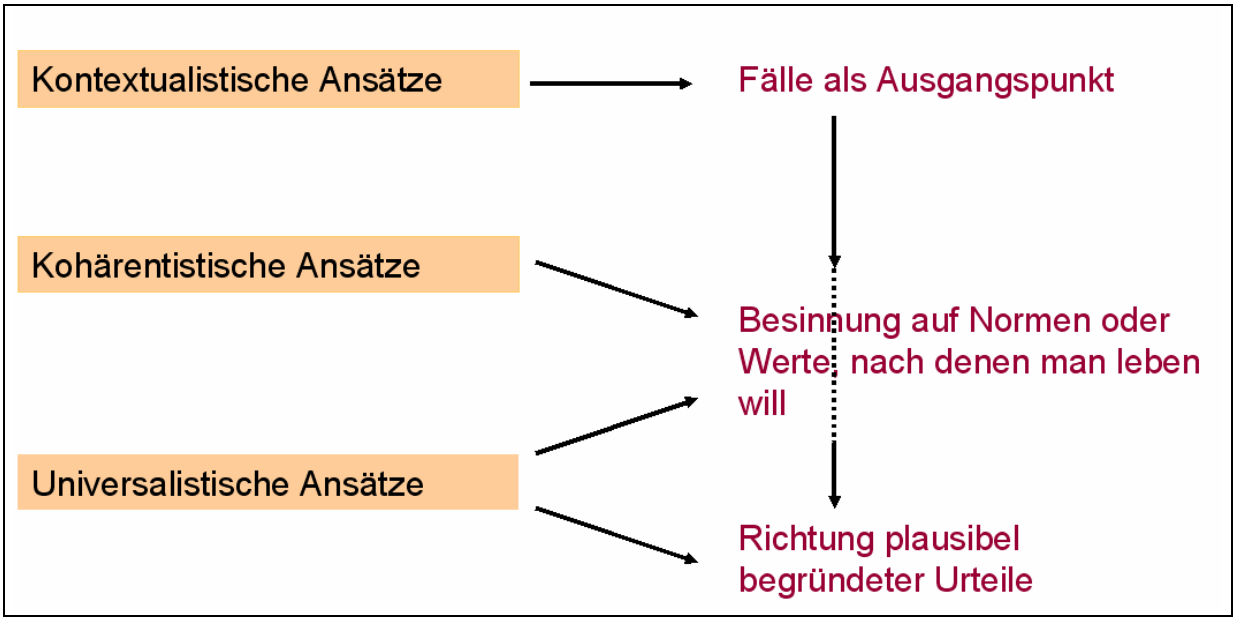


Abbildung 25: Integration unterschiedlicher Theorien im ethischen Entscheidungsprozess

[814] Siehe Abschnitte 2.3.1 und 2.3.3.

- **Urteilsbildung auf individueller Ebene**

In den meisten biologiedidaktischen Modellen ethischen Lernens wird die Entscheidung zwischen Handlungsoptionen oder die Bildung eines ethischen Urteils dem einzelnen Schüler zugeordnet. Auch innerhalb der Unterrichtsvorschläge werden Schüler häufig als moralische Subjekte herausgefordert, eigene Entscheidungen zu fällen und zu begründen.

Im TÖDT'SCHEN Sinne ist ein ethisches Urteil gerade dadurch charakterisiert, dass das urteilende Subjekt involviert ist. Der Selbsteinsatz des Urteilenden scheint außerdem notwendig, da jedes moralische Subjekt letztendlich selbst für das von ihm gefällte Urteil Verantwortung trägt. Dennoch wird meines Erachtens durch die ausschließlich auf individueller Ebene stattfindende Urteilsbildung die Ethik auf eine persönliche Angelegenheit reduziert und läuft damit Gefahr, in eine Beliebigkeit und ethische Indifferenz zu münden. Geht man jedoch davon aus, dass zur ethischen Reflexionsfähigkeit auch die Fähigkeit gehört, im argumentativen Diskurs zu gemeinsamen Lösungen, z.B. in Form von Kompromissen, zu gelangen,[815] weist das Untersuchungsmaterial meist eine Leerstelle auf. Des Weiteren kann angefragt werden, ob durch eine persönlich bleibende Urteilsbildung der Struktur bioethischer Probleme gerecht zu werden ist. So wird meines Erachtens suggeriert, bioethische Probleme erforderten ausschließlich individuelle Lösungen. Zwar stellen viele bioethische Probleme und Fragestellungen den Einzelnen vor konkrete Herausforderungen, allerdings haben sie immer auch eine über das Individuum hinaus weisende Dimension, die einer gesamtgesellschaftlichen Klärung bedarf. In der bewusst geförderten diskursiven Suche nach Konsens oder fairem Kompromiss innerhalb des Klassenverbandes kann diese gesellschaftliche Dimension für den einzelnen Schüler spürbar und ihrer Komplexität erfahrbar gemacht werden.

Schlusswort

Mit dieser Arbeit konnte gezeigt werden, dass in der Biologiedidaktik große Anstrengungen unternommen wurden, auf spezifisch ethische Fragestellungen einzugehen. Insbesondere die Entwicklungen in den Biowissenschaften und dadurch hervorgerufene öffentliche Kontroversen wirkten hierbei stimulierend. Dabei zeigte sich im untersuchten Material eine Tendenz, die öffentliche Kontroverse abzubilden. Auch eine einseitige Orientierung an prinzipienethischen Ethikansätzen wurde deutlich. Die Entwicklungen in der anwendungsbezogenen Bioethik hingegen wurden nur partiell berücksichtigt. Als Schlussfolgerung aus der Auseinandersetzung mit den vorliegenden biologiedidaktischen Konzeptionen zu ethischem Lernen und den Unterrichtsvorschlägen im Überschneidungsbereich Gentechnik und Ethik plädiere ich dafür, auch

[815] Siehe Abschnitte 3.3.3.3.3 und 4.6.2.

neuere bioethische Ansätze für den Biologieunterricht fruchtbar zu machen. Dabei könnten in einer kontextsensitiven Herangehensweise ethische Kriterien von der Sache her entfaltet werden und so in einer dem Gegenstand angemessenen Art und Weise zur Verwendung kommen. Die diskursive Suche nach gemeinschaftlich getragenen Werten innerhalb des Klassenverbandes würde die gesellschaftliche Dimension bioethischer Fragestellungen für den einzelnen Schüler erfahrbar machen und den ethischen Entscheidungsprozess auf eine breit getragene Lösung hin orientieren.

Literaturverzeichnis

Ach, Johann S. (2002): Bioethik, eine Einführung, in: Martin, Hans-Joachim (Hrsg.): Am Ende (–) die Ethik? S. 100-121, Münster.

Ach, Johann S. & Runtenberg, Christa (2002): Bioethik: Disziplin und Diskurs, Frankfurt am Main.

Appelhans, Heribert & Minol, Klaus (1996): Anlage von Genbibliotheken, in: Minol, Klaus & Gassen, Hans Günter (Hrsg.): Gentechnik, S. 192-208, Stuttgart.

Auer, Alfons (1986): Argumentation mit der Menschenwürde?, in: Marchtaler Pädagogische Beiträge: Die neuen Technologien – Chancen und Gefährdungen 4/9, S. 73-82.

Bade, Lothar (1990): Biotechnik – Chancen und Probleme, in: Unterricht Biologie 151/14, S. 31-36.

Badura, Jens (2002): Die Suche nach Angemessenheit, Münster.

Bangsgow, Thorsten & König, Bernd (1996): Das «human genome project», in: Minol, Klaus & Gassen, Hans Günter (Hrsg.): Gentechnik, S. 372-388, Stuttgart.

Bangsgow, Thorsten & Schäfer, Thomas (1996): Sequenzbestimmung von Nucleinsäuren und Proteinen, in: Minol, Klaus & Gassen, Hans Günter (Hrsg.): Gentechnik, S. 242-268, Stuttgart.

Baron, Diethard; Braun, Jürgen; Erdmann, Andrea; Erdmann, Ulf; Heinze, Rudolf & Lucius, Eckhard (Hrsg.) (2004): Grüne Reihe, Materialien SII: Genetik, Braunschweig.

Bayertz, Kurt (1991): Praktische Philosophie als angewandte Ethik, in: Bayertz, Kurt (Hrsg.): Praktische Philosophie. Grundorientierungen angewandter Ethik, S. 7-47, Hamburg.

Bayertz, Kurt (1999): Moral als Konstruktion. Zur Selbstaufklärung der angewandten Ethik, in: Kampits, Peter & Weiberg, Anja (Hrsg.): Angewandte Ethik, S. 73-89, Wien.

Bayrhuber, Horst (1987): Biotechnik im Biologieunterricht der gymnasialen Oberstufe, in: Praxis der Naturwissenschaften – Biologie 6/36, S. 39-41.

Bayrhuber, Horst (1990): Biotechnik im Biologieunterricht, in: Unterricht Biologie 151, S. 4-13.

Bayrhuber, Horst (1992): Ethische Analyse der Gentherapie von Keimbahnzellen im Unterricht, in: Friedrich Jahresheft, S. 128-131.

Beer, Wolfgang (1999): Gentechnik und politische Bildung: eine Annäherung, in: Beer, Wolfgang; Bremekamp, Elisabeth; Droste, Edith & Wulff, Claudia: Gentechnik. Arbeitshilfen für die politische Bildung, S. 13-19, Bonn.

Bender, Wolfgang; Sinemus, Kristina & Platzer, Katrin (1995): Zur Urteilsbildung im Bereich der Gentechnik, in: Ethica 3, S. 293-303.

Bergerhoff, Kirsten (1994): Anregungen für einen Grundkurs (Jahrgangsstufe 12) „Chancen und Risiken der Gentechnologie“, in: Biologie in der Schule 43/1, S. 40-43.

Bertsch, Uwe & Harms, Ute (2001): Konstruktion von Knock-out-Mäusen. Tierversuche in Zeiten der Gentechnik, in: Praxis der Naturwissenschaften – Biologie in der Schule 6/50, S. 7-14.

Beyleveld, Deryck; Quarell, Oliver & Toddington, Stuart (2000): Konstitutive Konsistenz im Bemühen um Nachkommenschaft, in: Düwell, Marcus & Mieth, Dietmar (Hrsg): Ethik in der Humangenetik. Die neuen Entwicklungen der genetischen Frühdiagnostik aus ethischer Perspektive, S. 120-148, Tübingen.

Bialke-Ellinghausen, Johanna; Bennert, Heike & Hausmann, Elda (2004a): Arbeitnehmer-Screening, in: Unterricht Biologie 291, S. 19-26.

Bialke-Ellinghausen, Johanna; Bennert, Heike & Hausmann, Elda (2004b): Somatische Gentherapie, in: Unterricht Biologie 291, S. 42-53.

Birnbacher, Dieter (2002): Utilitarismus / Ethischer Egoismus, Artikel in: Düwell, Marcus; Hübenthal, Christoph & Werner, Micha H.: Handbuch Ethik, S. 95-107, Stuttgart.

Bögeholz, Susanne; Hößle, Corinna; Langlet, Jürgen; Sander, Elke & Schlüter, Kirsten (2004): Bewerten – Urteilen – Entscheiden im biologischen Kontext: Modelle in der Biologiedidaktik, in: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 10, S. 89-115.

Bögeholz, Susanne (2006): Explizites Bewerten und Urteilen. Beispielkontext Streuobstwiese, in: Praxis der Naturwissenschaften – Biologie in der Schule, 1/55, S. 17-24.

Brandt, Peter (2004): Transgene Pflanzen. Herstellung, Anwendung, Risiken und Richtlinien, Basel.

Bremekamp, Elisabeth (1999): Komplexität reduzieren – Gentechnik entschlüsseln und erörtern. Einige didaktisch-methodische Leitideen, in: Beer, Wolfgang; Bremekamp, Elisabeth; Droste, Edith & Wulff, Claudia: Gentechnik. Arbeitshilfen für die politische Bildung, S. 21-25, Bonn.

Brodde, Kirsten (1992): Wer hat Angst vor DNS, Frankfurt am Main.

Brown, Terence A. (2002): Gentechnologie für Einsteiger, Heidelberg.

Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.) (2000): Biotechnologie – Basis für Innovationen, Bonn.

Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.) (2001a): Science live, Wissenschaft im Dialog, Bonn.

Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.) (2001b): Die Humangenomforschung in Deutschland, Bonn.

Busch, Roger (2004/2005): Die Kontroverse um die Grüne Gentechnik, in: mensch+umwelt spezial 17, S. 11-16.

Campbell, Neil A. & Reece, Jane B. (2003): Biologie, Heidelberg.

De Kathen, André (2001): „Gene-Farming“: Stand der Wissenschaft, mögliche Risiken und Management-Strategien. Gutachten zu „Spezifische Risiken des Gene-Farming in Pflanzen“ im Auftrag des Umweltbundesamtes, Berlin. http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/1943.pdf, [abgerufen am 07.05.07].

Deppe, Eva (1995): Die Traumbohne, in: Unterricht Biologie 204/19, S. 38-43.

Dietrich, Julia (2003): Ethische Urteilsbildung. Elemente und Arbeitsfragen für den Unterricht, in: Zeitschrift für Didaktik der Philosophie und Ethik 3/2003, S. 269-278.

Dingermann, Theodor (1999): Gentechnik, Biotechnik. Lehrbuch und Kompendium für Studium und Praxis, Stuttgart.

Dittmer, Arne (2005): Vom Schattenboxen und dem Verteidigen intuitiver Urteile, in: Ethik und Unterricht 2/05, S. 34-40.

Dorfmüller, Simone (2004/2005): Molekulares farming. Transgene Pflanzen als Arzneimittelproduzenten, in: mensch + umwelt spezial 17, S. 32-38.

Düwell, Marcus (2002): Handlungsreflexive Moralbegründung, Artikel in: Düwell, Marcus; Hübenthal, Christoph & Werner, Micha H. (Hrsg.): Handbuch Ethik, S. 152-162, Stuttgart.

Düwell, Marcus (2003): Utilitarismus und Bioethik: Das Beispiel von Peter Singers Praktischer Ethik, in: Düwell, Marcus & Steigleder, Klaus (Hrsg.): Bioethik. Eine Einführung, Frankfurt am Main, S. 57-71.

Düwell, Marcus; Hübenthal, Christoh & Werner, Micha H. (2002): Einleitung. Ethik: Begriff - Geschichte - Theorie – Applikation, in: Düwell, Marcus; Hübenthal, Christoph & Werner, Micha H. (Hrsg.): Handbuch Ethik, S. 1-23, Stuttgart.

Düwell, Marcus & Steigleder, Klaus (2003): Bioethik – Zu Geschichte, Bedeutung, Aufgaben, in: Düwell, Marcus & Steigleder, Klaus (Hrsg.): Bioethik. Eine Einführung, S. 12-37, Frankfurt am Main.

Dulitz, Barbara & Kattmann Ulrich (1990): Bioethik. Fallstudien für den Unterricht, Stuttgart.

Egerding, Manfred (2000): DNA-Isolation und -Sequenzierung – experimentell und virtuell, in: Unterricht Biologie 256/24, S. 37-41.

Elstner, Marcus (1997): Einführung: Technikkonflikte und Technikentwicklung – zum gesellschaftlichen Umgang mit der Gentechnik, in: Elstner, Marcus (Hrsg.): Gentechnik, Ethik und Gesellschaft, S. 1-40, Berlin.

Elvers, Heike (1998): Transgener Mais – Eine Unterrichtseinheit in der S II, in: Praxis der Naturwissenschaften – Biologie, 6/47, S. 24-31.

Eser, Uta & Potthast, Thomas (1999): Naturschutzethik. Eine Einführung in die Praxis, Baden-Baden.

Eser, Uta (2003): Einschluss statt Ausgrenzung – Menschen und Natur in der Umweltethik, in: Bioethik. Eine Einführung, S. 344-353, Frankfurt am Main.

Engelhardt, Tristram (1999): Die Prinzipien der Bioethik, in: Sass, Hans-Martin (Hrsg.): Medizin und Ethik, S. 96-117, Stuttgart.

Engels, Eve-Marie (2005): Ethik in den Biowissenschaften, in: Maring, Matthias (Hrsg.): Ethisch-Philosophisches Grundlagenstudium 2, S. 135-166, Münster.

Falkenhausen von, Elisabeth (1994): Ethische Fragestellungen im Biologieunterricht, in: Niedersächsisches Landesinstitut für Lehrerfortbildung, Lehrerweiterbildung und Unterrichtsforschung (Hrsg.): Ethische Fragen im Biologieunterricht, Grundprobleme und Fallbeispiele, S. 5-15, Hildesheim.

Fischer, Ernst Peter (2002): Das Genom, Frankfurt am Main.

Ganten, Detlev (2003): Erste Ergebnisse der vergleichenden Genomforschung, Bericht in: Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.): Das nationale Genomforschungsnetz. Krankheitsbekämpfung durch Genomforschung, S. 27-28, Bonn.

Gassen, Hans Günter; Hektor, Thomas & Minol, Klaus (1997): Methoden und Verfahren der Gentechnik, in: Lohner, Michael, Sinemus, Kristina & Gassen, Hans Günter (Hrsg): Transgene Tiere in Landwirtschaft und Medizin, S. 13-46, Villingen-Schwenningen.

Gert, Bernard; Culver, Charles M. & Clouser, K. Danner (1997): Bioethics: A Return to Fundamentals, New York.
Graf, Erwin (2004): Biologiedidaktik für Studium und Unterrichtspraxis, Donauwörth.
Greber, Winfried & Greber, Elisabeth (1992): Der Stammbaum der Lebewesen, in: Unterricht Biologie 179/16, S. 36-39.
Greber, Winfried & Greber, Elisabeth (1994): Der Mensch und seine nächsten Verwandten, in: Unterricht Biologie 200/18, S. 47-53.
Greber, Winfried & Greber, Elisabeth (1995): Die Anwendung der PCR in Archäologie und Kriminalistik, in: Unterricht Biologie 209/19, S. 38-43.
Griesinger, Irina (1997): Gegenwärtiger Stand der Tierzüchtung, in: Lohner, Michael; Sinemus, Kristina & Gassen, Hans Günter (Hrsg): Transgene Tiere in Landwirtschaft und Medizin, S. 103-116, Villingen-Schwenningen.
Gropengiesser, Harald & Kattmann, Ulrich (1994): Lehren fürs Leben, in: Biologie in der Schule 43/5, S. 321-328.
Guckes, Barbara (1997): Das Argument der schiefen Ebene, Stuttgart.
Haas, Liane: Das Mukoviszidose-Gen, in: Unterricht Biologie 209/19, S. 44-47.
Habermas, Jürgen (1992): Erläuterungen zur Diskursethik, Frankfurt am Main.
Hampel, Jürgen & Pfennig, Uwe (1999): Einstellungen zur Gentechnik, in: Hampel, Jürgen & Renn, Ortwin (Hrsg): Gentechnik in der Öffentlichkeit, Frankfurt am Main, S. 28-55.
Hampel, Jürgen & Renn, Ortwin (1999): Einleitung, in: Hampel, Jürgen & Renn, Ortwin (Hrsg.): Gentechnik in der Öffentlichkeit, Frankfurt am Main, S. 7-27.
Hampel, Jürgen (2000): Gentechnik und Kommunikation - Wahrnehmung der Gentechnik in der Öffentlichkeit, in: Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung: Dokumentation der Lehrerfortbildung „Gentechnik bei Pflanzen (Grüne Gentechnik)", S. 36.
URL:http://www.leu.bw.schule.de/allg/publikationen/gentechnik/dokustuttgart2.pdf [abgerufen 24.07.07]
Hampel, Jürgen (2005): Technik-, Akzeptanz- und Risikodiskurse: Europäisierung der Debatten oder nationale Signaturen, in: Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis Nr 1/14, S. 78-85.
Harms, Ute & Bayrhuber, Horst (1999): Biotechnologie im Unterricht, in: Schallies, Michael & Wachlin, Klaus D. (Hrsg.): Biotechnologie und Gentechnik: Neue Technologien verstehen und beurteilen, Berlin.
Harms, Ute & Runtenberg, Christa (2001): Einführung in die didaktische Konzeption der Materialien, in: Bayrhuber, Horst; Harms, Ute & Kroß, Angela (Hrsg.): Handbuch der praktischen Mikrobiologie und Biotechnologie. Unterrichtsmaterialien zu Gentechnik und Ethik, S. 1-6, Hannover.
Hedewig, Roland (1992): Zeitgemäßer Biologieunterricht, in: Präve, Paul (Hrsg): Jahrhundertwissenschaft Biologie?! Aktueller Stand der Biowissenschaften in Deutschland, S. 75-87, Weinheim.
Hedewig, Roland & Stichmann, Wilfried (1988): Vorwort der Herausgeber, in: Hedewig, Roland & Stichmann, Wilfried (Hrsg): Biologieunterricht und Ethik, Köln.

Herrmann, Svea Luise (1999): »Bioethics Education«: Bioethik und Normalisierung, in: Braun, Kathrin (Hrsg.): „Life is a battlefield. Aspekte der Biomacht, S. 69-98, Hannover.

Hinrichs, Reimer (2004): Gentherapie: Wie bringt man fremde Gene in Körperzellen?, in: Unterricht Biologie 291, S. 50-53.

Höffe, Otfried (1978): Bemerkungen zu einer Theorie sittlicher Urteilsfindung, in: Zeitschrift für evangelische Ethik 22, S, 181-187.

Höffe, Otfried (1979): Ethik und Politik, Frankfurt am Main.

Höffe, Otfried (1997): Lexikon der Ethik, München.

Hößle, Corinna (2001a): Moralische Urteilsfähigkeit, Innsbruck.

Hößle, Corinna (2001b): Ethische Dimensionen der Gentechnik im Unterricht; Teil 2: Ethische Bewertung der Keimbahntherapie am Menschen, in: Praxis der Naturwissenschaften – Biologie in der Schule, 6/50, S. 29-32.

Hößle, Corinna (2001c): Ethische Dimensionen der Gentechnik im Unterricht; Teil 3: Ambivalenz des genetischen Tests, in: Praxis der Naturwissenschaften – Biologie in der Schule 7/50, S. 35-38.

Hößle, Corinna (2002): Ethische Dimensionen der Gentechnik im Unterricht; Teil 5: Transgene Tiere und ihre ethische Vertretbarkeit, in: Praxis der Naturwissenschaften – Biologie in der Schule 1/51, S. 30-33.

Hößle, Corinna & Bayrhuber, Horst (2006): Sechs Schritte moralischer Urteilsfindung. Aktuelle Beispiele aus der Bioethikdebatte, in: Praxis der Naturwissenschaften – Biologie in der Schule 4/55, S. 1-6.

Horlacher, Julia & Luther-Kirner, Beate (2007): Fallgeschichten und bioethisches Lernen, in: Bohlken, Eike & Peetz, Siegbert (Hrsg.): Bildung – Subjekt – Ethik. Bildung und Verantwortung im Zeitalter der Biotechnologie, S. 217-228, Darmstadt.

Hübenthal, Christoph (2003): Die ethische Theorie von Alan Gewirth und ihre Bedeutung für die Bioethik, in: Düwell, Marcus & Steigleder, Klaus: Bioethik. Eine Einführung, S. 120-135, Frankfurt am Main.

Idel, Anita (1992): Teure Tracy, in Gen-ethischer Informationsdienst 78, S. 25-26.

Irrgang, Bernhard (2005): Einführung in die Bioethik, München.

Jäschke, Charlotte & Uhlmann, Anne (2000): Leben aus prähistorischer DNA?, in: Unterricht Biologie 251/24, S. 40-44.

Jaspers, Karl (1991): Die großen Philosophen, München.

Jonas, Hans (1984): Das Prinzip Verantwortung, Frankfurt am Main.

Junker, Thomas (2004): Geschichte der Biologie. Die Wissenschaft vom Leben, München.

Kattmann, Ulrich (1988): Biologieunterricht und Ethik, in: Hedewig, Roland & Stichmann, Wilfried (Hrsg.): Biologieunterricht und Ethik, S. 47-62, Köln.

Kattmann, Ulrich (1995): Verantwortung im Biologieunterricht, in: Unterricht Biologie, Sammelband Ethik, S. 2-5.

Kattmann, Ulrich & Schüppel, Gerd (1999): Die Gene lügen nicht? Perspektiven der Gendiagnostik, in: Unterricht Biologie 250/23, S. 45-53.

Kempken, Frank & Kempken, Renate (2004): Gentechnik bei Pflanzen, Berlin.

Kettner, Matthias (2003): Die Konzeption der Bioethik von Bernard Gert, Charles M. Culver und K. Danner Clouser, in: Düwell, Marcus & Steigleder, Claus: Bioethik. Eine Einführung, S. 88-104, Frankfurt am Main.

Klafki, Wolfgang (1994): Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik, Weinheim.

Klein, Rüdiger Lutz (1987): Genetische Manipulation umfasst alle Lebensbereiche – ein Unterrichtsentwurf, in: Praxis der Naturwissenschaften – Biologie 2/36, S. 24–40.

Klein, Rüdiger Lutz (1993a): Blut für Menschen: von Menschen oder Schweinen oder ...?, in: Praxis der Naturwissenschaften – Biologie 5/42, S. 30-37.

Klein, Rüdiger Lutz (1993b): Bauer Piepenbrink und seine Kühe, in: Unterricht Biologie 182, S. 30-34.

Knauer, Bernhard (1996): Gene und Genvergleiche – Belege für die Evolution, in: Praxis der Naturwissenschaften – Biologie 6/45, S. 33-40.

Köppelle, Winfried (2002): Kits, Klonierungsvektoren, Reagenzien. Knock' das Gen aus!, in: Laborjournal 11, S. 71.

Körtner, Ulrich (1997): Ethische Aspekte der Gentechnik: Zur ethischen Beurteilung der Chancen und Risiken gentechnischer Verfahren im Bereich der Pflanzen- und Tierzucht sowie der Lebensmittelerzeugung, in: Ethica 5, Heft 4, S. 339-359.

Koch, Klaus (2002): Gentherapie: Neubewertung der Risiken, in: Deutsches Ärzteblatt 99, Heft 49, S. A3293.

Kollek, Regine (2002): Präimplantationsdiagnostik, Tübingen.

Korff, Wilhelm (2000): Einführung in das Projekt Bioethik, Artikel in: Korff, Wilhelm; Beck, Lutwin & Miktat, Paul (Hrsg.): Lexikon der Bioethik, Band 1, S. 7-16, Gütersloh.

Kreuz, Jürgen; Völker, Martin & Durst, Berthold (2000): Bioethik am Beispiel des Bt-Mais, in: Der Mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 53/5, S. 268- 270.

Kühne, Elisabeth; Landsberg-Becher, Johann-Wolfgang; Micheler, Astrid, Pochanke, Angelika (1987a): Wollen wir den perfekten Menschen?, in: Unterricht Biologie 125/11, S. 44-47.

Kühne, Elisabeth; Landsberg-Becher, Johann-Wolfgang; Micheler, Astrid, Pochanke, Angelika (1987b): Wollen wir den perfekten Menschen? Unterrichtsmaterialien zur Gentechnik, in: Unterricht Biologie 125/11, S. 23-30.

Kuld, Lothar & Schmid, Bruno (2001): Lernen aus Widersprüchen. Dilemmageschichten im Religionsunterricht, Donauwörth.

Labahn-Lucius, Christine; Lucius, Eckhard & Herbermann, Susanne (1993): Freisetzung von gentechnisch veränderten Bakterien, in: Unterricht Biologie 182/17, S. 41-43

Langenbruch, Gustav-Adolf; Hassan, Sherif; Büchs, Wolfgang; Burgermeister, Wolfgang; Freier, Bernd & Hommel, Bernd (2006): Biologische Sicherheitsforschung mit Bt-Mais. Resistenzentwicklung beim Maiszünsler und Nebenwirkungen auf Nichtzielorganismen werden untersucht, in: ForschungsReport 1/2006, S. 8-12.

Langlet, Jürgen (1999): „Ich esse keine Gene!“ Die Kunst der Beurteilung lernen, in: Friedrich Jahresheft, S. 96-99.

Lecke, Karina & Braner, Jens (1995): Die Polymerasekettenreaktion und die HIV-Diagnose, in: Unterricht Biologie 209/19, S. 35-37.

Lesch, Walter (2003): Narrative Ansätze der Bioethik, in: Düwell, Marcus & Steigleder, Klaus (Hrsg.): Bioethik. Eine Einführung, S. 184-199, Frankfurt am Main.

Lind, Georg (2006): Das Dilemma liegt im Auge des Betrachters, in: Praxis der Naturwissenschaften – Biologie in der Schule, 1/55, S. 10-16.

Maier, Karl Ernst (1986): Grundriß moralischer Erziehung, Bad Heilbrunn.

Marckmann, Georg (2000): Was ist eigentlich prinzipienorientierte Medizinethik?, in: Ärzteblatt Baden Württemberg 12, S. 499-502.

Marschall, René (1999): Fingerabdruck ohne Fingerspuren, in: Unterricht Biologie 246/23, S. 47-50.

Martens, Ekkehard (2002): Philosophische Bildung und Ethik - Am Anfang, nicht am Ende, in: Martin, Hans-Joachim (Hrsg.): Am Ende (–) die Ethik?, S. 178-188, Münster.

Mayring, Philipp (1993): Quantitative Inhaltsanalyse, Weinheim.

Meisert, Anke & Kierdorf, Horst (2001): Bioethische Themen im Biologieunterricht. Fachdidaktische Umsetzung am Beispiel der operativen Trennung Siamesischer Zwillinge, in: Der Mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 54/6, S. 359-363.

Menrad, Klaus; Gaisser, Sibylle; Hüsing, Bärbel & Menrad, Martina (2003): Gentechnik in der Landwirtschaft, Pflanzenzucht und Lebensmittelproduktion. Stand und Perspektiven, Heidelberg.

Menzdorf, Arne (1988): Anwendungen der Gentechnologie, in: Praxis der Naturwissenschaften – Biologie 4/37, S. 5-19.

Mieth, Dietmar (1993): Kriterien für ethisch richtiges Handeln, in: Religionsunterricht an höheren Schulen 36/2, S. 90-96.

Mieth, Dietmar (2002): Was wollen wir können? Ethik im Zeitalter der Biotechnik, Freiburg.

Minol, Klaus (1996a): Die Polymerase-Kettenreaktion (PCR), in: Minol, Klaus & Gassen, Hans Günter (Hrsg.): Gentechnik, S. 292-319, Stuttgart.

Minol, Klaus (1996b): Gendiagnose, in: Minol, Klaus & Gassen, Hans Günter (Hrsg.): Gentechnik. S. 320-340, Stuttgart.

Minol, Klaus (1996c): Gentherapie, in: Minol, Klaus & Gassen, Hans Günter (Hrsg.): Gentechnik, S. 341-371, Stuttgart.

Minol, Klaus & Sinemus, Kristina (2004/2005): Rohstoffe aus Designerpflanzen, in: mensch+umwelt spezial 17, S. 39-44.

Möhring, Hella (2007): Argentinische Rinder liefern Insulin, in: Die Welt vom 09.05. 2007, S. 31.

Mostler, Gerhard; Krumwiede, Dieter & Meyer, Günter (1975): Methodik und Didaktik des Biologieunterrichts, Heidelberg.

Müller, Michael (1995): Es geht um die Wurst!, in: Unterricht Biologie 210/19, S. 49-54.

Müller-Koch, Uta (2005): Universalistische und relativistische Ansätze in der Ethik, in: Maring, Matthias (Hrsg.): Ethisch-Philosophisches Grundlagenstudium, S. 110-125, Münster.

Nagl, Walter (1992): Gentechnologie und Grenzen der Biologie, Darmstadt.

Niemann, Heiner (1997): Transgene Nutztiere - Neue Perspektiven bei der Erzeugung rekombinanter Proteine und der Organtransplantation, in: Lohner, Michael, Sinemus, Kristina & Gassen, Hans Günter (Hrsg.): Transgene Tiere in Landwirtschaft und Medizin, S. 13-47, Villingen-Schwenningen.

Nissen, Johann Christian (1996): Gentechnik und Gentechnologie. Analysen und empirische Untersuchungen zu einem didaktischen Konzept, Weinheim.

Oehlke, Ulrich (2000): Wolf im Schafspelz?, in: Unterricht Biologie 251/24, S. 45-48.

Ott, Konrad (2001): Moralbegründungen zur Einführung, Hamburg.

Pabst, Klaus; Geis, Arnold & Bockelmann, Wilhelm (1998): Biotechnologie in der Käseherstellung, in: ForschungsReport 2/1998, S. 22-25.

Pestka, Sidney (1983): Interferon für klinische Tests, in: Spektrum der Wissenschaft, Oktober, S. 60-69.

Pfeifer, Volker (2003): Didaktik des Ethikunterrichts, Stuttgart.

Pieper, Annemarie (2000): Einführung in die Ethik, Tübingen.

Propping, Peter; Aretz, Stefan & Schumacher, Johannes (2006): Medizinisch-naturwissenschaftlich Aspekte, in: Deutsches Referenzzentrum für Ethik (Hrsg.): Prädiktive genetische Testverfahren. Naturwissenschaftliche, rechtliche und ethische Aspekte, S. 16–57, Freiburg.

Prüfer, Thomas & Stollorz, Volker (2003): Bioethik, Hamburg.

Quante, Michael & Vieth, Andreas (2003): Welche Prinzipien braucht die Medizinethik? Zum Ansatz von Beauchamp und Childress, in: Düwell, Marcus & Steigleder, Klaus (Hrsg.): Bioethik. Eine Einführung, S. 136-151, Frankfurt am Main.

Raubuch, Markus (1999): Die „Grüne Gentechnik“ – Philosophie, ökonomische Aspekte und Lösungskonzepte, in: Praxis der Naturwissenschaften – Biologie 5/48, S. 15-21.

Rauprich, Oliver (2005): Prinzipienethik in der Biomedizin – Zur Einführung, in: Rauprich, Oliver & Steger, Florian: Prinzipienethik in der Biomedizin, S. 11–45, Frankfurt am Main.

Regenass-Klotz, Mechthild (2000): Grundzüge der Gentechnik. Theorie und Praxis, Basel.

Rehmann-Sutter, Christoph (2002): Bioethik, Artikel in: Düwell, Marcus; Hübenthal, Christoph & Werner, Micha H. (Hrsg.): Handbuch Ethik, S. 247-252, Stuttgart.

Reineke, Annette (2004): Gentechnik. Grundlagen, Methoden und Anwendungen, Stuttgart.

Renn, Ortwin (2005): Technikakzeptanz: Lehren und Rückschlüsse der Akzeptanzforschung für die Bewältigung des technischen Wandels, in: Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis Nr. 3, S. 29-38.

Renneberg, Reinhard (2007): Biotechnologie für Einsteiger, München.

Rieß, Werner (1999): Ethik und Biologieunterricht. Metatheoretische Untersuchungen biologiedidaktischer Theorien, Lauffen.

Rose, Horst (1998): Der Griff nach dem Keim, in: Geo Wissen, März, S. 56-59.

Runtenberg, Christa (2001a): Didaktische Ansätze einer Ethik der Gentechnik. Produktionsorientierte Verfahren im Unterricht über die ethischen Probleme der Gentechnik, Freiburg.

Runtenberg, Christa (2001b): Gen-Schafe, Spenderschweine, Onkomäuse – Ethische Aspekte der Verwendung von Tieren in der Forschung, in: Praxis der Naturwissenschaften – Biologie in der Schule 6/50, S. 15-19.

Runtenberg, Christa (2003): Ethische Aspekte der Präimplantationsdiagnostik. Kompetenzförderung und ethische Urteilsbildung im Unterricht, in: Praxis der Naturwissenschaften – Biologie in der Schule 6/52, S. 10-12.

Ruppert, Wolfgang (1995a): Gentechnisch erzeugte Herbizidresistenz bei Kulturpflanzen, in: Unterricht Biologie, 209/ 19, S. 32-34.

Ruppert, Wolfgang (1995b): Gentechnik im Pflanzenschutz, Materialien, in: Unterricht Biologie, 209/ 19, S. 1-4.

Schaber, Peter (1998): Normative Ethik, in: Wolf, Jean-Claude & Schaber, Peter: Analytische Moralphilosophie, S. 46-66, München.

Scharf, Horst & Scharf, Edeltraud (2000): Modellversuch zur Gentechnik, in: Unterricht Biologie 251/24, S. 36-39.

Schenkel, Johannes (2006): Transgene Tiere, Berlin.

Schischkoff, Georgi (Hrsg.) (1978): Philosophisches Wörterbuch, Stuttgart.

Schmaloske, Annika & Dreesmann, Daniel C. (2005): Krimi im Klassenzimmer. Gentechnik im Biologieunterricht der Jahrgangsstufe 6, in: Praxis der Naturwissenschaften – Biologie in der Schule 7/54, S. 33-37.

Schmid, Bruno (2004): Ethisch handeln lernen. Begründungsmodelle im Kontext der Bioethik, in: Religionsunterricht heute 3/32, S. 4-9.

Schmid, Bruno (2007): Selbstbestimmung und Fürsorge am Lebensende. Zur Kritik des Prinziplismus, in: Ethica 1, 2007, S. 97-100.

Schmid, Rolf (2002): Taschenatlas Biotechnologie und Gentechnik, Weinheim.

Schmitter, Hermann (1998): DNA-Identifizierungsmuster in der Strafverfolgung, in: Spektrum der Wissenschaft Heft 10, S. 56 – 60.

Schneider, Herbert (1999): Der Beutelsbacher Konsens, in: Mickel, Wolfgang (Hrsg): Handbuch zur politischen Bildung, S. 171-177, Bonn.

Schneider, Volker & Probst, Wilfried (1984): Gentechnologie, in: Unterricht Biologie 90/8, S. 46-51.

Schrimpf, Gangolf (Hrsg.) (2002): Gentechnische Methoden. Eine Sammlung von Arbeitsanleitungen für das molekularbiologische Labor, Heidelberg.

Schumann, Wolfgang (1996): Vektoren für die Übertragung von genetischer Information in lebende Zellen, in: Gassen, Hans Günter & Minol, Klaus (Hrsg): Gentechnik, S. 126-155, Stuttgart.

Seyffert, Wilhelm (1998): Lehrbuch der Genetik, Stuttgart.

Sinemus, Kristina & Minol, Klaus (2004/2005): Grüne Gentechnik – ein Beitrag zur Nachhaltigkeit?, in: mensch + umwelt spezial 17, S. 45-50.

Singer, Wolf (1996): Vom Geschöpf zum Schöpfer, in: Die Zeit vom 28.06.1996, S. 31.

Sorbe, Dietmar (1987): Gentechnisch manipulierte Bakterien produzieren Humaninsulin, in: Praxis der Naturwissenschaften – Biologie 2/36, S. 15-22.

Stamadiadis-Smidt, Hilke & zur Hausen, Harald (Hrsg.) (1998): Das Genom-Puzzle. Forscher auf der Spur der Erbanlagen, Berlin.

Steigleder, Klaus (2000): Müssen wir, dürfen wir schwere (nicht-therabierbare) genetisch bedingte Krankheiten vermeiden? in: Düwell, Marcus & Mieth, Dietmar (Hrsg): Ethik in der Humangenetik. Die neuen Entwicklungen der genetischen Frühdiagnostik aus ethischer Perspektive, S. 91-119, Tübingen.

Steigleder, Klaus (2002): Kant, Artikel in: Düwell, Marcus, Hübenthal, Christoph & Werner, Micha H. (Hrsg.): Handbuch Ethik, S. 128-139, Stuttgart.

Steigleder, Klaus (2003a): Bioethik als Singular und als Plural. Die Theorie von H. Tristam Engelhardt, in: Düwell, Marcus & Steigleder, Klaus (Hrsg.): Bioethik. Eine Einführung, S.72-87, Frankfurt am Main.

Steigleder, Klaus (2003b): Kasuistische Ansätze in der Bioethik, in: Düwell, Marcus & Steigleder, Klaus (Hrsg.): Bioethik. Eine Einführung, S. 152-167, Frankfurt am Main.

Stöckle, Claus (1988): Zeitalter der Gentechnik - ein historischer Überblick in: Praxis der Naturwissenschaften – Biologie 4/37, S. 1-4.

Stollorz, Volker (1999): Nach erstem Todesfall müssen „alle Fakten auf den Tisch“, in: Deutsches Ärzteblatt 96, Heft 44, A-2792 – A2793.

Thorgensen, Helge; Hampel, Jürgen; von Bergmann-Winberg, Marie-Louise, Bridgman, Eleanor u.a. (2002): Promise, problems and proxies: twenty-five years of debate and regulation in Europe, in: Bauer, Martin W. & Gaskell, George: Biotechnologie. The Making of a Global Controversy, Cambridge.

Tödt, Heinz Eduard (1977): Versuch zu einer Theorie sittlicher Urteilsfindung, in: Zeitschrift für evangelische Ethik 21, 81-93.

Untermoser, Melanie (2004): Präimplantationsdiagnostik: Anwendung des Machbaren?, in: Unterricht Biologie 291, S. 15-18.

Urmann, Ute (1996): Das Enzymrepertoire der Gentechnologen: Restriktionsendonukleasen und andere Enzyme, in: Minol, Klaus & Gassen, Hans Günter (Hrsg.): Gentechnik, 92-125, Stuttgart.

Van der Daele, Wolfgang (1995): Ist Gentechnik unmoralisch?, in: DLG-Mitteilungen, DLG plus: Gentechnik, 10, S. 30-31.

Velander, William H.; Lubon, Henryk & Drohan, William N. (1997): Menschliche Proteine in der Milch transgener Tiere, in: Spektrum der Wissenschaft, März, S. 70-74.

Verband forschender Arzneimittelhersteller (Hrsg.) (2006): Gentechnische Arzneimittel, Berlin.

Vollmer, Gerhard (1992): Die Wissenschaft vom Leben. Das Bild der Biologie in der Öffentlichkeit, in: Präve, Paul (Hrsg): Jahrhundertwissenschaft Biologie?! Aktueller Stand der Biowissenschaften in Deutschland, S. 1-17, Weinheim.

Watson, James; Tooze, John & Kurtz, David (1989): Rekombinierte DNA. Eine Einführung, Heidelberg.

Weidenbach, Monika (2005): Emotionen in moralischen Urteilsbildungsprozessen. Reflexionen moralischer Intuition und Anerkennung subjektiver Prioritäten in Schülerurteilen zur Bioethik – ein biologiedidaktisches Konzept, Hamburg.

Weidinger, Norbert (2003): Reiz-volle Impulse, in: ru Ökumenische Zeitschrift für den Religionsunterricht, 33/3, S. 112-113.

Werner, Micha H. (2002a): Deontologische Ansätze. Einleitung, Artikel in: Düwell, Marcus; Hübenthal, Cristoph & Werner, Micha H. (Hrsg.): Handbuch Ethik, S. 122-127, Stuttgart.

Werner, Micha H (2002b): Diskursethik, Artikel in: Düwell, Marcus; Hübenthal, Christoph & Werner, Micha H.(Hrsg.): Handbuch Ethik, S. 140-151, Stuttgart.

Werner, Micha H. (2003): Hans Jonas' Prinzip Verantwortung, Artikel in: Düwell, Marcus & Steigleder, Klaus (Hrsg.): Bioethik. Eine Einführung, S. 41-56, Frankfurt am Main.

Winnacker, Ernst-Ludwig; Rendtorff, Trutz; Hepp, Hermann; Hofschneider Peter Hans & Korff, Wilhelm (2002): Gentechnik: Eingriffe am Menschen, München.

Wolf, Nicola (2002): Krankheitsursachen Gene. Veröffentlichungsreihe der Arbeitsgruppe Public Health, Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung, Berlin. URL http://skylla.wz-berlin.de/pdf/2002/p02-202.pdf, [abgerufen am 24.07.07].

Wulff, Claudia (1999): Gentechnik in der industriellen Produktion, in: Beer, Wolfgang; Bremekamp, Elisabeth; Droste, Edith & Wulff, Claudia: Gentechnik. Arbeitshilfen für die politische Bildung, Bonn.

Zimmermann-Acklin, Markus (2003): Tugendethische Ansätze in der Bioethik, in: Düwell, Marcus & Steigleder, Klaus (Hrsg.): Bioethik. Eine Einführung, S. 200-210, Frankfurt am Main.

Zülicke, Freddy (2000): 25 Jahre Gentechnik - Bemerkungen zur Debatte, in: Biologie in der Schule 49, S. 59-63.

Zülicke, Freddy (2001): Regelungsprobleme von Gentechnik und Reproduktionsmedizin, in: Praxis der Naturwissenschaften – Biologie in der Schule 5/50, S. 40-46.

Internetquellen:

http://www.subito-doc.de/

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Überblick über wissenschaftliche Ereignisse und Debattengeschichte der Gentechnik	56/57
Tabelle 2:	Bibliographische Angaben zu den verwendeten Zeitschriften	86
Tabelle 3:	Materialkorpus	88/89
Tabelle 4:	Übersicht über die Bedeutung unterschiedlicher Informationen zu gentechnischen Verfahren in den Unterrichtsvorschlägen	152
Tabelle 5:	Übersicht über biologiedidaktische Konzeptionen für ethisches Lernen im Biologieunterricht	182/183

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Die Zeitalter der Genetik	16
Abbildung 2:	Genklonierung mit Hilfe bakterieller Plasmide	20
Abbildung 3:	Schnittstellen von Restriktionsenzymen	21
Abbildung 4:	Genomische Bibliotheken	25
Abbildung 5:	Chromosome walking	32
Abbildung 6:	Forschungs- und Anwendungsbereiche der Gentechnik	33
Abbildung 7:	Bioethische Theorien	64
Abbildung 8:	Reichweite und Subjekte verschiedener ethischer Begründungen	65
Abbildung 9:	Anzahl der Unterrichtsvorschläge in Fünf-Jahres-Zeiträumen	90
Abbildung 10:	Übersicht über die Häufigkeit thematisierter Inhalte	91
Abbildung 11:	Häufigkeit bestimmter Inhalte in Fünf-Jahres-Zeiträumen	92
Abbildung 12:	Wandel in den Anteilen der Themen des Faches Biologie in Lehrplänen, Lehrbüchern und Unterricht unter verschiedenen Einflussgrößen	93
Abbildung 13:	Zeitlicher Abriss; Herstellung pharmazeutisch wirksamer Proteine	96
Abbildung 14:	Zeitlicher Abriss; Gentechnik am Menschen	99

Abbildung 15:	Zeitlicher Abriss; Grüne Gentechnik	101
Abbildung 16:	Zeitlicher Abriss; Herstellung transgener Tiere	103
Abbildung 17:	Zeitlicher Abriss; DNA-Typisierung	105
Abbildung 18:	Zeitlicher Abriss; Unterrichtsvorschläge und Debattengeschichte	111
Abbildung 19:	Problemhorizonte	128
Abbildung 20:	Problemfeststellung	129
Abbildung 21:	Strategien der Problemlösung	159
Abbildung 22:	Urteilsdimensionen	159
Abbildung 23:	Zusammenhang zwischen Debattengeschichte und Unterrichtsstrategien	165
Abbildung 24:	Schema zur Analyse von Handlungen	178
Abbildung 25:	Integration unterschiedlicher Theorien im ethischen Entscheidungsprozess	206