

Europäische Akademie
zur Erforschung von Folgen
wissenschaftlich-technischer Entwicklungen
Bad Neuenahr-Ahrweiler GmbH

Direktor:
Professor Dr. Carl Friedrich Gethmann

**ZUR WISSENSCHAFTSTHEORIE
DER GENETIK.
MATERIALIEN ZUM GENBEGRIFF**

von
Mathias Gutmann und Peter Janich
April 1997

Europäische Akademie

zur Erforschung von Folgen
wissenschaftlich-technischer Entwicklungen
Bad Neuenahr-Ahrweiler GmbH

Direktor:

Professor Dr. Carl Friedrich Gethmann

**ZUR WISSENSCHAFTSTHEORIE
DER GENETIK.
MATERIALIEN ZUM GENBEGRIFF**

von

Mathias Gutmann und Peter Janich

April 1997

Die Schriften der „Grauen Reihe“ umfassen aktuelle Materialien und Dokumentationen, die von den Wissenschaftlern der **Europäischen Akademie** zur Erforschung von Folgen wissenschaftlich-technischer Entwicklungen Bad Neuenahr-Ahrweiler GmbH laufend erarbeitet werden. Die Publikationen der „Grauen Reihe“ werden als Manuskripte gedruckt und erscheinen im Selbstverlag der **Europäischen Akademie**. Sie können über die **Europäische Akademie** auf schriftliche Anfrage hin bezogen werden.

Herausgeber:

Europäische Akademie
zur Erforschung von Folgen
wissenschaftlich-technischer Entwicklungen
Bad Neuenahr-Ahrweiler GmbH
Postfach 14 60, D-53459 Bad Neuenahr-Ahrweiler
Telefon: ++49 - (0)2641 - 7543 - 00, Telefax -20

Direktor:

Professor Dr. Carl Friedrich Gethmann (V.i.S.d.P.)

Redaktion:

Dr. Stephan Lingner

Druck:

Druckerei Martin Warlich, Bad Neuenahr-Ahrweiler

Vorwort

Der vorliegende Beitrag entstand in engem Zusammenhang mit den Vorstudien zu einem geplanten Arbeitsprogramm „Biodiversität. Wissenschaftliche Grundlagen und gesellschaftliche Relevanz“ der **Europäischen Akademie**.

Da bisher nur verhältnismäßig wenige Arbeiten zur Wissenschaftstheorie der Genetik vorliegen, schien es geboten, wichtige Ansätze zur Rekonstruktion des Genbegriffes Interessenten aus Wissenschaft und Gesellschaft zugänglich zu machen. In diesen Beitrag sind die Ergebnisse wissenschaftstheoretischer und -historischer Studien eingegangen, die von Mitgliedern des Marburger Arbeitskreises „Methodischer Kulturalismus“ zu biologischen Theorien angefertigt wurden. Besonderes Augenmerk wurde bisher vor allem der wissenschaftstheoretischen Rekonstruktion biologischer Zentralbegriffe wie „Art“, „Evolution“ oder „Organismus“ geschenkt. Die Beschäftigung mit dem Genbegriff (hier zumindest in der Darstellung seiner züchterischen Grundlagen) stellt damit eine folgerichtige Erweiterung des Gegenstandsbereiches solcher Rekonstruktionen dar. Dies geschieht in enger Anlehnung an Ausarbeitungen von GUTMANN, JANICH und WEINGARTEN zum genannten Thema (siehe Literaturverzeichnis).

Der Beitrag versteht sich zugleich als Materialsammlung mit dokumentarischer Ausrichtung. Es wird jedoch kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben. Vielmehr sollen Perspektiven systematischer Rekonstruktion moderner biologischer Theorien deutlich werden. Daher wurde dem Beitrag ein ausführliches Literaturverzeichnis beigegeben.

Bad Neuenahr-Ahrweiler und Marburg, April 1997

Mathias Gutmann, Peter Janich¹

¹ O. Professor an der Universität Marburg

INHALTSVERZEICHNIS

0. Einleitung	5
1. Wissenschaftliche Fragestellung	6
1.1 Genetik und Technikfolgenbeurteilung	7
1.2 Genetik und Artbegriff	10
2. Methodische Kritik	14
2.1 Genetik, Gen- und Biotechnik	15
2.2 Historische Aspekte	17
2.2.1 Vererbungstheoretische Aspekte	19
2.2.2 Populationsgenetische Aspekte	20
2.2.3 Evolutionstheoretische Aspekte	21
3. Die Rekonstruktion der Mendel-Population	22
3.1 Die Bastardisierungsversuche und die Regeln der Vererbung	22
3.2 Die Auswahl der Pflanzen	25
3.3 Die Auswahl der Merkmale	27
3.4 Der dominant/rezessive Erbgang	28
3.5 Die Bastardengenerationen	30
3.6 Idealisierungen	31
4. Schlußbemerkung	35
Literatur	37
Zitierte Literatur	37
Weiterführende Literatur	45
Biodiversität und Taxonomie	45
Genetik	47
Wissenschaftstheorie, Theoretische Biologie	49
Assessment, Gentechnik, Züchtung	52
Übergreifende Aspekte	56

0. Einleitung

Der vorliegende Text ist eine Materialsammlung, die zwei Zwecken dienen soll:

1. Die vorgelegte Übersicht, die aktuelle wie historische Quellen aus Biologie, Biologiegeschichte, Wissenschaftstheorie und Philosophie berücksichtigt, soll einen Überblick zu offenen und z.T. kontrovers diskutierten Methodenschwierigkeiten der modernen biologischen Wissenschaft liefern.
2. Die Ermittlung verwandter wissenschaftlicher Ansätze sollte es in einem zweiten Schritt erlauben, Schwächen und Defizite herauszuarbeiten, die gerade durch die Reduktion auf bestimmte, in der Regel in Reichweite und Aussagekraft nicht mehr weiter überprüfte Konzepte zustande kommen.

Die Konzentration auf Gentechnik zum einen und die damit verbundenen Probleme der Diversitätsbestimmung zum andern erklärt sich aus der enormen Fülle der Ansätze und Überlegungen innerhalb der Biologie. Die vorgelegten Arbeitsmaterialien gliedern sich in vier Teile:

1. Das erste Kapitel stellt einen kurzen Überblick zum Stand der Forschung bereit, sowohl hinsichtlich der Bewertungsparameter im Bereich Genetik als auch der Biodiversitätsforschung. Lücken und Engführungen aktueller Konzepte, sollen besonders herausgearbeitet werden.
2. Die wissenschaftstheoretische Darstellung einiger zentraler Fragen der Genetik bildet das zweite Kapitel. Der Schwerpunkt liegt in der Rekonstruktion methodischer Mängel - also nicht, wie im Falle des ersten Kapitels, in eher inhaltlichen Schwierigkeiten der wissenschaftlichen Dabatte um Gentechnik und Biodversität. Diese kritische Analyse zeigt u.a., wie sehr scheinbar materiale Probleme letztlich auf methodologischen Mißverständnissen beruhen.
3. Das dritte Kapitel bildet die Durchführung einer methodischen Rekonstruktion am Beispiel der MENDELSchen Populationen (nach GUTMANN 1996). Diese MENDEL-Populationen sind für populations-

biologische Modellierungen grundlegend. Deren operationale Rekonstruktion ist von entscheidender Bedeutung. Dieses Beispiel soll zugleich dokumentieren, wie durch Rückgriff auf Züchtungspraxen sprachliche Abklärungen vorgenommen werden können.

4. Ein ausführliches, über die unmittelbar verwendeten Titel erweitertes Literaturverzeichnis schließt die Materialsammlung ab.

1. Wissenschaftliche Fragestellung

Die Genetik gilt heute unumstritten als eine der führenden Disziplinen der modernen Biologie. Als solche kommt ihr für die Veränderung und Entwicklung der modernen Gesellschaften eine Rolle zu, wie sie jener der Physik und der Chemie seit Beginn dieses Jahrhunderts entspricht. Tatsächlich prägen Gen- und Biotechniken nicht nur das Natur- und Menschenbild unserer Gesellschaft, sie bestimmen vielmehr auch als Produktionstechniken unmittelbar die Lebenswelt des modernen Menschen.

Dies geschieht zum Teil direkt durch zunehmende Einführung von bio- oder gentechnischen Herstellungsverfahren bei der Lebensmittelproduktion, der Rohstoffherstellung sowie im Bereich der medizinischen Diagnostik und Therapie. Zum Andern wirken die Erkenntnisse der modernen Genetik handlungsleitend bei drängenden gesellschaftlichen Entscheidungen etwa bei der Bewertung von „natürlichen Ressourcen“, der Evaluation von Ökosystemen und Biotopen sowie der Risikoabschätzung menschlicher Eingriffe in natürliche Umwelten.

Die Darstellung wissenschaftlicher Probleme der Technikfolgenbeurteilung von Genetik und Biodiversität erfolgt in zwei Abschnitten. Der erste wird die methodischen Schwierigkeiten genetischer Ansätze, sowie die Grenzen solcher Ansätze für eine wissenschaftlich fundierte Technikfolgenbeurteilung aufzeigen. Der zweite Abschnitt ist den methodischen Schwierigkeiten von Biodiversitätsansätzen gewidmet.

1.1 Genetik und Technikfolgenbeurteilung

Trotz des erfolgreichen Einsatzes genetischer Techniken zeigt sich bei der Diskussion von Gegnern und Befürwortern eine wichtige Gemeinsamkeit: sowohl Ablehnung wie Befürwortung der Genetik und ihres Einsatzes in den genannten Bereichen wird von beiden Seiten unter Berufung auf „die Natur“ begründet. So wird von der einen Seite z.B. die Natürlichkeit der Artgrenzen zum Kriterium der Ablehnung von - „artüberschreitenden“ - genetischen und gentechnischen Eingriffen gemacht. Dies etwa mit Hinweis auf die möglichen Gefährdungen natürlicher Umwelten durch gentechnisch veränderten Organismen (als „Invasoren“) mit neuen Eigenschaften. Die Ablehnung der Gentechnik findet also unter Berufung auf eine „natürliche Ordnung“ des Artengefüges, der Ökosysteme oder allgemeiner der Biosphäre statt, und verweist auf die negativen Folgen für die Erhaltung natürlicher Biodiversität. Diese sei „an sich“ schützenswert und durch die Invasion hochpotenter gentechnisch veränderter Organismen (GVO) gefährdet.

Im Gegensatz dazu wird von den Befürwortern der Gentechnik die Tatsache in den Vordergrund gerückt, daß auch der Züchter letztlich nur ein Genetiker sei, und damit nichts anderes durchführe als das, was im Rahmen der Evolution schon immer geschehe: durch fortgesetzte Züchtung Organismen zu verändern. Die Differenz zur „natürlichen Züchtung“ läge im wesentlichen in der Geschwindigkeit des Vorganges und in der Orientierung an menschlichen, statt an „natürlichen“ Zwecken. Die artüberschreitende Kreuzung wäre dann ebenfalls als naturgemäß zu begreifen. Auch diese Berufung auf „die Natur“ ist nicht legitim, liegt ihr doch eine Verwechslung von hochartifiziellem labortechnischem Handeln des Experimentators mit einer Beschreibung der durch dieses Handeln veränderten „natürlichen Verläufe“ zugrunde². Der lückenlose, widerspruchsfreie Aufbau einer wissenschaftlichen Theorie ist somit kaum möglich, da innerhalb der

² Evolution ist damit im strikten Sinne kein „Naturvorgang“, sondern bezeichnet die Rekonstruktion „natürlicher“ Verläufe unter Investition z.T. gegensätzlicher theoretischer Positionen – man denke nur an die „necessity – contingency“ Debatte um das Determinismusproblem seitens der Evolutionsbiologie.

genetischen Wissenschaften die Methoden der Wissenschaft von den Gegenständen derselben nicht sauber unterschieden werden. Die eigentlich entscheidende Frage, welche der angebotenen wissenschaftlichen Theorien sich für die Abschätzung von Risiken und Nutzen genetischer Techniken überhaupt eignen, gerät aus dem Blickfeld.

Zusätzlich erschwert wird eine vernünftige Diskussion um Nutzen und Risiken gentechnischer Verfahren noch durch die Tatsache, daß Studien der einen wie der anderen Seite vor dem Hintergrund eher soziologischer oder gesellschaftstheoretischer Methoden und Fragestellungen behandelt werden. Für diese gilt jedoch häufig – unabhängig von der inhaltlichen Ausrichtung – daß bestimmte naturwissenschaftliche Ansätze und Ergebnisse in Anspruch genommen werden. D.h., soziologisch orientierte Studien setzen eben die Begriffe, die sie zur Risiko- oder Nutzenabschätzung benötigen, schon als geklärt voraus.

Die erste Aufgabe dieses Teilabschnittes der Klärung besteht folglich darin, die Vielzahl der unter dem Namen „Genetik“ zusammengefaßten Bemühungen in Gegenstand, Verfahren und Zielsetzungen zu rekonstruieren und darzustellen. Das Verständnis der Genetik als einheitlicher Disziplin, welche Vererbungslehre, Populationsgenetik, mathematische, evolutive und ökologische Genetik in Hinsicht auf den Gegenstand „Gen“ umfaßt, ist durchaus üblich. Dies führt dazu, daß unter dem Gen ein natürlicher, material, funktional und struktural identischer Gegenstand verstanden wird. Schon die bisherigen Voruntersuchungen zeigen aber, daß z.B. im Falle der Bestimmung des genetischen Materials im Zusammenhang mit Operatormodellen (BRENNER et al. 1976, BECKWITH, 1976, WOLLMANN et al.1976) dem Gen eine andere semantische Rolle zugemessen werden muß, als im Falle von Feldtheorien (WOLPERT 1969), epigenetischen (WEBSTER & GOODWIN 1982) oder einfachen informationstheoretischen (BRENNER et al. 1976, CRICK 1966 & 1976, CRICK et al 1976, WATSON & CRICK 1976) Modellen. Ferner zeigen sich grundsätzliche Differenzen, ob über Gene im experimentell handelnden Umgang oder über die Betrachtung von Züchtungskollektiven, auf der Ebene von Populationen bzw. der Einbeziehung von Reproduktionsbedingungen in evolutiven oder ökologischen Zusammenhängen die Rede ist. Diese Fälle

müssen aber deutlich von einander unterschieden werden, um auf der Grundlage der wissenschaftstheoretischen Rekonstruktion überhaupt sagen zu können, was unter solchen Begriffen, wie der „genetischen Information“ der „Mutation“, der „phänotypischen Plastizität“ etc. zu verstehen ist. Dies ist deshalb von besonderer Bedeutung, weil die genannten Begriffe die wissenschaftliche Grundlage einschlägiger Studien zum „risk assessment“ transgener Organismen abgeben.

Eine Alternative zu dem – in methodischer wie methodologischer Hinsicht unbefriedigenden – Realismus wissenschaftlicher Gegenstände besteht darin, die lebensweltlichen Handlungspraxen aufzuspüren, von denen her Naturwissenschaften (etwa durch „Hochstilisierung“ JANICH 1992) ihre Gegenstände konstituieren. Es läßt sich damit eine Rekonstruktion vornehmen, die moderne genetische Verfahren als besondere Hochentwicklung sehr spezieller züchterischer Methoden darstellt. Von diesem Verständnis der Genetik als einer aus der Züchtungspraxis konstituierten biologischen Wissenschaft ausgehend, kann schließlich die Bestimmung des Verhältnisses der anderen genetischen Disziplinen, vor allem der Populationsgenetik sowie der evolutiven und der ökologischen Genetik vorgenommen werden. Dabei handelt es sich, wie die Arbeitsergebnisse des Vorprojektes sowie weiterer Vorarbeiten vor allem im Bereich der Evolutionsgenetik zeigen (WEINGARTEN 1993, GUTMANN & WEINGARTEN 1994), jeweils um mehrere z.T. äußerst differente Schulen genetischer Forschung (so etwa DOBZHANSKY 1939-1981, WRIGHT 1930-1982, FISHER 1958, LEWONTIN 1961-1992).

1.2 Genetik und Artbegriff

Schon in frühen Ansätzen zur Biodiversität (WILSON 1965, MAC ARTHUR 1960) ist darauf hingewiesen worden, daß eine nur genetische Qualifizierung von Lebewesen kaum ausreicht, um etwa deren „Invasivität“ oder „weedeness“ beurteilen zu können. Die Abschätzungen des Risikos horizontalen Gentransfers zwischen eingeführten transgenen Formen und deren nahen, „wilden“ Verwandten, muß auf zweckrational organisierte Taxonomien zurückgreifen können, bei welchen die genetische Ressource in Korrelation mit dem Phänotyp als Ordnungskriterien gelten (SHARPLES 1991). Solche Taxonomien liegen aber bisher kaum vor. Stattdessen werden Arten als „natürliche Einheiten“ verstanden, die Einteilung erfolgt daher in der Regel nach traditionellen Gesichtspunkten (dazu kritisch HEYWOOD 1989).

Vom Standpunkt der Züchtung, welche, als kulturelle Praxis verstanden, eine wesentliche Voraussetzung der Genetik wie der Gen- und Biotechniken darstellt, ist aber eine genaue Kenntnis der Diversität von Züchtungssorten³ von entscheidender Bedeutung für den Erfolg der Züchtung, führen doch in der Regel fortgesetzte Züchtungen zur genetischen Verarmung der Züchtungskollektive. Daher wird die „Einkreuzung“ zu einem entscheidenden Bestandteil von Züchtungsprogrammen, woraus sich das züchterische Interesse an Wildformen erklärt. Eine wissenschaftstheoretische Rekonstruktion des Biodiversitätsbegriffes und der dabei investierten Art- und Populationskonzepte muß so überhaupt erst die Grundlage dafür schaffen, über die „erhaltenswerte“ Vielfalt von Lebewesen vernünftig sprechen zu können. Dabei zeigt sich, daß der vorschnelle Rückgriff auf existierende Artkonzepte, etwa des „Biological Species Concept“ (BSC) oder cladistischer bzw. phylogenetischer Ansätze, zu Engführungen in der Ausrichtung des politischen Handelns beitragen kann. Denn im genannten Fall müßte eine spezielle, biologischen Zwecken genügende Taxonomie zugleich Grundlage genetischer Fragestellungen sein,

³ Um sprachliche Mißverständnisse zu vermeiden, wird der Begriff der *Rasse* nicht verwendet. Die Sorte ist im züchterischen Zusammenhang durchaus einschlägig.

was eine strikte Korrelation von Genotyp, Phänotyp und ökologischer Potenz voraussetzte.

Solche taxonomischen Konzepte sind technisch gesehen vor allem durch die Auszeichnung von Artbegriffen (unter Angabe jeweiliger α -, β - oder γ -Diversitätskoeffizienten) zu charakterisieren, um deren Status als „natürlicher Einheiten“ seit einiger Zeit ein heftiger und die Grundlagen der gesamten biologischen Wissenschaft betreffender Streit entbrannt ist. Der Stellenwert des Artbegriffes in der Biodiversitätskonzeption läßt sich am besten durch die Aufgaben bestimmen, denen der Artbegriff zu genügen hat, und die den Zusammenhang zum Gegenstandsproblem der Genetik, der Gen- und Biotechniken besonders deutlich machen:

1. Der Artbegriff gibt den Bezugspunkt der „Veränderungs-Bestimmung“ in genetischen Manipulations- und Züchtungspraxen an (*E. coli* beschreibt eine bestimmte „Art“ Bakterien, *Z. mays* „den“ Mais, *D. melanogaster* „die“ Taufliege etc.).
2. Die Art gibt den Bezugspunkt der populationsbiologischen, evolutiven- und ökologischen Bewertung ab (Artgemeinschaften, Predator/Prey-Relationen, Inter-/Intraspecific-Competition etc.).
3. Der Artbegriff gibt für die Anlage von Genbanken, botanischen und zoologischen Gärten sowie die Bewertung der „genetic resources“ die Bewertungsgrundlage ab.
4. Der Artbegriff gibt einen wesentlichen Parameter der „Invasions“-Modellierung bei „risk-assessment“-Studien ab.

Die Probleme, die in der Bestimmung des Artbegriffes als einer für alle biologischen Bereiche gleichen, natürlichen Einheit liegen, läßt sich zeigen an der Tatsache, daß nach vorsichtiger Schätzung in der aktuellen Debatte ca. acht Grundkonzepte, und von diesen ausgehend, etwa 20 wohlunterscheidbare Artdefinitionen ausgemacht werden können (ERESHEFSKY 1992a-1992c).

Das prominenteste Artkonzept, das „Biological Species Concept“ (MAYR 1942-1994) bestimmt Arten als „untereinander frei kreuzbare, aber gegeneinander reproduktiv isolierte Gruppen von Individuen“. Dem steht z.B. das „Phylogenetic Species Concept“ (PSC, dazu sowie zum „phylogenetischen Programm“ HENNIG 1950, AX 1984)⁴ oder gar das morphologisch orientierte Artkonzept gegenüber.

Diesen – und weiteren Artbegriffen – folgend ergeben sich aber durchaus unterschiedliche Zuordnungen oder „Bewertungen“ (Taxierungen) von Lebewesen zu Arten. Das trifft übrigens ganz unabhängig von der Tatsache zu, daß das BSC letztlich für biparentale Formen, damit aber weder generell für Protisten noch für große Teile der Pflanzen gilt (SOKAL & CROVELLO 1992). Dies hat für die Bestimmung der Diversität einer Artengruppe, des Wertes eines Ökosystems etc. grundsätzliche Folgen. Denn in diesen Fällen wird ja von Genetikern, die sich z.B. durch DNA-Analysen an der Taxierung beteiligen, die Wohlbestimmtheit des Artbegriffes seitens der Taxonomie vorausgesetzt⁵ (exemplarisch CLEGG 1993, HENSGENS & SCHILPEROOT 1993)!

Doch auch in der Anwendung der Gen- und Biotechniken hat die Rede über Arten ganz unmittelbar Folgen, bedenkt man, daß Artgrenzen einen wichtigen Parameter für die „Neuheit“ eines transgenen Lebewesens darstellen (BAKER 1965, BARTSCH, SUKOPP & SUKOPP 1993, CRAWLEY 1991, KAREIVA & PARKER 1996, KEELER 1991, MEYER 1993). Dies läßt sich an der Rede von artübergreifenden Kreuzungen verdeutlichen: werden Arten nämlich im Sinne des BSC verstanden, dann kann es definitionsgemäß keine artübergreifenden Kreuzungen geben; alternativ wären die genannten Kreuzungsteilnehmer eben keine differenten Arten – sondern nur Zugehörige von

⁴ Die kritische Rekonstruktion dieser Überlegungen u.a. bei WEINGARTEN & GUTMANN (1993).

⁵ Wird zusätzlich die genetische Charakterisierung von Sorten *als* Arten im Sinne von phylogenetischen Reihen gewertet, tritt das altbekannte Zirkelproblem auf, mit welchem seit je solche merkmalsorientierten Konzepte zu kämpfen hatten; entgegen landläufiger Meinung ändert sich an diesem – durch die Methode selber erzeugten – Zirkel auch dann nichts, wenn statt – wie bisher – morphologischen oder physiologischen nun genetische Merkmale verwandt werden. Die Unterscheidung von Homologie und Konvergenz (von Plesio- und Apomorphie) wird nach wie vor unabhängig von der Einteilung mittels Merkmalen geleistet werden müssen!

Unterarten derselben Art. Im letzteren Falle wäre aber definitionsgemäß keine neue Art entstanden – trotz der gentechnischen Intervention.

Wie das „Gen“ oder die „Population“, so wird also auch die Art als „natürliche Einheit“ des Lebendigen betrachtet. Nun hat schon DARWIN in seinen *Origin of Species* sowie in dem systematisch sehr viel bedeutenderen *Variation of Animals and Plants under Domestication* auf den „nur konventionellen“ Charakter der Art hingewiesen. Seit dieser Zeit ist der methodologische und ontologische Status des Artbegriffes in der Biologie selbst umstritten (WEINGARTEN & GUTMANN 1993, GUTMANN 1996). Aufgrund seiner zentralen Stellung in der genannten Form soll daher der Artbegriff operational rekonstruiert werden. Das Ziel der Ausarbeitung liegt in der Bereitstellung des Aufbaues einer *Rationalen Taxonomie*, die den Ansprüchen von Genetikern, Gen- und Biotechnologen zum einen, zum anderen denen der mit Naturschutz, Biotopmanagement und der Konservierung von genetischen Ressourcen betrauten Wissenschaftlern genügt. Diese Zielsetzung entspricht den von Fachleuten auch des „risk-assessments“ schon öfter dringlich angemahnten Forderungen nach einer pragmatischen Taxonomie, die sowohl die Beziehung von Phänotyp zu Genotyp als auch die Beziehung von Genotyp/Phänotyp zur ökologischen Rolle oder Potenz aufzeige (SHARPLES, F. E. 1991).

Die weiteren Darstellungen (in Kapitel 2 und 3) werden sich auf den „genetischen“Aspekt konzentrieren, da hier erste systematische Klärungen schon vorgelegt werden konnten, auf die das Weitere sich bezieht.

2. Methodische Kritik

Die Schwierigkeiten, die sich für die Folgenbeurteilung der Genetik wie der Biodiversität stellen, hängen nur zum Teil mit einem unbefriedigenden Kenntnisstand zusammen. Sehr viel wichtiger ist die Tatsache, daß häufig nicht genügend zwischen *materialen* und methodologischen Problemen einer Naturwissenschaft unterschieden wird. Während die ersteren mit naturwissenschaftlichen Mitteln zumindest prinzipiell bearbeitbar sind, ist dies bei methodologischen Problemen gerade nicht der Fall. Unter materialen Problemen seien hier exemplarisch die immer weitergehende Registrierung der Biodiversität (z.B. nach Maßgabe eines bestimmten Artkonzeptes, in einem bestimmten Areal etc.) oder die Untersuchung ökologischer Potenzen von GVO genannt.

Methodologische Schwierigkeiten beziehen sich hingegen auf die Konzepte selber, die im Vollzug naturwissenschaftlicher Arbeit Anwendung finden. Hierher gehört z.B. die Einführung von grundlegenden Begriffen (Gen, Art, Population) oder der lückenlose, zirkelfreie Aufbau einer biologischen Theorie. Die Lösung solcher Probleme, die zumeist dann sichtbar werden, wenn in der Fachwissenschaft selber Auseinandersetzungen über die Einführung und den Status zentraler Begriffe auftreten (wie eben am Beispiel des Gens und der Art erläutert⁶), ist Gegenstand wissenschaftstheoretischer Rekonstruktion. Ihre Aufgabe besteht zunächst in der kritischen Analyse vorhandener naturwissenschaftlicher Theorien (hier also biologischer im Sinne genetischer oder taxonomisch/systematischer Fragestellungen).

Eine sprachanalytisch orientierte Kritik von „naturwüchsig“ entstandenen Sprachgebräuchen mit dem Ziel der Aufdeckung von Naturalismen, Homonymien etc. schließt sich an, da die Vermeidung der schlicht aus unbedachter Sprachverwendung resultierenden Probleme eine tatsächliche Konstitution der Genetik als Wissenschaft ermöglicht. Die Formulierung konstruktiver Perspektiven einer Genetik bildet dann den letzten Schritt.

⁶ Zum Genbegriff etwa BEURTON (1994), FALK (1986), HODGE (1992); zum Artbegriff im Überblick ERESHESFSKY (1992a).

2.1 Genetik, Gen- und Biotechnik

In der Darstellung von Schwierigkeiten moderner genetischer Ansätze zur Charakterisierung der Biodiversität fällt die unregelmäßige Verwendung der Begriffe „Genetik“, „Gentechnik“ und „Biotechnik“ auf. Die Klärung des systematischen Verhältnisses dieser drei u.E. strikt zu trennenden Praxisformen⁷ ist eine der wesentlichen wissenschaftstheoretischen Aufgaben. Ohne dieser Ausarbeitung vorzugreifen, soll hier eine erste Vereinbarung vorgenommen werden. Dabei ist zu bedenken, daß alle drei genannten Praxisformen sich auf einen bestimmten hälterischen oder züchterischen Umgang mit Lebewesen beziehen (dazu s. GUTMANN 1996, Janich 1997).

Demgemäß bezeichne die Biotechnik die allgemeinste Praxisform, da hier sowohl hälterische wie züchterische Praxen gefaßt werden sollen. Dies gilt unabhängig von der Art der Lebewesen, also für Pflanzen und Tiere gleichermaßen. Auch an „Mikroorganismen“ ist hier zu denken. Die Gentechnik ist eine spezielle Form der Biotechnik insofern, als hier im wesentlichen Manipulationen⁸ des Erbgangs vorgenommen werden (noch unabhängig von den Mitteln, also sowohl klassische züchterische wie „trans“-klassische verwendend). Die hälterische Praxis tritt dabei jedoch in den Hintergrund, da das Ziel nicht nur in der Nutzung der Lebewesen (etwa zur Produktion von Stoffen besteht). Ziel ist vielmehr die Bereitstellung von Lebewesen mit gewünschten Eigenschaften und den Mitteln ihrer Reproduktion⁹. Alle „Gentechniken“ wären also als Biotechniken anzusprechen, aber keinesfalls umgekehrt. Dies wirkt sich ganz unmittelbar aus, wenn etwa über Vererbungsgänge z.B. der MENDELSchen Versuchsansätze gesprochen werden soll. Diese entstammen direkt der gärtnerischen

⁷ Hier soll von Praxisformen die Rede sein – im Gegensatz zu Praxen, da Formen eine Vielzahl diverser, aber systematisch zu vereinheitlichender Praxen umfassen können.

⁸ Es soll hier von Manipulationen deshalb die Rede sein um den Handlungsbezug dieser „Interventionen“ zu betonen.

⁹ Dies tritt auch schon in biotechnischem Rahmen auf, aber ohne Auszeichnung eben dieser speziellen Zwecke.

Praxis und bezeichnen eine bestimmte Form, über Vererbungsvorgänge ausgewählter Pflanzensorten zu sprechen. Dies kann ohne jede (!) Referenz auf „Gen-“ oder „Phän-“ Begriffe geschehen (beide Redeweisen sind vielmehr gerade an dieser Praxis zu gewinnen).

Die Gentechnik ist als Spezialisierung biotechnischer Verfahren vorzustellen, weil sie Manipulationen des Erbganges vornimmt – relativ dazu kann dann sogar die Rede über „epigenetische Aspekte“ wieder eingeführt werden. Die Zwecke, die diese Praxen verfolgen, sind ebenfalls speziellerer Art, insofern Gentechniken bestimmte Biotechniken stabilisieren. Sie stellen z. B. in der gezielten und reproduzierbaren Erzeugung von Bakterienstämmen, Reinzuchtlinien etc. das Material für die biotechnischen Umsetzungen zur Verfügung.

Die Genetik ist in Bezug auf Bio- und Gentechniken als Wissenschaft insofern zu bezeichnen, als hier unter Investition wohl etablierter vor allem chemischer Praxen *Erklärungen* für den Erfolg oder Mißerfolg von gentechnischen Manipulationen geliefert werden. Da die Genetik – wenn auch in sehr spezialisierter Form – auf züchterische Praxis angewiesen ist, kann von dieser her wiederum die Gentechnik Stabilisierung erfahren und sukzessive erweitert werden.

Diese vorläufige Abgrenzungen der drei Redeweisen über Züchtung als Bio-, Gentechnik und Genetik orientiert sich also an den Zwecken sowie den zu ihrer Erreichung eingesetzten Mittel der jeweiligen Praxen.

2.2 Historische Aspekte

Die systematische, d.h. hier methodologische Klärung von Begründungsproblemen bildet einen Schwerpunkt möglicher weiterer Ausarbeitungen. Damit treten notwendig eher historische Darstellungen in den Hintergrund. Historische Rekonstruktionen können allerdings für die Bearbeitung systematischer Fragen sehr hilfreiches Material liefern. Dies gilt für die Genetik in besonderem Maße, da sie – z.B. im Vergleich zur Embryologie, Systematik oder Morphologie – eine sehr junge Forschungsrichtung ist, die sich erst zur Jahrhundertwende wirklich etablierte (JAHN 1990, JAHN et al. 1985, JANICH in Vorbereitung). Dabei ist die Unterscheidung dreier historischer Phasen der – an der Evolutionstheorie orientierten – Genetik üblich:

1. Die Konstitutionsphase von der Veröffentlichung der MENDELSchen Versuche bis zu ihrer „Wiederentdeckung“.
2. Die „Early Synthesis“, die schon frühe populationsgenetische Ansätze umfaßt.
3. Die „New Synthesis“, welche den Versuch der Synthese von Genetik, Taxonomie und Paläontologie bezeichnet (dazu im einzelnen MAYR 1984, JAHN 1990, GUTMANN 1996).

Die erste Phase – deren systematischer Hintergrund in der gärtnerischen Praxis unten rekonstruiert werden soll – bezeichnet die eigentliche Konstitution der Genetik als Vererbungslehre¹⁰. Die hierbei investierte Praxis erlaubt es, die Rede über „dominante“ und „rezessive“ Erbgänge zu führen, ohne auf den Genbegriff zurückzugreifen. Ihre konsequente Ausarbeitung erhält diese Vererbungslehre in den Reinzuchtlinienansätzen bei JOHANNSEN, welchem auch der –

¹⁰ Entsprechend differiert die Beschreibungssprache von den z.B. labororientierten der späteren Ansätze, da es hier im wesentlichen um phänomenologische Überlegungen ging!

systematisch gefaßte – Genbegriff zu verdanken ist. Die „Early Synthesis“ bezeichnet als zweite Phase die uneinheitliche Etablierung populationsgenetischer Konzepte. Dabei sind die Überlegungen FISHERS, WRIGHTS oder auch HALDANES als einschlägige Ansätze für die Einführung des Populationsbegriffes eingegangen. Systematisch läßt sich ein Übergang zu den Ansätzen WEINBERGS dahingehend konstruieren, als sie auf die Normierung der MENDELSCHEN Züchtungsvorschriften zurückgreifen, um auf diesen basierende Ideale Populationen (I-Populationen) als Grundlage der weiteren Betrachtung einzuführen.

Der zweite große Entwicklungsschritt der Genetik war zugleich mit der Erweiterung der Sorten gehälterter und gezüchteter Lebewesen verbunden. So konnten durch die Nutzung von *Drosophila* als Züchtungsgegenstand auch nicht-MENDELSCHER Erbgänge etabliert werden. Diese Tiere ließen wegen günstiger Hälterungseigenschaften sehr viel weitergehende Modellierungen von Erbgängen über zahlreiche Generationen zu, als die von MENDEL verwendeten Pflanzen. Die Entwicklung der molekularen Genetik, bei welcher die Einbeziehung von Bakterienkulturen, die Nutzung von Bakteriophagen oder Viren deutliche Erweiterungen der züchterischen Grundlagen mit sich brachte, führte schließlich zu genetischen Manipulations- und Herstellungspraxen, welche die Grenzen der klassischen Genetik deutlich überschritten (JANICH in Vorbereitung, GUTMANN 1996).

Die „New Synthesis“ stellt insofern einen gewissen Abschluß dieser Entwicklung dar, als sie den Versuch der Vereinheitlichung mehrerer biologische Disziplinen auf der Grundlage der Populationsgenetik bezeichnet. Die Vereinheitlichung wurde allerdings zugleich durch einen starken Reduktivismus erkauft. Ausgehend von der Beschreibung evolutiver Prozesse als zweisechrittiger Vorgänge (zunächst der Produktion von Varianten und der anschließenden Selektion) sollten auch Phänomene der „Makroevolution“ beschrieben werden (v.a. SIMPSON 1944).

Diese kurze Schilderung zur Entwicklung der Genetik läßt deutlich werden, wie sehr die verschiedenen Bemühungen der Vererbungslehre, Populations- und Evolutionsgenetik in der Regel als gleichartig

(z.B. in Hinsicht der Erklärungsziele) verstanden (und u.E. mißverstanden) werden. Da dies systematisch nur bei expliziter Konstruktion der Übergänge von einem Bereich zum anderen (also etwa dem vererbungstheoretischen und dem evolutionsgenetischen) erfolgreich sein kann, sollen die drei Aspekte der Genetik als Wissenschaft kurz erläutert werde.

2.2.1 Vererbungstheoretische Aspekte

Bei der Rekonstruktion vererbungstheoretischer Einführungen des Genbegriffes sollte zwischen einer phänomenologischen und einer kausal-analytischen Definition des „Gens“ unterschieden werden. Verfolgt man nämlich zunächst einen rein phänomenologischen Ansatz wie in der klassischen Genetik, dann kann das Gen als „Faktor“ mit den durch züchterische Mittel stabilisierten und über mehrere Kreuzungsschritte verfolgten Merkmalen bestimmt werden. Unseres Erachtens läßt sich auf dieser Grundlage der vererbungstheoretische Ansatz MENDELS rekonstruieren, da dort bestimmte Merkmale reingezüchteter Pflanzenformen einer gezielten Hybridisierung unterworfen werden. Wird dann – invariant zu den dort investierten Methoden – vom „Genotyp“ solcher Pflanzen gesprochen, bedeutet dies eine Rede über die Gesamtheit der „Anlagen“ einer Vererbungseinheit (darunter können Gameten oder Zygote oder auch vegetative Formen verstanden werden¹¹). Wird das Gen (und mithin der „Genotyp“ in abgeleiteter Rede) als Reflexionsbegriff¹² bestimmt, kann über Mitglieder einer Züchtungsgruppe als Organismen¹³ mit „heterozygoten“ Vererbungseigenschaften gesprochen werden (zur Einführung des Genbegriffes u.a. JOHANNSEN 1911). Entsprechend beschreibt der „Phänotyp“ das Erscheinungsbild eines Züchtungskollektives in Hin-

¹¹ Zum daran anzuschließenden Abstraktionsverfahren s. GUTMANN & HANEKAMP (1996).

¹² Zum Begriff des Reflexionsterminus s. JANICH (1989).

¹³ Die Verwendung des „Organismus“ statt des bisher üblichen „Lebewesen“, „Pflanze“, „Tier“ etc. versteht sich als Folge der Sprachklärung in GUTMANN 1996. Hier wurde vorgeschlagen, die noch empraktische Rede über Lebewesen im *biologischen* Zusammenhang durch die Rede über *Organismen* zu ersetzen. Letzteres ist dann ein Reflexionsterminus.

sicht auf z.B. morphologische oder physiologische Merkmale. Gen- oder Phänbegriffe, deren Einführung sich der phänomenologischen Analyse einer Züchtungspraxis verdanken, sind in ihrer Semantik folglich an die Bedingungen dieser Praxis gebunden. Wird andererseits etwa das DNA-Material eines Lebewesens molekularbiologisch analysiert und eine Beziehung zwischen dem phänomenologisch ausgezeichneten Gen und den Analysaten hergestellt, so führt dies – je nach Analysenverfahren – zu unterschiedlichen Strukturierungen der „Erbsubstanz“. Es findet dann in der Regel ein pragmatisch motivierter Sprachebenenwechsel statt, da nun von Genen, Cistrons, Operons, oder Replikons, Mutons, Transposons etc. die Rede ist. Die Unterscheidung von „Genen“, die bei der Proteinbiosynthese direkt als Produktionsfaktoren fungieren (Strukturgenen) und jenen, die die Expression z.B. dieser Strukturgene kontrollieren (Regulatorgene), führt zu einem grundlegenden Unterschied zwischen der *substantiellen* Darstellung des Erbmaterials und seiner funktionellen Interpretation. Die Semantik von Genbegriffen läßt sich also sinnvoll nur bestimmen, wenn die Laborpraxis und damit die Strukturierung der Vererbungsvorgänge und -verläufe ausgezeichnet werden.

Obwohl also der Einsatz molekularbiologischer Mittel erhebliche Erweiterungen in der Manipulation bedeutet, ist auch hier die Bindung an züchterische Praxis unabdingbar (JANICH in Vorbereitung).

2.2.2 *Populationsgenetische Aspekte*

Im Rahmen populationsgenetischer Fragestellungen ist der Begriff des Gens von den jeweiligen Konzepten abhängig, auf deren Grundlage der Populationsbegriff eingeführt wird. Nimmt man Überlegungen zur Semantik von Populationstheorien bei LLOYD (1994) zum Ausgangspunkt, dann können alleine für die Strukturierung von Populationen grundsätzliche Unterschiede in der Definition ausgemacht werden. Diese Kontextabhängigkeit der Populationsbegriffe zeigt sich schon, wenn eine Population *reproduktiv* unter Einbeziehung von

direkten oder weiteren Verwandtschaften strukturiert wird (z.B. unter Berücksichtigung der „Kin-Selection“) oder anderer Merkmale (z.B. „Group-Selection“).

Ist die Population als Gegenstand der Reproduktion bestimmt, können Gene im Sinne von „Zirkulationsmodellen“ (BEURTON 1994) definiert werden. Gene verlieren dann notwendig ihren materialen Charakter, da sie letztlich nur spezifische Beschreibungen von Reproduktionsabläufen bezeichnen.

2.2.3 Evolutionstheoretische Aspekte

Die Zielsetzung evolutionärer Genetik liegt in der Klärung der Bedingungen gerichteter Veränderung reproduktiver Einheiten. Unter Veränderungen sollen aber nur Entwicklungen im engeren Sinne verstanden werden (also irreversible). Damit kann die einfache Übertragung populationsgenetischer Beschreibung eben nicht als Modell für evolutive Vorgänge genommen werden (weiteres u.a. GUTMANN & WEINGARTEN 1994).

Unter Nutzung wissenschaftstheoretischer Mittel zur begrifflichen Klärung der Grundlagen einer Genetik soll zunächst die Genetik *als* Vererbungslehre konstituiert werden. Die an Manipulationsverfahren gewonnenen Begriffe (wie „Züchter“, „Züchtungsverfahren“, „Züchtungsziel“, „Merkmal“, „Anlage“, „Gen“) können für den systematischen Aufbau auch populationsgenetischer und evolutionstheoretischer Überlegungen verwendet werden (JANICH im Druck). Das in einer auf diese Weise konstituierten Vererbungslehre enthaltene Wissen kann weiterführend zur Konstitution von Modellen zur Einführung einschlägiger populationsgenetischer und evolutionsbiologischer Begriffe (wie „Fitness“, „Mutation“, „Selektion“) und schließlich dem Aufbau einer allgemeinen Reproduktionstheorie dienen (weiteres bei WEINGARTEN & GUTMANN 1994, GUTMANN 1996).

3. Die Rekonstruktion der MENDEL-Population¹⁴

Die folgende Darstellung soll am Beispiel eines prominenten biologischen Ansatzes, der MENDELSchen Populationen, aufzeigen, in welcher Weise wissenschaftstheoretische Rekonstruktionen wichtige Beiträge zur Klärung von Methoden- und Gegenstandsproblemen der Technikfolgenbeurteilung liefern können. Die MENDEL-Populationen (zur weiteren Durchführung s.a. GUTMANN 1996) sind von grundsätzlicher Bedeutung für die Genetik. Dies gilt sogar für moderne, molekulare Konzepte. Nimmt man die Überlegungen ernst, daß es sich bei Naturwissenschaften um regelgeleitete, zweckeverfolgende Herstellungs- oder Manipulationspraxen handelt, dann kann diese Rekonstruktion zum einen als Kritik des – oben schon angesprochenen – Ansatzes gelten, Forschungsgegenstände der Naturwissenschaften als Naturgegenstände zu verstehen. Zum zweiten kann sie ein Beispiel sein, wie durch Klärung von Grundbegriffen einer wissenschaftlichen Praxis die Mißverständnisse von Gegnern wie Befürwortern der fraglichen Praxen vermieden werden können.

3.1 Die Bastardisierungsversuche und die Regeln der Vererbung

Die MENDEL-Regeln werden häufig als Naturgesetze – der Vererbung nämlich – interpretiert (als solche wären sie übrigens neben den heute nur noch gelegentlich vertretenen Weber-Fechner-Gesetzen wohl die einzigen¹⁵!). Wie wenig dieses Verständnis mit dem Selbstverständnis MENDELS auf der einen, dem Stand der (allerdings meistens historisch argumentierenden) Forschung auf der anderen übereinstimmt, zeigt sich schon bei Sichtung der aktuellen MENDEL-Debatte.

¹⁴ Das dritte Kapitel aus GUTMANN (1996). Weiterführendes siehe dort.

¹⁵ Dazu UEXKÜLL (1973).

Neben der These des Naturgesetzescharakters der MENDELSchen Proportionen (s.o.) steht dabei u.a. der Versuch im Vordergrund (etwa MONAGHAN & CORCOS 1990) die MENDELSchen Experimente als *genetische* zu verstehen¹⁶. Im folgenden soll daher zunächst überprüft werden, was die Ziele des MENDELSchen Ansatzes eigentlich waren, mit welchen Mitteln MENDEL dies erreicht und welches Wissen MENDEL bei der Durchführung seiner Experimente schon in Anspruch genommen hat. Eine solche Klärung muß zuallererst die Zwecke aufsuchen, deren Erreichung die Untersuchung dient; MENDEL selber formuliert diese in seiner Arbeit *Über Pflanzenhybriden*¹⁷ ganz eindeutig mit direktem Bezug auf den entwicklungstheoretischen Diskussionsstand seiner Zeit¹⁸. Letztlich sollte nämlich die – damals kontrovers diskutierte – Frage nach der „Konstanz der Arten“ einer wissenschaftlichen Beantwortung zugeführt werden. Die Beantwortung dieser Frage ist für die Struktur des jeweiligen „deszendenztheoretischen“ Argumentes von zentraler Bedeutung. Nimmt man nämlich die Arten als feste und unwandelbare Typen¹⁹, dann kann

¹⁶ Genetisch hier im oben bestimmten Sinne. Unterstellt man nämlich schon hier *genetische* Betrachtungen des Vererbungsganges (inklusive der üblichen, substantiellen Deutung der „Erbfaktoren“), dann ist die in Kapitel 1 zurückgewiesene These von der Identität von Genetik und Züchtung als historisches Mißverständnis aufgezeigt.

¹⁷ Möglichen Verwirrungen vorbeugend sei daran erinnert, daß MENDELS Versuche und die erzielten Ergebnisse erst zu Beginn des Jahrhunderts mit der „Wiederentdeckung“ durch CORRENS, DE FRIES und TSCHERMACK in der weiteren Fachwelt zur Kenntnis genommen wurden. Daher stammen die angeführten Zitate aus dem Wiederabdruck von 1901! (Näheres zur Frühzeit der Genetik s. JAHN et al. 1985).

¹⁸ Im Folgenden sei unter „Entwicklung“ immer *evolutive* Veränderung verstanden. Dazu bemerkt MENDEL: „Es gehört allerdings einiger Muth dazu, sich einer so weit reichenden Arbeit zu unterziehen; indessen scheint es der einzig richtige Weg zu sein, auf dem endlich die Lösung jener Frage erreicht werden kann, welche für die Entwicklungsgeschichte der organischen Formen von nicht zu unterschätzender Bedeutung ist.“ (MENDEL 1901:4) Damit ist von vornherein ein „entwicklungsgeschichtlicher“ Standpunkt bezogen. Die Aufgabe des Folgenden wird allerdings darin bestehen, gleichsam gegen das Mendelsche Verständnis die Autonomie der Genetik gegenüber der „evolutionstheoretischen“ Fragestellung herauszuarbeiten (das umgekehrte gilt übrigens nicht!) (GUTMANN 1996).

¹⁹ Dies kann hier zunächst noch unter Vernachlässigung des „Naturalisierungsargumentes“ angenommen werden, d.h., ohne, daß der ontologische Status der Arten als „Naturgegenstände“ geklärt würde.

Evolution – soll sie denn als wissenschaftlicher Ansatz zu einem natürlichen Veränderungsgeschehen nicht gänzlich aufgegeben werden – nur als innerhalb eines Typus verlaufendes Geschehen gedacht werden. Daraus kann dann entweder der Schluß gezogen werden, es handele sich um einen degenerativen Vorgang oder aber um einen Verbesserungsprozeß. Entscheidend aber bleibt in beiden Fällen, daß Hybridbildungen ausgeschlossen werden²⁰.

Soll – im Gegensatz dazu – die Veränderung gerade durch „Hybridisierungen“ möglich werden, dann tritt als zusätzliches Problem die Stabilisierung von neuerworbenen Merkmalen auf. Nimmt man zwei entgegengesetzte Modi der Vererbung zum Ausgang, nämlich reine Mischvererbung zum einen, und Seggregationsvererbung zum anderen, dann läßt sich leicht zeigen, daß eine reine Mischvererbung der Entwicklung und Reproduktion neuer Merkmale nicht zuträglich wäre. Als Beispiel denke man an den Erwerb einer besonders ausgeprägten Blattform. Würde reine Mischvererbung vorherrschen, dann ließe sich eine solche Form über reine Vermischung nur schwer in einer Pflanzengruppe stabilisieren²¹. Nur vor dem Hintergrund der systematischen – d.h. auf die Struktur der Evolutionstheorie abzielenden – Frage nach der „relativen oder absoluten“ Konstanz der Arten macht es Sinn, das Verhalten (das Vererbungsverhalten nämlich) von Pflanzenhybriden zu untersuchen.

Im Gegensatz zu den von KÖHLREUTER und GÄRTNER unternommenen Versuchen soll aber nun in einer Schematisierung des Vererbungsverhaltens ein sicheres Wissen über die „Gesetze“ des Vererbungsverlaufes

²⁰ In der Kritik der Urteilskraft führt dies KANT (1988) als systematisches Problem im Zusammenhang seiner Diskussion ontogentischer Ansätze (den „eigentlichen“ Evolutionvorgängen – *sensu verbis* – nämlich) als Unterschied von *generatio heteronyma und homonyma aus*.

²¹ Das gilt zumindest innerhalb panmiktischer, *klassischer* Populationen.

fes erarbeitet werden²². Ein solches *sicheres* Wissen ist aber nur dann möglich, wenn für die Bedingungen, unter denen es gilt, und zugleich für die erhaltenen Aussagen relativ zu den Experimentalanordnungen Transsubjektivität und Reproduzierbarkeit gesichert werden kann (zu Anforderungen an wissenschaftliche Aussagen: JANICH 1992). Um dies zu erreichen, gliedert sich der Versuchsansatz MENDELS in mehrere Teile. Zunächst sollen – unter genauer Kenntnis der zur Züchtung verwendeten Pflanzen – solche Sorten ausgewählt werden, die in ihrem Verhalten dem geforderten am besten entsprechen²³. Daran schließt sich die Auswahl der Merkmale und die Darstellung derselben in Reinzuchtlinienformen an.

3.2 Die Auswahl der Pflanzen

Das erste Problem, welches zu lösen war, bestand in der Auswahl der *richtigen*, d.h. für die Beantwortung nach der Konstanz der Arten geeigneten Pflanzen. Dabei griff MENDEL *nicht* auf Naturbeobachtungen zurück. Vielmehr bestand ein guter Teil der vorbereitenden Züchtungsschritte in der Bereitstellung eben solcher Pflanzen. So sollten diese Pflanzen wohlunterscheidbare und erbkonstante Merkmale besitzen. Selbstbestäubung sollte möglich sein, wobei die resultierenden Bastarde vor Fremdbestäubung oder generell vor nicht

²² Dazu MENDEL:

„Wer die Arbeiten auf diesem Gebiet überblickt, wird zu der Überzeugung gelangen, dass unter den zahlreichen Versuchen keiner in dem Umfange und in der Weise durchgeführt ist, dass es möglich wäre, die Anzahl der verschiedenen Formen zu bestimmen, unter welchen die Nachkommen der Hybriden auftreten, dass man diese Formen mit Sicherheit in den einzelnen Generationen ordnen und die gegenseitigen numerischen Verhältnisse feststellen könnte.“ (MENDEL 1901:4)

²³ Im Gegensatz zur empiristischen Interpretation, besteht der erste Schritt eben nicht in einer qualitativen Beschreibung in „natural language“ CORCOS & MONAGHAN (1993:55).

intendierter Bestäubung geschützt werden mußten. Schließlich sollte die Fertilität der Pflanzen über möglichst viele Generationen gleich bleiben²⁴.

Den genannten Kriterien liegt selbstverständlich ein gärtnerisches Vorwissen zugrunde. Schon die verwendeten Pflanzen sind in jeder Hinsicht Kulturpflanzen²⁵. Die Bestimmung ihrer Artzugehörigkeit (in einem wissenschaftlichen Sinne) war dabei nicht notwendig. Vielmehr ist ein Sortenwissen (also Zuordnung zu einer bestimmten Bohnen- oder Erbsensorte) hinreichend. Versteht man Züchtung im Sinne einer *synthetisch zweckbestimmten Handlung* (JANICH 1981), dann gilt, daß eine genaue Materialkenntnis für das Erreichen der gesetzten Zwecke (hier der Züchtungsziele) notwendige Bedingung ist, da sich die gesetzten Züchtungsziele eben nicht mit allen Pflanzen erreichen lassen. Doch mit dieser allgemeinen Charakterisierung der „richtigen“ Pflanzen ist es keineswegs getan. Vielmehr müssen die zu weiteren Darstellung des Vererbungsganges notwendigen Merkmale ihrerseits bestimmten Kriterien genügen.

²⁴ Wie wenig selbstverständlich diese Kriterien waren, zeigt ein Brief an NÄGELI, den MENDEL 1870 im Zusammenhang weiterer Züchtungsuntersuchungen anfertigte:

„Zuvörderst will ich erwähnen, dass es mir bei einigen Piloselloidformen, trotz vielfacher Versuche, noch nicht gelungen ist, durch Bestäubung mit fremdem Pollen auch nur einen einzigen Bastard zu erhalten. Das gilt z.B. von *H. aurantiacum*. Bei dieser Art war ich bis jetzt nicht im Stande, die Einwirkung des eigenen Pollens aufzuheben. Auch *H. pilosella* und *H. cymosum* machen Schwierigkeiten. Bei anderen z.B. bei den Varietäten von *H. praectum* gelingt bei ganz gleicher Behandlung die Befruchtung mit fremdem Pollen schon leichter, und *H. auricula* ist, wie ich mich nun mehrfach überzeugt habe, bei einiger Vorsicht eine vollkommen verlässliche Versuchspflanze.“ (MENDEL 1905:230)

Hier wird jedenfalls deutlich, daß es sich bei den genannten Kriterien um normative Vorgaben und nicht um das Ergebniss intensiver Deskription handelt (GUTMANN 1996).

²⁵ MENDEL verwendete Leguminosen; vor allem verschiedene Vertreter von *Pisum*: *P. umbellatum*, *P. saccharatum*, *P. quadratum* etc. Näheres s. Mendel (1901).

3.3 Die Auswahl der Merkmale

Als Auswahlkriterien für die Merkmale gibt MENDEL zunächst an, daß sich bei untereinander kreuzbaren Pflanzen Unterschiede klar abgegrenzter Teile auszeichnen lassen sollen. Damit bleiben eher unklare Aussagen wie „die ganze Pflanze“ o.ä.²⁶ ausgeschlossen, was schon in Bezug auf diese Ausgangsschritte eine systematische Differenz zu Voruntersuchungen anderer Autoren markiert. Die ausgewählten Unterschiede sollen sich ferner auf ein zuvor fixiertes Merkmal beziehen, wie etwa die Blütenfarbe, Samenform o.ä. Diese Reduktion auf (klar abgrenzbare) Qualitäten derselben Merkmalskategorie ist für die spätere Auswahl von Bedeutung. Die Merkmale sollen je zugleich in zwei voneinander klar unterschiedenen Formen vorliegen; ein „mehr oder weniger“ ist damit ausgeschlossen (in Bezug z.B. auf die Blütenfarbe oder Samenform rote resp. weiße Blüten und runde oder eckige Samen).

Diese Merkmale sollen ferner innerhalb einer Züchtungspflanzen-Gruppe (rotblühend und eckigsamig) über mehrere Generationen etwa durch Reinzucht konstant sein. Schließlich sollen die Kreuzungsergebnisse reziprok gelten; d.h. unabhängig vom jeweiligen Geschlecht der Kreuzungspartner.

MENDEL verwendete für seine eigenen Versuche vornehmlich die Samenformen, die Färbung des Hüllalbumens, der Samenschale oder der unreifen Hülse als Merkmalskategorien (übrigens mit sehr unterschiedlichem Erfolg). Im Vollzug der Vorexperimente ergaben sich zwei Formen des Vererbungsganges, nämlich das Überwiegen des einen Elters zum einen, die Vermischung beider Formen zum andern. Gemessen an den prinzipiellen Möglichkeiten (das vollständige Überwiegen eines Merkmals verbunden mit dem Verschwinden des zweiten, der gleichförmigen Mischung beider Merkmale, der

²⁶ Die mangelhafte Standardwahl dürfte bei der Deutung der Versuchsergebnisse etwa GÄRTNERS eine wichtige Rolle gespielt haben.

ungleichen Mischung beider Merkmale oder dem schlicht irregulären Verhalten – z.B. „hybrid vigor“²⁷) wurde damit schon im Vorfeld eine Reduktion der Betrachtung auf Züchtungsziele vorgenommen, die der Klärung der evolutionstheoretisch gestellten Eingangsfrage dienen.

Hier soll im weiteren ausschließlich der alternative Erbgang betrachtet werden. Um dem operationalen Verständnis der Ergebnisse näherzukommen sei ferner auch von der evolutionstheoretischen Absicht der Untersuchung abstrahiert. Das ist insofern von Bedeutung, als eine operationalisierte Fassung des Vererbungsbegriffes (und daran anschließend historisch wie systematisch des Gen-Begriffes) tatsächlich die Grundlage auch der Evolutionsgenetik abgibt – nicht aber umgekehrt (s.o.).

3.4 Der dominant/rezessive Erbgang

An dieser Stelle sind nun erste Sprachregelungen vorzunehmen, die die Charakterisierung des Vererbungsganges erlauben. So sollen zwei mit einander fruchtbar zu kreuzende Pflanzenformen vorliegen, die durch ein Merkmal zweier konstanter, aber wohlunterscheidbarer Ausprägungen ausgezeichnet sind. Für das Aussehen dieses Merkmales gelte dann zwischen Elterngeneration und Bastardgeneration, daß die Bastarden nach einer der Ausprägungen geraten²⁸. In beiden Fällen sei von einem DOMINANTEN Erbgang die Rede; d.h. in der ersten Nachfolgeneration sei die Merkmalsausprägung zu der genau

²⁷ MENDEL erwähnt den hybrid vigor der Stengellänge, da die Stengel im Schnitt unter den Bastarden länger werden, als bei dem Elter mit der größten Stengellänge. Dazu MENDEL (1901:11 & 1993).

²⁸ Dabei sei Merkmalsgleichheit bezogen auf die ausgezeichneten Merkmale in der jeweiligen Ausprägung von Elter1 oder Elter2.

eines Elters identisch. Diese Merkmalssausprägung sei DOMINANT, das in der verschwindenden Ausprägung sei REZESSIV genannt. Von dem rezessiven Merkmal ist ebenfalls aus Vorversuchen und denen GÄRTNERS bekannt, daß es in den Folgegenerationen wieder auftaucht. Es ist also nicht dauerhaft unterdrückt. Um das Verhalten der Merkmale über mehrere Kreuzungsgenerationen hin verfolgen zu können, ist ein weiteres Kriterium wichtig:

Da aufgrund der einfachen Merkmalsgleichheit nicht mehr zwischen Reinform und Bastard unterschieden werden kann, muß eine Überprüfung des Kreuzungszustandes erfolgen. Diese Unterscheidung gelingt dadurch, daß ab dem ersten Kreuzungsschritt, d.h. ab der Elternkreuzung nur noch Selbstbefruchtung zugelassen wird. Bleibt es im Verlauf der Züchtung über mehrere Generationen bei der gleichen Merkmalsweitergabe (dominant oder rezessiv), dann liegen REINE Formen vor. Damit ist die Unterscheidung von Reinzuchtform und Mischform nicht etwa durch geschickte Auswahl „natürlicher Gegenstände“ möglich, sondern diese Unterscheidung stammt selber schon aus der Züchtung und der *Anwendung* züchterischer Methoden mit dem Zweck, Pflanzen mit bestimmten Eigenschaften, z.B. möglichst großer Konstanz erwünschter Merkmale, zu *erzeugen*.

Die Struktur der MENDELSchen Experimente soll im weiteren kurz skizziert werden, da ihr Aufbau für das Verständnis der Ergebnisse wichtig ist. Diese über mehrere Generationen durch Inzucht — d.h. hier Selbstbestäubung — fortgepflanzten Formen sollen durch konstante Merkmale charakterisiert sein. Liegen zwei Züchtungskollektive vor, deren Merkmale M in zwei konstanten Ausprägungen züchtbar sind, können diese als Eltern zur Erstellung der ersten Bastardgeneration genutzt werden.

3.5 Die Bastardengenerationen

Die erste erfolgte Kreuzung erbringt Bastarde zweier Reinzuchtlinien, deren konstante Merkmale sich in den beiden Ausprägungen dominant-rezessiv verhalten. Kommen Mischungen vor (intermediär), oder gar irreguläres Verhalten, so sind diese auszuschließen. Alle Bastarde der ersten Filialgeneration sind uniform. Um die Konstanz des dominierenden Merkmals in den weiteren Generationen zu überprüfen, ferner um die Art der möglichen Aufspaltung und schließlich die Relationen von Bastarden zu Reinzuchtformen innerhalb der Folgegenerationen bestimmen zu können, müssen die folgenden Fortpflanzungsschritte unter Ausschluß der Kreuzung, d.h. durch Selbstbestäubung durchgeführt werden. Erfolgt eine solche Selbstbestäubung, so ergibt sich in der zweiten Filialgeneration eine Segregation der Merkmale (dominant/rezessiv) nach 3:1. D.h. es liegt eine Pflanze mit rezessivem Merkmal vor im Verhältnis zu drei dominanten.

Um zu überprüfen, wie sich die Merkmalsverteilungen in den weiteren Generationen verhalten, werden alle erhaltenen Formen (3 wie 1) separat durch Inzucht vermehrt. Geschieht dies, so erhält man zunächst, daß sich die rezessiven Pflanzen wie die rezessiven Reinzuchteltern verhalten. Die drei Dominanten differieren, da ein Drittel der dominanten Formen sich wie der dominante Reinzuchtelter verhält, und zwei Drittel der Dominanzformen ihrerseits wieder aufspalten, und zwar in einer 3:1 Relation. Sie verhalten sich also wie die Bastarde der ersten Filialgeneration.

Damit kann statt von der 3:1 Spaltung beim Übergang von der ersten zur zweiten Filialgeneration von einer 1:2:1 Spaltung gesprochen werden. Diese Spaltung ist die — pragmatisch bestimmte — Spaltung in Bezug auf das Reinheitskriterium. Diese Aussagen über das Verhalten von Bastarden normiert MENDEL an Pflanzen, bei welchen nicht nur ein dominantes Merkmal verfolgt wird, sondern mehrere. Die oben ermittelten Zahlenverhältnisse bleiben dabei jeweils die gleichen. Die Verhältnisse komplizieren sich aber aufgrund der gestiegenen Kombinationsmöglichkeiten der untersuchten Merkmale. Mit

solchen Kreuzungen konnte von MENDEL ferner gezeigt werden, daß bei Ausgang von Reinzuchtformen die untersuchten Merkmale unabhängig voneinander weitergegeben werden können; lag also ein dominantes Merkmal M1 vor, so folgt damit nichts über die Dominanz von M2 etc.

3.6 Idealisierungen

Die in den Reinzuchtlinien von der Parental- zur ersten Filialgeneration und von der ersten zur zweiten Filialgeneration fixierten Merkmale seien in einigen Hinsichten ideal formuliert. Eine für ein bestimmtes zurücktretendes Merkmal ideal reine Pflanze heiße GLEICHSAMIG REZESSIV für dieses Merkmal (für solche Pflanzen sei auch der Ausdruck HOMOZYGOT verwandt).

Werden Pflanzen mit homozygot-rezessiven Merkmalen selbstbefruchtet, so soll die erste Filialgeneration homozygot rezessiv sein. Eine für ein bestimmtes überwiegendes Merkmal ideal reine Pflanze heiße HOMOZYGOT DOMINANT für dieses Merkmal. Werden nun homozygote dominante Pflanzen selbstbefruchtet, so soll die erste Filialgeneration homozygot dominant sein. Die Dominanz oder Rezessivität des jeweiligen Merkmales sei ideal unabhängig von jener eines weiteren Merkmales. Für eine für ein bestimmtes Merkmal homozygot dominante Pflanze läßt sich sagen: Die Pflanze trägt die ANLAGEN für eben dieses Merkmal. Ist schließlich eine Pflanze homozygot rezessiv für ein bestimmtes Merkmal, dann läßt sich sagen: Die Pflanze trägt die ANLAGEN für dieses Merkmal.

Werden nun Kreuzungen zweier Pflanzen mit den Anlagen für ein dominantes und ein rezessives vorgenommen, so folgt, daß die erste Filialgeneration dominantgleich ist. Die ideal dominantgleiche erste Filialgeneration heiße UNIFORM für dieses Merkmal²⁹. Für die

Bastarde gelte ferner, daß Bastarde aus der dominanten Anlage M1 und der rezessiven M1 uniform seien nach der dominanten. Diese Bastarde heißen verschiedensamig – für solche Pflanzen sei auch der Ausdruck HETEROZYGOT verwandt. Alle Bastarde, welche den bisherigen Normen genügen heißen HYBRIDEN. Als letzte wichtige Idealisierung sei noch die Unabhängigkeit der Anlagen und deren freie Kombinierbarkeit genannt.

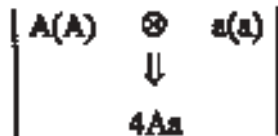
Werden Züchtungen nach den erarbeiteten Normen durchgeführt (über die oben aufgezeigten Schritte der Materialerarbeitung bis hin zur eigentlichen Kreuzung), dann können relativ zu diesen Idealisierungen Prognosen für das Aussehen der Züchtungsgruppen getätigt werden³⁰. Werden nämlich Hybriden mit der dominant rezessiven Anlage M1 gekreuzt, so tritt die rezessive Anlage M1 in der zweiten Filialgeneration wieder auf. Über die Zahlenverhältnisse von Homozygoten zu Heterozygoten in den einzelnen Generationen kann nur durch eine vorherige Normierung eine Aussage gemacht werden.

Diese Normierung betrifft nun in der Tat eine der wesentlichen Prämissen oder *Handlungsapriori*, nämlich den Sachverhalt, das es sich um *Kreuzungsverfahren* handelt. Zudem soll die Kreuzung reziprok gleich sein, d.h.: Gilt für die Kreuzung zweier Pflanzen a, b relativ zum Geschlecht Vertauschbarkeit, dann sei von einer *reziprok-gleichen* Kreuzung die Rede. Damit ist Biparentalität von vornherein ein Geltungskriterium für die angewandten Kreuzungsverfahren. Nicht also, weil Biparentale besonders variabel o.ä. seien, sondern schlicht als Folge des Ansatzes müssen die hier definierten Begriffe (vor allem der Anlage) auf Biparentale bezogen werden. Die reziproke Kreuzung dient der Normierung des Verhältnisses. D.h. wenn das Ergebnis unabhängig vom Geschlecht der Blüten der beiden Pflanzen (bzw. der Blüten einer Pflanze) das gleiche ist, dann kann von einer „Gleich-

²⁹ Die Uniformität ist also schlicht eine Folge der bisher vorgenommenen Idealisierungen. Auf der Ebene des Verfahrens selber kann sie ein Überprüfungskriterium für die „Reinheit“ verwendeter Züchtungsformen sein.

³⁰ Die daraus resultierende Abstraktion – als material-synthetische oder ideierende – wird bei GUTMANN & HANEKAMP (1996) resp. GUTMANN (1996) näher ausgeführt. Sie dürfte für die Grundlegung der Semantik biologischer Theorien von entscheidender Bedeutung sein.

gewichtssituation“ ausgegangen werden im Sinne einer 1:1 Beteiligung. Wenn man (phänomenologisch) schematisiert A = dominante Anlage und a = rezessive Anlage, dann folgt, daß die Anlage A— d.h. in Bezug auf die Elternbeteiligung — als AA oder als Aa beschrieben werden kann. Entsprechend gilt hinsichtlich a nur (!) aa. Kreuzt man Homozygote mit den Anlagen A und a so folgt für die Uniformität der Hybriden schematisch:



(Mit: \otimes für „gekreuzt mit“; \Rightarrow für „ergibt“³¹.)

Ersichtlich gibt die Tabelle einfach das KREUZUNGSSCHEMA wieder; von der Verteilung von Genen o.ä. kann keine Rede sein. Von den Hybriden werden also die Anlage für A und a gebildet. Um Abschätzungen über die Verhältnisse von A zu a über mehrere Generationen machen zu können, müssen weitere Idealisierungen vorgenommen werden. So sollen die Anlagen des Hybriden Aa in ideal gleichen Zahlenverhältnissen gebildet werden. Kreuzt man die Hybriden nämlich mit dem homozygot rezessiven Elter, welcher nur die Anlagen a bildet, so ergeben sich folgende Anlagenmöglichkeiten für die weiteren Kreuzungsgeneration:



³¹ Hier wie im folgenden soll das Symbol \Rightarrow also nicht als Regelpfeil o.ä. verstanden werden.

³² Genau dieses findet sich häufig als grundlegende Schematisierung für „genetische“ Zwecke!

Daraus folgt das Verhältnis 1:1 für (dominant heterozygot Aa):(rezesiv homozygot a). Ist dieses erfüllt, dann handelt es sich um einen Heterozygoten. Für die Selbstbefruchtung von Heterozygoten gilt gemäß obiger Bedingungen:

$$\begin{array}{|c|c|c|} \hline A(a) & \otimes & A(a) \\ \hline & \downarrow & \\ \hline AA & 2aA & aa \\ \hline \end{array}$$

Es tritt eine 3:1 Spaltung auf. Für die Anlage gilt aber — gemäß den obigen Formulierungen, eine 1:2:1 Aufspaltung für (homozygot A):(heterozygot Aa):(homozygot aa). Dies entspricht der Entwicklung des Binoms $(a + A)^2$ zu $a^2 + 2aA + A^2$. Führt man die Selbstbefruchtung rechnerisch weiter, so folgt bei der Bildung von nur vier Samen je Pflanze für die Anlagen im Vergleich zu den Verhältniszahlen über mehrere Generationen³³:

Generationen	Anlagen			Verhältniszahlen		
	AA	Aa	aa			
1	1	2	1	1	2	1
2	6	4	6	3	2	3
3	28	8	28	7	2	7
4	120	18	120	15	2	15
n				$2^n - 1$	2	$2^n - 1$

Und so fort. Damit reduziert sich das Auftauchen der Hybriden von Generation zu Generation. Allerdings ist auch dies gar nicht verwunderlich. Beachtet man, daß das Verfahren zur Erzeugung von *Reinzuchtlinien* in der fortgesetzten Selbstung besteht, dann zeigt sich das Ergebnis als eine *Folge* von dessen Anwendung³⁴!

³³ Nach: CORCOS & MONAGHAN (1993:96).

³⁴ Für weitere Ausführungen und die Entwicklung des Ansatzes in die Populationsbiologie siehe GUTMANN (1996).

4. Schlußbemerkung

Die Rekonstruktion der MENDELSchen Gesetze hat die strikte Bindung ihrer Formulierung an die züchterische Praxis deutlich werden lassen. Beschreibt man das „Gen“ relativ zu solchen Praxen³⁵, dann zeigt sich der Wert des hier vorgeschlagenen Ansatzes. Die Rede über „Gene“ sollte entsprechend von Kontexten abhängig gemacht werden. Die Sprachnormierung soll also streng nur in Bezug auf die jeweils investierte kulturelle Praxis (hier die Fülle der züchterischen Maßnahmen und Interventionen) vorgenommen werden. Die weitere Rekonstruktion etwa des Populationsbegriffes kann folgen. Dabei wird unter Investition weiterer, modelltheoretischer Mittel die Strukturierung von Züchtungskollektiven der Anfang sein.

Schon aus der bisherigen Darstellung kann der Wert solcher sprachlicher Klärungen deutlich werden. Läßt sich nämlich über „Gene“ und deren „Vererbung“ oder „Veränderung“ bedeutungsvoll nur in Bezug auf Handlungspraxen sprechen, folgt:

1. Es läßt sich nur durch die gezielte Erweiterung wissenschaftlicher Experimentalpraxen ein fundiertes Wissen über das Vererbungsverhalten von Züchtungskollektiven auch jenseits lebensweltlich pragmatischer Ansprüche erwerben³⁶.
2. Es läßt sich – zumindest relativ zur klassischen Züchtung³⁷ – das Determinismus-Indeterminismusproblem als systematisches Mißverständnis der Rede über biologische Praxen rekonstruieren.

³⁵ Die nähere Bestimmung dieser Überlegungen s.a. GUTMANN & HANEKAMP (1996), sowie GUTMANN (1996).

³⁶ Das bestätigt Aspekte einer konstruktiven Technikpolitik bei v.d. DAELE (1993).

³⁷ Dies gilt wahrscheinlich auch bei nicht-klassischen Züchtungsformen, zumal diese in der Regel auf klassischen aufbauen.

3. Die Erwartung, durch die Charakterisierung des Genotypes allein ließen sich ökologische Potenzen bestimmen, ist wenig triftig.
4. Die substantialisierende Rede über „das Gen“ kann durch eine an der pragmatischen Rekonstruktion der Züchtung orientierten Rede ersetzt werden³⁸.

Im Rahmen weiterer Ausarbeitungen könnte zunächst auf die hier vorgeschlagenen sprachlichen Klärungen zurückgegriffen werden. In einem nächsten Schritt sollten ähnliche Rekonstruktionen für das Verhältnis von Genetik, Gen- und Biotechniken erfolgen. Anschließend kann dann das Problem der Artenvielfalt auf der Grundlage von Diversitäts- und Populationskonzepten bearbeitet werden.

³⁸ Das bedeutet die Einführung des Genbegriffes als Reflexionsterminus.

Literatur

Das Literaturverzeichnis umfaßt neben der im Text zitierten Literatur auch weiterführende Schriften. Der Übersichtlichkeit halber wurde das Verzeichnis in fünf Abschnitte mit Angabe des jeweiligen thematischen Schwerpunktes gegliedert.

Zitierte Literatur

AX, P. (1984): Das phylogenetische System. Stuttgart. New York.

BAKER, H. G. (1965): Characteristics and modes of origin of weeds.— In: Baker, H. G. & Stebbins, G.L.(edt.), The genetics of colonizing species; Proceedings of the first international union of biological sciences symposia on general biology. **1**: 147. Academic press; New York, London.

BARTSCH, D. SUKOPP, H. & SUKOPP, U. (1993): Introduction of plants with special regard to cultigene running wild.— In: Wöhrmann, K. & Tomiuk, J.(edt.), Transgenic organisms; Advances in Life Sciences. 135. Birkhäuser Verlag; Basel, Boston, Berlin.

BECKWITH, J. R. (1976): Regulation of the lac operon 1967.— In: Corwin, H. O. & Jenkins, J.B. (edt.), Conceptual foundations of genetics; 411. Houghton Mifflin; Boston.

BEURTON, P. (1994): Historische und systematische Probleme der Entwicklung des Darwinismus. In: Rheinberger, H.J. & Weingarten, M. (Hrsg.), Jahrbuch für Geschichte und Theorie der Biologie. 93-211. VWB, Berlin.

BRENNER, S. BARNETT , L., CRICK, F.H.C. & ORGEL, A. (1976): The theory of metagenesis 1961.— In: Cowin, H. O. & Jenkins, J.B. (edt.), Conceptual foundations of genetics; 95. Houghton Mifflin; Boston.

BRENNER, S. JACOB , F. & MESELSON, M. (1976): An unstable intermediate carrying information from genes to ribosomes for protein synthesis 1961.— In: Corwin, H. O. & Jenkins, J.B. (edt.), Conceptual foundations of genetics; 340. Houghton Mifflin; Boston.

CLEGG, M. T. (1993): Molecular evaluation of plant genetic resources.— In: Gustafson, J. P. , Apples, R. & Raven, P. (edt.), Gene conservation and exploitation; Gustafson, J. P. , Apples, R. & Raven, P., Stadler genetics symposia. **20**. 67. Plenum Press; New York.

CORCOS, A.F. & MONAGHAN, F.V. (1993): Text and Interpretation. Gregor Mendel's Experiments on Plant hybrids. New Brunswick, New Jersey.

CRAWLEY, M. J. (1991): Die Ökologie genetisch veränderter Organismen: eine Einschätzung der Umweltrisiken.— In: Albrecht, S.(edt.), Albrecht, S., Arbeitsmaterialien zur Technologieabschätzung und -bewertung der modernen Biotechnologie. **2**. Universität Hamburg; Hamburg.

CRICK, F. H.C. (1966): Of molecules and men.— University of Washington Press; Seattle, London.

CRICK, F. H. C. (1976): Excerpt from: On protein synthesis 1958.— In: Corwin, H. O. & Jenkins, J.B. (edt.), Conceptual foundations of genetics; 327. Houghton Mifflin; Boston.

CRICK, F. H. C., BRENNER, S. & WATTS-TOBIN, R.J. (1976): General nature of the genetic code for proteins 1962.— In: Corwin, H. O. & Jenkins, J.B. (edt.), Conceptual foundations of genetics; 378. Houghton Mifflin; Boston.

DAELE, van den, W. (1993): Restriktive oder konstruktive Technikpolitik?— In: Krohn, W. & Krücken, G. (edt.), *Riskante Technologien*; 284. Suhrkamp; Frankfurt a.M.

DAY, P. R. (1993): The exploitation of genetic resources.— In: Gustafson, J. P.; Apples, R. & Raven, P.

DOBZHANSKY, Th. (1939): *Die genetischen Grundlagen der Artbildung*. Jena.

DOBZHANSKY, Th. (1941): *Genetics and the Origin of Species*. New York.

DOBZHANSKY, Th., Dunn, L.C. & Sinnott, E.W. (1950): *Principles of Genetics*. New York, Toronto, London.

DOBZHANSKY, Th. (1981): The Genetics of natural Populations. In: Lewontine, R.C., Moore, J.A., Provine, W.B. & Wallace, B. (edts.), *Dobzhansky's Genetics of natural Populations*. New York.

ERESHEFSKY, M. (1989): Where's the Species? *Biology and Philosophy*; 4: 89-96.

ERESHEFSKY, M. (ed.) (1992a): *The Units of Evolution*. Cambridge, Massachusetts, London.

ERESHEFSKY, M. (1992b): Biological Concepts. Introduction to Part I. In: Ereshefsky, M. (ed.), *The Units of Evolution*: 3-14. Cambridge, Massachusetts, London.

ERESHEFSKY, M. (1992c): Species, Higher Taxa, and the Units of Evolution. In: Ereshefsky, M. (ed.), *The Units of Evolution*: 381-398. Cambridge, Massachusetts, London.

FALK, R. (1986): What is a gene?— Studies in history and philosophy of sciences; **17**: 133.

FISHER, R.A. (1958): The genetical Theory of Natural Selection. New York.

GUTMANN, M. (1996): Die Evolutionstheorie und ihr Gegenstand – Ein Beitrag der methodischen Philosophie zu einer konstruktiven Theorie der Evolution.— WVB, Berlin.

GUTMANN, M. & HANEKAMP, G. (1996): Abstraktion und Ideation – Zur Semantik chemischer und biologischer Grundbegriffe. (Zusammen mit G. Hanekamp). In: Zeitschr. f. allg. Wissenschaftstheorie; **27** (1): 29-53.

GUTMANN, M. & WEINGARTEN, M. (1994): Veränderungen in der evolutionstheoretischen Diskussion: Die Aufhebung des Atomismus in der Genetik. Natur und Museum, 124, (6): 189-195.

HENNIG, W.(1950): Grundzüge einer Theorie der phylogenetischen Systematik, Deutscher Zentralverlag Berlin O17.

HENSGENS, L.A.M. & SCHILPEROOT, R.A. (1993): Expression of transferred genes in transgenic rice (tissues). In: Gustafson, J. P.; Apples, R. & Raven, P. (edt.), Gene conservation and exploitation; Stadler genetics symposia. **20**: 67. Plenum Press; New York.

HEYWOOD, V. H. (1993): Broadening the basis for plant resource conservation.— In: Gustafson, J. P. , Apples, R. & Raven, P. (edt.), Gene conservation and exploitation; Stadler genetics symposia series. **20**: 1. Plenum Press; New York.

HODGE, M.J.S. (1992): Biology and Philosophy (Including Ideology): A Study of Fisher and Wright. In: Sakhar, S. (ed.), The Founders of evolutionary Genetics: 231-294. Dordrecht, Boston, London.

JAHN, I. (1990): Grundzüge der Biologiegeschichte. Jena.

JAHN, I. Löther, R. & Senglaub, K. (Hrsg.)(1985): Geschichte der Biologie. Jena.

JANICH, P. (1981): Natur und Handlung. In: Schwemmer, O. (Hrsg.), Vernunft, Handlung, Erfahrung: 69-84. München.

JANICH, P. (1989): Euklids Erbe. München.

JANICH, P. (1992): Grenzen der Naturwissenschaften. München.

JANICH, P. (1997): Kleine Philosophie der Naturwissenschaften. Beck, München.

JANICH, P. (in Vorbereitung): Genetik, wissenschaftstheoretisch. Lexikon der Bioethik.

JOHANNSEN, W. (1911): The Genotype conception of heredity.— The American Naturalist; **45**:(531) 129.

KANT, I. (1988): Kritik der Urteilskraft. In: Weischedel, W. (Hrsg.), Werkausgabe Bd. X, Frankfurt.

KAREIVA, P. & PARKER, I. (1996): Umweltrisiken genetisch veränderter Organismen und Schlüsselprobleme ihrer Regulierung.— In: Albrecht, S.(edt.), Arbeitsmaterialien zur Technologiefolgenabschätzung und -bewertung der modernen Biotechnologie. **8**; 1. Universität Hamburg; Hamburg.

KEELER, K. H. (1991): Management of transgenic plants in the environment.— In: Levin, M. A. & Strauss, H.S.(edt.), Risk assessment in genetic engineering; McGraw-Hill environmental biotechnology series. **1**: 189. McGraw-Hill; NewYork.

LEWONTIN, R. C. (1961): Evolution and the theory of games.— Journal of theoretical biology; **I**: 382.

LEWONTIN, R. C. (1992): The doctrine DNA; Penguin books; London.

MACARTHER, R.H. (1960): On the relative abundance of species. Amer. Nat. 94: 25.

MAYR, E. (1942): Systematics and the Origin of Species. New York.

MAYR, E. (1967): Artbegriff und Evolution. Hamburg, Berlin.

MAYR, E. (1969): Principles of Systematic Zoology. New York, St. Louis, San Francisco, Toronto, London, Sidney.

MAYR, E. (1976): Evolution and the diversity of Life. Cambridge.

MAYR, E. (1979): Evolution und die Vielfalt des Lebens. Berlin, Heidelberg, New York.

MAYR, E. (1984a): Die Entwicklung der biologischen Gedankenwelt. Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo.

MAYR, E. (1984b): The Unity of Genotype. In: Brandon, R.N. & Burian, R.M. (eds.), Genes, Organisms, Populations, 69-84. Cambridge, Massachusetts, London.

MAYR, E. (1987a): The ontological Status of Species: Scientific Progress and philosophical Terminology. Biology and Philosophy; 2: 145-166.

MAYR, E. (1987b): Answer to These Comments. Biology and Philosophy; 2: 212-220.

MAYR, E. (1988): The Why and How of Species. Biology and Philosophy; 3: 431-441.

MAYR, E. (1990): The Myth of the Non-Darwinian Revolution. *Biology and Philosophy*, 5: 85-92.

MAYR, E. (1991): *Eine neue Philosophie der Biologie*. München, Zürich.

MAYR, E. (1992): Species Concepts and their Application. In: Ereshefsky, M. (ed.), *The Units of Evolution*: 15-25. Cambridge, Massachusetts, London.

MAYR, E. (1994): *... und Darwin hat doch recht*. München, Zürich.

MENDEL, G. (1901): *Versuche über Pflanzenhybriden*. Leipzig.

MENDEL, G. (1905): *Briefe an Carl Nägeli, 1866-1873*. Leipzig.

MEYER, P. (1993): Expression and Stability of foreign genes in animals and plants.— In: Wöhrmann, K. & Tomiuk, J.(edt.), *Transgenic organisms; Advances in Life Sciences*. 5. Birkhäuser Verlag; Basel, Boston, Berlin.

MISHLER, B.D. & BRANDON, R.N. (1987): Individuality, Pluralism, and the Phylogenetic Species Concept. *Biology and Philosophy*; 2: 397-414.

MONAGHAN, F.V. & CORCOS, A.F. (1990): The real Objective of Mendel's Paper. *Biology and Philosophy*; 5: 267-290.

SHARPLES, F. E. (1991): Ecological aspects of hazard identification for environmental uses of genetically engineered organisms.— In: Levin, M. A. & Strauss, H.S.(edt.), *Risk assessment in genetic engineering; The McGraw-Hill environmental biotechnology series*. 1: 18. McGraw-Hill; NewYork.

SIMPSON, G.G. (1944): *Tempo and Mode in Evolution*. New York.

SOKAL, R. & CROVELLO, Th. (1992): The Biological Species Concept. A critical Evaluation. In: Ereshefsky, M. (ed.), The Units of Evolution: 27-56. Cambridge, Massachusetts, London.

UEXKÜLL, J.v. (1973): Theoretische Biologie. Frankfurt a.M.

VIA, S. (1994a): The evolution of phenotypic plasticity: what do we really know?— In: Real, L. A.(ed.), Ecological genetics; 35. Princeton University Press; New Jersey.

WATSON, J. D. & CRICK, F.H.C. (1976): Genetic implications of the structure of desoxyribonucleic acid 1952.— In: Corwin, H. O. & Jenkins, J.B. (ed.), Conceptual foundations of genetics; 52. Moughton Mifflin; Boston.

WEBSTER, G. & GOODWIN, B.C. (1982): The origin of species: a structuralist approach. J. Social. Biol. Struct.; 5: 15-47.

WEINGARTEN, M. (1993): Organismen – Objekte oder Subjekte der Evolution? Wibu, Darmstadt.

WEINGARTEN, M. & GUTMANN, M. (1993): Artbegriffe und Evolutionstheorie. Die Erzeugung der Art und die Art der Erzeugung. Carolina, Beiheft 6: 60-74. Karlsruhe

WILSON, E. O. (1965): The challenge from related species.— In: Baker, H. G. & Stebbins, G.L.(ed.), The genetics of colonizing species; Proceedings of the first International Union of biological Sciences Symposia on general biology. 1: 8. Academic Press; New York, London.

WOLPERT, L. (1969): Positional Information, and the spatial pattern of cellular differentiation.— jour. theor. biol. 25: 1-47.

WOLLMAN, E. L. , JACOB, F. & HAYES, W. (1976): Conjugation and genetic recombination in Escherichia coli K-12 1956.— In: Corwin, H. O. & Jenkins, J.B. (ed.), Conceptual foundations of genetics; 248. Houghton Mifflin; Boston.

WRIGHT, S. (1930): Evolution in Mendelian Populations. *Genetics*; 16, 1931: 97-159.

WRIGHT, S. (1943): Isolation by Distance. *Genetics*; 28: 114-138.

WRIGHT, S. (1984a): The Roles of Mutation, Inbreeding, Crossbreeding and Selection in Evolution. In: Brandon, R.N. & Burian, R.M. (eds.), *Genes, Organisms, Populations*: 29-39. Cambridge, Massachusetts, London.

WRIGHT, S. (1984b): Theories of Group Selection. In: Brandon, R.N. & Burian, R.M. (eds.), *Genes, Organisms, Populations*: 40-41. Cambridge, Massachusetts, London.

Weiterführende Literatur

Biodiversität und Taxonomie

AGENDA SYSTEMATIK 2000 (1996): Erschließung der Biosphäre.—Autorenkollektiv; Kramer Verlag, Senckenberg Museum; Frankfurt a.M.

CRACRAFT, J. (1987): Species Concepts and the Ontology of Evolution. *Biology and Philosophy*; 2: 329-346.

CRACRAFT, J. (1992): Species Concepts and Speciation Analysis. In: Ereshefsky, M. (ed.), *The Units of Evolution*: 93-120. Cambridge, Massachusetts, London.

DARWIN, Ch. (1896): *The Variation of Animals and Plants under Domestication*. Vol. I & II. New York.

DARWIN, Ch. (1897): *Origin of Species*. Vol. I & II. New York.

DIEKMANN, A. (1992): *Klassifikation — System — 'scala naturae'*. Stuttgart.

DOBZHANSKY, TH., AYALA, F.J., STEBBINS, G.L. & VALENTINE, J.W. (1977): *Evolution*. San Fransisco.

GHISELIN, M. (1966): On psychologism in the logic of taxonomic controversies. *Syst. Zool.*; 2: 207-215.

GHISELIN, M. (1987a): Responses to Commentary on the Individuallity of Species. *Biology and Philosophy*; 2: 207-212.

GHISELIN, M. (1987b): Species Concepts, Individuality, and Objectivity. *Biology and Philosophy*; 2: 127-143.

GHISELIN, M. (1992): A Radical Solution of the Species Problem. In: Ereshefsky, M. (ed.), *The Units of Evolution*: 279-292. Cambridge, Massachusetts, London.

HULL, D.L. (1987): Genealogical Actors in Ecological Roles. *Biology and Philosophy*, 2: 168-184.

HULL, D. (1992): The effect of Essentialism on Taxonomy: Two thousand Years of Stasis. In: Ereshefsky, M. (ed.), *The Units of Evolution*: 199-226. Cambridge, Massachusetts, London.

HULL, D. (1992): A Matter of Individuality. In: Ereshefsky, M. (ed.), *The Units of Evolution*: 293-316. Cambridge, Massachusetts, London.

KITCHER, P. (1987): Ghostly Whispers: Mayr, Ghiselin, and the „Philosophers“ on the Ontological Status of Species. *Biology and Philosophy*, 2: 184-192.

KITCHER, P. (1992): Species. In: Ereshefsky, M. (ed.), *The Units of Evolution*: 317-341. Cambridge, Massachusetts, London.

LANGE-BERTALOT, H. (1990): Current biosystematic research on diatoms and its implications for the species concept.; *Limnetica*, 6: 13-22.

MAYNARD SMITH, J. (1958): *The theory of evolution*.— Cambridge University Press; Cambridge.

MAYNARD SMITH, J. (1989): *Evolutionary genetics*.— Oxford University Press; Oxford.

PETERS, D.S. (1970): Über den Zusammenhang von biologischem Artbegriff und phylogenetischer Systematik. Aufsätze und Reden *Senckenb. naturf. Ges.*; 27: 114-115. Frankfurt a.M.

PETERS, D.S. (1976): Evolutionsfaktoren und phylogenetische Rekonstruktion. In: Schäfer, W. (Hrsg.), *Evoluierende Systeme I und II*.— Aufs. *Red. Senckenb. naturforsch. Ges.*; 28: 192-199. Frankfurt a.M.

RUSE, M. (1992): Biological Species: Natural kinds, Individuals, or What? In: Ereshefsky, M. (ed.), *The Units of Evolution*: 343-362. Cambridge, Massachusetts, London.

Genetik

BATSON, W. (1922): Evolutionary faith and modern doubts.— *Science*: 55.

BEATTY, J. (1992): Speaking of Species. Darwin's Strategy. In: Ereshefsky, M. (ed.), *The Units of Evolution*: 227-246. Cambridge, Massachusetts, London.

CROW, J.F. (1992): Sewall Wright's place in Twentieth-Century Biology. In: Sakhar, S. (ed.), *The Founders of evolutionary Genetics: 167-200*. Dordrecht, Boston, London.

DOBZHANSKY, Th., Dunn, L.C. & Sinnott, E.W. (1950): *Principles of Genetics*. New York, Toronto, London.

KOHLER, R. E. (1994): *Lords of the fly*.— University of Chicago Press; Chicago, London.

LEIBENGUTH, F. (1982): *Züchtungsgenetik*. Thieme, Stuttgart.

MAYR, E. (1984b): The Unity of Genotype. In: Brandon, R.N. & Burian, R.M. (eds.), *Genes, Organisms, Populations*, 69-84. Cambridge, Massachusetts, London.

MENDEL, G. (1993): *Experiments on plant Hybrids*. Übers. von Sherwood, E.R., Corcos, A.F. & Monaghan, F.V. (eds.). New Brunswick, New Jersey.

MORGAN, T. H. (1910): *Chromosomes and Heredity*.— *The American Naturalist*; **44**: (525) 449.

MORGAN, T. H. (1976): Sex-limited inheritance in *Drosophila* 1910.— In: Corwin, H. O. & Jenkins, J.B.(edt.), *Conceptual foundations of genetics*; 187. Houghton Mifflin; Boston.

MULLER, H. J. (1976): Variation due to change in the individual gene 1922.— In: Corwin, H. O. & Jenkins, J.B.(edt.), *Conceptual foundations of genetics*; 86. Houghton Mifflin; Boston.

PROVINE, W.B. (1992): The R.A. Fisher—Sewall Wright Controversy. In: Sakhar, S. (ed.), *The Founders of evolutionary Genetics: 201-230*. Dordrecht, Boston, London.

SAKHAR, S. (1992): The Founders of evolutionary Genetics: Editor's Introduction. In: Sakhar, S. (ed.), The Founders of evolutionary Genetics: 1-22. Dordrecht, Boston, London.

SLATKIN, M. (1994a): Cladistic analysis of DNA sequence data from subdivided populations.— In: Real, L. A.(ed.), Ecological genetics; 18. Princeton University Press; New Jersey.

SLATKIN, M. (1994b): Gene flow and population structure.— In: Real, L. A.(ed.), Ecological genetics; 3. Princeton University Press; New Jersey.

VIA, S. (1994): Population structure and local adaptation in a clonal herbivore.— In: Real, L. A.(ed.), Ecological genetics; 58. Princeton University Press; New Jersey.

Wissenschaftstheorie, Theoretische Biologie

BERNZEN, R. (1986): Die praktische und theoretische Konstitution des Modellverfahrens. Frankfurt a.M., Bern, New York.

BONIK, K. (1981a): Gibt es Arten bei Diatomeen? Senckenb. biol.; 62, (4/6): 413-434.

BONIK, K. (1981b): Evolutionsbiologie und Systematik: Versuch einer Synthese. Aufs. Red. Senckenb. naturforsch. Ges.; 30. Frankfurt a. M.

ELDRIDGE, N. (1985): *Unfinished Synthesis*. New York, Oxford.

GRIESEMER, J.R. & WADE, M.J. (1988): *Laboratory Models, Causal Explanation and Group Selection*. *Biology and Philosophy*; 3: 67-96.

GUTMANN, M. (1993): *Der Vergleich als Konstruktion – Systematische Bemerkungen zur Bestimmung entwicklungstheoretischer Ansätze in der Biologie*. In: Weingarten, M. & Gutmann, W.F. (Hrsg.), *Geschichte und Theorie des Vergleichs in den Biowissenschaften*.— Aufs. Red. *Senckenb. naturforsch. Ges.*; 40: 45-60. Frankfurt a.M.

GUTMANN, M. (1995): *Modelle als Mittel wissenschaftlicher Begriffsbildung: Systematische Vorschläge zum Verständnis von Funktion und Struktur*. In: Gutmann, W.F. & Weingarten, M. (Hrsg.), *Konstruktion der Organismen II*, Aufs. u. Red. *Senck. naturf. Ges.*, 43:15-38. Kramer (Frankfurt).

HESSE, M. (1963): *Models and Analogies*. London.

HESSE, M. (1980): *Revolutions and Reconstructions in the Philosophy of Science*. Brighton, Sussex.

INHETVEEN, R. (1988): *Über den Sinn des Gebrauches von Modellen*. In: Gatzemeier, M. & Prätör, K. (Hrsg.), *Aspekte der Abstraktionstheorie*: 10-18. Aachen.

JANICH, P. (1987a): *Naturgeschichte als Kulturleistung*. in: Graul, E.H., Püttner, S. & Loew, D. (Hrsg.), *Medicinale XVII, Das Gehirn und seine Erkrankungen (I)*, Iserlohn 1987, 1-11.

JANICH, P. (1987b): *Naturgeschichte und Naturgesetz*. In: Schwemmer, O. (Hrsg.), *Über Natur. Philosophische Beiträge zum Naturverständnis*: 105-122. Frankfurt a.M.

JANICH, P. (1989): Der Natur nach konstruieren. Erkenntnistheorie und Anwendung. In: Otto, F. et al. (Hrsg.), Natürliche Konstruktionen, Beiträge zum Internationalen Symposium des SFB 230 Bd. II, Stuttgart 1989: 47-55.

JANICH, P. (1992): Chemie als Kulturleistung. In: Mittelstrass, J. & Stock, G. (Hrsg.), Chemie und Geisteswissenschaften: 161-173. Berlin.

JANICH, P. (1995): Der Informationsbegriff in der Morphologie.— In: Gutmann, W.F. & Weingarten, M. (Hrsg.), Konstruktion der Organismen II, Aufs. u. Red. Senck. naturf. Ges., 43:39-52. Kramer (Frankfurt).

KITTS, D.B. (1987): Plato on Kinds of Animals. *Biology and Philosophy*; 2: 315-328.

KRAUS, M. & WOLF, B. (1992): Modellbildung in der Biologie. *Naturwissenschaften*; 79: 289-299.

LEWONTIN, R. C. BAKER, H. G. & STEBBINS, G.L. (1965): Selection for colonizing ability.— In: Baker, H. G. & Stebbins, G.L.(ed.), *The genetics of colonizing species; Proceedings of the first international Union of biological sciences symposia on general biology*. 1: 79. Academic press; New York, London.

LEWONTIN, R. C. , ROSE, S. & KAMIN, L.J. (1988): *Die Gene sind es nicht*; Psychologie Verlags-Union; München, Weinheim.

LLOYD, E. (1994): *The structure and confirmation of evolutionary theory*. Princeton University Press.

MAYNARDSMITH, J. (1975): *Models in ecology*; Cambridge University Press; London New York.

MAYNARDSMITH, J. (1984): Group Selection. In: Brandon, R.N. & Burian, R.M. (eds.), *Genes, Organisms, Populations*: 238-249. Cambridge, Massachusetts, London.

RIEPPPEL, O. (1983): Kladismus und die Legende vom Stammbaum. Basel.

SCHOPF, T.J.M. (edt.) (1972): Models in Paleobiology. Freeman, Cooper; San Francisco.

STACHOWIAK, H. (1973): Allgemeine Modelltheorie. Wien, New York.

STEGMÜLLER, W. (1973): Carnap II: Normative Theorie des induktiven Rasonierens. Berlin, Heidelberg, New York.

STOFF, V.A. (1969): Modellierung und Philosophie. Berlin.

WEINGARTEN, M. (1992): Organismuslehre und Evolutionstheorie. Kovac, Hamburg.

WEINGARTEN, M. (1994): Konstruktion und Verhalten von Maschinen. Zur Modellgrundlage von Morphologie und Evolutionstheorie: 162-173. Stuttgart.

WEINGARTEN, M. (1995): Grundzüge einer Prototheorie der Biologie. In: Jelden, E. (Hrsg.), Prototheorien — Praxis und Erkenntnis: 135-146. Leipzig.

Assessment, Gentechnik, Züchtung

BONSS, W. (1995): Vom Risiko.— HIS Verlag; Hamburg.

DAY, P. R. (1993): The exploitation of genetic resources.— In: Gustafson, J. P., Apples, R. & Raven, P. (edt.), Gene conservation and exploitation; Stadler genetics symposia. **20**: 53. Plenum Press; New York.

DIETZ, A. (1993): Risk assessment of genetically modified plants introduced into the environment.— In: Wöhrmann, K. & Tomiuk, J.(edt.), Transgenic organisms; Advances in Life Sciences. 209. Birkhäuser Verlag; Basel, Boston, Berlin.

DOUGLAS, M. & WILDAVSKY, A. (1993): Risiko und Kultur.— In: Krohn, W. & Krücken, G. (edt.), Riskante Technologien; 113. Suhrkamp; Frankfurt a.M.

FREDERICK, R. J. (1991): Nontarget species testing of microbial products intended for use in the environment.— In: Levin, M. A. & Strauss, H.S.(edt.), Risk assessment in genetic engineering; McGraw-Hill environmental biotechnology series. 1: 32. MacGraw-Hill; New York.

GABRIEL, W. (1993): Technologically modified genes in natural populations: some sceptical remarks on risk assessment from the view of population genetics.— In: Wöhrmann, K. & Tomiuk, J.(edt.), Transgenic Organisms; Advances in Life Sciences. 109. Birkhäuser-Verlag; Basel, Boston, Berlin.

GOLDSMITH, B. (1993): Monitoring for conservation. In: Goldsmith, F.B. & Warren, A. (eds.), Conservation in progress. Chichester: 241.

HARPER, J. L. (1965): Establishment, aggression and cohabitation in weedy species.— In: Baker, H. G. & Stebbins, G.L.(edt.), The genetics of colonizing species; Proceedings of the first international union of biological sciences symposia on general biology. 1: 245. Academic press; New York, London.

HARRISON, C. (1993): Nature conservation, science and popular values. In: Goldsmith, F.B. & Warren, A. (eds.), Conservation in progress. Chichester: 35.

KATZ, L. S. (1991): The toxicology of genetically engineered microorganisms.— In: Levin, M. A. & Strauss, H.S.(edt.), Risk assessment in genetic engineering; McGraw-Hill environmental biotechnology series. **1**: 51. McGraw-Hill; New York.

KROHN, W. & KRÜCKEN, G. (1993): Risiko als Konstruktion und Wirklichkeit.— In: Krohn, W. & Krücken, G. (edt.), Riskante Technologien; 9. Suhrkamp; Frankfurt a.M.

LUHMANN, N. (1993): Risiko und Gefahr.— In: Krohn, W. & Krücken, G. (edt.), Riskante Technologien; 138. Suhrkamp; Frankfurt a.M.

MCINTOSH, M. S. (1991): Statistical techniques for field testing of genetically engineered microorganisms.— In: Levin, M. A. & Strauss, H.S.(edt.), Risk assessment in genetic engineering; McGraw-Hill environmental biotechnology series. **1**: 219. McGraw-Hill; New York.

OLSON, B. H. , OGUNSEITAN, O.A., ROCHELLE, P.A., TEBBE, C.C. & TSAI, Y.L. (1991): The implications of horizontal gene transfer for the environmental impact of genetically engineered microorganisms.— In: Levin, M. A. & Strauss, H.S.(edt.), Risk assessment in genetic engineering; McGraw-Hill environmental biotechnology series. **1**: 163. McGraw-Hill; New York.

POTRYKUS, I. (1991): Genstransfer auf Getreide: eine Abschätzung und Bewertung.— In: Albrecht, S.(edt.), Arbeitsmaterialien zur Technologieabschätzung und -bewertung der modernen Biotechnologie. **2**: 1. Universität Hamburg; Hamburg.

ROWE, W. D. (1993): Ansätze und Methoden der Risikoforschung.— In: Krohn, W. & Krücken, G.(edt.), Riskante Technologien; 45. Suhrkamp; Frankfurt a.M.

SCHÖHNMUTH, G., FLADE, D. & SEELAND, G. (1986): Tierproduktion. Frankfurt a.M.

SCHEIBE, A. (1951): Einführung in die allgemeine Pflanzenzüchtung. Stuttgart.

SPEER, A. & NOLTE, F. (1995): Vorstudie zur Technikfolgenabschätzung und -bewertung zu den Neurowissenschaften.— In: Albrecht, S.(ed.), Arbeitsmaterialien zur Technologieabschätzung und -bewertung der modernen Biotechnologie. **6**: 1. Universität Hamburg; Hamburg.

STRAUSS, H. S. (1991): Lessons from chemical risk assessment.— In: Levin, M. A. & Strauss, H.S.(ed.), Risk assessment in genetic engineering; McGraw-Hill environmental biotechnology series. **1**: 297. McGraw-Hill; New York.

TENG, P. S. (1991): Epidemic models: lessons from plant pathology.— In: Levin, M. A. & Strauss, H.S.(ed.), Risk assessment in genetic engineering; McGraw-Hill environmental biotechnology series. **1**: 272. McGraw-Hill; New York.

TIEDJE, J. M. , COLWELL, R.K., GROßMANN, Y.L. ET AL. (1990): Die gezielte Freisetzung genetisch veränderter Organismen: Ökologische Überlegungen und Empfehlungen.— In: Albrecht, S.(ed.), Arbeitsmaterialien zur Technologiefolgenabschätzung und –bewertung der modernen Biotechnologie. **1**: 1. Universität Hamburg; Hamburg.

TOLIN, S. A. (1991): Persistence, establishment and migration of pathogenetic viruses.— In: Levin, M. A. & Strauss, H.S.(ed.), Risk assessment in genetic engineering; McGraw-Hill environmental biotechnology series. **1**: 83. McGraw-Hill; New York.

WACHBROIT, R. (1991): Describing risk.— In: Levin, M. A. & Strauss, H.S.(ed.), Risk assessment in genetic engineering; McGraw-Hill environmental biotechnology series. **1**: 368. McGraw-Hill; New York.

WILDAVSKY, A. (1993): Die Suche nach einer fehlerlosen Risikominde-
rungsstrategie.— In: Krohn, W. & Krücken, G. (ed.), Risikante Tech-
nologien; 305. Suhrkamp; Frankfurt a.M.

WILLIAMSON, M. (1989): Mathematical models of Invasion.— In: Drake, J. A. , Mooney, H.A., di Castri, F. et al. (edt.), Biological Invasion; Munn, R. E., Scientific Committee on the Problems of the Environment. **37**: 329. John Wilson & Sons; Chichester, New York.

WILLIAMSON, M. (1993): Invaders, weeds and the risk from genetically manipulated organisms.— *Experientia*; **49**: 219.

WÖHRMANN, K. TOMIUK , J. & BRAUN, P. (1996): Die Problematik der Freisetzung transgener Organismen aus der Sicht der Populationsbiologie.— In: Albrecht, S.(edt.), Arbeitsmaterialien zur Technologiefolgenabschätzung und – bewertung der modernen Biotechnologie. **8**: 16. Universität Hamburg; Hamburg.

WOOD, B. (1993): Managing nature. In: Goldsmith, F.B. & Warren, A. (eds.), Conservation in progress. Chichester: 25.

Übergreifende Aspekte

GETHMANN, C.F.G. (1982): Protoethik. Zur formalen Pragmatik von Rechtfertigungsdiskursen. In: Stachowiak, H., Ellwein, Th., Herrmann & Stapf, K., Bedürfnisse, Werte und Normen im Wandel. Bd. I, Grundlagen, Modelle und Perspektiven; Hrsg.: Stachowiak, H. & Ellwein, T. Fink, München.

GETHMANN, C. F. (1996): Zur Ethik des umsichtigen Naturumganges.— In: Janich, P. & Rüdhardt, C. (edt.), Natürlich, technisch, chemisch Verhältnisse zur Natur am Beispiel der Chemie; Philosophie und Wissenschaft Transdisziplinäre Studien. 11: 27. de Gruyter; Berlin, New York.

HABERMAS, J. (1992): Moralbewußtsein und kommunikatives Handeln. Suhrkamp, Frankfurt a.M.

PFORDTEN, V. D. D. (1996): Ökologische Ethik.— Rowohlt; Hamburg.