Arianna Ferrari Christopher Coenen Armin Grunwald Arnold Sauter

Animal Enhancement Neue technische Möglichkeiten und ethische Fragen



Angaben zu den Autoren

Dr. Arianna Ferrari ist wissenschaftliche Mitarbeiterin des Instituts für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) am Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Sie arbeitet dort u. a. zu ethischen und politischen Fragen von Human Enhancement. Weitere Arbeitsfelder sind Tierphilosophie, Technikphilosophie, Philosophie der Biologie und Fragen der anwendungsbezogenen Ethik.

Christopher Coenen ist wissenschaftlicher Mitarbeiter des ITAS und arbeitet dort derzeit u. a. zu den Themen Human Enhancement, Synthetische Biologie und Nanotechnologie.

Prof. Dr. Armin Grunwald ist Leiter des ITAS und des vom ITAS betriebenen Büros für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) sowie Professor für Technikphilosophie und Technikethik am KIT. Seine Arbeitsgebiete sind Theorie und Praxis nachhaltiger Entwicklung, ethische Fragen von Nanotechnologie und der Synthetischen Biologie sowie Theorie und Methoden der Technikfolgenabschätzung.

Dr. Arnold Sauter ist seit 1995 wissenschaftlicher Mitarbeiter des TAB. Nach seiner Promotion in Zoologie und Genetik war er an interdisziplinären Untersuchungen zu einer Vielzahl von Bio- und Medizintechnologien beteiligt, mit Schwerpunkten bei Ergebnissen der Genomforschung und Anwendungen der Gentechnik.

Herausgeber: Eidgenössische Ethikkommission für die Biotechnologie im Ausserhumanbereich EKAH und Ariane Willemsen, Bern © EKAH

Gestaltung: Atelier Bundi, Boll

Verlag: Bundesamt für Bauten und Logistik BBL, Bern, 2010

Titelfoto: © Ron Laytner, Edit International

Vertrieb: BBL, Verkauf Bundespublikatonen, CH-3003 Bern www.bundespublikationen.admin.ch, Artikelnummer 810.008.d

ISBN: 978-3-905782-06-6

Inhalt

| Vorwort | | |
|-----------------|------------------------------------------|----|
| 1. Einleitung – | - zur Semantik des Animal Enhancement | 11 |
| | nerkungen zur Semantik des Verbesserns | 11 |
| | Enhancement – das begriffliche Vorbild | 14 |
| | mantik des Animal Enhancement | 21 |
| | erständnis der Converging Technologies | 25 |
| | ingsfelder, Kontroversen und | |
| | ungsfragen | 27 |
| | reiche und Stand der Technik | 30 |
| | schaftliche Nutzung von Versuchstieren | 31 |
| | Verbesserung der Haltungsbedingungen | |
| | von Versuchstieren | 33 |
| 2.1.2 | Grundlagenforschung und Erforschung von | |
| | Krankheiten | 35 |
| 2.1.3 | Gentherapie und Gendoping | 46 |
| | Gene-Pharming | 51 |
| | Xenotransplantation von Organen | |
| | und Geweben | 54 |
| 2.1.6 | Zelluläre Xenotransplantation und neuro- | |
| | wissenschaftliche Forschung | 58 |
| 2.1.7 | Neuropharmakologie und Hirnforschung | 61 |
| | Hirnforschung und Neurotechnologien | 65 |
| 2.1.9 | Anti-Ageing | 68 |
| 2.1.10 | Nanotoxikologie und Nanomedizin | 70 |
| | and Arbeitstiere | 73 |
| 2.2.1 | Transgene Nutztiere | 74 |
| 2.2.2 | Klonen in der Landwirtschaft | 80 |
| 2.2.3 | Nanotechnologien in der Landwirtschaft | 82 |
| 2.2.4 | Militärische Nutzung, Spionage und | |
| | Maschinensteuerung | 84 |
| 2.3 Heimti | erhaltung und Kunst | 87 |
| | Wellness für Heimtiere | 87 |
| 2.3.2 | Gentechnische Veränderung und Klonen | |
| | von Heimtieren | 88 |
| 2.3.3 | Kosmetische Chirurgie von Heimtieren | 91 |
| | Verabreichung von Medikamenten | 95 |
| | Veränderte Tiere in der Kunst | 97 |

| | 2.4 | 2.4 Sporttiere | | |
|----|-------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|-----|
| | ∠.4 | | | 99 |
| | | | Rennen und Fliegen | 101 |
| | | | Spiele | 103 |
| | | | Kämpfe und Rodeos | 103 |
| | | | Jagd und Fischerei | 105 |
| | | | Darbietung der Exzellenz von Sporttieren | 105 |
| | 2.5 | 2.5 Tiere in Zoos und Shows und das Klonen | | |
| | | bei be | drohten Tierarten | 106 |
| | 2.6 | Patent | tierung technisch verbesserter Tiere | 112 |
| 3. | Phil | osophi | sche Diskussion zur Verbesserung von Tieren | 117 |
| | 3.1 | Verbe | sserung für wen und in welchem Sinn? | 119 |
| | 3.2 | Wisse | nschaftstheoretische Fragestellungen | 127 |
| | 3.3 | Ethisc | he Fragestellungen | 131 |
| | | 3.3.1 | Die Diskussion über gentechnische | |
| | | | Eingriffe in Tiere | 131 |
| | | 3.3.2 | Von transgenen Schweinen, die gegessen | |
| | | | werden wollen | 135 |
| | | 3.3.3 | Das Klonen von Tieren | 139 |
| | | 3.3.4 | Chimären: humanisierte Mäuse und | |
| | | | chimärische Menschen | 142 |
| | 3.4 Mensch/Tier-Verhältnisse im technologischen | | | |
| | Zeitalter | | 145 | |
| | | 3.4.1 | Zwischen Instrumentalisierung und | |
| | | | Verwandtschaft | 145 |
| | | 342 | Tier – Mensch – Maschine | 149 |
| | | | Transhumanistische Visionen eines Animal | 1., |
| | | 3.1.3 | Enhancement | 153 |
| | | 3 4 4 | Technomorphe Beschreibung von Tieren | 155 |
| | 3.5 | | täten in der ethischen Reflexion | 157 |
| 4. | | | hancement – zusammenfassende Thesen | 160 |
| +. | AIII | mai Ell | mancement – zusammemassende Thesen | 100 |
| | | | | |

Vorwort

Die Veröffentlichung des US-amerikanischen Berichts zu den «Converging Technologies» (Roco und Bainbridge 2002) hat weltweit zu einer Intensivierung der Debatten zur «technischen Verbesserung» des Menschen («Human Enhancement») geführt. Sie hat im Kontext von ELSA-Studien (ethical, legal and social aspects), Technikfolgenabschätzung, sozial- und politikwissenschaftlichen Arbeiten sowie insbesondere durch die Behandlung ethischer Fragen eine erstaunliche und anhaltende Resonanz erzeugt. Diese hängt sicher damit zusammen, dass anthropologische und philosophische Fragen nach dem Selbstverständnis des Menschen und nach seinem Verhältnis zur Technik sowie weitreichende ethische Fragen angesprochen werden.

Die Aussicht, dass «Verbesserungstechnologien» in Bezug auf den Menschen zunehmend verfügbar sein könnten, legt es nahe zu überlegen, ob und in welcher Weise ähnliche Technologien auch auf Tiere angewendet werden könnten, vielleicht sogar frühzeitiger und unter weniger starken oder jedenfalls anderen ethischen Kontroversen. Es erscheint daher naheliegend, die Frage zu stellen und ihr durch Recherchen nachzugehen, ob und in welchen Formen es mittels der «Converging Technologies» auch zu einem «Animal Enhancement» kommen könnte und ob entsprechende Forschungen und Anwendungen bereits unterwegs in die Praxis sind.

Die vorliegende Studie widmet sich genau diesen Fragen, vermutlich als erste Arbeit weltweit. Auf Initiative und im Auftrag der «Eidgenössischen Ethikkommission für Biotechnologie im Ausserhumanbereich» (EKAH) ist es das Ziel, eine «ethische Auslegeordnung» für das «Animal Enhancement» im Zusammenhang mit den «Converging Technologies» zu ermöglichen. Ausgehend von der Debatte zum «Human Enhancement» wird gefragt, ob, in welchen Bereichen und mit welchen Zielen die konvergierenden

Literatur

167

Technologien erforscht, entwickelt und genutzt werden, um Tiere zu «verbessern» – und zwar im Sinn einer Verbesserung ihrer Eigenschaften und Fähigkeiten – und welche ethischen Implikationen und Fragen damit verbunden sind.

Umgangssprachlich könnte man das «Verbessern von Tieren» auch anders verstehen, bspw. als eine Verbesserung ihrer Haltungsund Nutzungsbedingungen, um ein artgerechteres Leben zu erlauben und Leiden, Stress und Schmerzen zu vermeiden oder zu vermindern. Diese Diskussion wird im vorliegenden Bericht *nicht* geführt, wenngleich das Motiv der Steigerung der «Lebensqualität» von Tieren auch bei einigen Ideen eines high-tech-basierten «Animal Enhancement» mittels konvergierender Technologien mitschwingt.

Unsere Ausgangshypothese ist, dass trotz bestehender Parallelen Analogiebildungen von einem «Human Enhancement» zum «Animal Enhancement» nur begrenzt hilfreich sind. Während die «Human-Enhancement»-Debatte stark von der Basisunterscheidung zwischen Heilen und Verbessern geprägt wird, ist diese Unterscheidung im Tierbereich weitgehend irrelevant. Die gezielte Veränderung von Tieren für menschliche Zwecke und Nutzungen, bspw. durch Züchtung und Haltungsweisen, ist historisch und kulturell nichts Neues.

Daher wird im Projekt eine Unterscheidung nach menschlichen Nutzungsarten von Tieren vorgenommen, indem bspw. Tiere zur Nahrungsversorgung, als Heimtiere, im Sport oder als Versuchssysteme für medizinische Experimente betrachtet werden. In diesen Nutzungsbereichen wird recherchiert, in welchen Feldern der «Converging Technologies» derzeit in Richtung auf eine technische «Verbesserung» von Tieren geforscht wird, wie weit diese Forschungen gediehen sind und mit welchen Zeitperspektiven welche Einsatzmöglichkeiten in der Praxis gesehen werden.

Auf der Basis dieser Recherchen und Abschätzungen wird dann eine «ethische Auslegeordnung» im Hinblick auf die betroffenen Felder ethischer Reflexion skizziert, um anschließend Herausforderungen und Orientierungspunkte für die ethische Debatte zu gewinnen. Dabei zeigt sich, dass wesentliche Fragen nicht nur in ethischer, sondern auch in wissenschaftstheoretischer und philo-

sophischer Hinsicht gestellt werden müssen, bspw. als Frage nach Veränderungen im Mensch/Tier-Verhältnis.

Karlsruhe, im Juli 2010

Arianna Ferrari Christopher Coenen Armin Grunwald (Projektleitung) Arnold Sauter

1. Einleitung – zur Semantik des Animal Enhancement

«Animal Enhancement» ist bislang keine gebräuchliche Wortzusammenstellung und bedarf daher einer Begriffsklärung. Ausgangspunkt ist, dass der Begriff «Enhancement« einerseits sehr allgemein synonym mit «Verbesserung» verwendet wird, andererseits aber auch als Symbol für eine Debatte über Ziele und Grenzen der modernen Medizin in Bezug auf mögliche technische «Verbesserungen» des Menschen dient («Human Enhancement», bspw. Schöne-Seifert und Talbot 2009). Die tendenziell neue Rede von einem «Animal Enhancement» kann diese laufende Debatte nicht ignorieren, sondern muss klären, ob und welche Elemente bisheriger Begriffsverwendungen auf «Verbesserungen» von Tieren übertragen werden können.

Die semantische Reflexion betrifft zunächst allgemeine Facetten des «Verbesserns» (Kap. 1.1), sodann eine kurze Darstellung der mittlerweile bekannten begrifflichen Probleme des «Human Enhancement» (Kap. 1.2), um von dort ausgehend unser Verständnis des «Animal Enhancement» erläutern (Kap. 1.3) und eine erste Beschreibung erwartbarer Konfliktfelder und Kontroversen geben zu können (Kap. 1.5), vor dem Hintergrund kurzer Erläuterungen zu den «Converging Technologies» (Kap. 1.4).

1.1 Vorbemerkungen zur Semantik des Verbesserns

«Verbessern» wird als Gegenteil von «Verschlechtern» in der Umgangssprache grundsätzlich positiv verstanden und bewertet. Eine «Verbesserung« verspricht eine positiv besetzte *Dynamik* und beansprucht, nicht nur einer Verschlechterung, sondern auch einem Stillstand überlegen zu sein. Umgangssprachlich wird «Verbesserung» häufig im Sinne eines Verbesserns *an sich*, ohne Rücksicht auf Kriterien oder Richtungen des Verbesserns, und

vielfach zunächst ohne Rücksicht auf mögliche gegenläufige Effekte verstanden.

Ein etwas genauerer Blick zeigt, dass das Verbessern eine Tätigkeit darstellt, durch die ein Gegenstandsbereich in einer bestimmten Richtung verändert wird. Es gibt *Akteure* (Subjekte) des Verbesserns, die *etwas* (das Objekt der Verbesserung) nach Maßgabe von *Kriterien* verbessern. Diese dreistellige Rekonstruktion *«jemand verbessert etwas unter einem Kriterium»* dürfte die minimale semantisch sinnvolle Rekonstruktion des Wortes «verbessern» darstellen. Ein Kriterium besteht in der Kombination aus einem messbaren Parameter (bspw. einer Leistungsgröße) und der Angabe, in welcher Richtung die Veränderung des Parameterwerts als Verbesserung bewertet wird. Viele ethische Konflikte um mögliche Verbesserungen, betreffen sie nun Mensch oder Tier, entzünden sich gerade an den Kriterien für Verbesserung, und dies in mindestens drei Richtungen.

Erstens kann etwas, das von bestimmten Akteuren oder Gruppen als Verbesserung angestrebt oder willkommen geheißen wird, bereits aufgrund der Kriterien für Verbesserungen als ethisch problematisch angesehen werden. Die Kriterien, um eine Veränderung als Verbesserung zu bezeichnen, sind normativ und bewertend, können daher umstritten sein, und sind dies häufig auch. Dass es sinnvoll ist, Automobile in Richtung immer höherer Leistung und Beschleunigung zu verbessern, dürfte nicht allgemein auf Zustimmung stoßen.

Zweitens haben Verbesserungen im Zusammenhang mit den verwendeten Kriterien eine soziale Dimension, indem gefragt werden kann, für wen eine Verbesserung nach Maßstab bestimmter Kriterien wirklich eine Verbesserung ist. Ein Beispiel ist die Debatte um gentechnisch veränderte Pflanzen in der Nahrungsmittelproduktion, in der die Verbesserungen, bspw. Herbizidresistenz und dadurch ermöglichte höhere Effizienz in der Herstellung, vor allem den Erzeugern und der Lebensmittelindustrie zugute kommen würden, nicht aber den Verbrauchern, bei denen jedoch mögliche unerwünschte Folgen für die Gesundheit landen würden. Etwas, das von manchen als Verbesserung empfunden wird, kann von anderen als Verschlechterung wahrgenommen werden, woran sich Debatten um Verteilungsfragen in Bezug auf Nutzen und Risiken des wissenschaftlich-technischen Fortschritts anschließen (Gethmann 2000).

Drittens kann eine Verbesserung relativ zu einem Kriterium eine Verschlechterung in Bezug auf ein anderes Kriterium sein. Aus der technischen Entwicklung ist dies vielfach bekannt: die Verbesserung eines Automobils unter Aspekten der Sportlichkeit kann auf Kosten der Umweltverträglichkeit gehen, eine Verbesserung unter Kostenaspekten kann die Anforderungen an Sicherheit gefährden. Zielkonflikte sind in technischen Verbesserungen oder auch in politischen Entscheidungen an der Tagesordnung: Verbesserungen sind häufig mit Verschlechterungen verbunden, sodass komplexe Abwägungen erforderlich werden, um eine Entscheidung zu treffen.¹ Im Tierbereich ist leicht vorstellbar, dass manche Verbesserungen tierischer Leistungsmerkmale, die unter bestimmten Nutzungszwecken als gewünscht oder sinnvoll erscheinen, unter ethischen Kriterien des Tierschutzes problematisch sind (Kap. 3).

Die Frage nach den Kriterien für Verbesserungen ist daher zentral für jede sorgfältige Analyse von Verbesserungsoptionen. Damit umfasst das «Verbessern» unverzichtbar drei semantische Dimensionen (Grunwald 2008):

- einen Ausgangspunkt des Verbesserns: eine Verbesserung lässt sich nur als Verbesserung plausibel machen, wenn der Ausgangspunkt angegeben wird, relativ zu dem es sich um eine Verbesserung handelt;
- ein Kriterium des Verbesserns: es muss ein normatives Kriterium angegeben werden, relativ zu dem verbessert wird. Ein Kriterium besteht aus der Angabe eines Parameters (quantitativ oder qualitativ) und der Richtung der Veränderung des Parameters, welche als Verbesserung angesehen wird;
- 3. ein $Ma\beta$ des Verbesserns: wie kann die $Grö\beta e$ einer Verbesserung gemessen werden? Dies ist vor allem von Bedeutung in Abwägungsprozessen, wenn der Verbesserung an einer Stelle eine Verschlechterung an anderer Stelle gegenüber steht und eine Gesamtbilanzierung erforderlich ist.

¹ Dies ist auch aus der Tierzucht bekannt. So sind bspw. Hochleistungskühe oft anfälliger gegenüber Krankheiten und weniger robust gegenüber Umwelteinflüssen (vgl. das in Kap. 2 erwähnte Mastitis-Problem).

Das «Verbessern» ist, entgegen vielfacher Wortverwendung in der bisherigen Enhancement-Debatte (bspw. Robertson-von Trotha 2003, Sandel 2008), semantisch strikt von einem *Optimieren* oder *Perfektionieren* zu unterscheiden. Im Verbessern geht es nur um die *Richtung* einer Veränderung, beim Optimieren und Perfektionieren hingegen um die Erreichung eines End- oder Zielzustands. Verbessern ist richtungsgebunden, aber im Maß offen. Auch eine noch so kleine Verbesserung ist eine Verbesserung. Eine Optimierung hingegen zielt auf einen «optimalen» oder eben auf einen «perfekten» Zustand, enthält also eine *teleologische Dimension*. Dem evolutionären und prinzipiell nie an ein Ende kommenden Verbessern steht das teleologische Optimieren als das Erreichen eines nicht mehr überbietbaren Endzustands gegenüber. Das Optimieren kommt an ein Ende, wenn das Optimum erreicht ist; ein Verbessern kommt von sich aus nicht an ein Ende.

Dieser begrifflichen Differenz zum Trotz werden in der aktuellen Debatte, vor allem zum «Human Enhancement», beide Worte häufig synonym verwendet oder wenigstens nicht klar unterschieden. Jedoch ist auch im Bereich der Tiere die Unterscheidung wichtig, zumal das «Verbessern» von Tieren oder mancher ihrer Eigenschaften eine kulturhistorisch lange Tradition hat.

In der vorliegenden Studie geht es nicht um das Optimieren oder Perfektionieren von Tieren, sondern terminologisch um ein Verbessern, das Richtungen und Kriterien beinhaltet, aber nicht auf einen «optimalen» Endzustand zielt. Diese Offenheit in Bezug auf einen Endzustand impliziert, dass das Verbessern keine inhärente Grenze hat: jedes Ergebnis einer Verbesserung kann als Ausgangszustand für neue Verbesserungen (evtl. dann auch unter anderen Kriterien) dienen. Der Verbesserungsprozess ist nicht abgeschlossen und nicht abschließbar. Wenn über Grenzen des Verbesserns geredet wird, müssen diese «von außen» kommen und können bspw. in ethischen Argumenten, aber auch in Wirtschaftlichkeits- oder Akzeptanzargumenten bestehen.

1.2 Human Enhancement – das begriffliche Vorbild

Die Debatte zum «Human Enhancement» arbeitet mit der Offenheit des «Verbesserns», auch wenn gelegentlich (irrtümlich)

vom Optimieren oder Perfektionieren des Menschen die Rede ist. Subjekt und Objekt dieses «technischen Verbesserns» sind jeweils Menschen, als Akteure der Verbesserung wie auch als zu Verbessernde. Kriterien des «Human Enhancement» sind Merkmale der körperlichen oder geistigen Leistungsfähigkeit des Menschen wie bspw. sensorische Eigenschaften von Auge oder Ohr, sportliche Eigenschaften, Schönheitsmerkmale oder auch die erwartbare Lebensspanne.

Um von einem Verbessern zu sprechen, ist nach den obigen Analysen der *Ausgangspunkt* zu benennen, von dem aus eine Verbesserung von etwas im oder am Menschen erfolgen sollte. Hier besteht eine weitreichende Uneindeutigkeit. Der Ausgangspunkt kann liegen in (Grunwald 2008)

- 1. der körperlichen oder geistigen Ausstattung eines bestimmten *individuellen* Menschen,
- 2. dem Standard eines *durchschnittlichen* gesunden Menschen, gemessen etwa nach statistischen Erhebungen menschlicher Leistungsfähigkeit, oder in
- 3. der Leistungsfähigkeit, die *unter optimalen Bedingungen* von Menschen erreicht werden kann, sozusagen dem oberen Ende der statistischen Verteilung der Leistungsfähigkeit.

Im ersten Fall wäre bereits eine Brille eine Verbesserung eines individuellen Menschen, dessen Augen nicht den Erwartungen an ein gesundes menschliches Auge entsprechen. Im zweiten Fall wäre erst dann von einer Verbesserung zu sprechen, wenn durch eine bestimmte Maßnahme der Leistungsstandard eines gesunden Menschen überschritten würde, und im dritten Fall schließlich würde man den Begriff der Verbesserung nur dann verwenden, wenn «übliche» menschliche Fähigkeiten überschritten würden: ««Übermenschlich» kann dabei entweder den Abstand zu «normalen> menschlichen Leistungen bedeuten oder eben eine die conditio humana grundsätzlich übersteigende Stufe» (Siep 2006, S. 307). Schließlich lassen sich Verbesserungen, die per definitionem voraussetzen, dass die Eigenschaft, um die es geht, auch bereits den nicht verbesserten Lebewesen zukommt (freilich in einer «nicht so guten» Weise) von Veränderungen unterscheiden, durch die den Lebewesen Eigenschaften ermöglicht werden, die

ihnen vorher gar nicht zugekommen sind (Jotterand 2008, Grunwald 2008, Kap. 9.3.3). Schon diese Unterscheidungen machen deutlich, wie semantisch komplex die lebensweltlich so einfach erscheinende Rede vom «Verbessern» ist.

Weite Teile der Enhancement-Debatte machen semantisch keine Unterschiede zwischen diesen Alternativen, sondern versuchen ausschließlich die Grenze zwischen *Heilen* und *Verbessern* zu klären. Laut Lenk (2002) hat sich der Begriff «Enhancement» in Abgrenzung zum Therapiebegriff entwickelt und dient zur Bezeichnung pharmakologischer und technologischer Interventionen an gesunden Menschen, ausgenommen präventive Eingriffe. In diesem Sinne haben sich spezifische Begriffe entwickelt, um unterschiedliche Anwendungen zu bezeichnen: man spricht von Neuroenhancement oder von «Cognitive Enhancement» zur Bezeichnung der geplanten Verbesserung kognitiver oder psychischer Fähigkeiten und von «Gendoping» zur Verbesserung der Genaktivität, die insbesondere in der Debatte über Sport verwendet wird (siehe Gerlinger et al. 2008; vgl. WADA 2008).

Die Abgrenzung zwischen Therapien als Maßnahmen, einen «normalen» Zustand wiederherzustellen, und einem darüber hinaus weisenden Verbessern dominiert als Basisunterscheidung (Mittelstrass 1974) den Begriff des «Human Enhancement», und das ist auch prima facie verständlich. Denn begrifflich und dem lebensweltlichen Verständnis entsprechend ist eine Verbesserung des Menschen kategorial verschieden von der Heilung von Krankheiten oder der Kompensation von Unfallfolgen. Jegliches Heilen ist an der regulativen Idee eines gesunden Menschen orientiert. Es wäre sonst in sich sinnlos. So zeigt bspw. der pragmatische Blick in die Praxis des ärztlichen Handelns: Ein Augenarzt «weiß», welches Sehvermögen dem eines normal-gesunden Menschen entspricht und wird keine Maßnahmen ergreifen bzw. vorschlagen, wenn ein Patient dieses Niveau erreicht. Das Heilen endet, wenn der Patient gesund ist, was auch immer dies im Einzelnen bedeuten mag, während ein Verbessern prinzipiell nie endet (s.o.). In der medizinischen Praxis dürfte recht häufig ein teils explizites, teils implizites «Wissen» über die Grenze zwischen Heilen und Verbessern das ärztliche Handeln anleiten.

Dies bedeutet aber keineswegs, dass sich sozusagen ontologisch, also aufgrund objektiver Daten, ein Heilen von einem Verbessern

grundsätzlich und trennscharf unterscheiden lässt. Denn die ärztliche Urteilskraft in Bezug auf diese Unterscheidung stützt sich nicht nur auf Daten, sondern auch auf kulturell eingeübte und normative Kriterien für «Gesundheit». Dementsprechend bewegt sich ein Teil der begrifflichen Enhancement-Debatte im Spannungsfeld zwischen Normativismus und Naturalismus, indem es um die Frage geht, ob Gesundheit und Krankheit sich nur deskriptiv erfassen lassen oder ob sie immer auch normative Komponente enthalten. Viele Autoren betonen die Normativität des Gesundheits- und somit des Krankheitsbegriffes. Diese Begriffe unterliegen danach positiven oder negativen Bewertungen von Zuständen, die vom soziokulturellen Kontext abhängig sind (siehe bspw. Engelhardt 1976, 1982; Margolis 1981). Gesundheits- und Krankheitsbegriff sind danach zwischen Naturbezug und Werturteil definiert und enthalten sowohl deskriptive als auch normative Komponenten. Lanzerath (2008) konzipiert den Gesundheitsbegriff als einen praktischen Begriff in Bezug auf Grundzustände des menschlichen Daseins und betont seine Relationalität im soziokulturellen Gefüge:

«Insofern ergibt sich die Normativität des Gesundheitsbegriffs schon daraus, dass er alle die physischen und psychischen Bedingungen umfasst, ohne die der Mensch nicht das Lebewesen zu sein vermag, das die Fähigkeit besitzt, sittliches Subjekt zu sein. Wenn wir aber das sittliche Subjekt als unbedingtes Gut betrachten und ihm Würde zuschreiben, dann muss die Gesundheit im Sinn der psychophysischen Verfasstheit, die Voraussetzung des Subjektseins ist, selbst ein schützenwertes Gut sein» (Lanzerath 2008, S. 207).

Welche Eigenschaften «gesunde Menschen» haben sollen, ist danach nicht naturwissenschaftlich festzulegen, obgleich naturwissenschaftliche Daten hierfür relevant sind. Ontologisch, d. h. durch konkrete und präzise anzugebende Eigenschaften lässt sich daher sicher keine klare Abgrenzung zwischen Heilen und Verbessern bestimmen. Daraus folgt, dass die Unterscheidung von Therapie und «Enhancement» immer auch normativ ist (vgl. bspw. Buchanan et al. 2001; Clausen 2008a):

Ein normativer Krankheitsbegriff bedeutet nicht, dass sich Handlungen kranker Personen in besonderer Weise moralisch auszeichnen. Eine wertvolle Unterscheidung von Therapie und Enhancement meint nur, dass man zur Bestimmung der Phänomene auf normative Grundannahmen verwiesen ist, die nicht zu unterlaufen sind (Hornberg-Schwetzel 2008, S. 221).

Viele Autoren argumentieren dennoch, dass zwischen Enhancement und Therapie keine klare Grenze zu ziehen sei:

In der bioethischen Diskussion liegt daher der Akzent heute zumeist auf der Frage, ob zwischen Therapie und Enhancement überhaupt eine Grenze zu ziehen ist (Siep 2006, S. 306).

Neben prinzipiellen begrifflichen Problemen (Gethmann 2004) spielt die prominente und heute noch geltende Identifizierung von Gesundheit mit Wohlbefinden in der Definition der WHO von 1946 eine Rolle in dieser Auseinandersetzung.

Für die ethische Debatte ist daran entscheidend, dass man sich in einem je anderen normativen Rahmen und Diskurs bewegt, je nachdem ob man über Heilen oder über Verbessern spricht. Im Bereich des Heilens ist das ärztliche Ethos des Heilens einschlägig, reflektierend und analysierend unterstützt von der Medizinethik. Therapien unterliegen einem *Sollen*, insofern es um die (Wieder-) Herstellung artspezifischer biologischer Funktionsweisen in einem je kulturell adaptierten Verständnis von Gesundheit geht. Die Rede über ein «Verbessern des Menschen» verlässt jedoch diesen Diskurs und hat im traditionellen System der Angewandten Ethik (noch) keinen festen Platz. Im Falle des «Enhancement» liegt kein Sollen (Siep 2006), sondern nur bzw. bestenfalls ein *Wollen* vor (Hornberg-Schwetzel 2008). In den ethischen Reflexionen verläuft danach zwischen Heilen und Verbessern zwar keine ontologische, aber eine «Diskursgrenze» (Grunwald 2008).

Entlang dieser Diskursgrenze findet eine Debatte statt, die versucht, die «Natur des Menschen» argumentativ für Orientierungen in Bezug auf das «Human Enhancement» zu nutzen oder die bestreitet, dass dies möglich sei. Clausen (2008a) unterscheidet drei Ebenen der ethischen Argumentation, auf denen der Begriff «Natur des Menschen» verwendet wird: erstens werde diese «Natur» über einen naturalistischen Krankheitsbegriff eingeführt, um eine genaue Unterscheidung zwischen Therapie und «Enhancement» zu

bestimmen. Zweitens werde auf die «Natur des Menschen» in gesundheitsökonomischer Hinsicht rekurriert, wenn es um die Frage geht, ob bestimmte medizinische Anwendungen von der Solidargemeinschaft getragen werden sollen. Drittens schließlich werde dieser Begriff hinsichtlich der Frage nach der moralischen Vertretbarkeit bestimmter Enhancement-Interventionen verwendet. Müller (2008) interpretiert die Natur des Menschen als eine schwache Norm für ethische Grenzsituationen in Verbindung mit der «Sorge um sich» oder der philosophischen Klugheit. Weitere Aspekte der «Natur des Menschen» sind empirisch-statistisch ermittelbare Aspekte wie biologische Durchschnittswerte der Lebenserwartung oder genetischen Disposition, anthropologische Bewertungen, die stärker oder schwächer sein können bis hin zu den Debatten um eine «Sonderstellung» des Menschen in Verbindung mit bspw. der Sprachfähigkeit oder der spezifischen Vernunftfähigkeit.

Starke Verwendungen der «Natur des Menschen» in ethischen Debatten werden von Ethikern unterschiedlicher Schulen zumeist kritisch gesehen. Naturalistische Positionen stoßen an die Grenzen, die die oben diskutierten normativen Komponenten von Gesundheits- und Krankheitsbegriff mit sich bringen (Bayertz 2005; Birnbacher 2006). Darüber hinaus betont Bayertz (2005), dass der Rekurs auf die menschliche Natur mit dem hohen Preis einer Reduzierung unseres Spielraumes in der Natur verbunden wäre, die schwierig zu akzeptieren erscheint:

Die Rückkehr zu einer starken Normativität der menschlichen Natur würde einschneidende Restriktionen des menschlichen Handlungsspielraums in allen Handlungsbereichen mit sich bringen. Wenn die obersten Lebensziele aus der Naturordnung abgelesen werden können, stehen sie nicht mehr für eine rationale Wahl zur Verfügung. Wer diesen objektiven Zielen nicht folgt, handelt irrational und (moralisch) falsch. Es bleibt dann nur noch die Wahl zwischen der einen richtigen Lebensweise und den vielen falschen Lebensweisen. (...) Mit einem Wort: Ein starker Begriff von Freiheit und Individualität ist mit einem starken Begriff von der «Natur des Menschen» nicht vereinbar (Bayertz 2005, S. 50).

Birnbacher (2006) argumentiert für die Offenheit der «menschlichen Natur» mit drei Gründen: Erstens seien Urteile über die

typischen Merkmale einer Gattung, deren Existenz in eine unbestimmt lange Zukunft hineinreicht, historisch relativ. Typische Merkmale des Menschen seien weder universal noch konstant noch spezifisch und könnten deshalb nicht als Basis für eine Gattungsethik gelten. Zweitens gehöre es zum Menschen, den jeweils erreichten Stand zu überschreiten. Wenn jedoch die «Natur des Menschen» darin bestehe, ständig das einmal Erreichte zu transzendieren, könne das Argument gegen «Enhancement», dass es sich gegen die Natur des Menschen richte, nicht aufrechterhalten werden. Drittens sei die Gleichsetzung des Wesens des Menschen mit «typischen» Merkmalen nicht wertfrei möglich, sondern beinhalte immer normative Wertungen. Die «Natur des Menschen» sei ein normatives Konzept, das Standards für Normalität und Angemessenheit setze und daher mit der Gefahr von Diskriminierungen verbunden ist.

In diesem Zusammenhang wird auch der Begriff der Authentizität diskutiert, vor allem in Verbindung mit Interventionen in psychische und kognitive Fähigkeiten zur Steigerung des Wohlbefindens (Müller 2008; vgl. Krämer 2009; Galert 2009). Hier geht es um «authentisches» Leben, mögliche Gefahren einer Persönlichkeitsveränderung und ihre Implikationen. Aber auch dieser Begriff führt zu Problemen. Zum einen sind dies Probleme in phänomenologischer Hinsicht: Was sind die Kriterien für ein authentisches Leben? Ist die Vorstellung von Authentizität objektivierbar? Zum anderen kommt es zu normativen Schwierigkeiten: Kann man aus der Intuition, dass Menschen authentisch leben wollen, schließen, dass sie authentisch leben sollen? Elliott (2003) fordert bspw. eine «Ethik der Authentizität» in Bezug auf Neuro-Enhancement.

Für den Umgang mit «Verbesserungen» im Bereich der Tiere können sowohl aus der Debatte um «Natürlichkeit» als auch um «Authentizität» Argumentationen übertragen werden. Die Forderung nach «Artgerechtigkeit» verweist auf der Basis empirischer Forschung auf eine angenommene «Natürlichkeit», die Tieren gemäß ihrer Art normativ zugesprochen wird. Zusätzlich aus dem für das «Human Enhancement» bekannten Schwierigkeiten eines naturalistischen Fehlschlusses (bspw. Clausen 2008a) kommt hier noch hinzu, dass die «Artgerechtheit» im Umgang mit Tieren nie durch die Tiere selbst artikuliert oder eingefordert werden kann, sondern dass stets Menschen dies advokatorisch für Tiere tun und

dabei Interpretations- und Deutungsleistungen tierischen Verhaltens vornehmen müssen.

Insgesamt zeigt sich in der Debatte um das «Human Enhancement», dass Argumente, die mit Annahmen über bestimmte *substantielle* und «natürliche» Eigenschaften des Menschen operieren, in erhebliche Probleme geraten und keine «starken» Orientierungen liefern können. In Bezug auf Tiere ist es eine spannende Frage, inwieweit hier stärkere Orientierungen gegeben werden können, etwa durch Bezüge auf empirisch gestützte Befunde über Artgerechtigkeit, mit denen dann möglicherweise Verbesserungen oder gar Veränderungen gerechtfertigt werden könnten.

1.3 Die Semantik des Animal Enhancement

Die Recherche nach «Animal Enhancement» in der Biomedizin-Metadatenbank Pubmed ergibt eine lange Liste von Artikeln über Tierversuche in unterschiedlichen Gebieten. Dort ist es üblich, von einem «Enhancement» von Tieren in drei Richtungen zu sprechen:

- *erstens* die Verbesserung der *Tiermodelle*, in dem Sinn, dass aussagekräftigere Tierversuche ermöglicht werden sollen;
- zweitens eine Verbesserung der Leistungen der Tiere im Rahmen eines «genetic enhancement» als moderne Fortsetzung klassischer Züchtung;
- drittens die Verbesserung der Haltungsbedingungen für Tiere im Labor.

Dieser etablierte Sprachgebrauch ist zur Kenntnis zu nehmen; die sich darin zeigenden Anwendungsfelder sind jedoch im Rahmen der vorliegenden Studie nur begrenzt interessant, vor allem weil dort in der Regel die neueren Entwicklungen im Rahmen der «Converging Technologies» noch kaum eine Rolle spielen. Aus diesem Grund werden wir im Folgenden den Begriff des «Animal Enhancement» unabhängig von diesem etablierten Sprachgebrauch konzipieren und uns dabei auf Gemeinsamkeiten und Unterschiede in der Gegenüberstellung zum «Human Enhancement» beziehen (s.o.).

Die Übertragung des Enhancement-Begriffs auf Tiere erscheint semantisch zunächst trivial, enthüllt jedoch beim genaueren Hinsehen einige bedenkenswerte Unterschiede. Übernehmen können wir die semantische Einführung von «Enhancement» als «jemand verbessert etwas unter einem Kriterium» und die Bezüge auf Ausgangssituation, Kriterium und Maß des Verbesserns (s.o.). Die Akteure des Verbesserns sind zur Zeit im Wesentlichen Forscher, die teils auf einen wissenschaftlichen und teils auf einen außerwissenschaftlichen Bedarf nach «verbesserten» Tieren reagieren (Kap. 2). Die Nachfrager sind dabei als Akteure des «Animal Enhancement» im weiteren Sinne unbedingt mit in die Betrachtung einzubeziehen, definieren sie doch stark die Kriterien der Verbesserung. Die Objekte des Verbesserns sind Tiere, speziell bestimmte Leistungsmerkmale von Tieren (dazu Kap. 2). Beide Bestimmungen sind nicht schwierig. Interessanter ist jedoch die Frage nach dem Kriterium bzw. nach den vielfältigen Kriterien des Verbesserns und den sich dahinter zeigenden Motivationen und Zielstellungen (was auf die genannten Nachfrager zurückführt).

Aufgrund der Tatsache, dass Akteure der Verbesserung von Tieren immer Menschen sind, ist unmittelbar klar, dass Antworten auf die Frage nach der Herkunft der Ziele dieser Verbesserungen in den menschlichen Interessen in Bezug auf Tiere gesucht werden müssen. Diese können jedoch in zwei normativ sehr unterschiedlichen Richtungen gesucht werden:

- utilitaristische Perspektive: In dieser Perspektive können aktuelle oder absehbare Anwendungen von Enhancement auf Tiere sich in Bereichen entwickeln, wo Tiere nutzbar bzw. nützlich für den Menschen sind oder gemacht werden sollen. Daraus folgt, dass die Verbesserung der Tiere im Verhältnis zu menschlichen Nutzungsinteressen an den Tieren gesehen werden muss.
- advokatorische Perspektive: Hier könnten aus einer vorgestellten Perspektive von Tieren Verbesserungen an Tieren vorgenommen werden, deren menschlich gesetzte Ziele darin bestehen, ein von Menschen angenommenes «Interesse des Tieres» zu realisieren, bspw. eine Verminderung von Schmerzen.²

Eine Verbesserung von Tieren kann damit zum einen als eine direkte Verbesserung der menschlichen Nutzbarkeit von Tieren verstanden werden, aber zum anderen auch als eine Verbesserung «im Interesse des Tieres» innerhalb der Praktiken der menschlichen Nutzung. Beide Zielrichtungen sind menschlich gesetzt, verwenden jedoch ganz andere normative Hintergründe. Diese Dualität durchzieht die ethische Problematik eines «Animal Enhancement». Sie ist der Ursprung des zentralen Unterschiedes zur Debatte um das «Human Enhancement».

Dies ist bereits in der Rolle der Tiermedizin zu sehen. Dort werden häufig (selbstverständlich nicht immer) diejenigen Tiere behandelt, die *aufgrund* der *menschlichen Nutzung* gesundheitliche Probleme zeigen oder die in Gefahr geraten, den menschlichen Interessen nicht mehr zu genügen. Es ist kein Zufall, dass sich die tiermedizinische Forschung und vor allem Praxis (zumindest in westlichen Ländern) hauptsächlich auf Nutz-, Arbeits-, Heim- und Hobbytiere konzentriert. Dies unterscheidet die ethische Basis der Tiermedizin fundamental von der Humanmedizin, und diese Differenz setzt sich im Bereich des «Enhancement» fort.

Damit zeigt sich sofort ein grundlegender Unterschied zur Debatte um das «Human Enhancement». Die Unterscheidung «Verbesserung versus Therapie» ist in Bezug auf Tiere nicht einschlägig, da sie sich (s.o.) aus dem Unterschied zwischen einem medizinethischen Sollen und einem bloßen Wollen ergibt. In der Tiermedizin ist das Sollen kein unbedingtes, sondern wird zumeist relativ zu den menschlichen Nutzungsinteressen an Tieren verstanden (auch wenn es durchaus Stimmen gibt, die in Bezug auf Haus- oder Wildtiere hier einen Selbstzweckcharakter sehen). Die Motivation, Gesundheit zu fördern und Krankheit zu bekämpfen, liegt bei Tieren meistens in den Nutzungsinteressen der Menschen, während es sich beim Menschen hier um einen Selbstzweck und eine Grundpflicht handelt.

vor, die aus Rücksicht auf eine Katzenhaar-Allergie des Halters (also in utilitaristischer Perspektive) haarlos gemacht wird. Advokatorisch könnte man einerseits sagen, dass eine haarlose Katze an bestimmten arttypischen Verhaltensmustern gehindert ist. Andererseits könnte man sich auch ein Interesse dieser Katze vorstellen, vom Halter öfter gestreichelt zu werden. Die abwägende Beurteilung müsste also mit konkurrierenden Effekten umgehen.

² Hierbei kann es zu komplexen Konstellationen kommen. Man stelle sich eine Katze

Es gibt zwar auch im tiermedizinischen Handeln Anteile von Sollen, bspw. was die Vermeidung von Leiden betrifft, aber die basale normative Struktur ist anders als bei Menschen, und nationale Gesetzgebungen können sich hier stark unterscheiden. Während etwa in der Schweiz der Begriff der «Würde der Kreatur» in der Verfassung verankert ist und in den Niederlanden der Begriff *intrinsic value* im Tierschutzgesetz vorkommt, existieren äquivalente Begriffe in deutschen Gesetzen nicht. In Frankreich gelten Tiere sogar als Sachen. Analytisch gilt: Je schwächer die Rechte von Tieren verankert sind, umso mehr hat der Charakter tiermedizinischer Maßnahmen mit dem Wollen des Tierhalters zu tun.

Tierschutz ist selbstverständlich auch für die Tiermedizin relevant, wobei hier die Interpretationen offen und manchmal sehr unterschiedlich sind und es zu Überschneidungen mit unmittelbaren menschlichen Interessen kommt. So sind Impfungen und Seuchenbekämpfung einerseits Teil des Tierschutzes, wobei sich bspw. die deutsche Bundestierärztekammer gegen unnötige Tötungen bei der Seuchenbekämpfung ausgesprochen hat. Andererseits spielen aber auch menschliche Zwecke eine Rolle, so etwa die präventive Seuchenverhinderung zur Abwehr ökonomischer Nachteile.

Die Unterscheidung Therapie *versus* «Enhancement» ist auch aus einem anderen Grund hier nicht einschlägig. Denn nicht in allen Fällen des «Enhancement» ist von *gesunden* Tieren zu sprechen (Kap. 2), auf die diese Methoden angewendet werden. Versuchstiere werden in einigen Fällen zuerst krank gemacht oder sogar krank hergestellt (als Krankheitsmodelle), um gewisse Enhancement-Mittel an ihnen zu testen (bspw. die so genannten «Krebsmäuse»).

Dies führt auf einen weiteren Unterschied zum «Human Enhancement». Dieses wird mit einem Wollen der Menschen in Zusammenhang gebracht (s.o.), also einem Wollen auf der Ebene der Subjekte des Verbesserns, die gleichzeitig die Objekte sind. Im Bereich der Tiere sind jedoch, wie wir gesehen haben, die *menschlichen* Interessen der Maßstab. Man kann nicht sinnvoller Weise von einem «Wollen» aus der tierischen Perspektive sprechen, sondern das Wollen liegt im Fall des «Animal Enhancement» beim Menschen. Subjekt und Objekt des «Wollens» klaffen also auseinander. Ein *informed consent*, der das Wollen in Bezug auf die Verbesserung des Menschen legitimieren bzw. wenigstens die Legitimation erleichtern könnte, ist bei Tieren nicht herstellbar.

Das «Enhancement» von Tieren ist also das Produkt menschlicher Entscheidungen. Es bleibt zu fragen, inwieweit und auf welche Weise dabei artspezifischen Eigenschaften von Tieren sowie ihren Bedürfnissen Rechnung getragen werden kann, bspw. wenn es um ein «Enhancement» zum Zweck der Verminderung von Stress und Schmerzen handelt (Kap. 2).

Insgesamt verstehen wir unter einem «Animal Enhancement» oder einer «Verbesserung» von Tieren

- Maßnahmen, die die Leistungsfähigkeit von Tieren gegenüber ihren üblichen Leistungen erhöhen sollen, wobei «Leistung» sich an den menschlichen Zwecken, sprich Nutzungsinteressen an den Tieren, bemessen lässt;
- Maßnahmen, die es erlauben oder erleichtern, Tiere auf eine Weise zu nutzen, in der die Tiere keinen oder weniger schweren Belastungen ausgesetzt sind als ohne die Enhancement-Maßnahmen;
- Maßnahmen, mit denen *neue* Eigenschaften von Tieren wie bspw. Krankheitsresistenz erzeugt werden, was über eine Verbesserung bereits bestehender Eigenschaften oder Leistungen hinausgeht und vielmehr eine qualitative Veränderung darstellt (vgl. analog für «Human Enhancement»: Jotterand 2008).

Diese semantische Verständigung, die die menschlichen Nutzungsund damit auch Verbesserungsinteressen an den Anfang einer Zweck/Mittel-Hierarchie stellt, legt es nahe, die Recherche nach den unterschiedlichen menschlichen Nutzungsinteressen an Tieren zu ordnen, was in Kapitel 2 daher erfolgt. Der Fokus der vorliegenden Untersuchung auf «Converging Technologies» bringt es dabei mit sich, dass nicht traditionelle Verbesserungen wie Zuchtverfahren oder Veränderungen von Haltungsbedingungen im Zentrum der Aufmerksamkeit stehen, sondern wissenschaftlich-technologische Verbesserungsmöglichkeiten in den NBIC-Feldern.

1.4 Zum Verständnis der Converging Technologies

Nach der Vorstellung der «Converging Technologies» (Roco und Bainbridge 2002), der so genannten «NBIC-Konvergenz» (nano,

bio, info, cogno), sollen Nanotechnologien, Biotechnologien, Informations- und Kommunikationstechnologien sowie Neurotechnologien (einschließlich der relevanten Wissenschaften wie bspw. die Kognitionswissenschaft) konvergieren. Diese Konvergenz soll radikal neue Möglichkeiten eröffnen, wobei in dem genannten Bericht (Roco und Bainbridge 2002) die Verbesserung menschlicher performance fokussiert wird. Nanotechnologien und -wissenschaften stellen demnach die für die Konvergenz erforderlichen Schlüsselkompetenzen bereit. Da die nanotechnologischen Analyse- und Manipulationsverfahren im Prinzip überall anwendbar sein sollen, könnte eine gezielte Manipulation auf atomarer und molekularer Ebene die Verbindungen zwischen den Technikbereichen herstellen, aber auch zwischen lebenden und technischen Systemen. Letztlich, so die Vorstellung der Promotoren, sei es für den nanotechnologischen Zugriff unerheblich, ob ein Bestandteil eines Steins oder einer Zelle nanotechnologisch untersucht oder manipuliert wird. Insofern kommt der Nanotechnologie in der Konvergenzhypothese eine besondere Bedeutung zu.

Die Vorstellung, dadurch die Grenzen zwischen technischen Systemen und lebenden Organismen überschreiten zu können, lebende Systeme bzw. einzelne ihrer Funktionen technisch nachzubauen oder neue erfinden zu können (wie dies die Synthetische Biologie anstrebt, vgl. Boldt, Müller und Maio 2009), betrifft selbstverständlich auch den Tierbereich. Die Nutzung entsprechender Wissensbestände und von technischem Können ist dort genauso möglich wie am Menschen, wobei im Fall von Tieren zudem ein anderer moralischer Status vorliegt. Durch Tierexperimente (Kap. 2.1) werden vielfach Verfahren einer «technischen Verbesserung» des Menschen erprobt.

Bei der Untersuchung des Entwicklungsstandes beim Einsatz konvergierender Technologien an Tieren erwies sich der starke Begriff von NBIC-Konvergenz als wenig hilfreich, also das Konzept einer Konvergenz aller vier genannten Disziplinen. In diesem Bericht wird die NBIC-Konvergenz also als ein Prozess verstanden, bei dem die volle NBIC-Konvergenz vor allem eine Zukunftsperspektive darstellt. Relevante Tendenzen sind hier bspw. die Anreicherung der molekularbiologischen Forschung und Technik mit neurophysiologischen Methoden und die Verbindung von Informations- und Kommunikationstechnologien mit genetischen Verfah-

ren. Beim «Animal Enhancement», und dies ist eine wesentliche Hypothese dieses Berichts, findet ein «evolutionärer» Prozess statt, in dem bisherige «Verbesserungstechniken» unter Zuhilfenahme neuer, konvergenztechnologischer Verfahren und Erkenntnisse weiterentwickelt werden. Die Konvergenz ist hier kein revolutionärer Sprung in eine andere Dimension der Möglichkeiten des «Verbesserns» hinein, sondern erwächst aus der Basis bereits eingeführter Technologien der menschlichen Veränderung von Tieren.

1.5 Spannungsfelder, Kontroversen und Forschungsfragen

Das «Animal Enhancement» wirft prinzipielle Fragen nach dem Verhältnis von Mensch und Tier auf. Diese sind in der Regel – anders als manche Fragen beim «Human Enhancement» – nicht völlig neu, sondern haben, wie die technischen Veränderungen von Tieren durch Menschen, eine lange Tradition. Es sind weniger radikale Umbrüche und Paradigmenwechsel durch die Nutzung der konvergierenden Technologien zu erwarten als vielmehr graduelle Verschiebungen und neue Akzentuierungen – die möglicherweise unbemerkt und schleichend vor sich gehen könnten, ohne dass eine ethische Reflexion und gesellschaftliche Verständigung über diese Entwicklungen erfolgt. Es ist daher ein dringliches Anliegen, die Selbstaufklärung der Gesellschaft in Bezug auf den veränderten Umgang mit Tieren zu befördern. Dazu soll dieser Bericht vor allem beitragen.

Das «Animal Enhancement» ist, anders als das «Human Enhancement», kulturell und historisch nicht ungewöhnlich. Die Domestizierung von Wildtieren und ihre Weiterentwicklung durch Züchtung und Haltung lassen sich ebenfalls als «Verbesserungen» relativ zu menschlichen Zwecksetzungen verstehen. Das Muster ist also durchaus vertraut. Daher stellt sich die Frage, warum dieser Prozess nun auf einmal Anlass für ein Innehalten und für ethische Überlegungen sein sollte. Der Grund dürfte einerseits darin liegen, dass die Geschwindigkeit, mit der Tiere heute an menschliche Nutzungsinteressen angepasst werden, aufgrund wissenschaftlichtechnischer Verfahren wie der Gentechnik, aber auch aufgrund der ökonomischen Zwänge der industrialisierten Landwirtschaft erheblich gestiegen ist. Erhebliche Veränderungen von Tieren dau-

ern nicht mehr Jahrhunderte, sondern bloß wenige Jahre oder gar nur Monate. Andererseits hat sich durch den wissenschaftlichen Fortschritt – und hier sind gerade die «Converging Technologies» zu nennen – die «Eingriffstiefe»³ des Menschen in die tierische Natur erheblich vergrößert. Die Kombination dieser erhöhten Eingriffstiefe mit der Beschleunigung ist es, die die in dieser Studie vorgenommene Reflexion motiviert.

Diese neuen Verfahren (bzw. neuen und möglicherweise erheblich vergrößerten Eingriffsmöglichkeiten des Menschen in die tierische «Natur») sowie eine deutliche Beschleunigung dieser Beeinflussungen werfen verglichen mit den klassischen Verfahren weitreichende Fragen zum gegenwärtigen und (insbesondere!) zukünftigen Umgang des Menschen mit Tieren auf. Hierzu gehören insbesondere:

- Wo stehen Forschung und Entwicklung in den konvergierenden Technologien im Hinblick auf Anwendungen an Tieren? Zu welchen Zwecken werden Verbesserungen vorgenommen oder wird Forschung für mögliche zukünftige Verbesserungsmöglichkeiten durchgeführt? Lassen sich Felder besonders hoher Relevanz identifizieren? Wie weit sind diese Forschungen im Kontinuum zwischen Laborforschung und Anwendung?
- Kommt es in diesen Ansätzen zu einer Zurichtung und Instrumentalisierung von Tieren für menschliche Zwecke, die über bisherige Nutzungen hinausgeht? Sind hierfür ethisch Grenzen bestimmbar?
- Wenn durch konvergierende Technologien immer weitergehende menschliche Eingriffe in Tiere möglich werden, stellen sich Fragen nach der Artgerechtigkeit von Verbesserungen und einer möglichen «Widernatürlichkeit» in verschärfter Form. Welcher Status kommt dem Natürlichkeitsargument hier zu? Inwieweit kann man die «Natur des Tieres» als Argument für oder gegen Verbesserungen heranziehen?

- Wenn Tiere durch diese Entwicklungen immer stärker zu Biofakten (Karafyllis 2006) in dem Sinne werden, dass der Anteil des vom Menschen Gemachten immer größer und der Anteil des Natürlichen immer kleiner wird, verschwinden dann Grenzen zwischen Technik und Natur?
- Kann es im «Animal Enhancement» zu Problemen mit aktuell geltenden Tierschutzgesetzen kommen, bspw. in Bezug auf
 eine mögliche Verstümmelung von Tieren? Insbesondere in
 der Schweiz ist aufgrund der einschlägigen Festlegungen die
 Vereinbarkeit mit der Achtung vor der Würde der Kreatur zu
 überprüfen.
- Umgekehrt betrachtet: Könnten Verbesserungstechnologien auch in einem vorgestellten Interesse des Tieres sein, also bspw. tierisches Leiden aufgrund menschlicher Nutzung vermindern oder Krankheiten verhindern? Ist es ethisch vertretbar, tierisches Leiden «auszuschalten», um Tiere effizienter für menschliche Zwecke nutzen zu können?
- Welche Folgen hätte ein «Animal Enhancement» für Mensch/ Tier-Verhältnisse und für das Mensch/Natur-Verhältnis? Könnte eine weitgehende Technisierung von Tieren zu einer wenigstens mentalen Technisierung des Menschen und zu einer verstärkt technisierten Selbstbeschreibung führen?

Im Folgenden werden zunächst die Ergebnisse der Recherchen dargestellt, geordnet nach menschlichen Nutzungen von Tieren (Kap. 2). Die philosophisch-ethische Reflexion erfolgt in Kap. 3, und in Kap. 4 werden die Ergebnisse kurz zusammengefasst.

^{3 «}Eingriffstiefe» ist kein quantitativ zu verstehender, sondern eher ein metaphorischer Begriff, der sich gleichwohl durch Verweis auf plausible Interventionsmuster begrifflich präzisieren lässt. So kann man reversible von irreversiblen und vererbbare von nicht vererbbaren Eingriffen unterscheiden. Auch in Bezug auf veränderte Verhaltensmuster lassen sich unterschiedliche «Eingriffstiefen» durchaus unterscheiden.

2. Nutzungsbereiche und Stand der Technik

Wenn im Folgenden auf die Bereiche der Nutzung von Tieren⁴ und den Stand der für «Animal Enhancement» relevanten Forschung und Technik in diesen Bereichen eingegangen wird, so geschieht dies zunächst in einiger Ausführlichkeit in Bezug auf Versuchstiere in der Wissenschaft (2.1). Dies mag auf den ersten Blick verwundern, da grundsätzlich davon ausgegangen werden kann, dass gerade hier eine «Verbesserung» des Tieres kein eigenständiges Ziel ist, sondern den Zielen der grundlagen- oder anwendungsorientierten biologischen und humanmedizinischen Forschung (also der Therapie oder «Verbesserung» des Menschen) dient. Die vorrangige Behandlung dieses Nutzungsbereichs ist indes sachlich begründet: Zum einen kommen hier Tiere am engsten mit den Forschungen und Technologien in Berührung, die im Mittelpunkt der Aufmerksamkeit beim Thema «Converging Technologies» stehen. Zum anderen sind viele der Modifikationen von Tieren, die in diesem Nutzungsbereich erfolgen, so radikal, dass sie unter tierethischer Perspektive besondere Beachtung verdienen. Unter den weiteren Nutzungsbereichen steht aufgrund seiner erheblichen gesellschaftlichen Bedeutung die Verwendung als Nutz- und Arbeitstiere an erster Stelle (2.2). Dabei wird wegen ihrer grundlegenden Bedeutung die landwirtschaftliche Nutzung fokussiert, aber es werden auch kurz militärische Verwendungen von Tieren und neue Entwicklungen im Bereich der Fernsteuerung von Tieren sowie der Steuerung von Maschinen durch Tiere oder Tierneuronen angesprochen. Ein weiterer eigens behandelter Bereich ist die Heimtierhaltung (2.3), die von besonderer Bedeutung

für das Mensch-Tier-Verhältnis ist und in der «Verbesserungen» von Tieren mitunter skurril anmutende Züge annehmen können. Hier wird auch kurz auf neue Formen der Nutzung von Tieren in der bildenden und Medienkunst eingegangen. Aufgrund ihrer jeweiligen Besonderheiten sind eigene Abschnitte der Verwendung von Tieren im Sport (2.4) sowie in Zoos und ähnlichen Einrichtungen (2.5) gewidmet. In dem Abschnitt zu Zootieren wird auch auf das Thema des Klonens von Tieren bedrohter Arten eingegangen. Schließlich werden einige Hinweise auf Fragen der Patentierung im Kontext des «Animal Enhancement» gegeben (2.6).

2.1 Wissenschaftliche Nutzung von Versuchstieren

Die Verwendung von Tieren in der Wissenschaft ist eine tolerierte, aber ethisch problematische Praxis, die sorgfältig geregelt wird und als Konfliktsituation zwischen menschlichen und tierischen Interessen betrachtet wird. Tiere werden hier als Modelle für bestimmte biologische Phänomene verwendet, für Tests der Toxizität von Chemikalien und sonstigen Substanzen sowie als Modelle für menschliche Krankheiten. Darüber hinaus werden Tiere auch als Modelle in neuen medizinischen Bereichen verwendet wie der noch in der Anfangsphase befindlichen Nanomedizin, der Xenotransplantation und in der neuen Enhancement-Forschung (von Neuro-Enhancement bis zu Anti-Ageing und Gendoping). Die Deutsche Bundestierärztekammer weist bspw. auf Tierversuche hin, die bei der Herstellung von Schönheitsmedikamenten wie Dysport, Xeomin, Neurobloc, Botox oder Vistabel durchgeführt wurden, die das deutsche Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM) inzwischen zugelassen hat (Brinkmann 2007).⁵

⁴ Die Unterteilung dazu orientiert sich stark an den Unterscheidungen von Tiernutzungsarten, die in der Tierschutzverordnung der Schweiz (Art. 138, 2) sowie in diesbezüglichen Empfehlungen der EKAH (bspw. 1999) vorgenommen wurden. Dies gilt auch für die benutzten Termini, wobei im Fall des «Versuchstiers», wenn es im Kontext sinnvoll ist, häufiger der Begriff «Tiermodell» verwendet wird.

⁵ Bislang führen die pharmazeutischen Unternehmen die Sicherheits- und Wirksamkeitsüberprüfung mittels der LD50-Methode durch: Dabei wird die Testsubstanz in die Bauchhöhle von Tieren gespritzt und die Dosis ermittelt, nach deren einmaliger Verabreichung 50 Prozent der so behandelten Versuchstiere innerhalb eines bestimmten Zeitraums sterben. Die Organisation Ärzte gegen Tierversuche e. V. bezeichnet dieses Verfahren in ihrer Kampagne «Stoppt Botox-Tierversuche» als grausam. Der Todeskampf sei mit Krämpfen, Lähmungen und Atemnot verbunden und könne über drei bis vier Tage andauern. Schließlich verenden die Tiere an Atemstillstand.

Tierversuche werden zum Schutz der Gesundheit von Menschen und Umwelt in allen Gebieten experimenteller Forschung durchgeführt, außer dort, wo sich Alternativmethoden etabliert haben. Generell kann man sagen, dass, wann immer neue Medikamente oder Medizintechnologien herstellt werden, vorher auch mittels Tiermodellen getestet wurde.

Im Bereich der Tierversuche ist von «Enhancement» vor allem in zweierlei Sinn die Rede: Zum einen ist hier «Enhancement» ein Svnonym der Verbesserung der Haltungsbedingungen und betrifft damit das Interesse des Tiers. Zum anderen wird von Verbesserung in Bezug auf das Tiermodell gesprochen - und zwar auf dessen wissenschaftliche Aussagekraft hinsichtlich der Anwendbarkeit der aus ihm gewonnenen Ergebnisse auf den Menschen. Darüber hinaus besteht in diesem Zusammenhang ein dritter Sinn der Rede von «Enhancement»: Er betrifft die gesamte Forschung, die auch für menschliches «Enhancement» relevant werden könnte, wobei ebenfalls alles zuerst mittels Tiermodellen getestet wird. Beispiele wie die sog. «Schwarzenegger-Maus» oder die «Methusalem-Maus», die im Folgenden noch ausführlicher angesprochen werden, können auch als Optimierung einiger Fähigkeiten der Tiere wie Muskelaufbau, Resistenz oder Lebensdauer betrachtet werden. Ob und in welcher Hinsicht es sich in diesem Fällen um eine «Verbesserung des Tieres» handelt, ist allerdings nicht leicht festzustellen, wie in der Einleitung (Kap. 1) bereits dargelegt wurde. Darüber hinaus bedingt die Herstellung von Tiermodellen, vor allem wenn diese gentechnisch verändert sind, die Verwendung von vielen anderen Tieren, die darunter leiden oder in dem Prozess sterben. Dies muss in Betrachtung gezogen werden, wenn man ethische Aspekte der «Verbesserung» von Tieren diskutiert.

Ein detaillierter Gesamtüberblick über alle Forschungsgebiete, in denen Tiere verwendet werden, kann hier selbstverständlich nicht geleistet werden. Stattdessen wird im Folgenden versucht, die relevante heutige Forschung anhand von Gebieten und Anwendungen zu systematisieren, in denen neue Möglichkeiten der Modifikation von Tieren eine große Rolle spielen und die als Verbesserung angesehen werden bzw. zur der Erhöhung tierischer

Fähigkeiten beitragen können. Durch die Auseinandersetzung mit exemplarischen Beispielen aus den jeweiligen Gebieten wird gezeigt, was die Rede von «Verbesserung» und «Veränderung» tierischer Eigenschaften in der konkreten experimentellen Forschung und im Bereich konvergierender Technologien bedeuten könnte. Die Verbesserung des Tiermodells anhand neuer Technologien und Kenntnisse sowie die mit «Human Enhancement» verbundene Forschung werden zusammen diskutiert, auch weil sie in vielen Experimenten nicht genau zu trennen sind. Zudem wird diskutiert, ob und inwieweit die Ziele bei neuen Technologien in Kontinuität mit den Motiven bereits existierender technologischer Verfahren oder früherer Interventionsmethoden stehen.

2.1.1. Verbesserung der Haltungsbedingungen von Versuchstieren

Wenn von «Enhancement» im Zusammenhang mit der Verbesserung von Haltungsbedingungen die Rede ist, stehen die Interessen der Tiere im Mittelpunkt – und zwar ihr Wohlergehen, das nicht nur negativ als Freiheit bzw. Reduzierung von Schmerzen zu verstehen ist, sondern auch positiv im Sinne von aktiver Befriedigung der speziesspezifischen Bedürfnisse des Versuchtiers.

Refinement steht als eines der sog. 3R-Prinzipien⁷ für die Verfeinerung der Haltungsbedingungen von Versuchstieren, wobei durch ethologische Kenntnisse die Umwelt, der Ort (Käfig oder Raum) und die Beschäftigung der Tiere artgerechter gestaltet werden sollen.⁸ Im Namen dieses Prinzips hat sich auch in der

⁶ Zur Problematik der Alternativmethoden siehe u. a. Hartung 2001; Gruber und Hartung 2004; vgl. Ferrari 2008.

Die sog. «3R-Prinzipien» wurden von den Wissenschaftlern William Russell und Rex Burch in ihrem Buch *The Principles of Human Experimental Technique* (1959) formuliert, um den Umgang mit Versuchstieren zu verbessern. Diese Prinzipien sind: *Replacement*, was sich auf den Ersatz lebender Tiere durch beispielsweise In-Vitro-Techniken oder Computersimulationen bezieht; *Reduction*, das für die Reduktion der für einen bestimmten Versuch erforderlichen Tierzahlen steht, und *Refinement*, unter dem alle Maßnahmen zu verstehen sind, die zu einer verminderten Belastung bei den Versuchstieren führen. Diese Prinzipien liegen der heutigen Alternativmethoden-Forschung zugrunde.

Es hat sich hier auch die Disziplin der Versuchstierkunde entwickelt, die auf europäischer Ebene durch die Federation of European Laboratory Animal Science Associations (FELASA) repräsentiert wird.

Versuchstierkunde der Begriff des *Environmental Enrichment* durchgesetzt, der alle Maßnahmen zur Verbesserung der Haltungsbedingungen und zur aktiven Förderung des tierischen Wohlergehens umfasst, wie bspw. Beschäftigungsmaterialien oder Konstruktionen zur Förderung artspezifischen Verhaltens. Dafür werden auch Auszeichnungen vergeben, wie bspw. die «Animal Enhancement awards» vom *John Hopkins Center for Alternatives to Animal Testing.*⁹

Vor kurzem hat Shiranee Pereira, eine indische Wissenschaftlerin, die Einführung eines vierten «R» für *Rehabilitation* vorgeschlagen. Nach diesem Prinzip sollen die Kosten der Nachsorge und der Rehabilitation der Tiere nach den Experimenten einen Teil der Forschungskosten bilden (Pereira und Tettamanti 2005).¹⁰

Die Ergebnisse ethologischer Untersuchungen sind auch nützlich für alle anderen Umgebungen, in denen Tiere gehalten werden, insbesondere in Zoos (vgl. Bekoff et al. 2002). Für Menschenaffen existiert in einigen Ländern (wie Großbritannien, Neuseeland, Österreich und Schweden) das Verbot der Durchführung von Versuchen.¹¹

Es wird kontrovers diskutiert, ob eine angereicherte Haltung mit Environmental Enrichment zur Erhöhung der Variabilität der Versuchsergebnisse führt und damit problematisch sein kann (dazu Tsai et al. 2002) oder ob im Gegenteil die systematische Variation von Umweltbedingungen bei Tierversuchen zu aussagekräftigeren und besser reproduzierbaren Ergebnissen führt (Würbel und Garner 2007; Richter et al. 2009; Hamm 2009; Herrmann und Ratsch 2010). Trotz solcher Kontroversen hat sich weitgehend die Idee durchgesetzt, dass verbesserte Haltungsbedingungen zu guter Wissenschaft gehören, weil andere Umwelteinflüsse, die auf das Versuchstier einwirken wie Tierpfleger, Geräusche Gerüche, Experimentator usw.

ebenfalls Störfaktoren darstellen, was sich bspw. auch in den europäischen Leitlinien für die Unterbringung und Pflege von Tieren, die für Versuche und andere wissenschaftliche Zwecke verwendet werden, niedergeschlagen hat (Europäische Kommission 2007).

Obwohl sich im Laufe der Zeit Mindeststandards, wie zum Beispiel *humane endpoints*¹² bei der experimentellen Nutzung, entwickelt haben, ist in vielen Fällen ein Konflikt zwischen Interessen des Labortieres und dem wissenschaftlichem Zweck des Experiments nicht zu vermeiden. Generell werden im Experiment Tiere für wissenschaftliche Zwecke verwendet, und diese Zwecke bestimmen damit den Sinn ihrer Nutzung. Dieser Konflikt existiert auch innerhalb der 3R-Prinzipien selbst (vgl. AnimAl. See 2004), insbesondere zwischen Verfeinerung (*Refinement*) und Verminderung (*Reduction*). Es können sich Fälle ergeben, in denen die Reduzierung der Zahl der genutzten Tiere in einem einzelnen Experiment dazu führt, dass mehrere Versuche notwendig werden, sodass die Gesamtzahl der verwendeten Tiere sich erhöht.¹³

2.1.2 Grundlagenforschung und Erforschung von Krankheiten

Das Gebiet biologisch-medizinischer Grundlagenforschung ist das breiteste Einsatzgebiet von Tiermodellen und strebt, wie der Name schon sagt, danach, die Grundlagen biologischer Mechanismen zu erklären, was dann für spezifische Anwendungen nützlich ist. Wissenschaftstheoretisch wird die Existenz einer scharfen Linie zwischen Grundlagen- und angewandter Forschung schon länger immer wieder bestritten. Die Kontroverse erlangt aber im Fall der

⁹ Siehe: http://caat.jhsph.edu/programs/awards/AWE/index.htm.

Dieses Prinzip versteht sie als Erweiterung eines im Jahr 1960 in Indien in Kraft getretenen Gesetzes, nach dem das Tier vor, während und nach dem Experiment keinen unnötigen Schmerzen, Leiden und Schäden ausgesetzt werden darf.

¹¹ In der Diskussion zu diesem Thema wird auch von einigen Autoren die Forderung erhoben, den Menschenaffen (oder auch anderen Tieren wie Delphinen) spezielle, an die Menschenrechte angelehnte Rechte zuzugestehen (Cavalieri und Singer 1994; White 2007; s. auch http://www.greatapeproject.org).

Hier handelt es sich um Abbruchkriterien des Experiments. In festgelegten Momenten, die dann je nach Versuch variieren können, muss das Experiment unterbrochen und das Tier getötet werden, um erhebliche unnötige Belastungen zu vermeiden.

¹³ Dieser Konflikt ist von besonderer Bedeutung im Fall von gentechnisch veränderten Tiermodellen. Da ein gentechnisch verändertes Tiermodell besondere phänotypische Merkmale zeigen kann, die sich von denen einer ursprünglichen Tierart unterscheiden, stellt ein solches Tiermodell quasi «eine Art an sich» dar (Falkner et al. 1997; Salomon et al. 2001). Für eine genaue Bestimmung der Bedürfnisse dieser Modelle wäre dann die Züchtung von weiteren Tieren dieser neuen Art notwendig, um mehr über deren artgerechte Tierhaltung in Erfahrung zu bringen (Van der Meer 2001; Robinson et al. 2003; vgl. Ferrari 2008).

Tiermodelle besondere ethische Brisanz und öffentliche Resonanz, insbesondere im Zeitalter der Biotechnologien sowie neuerdings auch im Fall der Nanotechnologien (siehe Kapitel 3.2; vgl. Hucho et al. 2005). In Tierversuchen hat die Möglichkeit der gentechnischen Veränderung von Tieren zunehmend an Bedeutung gewonnen. Dadurch wird die Einführung artfremden Materials ins tierische Genom ermöglicht. Bereits früher wurden Mutationen in Labortieren durch die Verabreichung chemischer Substanzen oder durch Bestrahlung ausgelöst, wobei aber oft viele Unklarheiten über die Effekte bestanden und zahlreiche und erhebliche Nebenwirkungen auftraten (Rülicke 2001). Durch Gentechnik ist – neben der Möglichkeit der Herstellung vorher unmöglicher Tiermodelle¹⁴ und in Folge der verbesserten Möglichkeiten der Erforschung genetischer Phänomene¹⁵ – die Hoffnung entstanden, dass durch die Vermehrung der Gestaltungsmöglichkeiten Tiermodelle insgesamt «verbessert» bzw. «ähnlicher» zu den Menschen werden können. Demnach wird auf diese Weise die Aussagekraft der Modelle für Symptome und Phänomene menschlicher Krankheiten oder Störungen erhöht.

Im Rahmen der Erforschung von Krankheiten werden Tiermodelle auch «Krankheitsmodelle» genannt, die dann entweder «beobachtet» und physiologisch untersucht werden oder denen die zu testenden Medikamente verabreicht werden. In der überwiegenden Zahl der Fälle zeigen solche Tiermodelle allerdings nur bedingt

menschliche Symptomatik, weshalb es fraglich ist, ob der Begriff «Krankheitsmodell» überhaupt geeignet ist (vgl. 3.2).

In der anfänglichen Phase der Begeisterung für die Biotechnologien hatten einige Wissenschaftler die Einführung transgener Tiermodelle mit Tierschutzargumenten verteidigt, unter Hinweis darauf, dass die Verbesserung der Tiermodelle zu einer drastischen Reduzierung der Zahl genutzter Versuchstiere führen werde (Gordon 1997; Buehr et al. 2003). Allerdings hat sich herausgestellt, dass diese Techniken genau das Gegenteil bewirken, da mehr Tiere für die Herstellung eines Tiermodells benötigt werden als bei konventionellen Methoden (Falkner und Schöffl 1997; Home Office, 2003; Ferrari 2006). Eine Wissenschaftsjournalistin (Qiu 2006) hat bspw. errechnet, dass über sieben Millionen Mäuse erforderlich wären, um für jedes der 25.000 Gene der Maus ein Knockout-Modell herzustellen (was das Ziel des Projekts KOMP bzw. Knockout Mouse Project der National Institutes of Health in den USA ist). Darüber hinaus ist fraglich, inwieweit diese Tiermodelle zum Refinement, also der Verfeinerung der Prozeduren, beitragen, da die unterschiedlichen Gentechniken das Risiko für das Tier erhöhen, gesundheitliche Schäden zu erleiden (Sauer, Kolar und Rusche 2005, 2006; Ferrari 2007, 2008). Die Rolle der Tiermodelle in der «Genomik» und «Post-Genomik»-Forschung¹⁶ ist immer wieder in fachwissenschaftlichen Zeitschriften betont worden und zeigt sich auch in der Förderung vieler internationaler Projekte zur Herstellung sog. Knock-In- und Knock-Out-Mutanten¹⁷, in denen bestimmte Gensequenzen ein- oder ausgeschaltet werden.

Die Verwendung dieser Tiermodelle hat auch neue wirtschaftliche Möglichkeiten eröffnet¹⁸: Heutzutage existieren große Forschungseinrichtungen, die auf die Herstellung von gentechnisch

¹⁴ Bei der traditionellen Methode der Bruder-Schwester-Paarung konnte man homozygote Inzuchtstämme züchten, die dann eventuell durch Verabreichung chemischer Substanzen oder Bestrahlung mutierten. Man konnte dann die biochemischen und genetischen Merkmale untersuchen und mit molekulargenetischen Methoden die Struktur der dem Merkmal zugrunde liegenden DNA aufklären (*Forward Genetics*). Hier hat man mit der Beobachtung von Veränderungen im Phänotyp angefangen, um dann die notwendigen Variationen im Genotyp zu bestimmen. Erst mit der Entwicklung der Gentechnik können die Mutationen schon bei den isolierten In-vitro-Gensequenzen induziert werden, sodass erforscht werden kann, wie sich der Phänotyp durch spezifische Modifikationen des Genotyps verändert, was als *Reverse Genetics* bezeichnet wird (Rülicke 2001).

¹⁵ Es werden bspw. Expression auf RNA- und Protein-Ebene sowie die Folgen der gezielten Ausschaltung, Modifizierung und Über-Fehlerexpression von Genen untersucht (Hucho et al. 2005).

¹⁶ Mit der Veröffentlichung der Sequenzierung des menschlichen Genoms wurde das genomische Zeitalter für beendet erklärt und (mit allerdings eher geringem Erfolg) eine neue Post-Genomik-Ära ausgerufen (Hucho et al. 2005).

¹⁷ Siehe dazu bspw. EUCOMM, das European Conditional Mouse Mutagenesis Program, das die systematische Mutagenisierung (Erzeugung von Mutationen) von Mäusen und ihre phänotypische Charakterisierung zum Ziel hat. Siehe: http://www.mouse-genome.bcm.tmc.edu/enu/ENUHome.asp.

¹⁸ Vgl. zum Folgenden: http://www.jax.org/; http://www.criver.com/fr-FR/pages/home. aspx; http://www.genoway.com/service.htm; http://www.mouseclinic.de/.

veränderten Tiermodellen (vor allem Mäusen) spezialisiert sind, wie die Jackson Laboratories und die Charles River Laboratories, beide in den USA, oder GenOway in Frankreich. Im Helmholtz-Zentrum in München existiert sogar eine Maus-Klinik für die Charakterisierung von Mausmodellen für menschliche Krankheiten.

Auch transchromosomale Tiere gewinnen zunehmend an Bedeutung, also Tiere, in deren Genom künstliche Chromosomen eingeführt wurden (sog. mammalian artificial chromosomes, MACs, bzw. human artificial chromosomes, HACs). Diese Tiere sind sowohl für die Forschung an menschlichen chromosomalen Anomalien, wie bspw. dem Down-Syndrom (Kazuki et al. 2003), als auch für die Herstellung monoklonaler Antikörper aus gentechnisch veränderten Tieren relevant (siehe 2.1.4). O'Doherty und seine Gruppe (2005) haben transgene Mäuse mit dem menschlichem Chromosom 21 hergestellt (durch die Einführung des Chromosoms in die embryonalen Stammzellen der Maus) und dabei viele Symptome des menschlichen Down-Syndroms beobachtet. Seit 2009 ist auch die Herstellung transgener Primaten (nämlich von Marmosetten, einer Krallenaffengattung) möglich, die in der Lage sind, das eingeführte Genkonstrukt ihren Nachkommen zu übertragen. Die Forscher hoffen, Kolonien dieser Tiere zur Erforschung menschlicher Krankheiten zur Verfügung haben zu können (Sasaki et al. 2009; vgl. Chan AW 2009).

Im Allgemeinen sind unterschiedliche Techniken der Herstellung transgener Tiere mit einer Reihe von Tierschutzproblemen verbunden: Keine der Methoden – außer der Einführung des DNA-Konstruktes in embryonale Stammzellen, die bisher nur im Mausmodell möglich ist – erlauben eine gezielte Einführung, sondern nur eine zufällige Integration des Konstrukts ins Genom¹⁹. Eine solche kann sehr häufig zu unvorhersehbaren und unkontrollierbaren Effekten führen, die auch den hergestellten Tieren schaden können (Ferrari 2008). Aus diesen Gründen werden

auch viele «auf Vorrat» gezüchtete Tiere getötet, die nicht die gewünschte Mutation aufweisen (Salomon, Appl und Schöffl 2001). Invasive Eingriffe (wie Eizellenentnahme, Embryotransfer, Genotypisierung²⁰ und Identifikationsmaßnahmen²¹) werden ebenfalls oft bei verschiedenen Tierarten vorgenommen, zur Herstellung von transgenen Tieren, die als Leihmütter, Spermienspender usw. verwendbar sind. Sie werden danach zumeist getötet. Auch die Haltung und Nutzung dieser Tiere im experimentellen Kontext erscheint problematisch. Da jedes transgene Versuchstier quasi einzigartig in seinen Eigenschaften sein kann, ist es häufig schwierig, Haltungsbedingungen seinen Bedürfnissen anzupassen und Tierschutzmethoden anzuwenden (vgl. Toth 2000).

Eine andere Technik, die die Möglichkeiten der Nutzung von Tiermodellen erweitert hat, ist das Klonen durch somatischen Zell-kerntransfer, das somatische Klonen, das in der breiten Öffentlichkeit durch das 1997 geklonte Schaf Dolly bekannt wurde²². Auf Basis dieser Technik sind eine Vervielfältigung etablierter transgener Versuchstiere sowie die Reprogrammierung spezialisierter Zellen möglich. Geklonte Tiere werden auch zur Erforschung der fundamentalen Aspekte der embryonalen Entwicklung in Prä- und Postimplantationsphasen sowie der Interaktionen zwischen Mutter und Fötus genutzt (Mastrogiacomo und King 2007). Überdies eröffnet diese Technik neue Perspektiven in der Landwirtschaft (2.2.2), im Sport (2.4.5), in der Heimtierhaltung (2.3.2) sowie hinsichtlich des Erhalts bedrohter Tierarten und der Wiedererschaffung ausgestorbener Tierarten (2.2.2). Bekannt ist auch das

¹⁹ Von den unterschiedlichen Methoden der gentechnischen Veränderung ermöglicht nur die Übertragung eines Genkonstrukts in embryonale Stammzellen die gezielte Einführung solcher Konstrukte ins Genom, d. h. an einem bestimmten Ort im Genom. In den anderen Fällen erfolgt die Einführung zufällig, und dies verursacht viele Schwierigkeiten beim Experiment. Bis jetzt ist diese Methode nur bei den bereits etablierten Maus-Stammzellen möglich (Ferrari 2008).

²⁰ Bei der Gewinnung von Zygoten werden Weibchen superovuliert und Männchen vasektomiert, wobei Letzteren die Bauchhöhle unter Narkose geöffnet, der Samenleiter zweimal mit einem Faden abgebunden und das dazwischen liegende Stück abgeschnitten wird. Die postoperative Phase ist mit einem starken Stress für das Tier verbunden. Genotypisierung bezeichnet den Prozess der Bestimmung des Genotyps, die durch eine Analyse von Blut oder einem Stück Gewebe durchgeführt wird (dazu Ferrari 2008).

²¹ Die Identifikation der transgenen Tiere kann durch invasive oder nichtinvasive Methoden durchgeführt werden. Zu den invasiven Methoden gehören die Implantierung von Mikrochips unter der Haut, die Entfernung der Ohrenspitze und die Tätowierung oder die Amputation von Zehen (Ferrari 2008).

²² Vgl. zu den unterschiedliche Arten des Klonens (einschließlicher sozusagen natürlicher) bspw. Beck 2009.

Projekt «Frozen Ark», bei dem DNA-Stücke einer großen Zahl von Tierarten in einer Datenbank bei einer Temperatur von -196 C° konserviert werden, um sie, so die Hoffnung, lange Zeit haltbar zu machen. ²³ Bereits ab 1998 versuchten südkoreanische Wissenschaftler unter Leitung von Taeyoung Shin in dem sog. *missiplicity project* den Hund «Missy» zu klonen, allerdings ohne Erfolg. Der Doktorvater von Shin, Hwang Woo-Suk, forschte jedoch an Universität Seoul weiter dazu und konnte im Jahr 2005 den ersten Hund weltweit («Snuppy») klonieren.

Bis jetzt sind mehr als zwanzig unterschiedliche Tierarten geklont worden, dennoch bleibt die Erfolgsquote relativ gering, da die Tiere eine erhöhte Sterblichkeit und unterschiedliche phänotypische Störungen zeigen (Kues und Niemann 2004; Clausen 2006; Mastrogiacomo und King 2007; Niemann und Kues 2007; vgl. 2.3). Neben grundsätzlichen ethischen Bedenken ist dies der Grund für das Verbot des reproduktiven Klonens von Menschen. Das somatische Klonen ist ein kompliziertes Verfahren, in dem sehr viele Faktoren - wie geeignete Spenderzelllinien, spezifische experimentelle Protokolle und die Gewährleistung einer guten embryonalen Entwicklung - zusammenwirken (Mastrogiacomo und King 2007). Die Entwicklung geklonter Embryonen liegt durchschnittlich unter 5 % und Fehlgeburten und Anomalien der plazentalen Entwicklung sind häufig (Loi et al. 2006). Geklonte Tiere können auch Probleme aufweisen wie eine Verkürzung der Telomere (mit vorzeitigem Altern als möglicher Folge), das Fehlen einer intakten zona pellucida (Glashaut) im Embryo und phänotypische Störungen (wie bspw., vor allem bei Rindern, das sog. large offspring syndrome, das mit Übergewichtsproblemen einhergehen kann). Es wurde außerdem gezeigt, dass bei geklonten Föten häufiger Fehlbildungen in der Schwangerschaft auftreten, wie bspw. eine abnormale placentale Entwicklung oder eine übermäßige Flüssigkeitsakkumulation im Uterus, die häufig zu einer anomalen Entwicklung des Fötus (Hydrallantois) führt (Hill et al., 2001; National Academy of Science 2002).²⁴

Aus der Methode des somatischen Klonens ergibt sich die Möglichkeit des therapeutischen Klonens. Die Idee dabei ist, den Zellkern einer aus einem Menschen entnommenen somatischen Zelle zu klonen, um daraus embryonale Stammzellen zu gewinnen, die dann wiederum zur Therapie von Krankheiten oder als Basis für die Entwicklung von Geweben oder Organen im Bereich der regenerativen Medizin dienen können. Während – auch aufgrund wissenschaftlicher Bedenken – das therapeutische Klonen beim Menschen kontrovers diskutiert wird, stellt die Etablierung von embryonalen Stammzellen in Primaten (Rhesusaffen) durch somatischen Zellkerntransfer für einige Wissenschaftler einen weiteren Fortschritt dieser Technik dar (Byrne et al. 2007; Yang und Smith 2007), insbesondere da das Klonen in Primaten kompliziert ist.²⁵ Das therapeutische Klonen wird mittels Tiermodellen getestet, indem zuerst Krankheitsmodelle hergestellt werden, die dann mittels der neuen Techniken (entweder mit Stammzellen der Maus oder des Menschen) therapiert werden (Kishigami et al. 2006; Yang et al. 2008; Cazzin und Ring 2009). 2008 wurden bspw. Parkinson-Mausmodelle mit Stammzelllinien behandelt, die zu spezifischen Nervenzellen für die Herstellung von Dopamin entwickelt worden waren. Dabei zeigte sich eine Verbesserung des Zustands der Mäuse (Tabar et al. 2008; vgl. 2.1.5). Die Forschung zum therapeutischen Klonen spielt in der Rhetorik der Human-Enhancement-Befürworter eine prominente Rolle, unter Verweis auf die mögliche Nutzung dieser Technik im menschlichen reproduktiven Kontext (vgl. bspw. Harris 2007; Devolder und Savalescu 2006). Ein «Enhancement» der Tiere ist hier jedoch nicht möglich, da Tiere dabei in vielen Fällen krank gemacht werden und eine eventuelle Verbesserung ihrer Gesundheit nicht zu einem normalen, geschweige denn zu einem über Normalmaß hinaus verbesserten Allgemeinzustand führt.

Die Forschung zu embryonalen Stammzellen hat insbesondere auch mit Blick auf deren Pluripotenz²⁶ besondere Aufmerksamkeit

²³ Siehe: http://www.frozenark.org/.

²⁴ Laut der US-amerikanischen National Academy of Science weisen die Forscher Tim King und Ian Wilmut darauf hin, dass bei Schafen bis zu 5% der Schwangerschaften mit klonierten Föten mit Hydrallantois einhergehen können, während diese Krankheit)

sonst sehr selten sei (National Academy of Science, 2002, S. 42).

²⁵ Die Gewinnung von embryonalen Stammzellen aus «rekonstruierten Oozyten» (die aus dem Zellkern einer somatischen Zelle und anderen Eizellen entstehen) ist schwierig, weil sich diese Oozyten nur selten in ein Blastozytenstadium entwickeln (Yang et al. 2007).

²⁶ Als Stammzellen bezeichnet man Zellen, die keine oder nur eine geringe Differenzierung aufweisen und damit noch nicht auf ihre Funktion im späteren Organis-

gefunden.²⁷ Da die Gewinnung dieser Zellen den Tod des Embryos verursacht, was humanbioethisch kontrovers diskutiert wird, und da das Spenden von Eiern für die Frau eine belastende Praxis aufgrund der Hormonbehandlung ist, wurde nach anderen Methoden der Gewinnung pluripotenter Stammzellen gesucht. Chen und seine Gruppe (2003) haben die Gewinnung von embryonalen Stammzellen aus hybriden Embryonen beschrieben, die aus einem (aus Gewebe entnommenen) menschlichen Zellkern und einer entkernten Kanincheneizelle gewonnen wurden. Illmensee und seine Gruppe (2006) fusionierten menschliche Zellkerne in Rindereizellen und entwickelten Embryonen, aus denen sie pluripotente Stammzellen gewannen.²⁸ Tierische Produkte werden auch für die Herstellung sog. induzierter pluripotenter menschlicher Stammzellen (induced pluripotent stem cells, iPSCs)²⁹ genutzt, die zum ersten Mal 2006 hergestellt wurden (Takashi und Yamanaka 2006; Ross et al. 2009; In-Hyun Park et al. 2008). Hier wird kein Embryo erzeugt, sondern die spezialisierten Zellen werden mit Hilfe der eingeschleusten Gene oder anderer Hilfsmittel in einen Zustand

mus festgelegt sind. Man unterscheidet zwischen embryonalen und postembryonalen Stammzellen. Letztere werden wiederum in fötale, neonatale und adulte unterschieden. Pluripotenz bezeichnet die Fähigkeit der Zelle, sich zu jedem Zelltyp eines Organismus zu differenzieren, da sie noch auf keinen bestimmten Gewebetyp festgelegt ist. Solche Zellen besitzen die Fähigkeit, sich zu Zellen der drei Keimblätter (Ektoderm, Entoderm, Mesoderm) und der Keimbahn eines Organismus zu entwickeln.

²⁷ Man kann unterscheiden zwischen: den (I) eigentlichen embryonalen Stammzellen («ES-Zellen») aus der inneren Zellmasse der Blastozyste, (II) den embryonalen Keimzellen, die sich aus den Genitalleisten von Embryonen gewinnen lassen («EG-Zellen») und (III) den embryonalen Karzinomzellen, die aus embryonalen Karzinomen stammen («EC-Zellen»).

²⁸ Solche Forschungen gehören zu den Experimenten zum sog. interspezies-somatischen Zellkerntransfer (Tecirlioglu et al. 2006), der vielversprechend für die regenerative Medizin und für das therapeutische Klonen erscheint (Minger 2007; Yang und Smith 2007) und der auch für die Forschung zu genetisch bedrohten Tierarten wichtig ist (2.2.2 und 2.4.5).

²⁹ Es handelt sich um pluripotente Stammzellen, die durch künstliche Reprogrammierung aus nichtpluripotenten somatischen Zellen entstanden sind. Derzeit ist noch ungeklärt, ob diese Zellen in allen Eigenschaften mit natürlichen Stammzellen übereinstimmen.

mit pluripotenten Eigenschaften versetzt. Bis jetzt wurden induzierte pluripotente Stammzellen von Patienten mit Krankheiten wie Amyotropher Lateralsklerose (Dimos et al 2008) oder Spinaler Muskelatrophie (Ebert et al. 2009) isoliert und weiter in Neuronen differenziert. Diese induzierten pluripotenten Stammzellen werden im Rahmen der gentherapeutischen Forschung verwendet (siehe 2.1.3). Darüber hinaus werden tierische Bestandteile bei der Entwicklung von menschlichen embryonalen Stammzellen durch Parthenogenese verwendet – und zwar aus durch asexuelle Zellteilung entstandenen Eizellen (Ju et al. 2008). Diese Methode wurde zum ersten Mal im Jahr 2007 bei der Gewinnung von embryonalen Stammzellen der Maus beschrieben (Kim et al. 2007).³⁰

Diese Forschungen haben eine ethische Debatte über die Vertretbarkeit der Chimärenerschaffung ausgelöst (vgl. Abschnitt 3.3.4), in der auch die Frage des moralischen Status solcher Entitäten diskutiert wird. Die Einführung menschlichen «Materials» hat das Ziel einer Erhöhung der Kompatibilität von Tiermodellen mit dem Menschen, bspw. mit Blick auf biologische Komponenten für Transplantationen oder auch hinsichtlich der Steigerung der Aussagekraft dieser Modelle. Ganz überwiegend geht es hier um die Verbesserung der Gesundheit im Rahmen therapeutischer Interventionen. Dennoch werden durch solche Experimente ethische Fragen aufgeworfen, weil durch sie die Merkmale dieser Wesen geändert werden.

In der Literatur gibt es mittlerweile einige Beispiele von Veränderungen an Tiermodellen, die dann in gewisser Hinsicht zu einer Steigerung der Fähigkeiten der Tiere geführt haben. Bekannte Beispiele sind die Mausmodelle, die als «furchtlose Maus» bekannt wurden. Zu nennen ist hier zunächst eine Maus, in deren Genom Stathmin ausgeschaltet wurde (Shumyatsky et al. 2005). Stathmin ist ein Inhibitor der Formierung von Mikrotubuli, das verantwortlich ist für die Zusendung von Informationen über gelernte und angeborene Angst in die Amygdala, ein für das Gedächtnis

³⁰ Eine andere Möglichkeit der Gewinnung menschlicher Stammzellen bietet das Verfahren des *altered nuclear transfer* (ANT), bei der die Klonmethode des Zellkerntransfers à la Dolly verwendet wird. Der zu transplantierende Zellkern wird vor der Transplantation so verändert, dass sich kein Embryo mehr entwickeln kann. Vgl. zu neueren Entwicklungen in diesem Bereich bspw. Arkes et al. 2005; Beck 2009.

wichtiges Kerngebiet des Gehirns. Solche Mäuse haben ein reduziertes Gedächtnis in Bezug auf (in der Amygdala kontrollierte) Angsterfahrungen. Sie können daher gefährliche Situationen mangels angeborener Mechanismen nicht erkennen. Nicht auf diese Weise modifizierte Mäuse wurden mit den Stathmin-Knockout-Mäusen verglichen, indem beide Gruppen zunächst konditioniert wurden, einen elektrischen Schock mit einem besonderen Ton zu assoziieren, und danach nur den Ton zu hören bekamen. Während sich die nichtmodifizierten Mäuse beim Hören des Tons deutlich ängstlich verhielten, zeigten die Knock-out-Modellen weit weniger starke Reaktionen. Im Jahr 2007 stellten Wissenschaftler der Universität Tokio dann transgene Mäuse her, deren Riechsystem so verändert wurde, dass sie über keine angeborenen Mechanismen in Bezug auf schlechte oder gefährliche Gerüche verfügen. Im Internet zirkuliert ein Video, in dem eine solche Maus sich einer Katze nähert und sich sogar an sie anschmiegt (Kobayakawa et al. 2007).31 Auch dieses als «furchtlose Maus» bekannte Modell zeigt aber kein «Enhancement» im Sinn einer tatsächlichen Angstüberwindung, sondern es handelt sich lediglich um eine veränderte Reaktion auf Gerüche. Zudem lässt sich fragen, ob es sich beim Ausschalten von Angst überhaupt um eine Verbesserung handelt, da Angstmechanismen unter normalen Bedingungen von entscheidender Bedeutung für das Überleben sind. Die Forscher versprechen sich von diesen Modellen neue Erkenntnisse zur Behandlung menschlicher psychischer Störungen wie Panikattacken oder das posttraumatische Stresssyndrom sowie neue Einblicke in Angstmechanismen. Nach Ansicht des koreanischen Genetikers Kim Dae-soo zeigrn diese Experimente, dass sich diese transgenen Mäuse nicht deshalb vor Katzen fürchten, weil diese ihre natürlichen Feinde sind, sondern aufgrund spezieller Netzwerke im Gehirn, die sich eventuell kontrollieren lassen (Fox News 2007). Es findet eine Entkoppelung der Angstreaktion von einem natürlichen Schlüsselreiz statt.

In jüngerer Zeit wird in wissenschaftlichen Publikationen zunehmend von «humanisierten» Tiermodellen (vor allem Mäusen) gesprochen, womit gentechnisch veränderte Tiere gemeint sind, in deren Genom menschliche Gene eingeführt worden sind (vgl. zum

Folgenden bspw. Ahrens und Peter 2008; Hims et al. 2007). Die Humanisierung der Tiermodelle kann dabei bereits durch kleine Veränderungen stattfinden, wie bei Tiermodellen, bei denen ein einziger Aminosäureaustausch in einem Oberflächenprotein (Willebrand factor) von Mäuseblutgefäßen dazu führt, dass injizierte menschliche Blutplättchen bei induzierter Verletzung einen Blutpropf bilden können. Teilweise werden auch ganze Genloci ausgetauscht, insbesondere um deren Wirkung zu erforschen. Von diesen Tiermodellen erhofft man sich wiederum bspw. eine bessere Übertragbarkeit der Ergebnisse auf den Menschen (Macchiarini et al. 2005; Shultz et al. 2007; vgl. 2.1.5) – also keine direkte «Verbesserung» der Tiere im Sinne eines «Enhancement». Die «Humanisierung» von Tieren bzw. die progressive Einführung menschlicher Genkonstrukte ins tierische Genom ist Gegenstand einer ethischen Kontroverse zur Chimärenbildung (3.3.4), und sie verdient als ein Hintergrundaspekt der Enhancement-Debatte Beachtung.

Ein weiteres bekanntes Beispiel eines gentechnisch veränderten Tiermodells ist die sog. «Nacktmaus», die so heißt, weil sie keine Körperbehaarung hat. Es handelt sich um eine Knock-Out-Mutante, bei der das FOXN1-Gen manipuliert wurde. Solche Mäuse wurden früher auch mittels einer spontanen Mutation dieses Gens gezüchtet, also ohne eine gentechnische Veränderung. Sie haben keinen Thymus³² und damit ein sehr stark eingeschränktes Immunsystem. Aus diesem Grund sind bei der Haltung dieser Mäuse spezielle Maßnahmen erforderlich, wie die Einrichtung einer pathogenfreien Umgebung oder auch die Verabreichung von Medikamenten (Mecklenburg et al. 2005). Solche Mäuse sind zudem wegen des Mangels an Haaren weniger attraktiv für ihre Artgenossen (Zhang et al. 2010). Menschen, die eine Mutation in diesem Gen aufweisen, sind ebenfalls athymisch und haben Probleme mit ihrem Immunsystem. Dieses Mausmodell ist auch im Rahmen der Xenotransplantationsforschung von Bedeutung, weil die Abstoßungsreaktion von Fremdgeweben vermindert ist. Bilder solcher Mäuse haben öffentliche Aufmerksamkeit erregt und eine ethische Kontroverse ausgelöst, ob es sich hier nicht um eine Art von Qualzucht handele. Dieses Tiermodell ist ein hervorstechen-

³¹ Siehe: http://www.youtube.com/watch?v=UJP8HKDfB7c.

³² Ein Organ des lymphatischen Systems der Wirbeltiere, das notwendig für eine normale Entwicklung des Immunsystems ist.

des Beispiel von Züchtungen, die in eine der Verbesserung der Tiere entgegengesetzte Richtung gehen. Im Grunde genommen findet sich dieser Aspekt aber bei allen Krankheitsmodellen, bei denen in der Forschung durch Züchtung oder Gentechnik absichtlich kranke Tiere geschaffen werden (Ferrari 2008).³³

2.1.3 Gentherapie und Gendoping

Die Genomforschung hat neue Perspektiven eröffnet, insbesondere hinsichtlich des Verständnisses der Funktionen besonderer biologischer Elemente und Aspekte, die bei der Entstehung von Krankheiten involviert sind, hinsichtlich einzelner Proteine, epigenetischer Effekte insgesamt und der Korrelation von Genom und Medikamentenwirkung. Im Zuge dessen ist auch eine Reihe neuer Begrifflichkeiten entstanden wie Proteomik, Epigenomik und Pharmakogenomik. Darüber hinaus wurde die Möglichkeit eröffnet, durch gentechnologische Verfahren behandelte Zellen für therapeutische Zwecke zu nutzen. Verbreitet ist die Idee, dass die Fortschritte der Molekularbiologie und Genetik zu einem Paradigmenwechsel in der Forschung zu neuen Medikamenten geführt hätten, bei dem das Primat der Chemie durch das Primat der Biologie abgelöst wurde (Lindpaintner 2002). Während man früher auf die Synthese neuer Verbindungen abgezielt habe, die dann auf ihre möglichen biologischen Effekte untersucht wurden, konzentriere man sich heute auf biologische Zellmoleküle, um für diese passende Substanzen zu finden. Seit der Etablierung des Humangenomprojekts ist die biomedizinische Forschung wesentlich von der Idee einer individuell «maßgeschneiderten», personalisierten Medizin geprägt.

Die Erkenntnisfortschritte hinsichtlich der zellulären Ebene haben die Erwartung entstehen lassen, dass zielgerichtete Verfahren entwickelt und Tierversuche langfristig verringert werden können. Dies betrifft auch die Debatte zur Pharmakogenomik³⁴: Da in diesem Gebiet die Korrelationen zwischen genetischen Unterschieden von Individuen und die verschiedenen Reaktionen auf Arzneimittel untersucht werden, wird hier ebenfalls eine Reduzierung der Zahl von Tierversuchen erhofft (Lindpartner 2002). Medikamente und Therapien sollen demnach den Bedürfnissen individueller Patienten «maßgeschneidert» angepasst werden. Es hat sich aber rasch gezeigt, dass die Hypothesen der Pharmakogenomik zur genetischen Basis von Arzneimittelreaktionen im Menschen gerade mittels Tiermodellen getestet werden (Sim et al. 2003; Liggett 2004; Dorn und Liggett 2009). Der Umstand, dass durch kleine genetische Unterschiede zwischen Menschen die Arzneimittelreaktionen stark variieren, wird indes wiederum zum Anlass genommen, den wissenschaftlichen Wert von Tiermodellen infragezustellen (Greek und Greek 2001).

Die Gentherapie ist ein weiterer Bereich, in dem Tierversuche durchgeführt werden. Auch hier wird mit Tiermodellen menschlicher Krankheiten (also zunächst gezielt «verschlechterten» Tieren) gearbeitet (Huang et al. 2010; Ghadami et al. 2010). In der Gentherapie werden Strategien zur Behebung genetischer nachteiliger Mutationen erforscht, bei denen Gene bzw. genetische Elemente in Zellen mittels Transportvektoren («Genfähren») eingebracht werden. Diese Zellen können sowohl somatische als auch Keimbahnzellen sein (DFG 2006). Während die Keimbahn-Gentherapie beim Menschen verboten ist, versucht man bei der somatischen Gentherapie Körperzellen eines Patienten in die Lage zu versetzen, bestimmte Stoffe (Proteine oder RNA) selbst herzustellen – mittels genetischer Informationen, die gezielt und punktgenau in die Zellen eingeführt werden.³⁵ Je nach Anwendung bleiben die Gene

³³ Dies ähnelt in gewisser Weise der Situation beim menschlichen Neuro-Enhancement, bei dem die Evidenz für die Effektivität von neuen Enhancement-Mitteln im Wesentlichen auf Drogen begrenzt ist, mit denen die Nachteile von krankheitsähnlichen Zuständen (wie Schlafentzug) ausgeglichen werden können (vgl. den Überblick in Coenen et al. 2009).

³⁴ Pharmakogenomik wird inzwischen oft als Synonym von Pharmakogenetik verwendet, auch wenn bisweilen weiterhin dafür plädiert wird, die beiden Begriffe voneinander abzugrenzen (Marx-Stölting 2007). Die Pharmakogenomik untersucht die genetischen Variationen zwischen den (menschlichen) Individuen und deren Rolle in den Reaktionen auf Arzneimittel, um dadurch die Herstellung von Medikamenten wirksamer zu machen. Insbesondere richtet sie sich auf die Untersuchung der genetischen Polymorphismen (*single nucleotids polymorphisms*, SNIPs).

³⁵ Den ersten großen Erfolg zeitigte die Gentherapie bereits im Jahr 1990, als die unter einem schweren, meist tödlich endenden Immundefekt (Adenosindeaminase-Mangel)

unterschiedlich lange Zeit im Körper des Patienten, aber sie werden in der Regel einmalig angewendet. Heutzutage beschränkt sich die Verwendung von Zellen für die Gentherapie auf zwei Typen: Stammzellen und postmiotische, ausdifferenzierte und langlebige Zellen (Cavazzana-Calvo und Fischer 2007).³⁶ Mit der Entwicklung von induzierten pluripotenten Stammzellen (IPS) haben sich neue Möglichkeiten für die Gentherapie eröffnet, weil diese Stammzellen weit vielfältiger als die adulten Stammzellen sind (Nakayama 2009, 2010). Heutzutage werden viele Tiermodelle mit solchen Zellen therapiert. Bekannt ist die erfolgreiche Behandlung von Sichelzellanämie und anderer Immunkrankheiten durch die Transplantation solcher Zellen in Mäuse (Hannah et al. 2007; Ye et al. 2009; Townes 2008). Neben Mausmodellen für diese Therapien schlagen einige Forscher auch die Verwendung von IPS aus dem Schwein vor, da dieses dem Menschen physiologisch ähnlicher als die Maus ist (Esteban et al. 2010).

Schnell hat sich der Gedanke einer möglichen Nutzung der Ergebnisse der Gentherapie für die Verbesserung der Leistungen gesunder Menschen verbreitet, insbesondere mit Blick auf Leistungssportler im Sinne eines «Gendopings» (Gerlinger et al. 2008). Forschungen in diesem Bereich, der höchst kontrovers ist, werden an Tiermodellen durchgeführt. Versteht man «Enhancement» als Steigerung der artspezifischen Fähigkeiten, lässt sich sagen, dass Tiere hier «verbessert» werden. Allerdings ist zu beachten, dass es sich immer um Versuchstiere handelt, die dann in der Regel

leidende vierjährige Ashanthi DeSilva eine Infusion autologer T-Lymphozyten erhielt. Sie überlebte und führt heute ein nahezu normales Leben. In diese Lymphozyten wurde ein normales funktionsfähiges ADA-Gen eingebracht. Die Forschung und Anwendung der Gentherapie auf Menschen ist strikt juristisch geregelt. Sie ist auch aufgrund der enormen Kosten umstritten. Für weitere Informationen siehe die Website der Deutschen Gesellschaft für Gentherapie, http://www.dg-gt.de/index.html, sowie eine Website, auf der alle *trials* zur Gentherapie weltweit aufgelistet sind: http://www.wiley.co.uk/genmed/clinical/.

³⁶ Der Gentransfer kann *ex vivo* oder *in vivo* erfolgen: beim Ex-Vivo-Verfahren werden spezifische Zellen, vor allem Stammzellen, dem Körper entnommen, bekommen das therapeutische Genkonstrukt zugesetzt und werden wieder in den Patienten eingeführt. Beim In-Vivo-Verfahren wird das therapeutische Genkonstrukt direkt in Zellen des Patienten eingeführt. Siehe dazu Gerlinger et al. (2008).

kurz nach dem Experiment getötet werden und denen somit eine etwaige Verbesserung gar nicht zugute kommt.

Eines der bekanntesten Beispiele verbesserter Tiermodelle ist in diesem Zusammenhang die sog. «Schwarzenegger-Maus». Die Experimente wurden von Sweeney und seiner Gruppe an der Universität Pennsylvania im Rahmen der Forschung zu einer Therapie für Muskelschwäche (insbesondere die Duchenne-Muskeldystrophie) durchgeführt. Die daraus resultierende Maus war wesentlich grö-Ber und circa 30 % kräftiger als ihre nichtmodifizierten Artgenossen. Ihr wurde das Gen für das Protein IGF-1 (insulin-like growth factor I), das für die Regulierung des Muskelwachstums verantwortlich ist, injiziert (Barton-Davis et al. 1998; Musaro et al. 2001). Die Effekte dieses Proteins führten zu einer Reduktion der mit dem normalen Alterungsprozess einhergehenden Muskelatrophie (Musaro et al. 2001). Medien berichteten, dass sich – kurz nach der Veröffentlichung seiner Studie und der medialen Berichterstattung zu dieser – viele Menschen bei Sweeney meldeten, um sich als freiwillige Probanden für seine Forschung anzubieten (Cromie 1999; Berndt 2008). Die Ergebnisse sind hinsichtlich des menschlichen Dopings auch deshalb von Interesse, weil die Veränderungen in den Muskeln nicht im Blut nachweisbar sind, sondern nur im Gewebe, von dem bei Dopingkontrollen keine Proben entnommen werden dürfen (Le Ker 2008; vgl. DeFrancesco 2004).

Ein weiteres relevantes Untersuchungsgebiet ist die Forschung zum Transkriptionsfaktor GDF-8 (Myostatin), der unter normalen Bedingungen dafür sorgt, dass das Wachstum von Skelettmuskeln gehemmt wird. Mutationen, die diesen Faktor deaktivieren, wurden in Rindern der Rasse «Belgian Blue» und «Piedmontese» gefunden. Um die unterschiedliche Fähigkeiten dieses Faktors sowie seine Interaktion mit anderen Proteinen zu testen, werden transgene Tiermodelle hergestellt (Walsh und Celeste 2005; Vecchione et al. 2010; vgl. dazu auch 2.2.1, wo auf dieses hervorstechende Beispiel eines «Animal Enhancement» für menschliche Zwecke weiter eingegangen wird).

Andere Forschungen mit Relevanz für ein mögliches Gendoping zielen auf die Verbesserung der Sauerstoffversorgung sowie der Energiebereitstellung. Bei der Sauerstoffversorgung konzentriert sich die Forschung insbesondere auf die Manipulation von Erythropoietin, das (u. a. aufgrund der Dopingdebatte im Radsport) unter der Abkürzung EPO öffentlich weithin bekannt ist. Eine Erhöhung des EPO-Gehalts führt zu einer vermehrten Produktion der Sauerstoff transportierenden roten Blutkörperchen, wodurch verbesserte Ausdauerleistungen möglich werden. Die britische Firma Oxford BioMedica hat ein Gentherapieverfahren (RepoxygenTM) zur Behandlung von Sauerstoffmangel bzw. Blutarmut entwickelt, mit dem ein zusätzliches EPO-Gen in Muskelzellen eingeführt werden kann (Gerlinger et al. 2008, S. 51). Im Tierversuch funktioniert das System, klinische Versuche am Menschen stehen noch aus. Hinsichtlich der Energiebereitstellung werden die Rollen von Fettsäuren und des Glucosestoffwechsels in der Leber und in den Muskeln erforscht (Holloway et al. 2008). Diese Studien profitieren von Ergebnissen, die mit Krankheitsmodellen (vor allem transgenen Mäusen) erzielt wurden. In der Forschung zu Herzinfarkten spielt die unterschiedliche Expression von Fettsäureproteinen eine wichtige Rolle (Chiu et al. 2005). Potenzielle Kandidaten zur Nutzung für Gendoping sind zudem die Forschungen zum vaskulären Endothelwachstumsfaktor (VEGF)³⁷, in denen sowohl Mechanismen dieses Faktors (Wang et al. 2006) als auch die zellulären Aktivitäten sowie die mögliche Veränderung des Expressionsprozesses einzelner vorhandener korrelierter Gene (bspw. durch Aktivierung, Verstärkung, Abschwächung oder Blockade) erforscht werden (Kishimoto et al. 2000). Dies geschieht ebenfalls hauptsächlich mittels transgener Mausmodelle. Nicht zuletzt werden auch für die Erforschung der Rolle von natürlich vorhandenen Endorphinen³⁸ und von Angiotensin³⁹ umwandelnden Enzymen – die ebenfalls potenzielle Ziele für Gendoping sind - transgene Tiermodelle hergestellt (Marvizón et al. 2009; Ward et al. 2009; Feng et al. 2009).

Wie die bisherigen Darlegungen zeigen, setzt auch die heutige Forschung in der Genomik – nach dem molekularbiologischen Paradigmenwechsel – weiterhin auf Tiermodelle. Dies bedeutet aber nicht, dass Alternativmethoden irrelevant wären. Sie werden durchaus in vielen Bereichen regelmäßig verwendet. Dennoch zeigt die Forschungswirklichkeit, dass auch der Aufstieg neuer Konzepte «personalisierter» Medizin – die eigentlich auf spezifische Daten für individuelle (menschliche) Patienten angewiesen ist – unmittelbar auf tierexperimentellen Verfahren basiert. Bei diesen neuen Konzepten wird auf Prozesse der Konvergenz von Biowissenschaften und Informationstechnologien für die Entwicklung und Verarbeitung einer großen Zahl von Patientendaten auf Populationenebene gesetzt. Sowohl bei der Etablierung diagnostischer Verfahren als auch bei der Entwicklung von Therapien werden die Zusammenhänge zwischen genetischen und phänotypischen Daten zunächst immer anhand von Tiermodellen geprüft.

2.1.4 Gene-Pharming

Durch traditionelle Zuchtmethoden hat der Mensch seit langer Zeit versucht, vor allem die Milchproduktion von Tieren zu verbessern. Durch die gentechnische Veränderung ist es möglich geworden, Tiere mit neuen Eigenschaften herzustellen bzw. deren körperliche Produktion auf neuartige Weise zu beeinflussen. Als «Gene-Pharming» werden die Erforschung und Herstellung medikamentöser Substanzen für den Menschen in den Körperflüssigkeiten gentechnisch veränderter Tiere bezeichnet.⁴¹ Dies spiegelt einen Trend im Bereich der neuen Technologien wider, der mit der Entwicklung der Biotechnologien angefangen hat, nämlich die Annäherung

³⁷ Es handelt sich um ein Signalmolekül, das das vaskuläre Endothel stimuliert. Eine erhöhte Expression von einer besonderen Familie von Proteinen (VEGF-A) ist bei zahlreichen Tumoren festzustellen. Es wird vermutet, dass diese VEGF-A für die vaskuläre Selbstregulation notwendig ist.

³⁸ Die Bezeichnung «Endorphin» bedeutet «endogenes Morphin», was anzeigt, dass es sich um vom Körper selbst produziertes Opioid handelt.

³⁹ Es handelt sich um ein Peptid mit vasokonstriktiven Eigenschaften.

⁴⁰ Man spricht hier von «informationsbasierter Medizin», bei der neue Erkenntnisse auf der Basis der Integration und Analyse klinischer Patientendaten, medizinischer Bilder, der Umwelt, genetischer Profile sowie der Molekular- und Genomforschung erzielt werden sollen. Ziel ist es, die genetischen Daten einer Patientenpopulation in einer Datenbank zu sammeln, um auf diese Weise die Behandlungsergebnisse zu verbessern (Casimir-Schenkel 2010).

⁴¹ Die Bezeichnung «pharming» spielt auf pharmazeutische und landwirtschaftliche Anwendungen an. In der Tat werden vor allem Nutztiere verwendet, wie bspw. Schafe, Ziegen, Kühe und Kaninchen. Dagegen wird die Herstellung gentechnisch veränderter Tiere, aus deren Körperflüssigkeiten Lebensmittel mit besonderer Wirkung sowie mit potenzierten Effekten gewonnen werden, als «Gene-Farming» bezeichnet (2.2.1).

vorher getrennter Forschungs- und Entwicklungsbereiche durch deren Ausrichtung auf gemeinsame Ziele. Dieser Trend wird auch im Zusammenhang mit den sog. «konvergierenden Technologien» beobachtet und diskutiert (siehe Kap 1. und 3).

Eines der ersten bekannten gentechnisch veränderten Tiere im Bereich des Gene-Pharming war das Schaf Tracy, dessen Milch das Protein Alpha-1-Antitrypsin (AAT-Gen)⁴² enthielt (Carver 1992; Tebbutt 2000). Die gentechnische Veränderung von Tieren, insbesondere deren «Vermenschlichung» (2.1.2), hat u. a. auch zur Herstellung von Maus- und Affenmodellen geführt, die rekombinante Proteine bzw. monoklonale Antikörper⁴³ produzieren können: Das erste monoklonale Antikörper-Medikament (Vectibix), das von der kalifornischen Firma Thousand Oaks mit Hilfe der sog. «XenoMouse» hergestellt wird, wurde von der US-amerikanischen Food and Drug Administration (FDA) im September 2006 zur Vermarktung freigegeben (Scott 2007; vgl. Ferrari 2009a).⁴⁴ In Europa ist ein erstes Medikament seit 2008 auf dem Markt, nachdem es von der European Medicines Agency (EMEA) 2006 zur Vermarktung freigegeben worden war.⁴⁵ Es handelt sich um

Antithrombin III, das gegen den Blutgerinnungsfaktor Thrombin aktiv ist und von transgenen Ziegen des US-Pharmaunternehmens GTC produziert worden ist.⁴⁶ Bislang konnte dieser Stoff nur aus gespendetem Blut gewonnen werden. Nun ist es gelungen, auch unterschiedliche medikamentöse Proteine bzw. Substanzen wie u. a. Gewebe-Plasminogen-Aktivator (tPA)⁴⁷, Laktoferrin⁴⁸ und Erythropoietin⁴⁹ aus gentechnisch veränderten Nutztieren zu gewinnen. Sie befinden sich aber noch in der klinischen Prüfung (Redvan 2009; Houdebine 2009; Niemann und Kues 2007).

Durch diese Techniken werden Tiere verändert und als Reservoirs für nützliche Substanzen betrachtet. Wie schon oben dargelegt wurde, sind die Methoden der gentechnischen Veränderungen mit einem großen Tierverbrauch sowie mit einer Erhöhung des Schadensrisikos für das einzelne Tier verbunden. Transgene Tiere, die ein zusätzliches Gen für Wachstumshormone oder Erythropoietin enthalten, zeigen unterschiedliche pathologische Erscheinungen (Carver 1992). Die ektopische Expression eines Proteins⁵⁰ kann – wie das saure Protein der Mausmolke – bei transgenen Schafen eine erhöhte Mortalität verursachen. Die Proteine können auch von der Milch ins Blut übergehen, was zu lokalen Schädigungen der Milchdrüsen führen kann. Bis jetzt sind keine Langzeitstudien zum Wohlergehen dieser Tiere bekannt, und es ist überdies fragwürdig, ob die Haltung und Nutzung dieser Tiere artgerecht ist

genetischen Krankheit (hereditary AT deficiency) ergäbe, gegen die das Medikament eingesetzt werden solle. Angesichts weniger tausend potenzieller Patienten sei die Suche nach Probanden schwierig. GTC bat daher die EMEA um eine erneute Prüfung. Die EMEA befragte dann eine Gruppe von Experten zum Thema Blutgerinnung, die sich für die Berücksichtigung der Daten aller teilnehmenden Patienten aussprach, und kam dann schließlich zu einer positiven Entscheidung.

⁴² ATT dient bei Menschen als Hauptinhibitor der Elastase, eines Enzyms, das Amide und Ester spaltet und bei Menschen in zwei Formen existiert: Die eine wird von der Speicheldrüse produziert, die andere kommt in Granulozyten vor. ATT wird deshalb zur Heilung von Lungenfunktionsstörungen durch chronische Lungenschäden bei Patienten genutzt, die einen Defekt in einem bestimmten Gen aufweisen.

⁴³ Ein rekombinantes Protein ist ein Protein, das durch rekombinante DNA oder ein rekombinantes Gen gewonnen wird – und zwar durch ein Molekül, das nicht in der Natur existiert, sondern im Labor neu zusammengestellt wird.

⁴⁴ Im Internet ist auch eine Liste der zugelassenen monoklonalen Antikörper zu finden: http://de.wikipedia.org/wiki/Monoklonaler_Antikörper.

⁴⁵ Die Geschichte der Vermarktung von ATryn® ist interessant: Im Februar 2006 lehnte die EMEA seine Zulassung ab, weil die vom US-Pharmaunternehmen GTC vorgebrachten experimentellen Ergebnisse als unzureichend bewertet worden waren. GTC hatte das Medikament an 19 freiwilligen und informierten Patienten getestet, die unter einer erblichen Antithrombin-Insuffizienz litten (Schimdt C. 2006). Im Laufe der Studie traten einige Komplikationen auf und GTC konnte nur für fünf Patienten oder Patientinnen Ergebnisse erhalten. Dies wurde von der EMEA als unzureichend bewertet, weil zwölf Personen die vorgeschriebene Mindestanzahl sind. GTC legte Berufung mit der Begründung ein, dass die geringe Zahl von Patienten sich aus der Seltenheit der №

⁴⁶ Siehe http://www.transgenics.com/products/atryn.html.

⁴⁷ Der Gewebe-Plasminogen-Aktivator ist ein k\u00f6rpereigenes Protein, das eine wichtige Rolle bei der Aufl\u00f6sung von Blutgerinnseln spielt.

 $^{^{48}}$ Der bekannte Stier «Hermann» wurde zur Produktion des α-Laktoferrin der niederländischen Firma Gene Pharming hergestellt (Krimpefort et al. 1991).

⁴⁹ Das Hormon Erythropoietin steuert die Erneuerung der roten Blutkörperchen und wird hauptsächlich in der Niere gebildet.

⁵⁰ Die ektopische Expression eines Proteins ist die phänotypische Expression eines Proteins an einem untypischen Ort im Genom.

(Ferrari 2008; Rehbinder et al. 2009). Deutlich wird, dass es sich hier um eine Optimierung des Tieres allein für menschliche Zwecke handelt. Kontrovers ist diese Technologie auch deshalb, weil die Abschätzung der Risiken und Folgen für die Umwelt komplex und schwierig ist (Rehbinder et al. 2009).

2.1.5 Xenotransplantation von Organen und Geweben

Die Idee der medizinischen Nutzung tierischen biologischen Materials (wie bspw. Blut, aber auch feste Organe) ist nichts Neues. So wurden bspw. seit Mitte des 17. Jahrhunderts erfolglose Versuche der Übertragung von Hunde- und Schafsblut auf den Menschen durchgeführt (Schicktanz 2002). Im 18. Jahrhundert versuchte man eine Schädelverletzung an einem Menschen mit einem Knochenstück eines Hundeschädels zu heilen, und am Ende des 19. Jahrhunderts wurde die Bauchspeicheldrüse eines Schafs auf einen Menschen transplantiert, der allerdings nur drei Tage überlebte. Eine sehr geringe Überlebenszeit hatten auch ein Kind, das 1905 eine Kaninchenniere erhielt, und ein Erwachsener, der 1918 die Niere eines Affen empfing. Gleiches gilt für in den 1970er und 1980er Jahren durchgeführte Nutzungen von Paviannieren für Dialysezwecke und die Transplantation eines Pavianherzens (Schicktanz 2002). Mit der Entwicklung gentechnischer Verfahren nahm die Hoffnung auf eine erfolgreiche Xenotransplantation zu, die ersten Versuche wurden in den 1990er Jahren durchgeführt. Unter Xenotransplantation wird heute die Transplantation von Zellen, Geweben oder Organen aus einem gentechnisch veränderten Tier auf den Menschen verstanden (Nuffield Council of Bioethics 1996; Petermann und Sauter 1999; Hüsing et al. 2001) sowie die Transplantation von menschlichen Zellen, Geweben oder Organen, die mit lebenden Tierzellen, -geweben und -organen ex vivo Kontakt hatten (U. S. Department of Health and Human Services 1999a, 1999b, 2003). Wesentliche Unterschiede bestehen zwischen der Xenotransplantation komplexer Organe – die noch sehr schwierig ist und weit entfernt von der Anwendung am Menschen erscheint – und der Transplantation von Zellen und Geweben (zelluläre Xenotransplantation), die weit fortgeschritten ist (Schneider und Seebach 2009). Das Schwein ist das am meisten verwendete Tier in diesem Gebiet – vor allem wegen seiner physiologischen Ähnlichkeit mit dem Menschen (Cooper et al. 2007), aber auch aufgrund der Tatsache, dass Primaten aus ethischen Gründen als sog. «Source»-Tiere⁵¹ ausgeschlossen wurden (Allan et al. 1989).⁵² In der Grundlagenforschung werden auch viele Studien an Nagetieren durchgeführt, und in der präklinischen Phase werden unterschiedliche Tierarten (bspw. Hunde) sowohl als Empfänger als auch als «Source»-Tiere genutzt (Abalovich et al. 2009).

Hauptprobleme der Xenotransplantation sind die Abstoßungsreaktion des fremden Materials tierischer Herkunft und das Infektionsrisiko – die Übertragung von Krankheitserregern – aufgrund der Speziesunterschiede. Hier sind sog. endogene Retroviren des Schweins (PERV) (porcine endogenous retrovirus) besonders gefährlich. Seit Beginn der 1990er Jahren ist nachgewiesen, dass PERV menschliche Zellen in vitro infizieren können. PERV-A⁵³ können sich in menschlichen Zellen schnell vermehren. Ihre Pro-Viren – das sind vorläufige oder latente Formen eines Virus, die fähig sind, sich ins Genom einer Wirtszelle zu integrieren - können ins Genom somatischer Schweinezellen integriert werden, aber nicht in Keimbahnzellen (Prabha et al. 2008). Darüber hinaus sind Cytomegaloviren aus dem Schwein (CMV)⁵⁴ in vitro besonders gefährlich für menschliche Fibroblasten (Whittaker et al. 2008). Zur Bezeichnung der besonderen Infektionsrisiken in der Xenotransplantation aufgrund von Speziesunterschieden wurde in der Diskussion der Begriff «Xenozoonose» bzw. «Xenose» geprägt (Chapman und Fishman 1997).

Eine der wichtigsten Ziele der heutigen Forschung besteht deshalb in der Überwindung dieser Probleme durch eine verbesserte Herstellung von Tieren, die sie besser kompatibel mit dem Men-

Mit diesem Ausdruck werden Tiere bezeichnet, aus denen Organe, Gewebe oder Zelle für die Xenotransplatation gewonnen werden.

⁵² Schon in den 1990er Jahren haben einige Ethikkommissionen – wie der Nuffield Council of Bioethics (1998) und die im Auftrag des schweizerischen Wissenschaftsrats ausgefertigte Studie zur Technikfolgenabschätzung der Xenotransplantation (Hüsing et al. 1998) – ein Verbot für die Verwendung von Primaten vorgeschlagen.

⁵³ Es gibt drei unterschiedliche Subtypen von PERV: PERV-A, PERV-B und PERV-C. PERV-A und PERV-B können menschliche Zellen infizieren, PERV-C nur die Schweinezellen (Denner 2008).

⁵⁴ Cytomegaloviren sind Herpes-Viren, die epiteliale Zellen angreifen und vergrößern.

schen machen soll. Verbesserung bedeutet demnach im Kontext der Xenotransplatation die Erhöhung der Kompatibilität ihrer Organe und körperlichen Bestandteile mit denen des Menschen.

Die Xenotransplantation komplexer Organe wird ebenfalls an Tieren, vor allem an Primaten, erprobt und ist noch nicht für Menschen zugelassen. Hier liegt in gewisser Hinsicht ein Sonderfall vor, da die Risiken zwar groß, aber in ihrer Qualität relativ gut charakterisierbar und die Primaten auf eine Weise explizit als Ersatz für Menschen dienen, der in anderen Bereichen unbekannt ist. Die größten Probleme betreffen die Abstoßungsreaktion der Organe sowie die Existenz unterschiedlicher molekularer Unverträglichkeiten zwischen Schweinen und Primaten, die dann zu thrombotischen Problemen sowie zu Koagulopathie (Störung der Blutgerinnung) führen können. Diese Phänomene können die Hauptrolle in der Abstoßung der Organe spielen oder verantwortlich für immunologische Reaktionen gegen das Schweineorgan sein (Cozzi 2009). Die bis jetzt veröffentlichten Ergebnisse sowohl in vitro als auch bei der Knochenmarktransplantation auf Primaten zeigen eine starke natürliche Anti-Schweine-Reaktion von Primaten (Cozzi 2009).

Die besten Ergebnisse in der experimentellen Forschung mit Tiermodellen sind in der Herz-Xenotransplantation erreicht worden. So haben Primaten mit Herzen aus 1,3 α-galaktose-Knockout-Schweinen bzw. «Gal-Knockout»-Schweinen⁵⁵ sechs Monate überlebt (Kuwaki et al. 2005; Pierson 2009; Ekser et al. 2009). Weniger erfolgreich sind die Ergebnisse bei der Xenotransplantation von Nieren. Primaten mit Nieren aus «Gal-Knockout»-Schweinen (Yamada et al. 2005) haben zwölf Wochen überlebt, das beste Ergebnis waren 90 Tage (Denner 2008). Überdies war dafür eine starke immunosuppressive Behandlung notwendig. Beim Verständnis der verschiedenen wirksamen Faktoren sowie hinsichtlich der Lebensqualität der transplantierten Primaten bestehen noch viele offene Fragen, sodass die Ergebnisse noch nicht auf den Menschen übertragbar sind (Schulte am Esch et al 2001; Denner, Schuurman und Patience 2009). Problematisch sind auch

die Unterschiede zwischen Menschen und Schweinen bei der Funktion der Proteine im Komplementsystem sowie in der Koagulation (Cooper et al. 2007). Große Schwierigkeiten ergeben sich bei der Leber-Xenotransplantation, bei Patienten mit Ausfall der Leberfunktion wurden aber einige Erfolge mittels einer extrakorporalen Perfusion der Leber aus gentechnisch veränderten Schweinen erreicht. Diese Strategie wurde als Überbrückungsstrategie für diejenigen Patienten verwendet, die danach eine allogene Leber erhielten (Rees 2003; Naruse et al. 2007). Wenig erfolgreich ist bisher auch die Xenotransplantation von Lungen (Cozzi et al. 2009).

Es werden auch verschiedene Strategien zur Verbesserung der Kompatibilität von Schweinen und Primaten verfolgt. In Bezug auf die Primaten werden die Entwicklung von Medikamenten zur Behandlung der Abstoßungsreaktion (Pierson et al. 2009), die Anpassung von Primaten - um die Überlebenszeit trotz der Anwesenheit von xenoaktiven Antikörpern und Komplementen zu verlängern⁵⁶ – sowie schließlich die Induktion von blutbildendem Chimärismus⁵⁷ und die Transplantation eines vaskularisierten Thymus (Cooper et al. 2007) vorgeschlagen. 58 Die Veränderung der Schweine kann bspw. durch Verbesserung der gentechnischen Modifikation zwecks Reduzierung der Immunofähigkeit der Zelle, durch Aktivierung des von natürlichen oder stimulierten Antikörpern ausgelösten Komplements, durch Implementierung von antithrombotischen Faktoren und durch lokale Expression von spezifischen Zell-Inhibitoren erreicht werden (vgl. zu diesen anderen Möglichkeiten: Cozzi 2009; Le Bas-Bernardet et al. 2008).

Verbesserung des Tiermodells bedeutet hier die Optimierung der jeweils verwendeten Art hinsichtlich der Gewinnung von Erkenntnissen für die Xenotransplantation. Schweine und Primaten werden durch technologische Veränderung aneinander angepasst.

 $^{^{55}}$ Es handelt sich hier um Schweine, in deren Genom das α-1,3-galactosyltransferase-Gen durch gentechnische Veränderung deaktiviert worden ist. Dieses Gen stellt ein Antigen dar, das vom menschlichen Körper erkannt wird, was eine Abstoßungsreaktion aktiviert.

⁵⁶ Allerdings war die Akkommodation bisher nur in Allotransplantationen sowie in Nagetiermodellen erfolgreich (Dehoux und Gianello 2009).

⁵⁷ Chimärismus bezeichnet hier das Phänomen der Auswanderung der Zelle des Transplantats und deren Verbreitung im Körper des Empfängers.

Sobald das für die Xenotransplantation geeignete Schwein gefunden worden ist, können in der präoperativen Phase Stammzellen oder Knochenmark aus diesem Schwein auf Primaten transplantiert werden, mit dem Ziel, die Toleranz von Schweine-Antigenen zu verbessern.

2.1.6 Zelluläre Xenotransplantation und neurowissenschaftliche Forschung

Die Xenotransplantation hat von Anfang an erhebliche ethische Diskussionen ausgelöst. Neben individuellen und gesellschaftlichen Sicherheits- und Risikoaspekten, die noch einer angemessenen Regulierung bedürfen (Tallacchini 2009), sind Fragen nach der Vertretbarkeit der Herstellung und Haltung solcher Tiere aufgetaucht (Ferrari 2008; Schicktanz 2002). Darüber hinaus werden der Kontakt und die gemeinsame Entwicklung von tierischen und menschlichen Zellen auch unter den Stichworten «Chimäre» oder «Hybridismus» diskutiert, wobei insbesondere die Möglichkeit der Veränderung wesentlicher menschlicher Eigenschaften sowie die Entwicklung neuer Lebewesen, die den Unterschied zwischen Menschen und Tieren subtiler machen, als ethische Probleme betrachtet werden (3.3).

Poncelet und seine Gruppe (2009) charakterisieren Schweinezellen als die am besten geeigneten xenogenen Zellen für den Menschen. Eine Überlebenszeit von bis zu sechs Monaten wurde in unterschiedlichen Experimenten bei zwei verschiedenen Primatenarten dokumentiert (Gianello und Dufrane 2007). Anfang 2009 wurde ein Protokoll für eine klinische Studie mit acht Patienten mit Diabetes Typus I (Diabetes mellitus), bei der es um die Nutzung von Bauchspeicheldrüse-Inselzellen aus Schweinen geht, in Neuseeland genehmigt. Kurz darauf begann eine ähnliche klinische Studie in Russland (LTC 2009a, 2009b). Im Oktober desselben Jahres wurden diese Zellen erfolgreich einer 47jährigen Patientin mit Typus-1 Diabetes transplantiert (U.S. National Institutes of Health 2009).

Ein besonders sensibler Bereich betrifft den Transfer oder das Mischen von tierischen und menschlichen Zellen des neurologischen Systems, insbesondere des Gehirns. Die ersten klinische Studien zur zellulären Xenotransplantation wurden mit Blick auf Parkinson-Patienten durchgeführt (Fink et al. 2000), und noch heute beziehen sich die größten Versprechen dieser Forschung auf die Behandlung neurodegenerativer Krankheiten. Deshalb werden im Folgenden die Ergebnisse aus der zellulären Xenotransplantation zusammen mit Entwicklungen der neurowissenschaftlichen Forschung diskutiert.

Die zelluläre Xenotransplantation erscheint besonders vielversprechend für das zentrale Nervensystem und für nichtvaskularisiertes Gewebe, für das keine oder eine geringe Immunosuppression erforderlich ist. Embryonale Stammzellen haben zwar eine wichtige Funktion für das Verständnis der Fähigkeiten der Organe bzw. der Organentstehung, werden aber immer weniger in klinischen Anwendungen verwendet. Dort werden hingegen zunehmend postembryonale Stammzellen genutzt, insbesondere auch in der sog. Insel-Xenotransplantation (Poncelet et al. 2009). Eine erfolgreiche Methode besteht in der Enkapsulation der Zellen, um sie vor dem Immunsystem zu schützen.

Ein Großteil der Forschung konzentriert sich auf die Anwendung von Stammzellen für die Behandlung solcher neurodegenerativer Krankheiten und Verletzungen, die – wie bspw. Ischämie, Parkinson und Knochenmarkverletzungen (Ebert et al. 2008; Lu et al. 2003; Park et al. 2006) - nur einen neuronalen Subtyp in einer bestimmten Gehirnregion betreffen. Von Bedeutung ist darüber hinaus die mit unterschiedlichen Symptomen einhergehende Alzheimer-Krankheit, bei der verschiedene neuronale Subtypen in unterschiedlichen Gehirnregionen betroffen sind (Otto et al. 2003; Billings et al. 2005). Aufgrund des Problems, dass bei Alzheimer-Tiermodellen die transgenen Mäuse nur einige der Krankheitssymptome zeigen (Blurton-Jones et al. 2009), ist es schwierig, in Bezug auf diese Krankheit die Transplantation neuronaler Stammzellen aus gentechnisch veränderten Tieren auf den Menschen zu überprüfen. Dennoch werden diese Mausmodelle verwendet (Blurton-Jones et al. 2009; Eriksen und Janus 2007; Sugaya et al. 2006).

Im Jahr 2001 hatten Ourednik und seine Gruppe über die Transplantation von neuronalen Stammzellen aus menschlichen Föten in das Gehirn von Primatenföten berichtet. Solche Stammzellen verbreiteten sich in deren Gehirn und differenzierten sich in unterschiedliche neuronale Zelltypen. Im Jahr darauf beobachteten Englund und seine Gruppe (2002) bei der Transplantation von neuronalen Vorlauferzellen aus Gehirnen menschlicher Embryonen in Rattengehirne ähnliche Ausdifferenzierungsprozesse und eine Migration der menschlichen Zelle. Umfangreiche Diskussionen lösten dann die Experimente an der Universität Stanford in den USA aus, bei der menschliche neuronale Stammzellen in Mäuse- und Affengehirnen implantiert wurden. Es wurde gezeigt,

dass diese menschlichen Stammzellen in einer besonderen Gehirnregion der Maus bleiben, sich dort weiter entwickeln und dann in andere Regionen migrieren können (Tamaki et al. 2002). Bereits im Jahr 2002 fragte der Leiter der Gruppe, die diese Untersuchung durchführte, nach der ethischen Vertretbarkeit eines geplanten Experiments. Er wollte menschliche neuronale Zellen in das Gehirn einer besonderen Mauslinie transplantieren, die aufgrund eines Defekts nur einige Tage nach der Geburt überleben kann, weil fast alle ihre Neuronen absterben. Daraufhin wurde eine Gruppe aus Ethikexperten gebildet, die 2002 zu dem Ergebnis kam, dass dieses Experiment vertretbar sei (Greely et al. 2007). Es wurde allerdings aus anderen Gründen dann nie durchgeführt. Derselbe Forscher ist auch durch die Idee bekannt geworden, eine Maus mit einem Gehirn herzustellen, das nur aus menschlichen Neuronen besteht, die sog. «Stuart Little»-Maus (Langton 2005). Soweit ersichtlich existiert aber ein solches Modell bis heute nicht. Auch für die Forschung zu Parkinson und Hirnschlag werden menschliche Neuronen oder neuronale Stammzellen in Tiermodellen verwendet (Cai et al. 2009; Darsalia, Kallur und Kokaia 2007; Pruszak und Isacson 2009; vgl. Wernig et al. 2008; O'Keeffe et al. 2008). Zudem werden transgene Mäuse als Modelle für die Transplantation von neuronalen Stammzellen auf menschliche fötale Gewebe genutzt (Thompson und Björklund 2009).

Solche Experimente werden mit dem Ziel der Beobachtung und Erforschung der Eigenschaften von Neuronen oder neuronaler Vorläuferzellen durchgeführt, also nicht zur Herstellung von Lebewesen mit veränderten Eigenschaften. Eine Verbesserung des Zustands der Tiere kann hier eintreten, es handelt sich aber wiederum nur um Tiere, die bestimmte Symptome menschlicher Krankheiten zeigen, oft aufgrund vorheriger, gezielter «Verschlechterungen».

Ein interessanter Fall sind Experimente, bei denen Material aus Wachteln in Hühnerhirne transplantiert und danach festgestellt wurde, dass diese Hühner einige für Wachteln spezifische Verhaltensweisen zeigten (Balaban 1997; Long et al. 2001; vgl. Balaban 2005). Auf dieses Experiment wird häufiger verwiesen (bspw. in Hüsing et al. 2001, dort Kap. 8.4.4), wenn es um die Frage geht, ob bei der zellulären Xenotransplantation eventuell Transfers von Persönlichkeitsmerkmalen stattfinden können. Hinsichtlich des «Animal Enhancement» ist dieses Experiment aber auch unabhängig

davon Interesse, da sich hier eine Möglichkeit der Ausstattung von Tieren mit neuen Fähigkeiten zeigt.

2.1.7 Neuropharmakologie und Hirnforschung

Die Geschichte der modernen Neuropharmakologie beginnt zu Anfang des 20. Jahrhunderts mit den neuen Erkenntnissen über die Arbeitsweise des Nervensystems. Vor der Identifizierung der Neurotransmitter (wie Dopamin, Noradrenalin und Serotonin) in den 1950er Jahren wurden Medikamente, die Effekte auf das Nervensystem hatten, allerdings verabreicht, ohne die Korrelation zwischen Substanz und Nervensystem zu kennen. Dies änderte sich dann mit der Entwicklung neuer neurochemischer Messverfahren, und die Voltage-clamp-Methode (Methode der geklemmten Spannung) ermöglichte die Analyse der Ionenkanäle und der Nervenaktionspotentiale.

Zur Erforschung neuropsychiatrischer Krankheiten werden heute sehr viele -insbesondere auch transgene - Tiermodelle hergestellt (Bannermann et al. 2006). Auch die Forschung zu Wirkstoffen für kognitives «Enhancement» sowie zu den Effekten von Psychopharmaka auf gesunde Menschen gewinnt in diesem Zusammenhang an Bedeutung (Galert et al. 2009). Eine Voraussetzung dafür ist der Umstand, dass die Untersuchung von Lernmechanismen beim Menschen für die Erforschung vieler weitverbreiteter Krankheiten wie Alzheimer, Parkinson und Schizophrenie relevant ist. Obwohl über ihre Wirksamkeit und Sicherheit bisher wenig bekannt ist, werden einige Substanzen bereits als mögliche Neuro-Enhancement-Mittel gehandelt⁵⁹, und die Forschung zu solchen Mitteln nimmt zu (Lee und Silva 2009). Transgene Tiermodelle, die bestimmte Symptome menschlicher neurologischer Krankheiten oder Störungen nachahmen, werden hergestellt, um die Mechanismen der jeweiligen Krankheit oder Störung zu verstehen, Hypothesen über ihre genetische Basis zu prüfen und um neue Medikamente zu testen. Ein Beispiel ist hier die bereits erwähnte Stathmin-Knock-out-Maus (siehe 2.1.1), eine der als «furchtlose Maus» bezeichneten Tiere, die als Modelle für Angst und Panikattacken genutzt werden (Shumyatsky et al. 2005).

⁵⁹ Vgl. Repantis (2009); siehe auch den knappen Überblick in Coenen et al. (2009).

Eines der ersten bekannten Tiermodelle im Bereich des Neuro-Enhancement war die sog. «intelligente Maus» (auch als «doogie mouse» bekannt), die zur Untersuchung der Möglichkeiten genetischer Verbesserung von Lern- und Gedächtnismechanismen hergestellt wurde (Tang et al. 1999). Die Überexpression eines bestimmten Rezeptors (NMDA Rezeptor 2B; abgekürzt als NR2B) im Vorderhirn der Maus führte zu einer Steigerung der synaptischen Aktivität bei elektrischer Stimulation sowie zu Verbesserungen des Gedächtnisses und der Lernfähigkeit in unterschiedlichen Verhaltenstests (wie bspw. dem «Morris Wasserlabyrinth»⁶⁰). Die Besonderheiten dieses Rezeptors fanden auch in der Folgezeit Beachtung. So wurden seine Rolle in verschiedenen Lebensphasen der Maus (Cao et al. 2007) und unterschiedliche Weisen der Genexpression (Cui et al. 2005) getestet.

Weitere Beispiele sind die ORL1-Knockout-Maus – ORL1 ist ein nozizeptiver Rezeptor –, die verbesserte Lernmechanismen und LTP (long-term potentiation)⁶¹ gezeigt hat (Mamiya et al. 2003), sowie die Harvey-ras-transgene bzw. Hras-transgene Maus, die das Oncogen Hras in erregenden Prinzipalneuronen exprimiert (Kushner et al. 2005). In ihrem Überblick über den Einsatz transgener Tiermodelle zur Erforschung von Lernmechanismen unterscheiden Lee und Silva (2009) drei Generationen: Die erste Generation bilden Knock-In-Mutanten, in die für Lernmechanismen interessante Gene eingeführt wurden, sowie in ihren Keimbahnzellen modifizierte Knock-Out-Tiere (vgl. dazu bspw. Grant et al. 1992; Silva et al. 1992). In der zweiten Generation wurden räumliche und temporale Kontrolle als Parameter eingeführt, indem bspw. das Tetrazyklin-System⁶² zur Ein- oder Ausschaltung der transgenen Expression verwendet wird (Tsien et al. 1996; Mayford et

al. 1999; Ohno et al. 2001; vgl. zu anderen transgenen Manipulationen auch Kida et al. 2002). Die dritte Generation basiert auf der Nutzung der chemischen Regulation von Proteinen (wie Kinasen) und eröffnet neue Möglichkeiten in der Erforschung neuronaler Plastizität (Wang et al. 2003). Heutzutage zielt die Forschung darauf ab, gentechnische Verfahren mit einer verfeinerten räumlichen und temporalen Kontrolle – mit Blick auf spezifische Neuronen – zu entwickeln (Zhang et al. 2007). Insgesamt haben die Forschungen mit transgenen und Knockout-Mutanten auch gezeigt, dass die bei der Verbesserung von Lernmechanismen involvierten Mutationen sehr vielfältig sind (siehe Tabelle 1 in Lee und Silva 2009).

Allerdings zeigen sich bei diesen Tiermodellen auch einige Probleme, insbesondere hinsichtlich der Nebenwirkungen von Veränderungen kognitiver Fähigkeiten. Die «doogie mouse» litt unter chronischen Schmerzen, und die Hras-transgene Maus entwickelte schnell eine Form von Krebs (Lehrer 2009). Überdies muss eine Verbesserung des Gedächtnisses nicht immer von Vorteil sein. Man denke bspw. an traumatische Erfahrungen oder an die Berichte über Menschen mit einem extrem guten Gedächtnis, die unter Überforderung durch ein Übermaß an detaillierten Erinnerungen litten (und bspw. sprachliche Bilder nicht verstehen oder auch Gesichter von langjährigen Bekannten zuweilen nicht erkennen konnten; vgl. für einen bekannten Fall: Lehrer 2009). Die «doogie mouse» lernte sehr schnell, aber sie entwickelte Angstreaktionen gegenüber relativ harmlosen Reizen, was für eine Wildmaus ein starker Nachteil wäre (Lehrer 2009). Eine ähnlich wie die «doogie mouse» modifizierte Maus ist ebenfalls anfälliger für Stress als ihre nicht veränderten Artgenossen (Malleret et al.2001).

Eine potenzielle, kontrovers diskutierte Modifikation tierischer Fähigkeiten, die von einigen als eine Möglichkeit der Verbesserung von Tieren zu deren Vorteil angesehen wird, ist die Herstellung leidens- oder empfindungsunfähiger Tiere. Die Diskussion über derartige potenzielle Modifikationen hat sich im Rahmen der philosophischen und tierethischen Debatte über die Vertretbarkeit gentechnischer Eingriffe entwickelt und insbesondere solcher, die tierische Eigenschaften radikal verändern und reduzieren (3.3.2). Versuche in dieser Richtung haben in der neurolo-

⁶⁰ Dieser Verhaltenstest wird in einem runden Becken durchgeführt, das mit trübem Wasser gefüllt ist und am Rande Markierungen hat. In diesem Becken befinden sich unter der Oberfläche Plattformen, die unsichtbar sind. Die Mäuse werden trainiert, selbstständig diese Plattformen zu finden und sich deren Position zu merken. Siehe dazu: http://www.watermaze.org/.

⁶¹ Dieses Phänomen stellt eine lang andauernde Verstärkung der synaptischen Übertragung dar.

⁶² Tetrazyklin ist ein antibiotischer Stoff, der die bakterielle Proteinsynthese und das bakterielle Wachstum hemmt.

gischen Forschung bereits stattgefunden. So werden im Rahmen der Schmerzforschung – insbesondere hinsichtlich Krankheiten mit akuten Schmerzen – Tiermodelle hergestellt, die ein reduziertes Schmerzempfinden an den Tag legen (Mogil und Basbaum 2000; Lariviere et al. 2001; Lacroix-Fralish et al. 2007; Leo et al. 2008).

Grundsätzlich stellt sich in diesem Zusammenhang die Frage, ob und inwiefern verminderte Fähigkeiten eine Verbesserung sein können (3.3.2). Im Rahmen der Forschung zu neuronalen Korrelaten des Bewusstseins⁶³ wird versucht, sog. «Zombie-Mäuse» herzustellen, transgene Mäuse, die so bezeichnet werden, weil bei ihnen alle Neuronen eines besonderen Typs abgeschaltet sind (Nirenberg und Meister 1997; No et al. 1996; Koch und Crick 2001; Koch 2004). Ziel ist die Herstellung von Mäusen, die ein komplexes Verhalten an den Tag legen, aber keine mäusetypischen Anzeichen von Bewusstsein zeigen. Inwieweit Mausmodelle für die Untersuchung dieser diffizilen Problematik nützlich sein können, ist unklar – andere relevante Forschung findet bspw. mit Makaken als Versuchstieren statt (Cowey und Stoerig 1995). Offenkundig besteht aber in diesem Zusammenhang ein nicht unerhebliches Interesse an Mäusemodellen. So spricht sich bspw. Changeux (2006) für eine verstärkte Forschung dieser Art insbesondere mit gentechnisch modifizierten Mäusen aus. Aus gezielten Modifikationen in neuronalen Gehirnstrukturen der Mäuse könnten wichtige Daten zu neurologischen Krankheiten und Störungen beim Menschen gewonnen werden (vgl. auch Labarca et al. 2001; Steinlein 2004; Engel und Sine 2005; Changeux und Edelstein 2005).

Schließlich werden auch Psychopharmaka für Tiere entwickelt, die selbstverständlich ebenfalls an Tieren getestet werden. So hat die US-amerikanische Food and Drug Administration kürzlich drei solcher Medikamente für die Behandlung von Hunden zugelassen. Sie sollen zur Behandlung von Trennungsängsten sowie von kognitiven Problemen eingesetzt werden, was möglicherweise auch Aussichten auf eine psychopharmakologische Steigerung besonderer Fähigkeiten von Tieren eröffnet (2.3.4).

2.1.8 Hirnforschung und Neurotechnologien

Die Idee einer elektronischen Messung von Gehirnaktivitäten wurde bereits in den 1920er Jahren entwickelt (Berger et al. 1929). In den 1950er Jahren begannen Forscher, Elektroden in Versuchstieren zu implantieren. Besonders bekannt wurde José Delgado für seine Forschungen zur gesteuerten Bewegung unterschiedlicher «Cyborg-Tierarten» (Horgan 2005). Im Jahr 1963 trat Delgado in einer Arena während eines Stierkampfs in Spanien auf. Einer seiner Cyborg-Stiere griff ihn an, und er stoppte das Tier mit einem Knopfdruck (Horgan 2005; Marshall 2008). Delgado zog einige Kritik auf sich, es kam schon damals zu heftigen Diskussionen, ob solche Forschungen vertretbar sind (Valenstein 1973).⁶⁴ Er selbst setzte sich mit seiner Methode explizit gegen den damals weitverbreiteten psychochirurgischen Eingriff der Lobotomie ab.65 Mit seinen Versuchen mit den Schimpansen Paddy und Carlos konnte Delgado in den 1960er Jahren zeigen, dass sich Elektroden so implantieren lassen, dass sie bestimmte Signale empfangen, die von der Amygdala der Tiere produziert werden (Delgado 1969). Fetzt (1969) veröffentlichte dann wichtige Ergebnisse zur Konditionierung durch Eingriffe im Kortex von Affen (cortical spike trains). In den 1980er und 1990er Jahren verlor diese Forschung an Bedeutung, in jüngster Zeit ist aber ein Gegentrend dazu festzustellen.

Die Forschung und Entwicklung im Bereich neuartiger Gehirn-Maschine-Schnittstellen sind ein vieldiskutierter Bereich in der aktuellen Debatte über «Human Enhancement» und «Converging Technologies». Ziel ist die Entwicklung von Neuroprothesen, also Schnittstellen zwischen Nervensystem und elektrischen Bauteilen. Implantierte Elektroden sollen neue Handlungs- und Kommunikationsmöglichkeiten bspw. für Querschnittsgelähmte eröffnen oder auch zur Behandlung schwerer neurologischer und psychischer

⁶³ Koch und Crick (2001) vertreten die Auffassung, dass eine Bestimmung der neuronalen Korrelate des Bewusstseins bei Tieren es möglich machen könne, transgene Zombie-Mäuse herzustellen, die komplett ohne Bewusstsein sind (vgl. auch Koch 2004).

⁶⁴ Die *New York Times* widmete Delgado eine Titelgeschichte, in der er als Prophet einer neuen psychozivilisierten Gesellschaft bezeichnet wurde (Horgan 2005).

⁶⁵ Antonio Egas Moniz, der Entwickler der Lobotomie, erhielt im Jahr 1949 (zusammen mit Walter Hess) den Nobelpreis. Aufgrund der Nebenwirkungen und der kurz darauf folgenden Entwicklung von Neuroleptika verschwand die Lobotomie jedoch bald als Methode. Die Verleihung des Nobelpreises an Egas Moniz ist bis heute umstritten. Siehe dazu Horgan 2005.

Erkrankungen dienen. Ein bekanntes Beispiel für Letzteres ist die Tiefenhirnstimulation bzw. deep brain stimulation (DBS), die vor allem bei der Parkinson-Krankheit, aber in geringem Umfang auch schon bei schwerer Depression und anderen Krankheitsbildern eingesetzt wird (Decker und Fleischer 2008; Fiedeler 2008).66 Diese neuen Technologien stoßen vor allem deshalb auf starkes Interesse vieler Human-Enhancement-Befürworter, weil sie diese als Vorboten neuartiger Artefakte zur Steigerung menschlicher kognitiver Fähigkeiten (cognitive enhancement), zur besseren (und letztlich völligen) Kontrolle menschlicher Emotionen (mood enhancement) sowie zur Erschließung neuartiger Kommunikationsmöglichkeiten zwischen Menschen sowie zwischen Mensch und Maschine ansehen.⁶⁷ Bei vielen enthusiastischen Befürwortern eines umfassenden «Human Enhancement» kulminieren diese Hoffnungen auf eine fortschreitende «Cyborgisierung» des Menschen in den Visionen avancierter Mensch-Maschine-Symbiosen, die zur Grundlage einer neuen, ins Weltall expandierenden Zivilisation werden. Zumindest insoweit dies mit weitreichenden Visionen zur Hirnforschung und zur Forschung zu Künstlicher Intelligenz verbunden wird, bestehen dann sogar Hoffnungen, in der Zukunft eine Quasi-Unsterblichkeit des individuellen menschlichen Geists technisch bewerkstelligen zu können.⁶⁸

Wie sieht nun bei Tieren die aktuelle Realität im Bereich avancierter Hirn-Maschine-Schnittstellen aus? Experimente mit solchen Schnittstellen finden bereits seit einigen Jahren statt.⁶⁹ An

Nagetieren und Affen wurde bereits mehrfach gezeigt, dass durch implantierte Elektroden neue Formen der Steuerung von Maschinen möglich sind. Durch die sukzessive Aktivierung von Neuronenaffen konnten Affen bspw. lernen, einen Cursor auf einem Monitor zu bewegen und auf bestimmte Ziele zu richten (Chapin et al. 1999; Wessberg 2000; Nicolelis und Chapin 2002; Carmena et al. 2003; Hoag 2003; Donoghue 2002; Lebedev und Nicolelis 2006; vgl. Santhanam et al. 2006). Nicolelis (2003) zeigte, dass die Kontrolle der Aktivität von 32 Bewegungszellen im Teil des Cortex, der für die Handbewegung verantwortlich ist, es – nach intensivem Training – einem Affen erlaubt, einen vom Körper getrennten künstlichen Arm zu nutzen. 70 Im Jahr 2008 zeigten auch Velliste und seine Gruppe, dass entsprechend trainierte Affen mit implantierten Elektroden dazu in der Lage sind, Roboterarme so zu kontrollieren, dass sie mit diesen Objekte greifen und sich bspw. selbst Nahrung zuführen können. Auch «virtuelle» Arme, die auf einem Monitor gezeigt werden, wurden bereits von Affen gesteuert. Die Aktivität auf dem Monitor wird von einem Computerprogramm erzeugt, das wiederum auf «virtuelle» Bewegungen des Affen reagiert und dabei mit den Elektroden im Motor-Kortex verbunden ist. Der Computer reagiert sozusagen auf die Aktivität im Affenhirn und simuliert neuronale Feedback-Mechanismen (London et al. 2008). Zudem wurden Affen, deren Arme vorher temporär gelähmt worden waren, erfolgreich darauf trainiert, über die Gehirn-Computer-Schnittstelle den eigenen, vorübergehend gelähmten Arm zielgerichtet zu bewegen (Moritz et al. 2008).

Die Fernsteuerung von externen Objekten mittels Hirnaktivität ist also seit einigen Jahren Realität in Tiermodellen, und sie war bereits auch schon bei Menschen erfolgreich (Scott 2006; Birnbaumer und Cohen 2007; Wolpaw 2007; Kalaska 2008; Hatsopoulos und Donoghue 2009). Auch in diesem Bereich kann aber nur bedingt von einer Verbesserung von Fähigkeiten der Tiere gesprochen werden. In einigen Fällen wurden bspw. vorher Tiere gelähmt oder geschädigt, um die besondere Situation der menschlichen Patienten

⁶⁶ Heutzutage existieren viele verschiedene Typen von Gehirn-Maschine-Schnittstellen, die bspw. nach der Intensität des Eingriffs (Grunwald 2008), hinsichtlich der Signalrichtung (Donoghue 2002) oder in ableitende und stimulierende Systeme (Clausen 2009) unterteilt werden können.

⁶⁷ Siehe bspw. die Internetseite von Kevin Warwick, der sich bereits im Jahr 1998 seinen ersten Mikrochip implantieren ließ: http://www.kevinwarwick.com/.

⁶⁸ Vgl. zu diesen Visionen bspw. Coenen (2008); Coenen et al. (2009); Grunwald (2008) und verschiedene Beiträge in Coenen et al. (2010).

⁶⁹ Ein praktisches Ergebnis dieser Forschungen war die Entwicklung von Technologien, die eine Fernsteuerung von Tieren ermöglichen (2.2.4.). Im Jahr 2002 erfolgte hier ein Durchbruch als es gelang, das Hirn von Ratten so zu stimulieren, dass deren Bewegungen präzise gesteuert werden konnten (Talwar et al. 2002), was sich potenziell für verschiedene Zwecke nutzen lässt.

⁷⁰ Diese auch von Einrichtungen der US-Militärforschung finanzierten Arbeiten von Nicolelis haben innerhalb der Debatte über «Converging Technologies» auch deshalb besondere Beachtung gefunden, da Nicolelis an den Aktivitäten der bedeutendsten US-amerikanischen Initiative zu «Converging Technologies» beteiligt war (vgl. Nicolelis 2002).

zu simulieren, oder sie wurden gleich als Krankheitsmodelle hergestellt. Zu nennen sind hier bspw. Rattenmodelle traumatischer Verletzungen des Rückenmarkes (Onifer et al. 2007; Darian-Smith 2007; Truin et al. 2009) sowie Lähmungen infolge von Schlaganfällen (Kleim et al. 2007; Pedrono et al. 2010), von Parkinson (Emborg 2007; Fuentes et al. 2009) oder von Chorea Huntington (Ramaswamy et al. 2007; Kraft et al. 2009). Von «Enhancement» kann in diesem Zusammenhang auch deshalb nur bedingt geredet werden, da es nicht um eine Verbesserung von Hirnfunktionen geht, sondern um eine neuartige, nur in gewisser Hinsicht verbesserte Kommunikation zwischen Säugetieren und Computertechnik.

Hingewiesen sei schließlich noch darauf, dass eine geplante neurowissenschaftliche Verwendung von Makaken als Versuchstieren der erste Fall war, in dem aufgrund der in der Bundesverfassung der Schweiz verankerten Würde der Kreatur Forschungen nicht genehmigt wurden. Den Rhesusaffen sollten dabei Elektroden ins Gehirn eingeführt werden, um die Hirnströme bei der Erledigung bestimmter Aufgaben zu messen. Begründet wurde die Ablehnung u. a. damit, dass die Art der Durchführung, insbesondere der geplante Wasserentzug, die Würde dieser Tiere verletzen würde. Im Oktober 2009 bestätigte das Bundesgericht endgültig die Position der Gegner der Versuche.

2.1.9 Anti-Ageing

Versuche zur Verlängerung der Lebensspanne werden schon sehr lange durchgeführt, solche mit einem modernen wissenschaftlichen Anspruch mindestens seit Anfang des 20. Jahrhunderts. Hoffnungen auf ein längeres Leben und auf eine Verminderung als negativ empfundener Effekte des Alterns haben zudem so diverse Entwicklungen beflügelt wie die Zunahme sportlicher Aktivitäten unter Menschen fortgeschrittenen Alters, die Herausbildung eines Marktes für neue Nahrungsergänzungsmittel, die Popularisierung von Botox-Medikamenten als Antifaltenmittel oder den Aufschwung der kosmetischen Chirurgie. Derzeit lässt sich aber gerade auch wieder eine starke Faszination durch neue wissenschaftlich-technische Mittel feststellen, von denen die Realisierung des uralten Menschheitstraums eines «biblischen» Alters (bei gutem Gesundheitszustand) erhofft wird.

Einer der vielversprechenden und -diskutierten Bereiche ist hier die Forschung zu Effekten einer Kalorienbeschränkung. Die Verwendung von Versuchstieren begann in diesem Bereich schon in den 1930er Jahren, vor allem mit den Arbeiten der Ernährungsforscher Clive McKay und Morris Ross (Conn 2006). MacKay zeigte damals, dass eine erhebliche Reduktion der Kalorienzufuhr (um bis zu 60%) die Lebensspanne von Ratten erhöht. Sein Hauptinteresse galt der Krebsforschung. MacKays Ergebnisse fanden Aufmerksamkeit bei Altersforschern, die ab den 1970er Jahren Untersuchungen in dieser Richtung begannen. Neben Nagetieren kommen in diesem Forschungsbereich als Versuchstiere auch Primaten, Fadenwürmer, Fruchtfliegen, Hunde, Vögel und Fledermäuse zum Einsatz (Ottinger 2006; Conn 2006; Tapp und Siwak 2006). Solcherart Altersforschung hat in den letzten Jahren nicht nur wegen der visionären Hoffnungen an Bedeutung gewonnen, sondern auch aufgrund der Zunahme an Alterskrankheiten in industrialisierten Ländern (wie bspw. Alzheimer).

Die extrem technophile Strömung der Transhumanisten, die auf ein umfassendes «Human Enhancement» und individuelle Unsterblichkeit hofft, zeigt starkes Interesse an Anti-Ageing-Forschung. Dabei argumentieren sie zum Teil ethisch auch dahingehend, dass diese Forschung lebensrettend sei (bspw. Harris 2007) – und sogar, dass bei unzureichender Förderung des Kampfes gegen die «Krankheit Altern» der Tod von Millionen heute lebender Menschen billigend in Kauf genommen werde. ⁷¹ Die Hoffnungen der Visionäre richten sich dabei auf eine Perfektionierung bestehender Biotechnologien und die Entwicklung neuer, vor al-

⁷¹ Eine besonders schillernde und kontroverse Figur ist hier Aubrey de Grey, Informatiker und Theoretiker im Feld der Gerontologie. Sehr öffentlichkeitswirksam und unterstützt von Mäzenen aus der Computerindustrie hat de Grey eine integrierte Strategie zur Bekämpfung des Alterns entwickelt (*Strategies for Engineered Negligible Senescence*, SENS), die innerhalb der Gerontologie zum Teil auf erhebliche Kritik stieß. Im Jahr 2005 schrieb die Zeitschrift «Technology Review» des Massachusetts Institute of Technology einen Geldpreis aus, der demjenigen zugesprochen werden sollte, der de Greys Ideen wissenschaftlich widerlegen kann. Keiner der drei eingereichten Widerlegungsversuche wurden von der Jury als überzeugend angesehen. Zu de Grey siehe bspw. die Website einer neuen Stiftung, die von ihm mitgegründet wurde: http://www.sens.org/node/414.

lem nanotechnischer Verfahren.⁷² Die Methuselah-Stiftung, die sich der Förderung der stark technikvisionären Altersforschung verschrieben hat, vergibt jährlich verschiedene Preise an Wissenschaftler für Erfolge im Bereich der Langlebigkeit von Mäusen. Interessanterweise erhielt im Jahr 2004 einen dieser Preise Sandy Keith, der mittels einer Verbesserung der Haltungsbedingungen (environmental enrichment) eine Maus züchtete, die ohne jegliche Behandlung oder körperliche Modifikation besonders lang lebte. Weitere Preisgewinner waren bspw. Forscher, die Kalorienbeschränkungen an Mäusen testeten oder ein transgenes Tiermodell mit abgeschaltetem Gen für das Hormonwachstum herstellten. Im Jahr 2009 erhielt Dave Sharp einen Preis für die Anwendung von Rapamycin⁷³ bei Mäusen, bei der die Lebensspanne der verwendeten Labormäuse erheblich anstieg (Harsion et al. 2009). Die Stiftung konzentriert sich erklärtermaßen auch deshalb auf Mäuse, weil die für Tierversuche speziell gezüchteten Mauslinien im Laufe der Zeit kürzere Lebensspannen aufweisen. Wissenschaftstheoretisch stellen sich hier indes einige Fragen. Im Wesentlichen gelingt es in den prämierten Experimenten lediglich, die Lebensspanne von Labormäusen an die ihrer wilden Artgenossen anzunähern und dies auch nur mit relativ bescheidenem Erfolg. Unklar bleibt, ob diese Experimente etwas über die Potenziale für eine Erweiterung der artspezifischen Lebensspanne aussagen können. Einer der Preise ist der Forschung zu Verjüngungsprozessen bei alten Mäusen gewidmet, wobei auch vorzeitig gealterte (pre-aged) Mäuse verwendet werden dürfen. Bei diesen handelt es sich um transgene Mausmodelle mit beschleunigtem Alterungsprozess.

2.1.10 Nanotoxikologie und Nanomedizin

Der Nanotechnologie gilt mittlerweile weithin als Schlüsseltechnologie (vgl. zum Folgenden auch: Bachmann 2006; Grunwald 2008). Dank dem ermöglichenden (*enabling*) und Querschnitts-

charakter dieses Feldes – zumeist ist heute von Nanotechnologien (im Plural) statt von «der Nanotechnologie» die Rede - wird es von Institutionen der Forschungsförderung massiv unterstützt (Coenen 2008; Paschen et al. 2004). Vielfältige Erwartungen richten sich sowohl auf eine effizientere Produktion verschiedenster Konsum- und Industriegüter als auch auf Anwendungen in zentralen gesellschaftlichen Bereichen wie der Medizin. Bisweilen wird «die Nanotechnologie» als Schlüssel zur Lösung einer ganzen Reihe globaler Probleme dargestellt. Der Diskurs ist hier zum Teil hochgradig visionär. Seine visionären Elemente, der «Nano-Hype» und die Veränderungen, die sich mit seinem Aufstieg in der Forschungs-, Technologie- und Innovationspolitik ergeben haben, sind bereits Gegenstand zahlreicher Untersuchungen gewesen (Coenen 2008; Grunwald 2008). Ungeachtet oder aufgrund dessen haben sich die Nanowissenschaften und -technologien aber mittlerweile zu einem anerkannten Schlüsselfeld entwickelt.

Die Nanomedizin wird von der European Science Foundation (ESF 2004) als ein Forschungs- und Entwicklungsbereich definiert, in dem Wissen über den menschlichen Körper auf der molekularen Ebene sowie molekulare Hilfsmittel für Diagnose, Therapie, Prävention, Schmerzverminderung und den Schutz menschlicher Gesundheit genutzt werden. Dabei unterscheidet die ESF fünf Bereiche, nämlich (I) analytische Werkzeuge bzw. Hilfsmittel, (II) Nano-Imaging, (III) Nanomaterialien und -werkzeuge, (IV) neue Systeme der Verabreichung von Medikamenten und Entwicklung neuer Medikamente sowie (V) klinische, regulatorische und toxikologische Fragen. Die Berücksichtigung der Toxikologie lässt sich auch aus dem hohen Maß an Ungewissheit im Bereich der Toxikologie neuer Materialien und ihrer Biokompatibilität erklären (Lanone und Boczkowski 2006). Nanotoxikologie und Nanomedizin erscheinen so als die zwei Seiten ein und derselben Medaille (Kagan und Shvedova 2005). Neue Ansätze zur Medikamentenherstellung (Liang et al. 2008) wie auch therapeutische Wirkungen von Nanopartikeln (Medina et al. 2007) werden ebenfalls mittels Tiermodellen getestet.

Auch in der Tiermedizin bestehen einige Erwartungen an Nanotechnologie, bspw. in Bezug auf die Diagnostik, im Bereich der Mikrofluidik, bei der verbesserten Verabreichung von Medikamenten und hinsichtlich Impfungen. Zum Teil werden hier bereits erheb-

⁷² Siehe dazu bspw. die Publikationen von Robert Freitas: http://www.nanomedicine.com/.

⁷³ Der Wirkstoff Rapamycin (bzw. Sirolimus) ist ein Immunsuppressivum, das aus einem Bakterium (Streptomycet) isoliert wird. Er kommt medikamentös in Nierentransplantationen (zur Verhinderung der Organabstoßung) und in der Kardiologie zum Einsatz.

liche Fortschritte wahrgenommen (Bollo 2007; Hirsch et al. 2003; Morein et al. 2004; Narducci 2007; Scott 2005; Sutherland 2009).

Eine der zahlreichen Hoffnungen in Bezug auf die Nanotechnologie ist zudem die Erwartung, dass durch sie eine Verminderung der Zahl von Tierversuchen und die Entwicklung effizienter Alternativmethoden möglich werden (NSF 2001). Die Idee ist hier, dass sich durch die Beobachtung und Kontrolle von Phänomenen auf der Nanometerebene die prognostischen Möglichkeiten erheblich erweitern lassen (vgl. Ferrari 2009b). Die Realität der Forschung spricht bisher aber eher dafür, dass durch den Aufstieg der Nanotechnologie Tierversuche zugenommen haben.

So ist bspw. ein neuer Bereich der Toxikologie entstanden, die sog. Nanotoxikologie, die sich mit den Wirkungen von Nanopartikeln und -materialien auf lebende Organismen beschäftigt (Oberdörster 2005; Oberdörster et al. 2005; vgl. bspw. auch Alvarez 2009; Müller et al. 2008, NNI 2008; Royal Society 2004). Forschungsprogramme zu dieser Thematik wurden und werden verschiedentlich gefördert, bspw. in dem Projekt Nanocare.⁷⁴ Auf der Nanometerebene spielen bei Materialien die Oberflächeneigenschaften gegenüber den Volumeneigenschaften vergleichsweise eine große Rolle, und beim Unterschreiten gewisser Größen müssen zunehmend quantenphysikalische Effekte berücksichtigt werden. Diese Besonderheiten bringen verschiedene Herausforderungen für die Überprüfung der Toxizität von Materialien mit sich, und die Studien dazu werden zu einem großen Teil mittels Tiermodellen durchgeführt. Solche Untersuchungen haben bspw. gezeigt, dass Nanopartikel, die sich in der Lunge oder im Darm von Tieren ablagern, deren Blutkreislauf und damit andere Organe (wie Gehirn oder Leber) erreichen können, und dass Nanopartikel unterschiedliche Aufnahmemechanismen je nach Zelltyp zeigen (Tetley 2007, Zhao und Nalwa 2006; Unfried et al. 2007). Wie Oberdörster (2010) zeigt, ist es für eine Verbesserung toxikologischer Testverfahren und speziell auch für eine Reduktion von Tierversuchen zentral, dass In-vitro-Verfahren gezielt für Nanopartikel validiert werden, um dadurch In-vivo-Effekte besser vorhersehen

zu können. Ein großes Problem stellt dar, dass In-vitro- und In-vivo-Studien oft zu gegensätzlichen Ergebnissen kommen. Studien an Ratten hatten bspw. zum Ergebnis, dass die Toxizität von Titandioxid nicht von der Größe und Oberfläche abhängt (Wahrheit et al. 2007), aber In-vitro-Studien zeigten, dass Nanopartikel stärker in der Lage sind, freie Radikale zu produzieren, die eine Störung der Zelle verursachen können (Drobne 2007). Seagrave und seine Gruppe (2002) wiederum testeten verschiedene Emissionen von Motoren auf deren Potenzial für In-vitro-Mutagenizität und In-vivo-Entzündungen und stellten Parallelen zwischen In-vitro- und In-vivo-Toxizität fest.

2.2 Nutz- und Arbeitstiere

Wie schon der Begriff selbst sagt, dienen Nutztiere vorrangig menschlichen Bedürfnissen und zwar insbesondere ökonomischen in der Landwirtschaft. Sie dienen unmittelbar als Lebensmittel (Fleisch und Fisch), als Produzenten von Lebensmitteln (Milch und Eier) sowie von hochwertigen Einzelsubstanzen, als Lieferanten von Rohstoffen für Kleidung (Leder, Pelze, Wolle, Seide usw.) sowie für verschiedene industrielle und Forschungsbereiche und schließlich auch für dekorative und Einrichtungszwecke (Felle als Wandschmuck oder Teppichersatz). Die klassischen Arbeitstiere wie Last- und Zugtiere sowie Reittiere haben hingegen in der industrialisierten Welt weitgehend ihre ökonomische Bedeutung verloren und werden zumeist nur noch zu folkloristischen, feierlichen und Unterhaltungszwecken (bspw. Kutschfahrten), für den Sport (2.4) oder für militärische Zwecken eingesetzt (2.2.4).

Bei der landwirtschaftlichen Nutzung von Tieren haben Eingriffe in Tiere zwecks Verbesserung ihrer Eigenschaften eine sehr lange Tradition. Schon die Selektion in der Züchtung ist darauf gerichtet, Nutztiere effizienter und gewinnbringender zu machen. Bekannt als dritte agrarische Revolution (nach der ersten in der Jungsteinzeit und der zweiten am Ende des 17. Jahrhunderts in Europa) ermöglichten technische Innovationen in der Landwirtschaft zwischen den 1930er und 1960er Jahren eine enorme Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion. Dies wurde vor allem durch die Entwicklung der Agrikulturchemie, die Gewinnung von Stick-

⁷⁴ Dieses Projekt (2006–2009) widmete sich der Abschätzung von Effekten synthetischer Nanomaterialien auf die menschliche Gesundheit (s. dazu: http://www.nanopartikel.info).

stoffdüngemitteln und die Fortschritte in Pflanzen- und Tierzucht erreicht. Mit der Entwicklung der Gentechnik vermehrten sich die Möglichkeiten der Intervention in tierische Eigenschaften noch einmal und veränderten sich zudem qualitativ. Eine direkte Gestaltung der Tiere durch gezielte Manipulation ihrer Eigenschaften und Fähigkeiten schien nun in greifbarer Nähe zu sein. Wie so oft in der Wissenschafts- und Technikgeschichte stellte sich aber bald heraus, dass der Weg von der Vision zur Realisierung lang ist. So erlauben bspw. die bisherigen Techniken keine gezielte Einführung des Genkonstrukts ins Genom, und transgene Nutztiere zeigen eine Reihe phänotypischer Störungen und Probleme. Aktuell richten sich die Hoffnungen auf neue gentechnische Verfahren wie auch auf die Anwendung von Nanotechnologien, um die Eingriffe gezielter gestalten zu können. Ungeachtet der Schwierigkeiten und des Umstands, dass vieles bisher noch Vision und nicht Wirklichkeit ist, lässt sich festhalten, dass die moderne Tierzucht bereits weitgehend durch die Anwendung der Ergebnisse genetischer Forschung geprägt ist (Neumann 2009). Darauf wird im Folgenden zunächst anhand verschiedener Beispiele eingegangen.⁷⁵

2.2.1 Transgene Nutztiere

Mit der Genomforschung der 1990er Jahre erweiterten sich nicht nur die Kenntnisse über Nutztiere, sondern es kamen auch viele Hoffnungen auf hinsichtlich der Verwendung von transgenen Tieren als eine neue Generation von Nutztieren (*gene farming*, vgl. 2.1.4). Neben den Erwartungen an eine Neugestaltung der Tiere und Verbesserung ihrer Leistungen bedeutete die Entwicklung des Klonens mittels somatischen Gentransfers einen weiteren Meilenstein (2.1.2). Durch diese Methode konnten die in der Herstellung aufwendigen transgenen Nutztiere ohne Verlust der Eigenschaften

vermehrt werden (Clark et al. 2000; Berg et al. 2007; vgl. Ferrari 2008). Andere Studien zeigten das Potenzial des Klonens (mittels somatischen Gentransfers) für das Gene-Targeting durch homologe Rekombination in Schafen und Schweinen (McCreath et al. 2000; Denning et al. 2001). Einige Autoren erhoffen sich die Gewinnung neuer Lebensmittel aus transgenen Tieren sowie die Herstellung gesünderer und effizienterer Tiere (Laible und Alonso-González 2009; Modric und Mergia 2009). Weitere Hoffnungen richten sich auf das Potenzial gentechnischer Veränderung, Umweltverschmutzung zu reduzieren, die mit der Haltung und dem Konsum von Nutztieren einhergeht (Laible 2009).

Die Anwendung dieser Techniken hat allerdings eine ethische Kontroverse bezüglich der Vertretbarkeit des Verzehrs von Fleisch und anderen Produkten dieser Tiere ausgelöst (2.2.2.). Selbst nach zwei Dekaden der Forschung zur Herstellung dieser Tiere gibt es zudem immer noch viele Schwierigkeiten, vor allem aufgrund der instabilen Insertion des Genkonstruktes ins Genom. Gene-Targeting ist deshalb noch kein Standardprozess im Nutztierbereich geworden (Laible und Alonso-González 2009). Überdies sind bei in der Landwirtschaft wichtigen Eigenschaften der Tiere komplexe biologische Strukturen und Prozesse involviert (Laible 2009).

Aktuell wird intensiv an neuen Methoden zur Lösung der Probleme gearbeitet, um zu einer effizienten und gezielten gentechnischen Veränderung zu kommen, wie bspw. durch die Einführung von DNA mittels rAAV-Vektoren (rAAV: rekombinante Adenoassoziierte Viren). In der experimentellen Forschung wurden bereits einige Ergebnisse erzielt. Die Ausschaltung eines bestimmten Gens beim Rind kann bspw. die Allergenität von Kuhmilch für Kinder senken (Wal et al. 1998; Sabikhi 2007; Wang et al. 2008; vgl. Kolb 2002). Es gibt allerdings noch keine Daten zu eventuellen phänotypischen Störungen dieser Tiere. Transgene Kühe, Ziegen und Schafe werden auch zwecks Erhöhung der Milchproduktion, der Verbesserung des Nährwerts oder sonstiger Eigenschaften der Milch sowie der Produktion pharmakologisch wirksamer Proteine («gene farming», vgl. 2.1.4) hergestellt. Hoffnungen richten sich insbesondere auf eine Erhöhung der Milchmenge bei Nutztieren in wärmeren Ländern wie Indien oder Brasilien, die normalerweise eine geringere Produktion aufweisen, sowie auf die Modifikation

⁷⁵ Eine interessante ethische Debatte hat sich auch zu der Vision entwickelt, Nutztiere durch gentechnische Modifikation so zu verändern, dass sie weniger unter den Haltungsbedingungen leiden oder dass sie sogar überhaupt nicht leidensfähig sind (2.1.2; 3.3). Laible (2009) argumentiert in einem Überblicksartikel, dass solche denkbaren Techniken auch zum Vorteil der Tiere in einer Zeit des Klimawandels genutzt werden könnten. Durch gezielte gentechnische Veränderung könnten Tiere den neuen klimatischen Bedingungen angepasst werden.

der Tiere mit dem Ziel, für menschliche Neugeborene besonders wertvolle Milch zu erzeugen (Wall et al. 1991; Grosvenor et al. 1993). Transgene Ziegen wurden hergestellt, in deren Milch das antibakterielle Protein Lyzozym des Menschen enthalten ist. Dadurch soll die Milch für den menschlichen Konsum sicherer werden, aber es wurden auch Vorteile für die milchgebende Ziege festgestellt, wie eine verbesserte Darmflora und ein Schutz gegen Mastitis (Maga et al. 2006). Als weitere wichtige Anwendung erscheint die Steigerung des Anteils von Kasein-Komponenten in der Milch, zur verbesserten Produktion von Milchprodukten wie Käse und Joghurt (Bleck et al. 1995): Transgene Kühe wurden hergestellt, die Milch mit erhöhten Werten von β-Kasein und k-Kasein produzieren (Brophy et al. 2003; vgl. Wheeler 2007). Vielversprechend erscheint die Erhöhung des Anteils an Glycomacropeptid in der k-Kasein-angereicherten Milch von transgenen Kühen, das laut neueren Studien Schutz vor Toxinen, Bakterien und Viren sowie gegen Magen-Darmentzündungen bieten könnte (Brody 2000; Clare und Swaisgood 2000; vgl. Laible 2009). Die Forschung zur Produktion von Milch mit weniger Laktose für den menschlichen Konsum befindet sich noch in der experimentellen Phase mit Mausmodellen (Stinnakre et al. 1994). Andere Forschungsansätze richten sich auf die Reduzierung von gesättigten Fettsäuren und die Steigerung von ungesättigten Fettsäuren in Milch durch die Produktion von Enzymen, die bei der Konvertierung dieser Fettsäuren involviert sind, bspw. mit transgenen Ziegen (Reh et al. 2004). Auch wurden transgene Schweine hergestellt, in deren Genom das in Spinat enthaltene Gen FAD2 eingeführt wurde, das an der Synthese von besonderen Fettsäuren beteiligt ist (Saeki et al. 2004).

Eine Modifikation der Zusammensetzung der Milch kann auch zur Erhöhung der Gesundheit der Tiere beitragen. Transgene Schweine, die das Protein alpha-Milchalbumin exprimieren, das eine entscheidende Rolle in der Synthese von Laktose und in der Regulation des Milchvolumens spielt, produzierten eine Milch, die höhere Anteile an Laktose und Kohlenhydraten hatte. Dies erwies sich als Vorteil für das Wachstum und Überleben von Ferkeln (Wheeler et al. 2001). Der größte Teil der heutigen Forschung zur Milchproduktion ist aber der Herstellung von Medikamenten für den Menschen, also dem Gene-Pharming (2.1.4), gewidmet.

Ein auch aus tierethischer Sicht hochrelevantes Forschungsgebiet sind Untersuchungen zur Erhöhung der Krankheitsresistenz in transgenen Nutztieren, in dem unterschiedlichen Strategien verfolgt werden. In transgenen Mausmodellen hat sich die Idee der Produktion von monoklonalen Antikörpern in Milch, die dann diese Tiere direkt vor Infektionen schützen können, als fruchtbar erwiesen (Castilla et al. 1998). Eine andere Strategie besteht in der Störung der Viren-Eintrittsmechanismen. Dies wurde erfolgreich in Mausmodellen getestet. Beim Einsatz von transgenen Schweinen mit dem Mx1-Gen ergaben sich Probleme, für die aber in jüngster Zeit wiederum erfolgversprechende Lösungsansätze entwickelt wurden (Mueller et al. 1992; Leroy et al. 2006; Palm et al. 2007; Ono et al. 2006). Bei der Bekämpfung von Mastitis (Entzündung der Milchdrüsen) werden transgene Kühe hergestellt, in deren Milch das antibakterielle Peptid Lysostaphin enthalten ist, das die Milchdrüsen gegen die Entzündung schützt (Wall et al. 2005; Donovan et al. 2005).

Auch Fische werden gentechnisch verändert, bspw. zur Erhöhung der Kältetoleranz – durch das Einschleusen eines Antifreeze-Proteins (AFP) – sowie der Krankheitsresistenz, beides zwecks Erhöhung der Anpassungsfähigkeit an die spezifischen Haltungsbedingungen in Fischzuchten, (Dunham 2009; Marshall et al. 2004; Rembold et al. 2006). Studien haben gezeigt, dass die Einführung von Wachstumshormonen sowohl negative als auch positive Effekte auf die Fitness bzw. den Gesundheitszustand von Fischen haben kann (Devlin 1994; Pitkanen et al. 1999; Nam et al. 2001). Da transgene Fische ein Risiko für die Umwelt darstellen können, existiert auch eine breit angelegte Forschung über die Herstellung von sterilen Individuen (Devlin 2009). Darüber hinaus zielen viele Forschungsansätze auf die Verbesserung des kommerziellen Nutzens von Fischen durch verbesserte Nährwerte (Wheeler 2007). In diesem Zusammenhang wurde auch die Idee entwickelt, transgene Schweine herzustellen, die besonders reich an den in Fischen enthaltenen Omega-3-Fettsäuren sind (Lai et al. 2006).

Die Steigerung des Wachstums ist ein Ziel bei anderen transgenen Nutztieren, wobei es aber zu erheblichen Problemen gekommen ist. Ein bekanntes Beispiel sind die sog. «Beltville»-Schweine, die weit größer als ihre nicht veränderte Artgenossen wurden, aber Gelenkprobleme (wegen Übergewichts), Bewegungsschwierigkei-

ten und eine geringere Fortpflanzungsrate aufwiesen (Pursel et al. 1989; vgl. Pinkert et al. 1994; Pursel et al. 2004; Adams und Briegel 2005). Pursel und seine Gruppe (1989) haben die Hypothese aufgestellt, dass die bereits seit langer Zeit existierende Zuchtselektion zur Maximierung des Wachstums die Einführung von Wachstumshormonen ins Genom mittels Gentechnik ineffektiv gemacht hat. Allerdings ist die Überprüfung dieser Hypothese schwierig, da die für einen Vergleich notwendigen Wildtiere schon lange nicht mehr existieren (Devlin et al. 2009). Die Forschung richtet sich auch auf die Bestimmung der Rezeptoren und Proteine, die das Wachstum regulieren, und dazu werden auch transgene Nutztiere hergestellt (Snowder et al. 1994). Die meisten dieser Studien erfolgen allerdings mit Mäusen als Versuchstieren (McPherron, Lawler und Lee 1997). Nach anfänglichen Schwierigkeiten wurden auch bei der Herstellung transgener Rinder Fortschritte erzielt, die in ihren Skelettmuskeln den menschlichen Wachstumsfaktor IGF-I exprimieren (Pursel et al. 1999). Darüber hinaus haben die Forschungen zum sog. Myostatin-Gen (GDF8), das ein Muskel-Wachstums-Hemmungs-Protein kodiert, im Kontext des «Gendopings» an Bedeutung gewonnen. Eine Mutation dieses Gens, bei der das Protein nicht mehr fähig ist, das Muskelwachstum zu kontrollieren, ist für das Phänomen der Doppelmuskulatur verantwortlich ist, die mit höherer Frequenz in zwei Rassen («Piedmontese» und «Belgian Blue») auftaucht (Kambadur 1997; McPherron und Lee 1997; vgl. 2.1.). Durch GDF8-Knock-out Mausmodelle konnte dann diese Rolle des Gens bestätigt werden, wobei die Mäuse ein abnormes Muskelwachstum zeigten (Mc-Pherron und Lawer 1997). Die Erforschung der unterschiedlichen Mutationen dieses Gens und seine phänotypische Expressionen können dazu beitragen, die Möglichkeiten zur Verbesserung des Körpers von Rindern zu erweitern (Bellinge et al. 2005; Grisolia et al. 2009).

Andere Forschungen zielen darauf ab, das Fleisch von Nutztieren nahrhafter zu machen oder es den Tieren zu ermöglichen, mehr Nährwerte aus Pflanzen zu absorbieren. Es bestehen Hoffnungen, dass durch eine Veränderung der Fett- oder Cholesterinwerte im Körper der Tiere alle aus ihnen gewonnenen Produkte (Eier, Milch und Fleisch) für den menschlichen Konsum verbessert werden können (Wheeler 2007).

Darüber hinaus gibt es auch Versuche zur Verbesserung der Nutztiere durch eine «nachhaltigere» Zucht. Golovan und seine Gruppe (2001) haben beispielsweise transgene Schweine hergestellt, die sehr jung Phytase in den Speicheldrüsen exprimieren (die sogenannten «Enviro-Pigs»). Phytase erhöht die biologische Verfügbarkeit von Phosphor aus den Phytinsäuren von Getreide und Soja, sodass diese Schweine fast keinen Phosphatzusatz im Futter mehr benötigen. Diese Veränderung könnte – durch die Verringerung der Umweltverschmutzung durch Phosphor in der Landwirtschaft – auch für die Umwelt vorteilhaft sein. Andere Vorschläge betreffen Aminosäuren und Glukose sowie die Mikroflora bei Wiederkäuern (Weimer 1998; vgl. Laible 2009).

Nicht zuletzt sind seit längerer Zeit auch Eingriffe zur Erhöhung der Fruchtbarkeit und zur verbesserten Reproduktion von Tieren sowie zur Verbesserung der Qualität der aus Tieren gewonnenen Haare und Fibern von einer gewissen Bedeutung (Hollis et al. 1983; Pieper et al. 1985; Powell et al. 1994; Rotschild et al. 1994). In neuerer Zeit wurden zudem transgene Ziegen hergestellt, in deren Milch ein besonderes Protein enthalten ist, das in Spinnen verantwortlich für die Dehnbarkeit von Radnetzen ist (Karatza et al. 1999). Heutzutage untersucht man zur Erhöhung der Qualität der Wolle auch nur die biologischen Eigenschaften der involvierten Gewebe (Rogers 2006; Yu et al. 2009) und nicht die der ganzen Tiere.

Zu den Hauptzielen der heutigen Forschung zu transgenen Nutztieren gehören die Herstellung von geeigneten Schweinen für die Xenotransplatation (2.1.5) und ein besseres Verständnis der Mechanismen der sog. Prion-Genen, die für die spongiforme Enzephalopathie verantwortlich sind (Laible und Alonso-González 2009). Prominente Beispiele der pathologischen Rolle von Prion-Genen sind die Traberkrankheit in Schafen und Ziegen, BSE (Bovine Spongiforme Enzephalopathie) in Rindern sowie CWD (chronic wasting disease) in Rehen und Elchen. Diese Krankheit erreichte seit dem ersten menschlichen Todesfall in

⁷⁶ Im Jahr 2002 erklärten die Biotech-Firma Nexia Biotechnologies Inc. und das U.S. Army Soldier Biological Chemical Command (SBCCOM) die Produktion unterschiedlicher Seideproteine der Spinnen in Zellkulturen aus der Verwendung unterschiedlicher Gene dieser Spinnen (Lazaris 2002).

Großbritannien 1995 einen großen öffentlichen Bekanntheitsgrad. Dabei wurde die auf den Menschen übertragbare Form dieser spongiformen Enzephalophathie entdeckt, eine neue Variante der Creutzfeldt-Jakob-Erkrankung (nvCJD).⁷⁷ Sie wurde offensichtlich durch Verzehr von BSE-verseuchtem Rindfleisch aufgelöst. An Knockout-Mäusen wurde gezeigt, dass durch die Ausschaltung des sog. «Prion-Proteins» (PrP) die Infektion und damit die Krankheitsübertragung erfolgreich vermieden werden können (Valleron et al. 2001; Weissman et al. 2002). Die Forschung wurde vor allem an transgenen Rindern weiterentwickelt, bei denen die PRPs ausgeschaltet und die dadurch gegen diese Krankheit resistent sind (Ritch et al. 2007).

Aufgrund der Schwierigkeiten bei der Herstellung von transgenen Tieren wird sich in diesem Gebiet inzwischen wieder auf die Grundlagenforschung konzentriert. Beispielhaft sei hier Projekt das FUGATO-plus genannt. Dessen wissenschaftliche Ziele bestehen in der Erforschung genetisch bedingter Faktoren für die Entstehung von Krankheiten der Fortbewegungsorgane bei Rindern, Schweinen, Pferden und Schafen auf molekularer Ebene. Hier handelt es sich also um eine Art von Grundlagenforschung im Bereich der Tiermedizin und der Nutztierhaltung und um keine direkten Eingriffe, wobei selbstverständlich diese Erkenntnisse auch zur Entwicklung neuer Ansätze für gentechnische Veränderungen dienen können.

2.2.2 Klonen in der Landwirtschaft

Die Etablierung der Methode des somatischen Gentransfers in Nutztieren hat viele neue Möglichkeiten eröffnet.⁷⁹ Als primäres Ziel des Klonens kann die Vervielfältigung hochwertiger Nutztiere zu reproduktiven Zwecken gelten. 80 Insgesamt gibt es fast 200 Labore weltweit, die sich mit Klonen von Nutztieren beschäftigen, vor allem in den USA, China, Japan, Südamerika und Großbritannien, dem in Europa in diesem Bereich führenden Land (CNN 2008). Die geklonten Tiere sollen als Reservoir hochwertigen Reproduktionsmaterials wie Spermien oder Eiern für die erfolgreiche Zucht von Nutztieren dienen. Außerdem ermöglicht das Klonen die Vermehrung von bereits erfolgreich etablierten transgenen Nutztieren, die schwierig zu herstellen sind.

Im Jahr 2006 hat die US-amerikanische Food and Drug Administration (FDA) den Verzehr von Fleisch und Milch aus geklonten Nutztieren (Rindern, Schweinen und Ziegen) als sicher erklärt und ihn genehmigt. Diese Bewertung basiert auf einer siebenjährigen Prüfung der Risiken und möglichen Nebenwirkungen des Konsums der Produkte. Nach dieser Prüfung erfolgte die Erarbeitung von drei Dokumenten zur Regulierung (Risikobewertung: Risikomanagement; Richtlinien für die Industrie; vgl. FDA 2008). Viele wissenschaftliche Studien stützen die Bewertung der FDA (Yang et al. 2007; Miller 2007; Rudenko et al. 2007). Zu dem gleichen positiven Ergebnis bezüglich der Produkte aus geklonten Rindern und Schweinen kam man auch in Europa (EFSA 2008, 2009)81, wobei hier stärker als im Fall der FDA die Nachteile für die Gesundheit von Tieren betont wurden. Das US-Landwirtschaftsministerium hat erklärt, dass in den USA ungefähr 600 geklonte Tiere existieren, von denen die überwiegende Mehrheit Rinder sind (CNN 2008). Da geklonte Tiere sehr teuer sind (CNN 2008), ist es in der näheren Zukunft sehr unwahrscheinlich, dass

⁷⁷ Die Creutzfeldt-Jakob-Erkrankung (CJD) wurde 1920 zum ersten Mal beschrieben. Typische Symptome sind Demenz, Wesensveränderungen und Verlust der Bewegungskoordination.

⁷⁸ http://www.uni-protokolle.de/nachrichten/id/151278/; http://www.fz-juelich.de/ptj/fugatoplus; http://www.kompetenznetze.de/service/ausschreibungen/2007/2007-01-01-FUGATO-plus-Optimierte-Zuechtungsverfahren-fuer-komplexe-Merkmale-bei-Nutztieren

⁷⁹ Hoffnungen bestehen hinsichtlich der Rettung bedrohter Tierarten, und ein Nutzen wird auch im Heimtierbereich gesehen.

⁸⁰ Zu beachten ist in diesem Zusammenhang, dass auch ohne Klonen heutzutage schon die am besten geeigneten Tiere für reproduktive Zwecke selektiert werden und dass entsprechende biotechnologische Verfahren (wie bspw. künstliche Besamung – durch Einführen des Spermas in den Körper des weiblichen Tieres –, In-vitro-Befruchtung – Befruchtung außerhalb des Körpers – sowie Superovulation – Stimulierung der Bildung einer hohen Zahl von Eizellen – und Embryotransfer mit anschließendem Austragen in Leihmuttertieren) in der Landwirtschaft weit verbreitet sind.

⁸¹ Auf EU-Ebene findet derzeit im Rahmen der Regulierung von novel food eine Auseinandersetzung u. a. über Lebensmittel aus geklonten Tieren statt, bei der das Europäische Parlament eine restriktivere Position einnimmt als die Kommission (3.3.3).

Produkte aus diesen Tieren den Verbrauchermarkt erreichen (vgl. für eine Liste der Firmen, die mit geklonten Tieren handeln: Suk et al. 2007). Es wird daher nach anderen Methoden für den Schutz und die Weitergabe von selektierten Eigenschaften gesucht. Vor dem Hintergrund der in Europa weitverbreiteten Skepsis gegenüber dem Einsatz von Biotechnologie im Nahrungsmittelbereich, befüchten viele Forscher, dass der Konsum von Produkten aus transgenen Tieren auf öffentliche Akzeptanzprobleme stoßen könne (3.3.5).

Auch in Europa wird aber das Klonen als Technologie zur Herstellung qualitativ hochwertiger Tiere im Sinne einer Verbesserung der Tiere beworben: «Stammt der Klon von einer Rasse, die frei von bestimmen Krankheiten ist, kann die Krankheit bei dieser Rasse ausgerottet werden. Darüber hinaus könnten damit die besten Rassen und das hochwertigste Fleisch und andere Produkte in einer stets gleich bleibenden Qualität erzeugt werden. Daher sind die potenziellen Vorteile gegen die möglichen Risiken abzuwägen.» ⁸³ Die European Group on Ethics in Science and New Technologies zeigte sich indes in einer Stellungnahme zum selben Thema (EGE 2008) eher skeptisch (vgl. dazu 3.3.3).

Auch in diesem Feld handelt es sich um eine Anwendung von Technologien an Tieren zwecks Verbesserungen hinsichtlich ihrer Nutzung für menschliche Zwecke. Die primären Ziele liegen also in der Steigerung des Nutzwertes der Tiere. Noch treten aber im Zusammenhang mit dem Klonen phänotypische Störungen sowie Fruchtbarkeitsprobleme auf.

2.2.3 Nanotechnologien in der Landwirtschaft

Nanotechnologien werden als neue Schlüsseltechnologien bezeichnet (2.1.10). Große Erwartungen werden daher auch in deren Anwendung in der Landwirtschaft gesetzt, die sich nicht nur auf verbesserte Verpackungen und die Verbesserung biochemischer Eigenschaften der Lebensmittel richten, sondern auch auf die Steigerung der Effizienz von Nutztieren (USDA 2003; ETC Group 2004). Obwohl Anwendungen an Tieren noch stark visionär er-

scheinen, hofft man hier erstens, dass die verbesserten Kenntnisse auf atomarer Ebene einen entscheidenden Beitrag zur gentechnischen Veränderung oder zum Klonen von Nutztieren leisten können. Hier wird auch von «precision farming» gesprochen, wobei dann öfters (bspw. Nanoforum 2006) nur an Pflanzen gedacht wird. Zweitens wird erwartet, durch die Herstellung und Verwendung von Biosensoren den Gesundheitszustand von Nutztieren konstant überwachen und bei Bedarf eingreifen zu können. Drittens ist hier an neue Methode zum Schutz der Gesundheit von Tieren gedacht (Scott 2005; vgl. Luo 2003). Schließlich wird von Nanotechnologien die Herstellung präziserer Instrumente im Bereich der Diagnostik und des *screening* von Medikamenten erwartet, die auch dann für Tiere verwendet werden könnten.

Die wichtigsten Techniken existieren heutzutage in den Bereichen der Bioseparation (Herstellung von Nanomaterialien oder Nanoprozessen, die Biomoleküle trennen können), der Mikrofluidik (die bei der In-vitro-Befruchtung von Nutztieren verwendet wird), des Nukleinsäure-Bioengineering (Verwendung von DNA als Bausteine für die Herstellung von Nanopartikeln für die Biotechnologien) und eines verbesserten *drug delivery* (für die Verabreichung von Medikamenten an Nutztiere). Eine zentrale Rolle spielen auch die Forschung zu Nanosensoren, die dann chemische Schadstoffe schnell bestimmen könnten, sowie die Herstellung verschiedener Nanomaterialien wie Nanoröhrchen, *buckyballs*, Dendrymeren, Nanoshells und *quantum dots*, die für eine bessere Kontrolle der chemischen Reaktionen sowie eine gezieltere Manipulation der Strukturen sorgen sollen (Scott 2005).

Die Herstellung von intelligenten «Biosensoren», die den Gesundheitszustand des Tieres kontrollieren, stellt eine große Herausforderung dar. Dabei wird im Bereich der Nanomedizin zwar mit Tiermodellen experimentiert, die primären Ziele liegen indes im Bereich der Humanmedizin (Hirsch et al. 2003; Goldberg et al. 2007; s. aber auch O'Connell et al. 2002). Ziel ist die Integration unterschiedlicher technologischer Systeme (für Diagnostik und drug delivery). Dabei hätte dann, ganz im Sinne der «Converging Technologies», neben Nanobiotechnologien und Bioinformatik auch die Nanoelektronik eine zentrale Bedeutung, u. a. hinsichtlich des Ziels, Instrumente herzustellen, die sich selbst aktivieren und regulieren können (Scott 2005).

⁸² Diese und die nachfolgenden Einschätzungen wurden von Cesare Galli in einem für dieses Projekt durchgeführten Interview vorgenommen.

⁸³ Vgl. http://www.efsa.europa.eu/de/ahawtopics/topic/cloning.htm.

Auch wenn Optimismus durchaus weitverbreitet ist (Scott 2007; Bollo 2007), bleibt aber festzuhalten, dass sich die Forschung hier ganz überwiegend noch in einer sehr frühen Phase befindet.

2.2.4. Militärische Nutzung, Spionage und Maschinensteuerung

Der zu Beginn des Kapitels 2.2 bereits angesprochene Bedeutungsverlust von Zug- und Reittieren in industrialisierten Ländern betrifft weltweit auch den militärischen Bereich (vgl. zum Folgenden bspw. Pöppinghege 2009). Gleiches gilt für Kampftiere sowie für Brieftauben – und die im Zweiten Weltkrieg geplante und zum Teil erprobte Nutzung von Tieren (Fledermäusen und Hunden) als Träger von Explosionsstoffen oder zur Raketenlenkung (Tauben) hat keine Fortsetzung gefunden. Außer Pferden und Maultieren, die vor allem noch in gebirgigem und anderem schwierigen Terrain als Lasttiere sowie (vor allem auch von der Polizei) zur Kontrolle potenziell feindseliger Zivilistenansammlungen eingesetzt werden (Ertl 2005), haben einzig Hunde einiges von ihrer früheren militärischen Bedeutung behalten. Seit dem Ende des 20. Jahrhunderts wurden Hunde in großer Zahl und systematisch militärisch eingesetzt, bspw. im Schutz- und Wachdienst, zur Minensuche, als Meldehunde, als Spürhunde zum Aufstöbern von Feinden und als Sanitätshunde zum Finden und Bergen Verletzter. Die Mehrzahl dieser Funktionen erfüllen sie auch noch in heutigen Armeen.

Es gibt aber auch neue Entwicklungen: Neben der vor allem zivilen Nutzung bestimmter Rattenarten für die Landminensuche und einem US-Forschungsprojekt zur Nutzung von Bienen für denselben Zweck, ist hier vor allem das seit Anfang der 1960er Jahre bestehende Meeressäugerprojekt der US-Marine (US Navy Marine Mammal Program) zu nennen, das unter Tierschutzaspekten verschiedentlich kritisiert worden ist, jedoch auch von anderen Ländern für eigene Programme zum Vorbild genommen wurde. In dem bis in die 1990er Jahre geheimen US-Projekt wurden vor allem Delphine und Robben für verschiedene Zwecke trainiert und (bspw. in Vietnam und im Irak) auch eingesetzt. Die Aufgaben umfassen die Seeminensuche, die Bewachung von Häfen gegen feindliche Taucher und die Unterwasserbergung. Durch ihre natürlichen Fähigkeiten sind sie für diese Aufgaben besonders gut geeignet, zum Teil besser als moderne Technologien. Gerüchte

über ihre Nutzung zu offensiven Zwecken sind unbestätigt und erscheinen unwahrscheinlich.

Betrachtet man die Bedeutung von Tieren für das Militär umfassender, indem noch die bionische sowie die sich Tierversuchen bedienende Militärforschung einbezogen werden, erscheint das Bild komplexer. Gerade bei einigen der in der Debatte über «Converging Technologies» meistdiskutierten technologischen Entwicklungen spielte Militärforschung bzw. von militärischen Einrichtungen finanzierte Forschung eine zentrale Rolle, u. a. bei den Arbeiten zu Hirn-Maschine-Schnittstellen (s. bspw. Nicolelis 2002). Überdies dienen Tiere und Tiereigenschaften, anscheinend mit zunehmender Tendenz, als Vorbilder oder Inspirationen für Entwicklungen in der Militärforschung. Von einigen avancierten Militärrobotern mit zoomorphen Zügen wird bspw. erwartet, dass sie in Zukunft die Rolle von Lasttieren in schwierigem Terrain übernehmen können. Es

Eine interessante Entwicklung, die auch für zivile Zwecke (bspw. bei Such- und Rettungseinsätzen) von Nutzen sein könnte, ist die bereits erwähnte Fernsteuerung von Tieren (2.1.8), wobei bisher mit Ratten, Haien, Vögeln (Tauben) und Insekten experimentiert wurde (vgl. dazu und zum Folgenden: Marshall 2008). Zumindest das Militär der USA, Chinas und Israels hat in den 2000er Jahren Interesse an dieser Art Forschung und Entwicklung gezeigt oder sie sogar gefördert. Neben der Suche von Explosivstoffen und Rettungseinsätzen liegt hier weiterer potenzieller Nutzen im Bereich der Aufklärung und Spionage. Größere Tiere wie Ratten, Tauben und Haie können mit Kameras ausgestattet werden, haben allerdings den Nachteil, durch ihre Größe selbst

⁸⁴ Eine informative Website mit verschiedenen Videos zu neuen Entwicklungen bei Gehirn-Computer-Schnittstellen, in der auch auf verschiedene Projekte mit militärischem Hintergrund eingegangen wird, ist: http://cyborgdb.org/mckeever.htm. Weiter oben im Text wurde schon verschiedentlich auf Projekte hingewiesen, die im Kontext der Militärforschung stehen.

⁸⁵ Siehe bspw. BigDog von der Firma Boston Dynamics, dessen Entwicklung von der bekannten, hochinnovativen Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) des US-Verteidigungsministerium finanziert wurde: http://www.bostondynamics.com. Zur Rolle der DARPA in Bezug auf die «Converging Technologies» vgl. bspw. Coenen (2008).

leichter entdeckt werden zu können. Auch aus diesem Grund setzt zumindest die US-Militärforschung mittlerweile stärker auf Insekten, insbesondere Motten und Käfer. 86 Trotz erster Erfolge bleiben aber zahlreiche technische Probleme ungelöst, zumindest insoweit sich das bei Forschungen sagen lässt, bei denen zum Teil militärische Geheimhaltung gilt. Bisher gelingt die Fernsteuerung der Tiere anscheinend nur in begrenztem Umfang, und die technischen Modifikationen der ersten Tiermodelle waren relativ einfach zu erkennen. Zu den Problemen zählen die Herausforderungen bei der Steuerung unter Realbedingungen (bspw. Störung vorprogrammierter Bewegungsabläufe bei starken Winden) – die bei einer Nutzung für Spionage noch durch die Notwendigkeit der Tarnung vermehrt würden -, die geringe Lebensspanne vieler Insekten (bei gleichzeitig erheblichem Arbeits- und Herstellungsaufwand) und eine mögliche Konkurrenz zwischen elektronischer Kontrolle und anderen Reizen (bspw. Licht bei Motten und die Wirkung von Pheromonen). Gleichwohl bleiben einige der Ziele, die mit diesen Projekten verfolgt werden, wie auch einige verwendete Methoden bemerkenswert. Im Fall der Experimente mit Motten wurde deren Thorax im Larvenstadium größtenteils durch ein Mikrosystem ersetzt, um das sich dann im Verlauf der Metamorphose Gewebe bildete. Langfristig sollen die technischen Bauteile mit von dem Insekt selbst erzeugter Energie versorgt werden.

Ein anderer Ansatz, der ebenfalls in ziviler wie auch in militärischer Forschung verfolgt wird, ist die Nutzung von Tieren oder tierischem Material zur Steuerung technischer Artefakte (Di Pino et al. 2009). Nach frühen Vorläufern im Zweiten Weltkrieg, bei dem ein letztlich erfolgloses behavioristisches Forschungsprojekt zur Lenkung von Raketen mittels Tauben durchgeführt wurde, haben in den letzten zehn Jahren verschiedene Experimente mit tierischen Neuronen sowie mit ganzen Insekten stattgefunden. Nach Anfangsschwierigkeiten gelang es bspw. kultivierten, lebend entnommenen Rattenneuronen, mittels 60 Elektroden im Boden der Petrischale einen Kampfjet-Flugsimulator zu steuern (DeMarse und Dockendorf 2005). Diese Arbeiten sind wiederum im bereits angesprochenen Kontext der bionischen Forschung zu

sehen. Zu nennen ist hier bspw. das Konzept des animat, das in der Robotik und der Forschung zu Künstlicher Intelligenz und Künstlichem Leben (artificial life bzw. Alife) ein computersimuliertes oder robotisches «Tier» bezeichnet. Durch die Einführung neuronaler Kontrollsysteme wird dieses nichtbiologische Konzept sozusagen biologisiert und materialisiert. Mit Blick auf die Hirnforschung erhofft man sich davon einen Zuwachs an Erkenntnissen im Vergleich zu denen, die bei den in Kap. 2.1.8 beschriebenen Experimenten mit lebenden Tieren erreicht werden können. Aber auch ganze lebende Tiere (Insekten) werden zur Steuerung von Maschinen eingesetzt, bspw. Motten zur Steuerung von Robotern. Einer der Forscher in diesem Feld, Chuck Higgins⁸⁷, hofft zudem, dass durch genetische Modifikation gezielt erzeugte Körperteile (Augen) von Insekten in der Zukunft als Bauteile für Tier-Roboter-Hybride dienen könnten. Während Higgins in diesem Zusammenhang von «bioelektronischen Systemen» spricht, nutzen mit neuronal kontrollierten animats arbeitende Wissenschaftler bisweilen den Ausdruck «semi-lebendige Tiere» zur Bezeichnung ihrer Schöpfungen.

2.3 Heimtierhaltung und Kunst

In der Heimtierhaltung existieren bereits viele Anwendungen, die dem Bereich des «Animal Enhancement» zugeordnet werden können. Sie reichen von Nahrungsergänzungsmitteln bis hin zur Veränderung des Aussehens der Tiere durch chirurgische und andere Eingriffe. Auch das Klonen von Heimtieren wird von einigen Firmen als zukunftsträchtiges Geschäftsfeld angesehen. Darüber hinaus verwenden heutzutage zunehmend Künstler neue Technologien in ihrer Arbeit.

2.3.1 Wellness für Heimtiere

In den letzten Jahren hat sich der Markt für Wellness-Produkte für Heimtiere vergrößert, vor allem in Europa, den USA und Kanada (parallel zur Vergrößerung der Heimtierhaltung). Dabei

⁸⁶ Insekten dienen ebenfalls als Inspiration und Vorbild für Roboter (siehe bspw. http://micro.seas.harvard.edu).

⁸⁷ Vgl. http://www.ece.arizona.edu/~higgins/.

werden nicht nur Nahrungsergänzungsmittel aller möglichen Art angeboten, sondern auch spezifische Pflegeprodukte sowie Behandlungen zum Entspannen und Regenerieren. Ähnlich wie Spas für Menschen, existieren auch vor allem für Hunde spezielle Wellness-Lokalitäten, wo sie bspw. auch Massagen, Pediküre und Pflegebehandlungen erhalten. 88 Letztes Jahres wurde das erste Luxushotel (namens Canin Resort) für Hunde neben dem Münchener Flughafen eröffnet, wo Hunde in speziell für ihre Bedürfnisse gestalteten *dog lodges* untergebracht werden. Neben ausreichenden Freiräumen zur Bewegung, werde auch spezielle «Grooming»-Dienste wie bspw. Hundefriseure und spezifische Fellpflege sowie Gesundheitschecks angeboten. Für Katzen existieren bislang Sets für ähnliche Behandlungen für den Heimgebrauch, hingegen wohl noch keine spezialisierten Einrichtungen.

Neue Erkenntnisse im Bereich der Futtermittel haben auch zur Entwicklung neuer Nahrungsergänzungsmittel geführt. Hier ist für die Zukunft nicht auszuschließen, dass Mittel zur Verbesserung bestimmter Fähigkeiten auf dem Markt auftauchen werden, ähnlich zu Entwicklungen für Menschen.

2.3.2 Gentechnische Veränderung und Klonen von Heimtieren

Veränderungen des Äußeren von Heimtieren sind seit langem bekannt und Ergebnis jahrtausendelang praktizierter Züchtungsmaßnahmen, wie insbesondere die Vielfalt der Hunderassen verdeutlicht (Cunliffe 2003). Bei der Heimtierzucht hat allerdings mittlerweile eine weitere Verwissenschaftlichung stattgefunden (Bartels und Wegner 1998). Die Frage, was als Verbesserung gelten kann, ist hier besonders schwer zu beantworten. Dies zeigt sich bspw. daran, dass bestimmte rassenbedingte gesundheitliche Probleme (wie die Anfälligkeit für Augenverletzungen und die Atemprobleme des Mopses) als typisch für eine Rasse betrachtet und nicht verändert werden.

Entwicklungen in der Genomik und Bioinformatik sowie die Etablierung des Klonens mittels somatischen Gentransfers haben zu besseren Kenntnissen über die Genetik der Variationen von Tieren geführt, was wiederum die Züchtungsselektion gewünschter Veränderungen erleichtert. Dadurch wurden neuartige Modifikationen und die Einführung neuer Eigenschaften möglich (2.2.2). Unter der Heimtieren ist das Klonen bei Katzen am erfolgreichsten: Nach der Geburt der ersten geklonten Katze im Jahr 2002 (Shin et al. 2002) haben viele andere wissenschaftliche Gruppen nachgezogen (Ball 2005; Yin et al. 2005), wobei die Tiere aber immer noch unter Entwicklungsstörungen leiden (Mastrogiacomo und King 2007). Als weit schwieriger hat sich das Klonen von Hunden (Lee et al. 2005; Jang et al. 2007) und Pferden erwiesen, bei denen die Überlebenschancen des Embryos in der Postimplantationsphase zwischen 2,3 und 37,5 % liegen (Galli, Lagutina und Lazzari 2003; Hinrichs et al. 2006; Mastrogiacomo und King 2007). Die Ineffizienz der Technik und die daraus entstehende Notwendigkeit, Versuche zu wiederholen, machen das Verfahren sehr teuer. Mastrogiacomo und King (2007) nennen als Kosten für das Klonen einer Katze circa 32.000\$.

Zur Jahrtausendwende, also in einer Hochphase der Begeisterung für die neuen Biotechnologien, wurden einige Firmen mit dem Ziel gegründet, «maßgeschneiderte» Heimtiere durch Züchtungsselektion oder durch gentechnische Methoden herzustellen und auch das Klonen besonders geliebter Heimtiere anbieten zu können. PerPETuate Inc. in Connecticut und Lazaron in Louisiana bieten bspw. das Anlegen von Zellkulturen, DNA-Konservierung und Genotypisierung an (Center for Genetics and Society 2005), mit dem Ziel, das spätere Klonen des Tiers zu ermöglichen. Im ersten Jahr kostet dieser Service 1.200\$, danach fallen 100\$ pro Jahr an. Die Analyse und Konservierung der DNA erfolgen anhand von Gewebeteilen der Tiere. Der entsprechende Eingriff ist harmlos, auf der Firmenhomepage finden sich Anleitungen für Tierärzte zur Entnahme, Konservierung und Versendung der Gewebestücke. Die Firma Allerca Lifestyle Pets ist auf die Produktion von hypoallergenen Katzen und Hunden spezialisiert. Auf ihrer Homepage finden sich nicht nur detaillierte Informationen zum Verkauf und zur Haltung dieser Tiere, sondern auch zur Herstellungsmethode: Da Glykoproteine, die in den Talgdrüsen produziert werden, für allergische Reaktionen beim Menschen verantwortlich sind, werden Hunde und Katzen hergestellt, deren relevante Gene sich von ihren «normalen» Artgenossen insofern unterscheiden als sie andere, für Menschen nicht allergene Arten von Glykoproteinen produzieren.

⁸⁸ Vgl. bspw. http://www.dog-spa.co.uk/default.asp?pid=1; http://www.rexvancouver.com/.

Diese Variationen sind das Ergebnis von Züchtungsmaßnahmen, bei denen – unterstützt durch neue bioinformatische Techniken – die geeigneten Tiere selektiert und dann weiter gekreuzt werden. Auf dem Weblog des Center for Society and Genomics diskutiert Shanks (2009) die Angebote dieser Firma und anderer Anbieter kritisch. Er weist u. a. darauf hin, dass einige Rassen zu sehr hohen Preisen angeboten werden (Katzen der Rasse «Ashera» für bis zu 125.000\$ pro Tier), dass FelixPets LLC in Syracuse hypoallergene Katzen unter dem Motto «Gesunde Heimtiere für gesunde Menschen» bewirbt und dass gegen eine der Firmen Betrugsvorwürfe erhoben worden seien. Bisher sei auf jeden Fall noch nicht wissenschaftlich belegt, dass es tatsächlich hypoallergene Katzen gibt.

Beispiele für eine gezielte «Neugestaltung» von Heimtieren sind auch bei Fischen zu finden. Seit Mitte 2003 ist der gefärbte Zebrafisch «Night Pearl» der taiwanesischen Firma Taikong auf dem asiatischen Aquarienmarkt und seit Anfang 2004 der so genannte GloFish®90 der Firma Yorktown Technologies international im Handel. Es handelt sich um gentechnisch veränderte Fische, in deren Genom ein fluoreszentes Protein eingeführt worden ist und die bereits im Jahr 1999 in den USA auch patentiert worden sind (Patente-Nummer PCT/SG99/00079). «Night Pearl» wurde bereits 2001 erfolgreich hergestellt. Es dauerte dann aber noch zwei Jahre, bis sterile Tiere produziert werden konnten, um Umweltsicherheitskriterien zu entsprechen. Auf der Homepage von GloFish® werden ethische Richtlinien genannt. Die Firma versichert, dass die Fische unter ökologischen Aspekten sicher seien, da deren Wachstum, Temperaturempfindlichkeit und Reproduktion regelmäßig geprüft und diejenigen Fische, die diese Tests nicht bestehen, auch nicht in den Handel gebracht würden. Darüber hinaus fördert die Firma erklärtermaßen mögliche Anwendungen ihrer Technologie im wissenschaftlichen Bereich. Herstellung und Verkauf dieser Fische stießen in Europa auf Bedenken, da hier die Haltung gegenüber Biotechnologien relativ skeptisch ist

(McKie 2003; Whitehouse 2003). In den Medien befragte Experten äußerten sich überwiegend distanziert und ablehnend. So wies der Fischzuchtexperte Derek Lambert auf die bei gentechnisch veränderten Fischen bestehenden Umweltrisiken hin und sprach sich für einen Boykott aus, und Keith Davenport von der Aquatic Ornamental Trade Association (AOTA) kritisierte in diesem Zusammenhang die Umwandlung von Heimtieren in Modeobjekte (Whitehouse 2003). Der Handel mit gentechnisch veränderten Fischen ist in Europa, Kanada und Australien verboten, bspw. in den Vereinigten Staaten wird GloFish® jedoch verkauft. Inzwischen ist auch eine ganze Reihe weiterer Angebote zu fluoreszenten Fischen auf dem Markt (Robischon 2007).

Die Anwendungen von Biotechnologien in der Heimtierhaltung wurden bereits frühzeitig wissenschaftlich kontrovers diskutiert (O'Rourke 2002). Während die 1990er Jahre noch durch einen erheblichen Enthusiasmus für die Biotechnologien gekennzeichnet waren (Gannon et al. 1990; Cundif et al. 1993), rückten etwa mit Beginn des neuen Jahrhunderts die Schwierigkeiten in den Vordergrund, insbesondere phänotypische Probleme der Tiere und die relativ hohe Ausfallquote bei den Experimenten (Whitelaw 2004; vgl. 2.3). Bedauerlicherweise gibt es bisher kaum Daten zum Wohlergehen und zu speziellen gesundheitlichen Problemen dieser Tiere, eine Bewertung ist daher schwierig. Etwaige Verbesserungen beziehen sich aber auch hier immer auf menschliche Interessen. Schließlich ist auch die gelegentlich geäußerte Annahme fragwürdig, dass ein Tierhalter, der erhebliche finanzielle Mittel aufwendet, um gentechnisch veränderte oder geklonte Tiere zu erwerben, diese Tiere deswegen besonders gut behandeln wird.

2.3.3 Kosmetische Chirurgie von Heimtieren

Eingriffe zur äußerlichen Veränderung von Tieren sind schon seit Jahrhunderten verbreitet. So ist seit langer Zeit das Kupieren des Schwanzes bei Jagdhunden, Katzen oder Pferden bekannt sowie die Färbung des Fells von Katzen (u. a. für Schönheitswettbewerbe). Auch von Problemen, die bei solchen Eingriffen auftreten können, weiß man seit geraumer Zeit. So beeinträchtigt bspw. die Praxis, den Schweif von Pferden zu kupieren, deren Fähigkeit, Insekten zu verscheuchen.

⁸⁹ Diese Rasse ist aus Kreuzungen zwischen der Hauskatze, dem Serval und der Rasse Leopardette (Asiatischer Leopardkatze bzw. Bengalakatze) entstanden. Siehe dazu: http://katzencontent.com/2008/01/ashera-katzen-stubentiger-fuer-22000-dollar/.

⁹⁰ Diese Zebrafische enthalten ein Gen der Seekoralle, das bei Lichteinfall rot leuchtet. Siehe dazu: http://www.glofish.com/.

Im 20. Jahrhundert haben Interventionen zur Veränderung des Äußeren von Tieren eine neue Bedeutung erlangt, u. a. aufgrund der Beliebtheit von Schönheitswettbewerben. Hierzu hat sich eine Diskussion über die Vertretbarkeit von menschlichen Eingriffen in Tiere aus ästhetischen Gründen entwickelt, deren Ergebnisse für die Bewertung künftiger Möglichkeiten eines ästhetischen «Animal Enhancement» relevant sein dürften. So werden in US-Fachzeitschriften verschiedene Praktiken der kosmetischen Chirurgie bei Tieren - wie das Kupieren des Schwanzes und der Ohren, die permanente Verhinderung des Hundebellens (durch Eingriffe an den Stimmbändern) oder die Krallenamputation bei Katzen - kontrovers diskutiert. Die beiden letztgenannten Praktiken sind bspw. in Europa durch Tierschutzgesetze verboten und werden dort als verbotene Eingriffe oder als Tierquälerei klassifiziert (Hirt et al. 2007). Das Kupieren von Ohren ist indes in Europa bei einigen Hunderassen gestattet.91

In den USA engagieren sich verschiedene Tierschutzorganisationen gegen solche Eingriffe, wobei einige dieser Initiativen von Tierärzten ausgegangen sind, wie bspw. Vet4Petz. ⁹² Zu den kritisierten Eingriffen zählen die Verkleinerung von Ohren bei Perserkatzen, die erfolgt, um ihre Erfolgschancen bei Schönheitswettbewerben zu erhöhen (Hartwell 2004), die Abschaffung des Hundebellens, die diverse postoperative Schwierigkeiten nach sich ziehen kann, sowie die u. a. zur Schonung von Möbeln durchgeführte Krallenamputation bei Katzen, bei der auch die Zehenspitzen entfernt werden. Die letztgenannte Praxis kann auch zu einer erhöhten Aggressi-

vität führen, weil die Katze nicht mehr ihr gattungsspezifisches Verhalten ausüben kann. (Katzen kürzen ihre Krallen regelmäßig, und das häufige Kratzen an geeigneten Gegenständen gehört zur täglichen Pflege einer gesunden Katze.) Im Jahr 2008 hat die American Veterinary Medical Association (AVMA) ihre Richtlinien zum Kupieren des Schwanzes und von Ohren dahingehend revidiert, dass diese Praxis bei einer Durchführung zu rein ästhetischen Zwecken abgelehnt wird. In diesem Zusammenhang erfolgten eine Auseinandersetzung mit der einschlägigen Forschung sowie eine Auswertung der klinischen Erfahrungen von Tierärzten und deren Bewertung durch das AVMA Animal Welfare Committee. 93 Hier wurden zunächst die Motive der Eingriffe kritisiert. Auch eine bloß kosmetische Chirurgie bringt ja bestimmte Risiken für das Wohlbefinden des Tieres mit sich, wie bspw. im Fall von Komplikationen bei der Anästhesie, Schmerzen, Blutungen und Infektionen. Das Kommitee differenzierte bei der Bewertung dieser Praktiken dementsprechend stark zwischen kosmetischen Zielen einerseits und therapeutischen oder präventiven Zielen andererseits. Der Beschluss des Gremiums wurde von vielen Tierschutzorganisationen begrüßt, vom American Kennel Club (AKC), einer Art US-Dachverband für die Registrierung von Hunderassen⁹⁴, hingegen kritisiert. Laut AKC-Register werden das Kupieren von Ohren bei 13 Rassen und das Kupieren des Schwanzes bei 48 Rassen durchgeführt. Hier handele es sich weder um Grausamkeiten noch um bloß kosmetische Eingriffe, sondern im Gegenteil um Maßnahmen zur artgerechten Haltung.95 Die Position von AKC ist aber kontrovers,

⁹¹ In Deutschland ist das Kupieren von Ohren seit 1987 gesetzlich verboten und seit 1998 das Kupieren des Schwanzes (§6 TschG). Darüber hinaus gilt beim Verband für das Deutsche Hundewesen (VDH) seit 2002 ein Ausstellungsverbot für Hunde aus dem In- und Ausland, deren Ohren nach dem 1. Januar 1987 oder deren Rute nach dem 1. Juni 1998 amputiert worden sind. Auch in Österreich (§ 7TSchG) und in der Schweiz (Tierschutzverordnung, Art. 21a) ist das Kupieren verboten. Ausnahmeregelungen gelten bei medizinischen Indikationen.

⁹² Auf der Website der Vet4Petz liest man, dass der Staat New Jersey eine Initiative zum Verbot der Abschaffung des Bellens bei Hunden durch Eingriffe in den Stimmbändern ergriffen hat. Siehe dazu:http://www.vet4petz.com/articles/cosmetic_surgery. htm. Siehe auch die Website von «In Defense of Animals» (IDA): http://www.idausa.org/facts/cossurgery.html.

⁹³ Siehe http://www.avma.org/issues/policy/animal_welfare/tail_docking.asp.

⁹⁴ Im AKC sind 158 verschiedene Hunderassen registriert und für jede Rasse existiert ein eigener Club, der Richtlinien für eine angemessene Haltung und für Eingriffe in die Tiere festlegt.

⁹⁵ So heißt es auf der AKC-Website: «The AKC recognizes that ear cropping and tail docking, as prescribed in certain breed standards, are acceptable practices integral to defining and preserving breed character, enhancing good health, and preventing injuries. These breed characteristics ensure the safety of dogs that on a daily basis perform heroic roles with Homeland Security, serve in the U.S. Military, and with Police Departments. These dogs protect tens of thousands of communities throughout our nation and work in the field. Any inference that these procedures are «cosmetic» and unnecessary is a severe mischaracterization that connotes a lack of respect and knowledge of history and the function of purebred dogs.»

was sich bspw. in einem Gesetzentwurf des Staates Illinois (Bill 139, 2009) zeigt, der eine massive Einschränkung solcher Eingriffe vorsieht, was im Gegensatz zur jetzigen Gesetzgebung steht, bei der im Rahmen der tierärztlichen Vorsorge verschiedene Eingriffe erlaubt sind. Der AKC hat eine Kampagne gegen diesen Gesetzentwurf gestartet und auf seiner Homepage annonciert.⁹⁶

Die Verfeinerung der Prozeduren der kosmetischen Chirurgie, einer seit längerer Zeit etablierten Human-Enhancement-Technologie, hat auch sich auch auf den Bereich des ästhetischen «Animal Enhancement» ausgewirkt. Dies gilt insbesondere für die Vereinigten Staaten, Südamerika und Russland. Bei Hunden wird bspw. die Gesichtshaut geliftet, und es werden Eingriffe zur Verringerung von Fettpolstern durchgeführt, wobei dann wiederum Falten an Bauch und Brust entstehen können. Ein bekanntes Beispiel der Schönheitschirurgie ist die Beseitigung von Gesichtshautfalten bei Bulldoggen, wodurch auch Hautentzündungen verhindert werden können. Allerdings ist das Äußere dieser Tiere vom Menschen gewollt gewesen, also ein Züchtungsergebnis. 97 In einem Artikel auf der Website der BBC98 findet sich ein Foto des Zwergschnauzers Brutus, der einen Schönheitswettbewerb gewonnen hat und zuvor von dem bekannten brasilianischen Schönheitschirurg Edgar Brito operiert worden war (Kingston 2004). Brito, der bei dem Eingriff Restylane spritzte, damit die Ohren des Tiers nicht herunterhängen, argumentiert, dass ästhetische Kriterien eine wichtige Rolle in der Mensch-Tier-Beziehung spielen und dass vorteilhaft proportionierte Tiere ihren Haltern und Halterinnen besonders gefallen

(Hopgood 2005). Auch Zähne werden verändert, bspw. in der All Pets Dental Clinic in Weston (Florida). Bemerkenswerterweise untersagen viele Schönheitswettbewerbe – wie bspw. die populäre Westminster Dog Show⁹⁹ in den USA – die Teilnahme von Tieren, an denen kosmetisch-chirurgische Eingriffe vorgenommen wurden (Stewart 2008), und der oben genannte AKC verbietet eine Reihe von chirurgischen Eingriffen bei Hunden. Im Jahr 2003 kam es zu einem Skandal bei dem ebenfalls populären britischen Schönheitswettbewerb Crufts Dog Show, als (wie sich dann herausstellte: fälschlich) behauptet wurde, dass der Siegerhund kosmetisch operiert worden sei. ¹⁰⁰ In gewisser Hinsicht ähneln diese Auseinandersetzungen den Kontroversen um Verbesserung und Natürlichkeit in der Diskussion über «Human Enhancement».

Auch Implantate werden mit dem Ziel der Verbesserung des Aussehens von Tieren eingesetzt, bspw. Hoden-Implantate, die sog. *neuticles*. ¹⁰¹ Sie wurden Mitte der 1990er Jahre von Gregg Miller erfunden, wofür dieser auch Spott erntete (bspw. bei der Verleihung eines Anti-Nobelpreises für unnütze und skurrile wissenschaftliche Arbeiten). Sie dienen dazu, den Tieren ein männlicheres Aussehen zu geben. Nach Angaben der von Miller gegründeten Firma sind weltweit über 325.000 Exemplare verkauft worden. Sie wurden von der FDA genehmigt, kosten mindestens circa 100\$ pro Paar (plus 60\$ Gebühren für den Tierarzt), und es gibt auch Modelle für Katzen, Stiere und Pferde.

Die Tendenz einer Zunahme kosmetischer Chirurgie an Tieren zeigt sich besonders dort, wo der weitverbreitete Boom der Heimtierbranche nicht mittels restriktiver Tierschutzgesetze reguliert wird. Bemerkenswert ist der Umstand, dass hier eine etablierte Human-Enhancement-Technologie als Treiber der Entwicklung eines Trends im «Animal Enhancement» erscheint.

2.3.4 Verabreichung von Medikamenten

Die Vereinigten Staaten sind das Land, in dem am meisten Geld für Heimtiere ausgegeben wird, das Geschäftsvolumen hat sich

⁹⁶ Der Gesetzentwurf wurde von Senator Terry Link eingebracht. In einer Antwort des US-amerikanischen Rottweiler-Clubs, eines Tochter-Clubs des AKC, wird die Initiative als ein Schritt von einer «animal welfare position» zu einer «animal rights position» kritisiert. Es gehe hier nicht mehr nur um das Wohlbefinden des Tiers, sondern um Tierrechte. Vgl. dazu die unter ethischen Gesichtspunkten und mit Blick auf die Geschichte solcher Eingriffe interessanten Dokumente auf den Seiten des Rottweiler-Clubs: http://legislation.americanrottweilerclub.org.

⁹⁷ Einen gewissen Bekanntheitsgrad in den USA hat Alan Schulman erlangt, ein Tiermediziner am Animal Medical Center of Southern California in Los Angeles (Young 2009). Er hat viele Eingriffe bei Tieren von Prominenten durchgeführt, betont aber, dass er nur zu wirklich notwendigen chirurgischen Interventionen rate.

⁹⁸ Siehe bspw. http://news.bbc.co.uk/2/hi/americas/3923099.stm.

⁹⁹ Siehe http://www.westminsterkennelclub.org/.

¹⁰⁰ http://news.bbc.co.uk/cbbcnews/hi/animals/newsid_2902000/2902169.stm.

¹⁰¹ Siehe http://www.neuticles.com/.

dort in den letzten zehn Jahren verdoppelt; es gibt eine Modewoche sowie eine Vielzahl von Luxusprodukten für Heimtiere (Young 2009; Schaffer 2009). Es überrascht daher nicht, dass dort auch Hunden zunehmend Antidepressiva verabreicht werden (Young 2009; Schaffer 2009).

Clonicalm war eines der ersten Antidepressiva für Hunde¹⁰². eine Art tiermedizinische Version des Humanarzneimittels Anafrinil, das von Novartis Ende der 1990er Jahre für die Behandlung von Trennungsangst und zwanghaftem Verhalten entwickelt wurde. 103 Zwei weitere von der FDA zugelassene Psychopharmaka für Hunde sind Reconcile, ein speziell bei Trennungsangst angezeigtes Medikament, und Anipryl, ein Medikament zur Behandlung kognitiver Probleme, das auch als Medikament gegen «Hunde-Alzheimer» bekannt ist (Landsberg 2005). Anipryl wird auch zur Behandlung der sog. Cushing-Krankheit eingesetzt, wobei unbestritten bei einigen Tieren Behandlungserfolge festzustellen sind (Peterson 1999, 2001) und die Nebenwirkungen von einigen Forschern als gering eingestuft wurden (Bruyette et al. 1997; vgl. auch Campbell et al. 2001; Reine 2007). In seinen Überblicksstudien zu existierenden Medikamenten zur Behandlung neurodegenerativer Krankheiten von Hunden betont Landberg (2005, 2006), dass die heutige humanmedizinische Alzheimer-Forschung für die Entwicklung von Medikamenten für Hunde sehr hilfreich sein kann. Eine Krankheit von Menschen dient hier also als Modell in der Tiermedizin.

Neben den drei genannten neuen Medikamenten werden bereits seit geraumer Zeit für Menschen entwickelte Antidepressiva und Neuroleptika auch Heimtieren verabreicht. Dies ist höchst kontrovers, da trotz erheblicher Fortschritte in der Tierpsychologie (u. a. bei den Themen Angstverhalten, Aggressivität, Rangordnung, räumliche Bindung, Fremdheit/Vertrautheit und motorische Stereotypien) die Erkenntnisse über depressive Zustände bei Tieren noch sehr begrenzt sind (Bekoff und Franz 2008).

Vor dem skizzierten Hintergrund erscheint es als nicht ausgeschlossen, dass bei einer zunehmenden Akzeptanz des kognitiven

102 Vgl. zum Hintergrund der Arbeiten an dieser Klinik Dodman 1996 und 1998.

¹⁰³ Young (2009) berichtet, dass 59% aller Hunde und 73% aller Katzen *latchkey pets* (Schlüssel-Heimtiere) sind, d. h. sie werden unter der Woche allein gelassen.

«Enhancement» und *mood enhancement* beim Menschen eine ähnliche Entwicklung auch bei Heimtieren und anderen Haustieren stattfinden könnte.

2.3.5 Veränderte Tiere in der Kunst

Die Auseinandersetzung der zeitgenössischen Kunst mit dem Thema der Mensch-Tier-Beziehung (Artswire 2000) sowie mit neuen technologischen – insbesondere gentechnischen – Eingriffen in Organismen ist sehr breit. Schwartz (1996) argumentiert, dass die neuen Biotechnologien das menschliche Selbstverständnis, bspw. durch Chimären, auf unheimliche, angsterzeugende Weise in Frage stellen. Solche Themen werden von der Bewegung «Bioart» adressiert, die u. a. der Tradition grotesker Kunst entstammt und oft stark allegorisch ist (Dixon 2008). Besonders bekannt wurde eine Ausstellung in Manhattan im Jahr 2000 mit dem Titel «On the Evidence of Paradise Now: Picturing the Genetic Revolution», auf der sich unterschiedliche Künstler mit dem Thema der Herstellung neuer Lebensformen auseinandersetzten. Ethische Aspekte fanden dabei, bspw. seitens des Kurators (Held 2001), einige Beachtung. Gezeigt wurde u. a. das Werk «Genesis» von Eduard Kac, bei dem im Zentrum eines Raumes das Bild einer Petrischale mit einem kultivierten Bakterium stand, und auf die Wände u. a. die Genesis-Verse zur menschlichen Herrschaft über die Natur projiziert wurden. Teil dieser Bewegung ist die sog. «kritische Bioart», die sich u. a. mit der politischen, ethischen und sozialen Verantwortung der Kunst in Bezug auf die neuen Biotechnologien auseinandersetzt, wobei bspw. die Entfremdung des Menschen von der Natur durch diese Technologien sowie die Komplexität biologischer Phänomene wie Mutation, Sterblichkeit und Vitalität behandelt werden (Zurr und Catts 2003; Dixon 2008). Ein bekanntes Beispiel ist das Projekt «Disembodied Cuisine» zum Thema In-Vitro-Fleisch und zu einem Fleischkonsum ohne Grausamkeit (Dixon 2008; vgl. Kap. 3).104

Eduard Kac ist ein Künstler, der in den 1980er Jahren vor allem aufgrund seiner Verwendung von Kommunikationstechnologien in der Kunst Bekanntheit erlangt hatte und in den 1990er

¹⁰⁴ Siehe http://www.tca.uwa.edu.au/disembodied/dis.html.

Jahren dann vor allem Telerobotik mit Lebewesen kombinierte. Seit Anfang der 1990er Jahre befasst er sich auch mit transgener Kunst, wobei es ihm vor allem um die veränderten Beziehungen zwischen Mensch und Natur geht. Kac legt Wert darauf, dass die in seinem Projekt gentechnisch veränderten Tiere tatsächlich mit nach Hause genommen werden können und als Heimtiere in der Familie leben bzw. als Pflanzen im heimischen Garten wachsen können (Kac 1998). Besonders kontrovers war die Herstellung eines gentechnisch veränderten Kaninchens namens Alba im Jahre 2000, in dessen Genom ein grünes Fluoreszenzgen (einer Quallenart) eingeführt wurde. 105 Diese Arbeit Kacs wurde «GFP Bunny» benannt und zum ersten Mal in Avignon öffentlich gezeigt. Alba wurde von einem Labor des französischen INRA (Institut Nationale de la Recherche) in Avignon unter der Leitung seines Direktors Louis-Marie Houdebine, eines renommierten Biotechnologen, hergestellt. Nach der Konferenz wollte Kac Alba mit nach Hause zu seiner Familie nehmen, aber das Kaninchen verblieb in dem INRA-Labor. In nachfolgenden Kunstwerken plädierte Kac für eine Befreiung von Alba: «Transgene Kunst versucht nicht, die öffentliche Diskussion zu moderieren, unterminieren oder darin zu vermitteln. Sie versucht, eine neue Perspektive zu eröffnen, die Ambiguität und Subtilität da bietet, wo man normalerweise nur affirmative (<zugunsten etwas>) und negative (<gegen etwas>) Polarität findet. «GFP-Bunny» betont die Tatsache, dass transgene Tiere normale Geschöpfe sind, die ebenso Teil des sozialen Lebens sind wie andere Lebensformen und somit ebenso viel Liebe und Umsorgung verdienen wie jedes andere Tier auch» (Kac 2002, o. S.). Dagegen wird seitens des INRA immer wieder betont, dass eine Genehmigung zur Mitnahme nie erteilt wurde, aus rechtlichen Gründen, aber auch weil sie wissenschaftlich und ethisch unverantwortlich wäre.

Kacs Arbeit hat eine ethische Kontroverse über die Vertretbarkeit solcher Nutzung von Technologien und über das Verhältnis von Kunst und Wissenschaft ausgelöst, wobei auch diskutiert wurde, wie transgene Tiere zu behandeln sind – was ein Ziel des Künstlers war (vgl. Galus 2000). 106 Unbekannt ist allerdings, wie die Herstellung von Alba vonstatten ging und wie viele Tiere bspw. für diese genutzt wurden. Kac betont vor allem seine Faszination durch dieses Kaninchen, das gesund, schön und zärtlich sei (Eskin 2001), thematisiert aber nicht die Risiken gentechnischer Veränderungen für Tiere oder rechtliche Fragen, bspw. mit Blick auf das Verbot der Kommerzialisierung transgener Tiere in Europa.

Gigliotti (2005) kritisiert das nonkonformistische, anti-anthropozentrische und pro-experimentelle Selbstverständnis sowie eine Ignoranz ethischer Aspekte bei dieser Art von Kunst: «How, then, do these artists see their goal of a new art practice of creating life forms as part of a world view that is anti-anthropocentric, when in fact it continues along the very traditional, conformist, and conservative paths along which are littered with the bodies and lives of millions of animals?» (Gigliotti 2005, S.65). Dabei bezieht sie sich auf den erheblichen Tierverbrauch bei der Herstellung transgener Tiere sowie auf die Tatsache, dass diese Tiermodelle eine Zunahme von Tierexperimenten verursacht haben (Baker 2003). Tierschutzorganisationen kritisierten an Kacs Arbeit, dass es sich um eine bloße Instrumentalisierung von Tieren handele.

Bei Arbeiten dieser Art handelt es sich um eine technologische Veränderung tierischer Eigenschaften für künstlerische Zwecke. Von Verbesserung kann hier die Rede sein in Bezug auf das Aussehen der Tiere und auf ihren Status als Kunstwerke sowie als Träger einer Botschaft. Das gentechnisch veränderte Kaninchen soll die Ambiguität der Überschreitung von Speziesgrenzen darstellen und als Symbol für eine neue Generation von Lebewesen dienen. Es lässt sich darüber streiten, inwieweit dies gelungen ist.

2.4 Sporttiere

Bei der Nutzung von Tieren im Sport kann man zwischen Rennen, menschlichen Spielen (wie Polo), Kampf, Jagd, Fischerei und Wettbewerben zum Zweck der Darbietung der Exzellenz von Sport-

¹⁰⁵ Alba ist ein Albinokaninchen, das nur bei einer bestimmten Lichtquelle leuchtet. Siehe dazu: http://www.ekac.org/transgenic.html. Eskin (2001) berichtet, dass Kac bereits im Jahr 1999 die Herstellung eines transgenen fluoreszenten Hundes als Zukunftsprojekt vorschlug.

¹⁰⁶ Auf Kacs Website findet sich eine ausführliche Dokumentation der öffentlichen Debatte über «GFP Bunny»: http://www.ekac.org/debates.html.

tieren (bspw. Pferdeleistungsschauen) unterscheiden. Darüber hinaus werden Tiere (Blindenhunde) auch in paralympischen Sportarten verwendet. In der Diskussion über «Human Enhancement» spielt Sport eine wichtige Rolle, auch weil in diesem Gebiet schon lange über Doping diskutiert wird. Dabei finden seit jüngerer Zeit auch aktuelle und gentechnische Methoden verstärkt Beachtung (Gerlinger et al. 2008; WADA 2008). Bisher ist allerdings in den Sportarten, in denen Tiere eingesetzt werden, die Idee einer dauerhaften Verbesserung von Tieren mittels technologischer Eingriffe nicht verbreitet. Der Begriff «Enhancement» taucht allein im Sinne einer Verbesserung der temporären Leistungen der Tiere («performances») auf, bspw. in Bezug auf Massagen.¹⁰⁷

Doping ist allerdings auch hier ein Thema. In allen etablierten Tiersportbereichen wurden in den letzten Jahren internationale Reglements gegen Doping entwickelt. Bei den Wettkämpfen finden regelmäßig Dopingkontrollen statt. Der Abschnitt 16 des Welt-Anti-Doping-Codes von 2003 behandelt das Doping von Sporttieren (WADA 2003). In §3,1b des deutschen TSchG wird verboten, «an einem Tier bei sportlichen Wettkämpfen oder ähnlichen Veranstaltungen Dopingmittel anzuwenden». Ähnliche Verbote gelten in allen Tierschutzgesetzen der industrialisierten Länder. Ähnlich wie im Humansport gilt das Prinzip, dass ein Tier auf der Grundlage seiner angeborenen und durch Training und Ausbildung geförderten Fähigkeiten am sportlichen Vergleich teilnehmen soll. Daraus folgt, dass der Sportvergleich auf Chancengleichheit, Unfallverhütung und Tierschutz basiert (WADA Art 16., S. 45; vgl. IBSA 2010 Art. 18, S. 36; DRV 2010; Kallings 2009). Interessanterweise ist die Antidoping-Regelung im Pferdesport restriktiver als im Sport, der allein von Menschen betrieben wird. Während bei Letzterem Negativ- sowie Positivlisten von Substanzen existieren, sind bei Sportpferden grundsätzlich alle Substanzen verboten (DRV 2010). Dieses Verbot erklärt sich sowohl aus dem Tierschutzgedanken¹⁰⁸

als auch aus dem Mangel an Kenntnissen über die Auswirkungen vieler Substanzen. In anderen Sportarten mit Tieren existieren aber Positiv- und Negativlisten. In Europa und in den Vereinigten Staaten sind die Regulierungen eher restriktiv (USEF 2010). In anderen Teilen der Welt (bspw. in Asien und in Mittel- und Südamerika) hat die Leistungsfähigkeit des Tiers eine größere Bedeutung im Vergleich zum Tierschutz. Als eine mögliche Vorstufe zum Einsatz von Enhancement-Technologien kann die gängige Praxis der genetischen Auswahl in der Zucht von Sporttieren gelten. Im Folgenden werden exemplarisch einige Sport- und Tierarten diskutiert.

2.4.1 Rennen und Fliegen

Für Rennwettbewerbe werden in Europa und in europäisch geprägten Kulturräumen vor allem Pferde und Hunde eingesetzt. Für diese Sportarten existieren bereits seit langem Regelungen und internationale Dachverbände, die die Wettbewerbe organisieren und kontrollieren. Dem Schutz und Wohlergehen des Tiers wird ein hoher Stellenwert eingeräumt, es bestehen aber Missbrauchspotenziale, vor allem wenn auf die Tiere gewettet wird. ¹⁰⁹ Einige europäische Hunderennen werden in dieser Hinsicht kritisiert, und zumindest weltweit gesehen dürften auch illegale Wettbewerbe ein erhebliches Problem darstellen.

Die ökonomisch attraktivsten Rennwettbewerbe sind Pferderennen. Bemerkenswert sind hier die Entwicklungen im Bereich geklonter Pferde. Das Klonen von Pferden ist ineffizient und teuer (2.1.3 und 2.3.2), und in Großbritannien, den USA und zahlrei-

¹⁰⁷ Massagen stellen komplementäre Therapien zur traditionellen Tiermedizin dar. Siehe dazu bspw. http://www.asvassage.com/pdf/performance_enhance.pdf. Die Massagen tragen zur Linderung von Schmerzen und Verspannungen bei.

¹⁰⁸ Laut der Akademie für Tierschutz (2010a, o. S.) ist Sport mit Tieren vertretbar, wenn «das Wohl der Tiere im Vordergrund steht, die Leistung freiwillig erbracht wird und »

den Tieren keine Leistungen abverlangt werden, die sie überfordern oder nicht tiergerecht sind. Weitere Voraussetzungen für tiergerechten Sport sind die artgerechte Haltung des Tieres, eine angemessene Betreuung und Pflege und die dauerhafte Übernahme der Verantwortung für das Tier.»

¹⁰⁹ Zudem können beim Schlittenhundesport tierschutzrelevante Probleme auftreten, wenn Hunde überfordert werden – insbesondere wenn der stärkste Hund im Gespann das Tempo vorgibt – und wenn sie über lange Zeit während der Veranstaltungen in Transportboxen oder in Kettenanbindung bleiben müssen. Ähnliches gilt für Skikjøring, eine skandinavische Sportart, bei der Sportler auf Skiern, an Schleppleinen hängend, sich von Schlittenhunden oder Pferden ziehen lassen.

chen anderen Ländern ist der Einsatz von geklonten Pferden in Sportveranstaltungen untersagt (Westphal 2003; McGourty 2004). Sie können jedoch für die Zucht genutzt werden, was von besonderem Interesse hinsichtlich herausragender Wallache ist. Die Entwicklung schreitet hier schnell voran (Hinrichs 2005; Lagutina et al. 2005; Hinrichs et al. 2006). Die französische Firma Cryozootech stellte im Jahr 2003 das erste geklonte Pferd, Prometea, her, in Zusammenarbeit mit Cesare Galli von der Universität Bologna (Galli, Lagutina und Lazzari 2003; vgl. Galli, Lagutina und Crotti 2003).¹¹⁰ Im Jahr 2005 konnte dieselbe Firma die Geburt des «Pieraz-Cryozootech-Stallion» verkünden, eines Klons des Wallachs Pieraz, der in den 1990er Jahren mehrfach bei Langstreckenrennen Weltmeister geworden war. In den folgenden Jahren gelangen weitere Erfolge mit anderen erfolgreichen Sportpferden, und die Firma ist heute immer noch sehr aktiv (Lagutina et al. 2005; Galli et al. 2008). 111 Das Klonen von Sportpferden ist auch ein Geschäft in den USA geworden: Elaine Halle von der Firma ViaGen Inc. hat bspw. mit der Serienproduktion von Klonen eines in den 1980er Jahren erfolgreichen Pferdes begonnen. Sie werden zu Zuchtzwecken genutzt. ViaGen Inc. arbeitet in diesem Bereich auch mit Encore Genetics zusammen. Die Verbände bleiben aber skeptisch und lehnen es zum Teil ab, diese Pferde in ihre Register aufzunehmen (Käsmayr/Wirwahn 2008). ViaGen Inc. legt als Service auch Gendatenbanken an, ähnlich wie es schon der Stierzüchter Gene Baker für drei seiner besten Stiere getan hatte.

Verbreitet sind in einigen europäischen Ländern auch Wettbewerbe von Brieftauben. Tauben haben ein hervorragendes, noch nicht abschließend erforschtes Orientierungsvermögen und werden seit längerer Zeit vom Menschen als Überbringer von Nachrichten verwendet. Heutige Wettflüge sind reglementiert, und Tauben werden eigens für solche Wettbewerbe gezüchtet.¹¹² Erfolgreiche

Tiere können dem Züchter Preisgelder einbringen und lassen sich gut verkaufen. Die Tauben werden durch Partnertrennung (die so genannte «Witwermethode») sowie durch Trennung von Eiern oder Jungtieren (die sogenannte «Nestmethode») zu besonderen Leistungen motiviert. Aufgrund der langen Transportzeiten und der dadurch entstehenden Angst sind die Tauben anfällig für Virus- und Durchfallerkrankungen (TVT 2009), weshalb einige Taubenzüchter prophylaktisch Antibiotika, Aufputschmittel und kortisonhaltige Präparate verabreichen (siehe BMT 2010; 2007). Doping bei Brieftauben ist seit den 1990er Jahren als Problem erkannt worden, was auch zu entsprechenden Regulierungen geführt hat (s. bspw. ÖBTZ 2007).

2.4.2 Spiele

Im Polo werden Pferde (und in Indien und Nepal auch Elefanten) eingesetzt. Hier handelt es sich nicht um einen Wettbewerb unter Tieren, sondern diese dienen nur als Reittiere. Auch hier existieren internationale Richtlinien gegen Doping (FIP 2003), die sich aber interessanterweise nur auf Menschen beziehen. Die Verabreichung von Substanzen an Tiere ist nicht geregelt. Der deutsche Polo-Verband hat sich aber zur Einhaltung der Richtlinien zum Tierschutz im Pferdesport verpflichtet, was auch ein Verbot von Doping für Wettbewerbszwecke oder zur Wiederherstellung der normalen Leistungsfähigkeit beinhaltet (PACE 2007).

2.4.3 Kämpfe und Rodeos

Tiere werden bereits seit Jahrtausenden zum Kampf untereinander oder mit Menschen eingesetzt, wobei religiöse Beweggründe oder Unterhaltungszwecke dominieren können. Bekannte Beispiele sind

¹¹⁰ Cesare Galli klonierte in Cremona im Jahr 1999 weltweit zum ersten Mal einen Stier. Dies erregte negatives Aufsehen, und das Tier wurde vorsorglich vom italienischen Gesundheitsministerium beschlagnahmt. Der Stier verbrachte dann die folgenden sechs Monate in einem Pferdezentrum in Pisa und als er nach Cremona zurückkehrte, war er aufgrund seiner Unvertrautheit mit Kühen reproduktionsunfähig.

¹¹¹ Vgl. http://www.cryozootech.com/.

¹¹² Vgl. http://www.viagen.com/benefits/success-stories/entertainment-livestock-producers/.

¹¹³ Tauben sind monogam und wenn sie von ihren Partnern getrennt werden, versuchen sie mit aller Kraft schnell wieder beisammen zu sein. Da Männchen und Weibchen gleichermaßen bei der Aufzucht der Jungtiere beteiligt sind, ist auch die Nestmethode für beide Geschlechter anwendbar. Für ausführlichere Informationen siehe bspw. BMT (2010) sowie http://www.tierschutz-tvt.de/.../Tierschutz_im_Brieftaubensport_121.pdf. Die Tauben fliegen ein- oder zweimal pro Monat Entfernungen von 100 bis 700 Kilometern.

Stier-, Hahnen- und Hundekämpfe sowie die diversen Nutzungen verschiedener Tierarten in den römischen Arenen. Heute sind je nach Land und Tierart einige dieser Kämpfe illegal, mancherorts werden Verbote ignoriert. Für diese Kämpfe werden Tiere speziell auf Aggressivität, Ausdauer und Kraft hin gezüchtet und trainiert.

Stierkämpfe haben eine lange Tradition in Spanien, werden in letzter Zeit aber immer heftiger kritisiert. Nach den Kanaren hat im Juli 2010 auch Katalonien ein Verbot von Stierkämpfen beschlossen, das ab 2012 wirksam sein wird. Im Jahr 2008 wurden erstmals Anti-Doping-Tests für Stiere eingeführt (Keely 2008). Die den Stieren am meisten verabreichten Substanzen sind Corticosteroide und Beruhigungsmittel.

Rodeoveranstaltungen sind weltweit verbreitet und aus der Sicht des Tierschutzes sehr kontrovers, insbesondere weil einige der verwendeten Utensilien (wie Sporen, Flankengurte und Brustgurte) den Tieren Schmerzen bereiten, was vor allem das Wild Horse Race¹¹⁴ sowie das Bare Back Riding und Saddle Bronc Riding¹¹⁵ betrifft (TVT 2005). Die Regulierung von Rodeo-Veranstaltungen ist in Europa restriktiver als in den Vereinigten Staaten, wo es eine lange Rodeotradition gibt. Das Buckeln des Pferdes wird nicht nur durch den Gürtel ausgelöst, sondern auch konditioniert. Im Jahr 2009 hat die Organisation Schweizer Tierschutz STS in ihrer Zeitschrift Tierreport einen Bericht veröffentlicht, in dem sie u. a. die tierschutzwidrige Methode der Präparierung der Tiere vor ihrem Eintritt in der Arena beschrieben hat und für ein Verbot dieser Veranstaltungen plädiert. Derartige Veranstaltungen erscheinen grundsätzlich als fragwürdig, weil sie mit Schmerzen für das Tier verbunden und als Kampf zwischen Mensch und Tier angelegt sind. Systematische Studien zur Medikamentennutzung in diesem Bereich liegen, soweit ersichtlich, nicht vor, aber vom Gebrauch von Aufputschmitteln wurde berichtet.

Ohne entsprechende Regulierungen könnten neue Enhancement-Methoden auch für Kämpfe und Rodeos attraktiv werden.

2.4.4 Jagd und Fischerei

Die Jagd wird detailliert reguliert und dient heutzutage nicht nur zur Nahrungsgewinnung, sondern auch zur Verhinderung von Schäden in bestimmten Umweltgebieten sowie zur Populationskontrolle. Gejagt werden Wildtiere, die frei und nicht in Abhängigkeit vom Menschen leben. Die Jagd ist nach wie vor ethisch umstritten, Ansatzpunkte für ein «Animal Enhancement» bestehen kaum. Höchstens ließe sich spekulieren, ob bestimmte Veränderungen von Wildtieren (bei fehlender Regulierung) zur Vereinfachung oder sonstigen Verbesserung der Jagd von Interesse wären. Dies könnte dann auch für die dafür verwendeten Hunde betreffen, bspw. in Bezug auf ihre Muskulatur oder ihren Geruchssinn. Ähnlich stellt sich die Lage bei der Fischerei dar. Auch hier werden einige Tiere als Helfer eingesetzt, bspw. Kormorane, Fischotter, Gänse und Enten. Ansatzpunkte für ein «Enhancement» bestehen ebenfalls kaum (s. zu Fischen aber auch 2.2).

2.4.5 Darbietung der Exzellenz von Sporttieren

Pferde und Hunde sind die am häufigsten verwendeten Tierarten bei der Darbietung der Exzellenz von Sporttieren. Bei Hunden stellt die Begleithundeprüfung – bei der der Gehorsam und das Verhalten des Hundes in der Öffentlichkeit geprüft werden – die Voraussetzung für die Teilnahme an weiteren Wettbewerben dar. Hier existieren sehr viele unterschiedliche Sportarten, bspw. Agility (Bewältigung einer Hindernisstrecke), Hundefrisbee, Dogdancing (Ausübung einer Choreographie mit dem Menschen), Dogging (gemeinsames Jogging mit dem Menschen), Dummytraining (Ausführung des Apportierens) und Obedience (exakte Ausführung von Übungen). In der Regel sind Hunde in diesen Sportarten die eigenen Hunde des Trainers, oder sie werden wie die eigenen behandelt, sodass ihr Wohlergehen vermutlich nicht vernachlässigt wird.

Größere Missbrauchspotenziale bestehen beim Pferderennen, bei dem ebenfalls verschiedene Disziplinen existieren (DRV

¹¹⁴ Bei dieser Veranstaltung versuchen drei Cowboys innerhalb von 90 Sekunden einem «Wildpferd» einen Gurt aufzuschnallen und einen Reiter auf das Pferd zu setzen, der sich dann darauf halten muss.

¹¹⁵ Bei diesen Disziplinen muss sich der Cowboy ohne Sattel auf dem Pferd halten. TVT (2005) berichtete, dass in diesen Disziplinen die Pferde Verhaltensauffälligkeiten zeigen.

2010). Im Springreiten wird bereits in der Zucht darauf geachtet, besonders kräftige, nervenstarke, charakterlich stabile und leistungsfähige Tiere auszuwählen. Im Dressurreiten werden Pferde darauf trainiert, mithilfe von minimalen Signalen («Hilfen») des Reiters gewünschte Aufgaben («Lektionen») exakt auszuführen. Besonders umstritten unter Tierschutzaspekten ist hier die Rollkur bzw. Hyperflexion (Überdehnung des Halses): Ziel dieser Figur ist eine «lange, tiefe und runde» Positionierung des Halses. Sie stellt physisch und psychisch eine enorme Anspannung für das Tier dar (Akademie für Tierschutz 2010b). Technologische Eingriffe könnten hier neue Möglichkeiten bieten, vielleicht sogar neue Figuren ermöglichen.

2.5 Tiere in Zoos und Shows und das Klonen bei bedrohten Tierarten

Tiere werden auch in Zoos, Aquarien und Volieren gehalten sowie zu Unterhaltungszwecken im Zirkus, in Delphinarien und in Filmproduktionen genutzt.¹¹⁷

Die Vorgeschichte und historische Entwicklung der zoologischen Gärten ist ein hervorstechendes Beispiel dafür, dass die Behandlung und Haltung von Tieren in erheblichem Maß von kulturellen und sozialen Veränderungen geprägt weden. Während die Menagerien des Adels der Zurschaustellung herrscherlicher Macht und Unterhaltungszwecken dienten und wissenschaftliche Ziele keine oder nur eine Nebenrolle spielten, etablieren sich seit der Französischen Revolution zoologische Gärten mit einem wissenschaftlichem und Bildungsanspruch. Neben der Nutzung für Forschungszwecke stand nun die Vermittlung von Kenntnissen

über Tiere im Mittelpunkt, bspw. durch die Darstellung unterschiedlicher Situationen im Leben des Tiers (wie Betreuung des Nachwuchses und Fortpflanzungsverhalten) oder auch durch direkte Kontaktaufnahme von Zoobesuchern mit Tieren. Infolge der Einführung von Tierschutzgesetzen ab der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts und der zunehmenden Aufmerksamkeit für die Bedürfnisse des Tiers ergaben sich weitere Änderungen bei der Haltung und Zurschaustellung von Wildtieren (vgl. Dittrich 2007). Tiere sollen in einer «natürlichen Umgebung» leben und gezeigt werden, und im Zweifelsfall ist das Wohlergehen des Tiers wichtiger als die Bildungsinteressen (und sowieso als die Schaulust) des Publikums. Zunehmend werden Zoos auch als Orte des Schutzes der Biodiversität begriffen, da in der freien Natur bedrohte oder ausgestorbene Tierrassen dort überleben können. Neben den Bestrebungen, Tierhaltung und Bildungsaktivitäten auf den Schutz der Biodiversität auszurichten, lassen sich aber auch Tendenzen einer «Disneysierung» (Beardsworth und Bryman 2001) feststellen, bei denen – nicht zuletzt unter ökonomischen Gesichtspunkten – Schaulust und eine Emotionalisierung auf neue Weise gefördert werden (wie bspw. im Fall des Eisbären «Knut» im Zoologischen Garten in Berlin). Dadurch sollen dann wiederum zusätzliche Mittel zur Verfolgung der wissenschaftlichen, artenvielfaltschützenden und Bildungsaufgaben von Zoos gewonnen werden. In diesem Zusammenhang ist auch der Boom von Zoosendungen im Fernsehen bemerkenswert.

In Abgrenzung von der Nutzung von Tieren im Zirkus und zu Show-Zwecken wird die Existenz von Zoos also vor allem mit zwei Gründen gerechtfertigt: Zoos betreiben Erhaltungszucht sowie Natur- und Artenschutzprojekte, wodurch sie sie das Überleben bedrohter Tierarten sichern¹¹⁸ und sie haben einen Bildungsauftrag, da sie Wissen über Tiere vermitteln, einschließlich des Wissens über exotische und vom Aussterben bedrohte Arten. Außerdem ermöglichen sie wissenschaftliche Studien über das Verhalten und die Haltungsprobleme bestimmter Tierarten.¹¹⁹ Kritisiert wird an

¹¹⁶ Siehe http://www.reitpferdezucht.eu/.

¹¹⁷ Für Tiere in Zoos und für Tiere, die zu Unterhaltungszwecken genutzt werden, bestehen einige spezielle Regulierungen, ansonsten gelten die Tierschutzgesetze. In der Schweiz und in Österreich bestehen seit 2008 Verordnungen bezüglich des Schutzes von Tieren, die im Zirkus genutzt werden. In Deutschland existiert seit März 2008 eine Zirkusregisterverordnung (ZirkRegV), und es gibt dort auch Leitlinien für die Haltung, Ausbildung und Nutzung von Tieren im Zoo, die allerdings rechtlich nicht verbindlich sind (STS 2007).

¹¹⁸ Im International Species Information System (ISIS) werden seit 1974 Zootiere weltweit erfasst sowie Zucht- und Stutbücher erstellt.

¹¹⁹ Zur geschichtlichen Entwicklung und zur Diskussion über Zoos siehe bspw. Dittrich 2007.

zoologischen Gärten vor allem, dass Tiere dort immer noch oft (vor allem aus Platzgründen) in ihren natürlichen Verhaltensweisen erheblich eingeschränkt werden (STS 2009). Die Kontroverse verschärfte sich in Europa in den 1980er Jahren, als festgestellt wurde, dass manche Tierarten (insbesondere große Säugetiere) in Zoos auch aus Langeweile Zwangsbewegungen (sog. Bewegungsstereotypien) entwickeln, die dann zu neuronalen Störungen führen können (Dittrich 2007). Zudem wurde – in Reaktion auf die zunehmende Fokussierung auf den Schutz der Biodiversität – die Frage aufgeworfen, inwieweit die Erhaltung von Tierrassen in Zoos nach Zerstörung ihres natürlichen Lebensraums überhaupt sinnvoll sei. Radikale Kritiker lehnen indes zoologische Gärten grundsätzlich ab, u. a. weil diese ihres Erachtens die Kluft zwischen Mensch und Tier eher verbreitern als verringern helfen.

Zootiere werden regelmäßig von deren eigenen Tierärzten sowie von Amtstierärzten kontrolliert. Die Grundsätze und Methoden der Behandlung von Zootieren hat sich über einen langen Zeitraum hinweg fortentwickelt, und mit der Zootiermedizin ist ein eigenes Forschungsfeld entstanden, in dem es nicht nur um die Gesundheit der Tiere im engeren Sinn geht, sondern auch um die Beschaffenheit der Räume, in denen sie leben, um die Qualität, Lagerung und Zubereitung der Futtermittel und um sonstige Haltungsbedingungen. Insbesondere Wildtiere bedürfen besonderer Pflege und bei Bedarf medikamentöser Behandlung, da sie (klimatisch, ökologisch und räumlich gesehen) nicht in ihrer natürlichen Umgebung leben. Ein besonderes Problem ist hier, dass es kaum Medikamente speziell für Wildtiere gibt, weshalb Mittel für Haustiere oder Menschen genutzt werden müssen. 120

Ähnlich wie bei Nutztieren sind die Erhaltung und Verbesserung der Gesundheit der Zootiere abhängig von ihrer Nutzung. Eine Verbesserung der Tiere über therapeutische Zwecke hinaus wird nicht angestrebt, und das Zoowesen tendiert heute dazu, die Tiere so «natürlich» wie möglich, d. h. nicht nur in ihrer natürlichen Umgebung, sondern auch bei ihren natürlichen Tätigkeiten zu zeigen (Rübel 2009). Inwieweit das gelingt, wird kontrovers diskutiert (Bostock 1993; Hancocks 2001; Zimmerman et al. 2007). Eine Einführung

von geänderten bzw. «verbesserten» Tieren würde den Prinzipien moderner Zootierhaltung aber auf jeden Fall widersprechen.

Bei der Nutzung von Tieren für bloße Unterhaltungszwecke existieren keine spezifischen Regelungen in Bezug auf die Verabreichung von Medikamenten und Konditionierungsmethoden. Sehr umstritten sind Methoden zum Reizen von Tieren, die besonders problematisch bei Wildtieren¹²¹ sind, sowie die Verabreichung von Beruhigungs- oder Aufputschmitteln (Menschen für Tierrechte 2010a, 2010b, 2010c; STS 2009; Vier Pfoten 2010; Animal Sciences Group van Wageningen UR 2009a, 2009b). Hier besteht noch erheblicher Forschungsbedarf zu Art und Ausmaß dieser Praktiken.

Heftig diskutiert wurden in den letzten Jahren Delphinarien, wohl auch aufgrund des starken Interesses an den kognitiven Fähigkeiten dieser Tiere (WDCS 2008a; White 2007; Marino und Lilienfeldt 2007). Pesonders kontrovers ist hier die Haltung in Gefangenschaft. Eine Wiederauswilderung von Tieren, die sich den Bedingungen in Gefangenschaft angepasst haben, ist praktisch unmöglich, und die Sterblichkeitsraten sind in manchen Delphinarien sehr hoch (GRD 2009). Darüber hinaus ist eine artgerechte Haltung nur sehr schwer möglich. Bis auf wenige Ausnahmen, wo Meerwasserbecken bestehen, werden die Tiere in kleinen, meist gekachelten Becken gehalten, was für ein Tier, das in der freien Wildbahn täglich bis zu 100km weit schwimmen und bis zu 300 m tief tauchen kann, sehr problematisch ist. Darüber hinaus sind nor-

¹²⁰ Persönliche Mittelung von Dr. Klaus Wünnemann, Direktor des Tiergartens Heidelberg.

¹²¹ Mit dem im Januar 2005 in Kraft getretenen novellierten Tierschutzgesetz ist in Österreich die Haltung von Wildtieren im Zirkus gesetzlich verboten (siehe § 27).

¹²² Delphine werden auch militärisch eingesetzt (2.5) Delphine sind wie Menschenaffen aufgrund ihrer hohen kognitiven Fähigkeiten bevorzugte Kandidaten für ein kognitives Enhancement, wie es in transhumanistischen Visionen vorgeschlagen wird (3.4.2). Hier wird spekuliert, dass bestimmte Veränderungen am Delphin zu einem besseren Verständnis des Sonarsystems und womöglich zu einer verbesserten Kommunikation mit dem Menschen führen könnten.

¹²³ Der Wildfang von Delphinen gilt als besonders grausam und wird – obwohl er in vielen Ländern verboten ist – insbesondere von Seiten Japans und der Solomon-Inseln für den internationalen Handel mit Delphinarien- und Aquarienbetreibern praktiziert. Stark kritisiert werden bspw. auch Schwimmprogramme mit Delphinen in Luxushotels (s. WDCS 2008b).

males Verhalten wie kooperative Jagdstrategien, ausgedehnte Futtersuche und die Kommunikation über weite Entfernungen sowie die Ausbildung komplexer Sozialstrukturen nicht möglich (Stiftung für das Tier im Recht 2002; Wenger 2006; White 2007). Die Bedingungen bei den Shows, wie etwa die laute Musik während der Vorstellung, Publikumslärm und die künstliche Umgebung (Betonkonstruktionen der Pools), sind nicht artgerecht (White 2007).¹²⁴

Abschließend sei noch auf eine Anwendung des somatischen Klonens hingewiesen, die zum Vorteil der Tiere (auf Artebene, also nicht der Einzeltiere) sein könnte, nämlich das Klonen von Exemplaren bedrohter Tierarten. Im Jahr 1999 startete in Australien das thylacine cloning project zum Klonen des tasmanischen Tigers unter Verwendung eines in einem Naturkundemuseum in Alkohol konservierten Exemplars gestartet, das aber im Jahr 2005 aufgrund technischer Schwierigkeiten und hoher Kosten wieder aufgegeben wurde. 125 Im Jahr 2002 zeigten Lanza und seine Gruppe anhand einer bedrohten Wildochsenrasse (Bos gaurus) und anderer Rinder, dass ein Zellkerntransfer bei unterschiedlichen Tierarten möglich ist. Die daraus entstandenen Föten waren tatsächlich Klone des Wildochsens. Die Methode ist aber wenig effizient, und nur wenige Föten erreichten überhaupt ein fortgeschrittenes fötales Entwicklungsstadium (von 180 bis 200 Tagen), im Endeffekt wurde kein Tier lebend geboren. Versuche zum somatischen Klonen fanden auch mit Wildkatzen (am Audubon Centre for Research of Endangered Species in New Orleans, USA) statt sowie (an der Universität Teramo in Italien) mit einer Mufflonrasse, die nur auf einigen Mittelmeerinseln zu finden ist. In einem Überblicksartikel über den Stand der Technik beim Klonen bedrohter Tierarten ziehen Loi und seine Gruppe (2007) eine eher ernüchternde Bilanz, aufgrund der phänotypischen Probleme der geklonten Tiere und der hohen Sterblichkeitsquote. Optimistisch sind sie aber in Bezug auf das verbesserte Verständnis der Mechanismen der Reprogrammierung von Zellkernen. Sie prognostizieren auch, dass dieses Klonen mittelfristig

möglich sein wird (Loi et al. 2007). Zu einem ähnlichen Ergebnis kommen auch Paris und seine Gruppe (2007), die am Institute for Breeding Rare and Endangered African Mammals (IBREAM)¹²⁶ in Edinburgh arbeiten. Forscher dieses Instituts klonierten im Jahr 2009 zum ersten Mal ein Individuum einer ausgestorbenen Tierrasse. Es handelt sich um ein Bucardo, ein Exemplar des ausgestorbenen pyrenäischen Steinbocks. Sie entnahmen den Zellkern aus Hautzellen dieses Steinbocks, die kurz vor dem Aussterben der Rasse in einer Biobank konserviert worden waren, und führten sie in Oozyten domestizierter Ziegen ein. Das Neugeborene überlebte allerdings nur einige Minuten und verstarb an Defekten in den Lungen (Folch et al. 2009). Hoffnungen auf eine Nutzung des somatischen Klonens bei seit längerer Zeit ausgestorbenen Tierrassen haben sich verstärkt, nachdem Wakayama und seine Gruppe (2008) gezeigt haben, dass das somatische Klonen einer Maus mittels somatischer Zellen aus einem gestorbenen Individuum möglich ist, das 16 Jahre lang bei einer Temperatur von -20 Grad Celsius konserviert wurde (Wakayama et al. 2008). Gómez und seine Gruppe (2009) haben kürzlich gezeigt, dass die Herstellung geklonter Embryonen aus bedrohten Feliden- bzw. Wildkatzenrassen durch die Fusion der Fibroblastenzellen von Feliden- bzw. Wildkatzenexemplaren mit Zytoplasten aus domestizierten Katzen möglich ist. Die daraus entstehenden Embryonen konnten in domestizierte Katzen transferiert werden, wobei aber keine Lebendgeburten resultierten. Auch Piña-Aguilar und seine Gruppe (2009) setzen starke Hoffnungen auf die Anwendung somatischen Klonens, insbesondere mit Blick auf Umwelt- und Tierschutzaspekte. Sie sehen diese Technik als eine von vielen Elementen einer Strategie zur Rettung bedrohter Tierarten. In ihrem Artikel nennen sie über 15 bedrohte oder ausgestorbene Tierrassen, die durch diese Technik erhalten bzw. neu erschaf-

¹²⁴ Es wurde berichtet, dass Delphine in Gefangenschaft häufig unter Magengeschwüren leiden.

¹²⁵ Vgl. http://www.abc.net.au/science/news/stories/s1302459.htm.

¹²⁶ Dieses Institut listet derzeit drei aktuelle Projekte auf seiner Website auf, zur Erforschung der reproduktiven Biologie des vom Aussterben bedrohten afrikanischen Wildhundes (Lycaon pictus), zur Erforschung der Reproduktion des ebenfalls vom Aussterben bedrohten äthiopischen Wolfs und zur Erforschung der Reproduktionsmechanismen von Zwergflusspferden (mit dem Ziel der Steigerung der Zahl der Exemplare in Zoos. Insbesondere bei dem Zwergflusspferde-Projekt wird auch mit Klonierungstechniken experimentiert (Highfield 2008). Siehe dazu http://www.ibream.org/Projects/.

fen werden könnten.¹²⁷ Im Fall der bedrohten Arten sei das Klonen allerdings komplizierter als bspw. bei gewöhnlichen Rindern, u. a. aufgrund geringer Kenntnisse über die Reproduktionsbiologie dieser Arten und des Mangels an geeigneten Embryo-Empfängern. Auch hier wird aber kontrovers diskutiert: Neben den phänotypischen Störungen, die das Wohlergehen der Tiere beeinträchtigen, besteht das Problem, dass sich mittels somatischen Gentransfers erzeugte Nachkommen von den ursprünglichen Tieren in einigen genetischen, epigenetischen und umweltbedingten Faktoren unterscheiden (Neumann 2009). Fraglich ist daher, ob es sich wirklich um die Wiederherstellung einer Tierart handelt oder eigentlich um eine neue Art. Außerdem bestehen grundsätzliche Einwände gegen den Einsatz bei bedrohten Tierarten: Vorrangig solle man sich um die Ursachen der Bedrohung kümmern.

2.6 Patentierung technisch verbesserter Tiere

Patentfragen sind im Rahmen internationaler Abkommen wie dem *International Patent Cooperation Treaty* (PCT), dem weltweit über 80 Staaten angehören, und dem *Europäischen Patentübereinkommen* (EPÜ) geregelt. Laut dem europäischen Patentrecht wie auch dem der Schweiz muss eine patentfähige Erfindung neu, gewerblich anwendbar sein und auf einer erfinderischen Tätigkeit beruhen (EPÜ Art. 52, Abs. 1).

Pflanzensorten, Tierrassen und «im Wesentlichen» biologische Verfahren zur Züchtung von Pflanzen oder Tieren sind in Europa nicht patentierbar (EPÜ Art. 53 lit. b). Dadurch sind einige bereits seit längerer Zeit etablierte Praktiken des «Animal Enhancement» wie bspw. die kosmetische Tierchirurgie nicht patentierbar. Durch neue technische Möglichkeiten der Manipulation bzw. der wesentlichen Veränderung von Lebewesen, vor allem

durch Gentechnik, ergeben sich in diesem Bereich aber neue Herausforderungen.

In drei Hinsichten unterscheidet sich die Patentierung von Lebewesen von herkömmlichen Erfindungen: Lebewesen sind lebendig, sie können sich unter Umständen vermehren, und sie lassen sich gelegentlich nicht ausreichend genau beschreiben, weshalb bei einer Patentanmeldung Proben hinterlegt werden müssen (Krebsbach 1994). Nach der bisherigen Interpretation des Patentrechts führt die Vermehrungsfähigkeit von Lebewesen zu einer breiten Ausdehnung des geschützten Verwertungsrechtes: Die Erwerber eines patentierten Lebewesens dürfen dieses nicht ohne Einverständnis der Patentinhaber weiterzüchten.

In diesem Abschnitt soll nun keine ausführliche Erörterung der komplexen Patentierungsthematik geleistet werden. 128 Vielmehr soll - vor dem Hintergrund einer insgesamt anscheinend unbefriedigenden Literatur- und Datenlage – allein auf die Frage eingegangen werden, ob in Verbindung mit neuen wissenschaftlich-technologischen Möglichkeiten oder Praktiken des «Animal Enhancement» eine neue Welle der Patentierung zu erwarten ist. Soweit ersichtlich liegt zu dieser Thematik noch keine systematische Studie vor, und überdies fehlt bisher auch eine systematische Liste aller bis jetzt auf der Welt patentierten Tiere. Die folgenden Ausführungen beruhen daher auf Recherchen in Datenbanken verschiedener mit Patentierung befasster Institutionen wie dem Europäischen Patentamt (EPO) und dem United States Patent and Trademark Office (USPTO) und auf öffentlich zugänglichen Dokumenten, die anderweitig ermittelt wurden. Vor allem mittels eines Überblicks über allgemeine Tendenzen und anhand einer

¹²⁷ Miller und seine Gruppe (2008) haben die Genomsequenz einer Mammutart (Mammuthus primigenius) veröffentlicht, wobei sie eine spezielle Methode der Genomsequenzierung bei der gefrorenen DNA eines Exemplars angewendet haben, das vor circa 20000 Jahren auf der Erde gelebt hat. Auch in diesem Zusammenhang besteht die Hoffnung, (bspw. durch Mittel einer avancierten synthetischen Biologie) ausgestorbene Tierarten wiedererschaffen zu können.

¹²⁸ Die Diskussion um die Patentierung von veränderten Tieren und Pflanzen dreht sich nicht nur um rechtliche Fragen (Patentrecht), sondern bspw. auch um politisch-ökonomische Fragen wie den zunehmenden Einfluss von high-tech und internationalen Konzernen auf Kleinbauern und die lokale Landwirtschaft, und um ethische Fragen (bspw. die Frage der Kompatibilität von Schutz und Vermarktung dieser Lebewesen und die der Instrumentalisierung durch Patentierung). Für eine systematische Auseinandersetzung mit der Thematik vgl. bspw. Studer und Surbeck 1998; EKAH 2001, 2002, 2004; Goetschel 2002; Anwander et al. 2002. Informative kritische Auseinandersetzungen mit politisch-ökonomischen Aspekten leisten Gura 2007 und Greenpeace 2007, 2009.

Reihe von aussagekräftigen Beispielen für neuartige Patentierungen soll gezeigt werden, dass ein künftiger neuer Patentierungsschub durch konvergierende Technologien durchaus mit einiger Berechtigung vermutet werden kann.

Patente auf Versuchstiere sind auch u. a. deshalb von besonderem Interesse, weil Tiere sich vermehren können und daher als «Erfindungen» relativ leicht kopiert werden können und durch Dritte zu gebrauchen sind (Krebsbach 1994, OECD 1996). Nachteile ergeben sich allerdings für kleinere Betriebe, die sich hohe Lizenzgebühren nicht leisten können und auch mit Blick auf die Freiheit des Wissensaustauschs, die als ein hohes Gut der Forschung gelten kann. Durch Patentierung kann es zu Verzögerungen bei der Veröffentlichung von Forschungsergebnissen und zu anderen Beschränkungen für die Forschung kommen. Ein prominentes Beispiel für eine andere Beschränkung ist das erste patentierte gentechnisch veränderte Versuchstier, die sog. «Harvard-Krebsmaus». Die Herstellerfirma DuPont verlangte so hohe Lizenzgebühren, dass dieses Tiermodell in der Forschung kaum genutzt wurde (Vogel und Grunwald 1994; vgl. zum Geltungsbereich des Patents, der sich nicht auf Mäuse beschränkt: Jaenichen 1997).

Eine Suche im ESPACENET von EPO ergab, dass Patente auf Versuchstiere in allen möglichen Gebieten der Forschung erworben wurden, mit einer deutlichen Mehrheit im Bereich gentechnisch veränderter Tiere. Dieses Ergebnis überrascht nicht, wenn man an die zunehmende Bedeutung von transgenen Tiermodellen in den letzten Jahren denkt (Kap. 2.1). Das Patent US2010146644 betrifft bspw. die Herstellung eines transgenen Tieres für die neurologische Forschung, in dessen Zellen ein dysfunktionales 26S-Proteasom enthalten ist. ¹²⁹ Ein anderes Beispiel stellt das Patent US2010143934 für ein verändertes Tier dar, in dem u. a. das Peptid YY ausgeschaltet ist. Mit diesem Patent wurden gleichzeitig auch Plattformen für «Drug Screening» patentiert, die solche Tiere verwenden. In der Regel finden sich mehrere Patente, die sich auf ein transgenes Tiermodell beziehen und sich oft nur in Details unterscheiden. Mit Blick auf neue wissenschaftlich-technologische Entwicklungen sind auch Patente für robotische Systeme von Interesse, mit denen das Verhalten von Tieren kontrolliert wird (wie das Patent US 2003060930).

Die Vielfalt der bei der Recherche ermittelten Patente für Versuchstiere legt den Eindruck nahe, dass trotz des expliziten Verbots der Patentierung von Lebewesen die Patentierung als Sicherung der Nutzungsrechte in großem Umfang stattfindet und de facto auch die Herstellung von Tieren betreffen kann. Sollten die Potenziale der konvergierenden Technologien, tierische Fähigkeiten und Leistungsmerkmale zu verändern, zunehmend ausgeschöpft werden, ist daher auch ein weiterer Patentierungsschub im Versuchstierbereich zu erwarten.

Da sich in der Landwirtschaft nano (bio) technologische Anwendungen noch in einer experimentellen Phase befinden (2.2.3), sind dort Patente vorwiegend im Bereich der gentechnisch veränderten, geklonten und konventionellen Nutztiere zu finden. Im Zuge der Verbreitung der Gentechnologie und der Anwendung des somatischen Klonens in Herstellung und Zucht von Nutztieren hat die Zahl der Patente stark zugenommen.

Patentiert werden allerdings nicht nur gentechnisch veränderte Nutztiere, sondern auch besondere Verfahren und konventionelle Zuchttiere. Nach einem Bericht von Greenpeace (2009) steigt auch die Zahl von Patentanträgen in der konventionellen Zucht (insbesondere von Schweinen und Kühen) stetig an, für die Jahre 2007 und 2008 zählen die Autoren insgesamt 40 Patentanträge, die alle Stufen der Züchtung betrafen und zumeist keine gentechnische Verfahren beinhalteten. Demnach lässt sich vermuten, dass sich die durch neue wissenschaftlich-technologische Entwicklungen ausgelöste Patentierungswelle auch zunehmend auf traditionelle Bereiche auswirkt.

Beispiele bereits patentierter transgener Nutztiere sind das berühmte Klonschaf Dolly (Patent US11323605), der transgene Lachs einer kanadischen Firma (EP 578653), in dessen Genom ein Wachstumshormon eingeschleust wurde, und transgene Kühe einer US-Firma, die mehr Milch bzw. Milch mit veränderten Inhaltsstoffen produzieren (EP 1257168). Patentiert wurden bspw. auch eine Methode für die sexuelle Selektion der Samen für die künstliche Befruchtung bei Menschen und Tieren sowie die Nutzung von Computermodellen in der Zucht (bspw. Patentantrag WO 200749455). Mit Blick auf eine Verbesserung der Tiere für mensch-

¹²⁹ Dieses Tier kann phänotypische oder neuropathologische Symptome aufweisen, die denen von Menschen mit einer neurodegenerativen Krankheit ähneln.

liche Nutzungsinteressen sind Patente auf die Zucht von Kühen von besonderem Interesse, deren Milch für besondere Zwecke geeignet ist, bspw. für die Joghurtherstellung (Patent WO 2008017311; vgl. auch die Patente WO 2008100145 und WO 2003100074).

Ziel von Protesten waren in diesem Bereich bspw. das Patent EP 1651777 – das für ein Verfahren zur genetischen Analyse von Schweinen zwecks Wachstumsbeschleunigung besteht (Gura 2007) und nach Protesten modifiziert wurde (Greenpeace 2009) – sowie das Patent EP 1330552, gegen das im März 2010 ein Einspruch beim Europäischen Patentamt eingereicht wurde. Das letztgenannte Patent erstreckt sich sowohl auf ein gentechnisches Verfahren für erhöhte Milchleistung als auch auf ein Verfahren zur Auswahl von Kühen im Rahmen der konventionellen Zucht.

In der Zukunft könnte womöglich eine neue Dynamik der Patentierung einsetzen, falls neurotechnische Verfahren (bspw. Implantate) zum Einsatz kommen, die wesentliche Eigenschaften der Tiere verändern. Ein weiteres mögliches Zukunftsthema sind die Auswirkungen der Nanotechnologie in diesem Bereich. Die in letzter Zeit zunehmenden Arbeiten zu patentrechtlichen Aspekten dieses Technologiefeldes (Wagner et al. 2006; Chen, Roco und Lin 2008; Marrani 2009) beziehen sich zwar zumeist auf Nanomaterialien und auf Herstellungsverfahren in diesem Bereich und nicht auf dadurch modifizierte Tiere oder Tierprodukte. Allerdings gibt es Patente auf Methoden zur Erstellung nanotechnologischer Additiva im Tierfutter (wie bspw. das Patent CN 101507468) sowie auf eine ganze Reihe von Verfahren, die in der Landwirtschaft sowie in der experimentellen Forschung Verwendung finden können. Es hat also den Anschein, dass nano(bio)technologische Verfahren im Tierbereich das Potenzial besitzen, einen Patentierungsschub auszulösen.

3. Philosophische Diskussion zur Verbesserung von Tieren

Das Verhältnis des Menschen zu Tieren ändert sich in unserer wissenschaftlich-technischen Zivilisation in verschiedener Hinsicht. An vielen Orten wird der Tierschutz verstärkt, und Dokumentationen und andere Beiträge zu Tierthemen sind in den Massenmedien weit verbreitet. Zugleich lässt sich eine zunehmende Instrumentalisierung von Tieren für menschliche Zwecke feststellen, und durch die Tendenzen einer Konvergenz unterschiedlicher Technologiefelder eröffnen sich in dieser Hinsicht weitere Möglichkeiten.

Wissenschaftlich-technologische Konvergenzprozesse, wie sie in der Debatte über «Converging Technologies» diskutiert werden (Roco und Bainbridge 2002; Coenen 2008), können sich auf Tiere vielfältig auswirken. Zum einen eröffnen sie neue Möglichkeiten der Nutzung von Tieren wie zum Beispiel die Herstellung transgener Tiere für die Biomedizin und die Landwirtschaft. Zum anderen beeinflussen neue wissenschaftliche Erkenntnisse, bspw. zu kognitiven Fähigkeiten von Tieren (2.1.1) oder im Bereich tierärztlicher Behandlungsmethoden, nicht nur die möglichen Anwendungen an Tieren, sondern auch das Verhältnis von Mensch und Tier.

Vergleiche mit Tieren haben schon immer eine wichtige Rolle für das menschliche Selbstverständnis gespielt, in ihrer Unterschiedlichkeit und Ähnlichkeit. In Prozessen der Selbstvergewisserung des Menschen über seine Position in einer Welt, die zunehmend durch Forschungsfelder wie die Robotik, Nanotechnologie, Künstliche-Intelligenz-Forschung und Synthetische Biologie geprägt wird, gewinnen derartige Vergleiche neue Bedeutungen. Dies zeigt sich insbesondere auch in der aktuellen Debatte über «Human Enhancement», in der weitreichende Visionen – wie die in den USA zu «Converging Technologies» entwickelten – eine prominente Rolle spielen.

Zugespitzt lässt sich die These vertreten, dass im Fall des «Animal Enhancement» derzeit – neben den klassischen tierethischen

 $^{^{\}rm 130}$ http://www.ekd.de/agu/aktuell/2010_04_Patentierung_von_Pflanzen_und_Tieren_stoppen.html

Fragen und ihrer Aktualisierung durch wissenschaftlich-technische Fortschritte – auch eine neue ethische Problematik Bedeutung erlangt, die mit dem aktuellen Aufschwung der Debatte über «Human Enhancement» zusammenhängt. Insofern nämlich Versuchstiere «verbessert» werden, ist nun auch die Frage zu stellen, ob Manipulationen am Tier womöglich einem «Human Enhancement» dienen, das nicht mehr als Therapie gelten kann.

Therapeutische und nichttherapeutische Verbesserungen lassen sich zwar zumeist nur schwer voneinander abgrenzen. Wo es aber doch möglich ist, sind ethische Abwägungen unerlässlich: Wenn bspw. die Nutzung einer bestimmten Substanz oder Technologie für eine rein nichttherapeutische Steigerung menschlicher Leistungsfähigkeit als zulässig eingestuft wird, rechtfertigt dies ja nicht unbedingt, für diesen Zweck in der Forschung Versuchstiere einzusetzen.

Bedenkt man bspw. die Ausführungen zu genetisch veränderten Tieren in der Tierschutzverordnung der Schweiz – in denen die Erzeugung solcher Tiere auch zu Forschungszwecken verboten wird. wenn diese als Heim-, Hobby- oder Sporttiere, als Nutztiere nur für die Luxusgüterproduktion oder als allein für ökonomische Zwecke verbesserte Arbeitstiere verwendet werden sollen -, dann stellt sich in Bezug auf Versuchstiere in der Forschung zu einem rein nichttherapeutischen «Human Enhancement» eine ganze Reihe von Fragen: Rechtfertigt bspw. die Aussicht auf eine Verbesserung menschlicher Leistungsfähigkeit, die allein oder vorrangig Vorteile in Hobbyaktivitäten oder sportlichem Wettbewerb brächte, den Einsatz von Versuchstieren? Reichten individuelle ökonomische Vorteile – bspw. eine Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit auf dem Arbeitsmarkt durch «kognitives Enhancement» – dazu aus? Ließen sich bestimmte Formen des «Human Enhancement» als «Luxus»-Dienstleistungen begreifen und, wenn ja, was hieße das für die Frage der Zulässigkeit von Tierversuchen? Inwiefern sind – vor allem hinsichtlich der Eingriffstiefe und der Radikalität der Modifikation – gewisse nichtgenetische Technologien (bspw. im Feld der Neuroprothetik) ähnlich einzustufen wie genetische Technologien?

Die Fragen im Zusammenhang mit möglichen Wechselwirkungen von «Human Enhancement» und «Animal Enhancement» erschöpfen sich aber nicht in Problemen dieser Art. Wenn die

Entwicklung und Nutzung einer bestimmten Technologie oder Substanz für «Human Enhancement» als unzulässig angesehen würde - bisher besteht hier ein sehr breiter Konsens nur in Bezug auf Keimbahneingriffe –, dann wäre immer auch zu prüfen, inwieweit dies Folgen für die Zulässigkeit von entsprechenden Tierversuchen haben müsste. Zudem ist es bspw. denkbar, dass Enhancement-Technologien, die als bedenklich in Bezug auf den Schutz der Menschenwürde einzuschätzen werden, auch die Würde der Kreatur oder Tierrechte verletzen. Schließlich ein letztes Beispiel, das eine andere Ebene philosophischer Reflexion betrifft: Die in der Diskussion über «Human Enhancement» immer wieder kritisierten reduktionistischen Auffassungen des Menschen – die Reduktion auf eine Maschine, auf Information oder was es dergleichen noch gibt –, stehen historisch und auch noch gegenwärtig im engsten Zusammenhang mit den Auffassungen über Tiere. Da wir uns insbesondere von den mit dem Menschen eng verwandten Säugetieren in vielerlei Hinsicht wenig unterscheiden, können Tierversuche auch das menschliche Selbstverständnis tangieren.

3.1 Verbesserung für wen und in welchem Sinn?

Wie bereits in der Einleitung (1.3) erklärt, ist die Rede von einem «Animal Enhancement» nur begrenzt sinnvoll, wenn dabei die Themen und Argumente aus der Debatte über «Human Enhancement» einfach übertragen werden. Die dort weithin etablierte Bedeutung einer positiven Überschreitung der arttypischen Eigenschaften des Menschen – Verbesserung als etwas zu verstehen, das «besser als gut» («better than well») ist – trifft nur auf einen Teil dessen zu, was als «Animal Enhancement» bezeichnet werden kann. Die Befürworter des «Human Enhancement» fassen dieses als eine Verbesserung «an sich» auf und damit als positiv per definitionem (Bostrom 2006; Harris 2007; vgl. Miller und Wilsdon 2006). Andere Autoren hingegen verstehen «Verbesserung» entweder als einen relationalen Begriff, der in einem besonderen Kontext zu konkretisieren ist, in dem Kriterien, Subjekt und Objekt bestimmt werden können und müssen (1.1., vgl. auch Kapitel 3.3. in Grunwald 2008). Oder sie meinen die Überschreitung artspezifischer Fähigkeiten jenseits jeglicher Therapie, die damit aber

nicht automatisch zu einer Verbesserung im Sinne einer positiven Steigerung führt (Parens 1998; vgl. Wolbring 2009). Je nach Definition verändern sich der normative Charakter dieses Begriffs und damit auch die Kontur des entsprechenden Diskurses.

Die Schwierigkeiten in der Übertragung des Enhancement-Begriffs im Sinne sowohl von «jenseits von Therapie» (PCB 2003) als auch von «besser als gut» ergeben sich aus einer einfachen, aber grundlegenden Tatsache: Der moralische und juristische Status von Tieren ist anders verfasst und geregelt als der Status von Menschen. Obwohl Tiere gegenwärtig in vielen Gesetzen keine Sache mehr sind¹³¹, dürfen Tiere von Menschen unterschiedlich genutzt werden – als Lebensmittel, als Kleidung, als Modelle oder Experimentierobjekte in der Forschung etc. (Kap. 2) –, und ihre Existenz steht vielfach in starker Abhängigkeit von menschlicher Nutzung. Dieser grundsätzliche Unterschied im moralischen Status und die sich daraus ergebenden Mensch/Tier-Verhältnisse stellen eine Hürde bei der Parallelbetrachtung der Verbesserung von Tieren und Menschen dar. Der Wert des Tieres ist von menschlichen Interessen abhängig, so dass auch das, was als Verbesserung verstanden wird, von solchen menschlichen Interessen abhängt.

In Bezug auf pharmakologische oder chirurgische Interventionen beim «Human Enhancement» wird demgegenüber angenommen, dass diese von den Individuen, die sich «verbessern» lassen wollen, mehr oder weniger selbstbestimmt, d. h. ihren individuellen Interessen entsprechend veranlasst werden können (Grunwald 2008). ¹³² Im Unterschied zu gentechnischen Eingriffen in werdendes Leben besteht bei diesen Formen «technischer Verbesserung» des Menschen – die bspw. als Implantate in zustimmungsfähige Personen «eingebaut» werden könnten – die Möglichkeit der Herbeiführung eines *informed consent*, der auch die Information über mögliche Risiken und ihre Akzeptanz beinhalten würde. Ein solcher *informed consent* ist mit Tieren nicht herstellbar.

Damit von Verbesserung gesprochen werden kann, bedarf es eines Vergleichswerts sowie eines Ziels. Bei Tieren sind die Ziele der Verbesserung und somit auch die Vergleichsparameter, an denen eine Verbesserung bemessen wird, von der vorherigen Nutzung bestimmt. Es ist kein Zufall, dass der Begriff des «Enhancement» als Überschreitung der arttypischen Eigenschaften von Tieren in der heutigen Tiermedizin in keiner Weise mit positiven Effekten für die Tiere in Verbindung gebracht wird. Stattdessen gibt es vielfältige Bezüge, durch technologische Eingriffe die Produktivität des Tieres steigern zu können. Diese Eingriffe können gesundheitliche Probleme verursachen, so dass man nicht sagen können wird, dass dieser Typ von Eingriffen generell in einem vorgestellten Interesse der Tiere ist. Ausdruck dieser Fokussierung auf die Nutzung von Tieren ist auch, dass es in der Tiermedizin einen Mangel an Ressourcen für die Erforschung von Krankheiten für Tierarten gibt, hinsichtlich derer keine finanziellen Interessen bestehen. Rathbone und Brayden (2009) zeigen, dass die tiermedizinische Forschung dort weit fortgeschritten ist, wo kommerzielle Interessen im Spiel sind - und zwar vor allem im landwirtschaftlichen Kontext. Dagegen bestehen bei Wildtieren große Defizite, was besonders relevant in der Zootierhaltung wird (2.4.6). Menschliche Zielsetzungen dominieren den Umgang mit Tieren, und dies ist auch beim «Animal Enhancement» der Fall.

Eingriffe zur Steigerung der Krankheitsresistenz oder eine gentechnische Veränderung zur Optimierung bestimmter kognitiver Fähigkeiten von Tieren könnten hier als Ausnahmen erscheinen. Die Schaffung von Krankheitsresistenz sollte *prima facie* doch in einem vorgestellten Interesse von Tieren liegen. Die Lage ist jedoch komplexer. Denn die Motivation, Krankheitsresistenz zu erzeugen, liegt in der Regel nicht darin, den Tieren Krankheiten zu ersparen, sondern die menschliche Nutzungsmöglichkeit zu verbessern. Dazu ein Beispiel aus der Landwirtschaft: Mastitis (Euterentzündung) unter Milchkühen ist neben Fruchtbarkeitsstörungen der häufigste Grund für vorzeitige Schlachtung. Die Verbreitung dieser Krankheit ist mit einem hohen ökonomischen Schaden verbunden.¹³³ Die Spitzenleistungen dieser Kühe basieren

¹³¹ Mehr zum Thema findet man auf der Website http://www.tierimrecht.org/.

¹³² Allerdings ist dabei zu beachten, dass die Wünsche und Interessen, die zur Akzeptanz von Verbesserungstechnologien führen können, keineswegs allein als Entscheidungen von Individuen zu verstehen sind. Vielmehr besteht bei Individuen bspw. ein starker Druck, gesellschaftlichen Werten zu entsprechen sowie im Wettbewerb zu bestehen (Sandel 2008; Wolbring 2009; vgl. auch Coenen et al. 2009).

¹³³ Vgl. dazu die informative Seite von Boehringer Ingelheim über akute Mastitis und ihre Kosten: http://www.tiergesundheitundmehr.de/aktuell/m_euterentzuendung_0306.html

auch auf hohen Kraftfuttergaben, die aber nicht wiederkäuergerecht sind (Reuter 2007) und sich daher auf die Lebensspanne der Tiere auswirken. Dass heute eine Kuh der am weitesten verbreiteten Rasse Holstein Friesian durchschnittlich weniger als fünf Jahre lebt, stellt eine für die Art unnatürlich kurze Lebensspanne dar. Für die Halter ist das ein Problem, weil diese Kühe den Zeitpunkt ihres Leistungsmaximums nicht erreichen (Reuter 2007). Die Ausreizung von Leistungspotentialen hat hier also die Krankheitsanfälligkeit vergrößert. Würde dem nun mit einer «technischen Verbesserung» entgegenzuwirken versucht, also eine Resistenz gegen Mastitis angestrebt werden, würde dies im Erfolgsfall zwar den Tieren die Krankheit ersparen. Die Motivation bliebe aber das landwirtschaftliche Nutzungsinteresse. «Animal Enhancement» würde letztlich dazu eingesetzt, negative Entwicklungen (zunehmende Mastitis) zu kompensieren, die durch die (starke) Nutzung der Tiere durch den Menschen erst verursacht wurden. Die Rede von Verbesserungen tierischer Fähigkeiten erscheint daher auf eine subtile Art und Weise doppeldeutig, die sich beim Menschen so nicht zeigt.

Ein Beispiel aus dem Heimtierbereich kann zur Verdeutlichung weiterer Facetten der Thematik herangezogen werden, nämlich kosmetische Schönheitsoperationen an Hunden. Ist diese «Verbesserung» ästhetischer Merkmale im Kontext der eigenen Art (Hunde) zu bewerten – also zu fragen, welche Folgen sie für das Verhältnis zu anderen Hunden hat – oder hinsichtlich des Verhältnisses von Hund und Halter? Da ein solcher Hund mit seinem «verbessertem» Aussehen womöglich liebevoller von seinem Halter behandelt wird, ist es vorstellbar, dass – ungeachtet der primären Motivation aus dem Nutzungsinteresse des Halters – solche Interventionen (auch) im Interesse des Tieres und zwar des unterstellten Interesses an einem gelungenen und guten Leben liegen. Dann jedoch taucht sofort die Frage nach den Kriterien auf, die ein gutes, gelungenes tierisches Leben definieren.

Weiterhin ist zu bedenken, dass ein großer Teil der Forschung zu Tierkrankheiten sich auf Krankheiten bezieht, die entweder auf den Menschen übertragbar sind (wie die bekannte Variante der Creutzfeldt-Jakob-Erkrankung) oder die zu Seuchen führen können. In letzterem Fall ist angesichts des Ziels der Vermeidung der Tötung von Tieren die Erhöhung der Krankheitsresistenz – wenn

sie gelingt – unzweifelhaft ein Fortschritt. Seuchen bei Nutztieren sind bekanntlich ein großes Problem (bspw. Maul- und Klauenseuche oder Vogelgrippe), immer wieder werden Tiere in Massen getötet. Allerdings sind Massentötungen im Seuchenfall in gewisser Weise selbst (auch) Ergebnis der Massentierhaltung, weil eine große Zahl von Tieren auf engem Raum lebt und es dadurch zu einer raschen Verbreitung von Krankheiten kommen kann. Maßnahmen, die dazu dienen, die Krankheitsresistenz zu fördern und dadurch Seuchen zu verhindern, sind also auch primär durch menschliche Nutzerwägungen bestimmt, und der – beachtliche – positive Effekt für Tiere ist eher eine Nebenfolge.

Insbesondere die Agrarforschung setzt stark auf «Verbesserungen» von Tieren, im Sinne einer Maximierung ihrer Leistungen als Nutztiere. Im Rahmen dieser klassischen «Verbesserungen» spielen Züchtung, Fütterung und Haltung die entscheidenden Rollen. Dieses Verständnis besteht auch bei der Forschung zur Herstellung und Verwendung transgener Nutztiere. Ihr liegt der Wunsch nach einer im Hinblick auf die menschlichen Interessen «perfekten» Gestaltung der Tiere zugrunde (2.3.1). Die Nutzung der Tiere dominiert die Wahrnehmung dessen, was eine Verbesserung eines Nutztieres darstellt.¹³⁴ Vor diesem Hintergrund muss die Rede über eine vermeintlich neue ethische und soziale Bedeutung von «Animal Enhancement» relativiert werden, denn dieses fügt sich hier bruchlos in die Zielperspektive «klassischer» Formen der Verbesserung von landwirtschaftlichen Nutztieren ein. Dies gilt auch für transgene sowie für geklonte Tiere: Das Klonen von Nutztieren zielt gerade darauf ab, die bereits durch Zucht «optimierten» Tiere zu reproduzieren, um erhöhte Nutzungsraten zu ermöglichen. ¹³⁵ In diesem Trend stehen auch Visionen zu Nanotechnologien wie etwa zu Biosensoren in Nutztieren (Roco und Bainbridge 2002, S. 5f.).

Die Verbesserung zur Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit von Tieren ist Ziel beim Einsatz von Doping-Medikamenten oder beim

¹³⁴ Dies gilt für die übliche Tierhaltung, bei der Tierschutz durch Gesetze gewährleistet ist (bspw. hinsichtlich der Größe des Liegeplatzes, der Dauer der Bewegung der Tiere etc.), aber auch für die ökologische Tierhaltung, bei der höhere Standards angesetzt werden.

¹³⁵ Auch die Erhaltung gefährdeter Tierrassen oder seltener Eigenschaften wird unter Nutzenaspekten verfolgt, um Nutzungsoptionen offen zu halten (2.3).

Klonen von Sporttieren (2.4), wobei allerdings das Klonen nur für die Zucht verwendet wird. Da Sportleistungen nicht nur von genetischer Ausstattung, sondern auch von Umweltfaktoren und Training abhängen, wäre das Klonen eines Pferdes zum Bespiel für einen Wettbewerb ökonomisch zu riskant. Dagegen werden geklonte Pferde als «Lieferanten» von wertvollem Reproduktionsmaterial wie Spermien, Genom etc. verwendet (3.3.2). 136 Doping von Tieren ist hingegen in den Bestimmungen der Sportverbände verboten. Die illegale Verabreichung von Medikamenten wie auch problematische Konditionierungsmethoden von Tieren in Unterhaltungsshows werden jedoch verschiedentlich als Probleme wahrgenommen und kritisiert. Entsprechende Bedingungen wie etwa starker Wettbewerbsdruck, mangelnde Regulierung und ökonomische Interessen können, ganz wie beim Doping im menschlichen Sport, dazu führen, dass illegale Enhancement-Versuche verstärkt unternommen werden.

Auch in der Heimtierhaltung sind mögliche Verbesserungen durch neue Technologien im Verhältnis zu Wünschen und Bedürfnissen des Menschen zu sehen. Durch kosmetische Chirurgie werden Tiere entsprechend menschlichen ästhetischen Wünschen geändert, damit sie in Schönheitswettbewerben, die solche Eingriffe erlauben, erfolgreicher sind – dies wäre damit strukturell etwas Ähnliches wie Doping – oder schlicht deshalb, weil sie ihren Besitzern dann als schöner erscheinen. Selbstverständlich ist es für einen Hund von Vorteil, wenn er als schönerer Hund dann auch liebevoller behandelt wird. Aber auch ein solcher Effekt ändert nichts daran, dass die Operation nach menschlichen Kriterien erfolgt, und es ist dabei nicht ausgemacht, dass die jeweilige Verbesserung bspw. im Kontakt mit anderen Hunden von Nutzen ist. Vor dem Hintergrund des Ethos des Tierarztes werden solche Eingriffe als unnötige medizinische Anwendungen kritisiert (Neumann 2008).

Ein weiterer Kritikpunkt ist, dass diese «Verbesserungen» häufig nicht artgerecht sind. Insofern bspw. an Hunden Veränderungen an den Ohren vorgenommen werden, greift dies in die natürliche Nutzung der Ohren als wichtiges Kommunikationsmittel für Hunde ein (Feddersen-Petersen 2004; Bloch 2004). Die Nicht-Artgerechtigkeit der Interventionen ist auch beim Abschaffen des

Hundebellens (durch Eingriffe an den Stimmbändern) oder beim Entfernen der Krallen von Katzen sehr deutlich, die in Europa daher auch als Tierquälerei verboten sind. Bei Hoden-Implantaten ist nicht klar, ob es für die Tiere selbst (einschließlich der weiblichen Artgenossen) überhaupt von Interesse ist.

Eine besondere Betrachtung verdient der Bereich der experimentellen Forschung. Hier wird die Diskussion über «Enhancement» – zumindest auch – unter dem Aspekt geführt, ob diese «im Sinne des Tieres» sind. Es geht unter diesem Begriff nicht um einen Eingriff in die Tiere selbst, sondern um die Verbesserung der Haltungsbedingungen von Versuchstieren (environmental enrichment). Selbstverständlich bleibt jedoch der Kontext von menschlichen Nutzenerwägungen bestimmt. Verbesserung ist hier im Sinne einer Implementierung besserer Bedingungen zu sehen, aber nicht als Intervention, die über den Schutz der Gesundheit und Wohlbefinden des Tieres hinausgeht. Verbesserung meint hier eine Annäherung der Haltungsbedingungen an Artgerechtigkeit. Dieser Begriff ist jedoch problematisch, da auch die Vergleichsparameter mit Wildtieren und damit mit den «ursprünglichen» in der Natur lebenden Tierarten problematisch sind: Versuchstiere weisen zum Teil biologische Differenzen zu ihren Ursprungsformen auf. Noch schwieriger ist die Frage nach Kriterien der Artgerechtigkeit zu beantworten, wenn Wildformen von Nutztieren nicht mehr existieren.

Die häufigsten technologischen Anwendungen in Richtung auf eine Verbesserung von Tieren sind Tiermodelle für gezielte Experimente. In der Biomedizin werden häufig zuerst Tiermodelle für menschliche Krankheiten bzw. Symptome hergestellt, um dann mit ihnen Therapien oder Medikamente zu überprüfen. Verbesserung bedeutet hier eine gezielte Herstellung für einen speziellen experimentellen Kontext (2.1.2 und 2.1.3). Die Verbesserung der Versuchstiere dient zur Steigerung der Aussagekräftigkeit und Anwendbarkeit der dadurch gewonnenen Ergebnisse auf den Menschen. Im Fall der Xenotransplantation (2.1.5) sollen Tiere als Quelle von Organen, Geweben und Zellen für den Menschen genutzt werden. Spezifisch zu diesem Zweck werden Tiere unterschiedlich «verbessert», bspw. werden Schweine so modifiziert, dass sie eine geringere Abstoßungsreaktion in Primaten hervorrufen, oder es werden Primaten pharmakologisch behandelt, damit sie die Organe oder Gewebe von Schweinen besser akzeptieren.

¹³⁶ Diese Informationen entstammen einem Telefoninterview mit Cesare Galli.

Auch in der für «Human Enhancement» potenziell relevanten Forschung werden Tiere zum Testen von Enhancement-Medikamenten oder -Interventionen (wie zum Beispiel Gehirnimplantaten) genutzt. In dieser Forschung werden Versuche an einer großen Zahl von Tieren durchgeführt, was zum Teil mit einem erheblichen Leiden einhergeht (3.4.2). Wo es in diesem Kontext tatsächlich zu verbesserten Fähigkeiten von Tieren kommt, wie zum Beispiel in der neurowissenschaftlichen Forschung (2.1.6), leiden die Tiere häufig unter Störungen in anderen Hinsichten. Die Verbesserung für menschliche Zwecke führt für die Tiere in der Regel zu einer mindestens ambivalenten Situation.

Last but not least sind die Fälle zu nennen, in denen neue Fähigkeiten in Tieren implementiert werden, bspw. eine in der Natur nicht vorkommende Krankheitsresistenz. Hier ist jeweils zu prüfen, inwieweit Vorteile für die Tiere entstehen können und gegebenenfalls in welchem Maß dafür zusätzliche Tierversuche gerechtfertigt erscheinen (3.2). Dieser Punkt weist zudem auf etwas Generelles hin. In der ethischen Beurteilung muss, ganz analog zum Lebenszyklusansatz der Nachhaltigkeitsbewertung von Technik (Grunwald 2002), der Gesamtprozess betrachtet werden, einschließlich der Forschungen und der Tierversuche, die auf dem Weg hin zu einem «verbesserten» Tier erfolgt. Es reicht nicht aus, die Eigenschaften eines verbesserten Tieres, sein Wohlbefinden, seine Integrität oder Ähnliches sowie die involvierten ethischen Aspekte zu betrachten, sondern der Weg dorthin gehört in die Betrachtung einbezogen.

Diese Auswertungen der Recherche-Ergebnisse des Kapitels 2 unter der Fragestellung, was hieran jeweils unter Verbesserung verstanden wird, zeigen deutlich, dass ein begrifflich differenziertes Herangehen erforderlich ist. Stehen zwar grundsätzlich in allen betrachteten Feldern die menschlichen Nutzungsinteressen im Vordergrund und determinieren, was jeweils als eine Verbesserung gilt, stellt sich dies jedoch in den einzelnen Bereichen unterschiedlich akzentuiert dar. Auch die Beantwortung der Frage, ob Verbesserungen im Sinne menschlicher Nutzung mit Verbesserungen in einem vorgestellten Interesse von Tieren einhergehen können, oder ob sie eher zu «Kosten» für Tiere führen, bedarf einer sorgfältigen Begrifflichkeit. Semantische Sorgfalt ist schließlich zudem erforderlich, um heutige «Verbesserungen» im Lichte der histori-

schen Traditionen zu betrachten und eventuell das Neue daran zu erkennen.

3.2 Wissenschaftstheoretische Fragestellungen

Parallel zur Entwicklung der Gentechnik wird sowohl über die Vertretbarkeit von Eingriffen in das Genom (3.3.1) als auch über die Neuartigkeit und Besonderheit solcher Eingriffe diskutiert. Kontrovers ist, ob gentechnische Veränderung sich wesentlich von Eingriffen in Tiere durch Zucht (oder auch durch Bestrahlung; vgl. 2.2.2) prinzipiell unterscheidet. Ethische Fragen stehen damit unmittelbar in Verbindung mit wissenschaftstheoretischen sowie wissenschaftsgeschichtlichen Überlegungen über die Eigenschaften molekularbiologischer Forschung. Vergleiche mit traditionellen Methoden der Beeinflussung von Tieren sowie Überlegungen über die Art des durch Gentechnik erzeugten Wissens sind dabei von entscheidender Bedeutung. Hierbei ist zu beachten, dass vielfach ein Übergang von einer «erklärenden» Naturwissenschaft zu einer gestaltenden Technik proklamiert oder auch kritisch analysiert wird, was u. a. in der Diskussion über technoscience (bzw. Technowissenschaft) von zentraler Bedeutung ist. Schon James Watson, einer der Entdecker der Doppelhelix, hatte bspw. in den 1970er Jahren erklärt, dass die Molekularbiologie nicht nur darauf ziele, die äußere und innere Struktur eines Organismus auf allen Ebenen zu verstehen, sondern dieses Wissen auch für menschliche Zwecke zu nutzen (Rehmann-Sutter 2005). In einer Art von Vereinnahmung einer ganzen Disziplin durch ihre Anwendungen betonen Protagonisten der Gentechnik sehr stark, dass das Verstehen selbst bereits mit der Notwendigkeit von technischem Können und von Interventionen verbunden ist:

«Genetisches Wissen ist zunächst ein ‹knowing how›, kein ‹knowing that›, es verdankt sich historisch wie systematisch einem bestimmten Können: der gezielten Intervention in den Genbestand. Vor der Entstehung der molekularen Biologie vollzog sich diese ‹knowing how› unter den Bedingungen erfahrungsgestützten Züchtens, ohne dass eine Theorie über die relevanten biologischen Grundlagen zur Verfügung stand. (...) Heute denkt man für das genetische Wissen

einschlägiges Können zum Beispiel eher an die Fähigkeit, DNA in das Genom eines Bakteriums zu integrieren. Dass genetisches Wissen auf einem Können beruht, bedeutet: Je mehr man wissen will, um so mehr muss man können» (Hucho et al. 2005, S. 136).

Hier lässt sich einwenden, dass in der Humangenetik aufgrund ethisch bestimmter Grenzen das interventionistische Element eher marginal ist. Hinsichtlich des «Animal Enhancement» ist aber unzweifelhaft eine Interventionsorientierung der genetischen Wissensproduktion festzustellen. Die Überprüfung der Hypothese am Lebendigen erscheint als Regelfall. Wenn man zudem bedenkt, dass Tierversuche seit langer Zeit ein wichtiger Bestandteil der experimentellen Forschung sind, können Eingriffe in Tiere bzw. Tiermodelle tatsächlich als entscheidender Baustein des heutigen biologischen und biomedizinischen Ansatzes gelten.

Über Tierversuche in der Forschung und die Behauptung ihrer Unentbehrlichkeit existiert eine lange Kontroverse, die heutzutage aufgrund der Entwicklungen von Alternativmethoden – vor allem im Bereich der In-vitro-Forschungen und der Bioinformatik (Computermodelle) - an Aktualität gewonnen hat (Gruber und Spielmann 1996; Gruber und Hartung 2004). Ein wichtiger Punkt dabei betrifft die unterschiedliche Einschätzung der Notwendigkeit der Forschung an lebendigen Modellen und der Möglichkeit der Vermeidung von In-vivo-Experimenten für die Erreichung der Ziele der toxikologischen und biomedizinischen Forschung. Modelle als heuristische Vorschläge zur Untersuchung einer Aufgabenstellung (Irrgang 2007) funktionieren unter der Voraussetzung, dass das Modell in einigen relevanten Hinsichten ähnlich zu dem Objekt bzw. Wesen ist, das es imitiert. Bereits in der Antike streiten zum Beispiel Empiriker und Dogmatiker über den Wert der aus untersuchten getöteten Lebewesen gewonnenen Erkenntnisse: Während Dogmatikern solche Erkenntnisse für besonders wertvoll hielten, sahen Empiriker die Ausstattung der Organe von lebenden und toten Organismen als derart verschieden an, dass ihnen «gewaltsame» Eingriffe als ungeeignete Methode erschienen (Maehle 1992)¹³⁷. Im 18. Jahrhundert entwickelte sich dann eine

wissenschaftstheoretische Kritik an Tiermodellen, die seit der Entwicklung der experimentellen Medizin die Diskussion stark prägt. Die grundsätzlichen Argumente aus jener Debatte finden sich auch noch in heutigen Diskussionen (Animal Procedures Committee 2003; Greek und Greek 2001; Jonas 1997; La Follette und Shanks 1995; Nuffield Council of Bioethics 2005):

- Aufgrund der Speziesunterschiede sei die Übertragbarkeit der aus Tieren gewonnenen Ergebnisse auf den Menschen problematisch.
- Damit verbunden sei das kaum lösbare Problem der Auswahl der geeigneten Tierart für ein besonderes Experiment.
- Tierversuche in der Biomedizin beruhten zudem auf einer reduktionistischen Auffassung von Krankheiten, weil in Tiermodellen im besten Fall nur einige physiologisch ähnliche Phänomene dargestellt werden können.

Dagegen begründen die Befürworter der Nutzung von Tiermodellen ihre Position hauptsächlich mit zwei Argumenten: Erstens seien Untersuchungen an lebenden Organismen wesentlicher Teil der biologischen und biomedizinischen Forschung aufgrund der Speziesähnlichkeiten, welche prinzipiell nicht vollständig durch *Invitro*-Untersuchungen ersetzt werden können; zweitens folge aus der Notwendigkeit der Untersuchungen *in vivo*, dass Tierexperimente nicht nur vertretbar sind, sondern sogar ethisch wünschenswert, weil damit Menschenversuche vermieden werden können (DFG 2004). In Bezug auf das Problem der Speziesunterschiede ist der empirische Wissensstand erheblich angewachsen und wird gegenwärtig durch biostatistische Verfahren weiter präzisiert (Ferrari 2008).

Die Anwendung von Biotechnologien an Versuchstieren wird als Weg zur Verbesserung ihrer Effizienz für Versuchszwecke gesehen (2.1) und wurde zunächst auch mit dem Argument einer möglichen Reduktion der Gesamtzahl von Versuchstieren verteidigt (Gordon 1997). Außerdem ermöglicht Gentechnik Forschungen und Interventionen, die früher nicht machbar waren, wie Xenotransplantation oder Gene-Pharming. Wissenschaftstheoretisch ist hier interessant, dass erst die Gentechnik Fragen und Arbeitshypothesen mit sich bringt, die ausschließlich in transgenen *Tier*modellen

¹³⁷ Zur Geschichte der Tierversuchsdebatte vgl. Bretschneider 1962; Schmiederbach 1993.

zu lösen sind (Ferrari 2008). Die Rede von der Unverzichtbarkeit der Tierexperimente wird dadurch zu einer Art «self-fulfilling prophecy» (Ferrari 2009a). Die Einführung neuer Technologien stimuliert immer wieder neu die Debatte über die Eignung von Tiermodellen und ihre Grenzen. So ist bspw. die Annahme, rasche und massive Fortschritte durch die Herstellung von Knockout-Mauslinien gewinnen zu können, in der letzten Zeit innerhalb der wissenschaftlichen Gemeinschaft immer umstrittener geworden (Qiu 2006). Die vorgebrachte Kritik ist keine ethische, sondern wissenschaftstheoretisch durch die Frage nach dem Erkenntnisgewinn motiviert, ergänzt durch Bedenken, ob die erheblichen Mittel für diese Zwecke sinnvoll eingesetzt sind.

Last but not least ist auch eine Auseinandersetzung mit der zugrundeliegenden Naturvision von entscheidender Bedeutung: Im Hintergrund einer Wissenschaft, die ihr Wissen auf fundamentale Weise auf Interventionen gründet, steht die Auffassung einer Natur, die vom modernen technologischen Menschen verändert oder neu hergestellt (designed) und damit an menschliche Bedürfnisse angepasst werden kann. Insbesondere Biotechnologie, Nanotechnologie und die konvergierenden Technologien ermöglichen Eingriffe einer neuen Tiefe in Lebewesen. Demnach geht es hier um die Verwirklichung des Wunsches, das Reich des Gemachten zu erweitern und das Reich der Natur als Gewordenes massiv einzuschränken (Bensaude-Vincent 2009; Ferrari 2010; vgl. Birnbacher 2006). Die scheinbare Neutralität und Offenheit des Begriffes der konvergierenden Technologien, die bspw. nach Vorstellungen in den USA zu einer allgemeinen Verbesserung des individuellen und gesellschaftlichen Lebens sowie der Umwelt führen werden (Roco und Bainbridge 2002), verbinden sich hier mit dem Bild eines Menschen, dessen Körper und Geist defizitär ist und der deswegen Technik zur Verbesserung seiner Umwelt, aber immer häufiger auch für «Human Enhancement» entwickelt. Wenn aus dem homo faber zunehmend ein homo creator wird (Boldt und Müller 2008), erscheinen Tiere und Pflanzen als ineffiziente Produktionsmaschinen, die verbessert werden können oder sogar sollen. 138 Den geistesgeschichtlichen Hintergrund der Debatten um

das «Human Enhancement» wie um das «Animal Enhancement» bildet das Thema der Gestaltbarkeit der Natur und der Stellung des Menschen in dieser.

3.3 Ethische Fragestellungen

Aufgrund der beschriebenen Doppeldeutigkeit der Rede von (technologischer) «Verbesserung» im Bezug auf Tiere erweist sich eine ethische Analyse dieser Eingriffe als komplexes Unternehmen. Im Folgenden werden erstens bereits laufende Diskussionen in der Tierethik und der biomedizinischen Ethik systematisiert, die sich bereits mit technologischen Eingriffen in Tiere auseinandergesetzt haben. Zweitens wird das Thema der technologischen «Verbesserung» von Tieren in einem breiteren ethischen Kontext diskutiert, in denen sowohl Motive des «Human Enhancement» als auch allgemeine ethische Aspekte des Mensch-Tier-Verhältnisses im technologischen Zeitalter eine Rolle spielen.

3.3.1 Die Diskussion über gentechnische Eingriffe in Tiere

Bereits in den 1980er Jahren wurde die Frage nach der Vertretbarkeit gentechnischer Eingriffe ins tierische Genom gestellt. Rollin (1986) und Pluhar (1985, 1986) problematisierten die mögliche Verletzung des angenommenen intrinsischen Wertes bzw. Telos¹³⁹ des Tieres durch gentechnische Eingriffe. Die Verknüpfung zwischen dem moralischen Eigenwert des Tieres und gentechnischen Eingriffen erlangte besondere Aufmerksamkeit mit der Einführung des Begriffs der «Würde der Kreatur» in die Schweizerische Verfassung im Jahre 1992¹⁴⁰ sowie mit der Eingrenzung von Gentechnik an

human welfare; widespread consensus about ethical, legal and moral issues will be built in the process. (...) Agriculture and the food industry will great increase yields and reduce spoilage through networks of cheap, smart sensors that constantly monitor the conditions and the need of plants, animals and farm products.» (Roco und Bainbridge 2002, S. 5).

¹³⁸ Als konkrete Ziele im NBIC-Bericht werden u. a. die folgenden genannt: «The ability to control the genetics of humans, animals, and agricultural plants will greatly benefit •

¹³⁹ Unter *telos*, einem Begriff aus der aristotelischen Philosophie, versteht Rollin hier bestimmte Tätigkeiten bzw. Zwecke, auf die jedes Tier ausgerichtet sei und in deren Ausübung sein Wohl begründet liege bzw. durch deren Verhinderung Leid entstehe.

¹⁴⁰ Für eine Rekonstruktion der Einführung dieses Artikels (120 Abs. 2 BV) sowie für

Tieren durch den Rekurs auf deren «intrinsischen Wert» (*intrinsic value*) in der niederländischen Gesetzgebung (vgl. Ferrari 2008).

Umstritten ist in der Interpretation des Artikels der Verfassung der Schweiz, ob eine Verletzung der Tierwürde stets widerrechtlich ist und ob Eingriffe in die Integrität des Tieres verträglich mit seiner Mitgeschöpflichkeit und seinem Eigenwert sein können, speziell ob gentechnische Eingriffe per se die Würde verletzen. Diese Unklarheit wird deutlich in den unterschiedlichen Stellungnahmen von Praetorius und Saladin (1996) und von Balzer et al. (1997). Nach Saladin und Praetorius (1996) bedeuten gentechnische Eingriffe zu menschlichen Zwecken einen Angriff auf die Integrität und auf die Würde der Kreatur, weil Lebewesen in ihrer biologischen Struktur so verändert und damit instrumentalisiert werden, dass sie als Objekte menschlicher Nutzung bessere Dienste leisten können. Dagegen stellen gentechnische Eingriffe laut Balzer et al. (1997) keine prinzipielle Verletzung der Würde der Kreatur dar, sondern es muss bei der Bewertung der unterschiedlichen genetischen Eingriffe eine Güterabwägung erfolgen. Die Autoren empfehlen eine «Bewilligungspflicht» für derartige Eingriffe nach erfolgter Abwägung.

Die Eidgenössische Ethikkommission für die Biotechnologie im Ausserhumanbereich (EKAH) hat differenzierend vorgeschlagen, von einem «Erscheinungsbild» in Bezug auf Würde zu sprechen, wenn bspw. Tiere als Träger werbender Transparente verwendet werden, und von «Erniedrigung» bei demütigenden Formen von Zurschaustellung und von «anstößigem Umgang» im Fall bspw. von sexuell motivierten Handlungen mit Tieren (EKAH und EKTV 2001). Je nachdem stellt sich die Würdeverletzung jeweils verschieden dar. In einer anderen Stellungsnahme, zum den Begriff der Integrität¹⁴¹, hat die EKAH (2000) betont, dass erstens nicht jeder Eingriff in die Integrität eines Lebewesens eine Verletzung der Würde darstellt und zweitens, dass der Begriff der Integrität in sich ambivalent ist, weil nicht geklärt ist, ob nur die

eine Auseinandersetzung mit dessen Interpretationen und Konsequenzen siehe u. a. Peter et al. 1998; Goetschel 2002; Praetorius und Saladin 1996; EKAH und EKTV 2001.

141 Diese Stellungsnahme folgte einer Diskussion über französische Versionen des Artikels über die «Würde der Kreatur», in dem dieser Ausdruck mit *integrité des organismes vivants* übersetzt wurde.

genetische Integrität oder auch die physisch-biologische oder sogar eine metaphysische gemeint ist. Aus Sicht der EKAH werden durch die Vermischung von zwei Begriffen (Würde und Integrität) eine begriffliche Verwirrung auf der Verfassungsebene und eine unnötige Erschwerung der komplexen und kontroversen Auslegung geschaffen.

Der Begriff der Integrität prägt vor allem die angelsächsische und niederländische Diskussion. 142 In der niederländischen Gesetzgebung bezeichnet der Begriff des intrinsic value den Eigenwert von Tieren und wird pathozentrisch begründet, indem Tieren ein Eigenwert als leidensfähigen Lebewesen zugeschrieben wird. Da dieser Begriff auf das Wohlbefinden der Tiere im Sinne der Abwesenheit von Leiden beschränkt ist, haben einige Autoren andere Begriffe vorgeschlagen, um die gesamten Eigenschaften des Tieres zu bezeichnen. Rutgers und Heeger (1999) thematisieren zum Beispiel die Integrität des Tieres mit Blick auf speziesspezifische Bedürfnisse und die Interaktion von Tieren mit ihrer Umwelt. In Bezug auf die Gentechnik stellt sich aber die Frage, ob diese den Eigenwert des Tieres prinzipiell verletzt: Während Rutges und Heeger (1999) die Gentechnik als prinzipiellen Eingriff in die Integrität verurteilen, plädiert dagegen Vorstenbosch (1993) für eine Unterscheidung zwischen der Integrität des Tieres und der Integrität des Genoms, wobei für ihn die Konsequenzen der gentechnischen Veränderung hinsichtlich der Integrität des Tieres zu bewerten sind.

Die zwei oben genannten Stellungnahmen in der Schweiz sowie die Debatte um den Begriff der Integrität zeigen, dass sich in der Debatte zwei verschiedene Antworten auf die Frage der Bewertung der Gentechnik an Tieren herauskristallisiert haben: eine konsequentialistische, die auch animal welfare approach genannt wird, und eine deontologische, die als genetic integrity approach bezeichnet wird (vgl. Ferrari 2008). Beim erstgenannten Ansatz wird der gentechnische Eingriff anhand der Konsequenzen für das Wohlbefinden des Tieres bewertet, während er als solcher zunächst ethisch neutral ist. Rollin (1995) schlägt das Prinzip der Erhal-

¹⁴² Über semantische und geschichtliche Unterschiede in der Auffassung des Eigenwertes des Tieres in der deutschen und angelsächsischen Tradition siehe u. a. Baranzke 2002; Ferrari 2008.

tung des Wohlbefindens (principle of the conservation of welfare) und das Prinzip der Verbesserung des Wohlbefindens (principle of the improvement of welfare) vor: Das erste Prinzip besagt, dass die gentechnische Veränderung als vertretbar zu bewerten ist, wenn das Wohlbefinden der transgenen Tiere im Vergleich zu dem Wohlbefinden der nicht transgenen Tiere nicht vermindert wird. Im Mittelpunkt des zweiten Prinzips steht die Idee, dass die Gentechnologie als positiv zu bewerten ist, wenn sie zur Verbesserung des Wohlbefindens der Tiere dient.

Aus der Perspektive des genetic integrity approach wird gegen die Gentechnik eingewandt, dass sie eine «unnatürliche» Methode sei, weil sie in das Gleichgewicht der Natur eingreife, indem sie durch die Mischung von unterschiedlichen Arten neue Lebewesen herstellt (Verhoog 1992, 1997; Fox 1990; Selig und Heise 2000). Außerdem nehme sie plötzliche und unabsehbare Veränderungen der natürlichen Verhältnisse bzw. die Überwindung von Speziesgrenzen vor, die sich evolutionär entwickelt haben (Rolston III 1988). 143

Beide Perspektiven sind kritisiert worden: Eine konsequentialistische Position à la Rollin birgt das Risiko, das Sterben und Leiden anderer Tiere, die sich bei der Herstellung solcher transgenen Tiere ergeben, nicht zu berücksichtigen (Comstok 1992). Da diese Position die Konsequenzen für das Wohlergehen des einzelnen Tieres fokussiert, sagt sie nichts über die Bewertung der Herstellung eines neuen transgenen Tieres aus, zumindest solange keine Informationen über dessen Phänotyp vorhanden sind. Man müsste zunächst das transgene Tier herstellen, dann den entstehenden Phänotyp auf Wohlbefinden und Leiden untersuchen und könnte erst danach eine ethische Bewertung vornehmen - dann ist es aber eventuell zu spät. Mittlerweile sind andere Ansätze entwickelt worden, die versuchen, diese Schwierigkeiten zu überwinden (vgl. 3.3.2). Am genetic integrity approach wird insbesondere der stark normative Gebrauch des Naturbegriffs kritisiert (Burgess und Walsh 1998; Vorstenbosch 1993). Darüber hinaus wird hier ein genetischer Reduktionismus kritisiert, der die Integrität des Tieres an seiner genetischen Ausstattung festmache (Ferrari 2008; Schmidt 2008).

Diese Debatte bildet einen der wesentlichen Hintergründe für die Analyse ethischer Fragen des «Animal Enhancement». Die hauptsächlichen Argumente liegen sozusagen bereits auf dem Tisch. Es ist nicht erkennbar, dass auf den «Converging Technologies» aufbauende Ansätze zu einem «Animal Enhancement» in dieser Hinsicht grundsätzlich neue ethische Fragen aufwerfen.

3.3.2 Von transgenen Schweinen, die gegessen werden wollen

Im Rahmen der Bewertung gentechnischer Eingriffe in Tieren wurden fiktive Szenarien entwickelt, um Beispiele extremer Veränderungen tierischer Eigenschaften zugespitzt zu diskutieren. Ein Szenario betraf das Ziel, die Leidensfähigkeit von Tieren herabzusetzen oder ganz abzuschaffen. Wenn Tiere nicht mehr litten, würden sie aus dem Einzugsgebiet pathozentrischer Ethik herausfallen. So etwas als eine «Verbesserung» zu bezeichnen, mag zunächst zynisch klingen. Angesichts der geschilderten Bedeutung des «Animal Enhancement» als Verbesserung relativ zu menschlichen Nutzenerwartungen könnte dies jedoch durchaus als eine Verbesserung verstanden werden, insoweit dadurch menschliche Nutzung ohne Rücksicht auf tierisches Wohlbefinden einfacher und damit bspw. in ökonomischer Hinsicht effizienter würde. Aus einer vorgestellten Perspektive von Tieren ließe sich argumentieren, dass bei einer ohnehin gegebenen Nutzung von Tieren es besser sei, Tiere zu nutzen, die nicht leiden.

Im Jahr 1992 brachte Comstock die Herstellung von «AML-Nutztieren» ins Gespräch. Dies wären Tiere, die mittels gentechnischer Verfahren nicht mehr in der Lage sind, zu leiden. Die Abkürzung «AML» steht dabei für animal microencephalic lumps (also Tierklumpen mit einem winzigen Gehirn). AML-Hühnern würden bspw. Extremitäten und Federkleid fehlen, und sie könnten weder sehen oder hören noch sich bewegen (Comstock 2000). AML-Schweinen und AML-Rindern könnten regelmäßig Fleischstücke zum Verzehr entnommen werden, da diese bei der Zugabe geeigneter Nährstoffe nachwachsen könnten. In seinem Buch The Frankenstein Syndrom (1995) schlug Rollin vor, Legehühner gentechnisch so zu verändern, dass sie in ihren winzigen Käfigen nicht mehr leiden. Dieses Beispiel von «glücklichen» transgenen Legehühnern erinnert auch an das Gedankenexperiment von Baggini,

¹⁴³ Diese Erklärung verbindet sich dann oft mit dem Argument, dass sich der Mensch durch die Gentechnologie an der Stelle der Natur bzw. Gottes setzt (Fox 1999).

das im Titel seines Buchs *The Pig that wants to be eaten* (Baggini 2005) zusammengefasst wird. Rollin (1995) beschreibt die Möglichkeit der Herstellung transgener dezerebrierter Versuchstiere: Wenn Experimente unvermeidbar an Tiermodellen gemacht werden müssen, könnten auf diese Weise Leiden vermindert werden.

Die Herstellung solcher Tiere erscheint nicht absolut unwahrscheinlich oder rein phantastisch. Sie greift zumindest auf Motive zurück, die heutzutage im Rahmen des wissenschaftlich Angestrebten liegen: Denkt man an die gentechnische Veränderung von Nutztieren, um sie den Haltungsbedingungen der Landwirtschaft besser anpassen zu können, bspw. durch Krankheitsresistenz oder die Abschaffung des Sehvermögens bei Hühnern – obwohl Letzteres bisher nicht als kommerzielles gentechnisches Zuchtprojekt verfolgt wird (Sandøe et al. 1999, Sandøe 2003; vgl. Schmidt 2008¹⁴⁴) –, oder auch an die Herstellung von so genannten «Zombie-Mäusen» im Rahmen der Forschung über neuronale Korrelate von Bewusstsein (2.1.7; vgl. Koch/Crick 2001; Koch 2004), so erscheinen Entwicklungen in dieser Richtung nicht völlig unwahrscheinlich.

Wie Schmidt (2008) bemerkt, können die extremen Szenarien von AML-Nutztieren und transgenen empfindungsunfähigen Mäusen gegensätzliche Reaktionen hervorrufen: einerseits können sie intuitiv abgelehnt werden, indem solche Tiere als Monster und als widerliche Produkte von Technologien angesehen würden (3.3.5); andererseits kann diese Ablehnung gerade nachlassen, weil die daraus entstehenden Wesen nicht mehr als Tiere im Sinne von Mitgeschöpfen angesehen werden, sondern eher als empfindungslose Lebewesen ähnlich wie eine Pflanze oder sogar als bloße Zell- und Gewebesammlung. Die Frage nach maximaler Reduktion tierischer Eigenschaften und insbesondere der Abschaffung der Leidensfähigkeit stellt damit eine besondere Herausforderung für die Tierethik dar: erstens, weil sie eine genuin neue Frage ist, die auch im Zusammenhang mit Überlegungen über die Rolle der Technologie, ihrer Versprechen und ihrer Ziele steht, und zweitens, weil die Leidensfähigkeit eine direkte Quelle der moralischen Relevanz innerhalb der pathozentrischen Theorien und ein wichtiges Kriterium auch für andere tierethische Theorien darstellt (vgl. Ferrari 2008).

Die Absicht, AML-Tiere herzustellen, wird aus unterschiedlichen Gründen kritisiert. Aus der angenommenen Perspektive von Tieren wäre eine maximale Reduktion der Eigenschaften das Gegenteil einer Verbesserung. Das Tier würde zu einem «dummen Tierklumpen» reduziert, wodurch ohne Zweifel in seine Unversehrtheit, Würde und Integrität erheblich eingegriffen würde. Dieses wäre sozusagen eine maximale Instrumentalisierung von Tieren, in denen der «tierische Charakter» weitgehend oder vollständig verschwindet und eine Art «Nutzobjekt» zurückbleibt (Holland 1995; Cooper 1998; vgl. Rutgers und Heeger 1999). Andere Autoren beziehen darüber hinaus die notwendige experimentelle Phase mit ein, die zur Herstellung solcher Wesen notwendig wäre und die mit hoher Wahrscheinlichkeit mit Leiden und Schmerzen in Verbindung stehen würde (Comstock 1992).

Bei einer holistischen Betrachtung des Wesens des Tieres wäre eine massive Reduktion tierischer Eigenschaften mit Sicherheit problematisch: Versteht man das tierische Wohlergehen als komplexe Gesamtheit der physischen und mentalen Zustände eine Tieres, muss der Verlust der Möglichkeit zur Erlangung positiver mentaler Zustände – bspw. infolge einer massiven Reduktion kognitiver Fähigkeiten – als Minderung des Wohlergehens des Tieres angesehen werden (Holtug 1996). Ein Problem bei der Herstellung leidensunfähiger bzw. empfindungsunfähiger Tiere besteht darin, dass das Empfindungsvermögen überhaupt nicht nur aus einer einzelnen Eigenschaft mit einer entsprechenden klaren genetischen Basis besteht, also nicht einfach «ausgeschaltet» werden kann. Vielmehr müsste bei der Herstellung solcher Tiere die Ausschaltung vieler anderer Fähigkeiten und Merkmale des Tieres erfolgen (Macer 1989; Ferrari 2008).

Interessant ist, dass diese Diskussion sich im angelsächsischen Kontext entwickelt hat, wo der Begriff sentience zur Bezeichnung sowohl des Empfindens für Leiden und Schmerzen als auch des gesamten Empfindens dienen kann (Ferrari 2008). Im Grunde genommen wäre ein solcher Eingriff so massiv, dass diese Tiere in fast allen ihren Eigenschaften verändert werden. Wären aber AML-Tiere überhaupt noch Tiere? Würden sie noch unter Tierschutzgesetze fallen? Wären sie nicht Biofakte (Karafyllis 2006), bei denen der Anteil des Gemachten den des Gewordenen so weit in den Schatten stellt, dass letzterer keine Rolle mehr spielte?

¹⁴⁴ Thompson (2007, 2008) nennt diese Frage «blind hen problem».

Hier müsste die Bedeutung der Abschaffung der Leidensfähigkeit für das Wohlergehen des Tieres analysiert werden. Eine Parallele besteht zu einer menschlichen Krankheit, die *congenital insensitivity to pain with anhidrosis* (CIPA), bei der die betroffenen Menschen keine Schmerzen verspüren können. Das Leben dieser Menschen ist bspw. durch Selbstmutilierungsepisoden (an Zunge und Lippen sowie an den Armen und Beinen) und Entwicklungsprobleme gekennzeichnet (Theodorou et al. 2000; Nagasako et al. 2003), was eine erhebliche Verminderung ihrer Lebensqualität mit sich bringt. Überträgt man dies hypothetisch auf Tiere, müssten bspw. transgene leidensunfähige Mäuse in Isolierung gehalten werden, weil sie als soziale Tiere weiter Rangordnungskämpfe führen und sich regelmäßig putzen und pflegen würden, ohne darauf zu achten, ob sie sich verletzen (Ferrari 2008). Eine Isolierung wäre jedoch nicht mehr als artgerecht zu bezeichnen.

Ein Argument für eine Herstellung von AML-Tieren ist, dass in einer Gesellschaft wie der unsrigen - in der Nutztiere weithin verwendet werden und in der die Haltungsbedingungen den Tieren erhebliche Leiden und Schmerzen bereiten können - eine solche maximale Reduktion der Leidensfähigkeit im Interesse des Tieres sei. So betrachtet könnte die Ausschaltung der Leidensfähigkeit nicht nur aus menschlichen Interessen - die allerdings ohnehin zumeist unter Rekurs auf den Tierschutz artikuliert werden -, sondern auch aus einem vorgestellten Interesse von Tieren gerechtfertigt und als «Verbesserung» eingestuft werden (Macer 1990; Attfield 1995). Rollin (1995) räumt hier ein, dass die Öffentlichkeit am Anfang wohl skeptisch sein würde, kommt aber zu dem Schluss, dass letztlich diese Lösung des Problems des Leidens der Tiere akzeptiert und auch ethisch verteidigt werden könnte. Die Herstellung eines leidensunfähigen Tieres ist laut Rollin ethisch neutral, weil die Vertretbarkeit der Handlung im Hinblick auf die tatsächlichen Konsequenzen für das Wohlergehen des existierenden Tieres zu bestimmen ist und nicht in Bezug auf die Herstellung als solche. Kürzlich hat Shriver (2009) diese Position unterstützt und für Forschungen in dieser Richtung plädiert, damit bspw. Kühe nicht mehr in der Massentierhaltung leiden müssen. Ein Ersatz aller herkömmlichen Nutztiere durch transgene und weniger leidensfähige bzw. leidensunfähige Tieren würde zu besseren Konsequenzen führen als die Aufrechterhaltung des status quo.

Die ethische Diskussion über diese Frage zeigt die Bedeutung des Schutzes des tierischen Wohlergehens und der tierischen Integrität bzw. Würde sowie die Grenzen von Ansätzen, die allein auf das Problem des Schmerzes von Tieren abheben. Wie schon in 3.3.1 erwähnt, findet in der Tierethik eine Kontroverse über die Basis des moralischen Status von Tieren statt, ob nämlich die Leidensfähigkeit (wie in pathozentrischen Theorien) oder doch die Gesamtheit der spezies-spezifischen Eigenschaften des Tieres diese Basis bilden sollte. Von der Antwort auf diese Frage hängen nicht nur beim Beispiel der Leidensunfähigkeit die Maßstäbe ab, welche Eingriffe in Tiere vertretbar sind und an welchen Kriterien sich die Bewertung von «Verbesserungen» orientieren sollte.

3.3.3 Das Klonen von Tieren

Die Entwicklung der Methode des somatischen Klonens (2.1.2) führte zu einer breiten ethische Diskussion, bei der es sowohl um die Anwendbarkeit dieser Technik auf den Menschen als auch um die Vertretbarkeit ihrer Anwendung an Tieren ging.

Das Klonen von Tieren stellt für sich genommen zunächst keinesfalls eine Verbesserung dar. Im Kontext der menschlichen Nutzung von Tieren kann jedoch davon gesprochen werden, dass ein Ziel des Klonens von Tieren darin besteht, die Möglichkeiten ihrer menschliche Nutzung weiter zu verbessern, indem bspw. von besonders leistungsstarken Tieren Klone hergestellt werden. Das Klonen von Tieren ist nur eine Methode, um die *Nutzung* der Tiere *effizienter* zu machen. In der Landwirtschaft zielt diese Methode darauf, gute Tiere für die Reproduktion (sowohl was das Genom als solches als auch was die Spermien oder Eier betrifft) zu erzeugen bzw. zu vervielfältigen (2.2.2). Wenn auch dies eher ein indirekter Aspekt des «Animal Enhancement» ist, so sind doch die ethischen Auseinandersetzungen in diesem Zusammenhang lehrreich.

Wie schon in Kapitel 2 verdeutlicht wurde, hat das Klonen eine Reihe von Anwendungen sowohl in der experimentellen Forschung als auch in der Landwirtschaft eröffnet. Während es in der experimentellen Forschung bereits seit längerer Zeit eine verbreitete

¹⁴⁵ Diese Information ist einem Interview mit Cesare Galli entnommen, der für dieses Projekt interviewt wurde (vgl. 2.2.2 und 2.4.5).

und etablierte Methode ist (Revermann und Hennen 2001) – wohl auch aufgrund der Schwierigkeiten bei der Herstellung transgener Tiere –, bestehen bei der landwirtschaftlichen Nutzung noch große Bedenken, vor allem in Europa. Dennoch steht nach Ansicht der Europäischen Kommission die kommerzielle Nutzung kurz bevor (Donner 2009). Spezifische Regulierungen zum Klonen von Nutztieren sind in Europa selten. 146 Auch in forschungsintensiven außereuropäischen Ländern wie den USA, Kanada, Australien, China und Japan bestand Mitte der 2000er Jahre keine auf eine Kontrolle des Klonens von Tieren ausgerichtete Gesetzgebung, und soweit ersichtlich gibt es sie in diesen Ländern auch heute noch nicht. Andere Regulierungen sind allerdings selbstverständlich relevant, bspw. zum Tierschutz und zur Lebensmittelgesundheit. Derzeit findet auf EU-Ebene eine Auseinandersetzung über die Richtlinie zu Neuartigen Lebensmitteln («Novel Food Regulation») statt, bei der neben der Nutzung von Nanotechnologie im Lebensmittelbereich vor allem die Frage der Zulässigkeit von Milch- und Fleischprodukten aus geklonten Tieren im Mittelpunkt steht. 147 Im Juli 2010 hat sich das Europäische Parlament neuerlich gegen die Aufnahme solcher Produkte in die Richtlinie zu Neuartigen Lebensmitteln und für ein Verbot solcher Produkte ausgesprochen. In Europa ist laut einer repräsentativen Umfrage eine Mehrheit der Bürger gegen

¹⁴⁶ Vgl. dazu und zum Folgenden die Ergebnisse des im Jahr 2006 abgeschlossenen EU-Projekts «Cloning in Public» (http://www.sl.kvl.dk/cloninginpublic/). In einer Zusammenfassung von Projektergebnissen (Gamborg, Gunning und Hartlev 2005) wird auch auf das dänische Beispiel hingewiesen, eine spezifische Regulierung mit auch aus ethischer Perspektive relevanten Bestimmungen: Dänemark verabschiedete im Juli 2005 ein Gesetz, das alle Arten des Klonens von Tieren reguliert. Gemäß des ersten Teils des Gesetzes darf nur dann geklont werden oder eine genetische Modifikation von Tieren stattfinden, wenn das Ziel von beträchtlichem Nutzen für die Gesellschaft angesehen wird, und nur unter der Voraussetzung, dass es einem der folgenden Zwecke dient: der Grundlagenforschung, angewandter Forschung, die auf die Verbesserung von Gesundheit und Umwelt abzielt, der Erschaffung und dem Züchten von Tieren zur Produktion von Substanzen, die essentiell der Gesundheit und der Umwelt dienen, oder zu Zwecken der Ausbildung von Forschern. Des Weiteren ist in jedem Fall eine Zulassung der für Tierversuche zuständigen Aufsichtsbehörde erforderlich.

¹⁴⁷ Vgl. dazu den Überblick: http://www.euractiv.com/de/gap/ep-fordert-verbot-von-geklontem-essen-news-496113.

das Klonen von Nutztieren (Donner 2009) und auch in den USA ist nur eine Minderheit zum Konsum von Fleischprodukten aus geklonten Tieren bereit¹⁴⁸, obwohl von den jeweiligen Lebensmittelbehörden solche Produkte hinsichtlich der Lebensmittelsicherheit (zumindest in Bezug auf Rind und Schwein) als unbedenklich eingestuft wurden (FDA 2008, EFSA 2008, 2009).

Einwände gegen das Klonen von Tieren in der Landwirtschaft argumentieren mit der geringen Effizienz dieser Methode, unterschiedlichen phänotypischen Störungen (2.1.2), mit einer möglicher Bedrohung der Biodiversität, mit einer Entfremdung mit hinsichtlich der Natürlichkeit der Tiere (Honnefelder et al. 1999) und mit möglichen Risiken für Menschen und Umwelt. Viele der Argumente sind analog zu denen der Diskussion über die gentechnische Veränderung (3.3.1 und 3.3.2). Die EGE (European Group on Ethics) (2008) hat ihre Ablehnung des Klonens von Tieren für die Lebensmittelversorgung damit begründet, dass die möglichen ökonomischen Vorteile einer effizienteren Produktion nicht die tierethischen, sozialethischen und ökologischen Bedenken aufwiegen können, die diese Praxis eröffnen wird. 149 Die EGE (2008) sprach sich zudem dafür aus, das Klonen von Tieren für die Lebensmittelversorgung nicht nur aus juristischer und ökonomischer Sicht zu betrachten, sondern in einer umfassenden Diskussion über das «System Landwirtschaft» zu thematisieren. In seiner solchen Diskussion hätte dann womöglich auch das allgemeine Thema des «Animal Enhancement» in diesem Bereich seinen Platz.

¹⁴⁸ Im Jahr 2005 hat der International Food Information Council eine Umfrage in den USA durchgeführt: 34% der Befragten haben dem Fleischkonsum aus geklonten Tieren zugestimmt, wenn die FDA die Sicherheit bestätigen würde.

¹⁴⁹ «Angesichts des bestehenden Leidens und der gesundheitlichen Probleme von Ersatzmuttertieren und geklonten Tieren äußert die EGE ihre Zweifel daran, ob das Klonen von Tieren für die Lebensmittelversorgung gerechtfertigt ist. Ob dies auch auf die Nachkommen zutrifft, muss mittels weiterer wissenschaftlicher Untersuchungen geklärt werden. Momentan kann die EGE keine überzeugenden Argumente ausmachen, mit denen die Produktion von Lebensmittel aus geklonten Tieren und ihren Nachkommen gerechtfertigt werden könnte. Sollten jedoch Produkte von Klontieren auf den europäischen Markt gebracht werden, sind die Kriterien der Sicherheit, des Tierschutzes, die Rückverfolgbarkeit und strenge Dokumentationspflichten einzuhalten.» (Haker 2009; vgl. EGE 2008).

3.3.4 Chimären: humanisierte Mäuse und chimärische Menschen

Die Gewinnung von Stammzelllinien aus Kaninchen-Menschen-Cybrids bzw. -Mischzellen im Jahr 2003 in China (Chen et al. 2003) und die Sondergenehmigung der britischen Human Fertilisation and Embryology Authority (HFEA) für die Erzeugung von Embryonen aus dem Vorkern einer menschlichen Zelle mit Eizellen von Kühen (zur Gewinnung embryonaler Stammzellen für die Forschung) führten zu einer großen Medienaufmerksamkeit in Bezug auf die Möglichkeit der Herstellung von Mensch/Tier-Mischwesen. Im Jahr 1997 zirkulierte in den Medien das Photo einer Maus, auf dessen Rücken ein menschliches Ohr zu sehen war: Viele Titelbilder bezeichneten damals dieses Experiment als Chimäre und forderten eine Diskussion. Allerdings handelt es sich um keine Chimäre oder Hybrid, sondern um die Einführung eines Gerüsts (scaffold), das aus Knorpelzellen des Knies eines Rindes gewonnen wurde, das dann als menschliches Ohr modelliert wurde, im Rahmen der Forschung über Gewebezüchtung (Tissue Engineering, Cao et al. 1997). 150

Im alltäglichen Sprachgebrauch wird häufig der Begriff der Chimäre für die Bezeichnung aller möglichen Mischwesen verwendet. Allerdings kann man zwischen Hybriden, Cybriden und Chimären unterscheiden (Deutscher Bundestag 2008): Hybriden sind Organismen, die aus der Kreuzung zweier Arten entstanden sind. Dies kann auf natürliche Art oder durch Zucht entstehen. Bekannte Beispiele sind Maultiere, die aus Eselhengsten und Pferdestuten hervorgehen. In der Zootierhaltung sind die «Liger» zu nennen, die aus der Paarung eines männliches Löwen und eines weiblichen Tigers resultieren. ¹⁵¹ Cybride (zytoplasmatische Hybriden) entstehen durch Zellkerntransfer. In den Kern einer Zelle wird eine entkernte Eizelle eingefügt. Eizelle und Zellkern können aus zwei Lebewesen derselben oder verschiedener Arten stammen. Wenn Eizelle und Zellkern aus unterschiedlichen Spezies

kommen, kann sich ein Cybrid häufig bis zu einem Keimbläschen entwickeln, weiter jedoch nur, wenn die beiden Spezies zur selben Tiergattung gehören.

Im Unterschied dazu sind Chimären Organismen, deren Körperzellen nicht sämtlich von einer einzelnen befruchteten Eizelle abstammen. Körperzellen oder Organe des Organismus weisen also unterschiedliche genetische Ausstattungen auf. Damit ist ein Mensch, der Herzklappen eines Schweins als Ersatz bekommen hat, bereits chimärisch, weil die Zellen der Herzklappe sich im Menschen verbreiten.

Viele ethische Fragen im Zusammenhang mit der Chimärenforschung sind dieselben wie bei der Diskussion über die gentechnische Veränderung von Tieren, so etwa die Frage, ob eine Art einen intrinsischen Wert hat und ob deshalb die Überschreitung der Speziesgrenzen moralisch problematisch bzw. «unnatürlich» wäre (Robert und Baylis 2003; vgl. Beck 2009). Während dies generell für Tier/Tier-Mischwesen diskutiert wird, ist die Frage der Herstellung von Mensch/Tier-Mischwesen und insbesondere der Möglichkeit neuartiger Instrumentalisierung von (quasi)-menschlichen Lebewesen besonders kritisch. Was wäre der moralische und juristische Status dieser Lebewesen? Diese Fragen werden bereits seit einiger Zeit kontrovers diskutiert (Chakrabarty 2003). In Dänemark sind bspw. Tierversuche verboten, durch die dem Menschen stark ähnelnde Chimären erzeugt würden. Das Gesetz bleibt allerdings auf einer sehr allgemeinen Ebene. Es definiert nicht in Details die unterschiedlichen Typen von Mischwesen, und es erklärt nicht, ob die Grenzen zwischen Menschen und Mischwesen qualitativer oder quantitativer Natur sind (Danish Council of Bioethics 2008).

Zwei Hauptargumente finden sich, mit denen der spezielle moralische und juristische Status des Menschen bzw. seine Würde und damit die Ablehnung von Mensch-Tier-Mischwesen begründet wird: Zum einen ist dies die Angehörigkeit zur menschlichen Gattung als Kriterium für die Zuschreibung der Menschenwürde, die entweder religiös oder metaphysisch (anthropozentrisch) begründet ist. Daraus resultiert, dass das Mischen von tierischem

¹⁵⁰ Dieses Gerüst wurde dann in der Maus implantiert, sodass dessen Knorpelzelle mit den Blutbahnen der Haut der Maus verbunden wurde.

¹⁵¹ Hybride können auch auf künstlichem Weg gewonnen werden, wie zum Beispiel Hybridschweine und Hybridhühner als Nutztiere, wobei manche Züchtungen in einigen Tierschutzgesetzen verboten sind.

¹⁵² Hier kann man auch zwischen Chimären mit Genomen innerhalb einer Art und mit Genomen aus verschiedenen Arten unterscheiden.

und menschlichem Genom eine Verletzung der Menschenwürde bedeuten würde (Karpowicz et al. 2005). Zum anderen hat der Mensch eine Sonderstellung aufgrund seiner spezifischen kognitiven Fähigkeiten, insbesondere der Möglichkeit der Abstraktion, der Bildung komplexer Gedanken und der Sprache (Baranzke 2002; Höffe et al. 2002). Folgt man dieser Begründung, gewinnt der Schutz der «menschlichen» kognitiven Fähigkeiten eine besondere Bedeutung. Die grundsätzliche Frage, die sich bei Mensch/Tier-Mischwesen stellen würde, ist: Wie viel tierisches Material ist notwendig, damit ein Mensch nicht mehr ein Mensch ist (Danish Council of Bioethics 2008; Hyun et al. 2007)?

Für andere Autoren ist das Vermischen von Menschen und Tieren jedoch nicht *per se* problematisch (Hyun et al. 2007) und wird sogar zum Teil als wünschenswert angesehen. Auch sind die zwei oben genannten Begründungen über die Menschenwürde kontrovers: Der Rekurs auf die Zugehörigkeit zur menschlichen Gattung erweist sich als zirkulär oder als reine Verteidigung des Anthropozentrismus, wenn man die religiöse Begründung in einer säkularen Gesellschaft ablehnt (Ferrari 2008). Außerdem sind kognitive Fähigkeiten in einem Kontinuum zu sehen, dass auch Tiere einschließt, wie neue ethologische Studien zeigen (Povinelli und Vonk 2003; Warneken und Tomasello 2006; Benz-Schwarzburg et al. 2008; vgl. 3.4).

In der Auseinandersetzung mit den Argumenten gegen die Herstellung von Mensch-Tier-Mischwesen argumentiert der Danish Council of Bioethics (2008) auf eine Weise, die auch für eine Reflexion des moralischen Status von «verbesserten» Tieren relevant ist: Man könne auch dann von der Verletzung der Würde von Kreaturen sprechen, wenn bspw. ein in Bezug auf kognitive Fähigkeiten verbessertes Tier nicht angemessen zu seinem neuen Status gehalten würde. *Vice versa* ließe sich argumentieren, dass aus einer solchen «Verbesserung» auch erweiterte moralische Verpflichtungen für den Umgang mit den Tieren folgen. Dieses Argument setzt die Möglichkeit einer Hierarchisierung von Lebewesen anhand der kognitiven Fähigkeiten voraus, was dann womöglich auch Konsequenzen für den zwischenmenschlichen Bereich haben könnte.

Insgesamt ergeben sich hinsichtlich der Chimären-Forschung keine vollständig neuen ethischen Aspekte in Bezug auf das «Animal Enhancement». In der ethischen Diskussion über Chimären wurden aber Fragen betreffs der Herstellung von Chimären mit zunehmend menschlichen Fähigkeiten aufgeworfen. Diese Diskussion ist zwar spekulativ, aber insofern von Interesse als hier über den Status von Wesen verhandelt wird, die ethisch und juristisch nicht mehr eindeutig zuzuordnen wären. Darüber hinaus ist auch hier der Aspekt der Vertretbarkeit von Tierexperimenten zu beachten, also die Frage nach der Lebensqualität und den Leiden der erzeugten Chimären. Die Problematik der Vermischung von Tieren mit Menschen ist hier zudem in der Hinsicht relevant, dass Teile des menschlichen Genoms verwendet werden könnten, um Tiere zu «verbessern».

3.4 Mensch/Tier-Verhältnisse im technologischen Zeitalter

3.4.1 Zwischen Instrumentalisierung und Verwandtschaft

Technologie prägt zunehmend das Leben in der Moderne, sie beeinflusst und verändert die Beziehungen unter den Menschen und zur natürlichen Umwelt. Das Mensch/Tier-Verhältnis ist in zwei Hinsichten betroffen: Zum einen erbringen neue wissenschaftliche Methoden vor allem aus der Genom-Forschung erweiterte Kenntnisse über kognitive Fähigkeiten und die Psyche des Tieres als auch über die genetische Verwandtschaft zwischen Mensch und Tier. Zum anderen ermöglichen neue Technologien die Veränderung tierischer Fähigkeiten und damit neue Nutzungsformen.

Die Frage nach den geistigen Fähigkeiten der Tiere ist keine moderne Erfindung, sondern wird seit der Antike diskutiert. Insbesondere in der Moderne wird sie als wichtiger Bezugspunkt für die Frage nach dem Wert und den Merkmalen menschlicher Erkenntnis und seiner «Sonderstellung» betrachtet (Wild 2006). In der zeitgenössischen Tierphilosophie stellt diese Frage neben Tierethik und Zooanthropologie ein wichtiges Problemfeld in Zusammensetzung mit der ethologischen Forschung¹⁵³ dar (Perler und Wild 2005; Wild 2008; Ingensiep und Baranzke 2008). Die Fragen,

¹⁵³ Die wissenschaftliche Erforschung der Kognition von Tieren hat vor allem mit der Begründung der Ethologie in der ersten Hälfte der 20. Jahrhunderts angefangen und stellt heutzutage ein wichtiges Gebiet der biologischen Forschung dar (vgl. u. a. Bekoff 2007).

ob und inwieweit unterschiedliche Tierarten Bedeutungen und Abstraktionen erkennen, Werkzeuge erzeugen oder eine Sprache und eine *theory of mind* haben, sind nicht nur epistemisch relevante Fragen, sondern sie stellen wichtige Herausforderungen für den Tierschutz und somit für die Frage nach der Vertretbarkeit unterschiedlicher Nutzungsformen von Tieren dar (Benz-Schwarzburg et al. 2008; Benz-Schwarzburg und Knight 2011). Da bei Menschen kognitive Fähigkeiten mit zur Begründung der Menschenwürde herangezogen werden (laut der kantischen Verfassung; vgl. 3.3.3), wäre die Präsenz vergleichbarer Kognition bei Tieren relevant, weil sie dann als Träger von Interessen anerkannt werden müssten. Diese Frage hat in der Tierethik eine Debatte über die Zuerkennung fundamentaler Rechte analog zu Menschenrechten an Primaten (Cavalieri und Singer 1994) und Delphine (White 2007) geführt (vgl. Balluch und Theuer 2007).

Die Entschlüsselung des Genoms von Schimpansen wurde zur Erforschung der Evolution des Menschen sowie seiner Verwandtschaft mit dieser Tierart betrieben (Chimpanzee Sequencing and Analysis Consortium 2005). Allerdings zeigen die Ergebnisse auch die Grenzen der Erkenntnisse aus der Analyse des Genoms für die Bestimmung der wesentlichen Eigenschaften von Lebewesen und somit der Mensch/Tier-Verwandtschaft, weil die genetische Basis allein nicht viel über die geistige Entwicklung der Lebewesen aussagt. Dies ist interessant für die Debatte über die Wissenschaftstheorie der Genomforschung und damit für die Diskussion über den Wert und die Bedeutung der gentechnischen Veränderung tierischer Eigenschaften (3.3.2).

Der Blick auf heutige und in der Zukunft absehbare Forschung (Kap. 2) zeigt, dass die Auswirkungen neuer Technologien auf die *Nutzung* von Tieren erheblich sind: Die Möglichkeit der Überschreitung von Speziesgrenzen, die Erzeugung von Mensch-Tier-Wesen sowie die extreme Veränderung tierischer Eigenschaften und die Einführung künstlicher Teile in Lebewesen (s.u.) zwingen uns, über unser Verhältnis zur Natur erneut und sehr grundsätzlich nachzudenken. Dass die vielfach behauptete revolutionäre Neuigkeit (Roco und Bainbridge 2002) für Sorge angesichts dystopischer Szenarien sorgt (bspw. Dupuy und Grinbaum 2004), ist zwar nicht spezifisch für konvergierende Technologien. Dennoch radikalisieren Kraft und Breite der teils angestrebten, teils möglicherweise

zu erwartenden Transformationen der Natur des Menschen die Antworten und die Reaktionen. Schon in der Debatte über Gentechnik kam es zu einer breiten Diskussion über den Ekel (*yuck factor*), das Gefühl des Ungeheuerlichen und die Abneigung gegenüber bestimmten Szenarien wie Mensch-Tier-Mischwesen oder AML-Hühnern. Eine Frage ist, ob diese ablehnenden Intuitionen gerechtfertigt sind und Teil einer rationalen Argumentation sein können.¹⁵⁴ Midgley hat bspw. in ihrer Auseinandersetzung mit der Gegenüberstellung von Emotionen und Verstand in der abendländischen Philosophie für eine stärkere Rolle der Intuitionen argumentiert: Bezogen auf Chimären erscheint ihr der *yuck factor* als durchaus berechtigt (Midgley 2000).

Im Fall der konvergierenden Technologien stehen technische Visionen auf besondere Weise mit dem Verhältnis zur Natur im Zusammenhang, da die Visionen gerade auf ein neuartiges Eingreifen abzielen. Die Genetik bezeichnet sich als Wissenschaft des «knowing how» (3.2), die Synthetische Biologie, mit Wurzeln in der Nanobiotechnologie, zielt auf die technische Erzeugung künstlichen Lebens, und NBIC-Konvergenz sucht durch Synergien wissenschaftlicher Disziplinen ein «Enhancement» von natürlichen Lebewesen, seien dies Menschen oder Tiere. Im Gegensatz zum traditionellen Bild ist diese Form der Wissenschaft, technoscience genannt, nicht mehr primär am theoretischen Verständnis von Natur interessiert, sondern an der Anwendung von Erkenntnissen und der Herstellung von Instrumenten (Forman 2007; Latour 1995; Haraway 1997). In der nanotechnologischen Perspektive wird Natur (einschließlich der Lebewesen) zunehmend als komplexer Mechanismus fundamentaler Bestandteile auf der atomaren Ebene und gleichzeitig als etwas Plastisches verstanden, das durch nanobiotechnologische Kenntnisse neu kombiniert werden kann (NSTC 1999; Bensaude-Vincent 2009; Ferrari 2010). So werden auch Fähigkeiten von Lebewesen als technologisch gestaltbar im Sinne einer Steigerung konzipiert (Verbesserung und Perfektionierung): Nicht nur der menschliche Körper wird in transhumanistischen Vorstellungen (bspw. Bostrom 2005) als ein unvollkommener und mangelhafter Körper ausgewiesen, für den die letzte Hoffnung

¹⁵⁴ Die Rolle der Intuitionen in der Ethik ist ein altes philosophisches Problem, siehe dazu u. a. Singer 2005.

in der Hybridisierung mit Maschinen gesehen wird, sondern auch Tiere und Pflanzen gelten als ineffiziente Produktionsmaschinen – und letztlich wird die natürliche Umwelt insgesamt als zu perfektionierendes System beschrieben. Neue Formen von nanobiotechnologischer Manipulation können beispielsweise eine «saubere» und effiziente Landwirtschaft ermöglichen. Künstlich hergestellte Bakterien und Mikroorganismen könnten die Umweltverschmutzung bekämpfen, wie in den Visionen der Synthetischen Biologie (Coenen et al. 2009). Hier deutet sich eine Renaissance von Gedanken der totalen Naturbeherrschung durch menschliche Technik an.

Dass Technologien auch zur Lösung von Problemen beitragen können und sollen, die ihre Ursache nicht nur in «mangelhaften» natürlichen Bedingungen, sondern auch in komplexen sozialen, politischen und ökonomischen Zusammenhängen haben, ist ein alter Traum der Technikoptimisten zumindest seit der industriellen Revolution. Wie die Auseinandersetzung mit der Doppeldeutigkeit und Ambivalenz der Rede von «Animal Enhancement» gezeigt hat, können unterschiedliche und teils gegensätzliche Motive die Treiber technologischer Entwicklung sein (3.1). Ein Beispiel dafür sind aktuelle Forschungen im Bereich von «In-vitro-Fleisch». Am Ende der 1990er Jahre wurden von der NASA Experimente zur Herstellung von künstlichen Geweben als Lebensmittel für Weltraumexpeditionen durchgeführt. Im Jahr 1997 begann die Tierschutzorganisation PETA die Mitfinanzierung eines gemeinsamen Projekts von niederländischen und nordamerikanischen Forschungszentren, mit dem Ziel tierartiges Gewebe mit dem Geschmack, der Textur und der Muskelmasse von Fisch- oder Hühnerfleisch zu züchten. 155 Mittlerweile besteht ein In-vitro-Meat Consortium¹⁵⁶ und eine internationale Forschergemeinschaft. Die Motivation dieser Forschung liegt nicht nur im Tierschutz - nämlich durch In-vitro-Fleisch traditionelle und vielfach mit Leiden für Tiere verbundene Nutzungsformen von Tieren zu ersetzen -, sondern auch im Umweltschutz, da die tierische Lebensmittelindustrie für erhebliche CO₂-Emissionen, die Abholzung von Tropenwäldern und Wasserverschmutzung verantwortlich ist (FAO 2007; Hirschfeld et al. 2008). Zudem werden ökonomische Vorteile erwartet,

weil die Kosten der Tierhaltung und der Umweltschädigung wegfielen. Schließlich wird der Gesundheitsschutz genannt, denn das im Labor hergestellte Fleisch wäre strengen Prüfungen unterworfen und frei von Antibiotika (Future Food 2008). Die Herstellung von In-vitro-Fleisch wird daher mit positiven Visionen verbunden, die zu einem nachhaltigen Konsum führen können, ähnlich wie in den Visionen der «grünen Chemie»¹⁵⁷ (Ferrari 2009b; vgl. Hopkins und Dacey 2008).

Der Einfluss zwischen kulturellem Kontext und technologischer Entwicklung in Bezug auf Mensch/Tier-Verhältnisse ist wechselseitig. So führen der wachsende Markt für Pflege- und Wellness-Produkte sowie Lifestyle-Entwicklungen zu veränderten Erwartungen des Menschen in Bezug auf Tiere. Die Entwicklung der kosmetischen Chirurgie an Heimtieren in den USA und Südamerika zeigen zusammen mit der Vergrößerung des Marktes rund um Heimtiere eine veränderte Wahrnehmung von Tieren in unserem Leben. Einerseits werden Haustiere zunehmend nicht mehr draußen, sondern im menschlichen Heim gehalten, andererseits dienen sie dem menschlichen Streben nach sozialem Prestige und werden bspw. mit Antidepressiva und mit Schönheitsprodukten behandelt (Schaffer 2009). Technologie dringt zunehmend in unser Zusammenleben mit anderen Spezies ein und verändert die materielle Basis des Verhältnisses auf sehr unterschiedliche Weise.

3.4.2 Tier – Mensch – Maschine

Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass der Vergleich mit dem Tier als eine grundlegende Konstante im Prozess der Selbstvergewisserung und Selbstverortung des Menschen gelten kann. Hiervon zeugt bspw. die zentrale Rolle von Tieren, Tierbildern, Tiergestalten oder Tiernachahmungen in den menschheitsgeschichtlich frühen magischen und religiösen Traditionen. In den

 $^{^{\}rm 155}$ Ursprünglich geht diese Forschung auf die 1970er Jahre zurück (Ferrari 2009b).

¹⁵⁶ Siehe dazu: http://invitromeat.org/.

¹⁵⁷ Dem liegt die Idee zugrunde, dass Technologie eine Welt des Überflusses anbieten kann: Nicht nur können jetzt die ethischen, politischen und ökologischen Probleme der Produktion durch neue Technologien gelöst werden, sondern auch die fundamentale Grenze der Ökonomie, die Ressourcenknappheit, würde überwunden. Dies spiegelt sich in den nanotechnologischen Versprechungen einer viel billigeren und virtuell unendlichen Produktion wider (Ferrari 2009b).

vergleichsweise jungen monotheistischen Religionen sind bspw. Vorschriften zum Umgang mit Tieren wie auch Tiermetaphern zum Teil von zentraler Bedeutung.

Durch neuzeitliche Wissenschaft und Technik gewinnt in diesen am Tier orientierten Selbstverortungsprozessen ein Drittes an Einfluss, nämlich die Maschine. Die kartesianische Deutung des Menschen als beseelte Maschine geht einher mit einer Deutung des Tiers als einer unbeseelten, was Akzeptanz für die erste Deutung geschaffen haben mag. Die neuartige Form der Herabwürdigung des Tiers im Vergleich zum Menschen findet ihre Begründung in der Gleichsetzung von Tier und Maschine. Zugleich wird das dem Menschen Eigene in Abgrenzung nicht nur vom Tier (wie in monotheistischen und anderen religiösen Traditionen), sondern auch von der Maschine definiert. Der Leib des Menschen, entrückten Geists, wird wie das Tier immer tiefer wissenschaftlich durchdrungen und technisch erklärt. Der Aufstieg der Menagerien fiel, vielleicht bezeichnend, in den gleichen Zeitraum, in dem die lang anhaltende Faszination durch anthropomorphe oder zoomorphe Automaten und Scheinautomaten entstand. Dass einige der größten Attraktionen, wie der Schachtürke (ein angeblicher, tatsächlich aber von einem Menschen gelenkter Schachroboter im 18. Jahrhundert), auch die technische Simulation menschlichen Geistes vortäuschten, mag man als verfrühten Vorboten der heutigen Visionen einer «starken» künstlichen Intelligenz ansehen. Die Maschine erhebt sich hier scheinbar erstmals über das Tier, insofern sie sich dem Menschen in dem annähert, das diesen definiert.

Moderne Naturwissenschaft und Medizin erweitern ihren Zugriff auf den Menschen mit einem Menschenbild, das beim Blick auf das Physische eher Ähnlichkeiten zwischen Mensch und Tier als Unterschiede betont. In der sog. Darwinschen Kränkung der Menschheit¹⁵⁸ wird der Mensch dann in eine Abstammungsreihe

mit zahllosen Lebewesen gestellt, «niedereren» gar als Tieren. Der Tierkörper des mittels Wissenschaft und Technik nach den Sternen greifenden Menschen, des immer höher Zivilisierten, wird zunehmend als Makel empfunden. In diesem Zusammenhang entstehen die frühen Visionen eines radikalen «Human Enhancement», von denen sich die heutigen (wie die der organisierten Transhumanisten) kaum unterscheiden (vgl. dazu Coenen et al. 2010). Dabei kristallisiert sich – in einer Traditionsreihe, die ungefähr von 1870 bis 1930 reicht – das Zukunftsbild des «mechanischen Menschen» heraus und insbesondere das Ziel, den homo sapiens durch fortschreitende Ersetzung seiner natürlichen biologischen Anteile in eine seiner selbst bewusste, denkende Maschine zu verwandeln. 159

Im weiten Feld der konvergierenden Technologien wird heute – in beiden der (vulgär)kartesianisch säuberlich getrennten Bereiche «Geist» und «Körper» - sowohl an der Anthropomorphisierung als auch an der Zoomorphisierung der Maschine gearbeitet. Emblematischen Charakter in Bezug auf die geistige Sphäre hat hier der Schachcomputer Deep Blue, Sieger gegen den Schachweltmeister Garri Kasparow in den Jahren 1996 und 1997 und wahrhafter Erbe des Schachtürken, wobei Deep Blue einer anthropomorphen Gestalt nicht mehr bedurfte. Der durch Transfer auf Maschinen unzerstörbare gewordene menschliche Geist der transhumanistischen Zukunftsvisionen kann – wie die rein artifizielle Intelligenz, seine neue Partnerin oder Herrin – Körper beliebig wählen, wenn gewünscht auch auf artifizialbiologischer Basis. Während die Träume von der «starken» künstlichen Intelligenz und einer finalen Loslösung des verehrten Geists von seinem tierischen Leib immer wieder aufs Neue florieren, zuletzt gerade auch in der Debatte über «Converging Technologies», tummeln sich in den virtuellen Menagerien der Technophilen-Websites – wie auch real auf den einschlägigen Messen - verschiedenste zoomorphe

Menschen (1871) geschrieben, dass der Mensch trotz seines kulturellen Fortschritts und gottähnlichen Intellekts doch noch «in seinem Körper den unauslöschlichen Stempel eines niederen Ursprungs» trage (Darwin 1875, S. 380).

¹⁵⁸ Sigmund Freud schrieb: «Zwei Kränkungen ihrer naiven Eigenliebe hat die Menschheit im Laufe der Zeiten von der Wissenschaft erdulden müssen. Die erste [...] knüpft sich an den Namen Kopernikus [...]. Die zweite dann, als die biologische Forschung das angebliche Schöpfungsvorrecht des Menschen zunichte machte, ihn auf die Abstammung aus dem Tierreich und die Unvertilgbarkeit seiner animalischen Natur verwies» (Freud 1989, S. 283f.). Freud nennt Charles Darwin dann als einen der Verursacher der zweiten Kränkung. Dieser hatte im Schlusssatz von *Die Abstammung des* •

¹⁵⁹ Diese ideengeschichtliche Entwicklung kulminiert in gewisser Hinsicht in einem 1929 erschienenen visionären Essay des Kristallographen und Wissenschaftsforschers John Desmond Bernal. Vgl. zu dieser Thematik bspw. Coenen (2009).

Maschinen. Die bionische¹⁶⁰ Robotik nähert sich dem Tier mit der Faszination des Ingenieurs für effektive technische Lösungen und produziert selbst faszinierende Artefakte. In anderen Bereichen der Robotik hingegen erlebt die Mode menschenähnlicher Automaten eine beeindruckende Renaissance.¹⁶¹ Von einigen zoomorphen und anthropomorphen Maschinen wird erwartet, dass sie den emotionalen Bedürfnissen kognitiv unterdurchschnittlich befähigter und generell hilfsbedürftiger Menschen (Kindern und Greisen) dienen. Doch selbst eine Maschine, die lernt, die Emotionen erkennen und simulieren kann, die mit dem Menschen «lebt», wird wohl im Selbstverständnis des Menschen immer «nur» Maschine bleiben.

Womöglich zeichnen sich aber derzeit in einem kleinen Teil des Feldes konvergierender Technologien radikalere Verschiebungen im Verhältnis der beiden für das menschliche Selbstverständnis zentralen Größen «Tier» und «Maschine» ab, nämlich bei den neuen Tier-Maschine-Hybridwesen (2.2.4).

Zwar bleibt bei den Fernsteuerungstechnologien das Tier insofern Tier als sein Körper größtenteils nicht maschinell beeinflusst oder vom Menschen verändert wird. Trotz der weiten Verbreitung oder Ubiquität ferngesteuerter Maschinen in vielen Bereichen der Lebenswelt, die eine assoziative Gleichsetzung von Tieren mit Maschinen fördern mögen, bewahren Kontinuitätsthesen hier einen Rest von Plausibilität: Eine Linie von der Domestizierung über die Konditionierung bis hin zur Fernsteuerung mag sich begründet ziehen lassen.

Was an den Cyborg-Tieren aber Irritationen und (ethische) Bedenken hervorrufen mag, ist der Umstand, dass es sich bei ihnen zum Teil um Säugetiere (Ratten) handelt, was die Aussicht auf ähnliche Anwendungen am Menschen eröffnet. Zudem ist im Fall der ferngesteuerten Insekten die Methode bemerkenswert, die Inkorporierung der Mikrosystemtechnik durch Ausnutzung der Metamorphose (Einbau im Larvenstudium) zu bewerkstelligen. Die bestehenden Methoden, das Ziel, die Energieversorgung der Bauteile durch das Insekt selbst leisten zu lassen, und auch die weiterreichenden Visionen in diesem Bereich (wie bspw. die gentechnische Fertigung von Bauteilen für «bio-elektronische Systeme»)

könnten in Zukunft die Frage aufkommen lassen, ob es sich bei derart modifizierten Insekten überhaupt noch um Tiere handelt.

Ohne auf diese Zukunftserwartungen – oder gar auf phantastisch anmutende Visionen eines künstlichen Insektenhirns – rekurrieren zu müssen, lässt sich aber bereits der aktuell erreichte Grad des Zusammenwachsens von Tier und Maschine als Anzeichen einer neuen Qualität deuten. Und die Roboter, die mittels tierischer Elemente wie Rattenneuronen gesteuert werden, weisen ebenfalls zumindest in Richtung einer faktischen Auflösung der Grenze von Maschine und Tier – auch wenn man hier wohl nicht, wie einer der führenden Forscher, von «halblebendigen *Tieren*» sprechen sollte.

Über die Analyse sich auftuender Nutzungsoptionen dieser und anderer Tier-Technik-Schnittstellen hinaus wäre vielleicht in Betracht zu ziehen, dass wir es bei diesen – insbesondere wo es sich um Primaten oder andere Säugetiere handelt – auch mit Verschmelzungswünschen sowie mit korrespondierenden Ängsten zu tun haben könnten. Am Tier würde demnach erprobt, wozu sich der Mensch in seiner prometheischen Scham¹⁶² getrieben fühlt – nämlich nicht nur seinen Körper als Maschine zu deuten, sondern *in corpore* Maschine zu werden oder mit dieser zumindest zu verwachsen. Verschobene Bedürfnisse nach einer Heilung des Bruchs mit dem Tier und nach einer Überwindung der Geist-Körper-Dichotomie suchten demnach Befriedigung mit technischen Mitteln.¹⁶³

3.4.3 Transhumanistische Visionen eines Animal Enhancement

Die Idee einer Verbesserung von Tieren wird auch von enthusiastischen Unterstützern eines radikalen «Human Enhancement»

 $^{^{\}rm 160}$ Vgl. Oertel/Grunwald (2006) für einen Überblick zur Bionik.

¹⁶¹ Vgl. zu der technik- und ideengeschichtlichen Tradition bspw. Tabbert (2004).

¹⁶² So bezeichnete Günther Anders (2002, S. 21-95) die Scham des Menschen vor der hohen Qualität der selbstgemachten Dinge und vor dem Umstand, geworden und nicht gemacht zu sein. Angesichts der *computing machine* bspw. fühle sich der Mensch – oder zumindest der technische Laie – «in seiner kreatürlichen Haut höchst ungemütlich: denn halb gruselt»s ihn; und halb ist er beschämt» (Anders 2002, S. 28).

¹⁶³ Vielleicht ließen sich diese Bedürfnisse durch ein neues Verhältnis zum Tier stillen, durch Besinnung auf das Gemeinsame. Robert Burns (1785) dichtete in der Rede an die ausgepflügte Feldmaus: «I'm truly sorry Man's dominion / Has broken Nature's social union An' justifies that ill opinion Which makes thee startle At me / thy poor, earthborn companion, An« fellow-mortal».

wie den Transhumanisten begrüßt. Dabei werden spezifische Visionen entwickelt. In einer Konferenz im Jahr 2006 wurde bspw. die Vision erläutert, Menschenaffen mit vor allem gentechnischen Mitteln in der Hinsicht zu «verbessern», dass sie sprechen können (Núñez-Mujica 2006). Dieser Eingriff sei im Interesse der Menschenaffen, weil sie uns dann sagen könnten, wie wir sie besser schützen sollten. S. Chan (2009) argumentiert – analog zu den Auffassungen ihres Lehrers John Harris zum «Human Enhancement» –, dass bei einem «Animal Enhancement», das als im Interesse des Tieres liegend interpretiert wird, eine moralische Verpflichtung zur «Verbesserung» entstehe. In ihrem Artikel argumentiert sie allerdings mit zwei unterschiedlichen Definitionen von «Enhancement»: Zunächst verwendet sie diesen Begriff in einem neutralen Sinn, indem sie die Kontinuität der Ziele technologischer Interventionen zur Verbesserung von Tieren betont, und definiert «Animal Enhancement» als Veränderung, die zu einer Steigerung einer Fähigkeit oder zu einer neuen Eigenschaft des Tieres führt. Im Laufe des Artikels verschiebt sich diese wertneutrale Definition zu einer bewertenden Definition von «Enhancement», bei der eine Verbesserung (wieder Harris folgend) per definitionem als gut für das betroffene Individuum angesehen wird. Die moralische Verpflichtung zum «Animal Enhancement» folgt dann für S. Chan aus der Anerkennung von Tieren als Träger von zu respektierenden Interessen. Diese Argumentation bleibt damit auf einer sehr allgemeinen und abstrakten Ebene, die weder die Realität der heutigen Praxis berücksichtigt noch den konkreten Kontext der Verbesserung problematisiert. Auch verschiedene Führungsfiguren des organisierten Transhumanismus (bspw. Bostrom und Sandberg 2009) kommen immer wieder auf die Idee zu sprechen, Menschenaffen durch cognitive enhancement auf das intellektuelle Niveau von Menschen zu bringen.

Diese Visionen erfahren verständlicherweise Kritik. Für Twine (2007) bspw. baut der Gedanke, dass Tiere Technologien für ein erfülltes Leben bzw. für eine Verbesserung ihres Lebens brauchen, auf einer Anthropomorphisierung auf, in der die in Anthropologie und Technikphilosophie oft analysierte Technikangewiesenheit des Menschen auf Tiere übertragen wird. Derart allgemeine Argumente zeigten zudem ein geringes Interesse an der Komplexität tierischen Lebens und übersähen, dass Tiere im Einflussbereich

des Menschen vor allem dessen Interessen dienten. Auch fehle in dieser Perspektive die Aufmerksamkeit für viele Faktoren tierischen Wohlbefindens. Aus diesen Gründen schlägt er vor, statt «Enhancement» den neutraleren Begriff der Veränderung zu verwenden, der dann je nach dem Kontext und den Konsequenzen für die Tiere in unterschiedlicher Weise präzisiert werden kann.

Erinnert sei schließlich auch noch einmal daran, dass die Forschung im Bereich von «Human Enhancement» auf Tierversuche angewiesen ist (2.1), sodass Ziele und Mittel dieser Forschung mit der experimentellen Nutzung und Tötung von Tieren verbunden sind. Fast immer werden mit Tiermodellen erzielte Ergebnisse von Befürwortern des «Human Enhancement» ohne Erwähnung tierethischer Aspekte zitiert. Auch die Frage, ob solche Forschungen nicht auch mit Alternativmethoden, d. h. mit weniger oder keinen Tierversuchen durchgeführt werden könnten, wird von Enhancement-Befürwortern nicht thematisiert.

3.4.4 Technomorphe Beschreibung von Tieren

Die konvergierenden Technologien haben, insbesondere an der Schnittstelle von Technik und Leben, zu einer zunehmend technischen, zumindest technomorphen Beschreibung von Elementen des Lebens auf verschiedenen Ebenen geführt. So besteht ein Charakteristikum der Nanobiotechnologie in der Ausweitung der klassischen Maschinensprache auf den Bereich des Lebendigen. Das Lebendige wird zusehends technomorph beschrieben, verbunden mit einer Änderung im Selbstverständnis der Biologie:

«Although it can be argued that synthetic biology is nothing more than a logical extension of the reductionist approach that dominated biology during the second half of the twentieth century, the use of engineering language, and the practical approach of creating standardised cells and components like in an electrical circuitry suggests a paradigm shift. Biology is no longer considered <nature at work>, but becomes an engineering discipline» (De Vriend 2006, S. 26).

Beispiele für derartige Sprachregelungen sind das Hämoglobin als Fahrzeug, die Adenosin-Triphosphat-Synthase als Generator, Nukleosome als digitale Datenspeicher, Polymerase als Kopiermaschine oder Membranen als elektrische Zäune zu beschreiben (Oertel und Grunwald 2006, Kap. V.1.2.4). Zwar reichen diese technomorphen Beschreibungen bin zu früheren biochemischen und molekularbiologischen Forschungen des 20. Jahrhunderts zurück; der Bereich, auf den sie sich erstrecken, wird jedoch zunehmend auf komplexere Einheiten bis zu einfachen Lebewesen ausgedehnt. Es erscheint sinnvoll zu fragen, ob und in welcher Weise derartige sprachliche Veränderungen und Umdeutungen das Verhältnis von Technik und Leben bzw. den Blick des Menschen auf dieses Verhältnis und damit möglicherweise auch auf seinen Umgang mit diesem Verhältnis verändern.

Im nanobiotechnologischen Erkenntnisprozess geht es darum, Wissen über Strukturen und Funktionen natürlicher Systeme zu erlangen. Dies erfolgt jedoch keineswegs kontemplativ oder durch distanzierte Beobachtung der Natur, sondern wie in der Gentechnik oder auch in klassischen Züchtungsverfahren durch gezielte technische Intervention. Lebende Systeme interessieren nicht als solche, bspw. in ihrem jeweiligen ökologischen Kontext, sondern sie werden analysiert in ihrem technischen Funktionszusammenhang. Damit werden lebende Systeme zumindest auch als technische Systeme gedeutet, was eine wesentliche Voraussetzung dafür sein dürfte, dass die Übertragung des an lebenden Systemen gewonnenen Wissens auf technische Systeme überhaupt gelingen kann (wie dies bspw. in der Bionik versucht wird). In der Erkennung von Funktions- und Strukturprinzipien der lebenden Natur wird damit bereits ein technisches Erkenntnisinteresse appliziert.

So gesehen, sind konvergierende Technologien erkenntnistheoretisch gebunden an eine technische Weltsicht und technische Intervention. Sie tragen den Gedanken des Technischen in das Natürliche hinein, modellieren Natur technomorph und gewinnen aus dieser Perspektive bestimmtes Wissen, das dann wieder in die Sphäre des Technischen zurücktransferiert und dort in Problemlösungen eingebaut werden kann: «Die Bionik wählt einen technikorientierten Zugang zur Natur, um vom technisch verstandenen Leben zur lebensoptimierten Technik überzugehen» (Schmidt 2002, S. 141). Das Zitat «Biology is the nanotechnology that works» (Brown 2004) bringt es auf den Punkt: Natur wird als Technologie verstanden, und zwar sowohl in ihren Teilen als auch als Ganzes:

«Hier verbindet sich ein naturwissenschaftlich-reduktionistisches mit einem mechanisch-technischen Weltbild, dem zu Folge die Natur auch nur ein Ingenieur ist ... Da wir uns nun angeblich ihre Konstruktionsprinzipien zu Eigen machen können, sehen wir überall nur noch Maschinen – in den menschlichen Zellen einerseits, in den Produkten der Nanotechnologie andererseits» (Nordmann 2007b, S. 221).

Diese Verschiebungen in Mensch/Natur-Verhältnissen spielen sich zurzeit vor allem im subzellulären Bereich ab, in dem die Nanobiotechnologie operiert. Insofern jedoch im «Human Enhancement» oder im «Animal Enhancement» Erkenntnisse der konvergierenden Technologien eingesetzt werden, die funktionale Merkmale eines ganzen Organismus verändern sollen, muss dieser gesamte Organismus als ein technisches System modelliert werden. Dies gilt bereits begrifflich: Eine «technische Verbesserung» setzt voraus, dass der zu verbessernde Gegenstand als ein technisches System modelliert wurde (Grunwald 2008, Kap. 9), an dem dann bestimmte Parameter gezielt verändert werden, um auf der Ebene des Organismus eine «Verbesserung» zu erreichen. Daher bedarf jedes «Animal Enhancement» eines technischen Modells des betreffenden Tieres.

Dies ist zunächst eine rein funktionelle Notwendigkeit, analog wie ein Arzt ein «technisches» Verständnis eines zu behandelnden menschlichen Organs benötigt, wenn er dieses als solches betrachtet. Eine offene Frage ist jedoch, ob angesichts des wissenschaftlichtechnischen Fortschritts derartige technischen Modelle lebender Organismen zu einer generellen Technisierung der Natur, des Menschen (Grunwald und Julliard 2007) und damit eben auch von Tieren führen könnten. Zurzeit gibt es gegensätzliche Anzeichen: zunehmender Tierschutz und Sorge um Tiere auf der einen Seite, zunehmende Instrumentalisierung auf der anderen. Dieses Feld bedarf sorgfältiger Beobachtung und Reflexion, ohne dass hier heute bereits etwas über zukünftige Entwicklungen gesagt werden könnte.

3.5 Prioritäten in der ethischen Reflexion

Das «Animal Enhancement» ist keine Zukunftsmusik, sondern in vielen Formen Teil aktueller Praxis, in vielen anderen Bereichen Gegenstand der Forschung (Kap. 2). Dabei treten in der Regel keine dramatischen neuen ethischen Fragen auf. Durch den grundsätzlichen Bezug auf menschliche Nutzungskontexte sind die «großen» ethischen Fragen ähnlich wie die bekannten: für welche Zwecke dürfen Tiere instrumentalisiert werden, unter welchen Bedingungen sind Tierversuche zulässig, wie soll mit Stress und Leiden der Tiere umgegangen werden etc. Zu all diesen bekannten Fragen gibt es graduelle Verschiebungen und Akzentuierungen. Im Rahmen einer ethischen Auslegeordnung sehen wir folgende Fragen als besonders dringlich an:

Tierversuche nehmen einen großen Raum im «Animal Enhancement» ein (2.1), wobei es sich häufig um Tierversuche in Vorbereitung eines «Human Enhancement» handelt. Ob Tierversuche für eine «technische Verbesserung» des Menschen ethisch gerechtfertigt sind, ist nicht so ohne weiteres klar. Die «Verbesserung» des Menschen ist jedenfalls schon begrifflich keine Therapie. Wenn man Verbesserungen des Menschen als «Luxus» einstufte, wären Tierversuche zu diesem Zweck ähnlich problematisch wie für Kosmetika. Insbesondere wenn es – wie in der Schweizerischen Tierversuchsordnung – rechtlich geregelte Bedingungen für die Zulässigkeit von Tierversuchen gibt, besteht hier dringlicher Klärungsbedarf.

Eine Akzentverschiebung betrifft die agrarindustrielle Landwirtschaft. Aufgrund des weiter zunehmenden ökonomischen Drucks bestehen hier Anreize, die Nutzung von Tieren weiter zu intensivieren. Das «Animal Enhancement» könnte hier einerseits zu einer Erhöhung des Stresses für Nutztiere führen – andererseits aber auch Möglichkeiten eröffnen, ein advokatorisches «Animal Enhancement» im vorgestellten Interesse der Nutztiere zu betreiben, ihren Stress bei der Nutzung zu verringern. Dies bedürfte einer eigenen Untersuchung.

Die Möglichkeit einer gezielten Veränderung von Tieren dahingehend, dass sie möglicherweise keine Schmerzen empfinden (3.3.2), ist zwar derzeit spekulativ. Dennoch erscheint es geraten, hier ethische Reflexion «auf Vorrat» zu betreiben für den Fall, dass es rasche technologische Fortschritte gibt.

Schließlich ist zu beachten, dass «Animal Enhancement» den Anteil des Technischen und Manipulierbaren an Tieren erhöht und den Anteil des Natürlichen reduziert. Ob sich hierdurch Änderungen im Mensch/Tier-Verhältnis ergeben (Kap. 3.4) ist offen. Zumindest kann bereits heute gesagt werden, dass neuartige Fragen entstanden sind (vgl. bspw. 3.3.2 und 3.3.3), die als solche bereits relevante Änderungen im menschlichen Blick auf Tiere bedeuten können.

Aufgrund der hohen kulturellen Bedeutung des Mensch/Tier-Verhältnisses ist hier sorgfältige Beobachtung angesagt – was freilich keine eigentlich ethische Aufgabe, sondern eher eine anthropologische, hermeneutische sowie technik- und naturphilosophische ist.

4. Animal Enhancement – zusammenfassende Thesen

Aus dem Überblick über relevante Entwicklungen und Tendenzen im Bereich des «Animal Enhancement» lässt sich bereits ersehen, dass von «Verbesserung» in Bezug auf Tiere in einem deutlich unterschiedlichen Sinn als in Bezug auf «Human Enhancement» gesprochen wird – und geredet werden sollte. Die *Nutzung von Tieren* für menschliche Zwecke ist der entscheidende Faktor, der die wissenschaftlich-technischen Interventionen in Tiere grundlegend bestimmt und vor dessen Hintergrund das «Animal Enhancement» stattfindet und bewertet werden muss. Gerade in der Nutzung von Versuchstieren bleibt das advokatorisch verstandene «Interesse» der Tiere und seine Rolle in den Bewertungen unterbestimmt.

Der Begriff «Enhancement» ist reich an Bedeutungen und wird auch in Bezug auf den Menschen unterschiedlich verstanden. Dennoch gibt es in der Diskussion eine starke Tendenz, diesen Begriff positiv zu verstehen. Schon die Herkunft der Debatte aus den Diskussionen zur Anwendung von Biotechnologien im reproduktiven Bereich und in Bereichen wie der ästhetischen Chirurgie (Parens 1998; vgl. Bostrom und Savalescu 2009) zeigt deutlich, dass es hier um das Interesse des Patienten bzw., allgemeiner, des an der Verbesserung seines Lebens interessierten Menschen geht. Kritisch betrachtet werden dann Faktoren wie bswp. sozialer Anpassungsdruck, die Tendenz der Medikalisierung der Gesellschaft und die Kommerzialisierung der Medizin (Coenen et al. 2009; Juengst 2009; Schöne-Seifert und Talbot 2009). Dagegen ist im Bereich der Anwendungen auf Tiere zunächst gar nicht klar, welche Kriterien für die Definition des Interesses des Tiers ausschlaggebend oder gesellschaftlich konsensfähig sein können. Hier spiegeln sich also auch die grundlegenden Unterschiede im moralischen und rechtlichen Status von Menschen und Tieren sowie die Kontroversen über Tierschutz und -rechte in unserer Gesellschaft wider.

Vor diesem Hintergrund erscheint es zum derzeitigen Zeitpunkt besonders relevant, den Gebrauch des Begriffs «Enhancement» zu klären, als Voraussetzung dafür, ihn dann im tierischen Bereich einzusetzen. In den aktuellen Debatten besteht dabei offensichtlich eine Spannung zwischen dem Versuch einer (zumindest scheinbar) neutralen Definition («Enhancement» als Veränderung einer Eigenschaft über das speziestypische Maß hinaus), einer explizit positiven Definition («Enhancement» als eine Steigerung, die per definitionem eine Verbesserung und gut ist) sowie einem oft nur impliziten, allgemeinen Verständnis, in das u a. eine Vielfalt von technikvisionären, utopischen und dystopischen Zukunftsbildern und -erwartungen einfließt. Durch den gewaltigen Anspruch, den Menschen und das Leben selbst zu «verbessern», sind die Debatten über «Enhancement» zugleich Teil des umfassenden Diskurses über die Rolle und den Wert von Wissenschaft und Technologie in unserem Zeitalter, auch mit Blick auf die großen globalen Probleme und Menschheitsthemen (Hunger, Krieg, soziale Ungerechtigkeit, Umweltschutz etc.).

Auch das «Animal Enhancement» kann daher unterschiedlich verstanden werden, oft entsprechend den Differenzen zwischen den genannten Auffassungen. Wenn auch zuweilen (wie bspw. in S. Chan 2009) «Enhancement» als *per definitionem* positiv und damit – auf Basis eines angenommenen Interesse des Tiers – als moralisch geboten eingestuft wird, stellt sich tatsächlich die Aufgabe, advokatorisch (Kap. 1) das Interesse des Tieres, seine Verbesserung und die Nutzungs- und sonstigen gesellschaftlichen Kontexte eines «Animal Enhancement» als ethische und politische Fragen zu behandeln. Eine Auslegeordnung dazu kann helfen, gesellschaftlich-politische und auch Expertendiskurse zu diesen Fragen anzuleiten, diese aber selbstverständlich nicht bündig mittels ethischer Reflexion «lösen».

Die Frage des «Animal Enhancement» hängt dabei auch von der Bestimmung der Rolle moderner Wissenschaft und Technik in unserer Gesellschaft ab. Die wissenschaftlich-technologische Konvergenz und (derzeit wohl mindestens noch im selben Maße) die Konvergenz von Technikvisionen – mit ihren vielfältigen, die Zukunft unserer Gesellschaft betreffenden Aspekten – sind dabei von besonderem Interesse. Dies betrifft sowohl «klassische» tierethische Fragestellungen und Probleme als auch die Wechsel-

wirkungen ethischer und praktischer Natur, die zwischen «Animal Enhancement» und «Human Enhancement» zu konstatieren sind. Schließlich deuten sich im Fortschritt der «Converging Technologies» und in dem mit diesem einhergehenden, stark ideologisch und visionär aufgeladenen Diskurs Verschiebungen im triadischen Verhältnis von Mensch, Tier und wissenschaftlich-technologischer Entwicklung ab, die nicht nur unsere Beziehungen zum Tier, sondern anscheinend auch uns selbst grundlegend betreffen.

Vor diesem Hintergrund – und um die Diskussionen und Forschungen zu befruchten, für die in diesem Zusammenhang verstärkter Bedarf festgestellt werden kann – werden im Folgenden thesenartig einige zentrale Ergebnisse der Studie zusammengefasst.

- Die «Verbesserung» von Tieren erfolgt im Rahmen menschlicher Nutzung von Tieren seit Jahrtausenden und ist Teil der menschlichen Kulturgeschichte und unseres Verhältnisses zur Natur. Je nach Technikbegriff wird man auch Züchtungsverfahren unter Technik subsumieren können. Entscheidend erscheint hier aber, möglicherweise qualitativ Neues ins Blickfeld zu rücken - in Abgrenzung von bloßen Verstärkungen oder Verbreiterungen länger bestehender Tendenzen, die allerdings ebenfalls im Auge zu behalten sind. Gerade weil die konvergierenden Technologien derzeit vor allem auf vorhandenen genetischen, molekularbiologischen, tiermedizinischen und weiteren Wissensbeständen und Erfahrungen aufsetzen und es sich zumeist um eher «evolutionäre» als um disruptive Prozesse handelt, bedarf es der sorgfältigen Beobachtung und Unterscheidung, um schleichende und nur graduelle Verschiebungen aufzudecken.
- 2. «Animal Enhancement» erscheint also, im Gegensatz zu vielen Aspekten des «Human Enhancement», in gewisser Hinsicht als nichts revolutionär Neues. Zu fragen ist indes, ob nicht doch die Mittel einen grundlegenden Unterschied ausmachen, selbst wo die Zwecke (also vor allem bestimmte Nutzungen) die gleichen bleiben. Dies betrifft bspw. den Grad der Eingriffstiefe der Interventionen, die Frage ihrer Reversibilität und die veränderten Bedingungen hinsichtlich der Würde der Kreatur in einer Zeit, in der sich die Möglichkeiten des Zu-

- griffs auf das Tier, auf seinen Körper (einschließlich seiner kognitiven Fakultäten) und auch seine Umweltbedingungen anscheinend massiv ausweiten.
- Ein grundlegender Unterschied in der ethischen Konstellation zwischen «Animal Enhancement» und «Human Enhancement» besteht dabei darin, dass im «Human Enhancement» Menschen sowohl Akteure als auch Betroffene sind, während es in Bezug auf die Verbesserung von Tieren eine fundamentale Asymmetrie zwischen Menschen als subordinierenden Akteuren (die bspw. die Ziele der Verbesserung definieren) und Tieren als subordinierten Betroffenen gibt. Sieht man von einigen phantastisch anmutenden Visionen eines kognitiven «Enhancement» bestimmter Tierarten ab, wird sich an diesem Umstand auch in Zukunft nichts ändern. Wo sich jedoch die Mittel des Menschen radikal ändern sollten, wird sich aller Voraussicht nach zunehmend die Frage stellen, ob die Zustimmungsunfähigkeit der Betroffenen - das oft entsetzliche «Schweigen des Tiers» – nicht auf neuartige Weise in der menschlichen Reflexion über Legitimität und Illegitimität bestimmter Eingriffe Berücksichtigung finden muss.
- 4. Selbst die grundlegenden Voraussetzungen einer möglicherweise notwendig werdenden Umorientierung erscheinen jedoch derzeit noch unklar. Während die ethische Diskussion über «Human Enhancement» bspw. begrifflich davon lebt, wie dieses gegen Therapie abgegrenzt wird, spielt dieselbe Frage beim «Animal Enhancement» kaum eine Rolle. Und wenn wir es uns tatsächlich angelegen sein lassen wollten, eine Verbesserung des Tiers anzustreben, wäre zunächst einmal zu klären, in welchem Verhältnis zueinander hier die Verbesserung des Tiers für den Menschen (im Sinne seiner sich wandelnden und zum Teil gegensätzlichen Nutzungsinteressen) und eine Verbesserung im angenommenen Interesse der Tiere stehen sollten.
- 5. Weitgehend unumstritten dürfte das Ziel sein, moderne Wissenschaft und Technologie, wo dies möglich ist und sinnvoll erscheint, auch zur Verminderung des Leidens des Tiers und zur Verbesserung seiner artgerechten Umgebung einzusetzen. Die Erfahrung, dass neue wissenschaftlich-technologische Entwicklungen in dieser Hinsicht oft als bestenfalls ambivalent

- einzustufen sind, ändert an der Legitimität des Ziels nichts. Angezeigt erscheint indes die Wissensbasis zu den Auswirkungen neuer Verfahren auf Tiere systematisch und holistisch zu verbreitern. Überdies müssen die erhofften Ergebnisse und die Realisierungsaussichten mit dem hinsichtlich des Wegs der Realisierung abzusehenden Bedarf an Tierversuchen und anderen Problemen abgewogen werden.
- Wie auch hinsichtlich der Visionen in den Debatten über «Human Enhancement» und «Converging Technologies» sollten Visionen (sowohl einer Verbesserung für das Tier als auch einer Verbesserung der menschlichen Nutzung des Tiers) mit Skepsis betrachtet und systematisch hinterfragt werden. Während allgemein das Bewusstsein für den problematischen Charakter des technikfuturistischen Überschwangs in Debatten über neue und emergierende Technologien wächst, besteht im Fall des «Animal Enhancement» die Gefahr, dass dieses Bewusstsein – vor allem wegen der Tradition der Tierzüchtung und der Subordination des Tiers – unterentwickelt bleibt. Dies könnte nicht nur forschungs-, technologie- und innovationspolitisch kontraproduktiv sein (auch mit Blick auf öffentliche Akzeptanzfragen), sondern auch speziell tierethisch problematisch – falls bspw. neue Entwicklungen gefördert werden, die dann im Endeffekt oder zumindest in einer langen Übergangsphase die Situation von Versuchs- und anderen Tieren verschlechtern.
- 7. Eine neue Dimension in der tierethischen Beurteilung von Verfahren moderner Forschung ergibt sich womöglich aus den Wechselwirkungen zwischen «Human Enhancement» und «Animal Enhancement». Umstrittene Formen des «Human Enhancement», bei denen Nutzenerwägungen weniger eindeutige Ergebnisse zeitigen als therapeutische Verfahren, könnten tierethisch betrachtet andere Schutzregelungen für Versuchstiere nötig machen als die bisher für die biomedizinische Forschung geltenden. Hierbei könnten Ausschlusskriterien für Tierversuche, die in einigen Ländern bereits für gentechnische Veränderungen von Tieren definiert wurden, auch auf die Forschung und Entwicklung zu nichttherapeutischen Enhancement-Technologien Anwendung finden. Neben dem Problem, dass oft wenn nicht meistens konvergierende

- Technologien sowohl zu therapeutischen als auch zu nichttherapeutischen Zwecken eingesetzt werden können, ist hier zuvor allerdings noch zu klären, welche Handlungsspielräume (mit Blick bspw. auf Rechtsprechung und Kommentaren zu den bestehenden einschlägigen Bestimmungen) überhaupt bestehen.
- 8. Auch wenn die Forschung dazu noch weitgehend visionärkonzeptioneller Natur ist, verdient eine durch konvergierende
 Technologien denkbar gewordene Einschränkung oder völlige Ausschaltung der Leidensfähigkeit von Tieren gesonderte
 Beachtung. Hier steht das Ziel, das von ihnen empfundene
 Leiden der Tiere zu vermindern oder zu beseitigen, gegen
 Konzepte einer Integrität und Würde des Tieres. Eine derartige Manipulation von Lebewesen könnte als illegitim eingeschätzt werden. Auf jeden Fall stellen sich hier komplexe
 Fragen, die über einzelne tierethische Probleme hinaus unser
 Verständnis des Tiers als Lebewesen betreffen.
- Im Kontext des Einsatzes der «Converging Technologies» für Zwecke des «Animal Enhancement» und des «Human Enhancement» stellen sich auch übergreifende philosophische Fragen von ethischer Bedeutung. Insofern es durch ein «Animal Enhancement» zu weiteren Technisierungsschüben in unserem Bild von und unserem Umgang mit Tieren kommt, vielleicht auch zur Erschaffung von Tier-Maschine-Mischwesen, dürfte dies auch Folgen für unsere Menschenbilder und für eine mögliche Technisierung des Menschen haben. Hier bei Bedarf steuernd einzugreifen, dürfte jedoch sehr schwierig werden. Die Weichenstellungen, die in Bezug auf die Trias Mensch-Tier-Technik in vielen Jahrhunderten westlicher Ideen- und Realgeschichte erfolgten, haben eine so grundlegende Bedeutung für unsere Gesellschaften und die in ihnen wirksamen Menschenbilder, dass größere Verschiebungen womöglich einer kulturellen Revolution gleichkommen würden.
- 10. Im Umgang mit allen genannten Fragen ist immer zu beachten, dass Ethik nur part of the game ist. Wie in anderen Fällen neuer und emergierender wissenschaftlich-technologischer Entwicklungen geht es auch beim «Animal Enhancement» in vielerlei Hinsicht noch gar nicht um konkrete ethische Fragen, sondern darum, zu einer gesellschaftlichen, auch anth-

ropologischen Selbstverständigung zu kommen. Fragen wie die nach der Entwicklung des menschlichen Verhältnisses zu Tieren und nach den hier wirksamen Technisierungstendenzen bedürfen zunächst vor allem öffentlicher Dialoge und Expertendiskurse über sie. Bislang finden Debatten über Mensch/Tier-Verhältnisse nur sporadisch statt, bspw. anlässlich von Haltungsbedingungen von Nutztieren. Das Thema der Technisierung von Tieren ist in Öffentlichkeit und Politik noch kaum angekommen.

Literatur

Abalovich A.G., Bacqué M.C., Grana D., Milei J. (2009): Pig pancreatic islet transplantation into spontaneously diabetic dogs, *Transplantation Protocols* 41(1): 328–30.

Abrantes R. (1997): Dog Language: An encyclopedia of canine behaviour, Special revised and updated English version, Wakan Tanka Publishers c/o Dogwise Publishing: Wenatchee, WA.

Adams N.R., Briegel J.R. (2005): Multiple effects of an additional growth hormone gene in adult sheep, *Journal of Animal Science* 83: 1868–1874.

Ahrens I., Peter K. (2008): Humanizing mouse thrombi, Nature *Biotechnology* 26(1): 62–3.

Akademie für Tierschutz (2010a): Grenzfälle im Sport mit Tieren aus Sicht des Tierschutzes, http://www.tierschutzakademie.de/2027.html (zuletzt aufgerufen 23/07/10).

Akademie für Tierschutz (2010b): Spezielles zur Rollkur (Hyperflexion), http://www.tierschutzakademie.de/2028.html (zuletzt aufgerufen 16/08/10).

Allan J.S. (1998): The risks of using baboons as transplant donors: exogenous and endogenous viruses, *Annals of the New York Academy of Science* 862: 87–89.

Alvarez P.J.J., Colvin V., Lead J., Stone V (2009): Research priorities to advance eco-responsible nanotechnology, *ACSNANO* 3: 1616–9.

Anders G. (2002): Die Antiquiertheit des Menschen. Über die Seele im Zeitalter der zweiten industriellen Revolution. Beck: München (i. Orig. 1956).

Anim.Al.See (2004): Final report and recommendations of a project funded by the European Commission. *Alternative methods in animal experimentation:* evaluating scientific, ethical and social issues in the 3Rs context, http://www.inemm.cnr.it/animalsee/Finalresult.html (zuletzt aufgerufen 16/08/10).

Animal Sciences Group van Wageningen UR (2009a): Welzijn van dieren in reizende circussen in Nederland; Circuspraktijk in 2008, Rapport 212, http://www.minlnv.nl/portal/page?_pageid=116,1640321&_dad=portal&_schema=PORTAL&p_file_id=40605 (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Animal Sciences Group van Wageningen UR (2009b): *De intrinsieke waarde van dieren in performancepraktijken*, Rapport 216, http://www.minlnv.nl/portal/page?_pageid=116,1640321&_dad=portal&_schema=PORTAL&p_file_id=40603 (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Ankeny R.A. (2003): No Real Categories, Only Chimeras and Illusions: The Interplay between Morality and Science in Debatesover Embryonic Chimeras, *The American Journal of Bioethics* 3(3): 31–33.

Anwander N., Bachmann A., Rippe K., Schaber P. (2002): Gene patentieren. Eine ethische Analyse. Mentis Verlag: Paderborn.

APC (Animal Procedures Committee) (2003) Review of the cost-benefit assessment in the use of animals in research, http://www.apc.gov.uk/reference/costbenefit.pdf (zuletzt aufgerufen 16/08/10).

Arkes H., Austriaco N.P., Berg T. et al. (2005): Production of Pluripotent Stem Cells by Oocyte-Assisted Reprogramming: Joint Statement with Signatories, *National Catholic Bioethics Quarterly* (Autumn 2005): 579–583.

Artswire (2000): Eduardo Kac's Gfp Bunny Incites Debate About Ethics Of Transgenic Art, *Artswire* September 26, 2000, http://www.ekac.org/artswire.html (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Attfield R. (1995): Genetic Engineering: Can Unnatural Kinds be Wronged? In: Wheale P., McNally R. *Animal genetic engineering: of pigs, oncomice and Men.* Pluto Press: London: 201–210.

Auffret A., Gautheron V., Repici M. et al. (2009): Age-dependent impairment of spine morphology and synaptic plasticity in hippocampal CA1 neurons of a presenilin 1 transgenic mouse model of Alzheimer's diseas, *Journal of Neuroscience* 29(32):10144–10152.

Bachmann, A. (2006): *Nanobiotechnologie – Eine ethische Auslegeordnung* (hg. von der Eidgenössischen Ethikkommission für die Biotechnologie im Ausserhumanbereich, EKAH), Bern: EKAH.

Baggini J. (2005): The Pig That Wants to Be Eaten, and Ninety-Nine Other Thought Experiments. Granta Books: London.

Baker S. (2003): Philosophy in the wild? In Britton S., Collins D. (Hg.) *The Eight Day. The transgenic art of Eduard Kac*. Institute for the Study in the Arts: Tempe.

Baker, M. (2009): Fast and Furious, *Nature* 458 S. 962–965.

Balaban, E. (1997): Changes in multiple brain regions underlie species differences in a complex, congenital behavior, *Protocols of the National Academy of Science* USA 94(5): 2001–6.

Balaban E. (2005): Brain switching: studying evolutionary behavioral changes in the context of individual brain development, *International Journal of Developmental Biology* 49(2–3):117–24.

Balaban, E. Teillet MA, Le Douarin N. (1988): Application of the quail-chick chimera system to the study of brain development and behavior, *Science* 241(4871):1339–42.

Ball M. (2005) Copied cat gives pause at veterinary's convention, *Las Vegas Sunday*, 22 February 2005.

Balluch M., Theuer E. (2007): *Trial on personhood for chimp «Hiasl»*, ALTEX 24(4):335–342.

Balzer P., Rippe K. P., Schaber P. (1997): Was heißt Würde der Kreatur? *Schriftenreihe Umwelt* Nr. 294, BUWAL.

Bannerman D.M. et al. (2006): The drugs don't work – or do they? Pharmacological and transgenic studies of the contribution of NMDA and GluR-A-containing AMPA receptors to hippocampal-dependent memory, *Psychopharmacology* 188(4): 552–66.

Baranzke H. (2002): Würde der Kreatur? Die Idee der Würde im Horizont der Bioethik. Königshausen & Neumann: Würzburg.

Bartels, T., Wegner W. (1998): Fehlentwicklungen in der Haustierzucht, Ferdinand Enke Verlag: Stuttgart.

Bartke A. (2006): Life extension in the dwarf mouse. In: Conn M. P. (ed.) *Handbook of models for human Aging*. Springer Verlag: Amsterdam, Boston: 403–414.

Barton-Davis E., Shoturma D.I., Musaro A. et al. (1998): Viral mediated expression of IGF-1 blocks the aging-related loss of skeletal muscle function, *Protocols of the National Academy of Science* USA 95: 15603–15607.

Bayertz K. (2005): Die menschliche Natur und ihr moralische Status. In: Ders.: *Die menschliche Natur. Welchen und wieviel Wert hat sie?* Mentis: Paderborn: 9–31.

Bayertz K. et al. (1998a): *Klonen von Tieren – Ethische und politische Beurteilung*. Argos-Institut für gesellschaftliche Studien, praktische Philosophie und Bildung e.V. (argos), Münster.

Bayertz K. et al. (1998b): *Nachtrag zum Abschlussbericht «Klonen von Tieren – Ethische und politische Beurteilung»*. Argos-Institut für gesellschaftliche Studien, praktische Philosophie und Bildung e.V. (argos), Münster.

Beardsworth A., Bryman A. E. (2001): The wild animal in late modernity: the case of the Disneyization of zoos, *Tourist Studies* 1(1): 83–104.

Beck M. (2009): Mensch-Tier-Wesen. Zur ethischen Problematik von Hybriden, Chimären, Parthenoten. Ferdinand Schöningh: Paderborn u. a. O.

Bekoff M. et al (2002): *The cognitive animal: empirical and theoretical perspectives on animal cognition.* MIT Press: Boston.

Bekoff M., Franz E. (2008): Das Gefühlsleben der Tiere: Ein führender Wissenschaftler untersucht Freude, Kummer und Empathie bei Tieren. Animal Learn Verlag: Bernau.

Bellinge R.H., Liberles DA, Iaschi SP, O«brien PA, Tay GK. (2005): Myostatin and its implications on animal breeding: a review, *Animal Genetics* 36(1):1–6.

Bensaude-Vincent, B. (2009): Les vertiges de la technoscience. Façonner le monde atome par atome. Editions la Découverte: Paris.

Benz-Schwarzburg, J. et al. (2008). Theory of Mind bei Mensch und Tier. In: In: Evers D, Weidtmann N. (Hrsg)., Kognition und Verhalten: *Theory of Mind, Zeit, Imagination, Vergessen, Altruismus*, (Interdisziplinäre Forschungsarbeiten am Forum Scientiarum Band 1). LIT Verlag: Münster.

Benz-Schwarzburg, J., Knight A. (2011): Cognitive Relatives yet Moral Strangers?, *Journal of Animal Ethics*, im Druck.

Berg D. K., Li C., Asher G., Wells D. N., Oback B. (2007): Red deer cloned from antler stem cells and their differentiated progeny, *Biology of Reproduction* 77: 384–394.

Berger H. et al. (1929): Ueber das Elektrekephalogramm des Menschen, Archivien der Psychiatrie von Nervenkrankheiten 87: 527–570.

Berndt C. (2008): Gen-Doping: Hauptsache, die Chemie stimmt, *Süddeutsche Zeitung* 06.08.2008, http://www.sueddeutsche.de/gesundheit/192/305162/text/ (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Billings L.M., Oddo S., Green K.N., McGaugh J.L., LaFerla F.M. (2005): Intraneuronal Abeta causes the onset of early Alzheimer's disease-related cognitive deficits in transgenic mice. *Neuron* 45(5):675–688.

Birnbacher D. (2006): Natürlichkeit. De Gruyter: Berlin, New York.

Birnbaumer N., Cohen L. G. (2007): Brain-computer interfaces: communication and restoration of movement in paralysis, *Journal of Physiology* 15; 579 (Pt 3): 621–36.

Bizon J., Lee H. J., Gallagher M. (2004): Rat models of age-related cognitive decline, *Aging Cell* 3(4): 227–234.

Blancho G. (2009): Editorial on xenotransplantation, Current Opinion in Organ Transplantation 14(2):147.

Bleck G.T. et al. (1995): Production of transgenic animals with altered milk as a tool to modify milk composition, increase animal growth and improve reproductive performance. In: Greppi G. F. Enne G. (ed.): *Animal Production & Biotechnology*. Elsevier: Amsterdam: 1–19.

Bloch G. (2004): *Der Wolf im Hundepelz*. Franckh-Kosmos Verlags-GMBH & Co: Stuttgart.

Blurton-Jones M., Kitazawa M., Martinez-Coria H. et al. (2009): Neural stem cells improve cognition via BDNF in a transgenic model of Alzheimer disease, *Protocols of the National Academy of Science* USA 106(32): 13594–13599.

BMT (Bund gegen Missbrauch der Tiere) (2010): *Tierschutzthemen* – *Tiere in Sport und Freizeit* – *Brieftauben*, http://www.bmt-tierschutz.de/index. php?Seite=24 (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Bok H. (2003): What's Wrong with Confusion?, *The American Journal of Bioethics* 3(3): 25–27.

Boldt J, Müller O (2008) Newtons of the leaves of grass, *Nature Biotechnology* 4: 387–389.

Boldt J, Müller O., Maio G. (2009): Synthetische Biologie. Eine ethisch-philosophische Analyse. BBL: Bern.

Bollo E. (2007): Nanotechnologies applied to veterinary, *Veterinary Research Communication 31* Suppl. 1: 145–147.

Boorse C. (1977): Health as a theoretical concept, *Philosophy of Science* 44: 542–573.

Bostock S. (1993): Zoos and animal rights. Routledge: London, New York.

Bostrom N. (2005): A history of transhumanist thought, http://www.nickbostrom.com/papers/history.pdf (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Bostrom N. (2006): Welcome to a world of expontential change. In: Miller P. Wilsdon J. *Better humans? The politics of enhancement and life extension*. DEMOS: London: 40–50.

Bostrom N., Sandberg A. (2009): Cognitive Enhancement: Methods, Ethics, Regulatory Challenges, *Science and Engineering Ethics* 15, 3, http://www.nickbostrom.com/cognitive.pdf (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Bostrom N., Savalescu J. (2009): *Human Enhancement*. Oxford University Press: Oxford.

Bretschneider H. (1962) Der Streit um die Vivisektion im 19. Jahrhundert. Gustav Fischer Verlag: Stuttgart.

Breyer H. (1997): Keine Ethik-Berater sondern Klonierungs-Werber. Pressemitteilung 30.05.1997, Brüssel, Gen-ethisches Netzwerk 25.07: 4–5.

Brinkmann I. (2007): Quälende Schönheit. Botox und Co bescheren ein faltenfreies Antilitz- und Mäusen einen qualvollen Tod,

Deutsches Tierärzteblatt 10/2007 1249–1250, http://www.bundestieraerztekammer.de/datei.htm?filename=dtb102007botox.pdf&themen_id=4861 (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Brody E.P. (2000): Biological activities of bovine glycomacropeptide, *British Journal of Nutrition* 84 (Suppl. 1): 39–46.

Brophy B., Smolensky G. Wheeler T. et al. (2006): Cloned transgenic cattle produce milk with higher levels of beta-casein and kappa-casein, *Nature Biotechnology* 21: 157–162.

Brown C. (2004): BioBricks to help reverse-engineer life, *EE Times*, June 11 2004.

Bruyette D.S., Ruehl WW., Entriken T, et al. (1997): Management of canine pituitary-dependent hyperadrenocorticism with l-deprenyl (Anipryl). *The Veterinary clinics of North America. Small animal practice* 27(2):273–86.

Buchanan A. et al. (2001): From Chance to Choice. Genetics and Justice. Cambridge University Press: Cambridge.

Buehr M., Hjorth J. P., Kornerup Hansen A. (2003): Genetically Modified Laboratory Animals – What welfare problems do they face? Journal of applied animal welfare science, 6(4): 319–338.

Bundesversammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft (2002): Bundesgesetz über die Erfindungspatente (Patentgesetz, PatG), http://www.admin.ch/ch/d/ff/2007/4593.pdf (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft) (1996): Die Würde der Kreatur (Art.24novies Abs.3 BV). Gutachten verfasst von Praetorius und Saladin, *Schriftenreihe Umwelt Nr. 260*, Bern.

Byrne JA, Pedersen DA, Clepper LL, et al. (2007): Producing primate embryonic stem cells by somatic cell nuclear transfer, *Nature* 450: 497–50.

Cai J., Donaldson A., Yang M. et al. (2009): The role of Lmx1a in the differentiation of human embryonic stem cells into midbrain dopamine neurons in culture and after transplantation into a Parkinson's disease model, *Stem Cells* 27(1): 220–229.

Campbell S., Trettien A., Kozan B. (2001): A noncomparative open-label study evaluating the effect of selegiline hydrochloride in a clinical setting, *Veterinary therapeutics: research in applied veterinary medicine* 2(1): 24–39.

Cao X., Cui Z., Feng R. et al. (2007): Maintenance of superior learning and memory function in NR2B transgenic mice during ageing, European Journal of Neuroscience 25(6): 1815–1822.

Cao Y., Vacanti J.P., Paige K.T. et al. (1997): Transplantation of chondrocytes utilizing a polymer cell construct to produce tissue-engineered cartilage in the shape of a human ear, *Plastics and Reconstructive Surgery* 100, 297–302.

Care for the wild International (2008): EXPLOITING THE TIGER. Illegal Trade, Animal Cruelty and Tourists at Risk at the Tiger Temple.

An investigation at Wat Pa Luangta Bua Yannasampanno Forest Monastery, Kanchanaburi, Thailand, http://www.cwiftp.co.uk/web_files/TigerTemplereport08_final_v11.pdf (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Carmena J.M., Lebedev, M.A., Crist, R.E. et al. (2003): Learning to Control a Brain–Machine Interface for Reaching and Grasping by Primates, *Plos Biology* 1, 2: 193–208.

Carver A., Wright G., Cottom D. (1992): Expression of human alpha 1 antitrypsin in transgenic sheep, *Cytotechnology*, 9(1–3): 77–84.

Casimir-Schenkel J. (2010): Personalisierte Medizin 2010. *Biospektrum* Sonderausgabe 10. Jahrgang, http://www.biospektrum.de/blatt/d_bs_pdf&_id=934347 (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Cavalieri P., Singer P. (1994): Das Great Ape Project – und darüber hinaus. In: Cavalieri, P., Singer, P. (Hg.) *Menschenrechte für die Große Menschenaffen: Das Great Ape Projekt.* Wilhelm Goldmann Verlag: München: 463–476.

Cavazzana-Calvo M., Fischer A. (2007): Gene therapy for severe combined immunodeficiency: are we there yet?, *Journal of Clinical Investigation* 17(6): 1456–1465, http://www.jci.org/articles/view/30953 (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Cazzin C., Ring C.J. (2009): Recent advances in the manipulation of murine gene expression and its utility for the study of human neurological disease, *Biochimica et Biophysica Acta* (BBA) - Molecular Basis of Disease 2009 Dec 11.

Center for Genetics and Society (2005): *The New Industry of Manufacturing Pets*, http://www.geneticsandsociety.org/article.php?id=467#misc (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Chakrabarty A.M. (2003): Crossing Species Boundaries and Making Human-Nonhuman Hybrids: Moral and Legal Ramiacations, The American Journal of Bioethics 3(3):20–21. Chan A.W. (2009): Transgenic primate research paves the path to a better animal model: are we a step closer to curing inherited human genetic disorders?, *Journal of Molecular Cell Biology* 1(1):13–4.

Chan S. (2009): Should we enhance animals?, *Journal of Medical Ethics* 35: 678–683.

Changeux J.-P., Edelstein S.J. (2005): Allosteric mechanisms of signal transduction, *Science* 308, 1424–1428.

Changeux P. (2006): The Ferrier Lecture 1998. The molecular biology of consciousness investigated with genetically modified mice, *Philosophical transactions of the Royal Society of London*. Series B, Biological sciences 361, 1476: 2239–2259.

Chapin J.K., Moxon K.A., Markowitz R.S., Nicolelis M.A. (1999): Real-time control of a robot arm using simultaneously recorded neurons in the motor cortex, *Nature Neuroscience* 2: 664–670.

Chen Y., He Z.X., Liu A. et al. (2003) Embryonic stem cells generated by nuclear transfer of human somatic nuclei into rabbit oocytes, *Cell Research* 13: 251–264.

Chen H., Roco M.C., Li X., Lin Y. (2008): Trends in nanotechnology patents Nature, *Nanotechnology* 3, 123 –125.

Chimpanzee Sequencing and Analysis Consortium (2005): Initial sequence of the chimpanzee genome and comparison with the human genome, *Nature* 437: 69–87.

Chiu H.C., Kovacs A., Blanton R.M. et al. (2005): Transgenic expression of fatty acid transport protein 1 in the heart causes lipotoxic cardiomyopathy, *Circulation research* 96(2): 225–233.

Choi B.K, Black G.T., Wheeler M.B. et al. (1996): Genetic modification of bovine beta-case and its expression in the milk of transgenic mice, *Journal of Agricultural Food Chemistry* 44: 935–960.

Clare D.A., Swaisgood H.E. (2000): Bioactive milk peptides: A prospectus, *Journal of Dairy Science* 83: 1187–1195.

Clark J., Whitelaw B. (2003): A future for transgenic livestock, *Nature Review Genetics* 4(10): 825–833.

Clark, A.J., Burl, S., Denning, C., Dickinson, P. (2000): Gene-targeting in livestock: A preview, *Transgenic Research* 9: 263–275.

Clausen J. (2008a): Zur «Natur des Menschen» in der Enhancement-Debatte. In: Schäfer D. et al. *Gesundheitskonzepte im Wandel. Geschichte, Ethik und Gesellschaft.* Stuttgart: Franz Steiner Verlag: 223–242.

Clausen J. (2008b): Gehirn-Computer Schnittstellen: Anthropologisch-ethische Aspekte moderner Neurotechnologien. In: Clausen J., Müller O., Maio G. (Hg.): *Die «Natur des Menschen» in Neurowissenschaft und Neuroethik.* Königshausen & Neumann, Würzburg: 39–58.

Clausen J. (2009): Ethische Aspekte konvergierender Technologien: Das Beispiel Gehirn-Computer-Schnittstellen, Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis 2, 18: 20–29.

Clausen, J. (2006): Biotechnische Innovationen verantworten:

Das Beispiel Klonen. Wissenschaftliche Buchgesellschaft: Darmstadt.

CNN (2008): FDA OKs meat, milk from most cloned animals, 15 January 2008, http://www.cnn.com/2008/HEALTH/01/15/fda.cloning/ (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Coenen C. (2008): Konvergierende Technologien und Wissenschaften. Der Stand der Debatte und politischen Aktivitäten zu «Converging Technologies» (TAB-Arbeitspapier Nr. 16), Berlin: Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag; http://www.tab-beim-bundestag.de/pdf/publikationen/berichte/TAB-Hintergrundpapier-hp016.pdf (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Coenen C. (2009): Transhumanismus und Utopie. In: Steltemeier, R., Dickel, S., Gaycken, S., Knobloch, T. (Hg.) *Neue Utopien. Zum Wandel eines Genres*. Manutius: Heidelberg: 135–168.

Coenen C., Gammel S., Heil R., Woyke A. (Hg.) (2010): Die Debatte über Human Enhancement. Historische, philosophische und ethische Aspekte der technologischen Verbesserung des Menschen. Transcript Verlag: Bielefeld.

Coenen C., Schuijff M., Smits M., Klaasen P., Hennen L., Rader M., Wolbring G. (2009): *Human Enhancement* (IPOL/A/STOA/2007-13; PE 417.483) Europäisches Parlament: Brüssel, http://www.itas.fzk.de/eng/etag/document/2009/coua09a.pdf (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Coenen C., Hennen L., Link H.-J. (2009): The ethics of synthetic biology. Contours of an emerging discourse, *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis* 2, 18, S. 82–86.

Comstock G. (1992): What obligations have scientists to transgenic animals? Discussion Paper CBPE 92-8 (College Station, Texas: Center for Biotechnology Policy and Ethics, Texas A&M University, 1992).

Comstock G. (2000): Vexing Nature? On the ethical case against agricultural biotechnology. Kluiver: Boston, Dordrecht, London.

Conn M.P. (ed.) (2006): *Handbook of models for human Aging*. Springer: Amsterdam, Boston.

Cooper D. (1998): Intervention, Humility and Animal Integrity. In: Holland A, Johnson A. (Hg.) *Animal Biotechnology and Ethics*. Chapman and Hall: London: 145–155.

Cooper D.K. et al. (2007): [alpha]1,3-Galactosyltransferase Gene-Knockout Pigs for Xenotransplantation: Where Do We Go From Here?, *Transplantation* 84, 1: 1–7.

Council for Responsible Genetics (CRG) (1997): Aufruf: Für ein weltweites Verbot der Klonierung von Menschen und für eine breite Debatte über die Biotechnologie, *Gen-ethisches Netzwerk* 25.07.1997: 30.

Cowey A., Stoerig P. (1995): Blindsight in monkeys, Nature 373: 247-249.

Cozzi E., Bosio E., Seveso M. et al (2009): Xenotransplantation as a model of integrated, multidisciplinary research, *Organogenesis* 5(1): 288–296.

Cozzi E., Tallacchini M., Flanagan E.B. et al. (2009): The International Xenotransplantation Association consensus statement on conditions for undertaking clinical trials of porcine islet products in type 1 diabetes – chapter 1: Key ethical requirements and progress toward the definition of an international regulatory framework, *Xenotransplantation* 16(4): 203–14.

Cozzi E. (2009): On the road to clinical xenotransplantation, *Transplation Immunology* 21(2): 57–59.

Cromie W. (1999): Gene Boosts Muscle Strength: Mighty Mice Raise Hopes For A Stronger Life, *Harvard Gazette* 11 February 1999, http://www.news.harvard.edu/gazette/1999/02.11/muscle.html (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Crook A. (2001): Cosmetic Surgery in North America and Latin America, *Protocols of the World Small Anima Veterinary Association*: 54–55.

Cross N., Phillips C.J. (2009): Requirements for the welfare of baboons and pigs used in animal-to-animal xenotransplantation experiments, *Australian veterinary journal* 87(10):421–6.

Cui Z., Lindl K.A., Mei B. et al. (2005): Requirement of NMDA receptor reactivation for consolidation and storage of nondeclarative taste memory revealed by inducible NR1 knockout, *European Journal of Neuroscience* 22(3): 755–763.

Cundiff L.V., Bishop M.D., Johnson R.K. (1993): Challenges and opportunities for integrating genetically modified animals into traditional animal breeding plans, *Journal Animal Science* 71 Suppl 3:20–5.

Cunliffe J. (2003): Hunde – Rassen, Pflege, Geschichte. Parragon Books: Prag.

Daniels N. (2000): Normal Functioning and Treatment – Enhancement Distinction, *Cambridge Quarterly of Healthcare Ethics* 9: 309–322.

Danish Council of Bioethics (2008): *Man or Mouse? Ethical Aspects of Chimaera Research*, The Danish Council of Bioethics http://www.etiskraad.dk/sw16983.asp (zuletzt aufgerufen 16/08/10).

Darian-Smith C. (2007): Monkey Models of Recovery of Voluntary Hand Movement after Spinal Cord and Dorsal Root Injury, *ILAR Journal* 48(4): 396–410.

Darsalia V., Kallur T., Kokaia Z. (2007): Survival, migration and neuronal differentiation of human fetal striatal and cortical neural stem cells grafted in stroke-damaged rat striatum, *European Journal of Neuroscience* 26(3): 605–614.

Darwin, C. (1875): *Die Abstammung des Menschen und die geschlechtliche Zuchtwahl*, Bd. II (3. Aufl.), Stuttgart: E. Schweizerbarth'sche Verlagshandlung (E. Koch) (i. Orig. 1871).

De Vriend H. (2006): Constructing Life. Early social reflections on the emerging field of synthetic biology. Rathenau Institute: Den Haag.

De Vries R.B., Oerlemans A., Trommelmans L. et al. (2008): Ethical aspects of tissue engineering: a review, *Tissue Engineering Part* B 14(4): 367–375.

Decker, M., Fleischer, T. (2008): Contacting the Brain – Aspects of a Technology Assessment of Neural Implants, *Biotechnology Journal* 3/12: 1502–1510.

DeFrancesco L. (2004): The fanking of champions, *Nature Biotechnology* 22:1069–1071.

Dehoux J.P., Gianello P. (2009): Accommodation and antibodies, *Transplantation Immunology* 21(2): 106–110.

Delgado J. (1969): *Physical control of the mind: toward a psychocivilized society.* World Bank Publications.

DeMarse, T., Dockendorf, K. (2005): Adaptive flight control with living neuronal networks on microelectrode arrays, *Proceedings of the International Journal of Computation and Neural Networks* 3: 1548–1551.

Denner J., Schuurman H.J., Patience C. (2009): The International Xenotransplantation Association consensus statement on conditions for undertaking clinical trials of porcine islet products in type 1 diabetes – chapter 5: Strategies to prevent transmission of porcine endogenous retroviruses, *Xenotransplantation* 16(4): 239–48.

Denner J. (2008): Recombinant porcine endogenous retroviruses (PERV-A/C): a new risk for xenotransplantation?, *Archives in Virology* 153(8):1421–6.

Denning C., Burl S., Ainslie A. et al. (2001): Deletion of the alpha(1,3)galactosyl transferase (GGTA1) gene and the prion protein (PrP) gene in sheep, *Nature Biotechnology* 19: 559–562.

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) (2004): Tierversuche in der Forschung. Lemmens Verlag & Mediengesellschaft: Bonn.

Deutscher Bundestag (Wissenschaftlicher Dienst) (2008): *Mischwesen: Hybride, Cybrids und Chimäre, Aktueller Begriff,* http://www.bundestag.de/dokumente/analysen/2008/mischwesen.pdf (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Deutscher Ethikrat (2008): Wortprotokoll- Niederschrift über den öffentlichen Teil der Plenarsitzung des Deutschen Ethikrates am 26. Juni 2008, http://www.ethikrat.org/dateien/pdf/Wortprotokoll_2008-06-26_Website.pdf (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Devlin R.H. et al. (2009): Domestication and growth hormone transgenesis cause similar changes in gene expression in coho salmon (Oncorhynchus kisutch), *Protocols of the National Academy of Science USA* 106(9): 3047–3052.

Devlin R.H. et al. (1994) Extraordinary salmon growth, Nature 371:209-210.

Devolder K., Savulescu J. (2006) The Moral Imperative to Conduct Embryonic Stem Cell and Cloning Research, *Cambridge Quarterly of Health Care Ethics* 15, 1: 7–21.

DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft) (2006): Entwicklung der Gentherapie. Stellungnahme der Senatskommission für Grundsatzfragen der Genforschung. Mitteilung 5, Bonn.

Di Pino G., Seidl T., Benvenuto A. et al. (2009): Interfacing Insect Brain for Space Applications (Chapter 3), *International Review of Neurobiology* 86: 39–47.

Dimos J.T., Rodolfa K.T., Niakan K.K. et al. (2008): Induced Pluripotent Stem Cells Generated from Patients with ALS Can Be Differentiated into Motor Neurons, *Science* 321: 1218–1221.

Dittrich, L. (Hg.) (2007): *Zootierhaltung: Tiere in menschlicher Obhut*. 9. korr. Aufl., 1. Aufl. v. 1975 (Titel: Wildtiere in Menschenhand). Verlag Harri Deutsch: Frankfurt am Main.

Dixon D. P. (2008): The blade and the claw: science, art and the creation of the lab-monster, *Social & Cultural Geography* 9, 6: 671–692.

Dodman N. (1996): The dog who loved too much: Tales, Treatments and the Psychology of Dogs. Bantam Books: New York.

Dodman N. (1998): *Psychopharmacology of animal behaviour disorders*. Blackwell Publishing: Berlin.

Donner S. (2009): Aktueller Begriff: Klonierung von Nutztieren (Wissenschaftliche Dienste, Deutscher Bundestag, «Aktueller Begriff» Nr. 105/09, 26. November 2009; unter Mitarbeit von Todic, G.); http://www.bundestag.de/dokumente/analysen/2009/klonierung_von_nutztieren.pdf (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Donoghue J.P. (2002): Instant neural control of a movement signal, *Nature* 416: 141–142.

Donoghue, J.P., 2002: Connecting Cortex to Machines: Recent Advances in Brain Interfaces, *Nature Neuroscience* 5/11s: 1085–1088.

Donovan D.M. (2005): Engineering disease resistant cattle, *Transgenic Research* 14(5): 563–567.

Dorn G.W., Liggett S.B. (2009): Mechanisms of pharmacogenomic effects of genetic variation within the cardiac adrenergic network in heart failure, *Molecular Pharmacology* 76(3): 466–480.

Drobne D. (2007): Nanotoxicology for safe and sustainnable nanotechnology. *Ahr Hig Rada Toksikol* 58: 471–478, http://hrcak.srce.hr/file/27913 (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

DRV (Deutsche Reiterliche Vereinigung) (2010): *Was ist Doping?* Frequently asked questions (FAQ), http://www.pferd-aktuell.de/Doc-..72697/d.htm (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Dunham R.A. (2009): Transgenic fish resistant to infectious diseases, their risk and prevention of escape into the environment and future candidate genes for disease transgene manipulation, *Comparative immunology, microbiology and infectious diseases* 32(2):139–161.

Dupuy J.-P., Grinbaum A. (2004): Living with Uncertainty: Toward the Ongoing Normative Assessment of Nanotechnology, *Techné* 8/2, 2004, http://www.akademik.unsri.ac.id/download/journal/files/scholar/grinbaum.pdf (zuletzt aufgerufen 16/08/10).

Ebert A.D., Beres A.J., Barber A.E., Svendsen C.N. (2008): Human neural progenitor cells over-expressing IGF-1 protect dopamine neurons and restore function in a rat model of Parkinson's disease, *Experimental Neurology*: 213–223.

Ebert A.D., Yu J., Rose F.F. et al. (2009): Induced pluripotent stem cells from a spinal muscular atrophy patient, *Nature* 457: 277–280.

EFSA (European Food and Safety Authority) (2008): Food Safety, Animal Health and Welfare and Environmental Impact of Animals derived from Cloning by Somatic Cell Nucleus Transfer (SCNT) and their Offspring and Products Obtained from those Animals, Published: 24 July 2008, Adopted: 15 July 2008, http://www.efsa.europa.eu/en/scdocs/scdoc/767.htm (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

EFSA (European Food and Safety Authority) (2009): Further Advice on the Implications of Animal Cloning (SCNT), Published: 26 June 2009, Adopted: 23 June 2009, http://www.efsa.europa.eu/en/scdocs/scdoc/319r.htm (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

EGE (European Group on Ethics in Science and New Technologies) (2008): *Ethical aspects of animal cloning for food supply. Opinion no 23*, http://ec.europa.eu/european_group_ethics/activities/docs/opinion23_en.pdf (zuletzt aufgerufen 16/08/10).

EGE (2008): *Ethical aspects of animal cloning for food supply* (Opinion No. 23, 16 January 2008); http://ec.europa.eu/european_group_ethics/activities/docs/opinion23_en.pdf (zuletzt aufgerufen 16/08/10).

EKAH (Eidgenössische Ethikkommission für die Gentechnik im ausserhumanen Bereich) (1999): Stellungnahme zur Konkretisierung der Würde der Kreatur im Rahmen der geplanten Revision des Tierschutzgesetzes. Bern: EKAH http://www.ekah.admin.ch/fileadmin/ekah-dateien/dokumentation/stellungnahmen/d-Tierschutzgesetz-Wurde-Tiere-1999.pdf (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

EKAH (2001): Schutz intellektueller Leistungen im Bereich der Biotechnologie: Ethische Überlegungen zur «Patentierung» von Tieren und Pflanzen. Ein Diskussionsbeitrag. Bern: EKAH.

EKAH (2002): Stellungnahme zum Vernehmlassungsentwurf für das Patentgesetz vom April 2002. Bern: EKAH, http://www.ekah.admin.ch/de/themen/patente-auf-pflanzen-und-tieren/index.html (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

EKAH (2004): Stellungnahme zum 2. Vernehmlassungsentwurf für das Patentgesetz vom November 2004. Bern: EKAH, http://www.ekah.admin.ch/de/themen/patente-auf-pflanzen-und-tieren/index.html (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

EKAH/EKTV (EKAH und Eidgenössische Kommission für Tierversuche) (2001): Die Würde des Tieres – Eine gemeinsame Stellungnahme zur Konkretisierung der Würde der Kreatur beim Tier. Bern: EKAH, www.ekah.admin. ch/.../EKAH_Wuerde_des_Tieres_10.08_d_EV1.pdf (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Ekser B., Gridelli B., Tector A.J., Cooper DK. (2009): Pig liver xenotransplantation as a bridge to allotransplantation: which patients might benefit?, *Transplantation* 88(9): 1041–1049.

Elliott C. (1998): The Tyranny of Happiness. Ethics and cosmetic psychopharmacology. In: Parens E. (ed.): *Enhancing human traits. Ethical and social implications*. Washington D.C.: Georgetown University Press: 177–188.

Elliott C. (2003): Better than well. American medicine meets the American dream. W.W. Norton: New York.

Elliott S. (2008): Erythropoiesis-stimulating agents and other methods to enhance oxygen transport, *British Journal of Pharmacology* 154(3): 529–541.

Emborg M. (2007): Nonhuman Primate Models of Parkinson's Disease, *ILAR Journal* 48(4): 339–355.

Engel A.G., Sine S.M. (2005): Current understanding of congenital myasthenic syndromes, *Current Opinions in Pharmacology* 5, 308–321.

Engelhardt T. (1976): Ideology and Etiology, *The Journal of Medicine and Philosophy* 1: 256–268.

Engelhardt T. (1982): The Roles of Values in the Discovery of Ilnesses, Diseases, and Disorders. In: Beauchamp T., Walters L. (eds.) *Contemporary Issues in Bioethics*. Belmont: 73–75.

Englund U., Fricker-Gates RA., Lundberg C. et al. (2002): Transplantation of human neural progenitor cells into the neonatal rat brain: extensive migration and differentiation with long-distance axonal projections, *Experimental Neurology* 173(1):1–21.

Eriksen J.L., Janus C.G. (2007): Plaques, tangles, and memory loss in mouse models of neurodegeneration, *Behavioural Genetics* 37(1):79–100.

Ertl, V. (2005): Tragtiere im Einsatz. *Truppendienst* 287/5 (online ohne Seitenangaben); http://www.bmlv.gv.at/truppendienst/ausgaben/artikel.php?id=375 (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

ESF (European Science Foundation) (2004): Nanomedicine – An ESF – European Medical Research Councils (EMRC) Forward Look Report.

Strasbourg cedex, France.

Eskin B. (2001): Building the Bioluminescent Bunny, ARTnews 100/11: 118–119.

Esteban M.A., Peng M., Deli Z. et al. (2010): Porcine induced pluripotent stem cells may bridge the gap between mouse and human *iPS*, *IUBMB Life 62* (4): 277–282.

ETC Group (2004): *Down on the Farm*, www.etcgroup.org/documents/ETC_DOTFarm2004.pdf (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Europäische Kommission (2007): Empfehlung der Kommission vom 18. Juni 2007 mit Leitlinien für die Unterbringung und Pflege von Tieren, die für Versuche und andere wissenschaftliche Zwecke verwendet werden, *Arbeitsblatt der Europäische Union* 30.07.2007, http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:197:0001:0089:DE:PDF (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Falkner E., Schöffl H. et al. (1997): *Tierversuche: Gentechnologie und Ersatz-und Ergänzungsmethoden*. Bundesministerium für Gesundheit und Konsumentenschutz, Forschungsberichte Sektion III, 2: Wien.

FAO (2007): State of the World's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture, FAO, Rome, http://www.fao.org/docrep/010/a1250e/a1250e00.htm (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

FAO (Food and Agriculture Organization) (2006): *Livestock's long shadow – Environmental issues and options*, http://www.fao.org/docrep/010/a0701e/a0701e00.htm (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

FDA (Food and Drug Administration) (2008): *Animal cloning: A risk assess-ment* – Final, 1/08/2008, http://www.fda.gov/downloads/AnimalVeterinary/SafetyHealth/AnimalCloning/UCM124756.pdf (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Feddersen-Petersen D. (2004): *Hundepsychologie* 4. Aufl. Franckh-Kosmos Verlags-GMBH & Co. Stuttgart.

Feng Y., Xia H., Cai Y. et al. (2009): Brain-Selective Overexpression of Human Angiotensin-Converting Enzyme Type 2 Attenuates Neurogenic Hypertension, *Circulation Research* 106(2): 373–382.

Ferrari A. (2006): Genetically modified laboratory animals in the name of the 3Rs?, *ALTEX*, 23(4): 294–307.

Ferrari A. (2008): Genmaus & Co. Gentechnisch veränderte Tiere in der Biomedizin. Harald Fischer Verlag: Stuttgart.

Ferrari A. (2009a): Gentechnisch veränderte Tiere. Ein Sonderfall? Borchers D., Lüy J. (Hg.) *Der ethisch vertretbare Tierversuch*. Kriterien und Grenzen. Mentis Verlag: Paderborn: 265–295.

Ferrari A. (2009b): Philosophische Herausforderung: in-vitro Fleisch. In: Hoffstadt C., Peschke F., Schulz-Buchta A. (Hg.) . *Gastrosophical Turn. Essen zwischen Medizin und Öffentlichkeit*. Sammelband zum Symposium Medizin-Philosophie 2008, Band 7, Projekt Verlag, Bochum/Freiburg im Breisgau: 11–128.

Ferrari A. (2010): The Control Nano-Freak: multifaceted strategies for taming Nature. In: Kjolberg K., Wickson F. (2009) *Nano meets Macro – Social Perspectives on Nano-scaled Sciences & Technologies*, Pan Stanford: Singapur.

Fetzt E.E. (1969): Operating conditioning of cortical unit activity, *Science* 163: 955–958.

Fiedeler U. (2008): Stand der Technik neuronaler Implantate. Wissenschaftliche Berichte des Forschungszentrums Karlsruhe Nr. 7387. Karlsruhe.

Fink J.S., Schumacher J.M., Ellias S.L. et al. (2000): Porcine xenografts in Parkinson's disease and Huntington's disease patients: preliminary results, *Cell Transplantation* 9(2): 273–278.

FIP (Federation of International Polo) (2003): *Anti-Doping Rules*, http://www.fippolo.com/images/stories/fip/fip_anti-doping_rules.pdf (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Fishman J.A., Patience C. (2004): Xenotransplantation: infectious risk revisited, *American Journal of Transplantation* 4 (9): 1383–1390.

Folch J., Cocero M.J., Chesné P. et al. (2009) First birth of an animal from an extinct subspecies (Capra pyrenaica pyrenaica) by cloning, *Theriogenology* 71(6):1026–1034.

Forman P. (2007): The Primacy of Science in Modernity, of Technology in Postmodernity, and of Ideology in the *History of Technology*, History and Technology 23, 1/2: 1–152.

Fox M.A. (1990): Transgenic Animals: Ethical and Animal Welfare Concerns. In: Wheale P., McNally R. *The Bio-Revolution. Cornucopia or Pandora's Box?* London, Winchester Mass: Pluto Press, S. 31–45.

Fox News (2007): Japanese Scientists Create Fearless Mouse, 13 Dezember 2007, http://www.foxnews.com/story/0,2933,316676,00.html (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Freud S. (1989): Vorlesungen zur Einführung in die Psychoanalyse (Studienausgabe; zusammen mit der Neue Folge). In: Freud S. *Gesammelte Werke*, Frankfurt a. M.: Fischer (i. Orig. 1916/1917).

Fuentes R. et al. (2009): Spinal cord stimulation restores locomotion in animal models of Parkinson«s disease, *Science* 323 (5921):1578–1582.

Future Food (2008): *Kultiviertes Fleisch*, http://www.futurefood.org/in-vitro-meat/index_de.php (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Galert T. (2009): Wie mag Neuro-Enhancement Personen verändern? In: Schöne-Seifert B., Talbot D., Opolka U., Ach J. S. (Hg): *Neuro-Enhancement. Ethik vor neuen Herausforderungen*. Mentis: Paderborn: 159–188.

Galert T. et al. (2009): Das optimierte Gehirn, Gehirn und Geist 11/2009: 40-48.

Galli C., Lagutina I., Crotti G. et al. (2003): Pregnancy: a cloned horse born to its dam twin, *Nature* 424: 635.

Galli C., Lagutina I., Duchi G. et al. (2008): Somatic cell nuclear transfer in horses. *Reproduction of Domestic Animals* 43 Suppl 2: 331–337, http://www.istitutospallanzani.it/doc/350.pdf (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Galli C., Lagutina I., Lazzari G. (2003): Introduction to cloning by nuclear transplantation, *Cloning Stem Cells* 5(4):223–32.

Galus C. (2000) Les animaux fluorescents fascinent chercheurs, artistes et militaries, *Le Monde*, October 5, 2000: 1, 29, 40.

Gamborg C., Gunning J., Hartlev M. (2005): Das Klonen von Nutztieren – Der aktuelle Gesetzesrahmen. Ein Überblick über bestehende Gesetze und ihre Anwendung innerhalb und außerhalb der EU (Zusammenfassung). Danish Centre for Bioethics and Risk Assessment, Frederiksberg, http://www.sl.kvl.dk/cloninginpublic/index-filer/DerAktuelleGesetzrahmenZusammenfassung.pdf (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Gannon F., Powell R., Barry T. et al. (1990): Transgenic farm animals, *Journal of Biotechnology* 16 (3–4): 155–70.

Gerlinger K., Petermann T., Sauter A. (2008): *Gendoping: Wissenschaftliche Grundlagen – Einfallstore – Kontrolle* (Studien des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag 28) Sigma Verlag: Berlin.

Gethmann C.F. (2000): Ethische Probleme der Verteilungsgerechtigkeit beim Handeln unter Risiko. In: Gethmann-Siefert A., Gethmann C. F. (Hg.) *Philosophie und Technik*, Beck: München: 61–74.

Gethmann, C.F. (2004): Zur Amphibolie des Krankheitsbegriffs. In: A. Gethmann-Siefert/K. Gahl (Hg.): Wissen und Verantwortung. Bd. 2: Studien zur medizinischen Ethik, Freiburg: Alber.

Ghadami M., El-Demerdash E., Salama S.A. et al. (2010): Toward Gene Therapy of Premature Ovarian Failure: Intraovarian Injection of Adenovirus Expressing Human FSH receptor Restores Folliculogenesis in FSHR (-/-) FORKO Mice, *Molecular Human Reproduction* 16(4):241–250.

Gianello P., Dufrane D. (2007): Correction of a diabetes mellitus type 1 on primate with encapsulated islet of pig pancreatic transplant, *Bull Mem Acad R Med Belg* 162(10–12):439–449.

Gigliotti C. (2005): Leonardo's Choice: The Ethics of Artists Working with Genetic Technologies, Artificial Intelligence & Society, wiederveröffentlicht in Gigliotti C. (2009) (Hg.) *Leonardo's Choice: Genetic Technologies and Animals*, Springer: Berlin, New York.

Goetschel A. (2002): Bundesgesetz über die Erfindungspatente (Patentgesetz, PatG)., Vernehmlassung zum Vorentwurf 2002. Bericht der Stiftung für das Tier im Recht, Bern, 30. April 2002, http://www.tierimrecht.org/de/PDF_Files_gesammelt/patentgesetz_vl.pdf (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Goldberg M., Langer R., Xinqiao J. (2007): Nanostructured materials for applications in drug delivery and tissue engineering, *Journal of Biomaterials Science*, *Polymer Edition* 18(3): 241–68.

Golovan S.P., Meidinger R.G, Ajakaiye A. e al. (2001): Pigs expressing salivary phytase produce low-phosphorus manure, *Nature Biotechnology* 19: 741–745.

Gómez M.C., Pope C.E., Ricks D.M. et al. (2009): Cloning endangered felids using heterospecific donor oocytes and interspecies embryo transfer, *Reproduction Fertility Development* 21(1): 76–82.

Gordon J.W. (1997): Transgenic technology as an alternative to animal experimentation. In: Van Zutphen L. F. M, Balls M. *Animal Alternatives, Welfare and Ethics*. Elsevier Science: Amsterdam: 95–112.

Grant S.G., O'Dell T.J., Karl K.A. et al. (1992): Impaired long-term potentiation, spatial learning, and hippocampal development in fyn mutant mice, *Science* 258: 1903–1910.

GRD (Gesellschaft zur Rettung der Delfine) (2009): Delfin-Massengrab Nürnberger Delfinarium Meldungen zum Nürnberger Delphinarium zwischen Juni 2006 und Juli 2007, Homepage der GRD, http://www.delphinschutz.org/wissen/delfinarien/delfinarium-nuernberg.html (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Greek C.R., Greek J.S. (2002): Specious Science. How Genetics and Evolution Reveal Why Medical Research on Animals Harms Humans.

Continuum: New York, London.

Greely H.T. et al. (2007): Thinking About the Human Neuron Mouse, *American Journal of Bioethics* 7(5): 27–40.

Greely H.T., Cho M., Hogle L.F. et al. (2007): Thinking About the Human Neuron Mouse, *American Journal of Bioethics* 7(5): 27–40.

Greenpeace (2007): Das Tierzucht-Monopoly: Patente auf Kuh, Schwein, Milch und Schnitzel? Greenpeace-Recherche zu aktuellen Patentanträgen am Europäischen Patentamt, http://www.greenpeace.de/fileadmin/gpd/user_upload/themen/patente_auf_leben/Report_Tier-Patente_FINAL.pdf (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Greenpeace (2009): *Patente auf Schweinezucht*, http://www.greenpeace.de/fileadmin/gpd/user_upload/themen/patente_auf_leben/FS_Patent_auf_Schweinezucht_04_2009.pdf (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Grisolia A.B., D«Angelo GT., Porto Neto LR. et al. (2009): Myostatin (GDF8) single nucleotide polymorphisms in Nellore cattle, *Genetics and molecular research* 8(3): 822–830.

Grosvenor C.E., Picciano MF., Baumrucker CR. (1993): Hormones and growth factors in milk, *Endocrinology Review* 14: 710–728.

Gruber F.P., Hartung T. (2004): Alternatives to animal experimentation in basic research, *ALTEX*: Supplement 04/1.

Gruber F.P., Spielmann H. (Hg.): Alternativen zu Tierexperimenten. Wissenschaftliche Herausforderung und Perspektiven.
Spektrum Akademischer Verlag: Berlin, Heidelberg, Oxford.

Grunwald A. (2002): Technikfolgenabschätzung – Eine Einführung. Berlin.

Grunwald A. (2008): Auf dem Weg in eine nanotechnologische Zukunft: Philosophisch-ethische Fragen. Karl Alber: Freiburg.

Grunwald A., Julliard Y. (2007): Nanotechnology – Steps Towards Understanding Human Beings as Technology? *Nanoethics* 1: 77–87.

Gura S. (2007): Livestock Genetics Companies. Concentration and proprietary strategies of an emerging power in the global food economy, report by the League for Pastoral Peoples and Endogenous Livestock Development supported by Greenpeace Germany, 2nd updated version, http://www.pastoralpeoples.org/docs/livestock_genetics_en.pdf (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Hamm M. (2009): Schöner wohnen für Labortiere, *Die Zeit*, 12 November 2009: 39.

Hancocks D. (2001): A Different Nature: The Paradoxical World of Zoos and Their Uncertain Future. University of California Press: University of California.

Hannah J. et al. (2007): Treatment of sickle cell anemia mouse model with iPS cells generated from autologous skin, *Science* 318(5858): 1920–1923.

Haraway D. (1997): FemaleMan Meets OncoMouse: Feminism and Technoscience. Routledge Chapman & Hall: New York.

Harris, J. (2007): *Enhancing evolution?* The ethical case for making better people. Princeton University Press: Princeton.

Harsion D.E., Strong R., Sharp Z.D. et al. (2009): Rapamycin fed late in life extends lifespan in genetically heterogeneous mice, *Nature* 460(7253): 392–395.

Hartung T. (2001): The Three Rs Potential in the Development and Quality Control of Pharmaceuticals, *ALTEX* 18: Suppl. 1/01: 3–11

Hartwell S. 2004) COSMETIC SURGERY FOR CATS – A WARNING FOR THE CAT FANCY http://www.messybeast.com/cosmetic.htm (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Hatsopoulos N.G., Donoghue J.P. (2009): The science of neural interface systems, *Annual Review of Neurosciences* 32: 249–266.

Held R. (2001): *Gene(sis): a contemporary art exhibition for the genomic age*, Gene(sis): Contemporary art explores Human Genomics, www.americansforthearts.org/.../pdf/labs/henry_art_gallery_case_study.pdf (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Hering B.J., Wijkstrom M., Graham M.L. et al. (2003): Prolonged diabetes reversal after intraportal xenotransplantation of wild-type porcine islets in immunosuppressed nonhuman primates, *Nature Medicine* 12 (3): 301–303.

Herrmann K., Ratsch H. (2010): Bessere Haltungsbedingungen für Labortiere. Überwachung von Versuchstierhaltungen – die Frage des Enrichments, *Deutsches Tierärzteblatt* 4/2010: 492-499.

Highfield R. (2008): Cloning Alternative may help save white rhino, Telegraph, 18 April 2008, http://www.geneticsandsociety.org/article.php?id=4047 (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Hims M., Shetty R.S., Pickel J. et al. (2007): A humanized *IKBKAP* transgenic mouse models a tissue specific human splicing defect, Genomics 90(3): 389–396.

Hinrichs K. (2005): Update on equine ICSI and cloning, *Theriogenology* 64: 535–541.

Hinrichs K., Choi Y.H., Love C.C. et al. (2006): Production of horse foals via direct injection of roscovitine-treated donor cells and activation by injection of sperm extract, *Reproduction* 131: 1063–1072.

Hirsch L.R., Halas N.J., West J.L. (2003): Whole blood immunoassay using gold nanoshells, *Analytical Chemistry* 75: 2377–2381.

Hirsch L.R., Stafford R.J., Bankson J. A. et al. (2003): Nanoshell-mediated near-infrared thermal therapy of tumors under magnetic resonance guidance, *Protocols of the National Academy of Science USA* 100 (23): 13549–13554.

Hirschfeld J. Weiß, J. Preidl, M., Korbun, T. (2008): *Klimawirkungen der Landwirtschaft in Deutschland*. Schriftenreihe IÖW (Institut für ökologische Wirtschaftsforschung) 186/08, Berlin, http://www.ioew.de/publikation_single/Klimawirkungen_der_Landwirtschaft_in_Deutschland-1/ (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Hirt A., Maisack C., Moritz J. (2007): *Tierschutzgesetz. 2. Kommentar.* Vahlen: München.

Hoagh H. (2003): Remote control, Nature 423: 796-798.

Höffe O. et al. (Hg.) (2002): Gentechnik und Menschenwürde: an den Grenzen von Ethik und Recht. DuMont: Köln.

Holland A. (1995): Artificial Lives: Philosophical Dimensions of Farm Animal Biotechnology, In: Mepham T.B. et al. (Hg.) *Issues in Agricultural Bioethics*, Nottingham University Press: Nottingham: 293–305.

Hollis D. Chapman R.E., Panaretto B.A., Moore G.P. (1983): Morphological changes in the skin and wool fibres of Merino sheep infused with mouse epidermal growth factor, *Australian Journal of Biological Sciences* 36: 419–434.

Holloway G.P. et al. (2008): Contribution of FAT/CD36 to the regulation of skeletal muscle fatty acid oxidation: an overview, *Acta Physiologica* 194(4): 293–309.

Holtug N. (1996): Is Welfare all that matters in our moral obligations to animals?, *Acta Agriculturae Scandinavica Sect. A, Animal Science Supplement* 27: 16–21.

Home Office (2003) Statistics of Scientific Procedures on Living Animals. Great Britain, 2002.

Hopgood (2005): A face-lift for a dog? Brazilian vet does it all, *Settle pi nation world*, 17 march 2005, http://www.seattlepi.com/national/216274_dogfacelift17. html (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Hopkins P., Dacey A. (2008): Vegetarian Meat: Could Technology Save Animals and Satisfy Meat Eaters? In: *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 21: 579–596, http://www.new-harvest.org/img/files/hopkins_2009_jaee_21_579.pdf (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Horgan J. (2005): *The Forgotten Era of Brain Chips*, copyright of Scientific American http://www.wireheading.com/delgado/brainchips.pdf (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Hornberg-Schwetzel S. (2008): Therapie und Enhancement. Der Versuch einer wertvollen Unterscheidung, *Jahrbuch für Wissenschaft und Ethik* 2008. Bonn: Institut für Wissenschaft und Ethik: 207–221.

Houdebine L.M. (2009): Production of pharmaceutical proteins by transgenic animals, *Microbiological Infection Diseases* 32(2): 107–121.

Huang Q. et al. (2010): Wild Type p53 Gene Sensitizes Rat C6 Glioma Cells to HSV-TK/ACV Treatment In Vitro and In Vivo, *Pathology and Oncology Research*: 2010 Jan 19. (Epub ahead of print).

Hucho F., Brockhoff K., van den Daele W. et al. (2005): *Gentechnologiebericht*. *Analyse einer Hochtechnologie in Deutschland*. Elsevier: München.

Human Fertilisation and Embryology Authority (HFEA) (2008) *Hybrids and Chimeras*. Consultation document, http://www.hfea.gov.uk/docs/Hybrids_Chimera_review.pdf (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Hüsing B., Engels E.-M., Gaisser S., Zimmer R. (2001): *Technologiefolgen-Abschätzung «Zelluläre Xenotransplantation»* (Abschlussbericht für den Schweizerischen Wissenschafts- und Technologierat, Zentrum für Technologiefolgen-Abschätzung). Karlsruhe; http://www.ta-swiss.ch/a/biot_zell/2001_39_xenotransplantation_d.pdf (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Hyun I., Taylor P., Testa G. et al. (2007). Ethical Standards for Human-to-Animal Chimera Experiments in Stem Cell Research, *Cell Stem Cell* 1: 159-163, http://download.cell.com/cell-stem-cell/pdf/PIIS193459090700080X.pdf?intermediate=true (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

IBSA (International Blind Sport Federation) (2010): *IBSA ANTI-DOPING CODE*, www.ibsa.es/docinteres/DOCUMENTO/IBSA%20Anti-Doping%20 Code.doc (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Idel A. (2007): Die Agrobiodiversität nimmt ab – Konsequenzen für die Verfügbarkeit tiergenetischer Ressourcen, Tierzucht für den Ökologischen Landbau. Anforderungen, Ergebnisse, Perspektiven, Dokumentation der Tagung des Netzwerks Ökologische Tierzucht am 7. und 8. März 2007 in Kassel, Zukunftsstiftung Landwirtschaft, Bochum: 10–13, http://orgprints.org/15131/1/reuteretal-2007-Tagungsband_Tierzucht_Kassel.pdf (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Illmensee, K., Levanduski M., Zavos P. M. (2006): Evaluation of the embryonic preimplantation potential of human adult somatic cells via an embryo interspecies bioassay using bovine oocytes, *Fertility and Sterility* 85, Suppl. 1: 1248–1260, http://www.zavos.org/FS_Interspecies2006.pdf (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

In-Hyun Park, Zhao R., West J.A. et al. (2008): Reprogramming of human somatic cells to pluripotency with defined factors, *Nature* 451: 141–146.

Ingensiep, H.W., Baranzke H. (2008): Das Tier. Reclam, Stuttgart.

Irrgang B. (1997): Forschungsethik, Gentechnik und neue Biotechnologie. Hirzel: Stuttgart.

Jaenichen H.-R. (1997): The European Patent Office's Case Law on the Patentability of Biotechnology Inventions. 2. Aufl., Heymanns: Köln.

Jang G. et al. (2007): Birth of viable female dogs produced by somatic cell nuclear transfer, *Theriogenology* 67: 941–947.

Jonas H. (1997): Das Prinzip Leben: Ansätze zu einer philosophischen Biologie. (orig. Aus. 1984) Suhrkamp Taschenbuch Verlag: Stuttgart.

Jotterand, F. (2008): Beyond Therapy and Enhancement: The Alteration of Human Nature. Nanoethics 2: 15–23.

Ju J.Y., Park C.Y., Gupta M. K. et al. (2008): Establishment of stem cell lines from nuclear transferred and parthenogenetically activated mouse oocytes for therapeutic cloning, *Fertility and Sterility* 89(5 Suppl): 1314–23.

Juengst E.T. (2009): Was bedeutet Enhancement? In: Schöne-Seifert, Bettina, Talbot, Davinia (Hg.): *Enhancement – Die ethische Debatte*. Mentis: Paderborn. 25–45.

Kaas J.K. (2007): The Use of Animal Research in Developing Treatments for Human Motor Disorders: Brain-Computer Interfaces and the Regeneration of Damaged Brain Circuits, *ILAR Journal* 48(4), http://dels.nas.edu/ilar_n/ilar-journal/48_4/html/v4804Kaas.shtml (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Kac E. (1998): Transgenic art. *Leonardo Electronic Almanac*, 6, 11, December 1998, http://www.ekac.org/transgenic.html (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Kac E. (2002): GFP Bunny, *Kunstforum* 158, January/February 2002, http://www.ekac.org/gfpbunnykunstf.html (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Kagan V.E., Bayir H., Shvedova A.A. (2005): Nanomedicine and nanotoxicology: two sides of the same coin, *Nanomedicine* 1(4): 313–316.

Kalaska J.F. (2008): Neuroscience: Brain control of a helping hand, *Nature* 453, 994–995.

Kallings P. (2009): *Medication and doping regulations for sport horses in Euro*pe, presentation at the Future Horse Industry in Rural Areas and Society 29–30 October 2009, Uppsala, Sweden, http://www.equus2009.eu/presentations/ Peter%20Kallings_EU%20legislation%20from%20a%20sport%20and%20 breeding%20perspective.pdf (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Kambadur R., Sharma M., Smith T.P., Bass J.J. (1997): Mutations in myostatin (GDF8) in Double-Muscled Belgian Blue and Piedmontese Cattle, *Genome Research* 7: 910–915.

Karafyllis N. (2006): Biofakte. Versuch über den Menschen zwischen Artefakt und Lebewesen. Mentis: Paderborn.

Karatza C.N. et al. (1999): Production of recombinant spider silk (BiosteelTM) in the milk of transgenic animals, *Transgenic Research* 7: 476–477.

Karpowicz, P. et al. (2005): Developing human-nonhuman chimeras in human stem cell research: ethical issues and boundaries, Kennedy Institute of Ethics Journal 15: 107–134.

Käsmayr R., Wirwahn A. (2008): *Zucht Special 2008: Aus dem Ei gepellt*, http://www.wittelsbuerger.de/wissen/2008/aus_dem_ei_gepellt.htm (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Katz O., Stuible M, Golishevski N. et al. (2010): Erythropoietin treatment leads to reduced blood glucose levels and body mass: Insights from murine models, *Journal of Endocrinology* 205(1): 87–95.

Kazuki Y., Schulz T., Shinoara T. et al. (2003): A new mouse model for Down syndrome, *Journal of Neural Transmission Supplement* (67): 1–20.

Keely G. (2008): Bulls to be dope-tested. *The Guardian* 22 April 2008, http://www.guardian.co.uk/world/2008/apr/22/spain.animalwelfare (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Kida S. et al. (2002): CREB required for the stability of new and reactivated fear memories, *Nature Neuroscience* 5: 348–355.

Kim K., Ng K., Rugg-Gunn P.J. et al. (2007): Recombination Signatures Distinguish Embryonic Stem Cells Derived by Parthenogenesis and Somatic Cell Nuclear Transfer, *Cell Stem Cell* 1, 3: 346–352.

Kingston S. (2004): *Brazilian dogs go under the knife, BBC News*, 16 August 2004, http://news.bbc.co.uk/2/hi/americas/3923099.stm (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Kishigami S., Wakayama S, van Thuan N., Wakayama T. (2006): Cloned mice and embryonic stem cell establishment from adult somatic cells, *Human cell:* official journal of Human Cell Research Society 19(1): 2–10.

Kishimoto J. et al. (2000): In vivo detection of human vascular endothelial growth factor promoter activity in transgenic mouse skin, *American Journal of Pathology* 157(1): 103–10.

Kleim J.A. (2007): Rat Models of Upper Extremity Impairment in Stroke, *ILAR Journal* 48(4): 374–384.

Kobayawa K., Kobayakawa R., Matsumoto H. et al. (2007): Innate versus learned odour processing in the mouse olfactory bulb, *Nature* 450(7169): 503–508.

Koch, C. (2004): The Quest for Counsciousness. A neurobiological approach. Englewood Colorado.

Koch, C., Crick F. (2001): The zombie within, Nature 411, 21: 893.

Kolb A.F. (2002): Engineering immunity in the mammary gland, *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia* 7(2): 123–134.

Kraft J.C. et al. (2009): In vivo dopamine release and uptake impairments in rats treated with 3-nitropropionic acid, *Neuroscience*. 161(3): 940–949.

Krämer F. (2009): Neuro-Enhancement von Emotionen. Zum Begriff emotionaler Authentizität. In: Schöne-Seifert B., Talbot D., Opolka U., Ach J. S. (Hg): *Neuro-Enhancement. Ethik vor neuen Herausforderungen*. Mentis: Paderborn: 189–217.

Kramer P.D. (1997): Listening to Prozac. Penguin Books: New York.

Krebsbach, G. (1994): *Patentschutz in der Gentechnologie*. Springer-Verlag: Wien.

Kushner S. A., Elgersma Y, Murphy GG. et al. (2005): Modulation of presynaptic plasticity and learning by the H-ras/extracellular signal-regulated kinase/synapsin I signaling pathway, *Journal of Neuroscience* 25: 9721–9734.

Kuwaki K., Tseng YL, Dor FJ. et al. (2005): Heart transplantation in baboons using 1,3-galactosyltransferase gene-knockout pigs as donors: initial experience, *Nature Medicine* 11 (1): 29–31.

Labarca C., Schwarz J., Deshpande P. et al. (2001): Point mutant mice with hypersensitive alpha 4 nicotinic receptors show dopaminergic deficits and increased anxiety, *Protocols of the National Academy of Science USA* 98: 2786–2791.

Lacroix-Fralish M.L., Ledoux JB., Mogil J.S. (2007): The Pain Genes Database: An interactive web browser of pain-related transgenic knockout studies, *Pain* 131(1–2): 3.e1–4.

LaFollette H., Shanks N. (1995): Utilizing Animals, *Journal of Applied Philosophy*, 12, 1: 13–25

Lagutina I., Lazzari G., Duchi R. et al. (2005): Somatic cell nuclear transfer in horses: effect of oocyte morphology, embryo reconstruction method and donor cell type, *Reproduction*. 130(4): 559–67.

Lai L., Kang JX., Li R. et al. (2006): Generation of cloned transgenic pigs rich in omega-3 fatty acids, *Nature Biotechnology* 24: 435–436.

Laible G., Alonso-González L. (2009): Gene targeting from laboratory to livestock: Current status and emerging concepts, *Biotechnology Journal* 4, 9: 1278–1292.

Laible G. (2009): Enhancing livestock through genetic engineering – recent advances and future prospects, *Comparative immunology, microbiology and infectious diseases* 32(2): 123–37.

Landsberg G. (2005): Therapeutic agents for the treatment of cognitive dysfunction syndrome in senior dogs, *Progress in neuro-psychopharmacology & biological psychiatry* 29(3):471–9.

Landsberg G. (2006): Therapeutic options for cognitive decline in senior pets, *Journal of the American Animal Hospital Association* 42(6): 407–413.

Langton J. (2005): Scientists to make «Stuart Little» mouse with the brain of a human. *Telegraph* 6 March 2005, http://www.telegraph.co.uk/science/science-news/3340185/Scientists-to-make-Stuart-Little-mouse-with-the-brain-of-a-human.html (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Lanone S., Boczkowski J. (2006): Biomedical applications and potential health risks of nanomaterials: molecular mechanisms, *Current Molecular Medicine* 6(6): 651–63.

Lanzerath D. (2008): Die neuere Philosophie der Gesundheit. Von der Normativität des Krankheitsbegriffs zur Medikalisierung der Gesellschaft. In: Schäfer D. et al. *Gesundheitskonzepte im Wandel. Geschichte, Ethik und Gesellschaft.* Stuttgart: Franz Steiner Verlag: 203–214.

Lariviere W.R., Chesler E.J., Mogil J.S. (2001): Transgenic studies of pain and analgesia: mutation or background genotype?, *The Journal of pharmacology and experimental therapeutics* 297(2): 467–473.

Latour B. (1989): Science in Action: How to follow scientists and engineers through society. Cambridge: Harvard University Press, Cambridge.

Latour B. (1995) Wir sind nie modern gewesen: Versuch einer symmetrischen Anthropologie. Akademie Verlag: Berlin.

Lazaris A., Arcidiacono S., Huang Y. et al. (2002): Spider Silk Fibers Spun from Soluble Recombinant Silk Produced in Mammalian Cell, *Science* 18 295: 472–476.

Le Bas-Bernardet S., Anegon I., Blancho G. (2008): Progress and prospects: genetic engineering in xenotransplantation, *Gene Therapy* 15(18): 1247–56.

Le Ker H. (2008): Gendoping. Die Erbgutschleicher kommen, *Spiegel Online* 04.08.2008, http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/0,1518,569346,00.html (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Lebedev M.A., Nicolelis M.A. (2006): Brain-machine interfaces: past, present and future, *Trends in Neuroscience* 29(9): 536–546.

Lee B. et al. (2005): Dogs cloned from adult somatic cells, *Nature* 436: 641.

Lee Y.S., Silva A.J. (2009) The molecular and cellular biology of enhanced cognition, *Nature Revue of Neuroscience* 10(2):126–40.

Lehrer J. (2009): Neuroscience: Small, furry ... and smart, *Nature* 461(7266): 862–864.

Lenk C. (2002): *Therapie und Enhancement*. Ziele und Grenzen der modernen Medizin. Lit Verlag: Münster.

Leo S. et al. (2008): Differences in nociceptive behavioral performance between C57BL/6J, 129S6/SvEv, B6 129 F1 and NMRI mice, *Behavioural Brain Research* 190(2): 233–242.

Leroy M., Pire G., Baise E., Desmecht D. (2006): Expression of the interferonalpha/beta-inducible bovine Mx1 dynamin interferes with replication of rabies virus, *Neurobiological Discovery* 21: 515–521.

Liang X.J., Chen C., Zhao Y. et al. (2008): Biopharmaceutics and therapeutic potential of engineered nanomaterials, *Current Drug Metabolism* 9(8): 697–709.

Liggett S.B. (2004): Genetically modified mouse models for pharmacogenomic research, *Nature Review Genetics 5*, September 2004: 657–662.

Lindpaintner K. (2002): *Pharmakogenomik: Paradigmenwechsel in der Therapie?* Verein «Forschung fur Leben» November 2002, Nr. 63, http://www.forschung-leben.ch/download/BioFokus63_lang.pdf (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Loi P., Galli C., Ptak G. (2007): Cloning of endangered mammalian species: any progress?, *Trends in Biotechnology* 25(5): 195–200.

London B.M., Jordan L.R, Jackson C.R., Miller L.E. (2008): Electrical stimulation of the proprioceptive cortex (area 3a) used to instruct a behaving monkey, *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Engineering* 16(1): 32–36.

Long, K.D., Kennedy G., Balaban E. (2001): Transferring an inborn auditory perceptual predisposition with interspecies brain transplants, *Protocols of the National Academy of Science USA* 98: 5862–5867.

LTC (2009a): DIABECELL®. Life-changing cellular therapy for Type 1 diabetes, http://www.lctglobal.com/lct-diabecell-diabetes-treatment. php#clinicalTrials (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

LTC (2009b): Company annoucement: Living Cell Technologies updates progress with diabetes clinical trials, 27 Oktober 2009, http://www.lctglobal.com/downloads/cms_latest_news/2009-10-26-Announcement%20Clinical%20Update%20for%2027Oct09.pdf (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Lu L.J., Sun J.B., Liu Z.G. et al. (2009): Immune responses following mouse peripheral nerve xenotransplantation in rats, *Journal of Biomedical Biotechnology* 2009: 412598, http://www.hindawi.com/journals/jbb/2009/412598.html (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Lu P., Jones L.L., Snyder E.Y., Tuszynski M.H. (2003): Neural stem cells constitutively secrete neurotrophic factors and promote extensive host axonal growth after spinal cord injury, *Experimental Neurology* 181(2): 115–129.

Luo D. (2003): DNA drug delivery. In: Ders. (Hg.): Yearbook of science and technology. McGraw-Hill: New York: 93–95.

Macer D. (1989): Uncertainties about «painless» animals, *Bioethics* 3/3: 226–235.

Macer D. (1990): Shaping Genes, Ethics, Laws and Science of Using New Genetic Technology in Medicine and Agriculture. Eubios Ethics Institute, Christchurch.

Maehle A.-H. (1992) Kritik und Verteidigung des Tierversuchs. Die Anfänge der Diskussion im 17. und 18. Jahrhundert. Franz Steiner Verlag: Stuttgart. Maga E.A., Shoemaker CF., Rowe JD. et al. (2006): Production and processing of milk from transgenic goats expressing human lysozyme in the mammary gland, Journal of Dairy Science 89: 518–524.

Maga E.A., Walker R.L., Anderson G.B., Murray J.D. (2006): Consumption of milk from transgenic goats expressing human lysozyme in the mammary gland results in the modulation of intestinal microflora, *Transgenic Research* 15: 515–519.

Malleret G., Haditsch U., Genoux D. et al. (2001): Inducible and reversible enhancement of learning, memory, and long-term potentiation by genetic inhibition of calcineurin, *Cell* 104: 675–686.

Mamiya T., Yamada K., Miyamoto Y. et al. (2003): Neuronal mechanism of nociceptin-induced modulation of learning and memory: involvement of N-methyl-D-aspartate receptors, *Molecular Psychiatry* 8(8): 752–65.

Margolis J. (1981): The Concept of Disease. In: Caplan A. (ed.): *Concepts of Health and Disease: Interdisciplinary Perspectives*. Reading: 561–577.

Marino, L., Lilienfeldt, S.O. (2007). Dolphin Assisted Therapy: More Flawed Data and More Flawed Conclusions, *Anthrozoös* 20(3): 239–249.

Marrani D. (2009): Nanotechnology Patents: Is there a Need for Special Rules? *Notizie di Politeia* XXV, 94: 94–104.

Marshall J. (2008): The cyborg animal spies hatching in the lab, *New Scientists*, 6 march 2008, http://www.newscientist.com/article/mg19726461.800-the-cyborg-animal-spies-hatching-in-the-lab.html (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Marvizón J.C., Chen W., Murphy N. (2009): Enkephalins, dynorphins, and beta-endorphin in the rat dorsal horn: an immunofluorescence colocalization study, *Journal of Computational Neurology* 517(1): 51–68.

Marx-Stölting L. (2007): Pharmakogenetik und Pharmakogentests: Biologische, wissenschaftstheoretische und ethische Aspekte des Umgangs mit genetischer Variation. Lit Verlag: Münster.

Mastrogiacomo G.F., King W.A. (2007): Cloning in companion animal, non-domestic and endangered species: can technology become a practical reality?, Reproduction, *Fertility and Development* 19: 748–761.

Mayford M., Kandel E.R. (1999): Genetic approaches to memory storage, *Trends in Genetics* 15: 463–470.

McConkey E.H., Varki A. (2005): Thoughts on the future of great ape research, *Science* 309: 1499–1501.

McCreath, K.J., Howcroft, J., Campbell, K.H., Colman, A. et al. (2000): Production of gene-targeted sheep by nuclear transfer from cultured somatic cells, *Nature* 405: 1066–1069.

McGourthy C. (2004): Expert fights horse cloning ban, BBC News, 5 May 2004.

McKie R. (2003): «Fluorescent fish» give the green light to GM pets, *The Guardian*, 15 June 2003, http://www.guardian.co.uk/uk/2003/jun/15/science.highereducation1 (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

McPherron A.C., Lawler A.M., Lee S.J. (1997): Regulation of skeletal muscle mass in mice by a new TGF-beta superfamily member, *Nature* 387: 83–90.

McPherron A., Lee S.-J. (1997): Double muscling in cattle due to mutations in the myostatin-gene, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 94, 23: 12457–12461.

Mecklenburg L., Tychsen .B, Paus R. (2005): Learning from nudity: lessons from the nude phenotype, *Experimental Dermatology* 14(11): 797–810.

Medina C., Santos-Martinez MJ., Radomski A. et al. (2007): Nanoparticles: pharmacological and toxicological significance, *British Journal of Pharmacology* 50(5):552–558.

Mehlmann W. (2003): Wondergenes. Genetic enhancement and the future of society. Indiana University Press: Bloomington.

Menschen für Tierrechte (2010a): *Stand der Dinge: Zirkus* http://www.tierrechte.de/p20004000x1002x1.html (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Menschen für Tierrechte (2010b): *Kampagne: Zirkus ohne Tiere*, http://www.zirkus-ohne-tiere.de/background.html?PHPSESSID=577134475d8dc71129a78 ebf7d05fa78 (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Menschen für Tierrechte (2010c): *Der Mythos von «Zauber der Manege»*, http://www.tierrechte.de/p200040007000x1006.htm (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Midgley M. (1998): *Animals and why they matter*. University of Georgia Press: University of Georgia.

Midgley M. (2000): Biotechnology and Monstrosity: Why We Should Pay Attention to the "Yuk Factor", *The Hastings Center Report* 30, 15: 7–15.

Miller H.I. (2007): Food from cloned animals is part of our brave old world, *Trends in Biotechnology* 25(5): 201–3.

Miller P., Wilsdon J. (2006): The man who wants to live forewer. In: Miller P. Wilsdon J. *Better humans? The politics of enhancement and life extension*. DEMOS, London: 51–58.

Miller W. et al. (2008): Sequencing the nuclear genome of the extinct wooly mammoth, *Nature* 456: 387–390.

Minger S. (2007): Interspecies SCNT-derived human embryos – a new way forward for regenerative medicine, *Regenerative Medicine* 2, 2: 103–110.

Mittelstraß J. (1974): Die Möglichkeit von Wissenschaft. Suhrkamp: Frankfurt a.M.

Modric T., Mergia A. (2009): The use of viral vectors in introducing genes into agricultural animal species, *Animal Biotechnology* 20(4): 216–30.

Mogil J.S., Yu L., Basbaum A.I. (2000): Pain genes? Natural variation and transgenic mutants, *Annual Review of Neuroscience* 23: 777–811.

Morein B., Hu KF, Abusugra I. (2004): Current status and application of ISCOMs in veterinary medicine, *Advanced Drug Delivery Reviews* 56(10): 1367–1382.

Moritz, C.T., Perlmutter SI, Fetz EE. (2008): Direct Control of Paralysed Muscles by Cortical Neurons, *Nature* 456/7222: 639–642.

Mueller M., Brenig B., Winnacker EL, Brem G. (1992): Transgenic pigs carry cDNA copies encoding the murine Mx1 protein which confers resistance to influence virus infection, *Gene* 121: 263–270.

Müller M. et al. (2008): Nanotoxikologie, *Zentralblatt Arbeitsmedizin* 58: 238–252, http://www.uniklinikum-saarland.de/.../Arbeitsmedizin/Nanotoxikologie/%20Nanotoxikologie.pdf (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Müller O. (2008): Der Mensch zwischen Selbstgestaltung und Selbstentscheidung. Zu den Möglichkeiten und Grenzen anthropologischer Argumente in der Debatte um Neuroenhancement. In: Clausen J., Müller O., Maio G. (Hg.): Die «Natur des Menschen» in Neurowissenschaft und Neuroethik. Würzburg: Königshausen & Neumann: 185–209.

Musaro A.K., McCullagh A., Paul L. et al. (2001): Localized Igf-1 transgene expression sustains hypertrophy and regeneration in senescent skeletal muscle, *Nature Genetics* 27: 195–200.

Nagasako E.M., Oaklander A.L., Dworkin R.H. (2003): Congenital insensitivity to pain: an update, *Pain* 101: 213–219.

Nakayama M. (2009): Cell Therapy Using Induced Pluripotent Stem (iPS) Cells Meets Next-Next Generation DNA Sequencing Technology, *Current Genomics* 10(5): 303–305.

Nakayama M. (2010): Homologous recombination in human iPS and ES cells for use in gene correction therapy, *Drug Discovery Today* 15(5–6): 198–202.

Nam Y.K., Noh J.K., Cho Y.S. et al. (2001) Dramatically accelerated growth and extraordinary gigantism of transgenic mud loach Misgurnus mizolepis, *Transgenic Research* 10: 353–362.

Nanoforum (2006): Nanotechnology in Agriculture and Food, http://www.nanoforum.org/dateien/temp/nanotechnology%20in%20agriculture%20and%20 food.pdf (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Narducci D. (2007): An introduction to nanotechnologies: what's in for us?, *Veterinary research communication* Suppl. 1: 131–137.

National Academy of Science (2002): Scientific and Medical Aspects of Human Reproductive Cloning. The National Academy of Science: Washington.

National Science and Technology Council (1999): *Shaping the World Atom by Atom*, http://itri.loyola.edu/nano/IWGN.Public.Brochure (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Neumann S. (2008): Cosmetic surgery: customer service or professional misconduct, *Canadian Veterinary Journal* 49(5): 501–4.

Nicolelis M.A. (2002): Human-Machine Interaction: Potential Impact of Nanotechnology in the Design of Neuroprosthetic Devices Aimed at Restoring or Augmenting Human Performance.

In: Roco M., Bainbridge W. (Hg.) (2002): 251–255.

Nicolelis M.A. (2003): Brain-machine interfaces to restore motor function and probe neural circuits, *Nature Review Neurosciences* 4: 417–422.

Nicolelis MA., Chapin J.K. (2002): Controlling Robots with the Mind, *Scientific American* 287, 4: 46–53.

Niemann H., Kues W.A. (2007): Transgenic farm animals: an update, *Reproduction Fertility Development* 19(6): 762–70.

Niemann H. (2009): *Naturwissenschaftliche Anmerkungen zum somatischen Klonen beim Säuger*, Präsentation an der Tagung vom Nationalen Ethikrat «Klone im Stall? Tierklonierung und Fleischproduktion», Berlin 21. Oktober 2009, http://www.ethikrat.org/dateien/pdf/FB_2009-10-21_Praesentation_ Niemann.pdf (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Nirenberg, S., Meister, M. (1997): The higher response of retinal ganglion cells is truncated by a displaced amacrine circuit, *Neuron* 18: 637–650.

NNI (2008): Strategy for Nanotechnology-related environmental, health, and safety research., http://www.ostp.gov/galleries/NSTC/NNI_EHS_Research_Strategy.pdf (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

No, D., Yao T.P., Evans R.M. (1996): Ecdysone-inducible gene expression in mammalian cells and transgenic mice, *Protocols of the National Academic of Science USA* 93: 3346–3351.

Nordenfelt L. (1993): Quality of life, health, and happiness. Avebury: Aldershot.

Nuffield Council of Bioethics (2005): *The ethics of research involving animals*. Nuffield Council of Bioethics: London, http://www.nuffieldbioethics.org/fileLibrary/pdf/RIA_Report_FINAL-opt.pdf (zuletzt aufgerufen 16/08/10).

Núñez-Mujica, G. (2006): The ethics of enhancing animals, specifically the Great Apes, *Journal of Personal Cyberconsciousness* 1: 1.

O'Keeffe F.E. et al. (2008): Induction of A9 dopaminergic neurons from neural stem cells improves motor function in an animal model of Parkinson's disease, *Brain* 131(Pt 3): 630–641.

O'Rourke K. (2002): Genetically engineering a pet? History shows it won't be easy, *Journal of the American Veterinary Association* 220(2): 147–148.

O'Connell M.J., Bachilo S.M., Huffman C.B et al. (2002): Band gap fluorescence from individual single-walled carbon nanotubes, *Science* 297(5581): 593–596.

O'Doherty, A., Ruf S., Mulligan C. et al. (2005): An aneuploid mouse strain carrying human chromosome 21 with Down syndrome phenotypes, *Science* 309: 2033–2037.

Oberdörster G. (2005): *Biokinetik von Nanopartikeln: Grund zum Besorgnis?* Vortrag am 11. Oktober 2005 im BUM Bonn, http://www.dialog-nanopartikel. de/05%20Oberdoerster.pdf (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Oberdörster G. (2010): Safety assessment for nanotechnology and nanomedicine: concepts of nanotoxicology, *Journal of Internal Medicine* 267(1): 89–105.

Oberdörster G., Oberdörster E., Oberdörster J. (2005): Nanotoxicology: An Emerging Discipline evolving from studies of ultrafine particles, *Environmental Health Perspectives* 113(7): 823–839.

ÖBTZ (Österreichischer Verband der Brieftaubenzüchter) (2007): Verordnung zur Durchführung von Dopingkontrollen im Sinne des §7b, http://www.brieftauben.at/pages/fs_mReiseDop.htm?FS_innen=Verordnung_Doping.htm (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Oddo S., Caccamo A., Shepherd J.D. et al.(2003) Triple-transgenic model of Alzheimer's disease with plaques and tangles: Intracellular Abeta and synaptic dysfunction, *Neuron* 39(3): 409–421.

OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) (1996): Intellectual Property, Technology Transfer and Genetic Resources. An OECD Survey on Current Practices and Policies. Paris: Publications Service, OECD.

Oertel D., Grunwald A. (2006): *Potenziale und Anwendungsperspektiven der Bionik – Vorstudie* (TAB-Arbeitsbericht Nr. 106), Berlin: Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag.

Ohno M., Frankland P.W., Chen A.P. et al. (2004): Inducible, pharmacogenetic approaches to the study of learning and memory, *Nature Neuroscience* 4: 1238–1243.

Onifer S.M., Rabchevsky AG., Scheff S.W. (2007): Rat Models of Traumatic Spinal Cord Injury to Assess Motor Recovery, *ILAR Journal* 48(4): 385–395.

Ono E. et al. (2006): Comparison of protection levels against pseudorabies virus infection of transgenic mice expressing a soluble form of porcine nectin-1/herpesvirus entry mediator C as a model for pseudorabies-resistant livestock, *Protocols of the National Academy of Science U.S.A* 101: 327–330.

Ottinger M.A. et al (2006): The Rhesus Macaque as a model of human aging and age-related disease. In: Conn M. P. (ed.) *Handbook of models for human Aging*. Springer: Amsterdam, Boston: 457–468.

Ourednik V., Ourednik J., Flax J.D. et al. (2001): Segregation of human neural stem cells in the developing primate forebrain, *Science* 293(5536): 1820–4.

PACE (2007): Die 10 größten Irrtümer in Sachen Polo Sport, *PACE Polosport-Magazin 01/07*, http://www.polomagazin.com/polomagazin-2.html (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Palm M. et al. (2007): Differential anti-influenza activity among allelic variants at the sus Scrofa Mx1 locus, Journal of Interferon Cytokine Research 27: 147–156. Parens, E. (ed.) (1998): Enhancing human traits: ethical and social implications. Washington, D.C.: Georgetown University Press.

Paris M.C., Zhao R., West J.A. et al. (2007): A perspective on the role of emerging technologies for the propagation of companion animals, non-domestic and endangered species, *Reproduction Fertility Development* 19(6): III–VII.

Park I.-H. et al. (2008): Reprogramming of human somatic cells to pluripotency with defined factors, *Nature* 451: 141–147.

Park K.I., Himes B.T., Stieg P.E. et al. (2006): Neural stem cells may be uniquely suited for combined gene therapy and cell replacement: Evidence from engraftment of Neurotrophin-3-expressing stem cells in hypoxic-ischemic brain injury, *Experimental Neurology* 199(1): 179–190.

Paschen, H., Coenen, C., Fleischer, T., Grünwald, R., Oertel, D., Revermann, C. (2004): *Nanotechnologie. Forschung, Entwicklung, Anwendung.* Springer: Berlin, Heidelberg.

PCB (US President's Council on Bioethics) (2003): *Beyond Therapy*. US President's Council on Bioethics: Washington.

Pedrono E., Durukan A., Strbian D. et al. (2010): An Optimized Mouse Model for Transient Ischemic Attack, *Journal of Neuropathological Experimental Neurology* 69(2): 188–95.

Peng S., Garzon D.J., Marchese M. et al. (2009): Decreased brain-derived neurotrophic factor depends on amyloid aggregation state in transgenic mouse models of Alzheimer's disease, *Journal of Neuroscience* 29(29): 9321–9.

Pereira S., Tettamanti M. (2005): Ahimsa and alternatives – the concept of the 4th R. The CPCSEA in India, *ALTEX* 1: 3–6

Perler D., Wild M. (Hg.): Der Geist der Tiere. Suhrkamp: Stuttgart.

Petermann T., Sauter, A. (1999): *Xenotransplantation – Sachstandsbericht* (TAB-Arbeitsbericht Nr. 64), Berlin: Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag.

Peterson M.E. (1999): Medical treatment of pituitary-dependent hyperadre-nocorticism in dogs: should L-deprenyl (Anipryl) ever be used?, *Journal of Veterinary Internal Medicine* 13(4): 289–90.

Peterson M.E. (2001): Medical treatment of canine pituitary-dependent hyperadrenocorticism (Cushing's disease),

Vet Clin North Am Small Anim Pract. 31(5): 1005-14, VIII.

Pierson R.N. et al. (1989): Xenogenic skin graft rejection is especially dependent on CD4+ T cells, *Journal of Experimental Medicine* 170(3): 991–996.

Pierson R.N. (2009): Current status of xenotransplantation, *JAMA* 301(9): 967–9.

Piña-Aguilar R.E., Lopez-Saucedo J., Sheffield R. et al. (2009): Revival of extinct species using nuclear transfer: hope for the mammoth, true for the Pyrenean ibex, but is it time for «conservation cloning»?, *Cloning Stem Cells* 11(3): 341–6.

Pinkert C.A., Galbreath E.J., Yang C.W., Striker L.J. (1994): Liver, renal and subcutaneous histopathology in PEPCK-bGH transgenic pigs, *Transgenic Research* 3: 401–405.

Pitkanen T.I., Krasnov A., Teerijoki H., Moelsae H. (1999): Transfer of growth hormone (GH) transgenes into Arctic charr (Salvelinus alpinus L.) I. Growth response to various GH constructs,

Genetic Analysis of Biomolecular Engineering 15:91–98.

Pluhar E. (1985): On the genetic manipulation of animals, *Between the species 1*: 13–18.

Pluhar E. (1986): The moral justifiability of genetic manipulation, *Between the species* 2: 136–138.

Poncelet A.J., Denis D., Gianello P. (2009): Cellular Xenotransplantation, *Current Opinion in Organ Transplantation* 14(2): 168–174.

Pöppinghege R. (Hg.) (2009):

Tiere im Krieg. Von der Antike bis zur Gegenwart. Schoeningh: Paderborn.

Povinelli D., Vonk J. (2003): Chimpanzee minds: suspiciously human?, *Trends in Cognitive Sciences* 7(4): 157–160.

Powell B.C. et al. (1994): Transgenic sheep and wool growth: possibilities and current status, *Reproductive Fertility Developments* 6: 615–623.

Pruszak J., Isacson O. (2009): Molecular and cellular determinants for generating ES-cell derived dopamine neurons for cell therapy,

Advanced Experimental Medical Biology 651:112–23.

Pursel V.G. et al. (1999): Expression of insulin-like growth factor-I in sceletal muscle of transgenic swine. In: Murray, J.D., Anderson, G.B., Oberbauer, A.M., McGloughlin, M.M. (eds.): *Transgenic animals in agriculture*. CAB International: 141.

Pursel V.G. et al. (1989): *Genetic engineering of livestock*. Science (Washington D.C.) 244:1281–1288.

Pursel V.G., Mitchell A.D., Bee G. et al. (2004): Growth and tissue accretion rates of swine expressing an insulin–like growth factor I transgene, *Animal Biotechnology* 15: 33–45.

Qiu L. (2006): Mighty Mouse, Nature 444: 814-816.

Ramaswamy S., McBride J.L., Kordower J.H. (2007): Animal Models of Huntington's Disease, *ILAR Journal* 48(4): 356–373.

Rathbone M., Brayden D. (2009): Controlled release drug delivery in farmed animals: commercial challenges and academic opportunities, *Current Drug Delivery* 6(4): 383–90.

Redwan R.M. (2009): Animal-derived pharmaceutical proteins, *Journal of Immunoassay & Immunochemistry* 30(3): 262–90.

Rees M.A. (2003): *Immunological Effects of Hepativ Xenoperfusion*. University of Cambridge: Cambridge.

Reh W.A., Maga E.A., Collette N.M. et al. (2004): Hot topic: using a stearoyl-CoA desaturase transgene to alter milk fatty acid composition, *Journal of Dairy Science* 87: 3510–3514.

Rehbinder M. et al. (Hg.) (2009): *Pharming. Promises and risks of biopharmaceuticals derived from genetically modified plants and animals.* Europäische Akademie zur Erforschung von Folgen wissenschaftlichtechnischer Entwicklung. Springer: Berlin, Heidelberg.

Reine N.J. (2007) Medical management of pituitary-dependent hyperadrenocorticism: mitotane versus trilostane, Clinical techniques in small animal practice 22(1): 18–25.

Rembold M., Lahiri K., Foulkes N.S., Wittbrodt J. (2006): Transgenesis in fish: efficient selection of transgenic fish by co-injection with a fluorescent reporter construct, *Nature Protocols* 1(3): 1133–9.

Repartis D. et al. (2009): Antidepressants for Neuroenhancement in Healthy Individuals: A Systematic Review, *Poiesis & Praxis: International Journal of Technology Assessment and Ethics of Science* 6(3 – 4): 139 – 174.

Reuter K. (2007): Tierzucht für den ökologischen Landbau – Probleme, offene Fragen, Lösungsansätze, Tierzucht für den Ökologischen Landbau. Anforderungen, Ergebnisse, Perspektiven. Dokumentation der Tagung des Netzwerks Ökologische Tierzucht am 7. und 8. März 2007 in Kassel, Zukunftsstiftung Landwirtschaft, Bochum: 8–10, http://orgprints.org/15131/1/reuter-etal-2007-Tagungsband_Tierzucht_Kassel.pdf (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Revermann C., Hennen L. (2001): Das maβgeschneiderte Tier. Klonen in Biomedizin und Tierzucht (Studien des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag 9), Berlin: edition sigma.

Richt J.A., Kasinathan, P., Hamir, A.N., Castilla, J. et al. (2007): Production of cattle lacking prion protein. *Nature Biotechnology* 25: 132–138.

Richter S.H. et al. (2009): Environmental standardization: cure or cause of poor reproducibility in animal experiments?, *Nature Methods* 6, 4: 257–261.

Robert, J.S., Baylis F. (2003): Crossing species boundaries, *The American Journal of Bioethics* 3(3): 1–13.

Robertson-von Trotha, C. (Hg.) (2003): Der perfekte Mensch. Genforschung zwischen Wahn und Wirklichkeit. Baden-Baden.

Robinson V., Morton D.B., Anderson D. et al. (2003). Refinement and reduction in production of genetically modified mice. Sixth Report of the BVAAWF/FRAME/RSPCA/UFAW Joint Group on Refinement, *Laboratory Animals* 37 (Suppl. 1): 1–51.

Robischon M. (2007): Von Fischen und Genen, *Amazonas* 14 (November/Dezember 2007), Seite 64–68; http://www.amazonas-magazin.de/index.php?id=1142 (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Roco M., Bainbridge W. (Hg.) (2002): Converging Technologies for Improving Human Performance. Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science (NSF/DOC-sponsored report),

Arlington: World Technology Evaluation Center; http://wtec.org/ ConvergingTechnologies/1/NBIC_report.pdf (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Rogers G.E. (2006): Biology of the wool follicle: an excursion into a unique tissue interaction system waiting to be re-discovered, *Experimental Dermatology* 15(12): 931–49.

Rollin B.E. (1986): On Telos and Genetic manipulation, *Between the species* 14/2/1986.

Rollin B.E. (1995): *The Frankenstein Syndrome. Ethical and Social Issues in the Genetic Engineering of animals.* Cambridge University Press: Cambridge, New York, Melbourne.

Rollin B.E. (2003): Ethics and species integrity, *The American Journal of Bioethics* 3(3): 15–17.

Rolston H. (1991) Environmental Ethics: Values and Duties in the Natural World. In: Bormann F., Kellert S. (ed.), *Ecology, Economics, Ethics*: The Broken Circle. Yale University Press: New Haven.

Ross P.J., Suhr S., Rodriguez R.M. et al. (2009): Human Induced Pluripotent Stem Cells Produced Under Xeno-Free Conditions, *Stem Cells Development 2009 Dec 23*.

Royal Society and Royal Academy of Engineering (UK) (2004): *Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties*, http://www.royalsoc.ac.uk (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Rübel A. (2009): Das Tier im Zoologischen Garten. Die Würde des Tieres in Ethik und Recht und die Zoologischen Gärten, *Deutsches Tierärzteblatt* 5/2009: 616–620.

Rudenko L., Matheson J.C., Sundlof S.F. (2007): Animal cloning and the FDA – the risk assessment paradigm under public scrutiny, *Nature Biotechnology* 25(1): 39-43.

Rülicke T. (2001): *Transgene, Transgenese, transgene Tiere*: Methoden der nichthomologen DNA-Rekombination. Karger: Basel u. a. O.

Rutgers B., Heeger R. (1999): Inherent worth and respect for animal integrity. In: Dol M. et al. (Hg.) *Recognizing the Intrinsic Value of Animals*. Van Gorcum: Assen: 41–52.

Sabikhi L. (2007): Designer milk, Advanced Food Nutritional Research 53: 161–98.

Saeki K., Matsumoto K., Kinoshita M. et al. (2004): Functional expression of a Delta12 fatty acid desaturase gene from spinach in transgenic pigs, *Protocols of the National Academy of Science U.S. A* 101: 6361–6366.

Salomon B., Appl H., Schöffl H. et al. (2001). Erfassung und Bewertung des Leidens sowie der Belastung transgener Tiere im Tierversuch im Vergleich zu konventionellen Tierversuchen. Wien: im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft und Kultur.

Sandel M. (2008): *Plädoyer gegen die Perfektion. Ethik im Zeitalter der genetischen Technik.* Berlin University Press: Berlin.

Sandøe P. (2003): Cloned and GM animals should be restricted to laboratories, *Eusafe Newsletter* 4: 1–4.

Sandøe P. et al. (1999): Staying good while playing God: the ethics of breeding farm animals, *Animal Welfare* 8(4): 313–328.

Santhanam G., Ryu S.I., Yu B.M. et al. (2006): A high-performance brain-computer interface, *Nature* 442: 195–198.

Sasaki E., Suemizu H., Shimada A .et al. (2009): Generation of transgenic non-human primates with germline transmission, *Nature* 459: 523–528.

Sauer U.G., Kolar, R., Rusche, B. (2005). Die Verwendung transgener Tiere in der biomedizinischen Forschung in Deutschland.

Teil 1: Status Report 2001-2003, ALTEX 22, 4: 233-257.

Sauer U.G., Kolar, R., Rusche, B. (2006). Die Verwendung transgener Tiere in der biomedizinischen Forschung in Deutschland. Teil 2: Ethische Bewertung der Verwendung transgener Tiere in der biomedizinischen Forschung und Perspektiven für die Umstellung der Forschung auf tierversuchsfreie Verfahren, *ALTEX* 23, 1: 3–16

Savulescu J. (2003): Gene therapy, transgenesis and chimeras: Is the radical genetic alteration of human beings a threat to our humanity? Paper submitted to the Beijing International Conference on Bioethics, 20–22 April, Beijing.

Schaffer M. (2009): One nation under dog. Henry Holt and Co: New York.

Schicktanz S. (2002): Organlieferant Tier? Medizin- und tierethische Probleme der Xenotransplantation. Campus: Berlin, New York.

Schmidt J. (2002): Von Leben zur Technik? Kultur- und wissenschaftsphilosophische Aspekte der Natur-Nachahmungsthese in der Bionik, *Dialektik* 2002/2: 129–143.

Schmidt C. (2006): Belated approval of first recombinant protein from animal, *Nature Biotechnology* 24: 877.

Schmidt K. (2008): Tierethische Probleme der Gentechnik. Zur moralischen Bewertung der Reduktion wesentlicher tierischer Eigenschaften. Mentis: Paderborn.

Schmiederbach H.-P. (1993): Pathologie bei Virchow und Traube. Experimentalstrategien in unterschiedlichem Kontext. In: Rheinberger H.-J., Hagner M. (Hg.) Die Experimentalisierung des Lebens. Experimentalsysteme in den biologischen Wissenschaften 1850/1890. Akademie Verlag: Stuttgart.

Schneider M.K., Seebach J.D. (2008): Xenotransplantation literature update May-August, 2008, *Xenotransplantation* 15(5): 344–51.

Schneider M.K., Seebach J.D. (2009): Xenotransplantation literature update March–April 2009, *Xenotransplantation* 16(3): 187–91.

Schöne-Seifert B., Talbot D. (Hg.) (2009): Enhancement. *Die ethische Debatte*. Mentis: Paderborn.

Schulte im Esch J., Rogiers X., Robson S.C. (2001): Molecular incompatibilities in hemostasis between swine and men – impact on xenografting, *Annuals of Transplantation* 6(3): 12–16.

Schwartz H. (1996): The Culture of the Copy: Striking Likenesses, Unreasonable Facsimiles. MIT Press: Boston.

Scott N.R. (2005): Nanotechnology and animal health, *Revue scientifique* et technique (International Office of Epizootics) 24(1): 425–432.

Scott N.R. (2007): Nanoscience in veterinary medicine, *Veterinary Research Community 31*, Suppl 1: 139–44.

Scott S.H. (2006): Converting thoughts into action, *Nature* 442: 141–142.

Seagrave J., McDonald J.D., Gigliotti A.P. et al. (2002): Mutagenicity and in vivo toxicity of combined particulate and semivolatile organic fractions of gasoline and diesel engine emissions, *Toxicological Science* 70: 212–26.

Selig M., Heise H. (2000): *Gentechnik an Tieren. Informations- und Arbeits-heft.* Bundesverband der Tierversuchsgegner – Menschen für Tierrechte: Aachen.

Shanks P. (2009): *Hot Hair and Cat Hype*, http://www.biopoliticaltimes.org/article.php?id=5008 (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Shapiro R.S. (2008): Future issues in transplantation ethics: ethical and legal controversies in xenotransplantation, stem cell, and cloning research, *Transplant Review* 22(3): 210–214.

Shimokawa I.A. (2006): Transgenic mini rat strain as a tool for studying aging and calorie restriction. In: Conn M. P. (ed.)

Handbook of models for human Aging. Springer: Amsterdam, Boston: 367–378.

Shin T. et al. (2002): A cat cloned by nuclear transplantation, Nature 415: 859.

Shriver A. (2009): Knocking Out Pain in Livestock: Can Technology Succeed Where Morality has Stalled?, *Neuroethics* 2: 115–124.

Shumyatsky G.P., Malleret G., Shin R.M. et al. (2005): Stathmin, a gene enriched in the amygdala, controls both learned and innate fear, *Cell* 123: 697–709.

Siep L. (2006): Die biotechnische Neuerfindung des Menschen. In: Abel G. (Hg.) *Kreativität. Akten des XX Deutschen Kongress für Philosophie.* Hamburg: 306–323.

Silva A.J., Paylor R., Wehner J.M., Tonegawa S. (1992): Impaired spatial learning in alpha-calcium-calmodulin kinase II mutant mice, *Science* 257(5067): 206–11.

Sim E., Pinter K., Mushtaq A. et al. (2003): Arylamine N-acetyltransferases: a pharmacogenomic approach to drug metabolism and endogenous function, *Biochem Society Transaction* 31(Pt 3): 615–9.

Singer P. (2005): Ethics and Intuitions, The Journal of Ethics 9: 331–352.

Skene L., Testa G., Hyun I. et al. (2009): Ethics Report on Interspecies Somatic Cell Nuclear Transfer Research, *Stem Cell* 5(1): 27–30.

Snowder G.D. et al. (1994): Effect of the Callipyge gene on lamb growth and carcass characteristics. In: *Proceedings of the Fifth World Congress on Genetics applied to Livestock Production*, Guelph: 51–54.

Steinlein (2004): Genetic mechanisms that underlie epilepsy, *Nature Review of Neuroscience* 5: 400–408.

Stewart C. (2008): *Plastic Surgery for Dogs and Beauty Queens*, The Orange County Register, http://inyourface.freedomblogging.com/2008/09/29/plastic-surgery-for-dogs-and-beauty-queens/915/ (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Stiftung für das Tier im Recht (2002): *Delfinarien in Europa aus tierschutz-rechtlicher Sicht*, http://www.tierimrecht.org/de/PDF_Files_gesammelt/Delfinariengutachten_Europa.pdf (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Stinnakre M.G., Vilotte J.L., Soulier S., Mercier J.C. (1994): Creation and phenotypic analysis of alpha-lactalbumin-deficient mice, *Protocols of the National Academy of Science* 91: 6544–6548.

Streiffer R. (2005): At the edge of humanity: human stem cells, chimeras, and moral status, *Kennedy Institute of Ethics Journal* 15: 347–370.

STS (Schweizer Tierschutz) (2009): STS Zirkusbericht, http://www.tierschutz.com/zirkus2009/ (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Studer S., Surbeck A. (1998): Patente auf gentechnisch veränderte Organismen. BATS, Zentrum für Biosicherheit und Nachhaltigkeit, http://www.bats.ch/bats/publikationen/1998-2_patente/gentechnik_patente.php (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Sugaya K. et al. (2006): Stem cell strategies for Alzheimer's disease therapy, *Panminerva Medicine* 48(2): 87–96.

Suk J., Bruce A., Gertz R. et al. (2007): Dolly for dinner? Assessing commercial and regulatory trends in cloned livestock, *Nature Biotechnology* 25: 47–53

Sutherland B. (2009): Further thoughts on the future of animal medicine, *Journal of Veterinary Medical Association* 235, 7: 818.

Tabar V., Tomishima M., Panagiotakos G. t al. (2008): Therapeutic cloning in individual parkinsonian mice, *Nature Medicine* 14(4): 379–378.

Tabbert, T. (2004): Menschmaschinengötter – Künstliche Menschen in Literatur und Technik. Fallstudien einer Artifizialanthropologie. Artislife Press: Hamburg.

Takahashi K., Yamanaka S. (2006): Induction of pluripotent stem cells from mouse embryonic and adult fibroblast cultures by defined factors, *Cell* 126: 663–676.

Tallacchini M. (2008): Defining an appropriate ethical, social and regulatory framework for clinical xenotransplantation,

Current Opinion in Organ Transplantation 13(2):159–64.

Talwar S.K., Xu S., Hawley E.S. et al. (2002): Behavioural neuroscience: Rat navigation guided by remote control, *Nature* 417: 37–38.

Tamaki S. et al. (2002): Engraftment of sorted/expanded human central nervous system stem cells from fetal brain, *Journal of Neuroscience Research* 69(6): 976–86.

Tamaki S., Eckert K., He D. et al. (2002): Engraftment of sorted/expanded human central nervous system stem cells from fetal brain, *Journal of Neuroscience Research* 69(6): 976–86.

Tang Y., Shimizu E., Dube G.R. et al. (1999): Genetic enhancement of learning and memory in mice, *Nature* 401, 6748: 63–69.

Tapp P.D., Siwak C.T (2006): The canine model of human brain aging: cognition, behaviour, and neuropathology. In: Conn M.P. (Hg.) *Handbook of models for human Aging*. Springer: Amsterdam, Boston: 415–434.

Tebbutt S.J. (2000): Technology evaluation: transgenic alpha-1-antitrypsin (AAT), PPL therapeutics, *Current Opinion in Molecular Therapy* 2(2): 199–204.

Tecirlioglu R.T., Guo J., Trounson A.O. (2006): Interspecies somatic cell nuclear transfer and preliminary data for horse-cow/mouse iSCNT, *Stem Cell Revue* 2(4): 277–287.

Tetley T.D. (2007): Health effects of nanomaterials, Biochemical Society Transactions 35, 3: 527–531.

Then C., Tippe R. (2009): *Neue Runde im Tier-Monopoly: Vernehmlassung zum Vorentwurf 2002*, Bericht der Stiftung für das Tier im Recht, Bern, 30. April 2002, http://www.tierimrecht.org/de/PDF_Files_gesammelt/patentgesetz_vl.pdf (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Then C., Tippe R. (2009): Neue Runde im Tier-MonopolyPatente auf Kuh, Schwein, Milch und Schnitzel? Greenpeace-Recherche zu aktuellen Patentanträgen am Europäischen Patentamt, http://www.greenpeace.de/fileadmin/gpd/user_upload/themen/patente_auf_leben/Report_Tier-Patente_FINAL.pdf (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Theodorou S.D., Klimentopoulou A.E., Papalouka E. (2000): Congenital insensitivity to pain with anhidrosis. Report of a case and review of the literature, *Acta orthopaedica Belgica* 66 (2), 137–145.

Thompson L.H., Björklund A. (2009): Transgenic reporter mice as tools for studies of transplantability and connectivity of dopamine neuron precursors in fetal tissue grafts, *Program in Brain Research* 175: 53–79.

Thompson P.B. (2007): Food Biotechnology in Ethical Perspective. 2. Aufl. Springer: Dordrecht.

Thompson P.B. (2008): The Opposite of Human Enhancement: Nanotechnology and the Blind Chicken Problem, *Nanoethics* 2,3: 305–316.

Toth, L.A. (2000): Defining the moribund condition as an experimental endpoint for animal research, *ILAR* Journal 41.

Townes T.M. (2008): Gene replacement therapy for sickle cell disease and other blood disorders. Hematology, *Am Soc Hematol Educ Program*. 2008: 193–196.

Truin M., van Kleef M., Verboeket Y. et al. (2009): The effect of Spinal Cord Stimulation in mice with chronic neuropathic pain after partial ligation of the sciatic nerve, *Pain* 145(3): 312–8.

Tsai P.-P., Pachowsky U, Stelzer HD., Hackbarth H.(2002): Impact of environmental enrichment in mice. 1: Effect of housing conditions on body weight, organ weights and haematology in different strains, *Laboratory Animals* 36: 411–419.

Tsien J.Z., et al. (1996): Subregion- and cell type-restricted gene knockout in mouse brain, *Cell* 87: 1317–1326.

TVT (2005): Gutachten über Rodeoveranstaltungen in der Bundesrepublik Deutschland unter tierschutzrechtlichen, ethologischen und ethischen Gesichtspunkten, http://www.tierschutz-tvt.de/fileadmin/tvtdownloads/rodeo_dt.pdf (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

TVT (Tierärztliche Vereinigung für Tierschutz e.V.)(2009): *Tierschutz im Brieftaubensport*. Merkblatt Nr. 121, http://www.tierschutz-tvt.de/fileadmin/tvtdownloads/Tierschutz_im_Brieftaubensport_121.pdf (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Twine R. (2007): Thinking across species – a critical bioethics approach to enhancement, *Theoretical Medicine and Bioethics* 28: 509–523.

U.S. National Institutes of Health (2009): *Open-label Investigation of the Safety and Effectiveness of DIABECELL(R) in Patients With Type I Diabetes Mellitus*, http://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT00940173?term=porcine+islets&rank=1 (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Unfried K., Albrecht K., Klotz L.-O. et al. (2007): Cellular responses to nanoparticles: Target structures and mechanisms, *Nanotoxicology* 1: 52–72.

USDA (The United States Department of Agriculture) (2003): Nanoscale Science and Engineering for Agriculture and Food Systems. A Report Submitted to Cooperative State Research, Education and Extension Service THE UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, NATIONAL PLANNING WORKSHOP November 18–19, 2002 Washington, D.C., www.nseafs.cornell.edu/web.roadmap.pdf (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

USEF (2007): *Drugs and Medications Guidelines* (800) 633–2472, http://www.usef.org/documents/competitions/2007/2007DrugsMedsGuidelines.pdf (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Valenstein E.S. (1973): *Brain Control: A Critical Examination of Brain Stimulation and Psychosurgery*. John Wiley and Sons: New York.

Valleron, A.J., Boelle, P.Y., Will, R., Cesbron, J.Y. (2001): Estimation of epidemic size and incubation time based on age characteristics of vCJD in the United Kingdom, *Science* 294.

Van de Meer, M. (2001): Transgenesis and animal welfare. Implications of transgenic procedures for the welfare of the laboratory mouse.

Utrecht University (Department of Laboratory and Animal Science), Utrecht.

Vecchione L., Miller J., Byron C. et al. (2010): Age-related changes in craniofacial morphology in GDF-8 (myostatin)-deficient mice, *Anatomical Records* 293(1): 32–41.

Velliste M., Perel S., Spalding M.C. et al. (2008): Cortical Control of a Prosthetic Arm for Self- Feeding, *Nature* 453: 1098–1101.

Verhoog H. (1992): The Concept of intrinsic Value and transgenic Animals, Journal of Agricultural and Environmental Ethics 5/2:147–160.

Verhoog H. (1997): Intrinsic value and animal welfare. In: Van Zutphen L. F. M., Balls M. (eds.) (1997) *Animal Alternatives*, *Welfare and Ethics*. Proceedings of the 2nd World Congress on Alternatives and Animal Life Sciences held in Utrecht, The Netherlands, 20–24 October. Amsterdam: Elsevier Science, S. 169–178.

Vier Pfoten (2010): *Tierleid auf Tournee*, http://www.vier-pfoten.at/website/out-put.php?id=1241&idcontent=2239&language=1 (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Vogel F., Grunwald R. (1994): *Patenting of Human Genes and Living Organisms*. Berlin Heidelberg: Springer Verlag, 1994.

Vorstenbosch J.M.G. (1993): The concept of integrity. Its significance for the ethical discussion on biotechnology and animals, Livestock Production Science 36, S. 109–112

WADA (World Anti-Doping Agency) (2003): *World Anti-Doping Code*, http://www.wada-ama.org/rtecontent/document/code_v3.pdf (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

WADA (2008): The Prohibited List 2008, WDA.

Wagner V., Dullaart A., Bock A., Zweck A. (2006): The emerging nanomedicine landscape, *Nature Biotechnology* 24, 10: 1211–1217.

Wahrheit D.B., Webb T.R., Sayes C.M. et al. (2007): Pulmonary Instillation Studies with Nanoscale Ti02 Rods and Dots in Rats: Toxicity is not dependent upon particle size and surface area, *Toxicological sciences: an official journal of the Society of Toxicology* 91: 227–236.

Wakayama S., Ohta H., Hikichi T. et al. (2008): Production of healthy cloned mice from bodies frozen at -20 degrees C for 16 years, *Protocols of the National Academy of Science USA* 105(45): 17318–22.

Wal J.M., Klaenhammer, T.R., Connolly J.F.et al. (1998): Strategies for assessment and identification of allergenicity in (novel) foods. Special Issue: Functional foods: designer foods for the future, Cork, Irish Republic, 30 September–2 October 1997, *International Dairy Journal* 8: 413–423.

Wall R.J., Powell A.M., Paape M.J. et al. (2005): Genetically enhanced cows resist intramammary Staphylococcus aureus infection, *Nature Biotechnology* 23: 445–451.

Wall R.J., Pursel V.G., Shamay A. et al. (1991): High-level synthesis of a heterologous milk protein in the mammary glands of transgenic swine, *Protocols of the National Academy of Science* 88: 1696–1700.

Walsh F.S., Celeste A.J. (2005): Myostatin: a modulator of skeletal-muscle stem cells, *Biochem Soc Trans*. 33(Pt 6): 1513–7.

Wang H., Shimizu E., Tang Y.P. et al. (2003): Inducible protein knockout reveals temporal requirement of CaMKII reactivation for memory consolidation in the brain, *Protocols of the National Academy of Science USA* 100: 4287–4292.

Wang J., Yang P., Tang B. et al. (2008): Expression and Characterization of Bioactive recombinant Human a-Lactalbumin in the Milk of Transgenic Cloned Cows, *Journal of Dairy Science* 91: 4466–4476, http://jds.fass.org/cgi/reprint/91/12/4466.pdf (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Wang Y., Iyer M., Annala A. et al. (2006): Noninvasive indirect imaging of vascular endothelial growth factor gene expression using bioluminescence imaging in living transgenic mice, *Physiological Genomics* 24(2): 173–80.

Ward D.R., Dear F.M., Ward I.A. et al. (2009): Innervation of gonadotropinreleasing hormone neurons by peptidergic neurons conveying circadian or energy balance information in the mouse, *PLoS One* 4(4): e5322.

Ward K.A. (2000): Transgene-mediated modifications to animal biochemistry, *Trends in Biotechnology* 18: 99–102.

Warneken F., Tomasello M. (2006). Altruistic Helping in Human Infants and Young Chimpanzees, *Science* 311(5765): 1301–130.

WDCS (Whale and Dolphine Conservation Society) (2008a): *Stellungnahme zur Haltung von Walen und Delfinen in Gefangenschaft*, 03. Dezember 2008, http://www.wdcs-de.org/docs/Gefangenhaltung.pdf (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

WDCS (Whale and Dolphine Conservation Society) (2008b): Luxury resort exposed as capturing dolphins, 03. Dezember 2008, http://www.wdcs.org/story_details.php?select=214 (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Weimer P.J. (2000): Manipulating ruminal fermentation: a microbial ecological perspective, *Journal of Animal Science* 67: 3114–3122.

Weiss J., Takhistov P., McClemens D.J. (2006): Functional Materials in Food Nanotechnology, *Journal of food science* 71, 9: R107–R116.

Wenger, D. (2006): Eine artgerechte Haltung von Delfinen in Gefangenschaft gibt es nicht. Veröffentlicht auf der Homepage der GRD, http://www.delphinschutz.org/wissen/delfinarien/fuer_delfine_ist_nur_die_freiheit_artgerecht. html (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Wernig M., Zhao J.P., Pruszak J. et al. (2008): Neurons derived from reprogrammed fibroblasts functionally integrate into the fetal brain and improve symptoms of rats with Parkinson's disease, *Protocols of the National Academy of Science* 105(15): 5856–61.

Wessberg J. (2000): Real-time prediction of hand trajectory by ensembles of cortical neurons in primates, *Nature* 408: 361–365.

Westphal (2003): Horse cloners bet racing ban won't last long, *New Scientist* 7 June 2003, http://www.newscientist.com/article/mg17823980.400-horse-cloners-bet-racing-ban-wont-last-long.html (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Wheeler M.B., Bleck G.T., Donovan S.M. (2001): Transgenic alteration of sow milk to improve piglet growth and health, *Reproduction Supplements* 58: 313–324.

Wheeler M.B. (2007): Agricultural applications for transgenic livestock, *Trends in Biotechnology* 25(5): 204–210.

White T.I. (2007): *In Defense of dolphins. The new moral frontier.* Blackwell Publishing: Singapur u a. O.

Whitehouse D. (2003): GM fish glows in the bowl, *BBC News*, 27 June 2003, http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/3026104.stm (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Whitelaw C.B.: et al. (2005): Disease–resistant genetically modified animals, *Revue of Science and Technology* 24: 275–283.

Whitelaw C.B. (2004): Transgenic livestock made easy, *Trends in Biotechnology* 22(4): 157–160.

Wild M. (2006): Die anthropologische Differenz: der Geist der Tiere in der frühen Neuzeit bei Montaigne, Descartes und Hume.

De Gruyter: Berlin New York.

Wild M. (2008): Tierphilosophie. Zur Einführung. Junius Verlag: Hamburg.

Wolbring G. (2009): Die Konvergenz der Governance von Wissenschaft und Technik mit der Governance des «Ableism», Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis 2, 18: 29–35.

Wolpaw J.R. (2007): Brain-computer interfaces as new brain output pathways, *Journal of Physiology* 579, (Pt 3): 613–9.

Würbel H., Garner J.P. (2007): Refinement of rodent research through environmental enrichment and systematic randomization, *NC3Rs* 9:1–9, http://nc3rs.tnllive.co.uk/news.asp?id=395 (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Yamada K., Yazawa K, Shimizu A. et al. (2005): Marked prolongation of porcine renal xenograft survival in baboons through the use of 1,3-galactosyltransferase gene-knockout donors and the cotransplantation of vascularized thymic tissue, *Nature Medicine* 11(1): 32–34.

Yang D., Zhang ZJ., Oldenburg M. et al. (2008): Human embryonic stem cell-derived dopaminergic neurons reverse functional deficit in parkinsonian rats, *Stem Cells* 26(1): 55–63.

Yang X., Smith S.L., Tian X.C. et al. (2007): Nuclear reprogramming of cloned embryos and its implications for therapeutic cloning, *Nature Genetics* 39: 295–302.

Yang X., Tian X.C., Kubota C. et al. (2007): Risk assessment of meat and milk from cloned animals, *Nature Biotechnology* 25(1): 77–83.

Yang X., Smith S.L. (2007): ES cells derived from cloned embryos in monkey – a jump toward human therapeutic cloning, *Cell Research* 17(12): 969–970.

Ye L., Chang J.C., Lin C. et al. (2009) Induced pluripotent stem cells offer new approach to therapy in thalassemia and sickle cell anemia and option in prenatal diagnosis in genetic diseases,

Protocols of the National Academy of Science USA 106(24): 9826–30.

Yin X., Lee HS., Lee Y.H. et al. (2005): Cats cloned from fetal and adult somatic cells by nuclear transfer. *Reproduction* 129: 245–249, http://www.reproduction-online.org/cgi/content/full/129/2/245 (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Yokoo T., Kawamura T. (2009): Xenobiotic kidney organogenesis: a new avenue for renal transplantation, *Journal of Nephrology* 22(3): 312–317.

Young L. (2009): Pet economy: meet the fur babies, 5 November 2009, http://www.telegraph.co.uk/health/petshealth/6507575/Pet-economy-meet-the-fur-babies.html (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Yu Z., Gordon S.W., Nixon A.J. et al. (2009): Expression patterns of keratin intermediate filament and keratin associated protein genes in wool follicles, *Differentiation* 77(3): 307–716.

Zhang F., Aravanis A.M., Adamantidis A. et al. (2007): Circuit-breakers: optical technologies for probing neural signals and systems, *Nature Revue of Neuroscience* 8: 577–581.

Zhang J.X., Sun L., Zhang Y.H. (2010): Foxn1 gene knockout suppresses sexual attractiveness and pheromonal components of male urine in inbred mice, *Chemical Senses* 35(1): 47–56.

Zhao Y., Nalwa H.S. (2006): *Nanotoxicology. Interactions of Nanomaterials with Biological Systems*. American Scientific Publishers: Los Angeles.

Zimmerman A., Hatchell M., Dickie L.A., West C. (2007): Zoos in the 21st Century: Catalysts for Conservation? Cambridge: Cambridge University Press.

Zuelke K.A. (1999): Transgenic modification of cows' milk for value-added processing, *Reproductive Fertility and Development* 10: 671–676.

Zurr I., Catts O. (2003): The ethical claim of Bio Art: Killing the Other or Self-Cannibalism?, *Australian & New Zealand Journal of Art:* Art & Ethics 4, 2, http://www.tca.uwa.edu.au/atGlance/pubMainFrames.html (zuletzt aufgerufen am 23/07/10).

Die Buchreihe

Die Bücher der Reihe «Beiträge zur Ethik und Biotechnologie» können über das Bundesamt für Bauten und Logistik BBL, Verkauf Bundespublikationen, CH-3003 Bern, www.bundespublikationen. admin.ch (Artikel-Nummer angeben) oder über den Buchhandel bezogen werden. Als PDF können sie von der Website der Eidgenössischen Ethikkommission für die Biotechnologie im Ausserhumanbereich EKAH www.ekah.ch heruntergeladen werden.

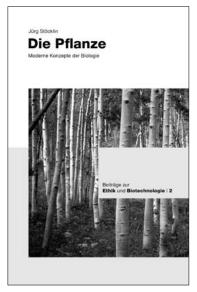
In der Buchreihe «Beiträge zur Ethik und Biotechnologie» bisher erschienen:



Andreas Bachmann
Nanobiotechnologie
Eine ethische Auslegeordnung
2006

126 Seiten

BBL-Artikelnummer: 810.001 ISBN: 978-3-905782-00-4 Die Nanobiotechnologie verfügt über ein enormes Potenzial. Dies lässt sich anhand von breiten (möglichen) Anwendungen in der Biomimetik, Medizin, Landwirtschaft und Ernährung («Nano-Food») verdeutlichen. Das Buch legt die in der Literatur diskutierten ethischen Aspekte der Nanobiotechnologie dar. Es handelt sich hierbei um die Aspekte Risiken für Mensch und Umwelt, Gerechtigkeit («Nano-Divide»), militärische Anwendungen, Datenschutz, Nanomedizin und Enhancement. Es liefert keine Antworten, sondern soll helfen, die Diskussion über den ethisch angemessenen Umgang mit der Nanobiotechnologie besser zu strukturieren.



Jürg Stöcklin Die Pflanze Moderne Konzepte der Biologie 2007

77 Seiten BBL-Artikelnummer: 810.002 ISBN: 978-3-905782-01-1

Die Schweizerische Gesetzgebung verlangt, dass nicht nur bei Tieren, sondern auch bei Pflanzen die Würde der Kreatur geachtet wird. Bei Tieren gibt es gewisse Anhaltspunkte, worin ihre Würde besteht. Bei Pflanzen stellt sich die Frage, welche ihrer Eigenschaften Würde begründen könnten. Das Buch befasst sich aus der Sicht der modernen Biologie mit Pflanzen und deren Unterscheidung von Tieren. Auch wenn sie sich in ihrer Organisation grundsätzlich unterscheiden, so sind sie sich hinsichtlich ihrer zellulären Strukturen und dem Grad ihrer Komplexität doch sehr ähnlich. Das Buch beschreibt die Fähigkeiten von Pflanzen, Informationen aus ihrer Umgebung aufzunehmen, zu speichern und darauf zu reagieren. Vor diesem Hintergrund wird argumentiert, dass die Unterschiede zwischen Pflanzen und Tieren lediglich gradueller Natur sind. Aus biologischer Sicht kann keine Höherentwicklung von Tieren im Vergleich zu Pflanzen postuliert werden.



Andreas Brenner Leben Eine philosophische Untersuchung 2007

192 Seiten BBL-Artikelnummer: 810.003 ISBN: 978-3-905782-02-8

gezeigt, warum diese Frage so schwierig zu beantworten ist und warum auch die Biowissenschaft wenig zur Aufklärung dieser Frage beiträgt. Im Unterschied dazu beschäftigt sich die Philosophie seit ihren Anfängen intensiv mit der Frage nach dem Leben. Biophilosophische Theorien des 20. Jahrhunderts greifen auf diese Positionen zurück und machen von unterschiedlichsten Ansätzen ausgehend die Selbstbezüglichkeit von Leben deutlich. Der so gewonnene Lebens-Begriff wird an Entwürfen «Künstlichen Lebens» getestet, z.B. an Projekten der Synthetischen Biologie. Dabei wird untersucht, ob und inwiefern der Lebens-Begriff hier anwendbar ist. Zum Abschluss der Untersuchung wird die Selbstbezüglichkeit von Lebendigem noch einmal aufgegriffen. Jüngste naturwissenschaftliche Beobachtungen lassen sich dahingehend deuten, dass Leben sich in der Stiftung von Sinn und Bedeutung artikuliert.



Benjamin Rath Ethik des Risikos Begriffe, Situationen, Entscheidungstheorien und Aspekte 2008

203 Seiten BBL-Artikelnummer: 810.005.d ISBN: 978-3-905782-03-5

Welchen Risiken darf eine Person sich selbst und andere aussetzen? «Ethik des Risikos» befasst sich mit der ethischen Bewertung von Handlungsentscheidungen, deren Umsetzung mit Unsicherheit verbunden ist. Im ersten Teil werden die wesentlichen risikoethischen Begriffe definiert und verschiedene Risikosituationen voneinander abgegrenzt. Im zweiten Teil werden drei unterschied-Entscheidungstheorien der Risikoethik (Bayesianische Entscheidungstheorie, Maxi-Precautionary min-Prinzip, Principle) diskutiert. Diese umfassen Positionen, die von einem durch Rationalität geprägten Ansatz reichen bis hin zu einem, der die Vermeidung des worst case anstrebt. Im dritten Teil werden weitere für die risikoethische Debatte bedeutende Aspekte ansatzweise ausgeführt, z.B. die Funktion der Zustimmung und der Kom-Individualrechte pensation, sowie die Eigentumsrechte an Risiken und deren Verteilung.



Joachim Boldt, Oliver Müller, Giovanni Maio Synthetische Biologie Eine ethisch-philosophische Analyse 2009

107 Seiten BBL-Artikelnummer: 810.006.d ISBN: 978-3-905782-04-2

lich wie Physik und Chemie, nicht nur die Analyse, sondern auch den Nach- und Neubau ihrer Gegenstände zum Ziel. Mit der Vision von der Erschaffung neuer einzelliger Lebensformen rückt dieses Forschungsfeld Lebendiges in den Bereich technischer Erzeugbarkeit. Die Autoren differenzieren Forschungsfeld und Anwendungsgebiete der Synthetischen Biologie und systematisieren die zentralen ethischen Fragen. Anhand von Metaphern wie «living machine» verdeutlichen sie, wie unklar der ontologische Status des neu geformten Lebendigen werden kann. Darüber hinaus argumentieren sie, dass der Schritt von der gentechnischen Manipulation zur Kreation neuer Lebensformen Konsequenzen für das menschliche Selbstverständnis haben kann. Missbrauchsgefahren werden ebenso diskutiert wie die Notwendigkeit der Prüfung von Risiken einer unkontrollierten Verbreitung synthetischer Organismen.



Bernard Baertschi La vie artificielle Le statut moral des êtres vivants artificiels 2009

122 Seiten BBL-Artikelnummer: 810.007.f ISBN:978-3-905782-05-9 Ce volume pose la question du statut moral des êtres vivants artificiels. Il est important de déterminer ce statut, car c'est sur lui que nous nous appuierons pour savoir comment nous devrons les traiter et quelles limites la morale imposera à l'usage que nous en ferons. Jusqu'à présent, les êtres vivants que nous connaissions étaient tous naturels, mais si nous produisons des organismes artificiels, ce caractère artificiel aura-t-il un impact sur leur statut moral? Pour pouvoir y répondre, cet ouvrage commence par préciser ce que signifie l'attribution d'un statut moral à une entité. Puis, défendant une conception de la vie qui se veut en accord avec les sciences biologiques, il examine les différentes significations que prend l'opposition du naturel et de l'artificiel. En conclusion, il établit que le fait qu'un organisme vivant soit naturel ou artificiel n'a aucun impact sur son statut moral.