

Original-Manuskript des ersten Vortrags der ALS-Akademie, den Herr Prof Dr. Heinz-Werner Kütke am 4. Mai 2001 im Musiksaal der Alten Landesschule gehalten hat.

Embryonenforschung

– ethisch bedenklich oder unverzichtbarer wissenschaftlicher Fortschritt ?

Noch im 20. Jahrhundert, das man als das Jahrhundert der Physik und Chemie bezeichnen kann, sagten viele Experten für dieses Jahrhundert eine rapide Entwicklung und immense Bedeutung der Biologie voraus. Inzwischen haben sich diese Vorhersagen mehr als bestätigt. Die Medien berichten täglich von neu entwickelten Klonen oder sensationellen Chimären. Sie liefern sich inzwischen einen Wettkampf um die spektakulärsten Meldungen und verheißen schon die Heilung lebensbedrohender Krankheiten oder genetisch bedingter Gebrechen. Gen- und Zelltransfer ermöglichen ein aktives Eingreifen in die Prozesse der Evolution. Die Grenzen zwischen den Arten scheinen verwischt zu sein. Erbkrankheiten oder chronische Krankheiten scheinen in absehbarer Zeit heilbar. Manipulationen an menschlichen Organismen und somit am Menschenbild scheinen nur noch eine Frage der Zeit.

Sie existieren schon, die Wissenschaftler, die dabei sind, menschliche Embryonen zu züchten, und versuchen, den Menschen manipulierbar und formbar zu machen oder gar zu kopieren. Politiker rufen bereits nach obligatorischen Genchecks, auf deren Einführung die Versicherungsgesellschaften schon spekulieren. Die gesellschaftliche Ausgrenzung von Individuen, die nicht der dann gültigen Norm entsprechen, scheint nur noch eine Frage der Zeit zu sein.

In dieser Situation sind neben dem Gesetzgeber, der eine Enquete-Kommission und einen nationalen Ethikrat zur Erörterung und Meinungsbildung eingesetzt hat, die Kirchen und insbesondere auch die Geisteswissenschaftler, wie z.B. die Philosophen und nicht zuletzt die Juristen aufgerufen, sich am öffentlichen Diskurs zu beteiligen.

Aufgeschreckt von dieser unvorhergesehenen Entwicklung hat das Bundesforschungsministerium eine Informationskampagne mit Veranstaltungsreihen wie z. B. *Wissenschaft im Dialog* gestartet und 2001 zum *Jahr der Lebenswissenschaften* ernannt.

Seit es der Entwicklungsbiologie und Reproduktionsmedizin gelungen ist, menschliche Embryozellen zu klonen und beliebig zu vermehren, steckt die Forschung in einem ethischen Dilemma: Aus geklonten Embryonen ließe sich ein Ersatz für kranke Organe gewinnen. Bisher nicht vorstellbare Visionen von einer beliebig verfügbaren Organbank würden Wirklichkeit.

Die öffentliche Diskussion wird jedoch immer unübersichtlicher. Stichworte, wie reproduktives und therapeutisches Klonen, somatische Zelltherapie, Präimplantationsdiagnostik, Genomanalyse und Gencheck, Gentherapie bleiben vielfach unverstanden. Eine sinnvolle Auseinandersetzung mit der Problematik setzt aber fundierte Kenntnisse der Materie voraus. Hier fehlen noch vielfach die nötigen Grundlagen und ganz besonders der seriöse verantwortungsbewusste Umgang mit dem Thema.

In einer derart emotional aufgewühlten Stimmung scheint es geboten, nüchtern und realistisch das bis heute Erreichte und die absehbaren Perspektiven zu beleuchten.

Embryonale Stammzellen heißt das Zauberwort. Wem es gelingt, diese Zellen zu züchten, abzurichten und zu dressieren, der hält den Schlüssel in der Hand, um die Lahmen und Kranken zu heilen. Stammzellen sind das Ausgangsmaterial für alles entwicklungsbiologische Klonen. Sie lassen sich in Kulturschalen nahezu unbegrenzt vermehren. Bis zu 4 Tage nach der Befruchtung kann man sie dem Embryo entnehmen. Solange sind die Zellen des Embryos totipotent. Das heißt, sie sind befähigt, sich zu allen Zelltypen entwickeln oder gar einen vollständigen Organismus bilden.

Auch im Körper eines Erwachsenen gibt es noch ein Reservoir an Stammzellen mit wichtigen Funktionen: Sie regenerieren verbrauchte und verletzte Gewebe: Beispiel Blut: Permanent bilden Blutstammzellen im Knochenmark abgestorbene weiße und rote Blutkörperchen neu. Auch die Leber regeneriert sehr gut. Aus einer transplantierten Teilleber bildet sich ein neues Organ. Im Darm werden verbrauchte resorbierende Zellen ständig ersetzt. Die Haut schließt lebenslänglich Schürf- und Schnittwunden. Selbst Herzen und Hirne heilen kleinere Defekte.

Die Stammzellen sind demzufolge bestens geeignet für Experimente, mit dem Ziel, genetisch angelegte Krankheiten zu heilen oder kranke Organe zu ersetzen. Tierexperimente hatten gezeigt, dass die Stammzellen extrem flexibel sind. Sie passen sich nach einer Transplantation in einen neuen Organismus der Umgebung an wie ein Chamäleon. Hirnstammzellen von erwachsenen Mäusen zum Beispiel, implantiert in die verschiedensten Organsysteme, bilden ganz unterschiedliche Gewebe, je nachdem wo sie eingespritzt wurden: Herzgewebe, Niere, Darm, Muskulatur.

Es galt demnach nur noch Techniken zu entwickeln, mit denen sich diese embryonalen totipotenten Zellen dem Entwicklungsziel entsprechend programmieren ließen.

Kerntransfer, Klonierung und Gewebezüchtung sind die Techniken, mit denen es gelingen wird, Kopien von Organismen herzustellen oder Ersatzteile zu züchten. Was noch vor Jahren als unvorstellbar galt, rückt in greifbare Nähe.

Worum geht es dabei im einzelnen?

Am Anfang besteht der Embryo aus einer einzigen omnipotenten Zelle, der Zygote. Sie entsteht nach der Besamung, dem Eindringen des Spermiums in die Eizelle und der Befruchtung durch Verschmelzung des Eikerns mit dem Spermakern. Darauf folgen in regelmäßigen Abständen die ersten Furchungsteilungen, so genannt, da sie die Eizelle von außen sichtbar durchfurchen. Es bildet sich nach einigen Teilungsschritten ein Zellhaufen, die Morula. Dann wird dieser Zellhaufen zur Blastocyste, einer Hohlkugel mit der Blastocystenhöhle im Inneren. Der eigentliche Embryo entwickelt sich aus dem Embryoblasten, der inneren Zellmasse am animalen Pol der Blastocyste. Im Blastocystenstadium gelangt der Embryo, der bis zu diesem Zeitpunkt durch den Eileiter gewandert ist, in den Uterus und setzt sich im Endometrium, der Gebärmutter Schleimhaut fest, um dann engen Kontakt zum mütterlichen Gewebe aufzunehmen.

Stammzellen kann man dem Embryo bis zum Blastocystenstadium entnehmen, am einfachsten aus dem Embryoblasten, der inneren Zellmasse. Diese Stammzellen besitzen alle für die Entwicklung notwendigen Eigenschaften. Sie können sämtliche Gewebearten oder ein Ganzes differenzieren. Alle Organe können bei geeigneten Bedingungen entstehen. Mit jedem Schritt zum adulten Organismus verlieren die Zellen ein wenig von diesem Potenzial. Embryonale Stammzellen sind demnach Alleskönner. Sie gilt es zu isolieren und in einem geeigneten Kulturmedium zu züchten und zu vermehren.

In der Kulturschale befinden sich danach pluripotente Zellen, die genetisch völlig identisch sind, wenn sie von einer einzigen Ursprungszelle durch vielfache Zellteilung abstammen. Sie sind ein Klon!

Der Vorgang der Klonbildung ist etwas ganz Normales im Tier- und Pflanzenreich. Es handelt sich dabei um die ungeschlechtliche, die vegetative Fortpflanzung bei der auf die Bildung von weiblichen und männlichen Keimzellen und ihre Vereinigung zu einem neuen genetisch andersartigen Individuum verzichtet wird. Der Ausgangsorganismus kann dabei in zwei oder mehrere Teile zerfallen, die jeweils wieder zu einem kompletten neuen Individuum heranwachsen. Oder es bilden sich Knollen, Sprosse oder Ableger, die ebenfalls zu identischen Kopien der Ausgangsform werden.

Diese asexuelle Vermehrung ist verbreitet bei den Pflanzen und auch bei niederen Tieren innerhalb einiger Gruppen.

Bei den Säugetieren gibt es diesen Weg der Fortpflanzung nicht. Klone können hier auf natürlichem Wege nur durch Mehrlingsbildung und Polyembryonie entstehen. Dabei zerfällt der frühe Embryo in Teile, die jeweils zu einem Ganzen heranwachsen und normal geboren werden. Auf diese Weise entstehen eineiige Zwillinge oder auch Mehrlinge, wie bei primitiven Säugetieren. Sie sind untereinander genetisch identisch. Also ein Klon, da sie durch die ungeschlechtliche Aufteilung eines einzigen Embryos entstanden sind. Polyembryonie tritt beim Menschen in 0,3% aller Geburten auf.

Die Geschichte der Erforschung der Embryogenese reicht weit zurück und ist derart umfangreich, dass hier nur einige Stationen kurz beleuchtet werden können. Wegen der Aktualität des Themas und der breiten gesellschaftlichen Diskussion dürften sie jedoch von allgemeinem Interesse sein.

Die elementare Frage der Entwicklungsbiologie, wie aus ungeformter Materie schrittweise ein komplexer Embryo entstehen kann, ist seit jeher faszinierend. Schon vor Jahrhunderten versuchten Forscher und Naturphilosophen den Entwicklungsablauf zu ergründen und nach den Faktoren zu suchen, die die embryonale Differenzierung beeinflussen oder steuern.

Die ersten Aufzeichnungen über embryologische Untersuchungen finden sich bei **Hippokrates** (450 – 377): *„Nimm 20 oder mehr Eier und lasse sie durch 2 oder mehr Hühner bebrüten. Dann zerbrich vom 2. Tag des Bebrütens an jeden Tag ein Ei und untersuche es. Du wirst exakt das finden, was ich gesagt habe. Von der Entwicklung des Vogeleies kann man auf die des Menschen schließen.“* Neben der Naturgeschichte und der philosophischen Tradition brachte besonders seine Schule eine erhebliche Menge an Wissen und Theorie auf dem Gebiet der Anatomie und Physiologie hervor.

Im Griechenland der Antike war es der deduktive philosophische Ansatz, der zu Fragenstellungen führte, die vorher nicht gestellt wurden. Präzisere Formulierungen bereiteten den Weg für wissenschaftliche Methoden und ersetzten die auch später teilweise noch im 18. und 19. Jahrhundert geübte Praxis durch bloßes Philosophieren wissenschaftliche Erklärungen zu geben und alle Probleme nur durch Denken lösen zu wollen.

Aristoteles (384 – 322), dessen umfassende biologische Studien zur morphologischen Vielfalt an allen bekannten Tiergruppen erstmals eine Einteilung der Tiere nach gewissen Kriterien ermöglichte, widmete ein ganzes Buch der Fortpflanzungsbiologie, verfasste die erste Abhandlung über die Hühnchenentwicklung und gilt als Begründer der Embryologie. Er suchte nach den Ursachen und stellte nicht nur Wie-Fragen, sondern fragte nach dem Warum und war in erstaunlicher Weise bereits modern: *„Warum entwickelt sich ein Organismus von einem befruchteten Ei zur vollkommenen erwachsenen Form?“* Er nahm zwar an, dass der Embryo aus einer formlosen Masse hervorgeht, erkannte aber, dass der

rohen Materie die Fähigkeit abgeht, einen komplexen Organismus hervorzubringen. Um die Ordnung der Natur, ihre Tendenz zur Komplexität und ihre zielgerichtete Entwicklung zu erklären, musste noch etwas vorhanden sein, das er „*eidos*“ nannte: ein teleonomes Prinzip, wonach die Entwicklungsrichtung durch ideale Endzustände im Voraus bestimmt ist, das in seinem Denken dasselbe leistete wie das genetische Programm der modernen Biologen.

Er formulierte: „*ein den Dingen innewohnender gestaltender Gedanke und Zweck, eine im Organismus liegende Kraft, die seine Entwicklung und Vollendung bewirkt, die das Ziel in sich selbst hat*“. (*eidos*; Entelechie); im Gegensatz zu Platon (427 –347), der ohne naturwissenschaftliche Kenntnisse eine äußere Kraft postulierte, die die innere Ordnung der Materie bewirke, und dessen Philosophie sich Jahrhunderte lang als für die Biologie nachteilig und hemmend auswirken sollte.

Noch zu Beginn des 20. Jahrhunderts führt Hans Driesch (Philosophie des Organischen) die embryonale Differenzierung auf „*einen immateriellen , unräumlichen Naturfaktor als ordnungsstiftende Macht, als Wille zur Verwirklichung einer Idee, in allem lebendigen Werden am Werk*“ zurück (Entelechie).

Von der nacharistotelischen Zeit bis zum 18. Jahrhundert war das Studium der menschlichen Anatomie und Physiologie Hauptanliegen der Biologie. Im Mittelalter entwickelte sich die Naturwissenschaft nur langsam weiter. Entscheidende Fortschritte auf dem Gebiet der Embryologie sind nicht zu verzeichnen.

Die Situation ändert sich erst, als sich die Forschung während des ausgehenden Mittelalters und in der Renaissance von der Bevormundung durch die Philosophie zu befreien begann. Es waren insbesondere die italienischen Universitäten, die in der Renaissance für das Wiederaufleben der Biologie als Wissenschaft sorgten.

Berühmt und bekannt sind die Aufzeichnungen **Leonardo da Vincis** aus dem 15. Jahrhundert von Föten im Uterus.

Wichtigste Voraussetzung zu genaueren embryologischen Untersuchungen waren die Erfindung und Verbesserung der optischen Instrumente (Lupen und Mikroskope). Sie erschlossen der wissenschaftlichen Forschung eine neue Dimension. **De Graaf** (1641 – 73) beobachtete 1672 kleine Zysten im Uterus des Kaninchens, zweifellos Blastocysten, und kam zu dem Schluß, dass sie aus einem anderen Organ stammen müssten, das er Ovarium nannte. Er beschrieb die Follikel im Ovar (heute als Graafsche Follikel bezeichnet) und hielt sie fälschlicherweise für Eizellen.

Malpighi (1628 –94) glaubte unbefruchtete Hühnereier zu untersuchen und fand dabei Frühstadien der Embryonalentwicklung. Er schloss daraus, dass die Eier eine Art Miniaturküken enthalten müssten. Um 1670 wurden von Swammerdam, Hamm, Hartsoeker und Leeuwenhoek Ei- und Samenzellen entdeckt, aber als Anhänger der von Malebranche (1688) begründeten Praeformationslehre missgedeutet. Die Praeformisten nahmen an, dass der gesamte Organismus im Spermium (Animalkulisten) bzw. in der Eizelle (Ovulisten) vorgebildet sei. Entsprechend wurden ganze Embryonen als Homunculi in die Spermienköpfe eingezeichnet (Hartsoeker). Im Extrem führte diese Auffassung bei den Ovulisten zur Einschachtelungstheorie. Man nahm an, dass die gesamte Menschheit bereits im Ovar der Urmutter in eingeschachtelter Form vorgebildet gewesen sei. Alle noch künftigen Generationen sind danach gewissermaßen in Miniaturform schon angelegt. Mangels Neubildung müssen die folgenden Individuen in den vorhergehenden bereits vorhanden sein und wachsen während der Embryogenese nur noch heran. Die Einschachtelungslehre führte zu fabelhaften Berechnungen der in den Keimdrüsen der Stammeltern bereits niedergelegten Keime und folgerichtig ließ sich daraus eine Ende der

Generationenfolge vorhersagen. Bedeutendster Vertreter der Ovulisten war **Harvey** (1651) mit seinem berühmten Satz: „*ex ovo omnia*“ (Alles – auch der Mensch – entsteht aus der Eizelle).

Caspar Friedrich Wolff (1733 – 94) schließlich widersprach den Anhängern der Praeformationslehre, den Ovulisten wie Harvey, Malpighi, Swammerdam, Spallanzani, Bonnet und A. v. Haller sowie den Animalkulisten, wie Leeuwenhoek, Boerhave und Leibnitz auf der Grundlage klarer unwiderlegbarer Beobachtungen. Er stellte beim Studium der Hühnchenentwicklung fest, dass die Organe entgegen der klassischen Praeformationstheorie nicht schon im Ei enthalten sind, sondern sukzessive gebildet werden und begründete eine „*Theorie des allmählichen Werdens, die Lehre der Epigenesis*“: Epigenese = Wachstum und Differenzierung unspezialisierter Zellen. Die Kontroverse zwischen der Epigenese- und der Praeformationstheorie endete schließlich um 1775, als **Spallanzani** zeigen konnte, dass sowohl Ei als auch Samenzelle für die Entwicklung eines neuen Individuums nötig sind. Er hatte sich u. a. mit der künstlichen Befruchtung von Hunden befasst und schloss daraus, dass das Spermium das eigentliche befruchtende Agens sei.

Die ersten fundierten Erkenntnisse zum Ursprung der Gewebe und der Entwicklung der Organe aus dem Material der Keimblätter sowie deren Definition lieferte **Karl Ernst von Baer** (1792 – 1876), Professor an der Universität Königsberg zu Beginn des 19. Jahrhunderts (Entwicklungsgeschichte der Tiere – Beobachtung und Reflexion 1828-37). Er beschrieb 1827, also 150 Jahre nach der Entdeckung der Samenzelle, in einem Ovarialfollikel beim Hund erstmals die Säugetierei, fand Zygoten in der Tube und Blastocysten im Uterus. Seine Arbeiten waren so umfassend und von so weitreichender Bedeutung, dass er heute als *Vater der Modernen Embryologie* gilt.

Auf der Grundlage seiner vergleichenden anatomischen Studien zur Anlage der primären Keimblätter, und wie aus ihnen die Organe hervorgehen, nimmt er eine Einteilung der Grundorganisation der Tiere vor und bereits Gedanken vorweg, die Haeckel (1860) in seiner Gastraeatheorie formulierte und die sich inhaltlich in der Körpergrundgestalt, Seidel (1920-30) wiederfinden.

Die seit Goethe aktivierte Suche nach dem Urtypus findet hier ihren Niederschlag: „*Hierbei fühlte ich bald die Notwendigkeit, einen Typus aufzustellen, an welchem alle Säugetiere nach Übereinstimmung und Verschiedenheit zu prüfen wären, und wie ich früher die Urpflanze aufgesucht, so trachte ich nunmehr, das Urtier zu finden, das heißt denn doch zuletzt: den Begriff, die Idee des Tieres*“ (Goethe an Herder 1807).

Bis etwa zur Wende zum 20. Jahrhundert war die Embryoforschung vornehmlich deskriptiv und vergleichend orientiert. Mit der Einführung des Experiments wurden jetzt kausalanalytische Fragestellungen ermöglicht. Die experimentelle Zerteilung von Embryonen (Embryosplitting) mit dem Ziel, die Entwicklungspotenzen einzelner Zellen oder von Keimbereichen in den verschiedenen Entwicklungsstadien aufzudecken, ist eine in der entwicklungsbiologischen Forschung seit mehr als 100 Jahren geübte Praxis.

Wilhelm Roux 1850 –1924, Direktor des Instituts für Entwicklungsgeschichte und Entwicklungsmechanik in Breslau später in Innsbruck und Halle erforschte diese Kausalfaktoren in der Morphologie und begründete die „*Entwicklungsmechanik*“. Seine Experimente gingen der Frage nach, inwieweit sich aus Embryoteilen oder einzelnen Zellen noch vollständige Tiere entwickeln können (embryonale Regulation) und versuchten die kausalen fassbaren Ursachen des Entwicklungsgeschehens zu ergründen. Roux wandte sich gegen die zum Neovitalismus (teleologische Betrachtungsweise, die das Vorhandensein

einer spezifischen Lebenskraft - nisus formativus – für alle Lebewesen postuliert) führende Entelechie von **Hans Driesch** (1867 – 1941), die als Lenkung der Morphogenese ein nicht materielles Agens, eine gestaltende Kraft annahm.

Erst dem Direktor des Kaiser Wilhelm-Instituts für Biologie in Berlin, dem Vorläufer der Max-Planck-Institute, und zuletzt Direktor des Zoologischen Instituts in Freiburg **Hans Spemann** (1869 – 1941), der sich mit mikrochirurgischen Experimenten an Embryonen befasste, gelang es um 1920 mit Haarschlingen Einzelzellen von Amphibienkeimen in frühen Furchungsstadien voneinander zu trennen. Diese entwickelten sich zu vollständigen normalen genetisch identischen Tieren. Sie waren ein Klon. Auch erste Transplantationsexperimente an Molchkeimen gehen auf ihn zurück. Er prägte Begriffe wie prospektive Potenz und prospektive Bedeutung der Embryozellen. Für seine Entdeckung des Organisatorprinzips während der embryonalen Entwicklung erhielt er 1935 den Nobelpreis für Medizin. Mit dieser richtungweisenden Entdeckung, dass bestimmte Keimbereiche die Embryonalentwicklung steuern und auf stofflicher Basis die Zellen induktiv auf ihr Entwicklungsschicksal hin festlegen, war der Impuls gegeben für eine ganze Anzahl bedeutender entwicklungsbiologischer Forschungsrichtungen an den verschiedensten Tierarten.

Auch frühe Embryonen von Säugetieren können während der Furchung im wenigzelligen Stadium oder später als Blastocyste, in der Zuchtschale, zerteilt und anschließend in die Uteri von hormonbehandelten Wirtstieren übertragen werden, wo sie sich normal entwickeln. Solche Techniken sind inzwischen zur Routine geworden, um die Zahl der Nachkommen bei wertvollen Zuchttieren zu erhöhen.

In den 50er Jahren des letzten Jahrhunderts gelangen **Friedrich Seidel** 1897 -1992 („*Willst Du das Leben begreifen, studiere Lebendiges*“), dem Direktor des Zoologischen Instituts in Marburg bahnbrechende, heute als klassisch geltende Experimente am Säugetierembryo: die in vitro Kultur von frühen Kaninchenembryonen; experimentelle Manipulationen an Embryonen in der extraembryonalen Zellkultur; die Reimplantation der Keime in Ammenmütter. 1952 entstehen erstmals normale reproduktionsfähige Kaninchen aus jeweils einer Blastomere (Zelle) des 2- und 4-Zellenstadiums, also aus dem Material einer halben bzw. dem Viertel einer Eizelle. Damit war der Vorgang der Zwillingsbildung im Experiment geglückt und die technischen und inhaltlichen Voraussetzungen für die Jahrzehnte später zustande gekommene Embryo-Klonierung geschaffen. Diese Pionierleistung stimulierte die einschlägige Grundlagenforschung. Sie war richtungweisend für den Fortschritt auf dem Gebiet der menschlichen Reproduktionsbiologie. Auch Seidels frühere Forschungsergebnisse mit Otto Mangold an Molchembryonen aus den 20er Jahren lieferten basale Grundlagen zum Verständnis der Embryobildung und des Regulationsgeschehens: Im Zentrum der Embryogenese steht die Bildung der Körpergrundgestalt als Resultat der entwicklungsphysiologischen Aktivität cytoplasmatischer Faktorenbereiche (Faktorenbereich der Differenzierung). Heteroplastische Transplantationen (Übertragung auf ein Individuum einer anderen Art) hatten erwiesen, dass diese Faktorenbereiche im Ei nicht artspezifisch sind. Neueste Daten untermauern Seidels Vorstellungen von der Bedeutung der Körpergrundgestalt: In dieser Phase der Entwicklung sind bei allen Tieren positionscodierende Gene in konservierten Expressionsdomänen längs der antero-posterioren Achse des Embryo aktiv. Die die Organanlagen determinierenden Gene sind quer durch das Tierreich und beim Menschen identisch.

Diese wenigen Beispiele wissenschaftlicher Leistungen aus der Vergangenheit dokumentieren, dass die heute oft als sensationellen Neuerungen in den Medien dargestellten Forschungsergebnisse teilweise schon seit langem bekannt waren.

Die ersten in der wissenschaftlichen Literatur veröffentlichten Kerntransfers in entkernte Eizellen von Krallenfröschen stammen aus dem Jahr **1952**. Mit einer Glaspipette wurde der Zellkern aus einer Embryozelle abgesaugt und in eine vorher entkernte befruchtete Eizelle injiziert. Bei 104 Experimenten entstanden 35 Embryonen und 27 Kaulquappen.

1962 gelang es, Zellen aus dem Darmtrakt von Krallenfröschen zu klonen.

1975 entstehen aus Darm- und Hirnzellkernen implantiert in entkernte Eizellen ganze Krallenfrösche.

1994 läßt man die Zelle eines Schafembryos mit einer zuvor entkernten unbefruchteten Eizelle verschmelzen. Mit diesem erfolgreichen Experiment ist zum ersten Mal das Klonen von Säugetieren nachgewiesen. Zwei Jahre später gelingt es, Kälber aus embryonalen Zellen, die schon älter als eine Woche sind, zu klonen. Damit ist belegt, dass eine Eizelle in der Lage ist, einen Körperzellkern in den ursprünglichen Entwicklungszustand zu versetzen, also zurückzuprogrammieren.

1994 will ein amerikanischer Reproduktionsmediziner belegen, dass auch menschliche Embryonen geklont werden können. Er zerlegt einen frühen Keim in der Kulturschale in Teile, lässt diese eine Zeit lang heranwachsen, bevor er sie abtötet.

1994 werden zwei Schafe aus Embryozellen geklont. Ein Jahr später wird das berühmte Schaf **Dolly** geboren, ein Klon aus einer Euterzelle eines erwachsenen sechsjährigen Mutterschafs. 277 Versuche wurden für den Erfolg benötigt.

1997 teilt ein amerikanischer Reproduktionsmediziner mit, er wolle Menschen klonen.

Inzwischen hat man einen gentechnisch veränderten Klon, geschaffen: das Schaf **Polly**, ein aus Körperzellen geklontes Schaf, denen ein menschliches Gen eingesetzt wurde, eine echte **Schimäre**! Auch Schimären zwischen Schaf und Ziege sind durch Kombination von Blastocystenzellen beider Arten erzeugt worden.

Das eigentliche Ziel des REPRODUKTIVEN KLONENS ist es, genetisch identische Kopien eines erwachsenen Lebewesens herzustellen oder die identische Vervielfältigung von DNS-Molekülen und Einzelzellen. Da aber Organeile von Wirbeltieren nicht in der Lage sind, sich in der Kulturschale zu einem neuen Ganzen zu entwickeln, gilt es einen anderen Weg zu finden:

Das Erbgut der ersten Zelle eines neuen Individuums die, nach der Verschmelzung von Eizelle und Spermium entstanden ist, die Zygote, besitzt, wie oben erläutert, die gesamte genetische Information für den neuen Organismus. Auch alle Zellen des adulten Organismus beinhalten noch diese vollständige genetische Information. Wenn man den Zygotenkern durch den Kern einer Körperzelle ersetzt, dann müsste sich ein Organismus entwickeln, der eine identische Kopie des Kernspenders wäre:

1. Man entnimmt das Erbgut alten ausgewachsenen Zellen des zu klonenden Organismus.
2. Übertragung in eine vorher entkernte Eizelle eines anderen Tieres und Verschmelzung.
3. Die fusionierte Zelle beginnt mit den Furchungsteilungen.
4. Der Embryotransfer in den Uterus einer Leihmutter erfolgt im Blastocystenstadium.
5. Das erzeugte Tier stimmt genetisch mit dem Kernspender überein. Sie ist dessen Klon.

Einige wichtige Voraussetzungen müssen erfüllt sein, wenn das zu klonende Erbgut von erwachsenen Tieren stammt:

Man kann nur Zellkerne aus Körperzellen für den Kerntransfer entnehmen, die sich in einer teilungsinaktiven Phase (G₀-Phase) befinden, oder die man mit Hilfe einer zwischengeschalteten Zellkultur in diese G₀-Phase versetzt. Im Ruhezustand des Erbguts in der Zelle zwischen zwei Zellteilungen ist eine biochemische Umprogrammierung möglich.

Die vorher entkernten Eier müssen die fremde DNS, die ja aus einem erwachsenen Organismus stammt, zurückprogrammieren. Statt hochspezialisierte Aufgaben zu erfüllen, wie im adulten Organismus nötig, muss das genetische Programm in den Urzustand zurückversetzt werden. In einer differenzierten Zelle sind andere Gene aktiv als zu Beginn der Entwicklung. Vorläufig unverstanden bleibt die Natur dieser Reprogrammierung, zumal sich nicht alle adulten Zelltypen zum Klonen eignen und bei den geeigneten Zellkernen die Erfolgsquote relativ gering ist.

Ob die bisher noch niedrige Erfolgsrate des Klonens bei Säugetieren mit einem zufallsbedingten Verlust des korrekten Reprogrammierens zu erklären ist, ob dies ein biologisches oder ein technisches Problem ist, lässt sich derzeit nicht beantworten.

Schließlich stellt sich die Frage, ob die Klonierung auf den Menschen zu übertragen sei.

Selbst wenn irgend jemand jenseits unserer heute gültigen ethischen Überzeugung das Klonen beim Menschen befürworten würde, müsste allein der Gedanke an die geringen Erfolgschancen und die Zahl der Frauen, die dabei als Leihmütter viele abgebrochene Schwangerschaften, Deformationen der Föten, Fehl- und Missgeburten, erleben würden, zurückschrecken . Deshalb sind die Pläne von bestimmten Reproduktionsmedizinern, die sich möglichst bald selbst und ihre gesamte Familie klonen möchten, unverantwortlich. Auch Ankündigungen, wie kürzlich auf dem Workshop „Human Therapeutic Cloning“ in Rom, einem unfruchtbaren Mann zu Nachkommen zu verhelfen, sind zutiefst abzulehnen und offenbaren nur das Geltungsbedürfnis bestimmter Reproduktionsmediziner. Es ist geplant, Zellkerne aus Körperzellen eines zeugungsunfähigen Mannes in die entkernten Eizellen der Ehefrau zu transferieren. Der in der Kulturschale heranwachsende Embryo würde schließlich in den Uterus implantiert. Das geklonte Baby wäre genetisch identisch mit dem Vater, sein eineiiger Zwilling, nur um zig Jahre später geboren.

Wer das Babyklonen allein als Privatangelegenheit der Eltern definiert und mit dem Menschenrecht auf eigene Nachkommen begründet, der setzt sich zynisch über alle ethisch moralische Normen hinweg; er verkennt auch die Gefahren für Mutter und Kind.

Die Technik des reproduktiven Klonens ist immer noch in Tierversuchen durch viele Fehlschläge gekennzeichnet. Die Erfahrung lehrt zwar, dass Reproduktionstechniken relativ rasch von der Biologischen Forschung auf die Humanmedizin übergehen, doch beim Klonen dürften wegen der vielen unverstandenen Probleme und extremen Risiken noch viele Jahre vergehen, bis diese exotischste Form menschlicher Fortpflanzung praktikabel wird. Zum Klonen des Schafes Dolly benötigte man seinerzeit fast 300 Eizellen, um 29 Embryonen herzustellen.

Zur Enttäuschung der Befürworter wird die identische Kopie eines Menschen zunächst noch eine Illusion bleiben. Dieses Resümee darf jedoch nicht dazu führen, das Problem zu verdrängen und Entschlüsse pro oder kontra gar aufzuschieben. Die anstehende Entscheidung ist zunächst nur vertagt.

Die einzige vernünftige Begründung für das Klonen von menschlichen Zellen könnte derzeit sein, für Todkranke rettendes Ersatzgewebe, etwa Knochenmark, zu erzeugen, um dieses schließlich auf den Kranken zu übertragen.

Die Anhänger dieses THERAPEUTISCHEN KLONENS argumentieren denn auch:

„Nicht die Wissenschaftler werden die Politiker zwingen, die deutschen Gesetze zu ändern und Therapeutisches Klonen zu erlauben, sondern die Patienten“!

Zur Heilung chronischer Krankheiten, lebensbedrohlicher Tumore oder auch von Erbkrankheiten bietet es sich an, den Kranken gesunde Zellen oder Gewebe, die den Defekt nicht besitzen, zu übertragen. Die implantierten Zellen dürften dann in der Lage sein, den Mangel auszugleichen.

Ziel der Zelltherapeuten ist es also, speziell gezüchtete Zellen, Gewebe oder gar ganze künstliche Organe für die Übertragung auf Kranke herzustellen. In diesem sich rasch entwickelnden Zukunftsgewerbe wird der Erfolg letztlich von der Technik des Klonens abhängen. Das Kopierverfahren liefert den Zellzüchtern die Stammzellen, aus denen sich sämtliche menschlichen Gewebe aufbauen lassen. Und wenn alte und neue Gene dabei identisch sind, gibt es keine Abstoßungstendenzen beim zu übertragene Gewebe, wie sie regelmäßig nach der Transplantation von Fremdgewebe auftreten. Es gilt zwar noch viele technische Probleme zu überwinden, bevor solche Aussichten Realität werden, der Weg dahin wird jedoch schon beschritten. Zellzuchtfirmen bieten bereits menschliches Ersatzgewebe, wie künstliche Haut oder Knorpel zur Übertragung an. Einige Dutzend Firmen züchten inzwischen zahlreiche menschliche Gewebsarten, wie Haut, Sehnen, Knochen, Herzklappen, Adern, Harnblasen, Zahnschmelz, Brustwarzen, insulinproduzierende Zellen, Leber- oder Nervengewebe. Noch sind nicht alle Ersatzteillager medizinisch einsatzfähig. Es bedarf zwar noch Jahre intensiver Forschung, bis sich krankes durch gesundes Gewebe ersetzen lässt. Sicher ist aber: eine tiefgreifende Revolution in der Medizin steht bevor.

Ausgangsbasis für die Zellzucht sind die Stammzellen, aus denen sich die alle anderen Zelltypen ableiten:

1. Die besten Voraussetzungen bringen die Stammzellen aus der Embryonalanlage mit. Zellen aller Entwicklungsstadien bis zur Blastocyste sind geeignet.
2. Die Stammzellen können abgetriebenen Föten entnommen werden, am besten Urkeimzellen.
3. Überzählige Embryonen aus den Befruchtungskliniken stehen in großer Zahl zur Verfügung.
4. Die Nabelschnur von Neugeborenen oder die Plazenta enthalten undifferenzierte embryonale Zellen
5. Auch somatische Stammzellen durch Biopsie dem blutbildenden Gewebe oder dem Gehirn entnommen können verwendet werden.

Die Stammzellen werden in der Zellkultur vermehrt und durch die Zugabe geeigneter Wachstumsfaktoren ausdifferenziert.

Auch auf der Grundlage tierischer Eizellen ist eine Zellzüchtung denkbar, um krankes Gewebe zu ersetzen: Dabei wird die DNS eines Kranken in eine vorher entkernte tierische Spendereizelle injiziert und nach der Vermehrung in der Kulturschale in den Organismus zurückimplantiert.

Von essenzieller Bedeutung für die Ausdifferenzierung der Stammzellen ist die Zugabe der Wachstumsfaktoren. Schon Spemann wies um 1920 mittels Transplantationsexperimenten an Molchkeimen einen Keimbereich nach, der entwicklungsbestimmend ist und die Embryobildung erst möglich macht. Er ist verantwortlich für die Bildung der Körpergrundgestalt. Wird dieser Keimteil an eine andere Stelle im Embryo oder in einen anderen Embryo transplantiert, dann induziert er in der neuen Umgebung die Entwicklung einer weiteren Embryonalanlage, also einen zusätzlichen Organismus. Es kommt zur

Bildung von siamesischen Zwillingen. Spemann nannte diesen Keimbereich Organisationszentrum und postulierte Induktionsfaktoren auf einer stofflichen Grundlage. Eine chemische Substanz signalisiere den Embryozellen, in welche Richtung sie sich zu differenzieren hätten.

Die Suche nach den Induktionsstoffen, mit der ganze Forschergenerationen beschäftigt waren, hatte schließlich zu Beginn der 80er Jahre Erfolg. Um Krebs auslösende Mechanismen zu finden, hatte man eine Substanz aus Rinderhirnen isoliert und chemisch charakterisiert, die als „Fibroblast Growth Factor“ (FGF) bezeichnet wurde. Der Beweis, dass es sich hierbei um die Wachstumsfaktoren sowie die lange gesuchten Induktionsfaktoren handelte, glückte 1987. Zugabe von FGF führt zur Bildung von Mesodermzellen, aus denen zum Beispiel Muskulatur und die meisten inneren Organe hervorgehen. Injiziert man zu wenig von dieser Substanz, dann werden Rumpf- und Schwanzbildung unterdrückt. Gibt man aber zuviel Wachstumsfaktor hinzu, dann unterbleibt die Kopfbildung. Es entstehen bei einer Überdosis kopflose Tiere.

Diese Befunde lassen realisierbare Spekulationen über die Zucht von Ersatzgewebe zu. Die Erzeugung „kopfloser Organsäcke“, die ein Reservoir für Ersatzgewebe wären, ist danach vorstellbar. Weitere Nahrung erhalten solche Spekulationen dadurch, dass man immer mehr Gene identifiziert, die bei Tieren wie beim Menschen kaum Unterschiede aufweisen und in die Embryonalentwicklung eingreifen. Eine ganze Klasse von Genen, die sogenannten Homöoboxen sind quer durch das Tierreich und beim Menschen identisch und stehen in Beziehung zu den Wachstumsfaktoren.

Vor der Übertragung in den Organismus müssen die zu implantierenden Zellen auf ihre Eignung hin untersucht werden. Das geschieht am besten mit Genchecks, wie sie in Risikofällen, etwa bei vorliegenden Erbkrankheiten, in den Fertilisationskliniken im Ausland eingesetzt werden.

Die nach einer In vitro Befruchtung erzeugten Embryonen werden, bevor man sie in den Uterus einsetzt, einem Gencheck unterzogen, um auszuschließen, dass geschädigte Zellen übertragen werden. Bei dieser Präimplantationsdiagnostik genannten Methode, die zum Ziel hat, „*unwertes Leben*“ zu eliminieren, entnimmt man eine Zelle der Zuchtschale und unterzieht deren DNA einer Genomanalyse. Mit Hilfe des Genchecks lässt sich daraufhin klären, ob die untersuchte Zelle den Erwartungen entspricht. Geschädigte Keime lassen sich so relativ leicht identifizieren und eliminieren.

Auch beim therapeutischen Klonen müssten die in der Kulturschale gezüchteten Zellen einem derartigen Check unterzogen werden, damit gesichert ist, dass nur intakte Zellen mit den gewünschten Eigenschaften übertragen werden.

Derartige Manipulationen am Embryo sind Qualitätskontrollen und dienen der biologischen Selektion. In Deutschland sind diese sogenannte verbrauchende Embryonenforschung und die Präimplantationsdiagnose durch das *Embryonenschutzgesetz von 1990* untersagt. Auch das Konservieren, also das Einfrieren von befruchteten Eizellen für Forschungszwecke ist nicht erlaubt. In den USA und England dagegen bis zum 14 tägigen Embryo genehmigt. Auch Frankreich beabsichtigt die Präimplantationsdiagnostik einzuführen.

Inzwischen kann man Embryonen auch käuflich erwerben:

Bei der extrakorporalen Besamung und Befruchtung in den Fertilisationskliniken gewinnt man stets mehr Embryonen, als sie für die Implantation in den Uterus benötigt werden. Diese überschüssigen Keime werden regelmäßig der Embryoforschung zum Kauf angeboten. Man nimmt an, dass weltweit weit mehr als 100 000 Embryonen aus künstlichen Befruchtungen eingefroren zu Verfügung stehen. Auch embryonale Stammzellkulturen werden inzwischen kommerziell angeboten.

Die Züchtung embryonaler Stammzellen setzt zwar nicht mehr die Erzeugung eines ganzen Menschen oder eines Fötus voraus, um an die medizinisch benötigten Transplantationsgewebe zu gelangen. Es bleibt aber trotzdem ein ethisches Dilemma:

Darf man eine Blastocyste zerstören, aus der potentiell ein ganzer Mensch entstehen könnte? In Deutschland, verbietet das Embryonenschutzgesetz solche Eingriffe. Geraten wir aber, wo die Bedenken im Ausland immer mehr schwinden und das reproduktive wie das therapeutische Klonen in vielen Ländern bereits erlaubt ist, nicht zunehmend in die Isolation? Und haben wir nicht mit erheblichem technologischen und demzufolge wirtschaftlichen Schaden zu rechnen, wenn wir uns an diesem Wettlauf nicht beteiligen?

Eine Alternative in diesem ethischen Konflikt sehen viele Forscher in der Verwendung somatischer Stammzellen, also im Verzicht auf die Embryonenforschung. Diese Zellen besitzen ebenfalls hohe Wandlungsfähigkeiten. Bei Erwachsenen kommen sie zum Beispiel in Regionen des Gehirns, der Haut, im Knochenmark, im Darm, in der Leber, in der Keimbahn vor. Auch abortive Föten dienen als Lieferanten von somatischen Stammzellen, und aus der Nabelschnur Neugeborener können sie entnommen werden.

Inzwischen liegen einige erfolgreiche Experimente mit somatischen Stammzellen vor, die die ungeahnten Möglichkeiten andeuten: Im November des letzten Jahres berichteten Forscher auf dem Kongress der amerikanischen Herzgesellschaft (AHA) über die Umwandlung von Blutstammzellen in Herzmuskelgewebe.

In der letzten Ausgabe der Naturwissenschaftszeitschrift *Nature* sind Forschungsergebnisse an Infarktmäusen dargestellt, denen eigene Stammzellen aus dem Knochenmark in die geschädigte Herzgegend übertragen wurden. Es bildeten sich neues Herzmuskelgewebe und Gefäßstrukturen.

In der wissenschaftlichen Zeitschrift *Science* erschienen kürzlich zwei Publikationen zur Umwandlung von Knochenmarks- und Blutstammzellen in Nervengewebe. Einem der Stammzellpioniere gelang es im letzten Jahr, aus den Hirnen von fünf Spendern, bis zu 20 Stunden nach deren Tod funktionierende Vorläuferzellen zu isolieren. Obwohl der älteste Spender schon 72 Jahre alt war, habe man aus den Stammzellen funktionierende Neuronen entstehen lassen. Dadurch wurde gezeigt, dass dieses Gewebe eine mögliche Quelle menschlicher neuronaler Zellen für Transplantationsexperimente sein könnte.

Solche Befunde lassen darauf hoffen, dass man letztlich bei der Gewebe- und Organzüchtung auf embryonales Material verzichten wird können.

Auch für die Gentherapie (somatische Gentherapie) sind die somatischen Stammzellen bestens geeignet:

Sie ist ein neuartiger Ansatz, um genetische Defekte oder lebensbedrohliche Krankheiten zu behandeln. Auch chronische Krankheiten könnten gentherapeutisch behandelt werden.

Man kennt bereits eine Vielzahl von Krankheiten, die durch Gendefekte verursacht werden. Etwa 40 davon werden inzwischen routinemäßig durch Genchecks erfasst.

Solche Gendefekte beruhen vielfach darauf, dass die Kranken bestimmte lebenswichtige Wirkstoffe selbst nicht produzieren können. Ziel der Gentherapie ist es, die jeweilige Krankheit dadurch zu heilen, dass der Gendefekt durch die Übertragung gesunden genetischen Materials in Körperzellen repariert wird. Dazu muss das Gen in die Körperzellen des Patienten eingeschleust werden. Man entnimmt dem Patienten somatische Stammzellen; kultiviert sie in der Zellkultur; mit Hilfe eines geeigneten Vektors werden die Zellen genetisch verändert, um sie nach erfolgter Vermehrung in der Zellkultur dem Patienten zurückzugeben. Die Vektoren sind das Transportsystem. Sie dienen als Vehikel für die zu übertragenden Gene, dringen in die Zellkerne ein und übertragen die an sie

gekoppelten DNS-Moleküle. Die Vektoren selbst dürfen sich in den veränderten Zellen nicht weiter vermehren oder verbreiten. Geeignet sind zum Beispiel Viren oder Liposomen. Nachteile der Gentherapie mit Somazellen: Die implantierten gentechnisch veränderten autologen Zellen besitzen nur eine begrenzte Lebensdauer. Das hat zur Folge, dass die Behandlung ständig wiederholt werden muss. Embryonale Stammzellen dagegen würden eine dauerhafte Heilung bringen. Sie versetzen das transferierte Erbgut in den ursprünglichen, den undifferenzierten Zustand, wodurch das Zellalter gleichsam auf Null gesetzt wird und alle Entwicklungsmöglichkeiten gegeben sind.

Qualitätskontrollen und biologische Selektionen von menschlichen Keimen sind schon Realität. Zwei Fälle aus der Praxis sollen das hier exemplarisch belegen:

Ein bis heute sehr umstrittenes Verfahren ist von einem Reproduktionsmediziner in die Praxis umgesetzt worden, das die Frage aufwirft, ob ein Embryo Mittel zum Zweck sein darf!

Im Reagenzglas erzeugte Embryonen wurden mit Hilfe der Präimplantationsdiagnostik auf eine erbliche Immunschwäche, an der die betreffende Familie leidet, getestet. Dazu wird dem Embryo eine Zelle entnommen und das Erbgut per Gentest analysiert. Auf Drängen der Eltern und mit Genehmigung der Ethikkommission der Klinik wurde ein Embryo selektiert – 14 nicht geeignete Embryonen wurden verworfen - und implantiert, der später einmal passendes Knochenmark für ein todkrankes Geschwisterkind spenden soll. Dieses Kind leidet an einer ererbten Immunschwäche und wird nur dann überleben, wenn es Knochenmark erhält von dem eigens dafür produzierten noch nicht geborenen Fötus.

Hier gewinnen Fragen, die bisher nur in informierten Wissenschaftlerkreisen und von Ethikern diskutiert wurden, eine praktische Relevanz.

Darf man einen Embryo auf seinen medizinischen Nutzen hin als zukünftigen Organspender selektieren, zu einer Zeit, bevor er überhaupt im Mutterleib heranwachsen konnte? Wird damit der Mensch zum programmierten Ersatzteillager? Oder anders gefragt, darf man ein krankes Kind sterben lassen, obwohl man den Weg kennt, es zu retten? Sind Qualitätskontrollen des Erbguts überhaupt zu erlauben?

Eine andere äußerst umstrittene Technik, die einen Eingriff in die Keimbahn darstellt, ist inzwischen Realität: Dabei werden kleine Mengen Zellplasma aus Spendereizellen mit den Spermien bei der künstlichen Befruchtung in überalterte Eizellen injiziert. Bei der Übertragung des Eiplasmas gelangen fremde Mitochondrien, Zellorganelle, die der Energieversorgung dienen in das befruchtete Ei. Diese enthalten jedoch eigene Erbsubstanz. Die auf diese Weise erzeugten Kinder (bisher 16) besitzen nach dem Zytoplasmatransfer in ihren Körperzellen nicht nur die Gene von Vater und Mutter, sondern auch Genmaterial aus dem gespendeten Eiplasma einer weiteren Frau, das weitervererbt werden kann. Sie haben drei genetische Eltern. Auch wenn bei diesem Verfahren nicht gezielt Gene verändert werden, so ist es doch als Keimbahntherapie zu bezeichnen. Als Folge des Eiplasmatransfers kommt es zur Vermischung der im Eiplasma enthaltenen Botenmoleküle, genetische Abschriften aus dem mütterlichen Erbgut. Sie steuern die Entwicklung des frühen Embryo. Erst später wird das eigene Erbgut des Embryo aktiv. Diese „Verjüngungskur“ gealterter Eizellen verbunden mit der Veränderung der Keimbahn hat erneut bioethische Debatten unter den Experten ausgelöst und dokumentiert, dass es offenbar keine Grenzen für Manipulationen jeder nur denkbaren Art zu geben scheint.

Zusammenfassend lässt sich resümieren:

Das Klonen liefert den Beweis, dass in jeder Stammzelle und nicht nur in der Keimzelle, potentiell ein ganzer Mensch steckt. Damit ist die grundsätzliche Frage nach dem menschlichen Leben und dem individuellen Sein aufgeworfen. Dass menschliches Leben schützenswert ist, steht außer Frage gestellt. Es ist – nach dem Grundgesetzauftrag - unantastbar . Wann aber, in welchem Stadium beginnt das eigentliche Individuelle Leben, das den Schutz durch das Gesetz genießt, das sowohl einen rechtlichen und auch einen moralischen Anspruch auf die eigene Existenz besitzt. Für einen Embryo steht das außer Frage. Gilt das aber auch für einen Zellhaufen oder Einzelzellen? Besonders , wenn schon aus einer Zelle, der Stammzelle bei geeigneten Bedingungen ein ganzer Mensch entstehen kann?

Wer dem menschlichen Embryo nicht von Beginn an rechtlichen Schutz gewährt, - menschliches Leben beginnt mit der Verschmelzung von Ei- und Samenzelle - der wird später keinen überzeugenden Zeitpunkt festlegen können, ohne sich dem Vorwurf interessengeleiteter Willkür auszusetzen. Manche Reproduktionsmediziner machen es sich sehr einfach. Um mögliche Einwände zu entkräften, konstruieren sie inzwischen eine präembryonale Phase, die der eigentlichen Entwicklung zum Menschen vorgeschaltet sein soll. Diese Definition löst aber das Problem nicht – besonders, wenn man die Entwicklungspotentiale der Stammzellen berücksichtigt. Es gilt daher, in der anstehenden Debatte ein philosophisch, ethisches Problem zu erörtern und einen für die Gesellschaft akzeptablen Standort zu finden.

Möglichst präzise sollte formuliert werden, welche Verfahren der Reproduktionsmedizin erlaubt und welche verboten sein sollen.

Auch die Frage, ob wir zum Heilen Medikamente benötigen und auch wollen, für deren Herstellung anderes Leben nur zum Zwecke des Verbrauchs erzeugt wurde, muss beantwortet werden!

Gibt es ein Recht oder einen Anspruch auf Gesundheit?

Die Bundesärztekammer hat sich festgelegt:

Die Präimplantationsdiagnose (PID) von künstlich erzeugten Embryonen vor der Einpflanzung in den Mutterleib nur bei schwersten Erbkrankheiten zuzulassen, nicht aber zur Feststellung von Qualitätsmerkmalen! Aber wo ist die Grenze zu ziehen? Was sollte noch erlaubt sein? Die Forschung eröffnet immer weitere Perspektiven, bedrohliche Krankheiten auszumerzen.

Die mögliche Konsequenz: Die Bereitschaft, Erbkrankheiten zu tolerieren wird in der Gesellschaft sinken, bis zum psychischen Druck auf die Betroffenen. Als Ergebnis droht die Ausgrenzung, wie sie schon heute von Versicherungen teilweise praktiziert wird, die Genchecks fordern und den Versicherungsschutz davon abhängig machen. Letztlich könnte das die gesellschaftliche Diskriminierung von erblich Belasteten zur Folge haben.

Viele Wissenschaftler weisen noch jede Verantwortung von sich. Sie sagen: ich forsche nur – über die Anwendung muss die Gesellschaft entscheiden, oder, die Kranken würden die Politiker schon dazu veranlassen, die Gesetze zu ändern. Auch reproduktives Klonen sei ethisch geboten, wenn die Unfruchtbarkeit nicht anders zu beheben sei. Auch das Klonen von Embryonen zu therapeutisch heilenden Zwecken müsse erlaubt sein!

Die Entwicklungsbiologen, die seit Beginn des letzten Jahrhunderts experimentelle Embryonenforschung an Wirbellosen und Wirbeltieren betreiben und für die die Übertragung von Zellkernen seit etwa 1960 zur Routine geworden ist, sind sehr viel zurückhaltender als die Reproduktionsmediziner, deren Tatendrang und Euphorie momentan kaum zu bremsen ist.

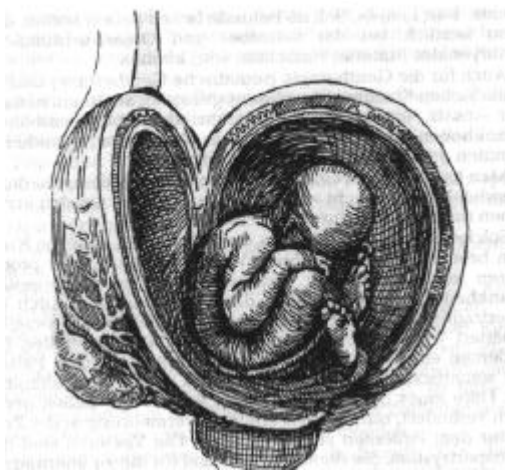
Die Entscheidung für oder gegen das Reproduktive wie auch das Therapeutische Klonen darf nicht den Wissenschaftlern überlassen werden. Es sollte eine für die Gesellschaft akzeptable von der Mehrheit getragene Lösung angestrebt werden, da die gegensätzlichen Auffassungen einen Kompromiss oder Konsens momentan wohl ausschließen.

Noch gilt das im Grundgesetz verankerte Recht auf die Wahrung der Menschenwürde. Folgt daraus nicht zwingend ein Verzicht auf die menschliche Embryonenforschung? Beide Kirchen lehnen sie strikt ab. Sie befürchten den Missbrauch menschlichen Lebens und dessen Herabstufung zur verfügbaren Biomasse. Bundespräsident Rau hat eine Selbstbeschränkung der Forschung angemahnt, vor dem grenzenlosen Fortschrittsglauben der Biomedizin und Gentechnik gewarnt und klare moralische Grenzen gefordert. Die Präimplantationsdiagnostik öffne das Tor zur biologischen Selektion. Der Bundeskanzler hat den Gesamtkomplex zur Chefsache gemacht und eher pragmatischere Vorstellungen. Er sieht die Biotechnologie als Schlüsseltechnologie des Jahrhunderts, ohne die der Wohlstand nicht zu sichern sei und plädiert für eine begrenzte Forschung an überzähligen befruchteten Eizellen sowie für die Zulassung der Präimplantationsdiagnostik bei genetisch belasteten Eltern. Darf man aber einen ethischen Anspruch zum Heilen mit einer Ethik der Achtung vor der Schöpfung gleichsetzen?

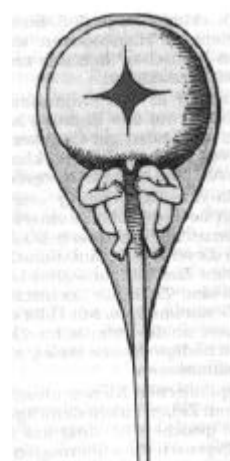
Die deutsche Ärzteschaft hat sich auf ihrem diesjährigen Deutschen Ärztetag gegen die Öffnung des Embryonenschutzgesetzes und die Forschung an embryonalen Stammzellen entschieden. Auch der Import von Stammzellkulturen sei nicht zu akzeptieren.

Dagegen hat die Deutsche Forschungsgemeinschaft kürzlich ihre bisherige Zurückhaltung aufgegeben und verlangt vom Gesetzgeber die Freigabe der embryonalen Stammzellforschung und die Erlaubnis zum Import von Stammzellkulturen. Die Forschung an Stammzellen sei erforderlich, um die Mechanismen der Zellprogrammierung zu begreifen. Erst auf der Grundlage dieser Kenntnisse würden die somatischen Stammzellen wunschgemäß einsetzbar und der Verzicht auf Embryozellen sei zu realisieren.

In welche Richtung sich die Diskussion bei uns entwickelt, ist momentan noch nicht abzusehen. Die ernsthafte Debatte über die Bioethik hat erst begonnen. Es bleibt nur zu hoffen, dass bei der sich abzeichnenden Entwicklung die im Grundgesetz verankerten Rechte beachtet werden.



Fetus im geöffneten Uterus
nach LEONARDO DA VINCI



Zeichnung eines
Spermiums aus dem 17.
Jahrhundert von HARTSOEKER