



Individuality and integrity of humans in the modern age: Considerations of a natural scientist

Authors: Werner Schempp
Submitted: 20. April 2017
Published: 21. April 2017
Volume: 4
Issue: 2
Keywords: Individuality, germ cells, embryogenesis, in vitro fertilization, epigenetics, arts and science
DOI: 10.17160/josha.4.2.284

JOSHA

josha.org

**Journal of Science,
Humanities and Arts**

JOSHA is a service that helps scholars, researchers, and students discover, use, and build upon a wide range of content

Individualität und Unversehrtheit des Menschen im Zeitalter der Moderne: Betrachtungen eines Naturwissenschaftlers

Prof. Dr. Werner Schempp

Institute of Human Genetics, Faculty of Medicine, Albert-Ludwigs

University of Freiburg, Freiburg, Germany

Abstrakt

Den weitreichenden Erkenntnissen aus der naturwissenschaftlichen Forschung vergangener Jahrzehnte verdanken wir ungeahnte und rasante Fortschritte in den medizinischen Untersuchungs- und Therapiemethoden. Über das Internet stehen uns heute binnen Sekunden weltweit Informationen zur Verfügung, die über die sozialen Medien eine „Realität“ schaffen, deren Wahrheitsgehalt kaum noch nachprüfbar ist. Einerseits lässt diese Entwicklung den modernen Menschen in den hochtechnisierten Regionen unserer Welt mehr denn je nach Individualität und Selbstverwirklichung streben. Andererseits begünstigen diese technischen Möglichkeiten, unter anderem durch die Eingriffe in der Reproduktionsmedizin, durch die Organtransplantation, durch Fortschritte in den Klonierungstechniken, oder auch durch die Entwicklung künstlicher Intelligenz, eine „De-Individualisierung“ des Menschen.

Die Kunst vermag Vermittlerin zu sein für eine Überwindung dieser durchaus polaren Entwicklung in der heutigen Wissenschaft.

Den weitreichenden Erkenntnissen aus der naturwissenschaftlichen Forschung vergangener Jahrzehnte und den darauf basierenden technischen Möglichkeiten verdanken wir ungeahnte und rasante Fortschritte in den medizinischen Untersuchungs- und Therapiemethoden. Über das Internet stehen uns heute binnen Sekunden weltweit Informationen zur Verfügung, die über die sozialen Medien eine „Realität“ schaffen, deren Wahrheitsgehalt kaum noch nachprüfbar ist. Einerseits lässt diese Entwicklung den modernen Menschen in den hochtechnisierten Regionen unserer Welt mehr denn je nach Individualität und Selbstverwirklichung streben. Andererseits begünstigen diese technischen Möglichkeiten, unter anderem durch die Eingriffe in der Reproduktionsmedizin, durch die Organtransplantation, durch Fortschritte in den Klonierungstechniken, oder auch durch die Entwicklung künstlicher Intelligenz, eine „De-Individualisierung“ des Menschen.

Die Frage ist, welches Bewusstsein der einzelne Mensch von dieser dualen und durchaus polaren Entwicklung hat. Dabei sollten wir vor Augen haben, dass bei ganzheitlicher Betrachtung alle persönlichen Sinneseindrücke in jedem Zeitintervall in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft einen Einfluss auf die Bewusstseinsentwicklung eines Individuums ausüben.

Fragen wir uns zunächst: Ab wann beginnt individuelles menschliches Leben? Ab wann haben wir es mit einem einzelnen, unwiderruflich individuellen Menschen zu tun? Um einer Antwort dieser Fragen näher zu kommen sollten wir zuerst etwas detaillierter auf die Entstehung und Reifung der Keimzellen schauen, die geschlechtlich hoch polarisiert erscheinen.

Entstehung und Reifung der Keimzellen *in vivo*

In der dritten Embryonalwoche entwickeln sich in der Wand des Dottersacks undifferenzierte „Urkeimzellen“. Diese wandern ab der vierten Woche unter mitotischer Zellteilung und Vermehrung in die Gonadenanlagen, die sich Anfang der sechsten Woche im männlichen Geschlecht zu Spermatogonien mit den darin enthaltenen „Ursamenzellen“ und im weiblichen Geschlecht zu Oogonien mit den darin enthaltenen „Ureizellen“ differenzieren.

In der männlichen Keimbahn werden pränatal diese Ursamenzellen in den Hoden von den Sertolizellen in ihrem Reifungsprozess angehalten, verbleiben also relativ undifferenziert. Erst mit Einsetzen der Pubertät beginnt der eigentliche Reifungsprozess der Spermatogonien im Hoden. Dabei entstehen extrem kleine, plasmaarme, fast nur aus haploidem Kern und Geißel bestehende Spermien, die in plasmareiche Sertolizellen als Nährzellen eingebettet sind. Aufgrund ihrer stark verschobenen Kern-Plasma-Relation vermögen die Samenzellen im Hoden nur mit Hilfestellung der Sertolizellen auszureifen.

In der weiblichen Keimbahn hingegen setzt bereits pränatal eine starke mitotische Vermehrung der Eizellen ein. Ab dem dritten Monat treten erste Eizellen in die Reifung ein. Es erscheinen erste meiotische Kerne, die allerdings in einem frühen Meiose-Stadium, dem Diplotän, in einem Wartestadium arretiert werden. Dieses Wartestadium wird als Diktyotän bezeichnet. Bis zur Geburt eines Mädchens erreichen alle Eizellen dieses Diktyotän-Wartestadium. In diesem Stadium sind die extrem plasmareichen und weiterhin diploiden Eizellen von einer Glanzhülle, der Zona pellucida umgeben und sind eingebettet in ein Epithel von plasmaarmen Follikelzellen. Analog zu der Situation im männlichen Geschlecht, vermögen auch hier aufgrund der stark verschobenen Kern-Plasma-Relation in der Folge die Eizellen im Ovar nur mit Hilfestellung der Follikelzellen auszureifen. Erst mit Beginn der Pubertät wird unter hormonalem Einfluss in einigen Eizellen die Meiose wieder in Gang gesetzt, bis diese dann mit der Abtrennung des 1. Polkörperchens in

Metaphase II wieder arretiert werden. Nach der Ovulation gelangt dann im Normalfall eine dieser großen, plasmareichen Eizellen im Meiose-Stadium der Metaphase II in den oberen Eileiter. Erst mit dem dortigen Eindringen eines Spermiums in die Eizelle wird dann die Meiose abgeschlossen. In diesem Stadium sehen wir innerhalb der Glanzhülle die große, plasmareiche Eizelle mit den darin liegenden haploiden Vorkernen und drei kleinen Polkörperchen am Rand der Eizelle (Abb. 1).



Abb. 1: Besamte Eizelle mit zwei haploiden Vorkernen. (Aus [1])

Zusammenfassend kann gesagt werden:

Aufgrund ihrer polaren Vereinseitigung haben Eizellen und Spermien das biologische Gleichgewicht verloren und sind deshalb außerhalb von Ovar und Hoden nur ein bis zwei Tage lebensfähig. Die Keimzellen haben die individuelle Eiweißstruktur verloren, ansonsten würde bei der Befruchtung eine Immunabwehr erfolgen. Selbst die individuellen epigenetischen mütterlichen und väterlichen Muster sind in Eizellen und Spermien weitgehend gelöscht. Lediglich einige wenige, spezifisch im mütterlichen und väterlichen Genom entgegengesetzt programmierte Muster bleiben erhalten [2]. Das heißt, die Vitalität und die Individualität von Eizelle und Spermium sind extrem verringert, was erst durch die Befruchtung überwunden wird. Man könnte auch sagen, die Individualität von Mutter und Vater muss erst gelöscht werden, damit sich im Kind ein neues, stets menschliches Individuum entwickeln kann.

Natürliche Befruchtung - *in vivo*-Fertilisation

Nach der Verbindung der extrem plasmareichen Eizelle und des plasmaarmen Spermiums bildet sich durch die Verschmelzung der haploiden Vorkerne die totipotente Zygote. Erst hier sprechen wir von

der Befruchtung. In der Folge kann es wieder zu einer Harmonisierung des biologischen Substrats kommen. Zunächst verdoppelt sich nach etwa 24 Stunden das gemeinsame Zellkernmaterial und verteilt sich auf zwei neue Zellkerne. Durch die einfache Durchschnürung des vorhandenen Eiplasmas erhält jeder neue Zellkern gleich viel Plasmamenge. Das Zweizellstadium ist erreicht (Abb. 2).



Abb. 2: Embryonales Zweizellstadium. (Aus [1])

Bald danach wiederholt sich dieser Vorgang und das Vierzellstadium ist erreicht. Neuere Untersuchungen belegen, dass bis zu diesem Stadium das eingebrachte mütterliche und väterliche Genom stumm ist und erst mit den nächsten Zellteilungsschritten die genetische Aktivierung des embryonalen Keims beginnt [3; 4]. Ebenso zeigen neuere Studien, dass auch die epigenetische Re-Programmierung in dieser frühen Phase der postzygotischen Zellteilung stattfindet [2]. Ganz zweifellos haben wir es in dieser frühesten Phase der Embryonalentwicklung, beim Befruchtungsvorgang und am Übergang von Totipotenz zu Pluripotenz der Zellen, mit einem äußerst sensiblen Stadium zu tun. Bisher hat sich der Keim innerhalb der Zona pellucida nicht vergrößert, da keine Plasmavermehrung stattfindet. Durch diesen Vorgang der Zellkernverdoppelung sowie einfachen Durchschnürung und Aufteilung des Plasmas entstehen immer kleinere Zellen innerhalb der Zona pellucida, bis im etwa 32-Zellstadium wieder ein harmonisches Verhältnis zwischen Plasma- und Kernmenge hergestellt ist. Mit dem Erreichen des sogenannten Morula-Stadiums ist die in den Keimzellen verloren gegangene Kern-Plasma-Relation dieser nun pluripotenten Zellen, wieder normalisiert. Der erste embryonale Entwicklungsabschnitt, die sog. Furchung, ist innerhalb der mütterlichen Zona pellucida im Eileiter vollzogen. Danach beginnt etwa am Tag 3 nach der

Befruchtung die erste Gestaltung, indem viele der Zellen an die Oberfläche wandern und so im Weiteren zu Nährzellen (Trophoblast) werden. Gleichzeitig verdichten sich wenige Zellen zum Embryonalknoten (Embryoblast) und es entsteht nach innen ein mit Gewebsflüssigkeit gefüllter Hohlraum, die Keimblase (Blastocystenöhle oder Blastocoel). Die Morula ist zur Blastocyste geworden (Abb. 3).

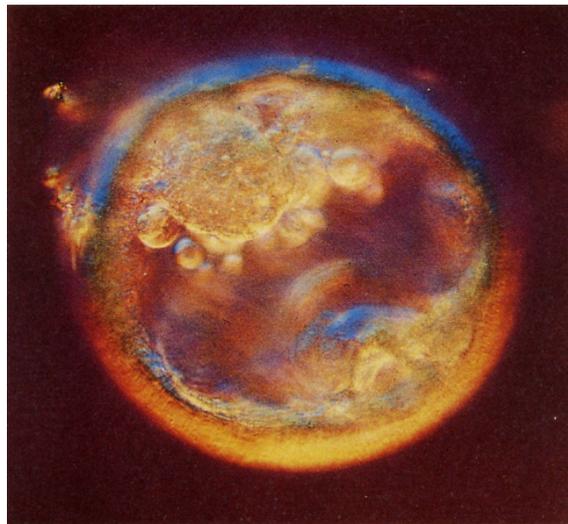


Abb. 3: Embryonale Blastocyste innerhalb der Zona pellucida. (Aus [1])

Die Mehrzahl der Zellen findet so Anschluss an die Zona pellucida und damit an den Stoffwechsel der mütterlichen Umgebung im Eileiter. Dadurch steht der ganze Keim in Wechselwirkung mit dem mütterlichen Hormonhaushalt [5]. Die Blastocyste wandert durch den Eileiter bis hinein in die Gebärmutter, verlässt dort etwa am Tag 4 nach der Befruchtung die Zona pellucida und der Keim kann sich nun zum ersten Mal ausweiten und kann auch wachsen (Abb. 4).

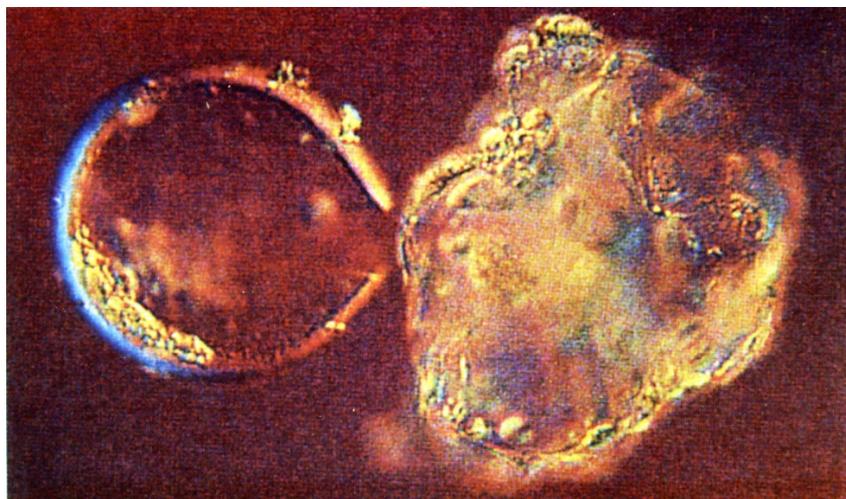


Abb. 4: Embryonale Blastocyste nach Verlassen der Zona pellucida. (Aus [1])

Etwa 2 Tage später, um den Tag 6, kommt es zur Einnistung (Nidation) des Keims in die Schleimhaut der Innenwand der mütterlichen Gebärmutter. Danach wird der Keim überwachsen, so dass er unter die oberste Schicht der Gebärmutter Schleimhaut zu liegen kommt. Etwa bis zum Tag 12 vergrößert sich die Keimblase durch Wachstum und Dehnung, während sich der Embryonalknoten weiter differenziert. Diese Doppelgebärde durchzieht die gesamte weitere Schwangerschaft. Einerseits ist in der Folge durch die starke Ausdehnung der Keimblase und die Ausgestaltung der Nährhüllen in Fruchtblase, Dottersack, Haftstiel und Nährschicht eine Hinwendung zur Mutter zu erkennen. Andererseits sehen wir eine Hinwendung zur eigenen Körperlichkeit, indem der Embryonalknoten selbst aus der Berührungsfläche zwischen Fruchtblase und Dottersack sich rasch zu differenzieren und zu wachsen beginnt. Wohlgermerkt, beide Gebärden sind kindlichen Ursprungs und bedingen sich gegenseitig. Beide zusammen machen vorgeburtlich das Kind aus.

An diesem embryonalen Entwicklungsabschnitt möchte ich zu der eingangs gestellten Frage zurückkommen: Ab wann beginnt individuelles menschliches Leben?

Da die so gestellte Frage nur im philosophisch-geistigen Sinne zu beantworten ist, möchte ich hier die Frage aus naturwissenschaftlicher Sicht präzise so formulieren: Ab wann beginnt die biologische Individualität des Menschen? Ab wann ist jeder Mensch unverwechselbar in seiner Einmaligkeit und Unteilbarkeit, also in seiner Individualität?

Zur Beantwortung dieser Frage kann möglicherweise die Zwillingsforschung wichtige Erkenntnisse beitragen.

Zwillingsforschung

Unter Nichtbeachtung moderner Hormonbehandlung und Reproduktionstechniken beobachten wir in den Ländern Mitteleuropas unter tausend Geburten zwölf Zwillingsgeburten, mit einer Verteilung von neun Geburten mit zweieiigen und drei Geburten mit eineiigen Zwillingen. Für unsere Fragestellung, ab wann die biologische Individualität des Menschen beginnt, sind nun die eineiigen, oder monozygoten Zwillinge von entscheidender Bedeutung. Denn deren Entstehung kann in unterschiedlichen frühembryonalen Entwicklungsstadien stattfinden (Abb. 5).

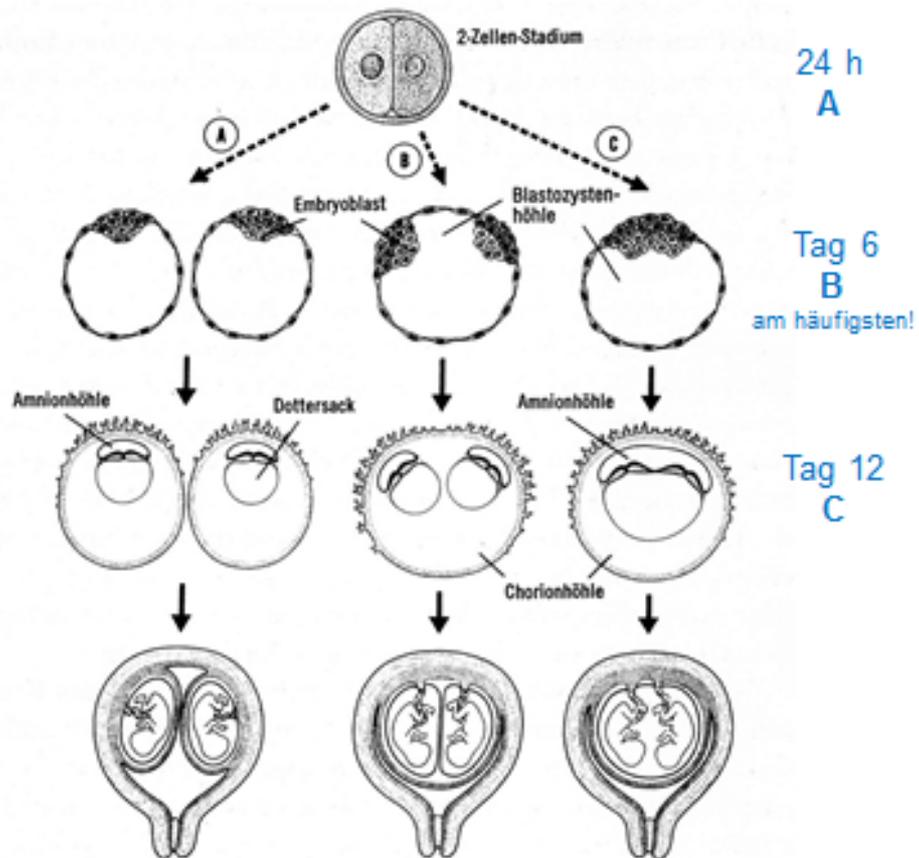


Abb. 5: Möglichkeiten der Entstehung eineiiger Zwillinge. (Aus [6])

Die Trennung kann bereits im 2-Zellstadium, ungefähr 24 Stunden nach der Befruchtung geschehen. In diesem Fall trennen sich die beiden Zellen und bilden unabhängig voneinander zwei Blastocysten. Es entstehen dichoriale-diamniote Zwillinge (Abb. 5 A). Die Trennung kann aber auch in einem frühen Blastocysten-Stadium, um den Tag 6, zum Zeitpunkt der Einnistung, erfolgen. Zu diesem Zeitpunkt hat die erste Zelldifferenzierung zu Trophoblast und Embryoblast bereits stattgefunden. Es entstehen monochoriale-diamniote Zwillinge, die häufigste Form von eineiigen Zwillingen (Abb. 5 B). Erfolgt die Trennung noch später, etwa um den Tag 12 der Embryonalentwicklung, hat sich um den bereits eingenisteten Blastocysten eine Amnionhöhle und ein Dottersack gebildet. Es kommt zur Aufteilung des Embryonalknotens (Embryoblasten) und es bilden sich monochoriale-monoamniote Zwillinge, die nun sogar in einer gemeinsamen Amnionhöhle mit gemeinsamer Nährhülle heranwachsen (Abb. 5 C). Eine Extremsituation dieser letzten Zwillingsbildung stellen die sogenannten Siamesischen Zwillinge dar. Hier findet die Aufteilung noch etwas später um die Tage 13-15 statt, wenn sich bereits die embryonale Keimscheibe gebildet hat und sich darin nicht einer, sondern zwei Primitivstreifen bilden.

Unter der Voraussetzung, dass diese Ergebnisse aus der Zwillingsforschung auf die normale Situation des Einlings übertragbar sind, dann ist die zelluläre Keimanlage in den meisten Fällen um den Tag 6, etwa um den Zeitpunkt der Einnistung in die Gebärmutter Schleimhaut individualisiert. Die biologische Individualisierung kann aber im Einzelfall auch schon früher oder noch später geschehen, das heißt der Zeitpunkt ist wiederum ein individueller.

Kurz gefasst könnte das *in vivo*-Geschehen der frühen Embryonalentwicklung wie folgt charakterisiert werden: Die aus der Befruchtung einer jeweils menschlichen weiblichen und männlichen Keimzelle hervorgehende ontogenetische Entwicklung ist immer und zu jedem Zeitpunkt eine menschliche. Allerdings ist die „De-Vitalisierung“ und „De-Individualisierung“ der Keimzellen, also des biologischen Substrats, die unabdingbare Voraussetzung dafür, dass sich ein neues biologisches Selbst, eine eigene menschliche Individualität bilden kann.

Nach dieser ausführlichen Darstellung der frühen Embryonalentwicklung des Menschen *in vivo*, und in diesem Kontext dem Versuch, eine Antwort zu finden auf die Frage, ab wann wir von der biologischen Individualität des Menschen sprechen können, möchte ich den Blick auf eine Richtung in der Reproduktionsmedizin lenken, deren Entwicklung sich in den zurückliegenden Jahrzehnten äußerst rasant vollzogen hat. Gemeint sind die heute gängigen Techniken der *in vitro*-Fertilisation, also der „Befruchtung im Glas“. Dabei handelt es sich um die Herausnahme des Befruchtungsvorgangs aus der natürlichen mütterlichen Umgebung, das heißt die völlige Herausnahme der biologischen Substrate aus ihrer natürlichen Umgebung.

Künstliche Befruchtung – *in vitro*-Fertilisation

Bereits in den frühen 60iger Jahren des vorigen Jahrhunderts gab es Berichte über Versuche der künstlichen Befruchtung beim Menschen, also der Befruchtung von Eizellen durch Spermienzugabe *in vitro*. Allerdings gab es kein Überleben der in die Gebärmutter transferierten Embryonen. Am 25. Juli 1978 war es dann soweit, an diesem Tag kam Louise Brown als weltweit erstes Baby nach künstlicher Befruchtung in einer Klinik in Oldham/England zur Welt. Der Durchbruch der *in vitro*-Fertilisation kam dann zweifellos mit der Einführung der Technik der Mikroinjektion eines einzigen Spermiums in eine Eizelle in einer Petrischale unter mikroskopischer Beobachtung, der sogenannten Intra-Cytoplasmatischen Spermien-Injektion (ICSI) und darauffolgendem Embryotransfer in die hormonal vorbereitete Gebärmutter der Frau. Dieser Transfer von heutzutage bis zu drei Embryonen, erfolgt in der Regel fünf bis sechs Tage nach der ICSI, also im Blastocysten-Stadium dieser Embryonen. Die erfolgreiche Anwendung dieser Vorgehensweise wurde erstmals 1992 publiziert [7]. Im selben Zeitraum gelang unter Anwendung derselben apparativen Techniken wie bei ICSI,

sowie der ebenso rasant sich entwickelnden gentechnologischen Anwendungsmöglichkeiten, die Durchführung genetischer Untersuchungen am Embryo *in vitro*, bevor dieser in die Gebärmutter der Frau transferiert wird. Hierbei erfolgt ca. 2-3 Tage nach der künstlichen Befruchtung, also ungefähr im 8-Zellstadium des Embryos, eine Biopsie von 1-2 Blastomeren, die dann gezielt der genetischen Diagnostik zugeführt werden. Die ersten erfolgreichen Anwendungen dieser als Präimplantationsdiagnostik (PID) bezeichneten Technik wurden Anfang 1990 von einer englischen Arbeitsgruppe veröffentlicht [8; 9]. Bei uns in Deutschland ist die Anwendung dieser PID beim Menschen gemäß „Embryonenschutzgesetz“ vom 13. Dezember 1990 unter Strafe gestellt. Aufgrund einer Änderung am 8. Dezember 2011 bleibt die Anwendung der PID nach künstlicher Befruchtung dann straffrei, wenn ein hohes Risiko für eine schwerwiegende Erbkrankheit beim Kind besteht, oder eine schwerwiegende Schädigung des Embryos mit hoher Wahrscheinlichkeit zu einer Tod- oder Fehlgeburt führen wird. Die seit 2014 geltende Präimplantationsdiagnostikverordnung (PIDV 2014) ermöglicht nun die Durchführung der PID an bestimmten Zentren in Deutschland nach Bewertung einer PID-Ethikkommission.

Fortan standen die Techniken der künstlichen Befruchtung allen Paaren zur Verfügung, deren Kinderwunsch aus den unterschiedlichsten Gründen nicht in Erfüllung ging. In der Folge entwickelte sich eine Blütezeit der sogenannten Kinderwunschzentren. Im Jahr 2014 wurde die Zahl der Geburten nach künstlicher Befruchtung weltweit auf weit über fünf Millionen geschätzt. In den Jahren 1997 bis einschließlich 2014 waren es allein in Deutschland 233.749 statistisch registrierte Geburten nach *in vitro*-Fertilisation. Dieses rasante Anwachsen war möglich geworden durch enorme Verbesserungen, u. a. der Nähr- und Wachstumsmedien und der Weiterentwicklung und Feinjustierung der medizin-technischen Voraussetzungen in der Reproduktionsmedizin. So dass global gesehen heutzutage für nahezu 40% der Paare die künstliche Befruchtung erfolgreich verläuft. Dafür sind allerdings mehrere Behandlungszyklen notwendig. In Deutschland wird derzeit ungefähr jedes 35igste Kind durch künstliche Befruchtung gezeugt. Das heißt bildlich gesprochen: In jeder Schulklasse sitzt zukünftig (statistisch) ein Kind, das sein Leben einer künstlichen Befruchtung verdankt. Derartige Studien und Zahlen werden jährlich im Deutschen IVF-Register (D.I.R.) veröffentlicht [10].

Es liegt auf der Hand, die Frage zu stellen, inwieweit die Herausnahme des Befruchtungsvorgangs einschließlich des äußerst sensiblen frühembryonalen Wachstumsgeschehens aus der natürlichen mütterlichen Umgebung, Auswirkungen auf die Unversehrtheit der so geborenen Individuen hat.

Durch das Einsetzen mehrerer Embryonen zur Erhöhung der Erfolgchancen einer künstlichen Befruchtung bestehen für die Feten aus Mehrlingsschwangerschaften bekannten Risiken einer

deutlich erhöhten Früh- und Totgeburtenrate sowie Wachstumsretardierung (D.I.R. 2006) gegenüber natürlich gezeugten Feten aus Einlingsschwangerschaften.

Weniger dramatisch erhöhte Risiken für die nach künstlicher Befruchtung geborenen Kinder wurden berichtet für neurologische Erkrankungen und mentale Entwicklungsverzögerung, für Herz-Kreislauf- und Stoffwechsel-Erkrankungen und für epigenetische Veränderungen, wie fehlerhafte DNA-Methylierungsmuster, die zu den bekannten, seltenen syndromalen Imprinting-Erkrankungen des Angelman-, des Beckwith-Wiedemann- und des Silver-Russel-Syndroms führen [11; 12, und Literatur darin]. Hauptmerkmale dieser Syndrome sind schwere Entwicklungsverzögerung mit Bewegungsstörung, und Sprachentwicklungsverzögerung beim Angelman-Syndrom, Großwuchs mit unterschiedlichen Fehlbildungen und Auftreten von Tumoren beim Beckwith-Wiedemann-Syndrom, und ein Minderwuchs, der bereits intrauterin deutlich wird und einher geht mit einer stark verzögerten Knochenreifung beim Silver-Russel-Syndrom.

Inwieweit diese besagten erhöhten Risiken allerdings technikabhängig sind, also auf die reproduktionsmedizinischen Verfahren an sich zurückgehen, oder doch auch in Zusammenhang mit den Risikofaktoren der Paare in künstlicher Befruchtung stehen, ist noch nicht endgültig geklärt und bedarf weiterer Studien [13].

Neuere epidemiologische Studien, die das Augenmerk auf die erhöhten Risiken von Herz-Kreislauf- und die damit zusammenhängenden Stoffwechsel-Erkrankungen richten, wurden kürzlich von einer Schweizer Arbeitsgruppe um Urs Scherrer am Inselspital in Bern publiziert [14]. Die Arbeitsgruppe liefert robuste Befunde, also signifikante und reproduzierbare Daten für erhöhte Risiken nach künstlicher Befruchtung im Vergleich zu Kontrollgruppen für folgende Herz-Kreislauf- und Stoffwechsel-Erkrankungen: (1) Systemische endotheliale Dysfunktionen als Vorbote einer frühzeitigen Arteriosklerose, (2) Arterielle Hypertonien, (3) Pulmonale Hypertonien, (4) Herzfehler, vor allem des rechten Herzens, (5) Insulin-Resistenzen als Risikofaktor für Diabetes. Da des Weiteren diese Risikofaktoren weder bei den Eltern dieser Kinder, noch bei den natürlich gezeugten Geschwisterkindern auftraten, gehen die Autoren davon aus, dass diese erhöhten Risiken auf die Technik der künstlichen Befruchtung selbst zurückzuführen sind. Andere Studien richteten das Augenmerk auch noch verstärkt auf das Intervall des embryonalen Wachstums in den Nährmedien im Inkubator. Aufgrund dieser Studien ist nicht auszuschließen, dass auch die Nähr- und Wachstumsmedien Risikofaktoren für epigenetische Dysregulationen in dieser frühen und sensiblen Phase der Embryonalentwicklung beinhalten könnten, die in Folge wiederum zu den oben genannten Herz-Kreislauf- und Stoffwechsel-Erkrankungen beitragen könnten [15; 16].

Besorgniserregend bei der Einschätzung dieser epidemiologischen Studienergebnisse, ist die Tatsache, dass die Population der untersuchten Kinder nach künstlicher Befruchtung noch sehr jung

ist und insofern das gesamte Ausmaß der Erkrankungen erst in 20-30 Jahren sichtbar wird. In diesem Zusammenhang plant das Team von Urs Scherrer seit längerer Zeit eine Kohortenstudie, um mehr Informationen über mögliche Schäden und Präventionsmöglichkeiten im Rahmen einer *in vitro*-Fertilisation zu erhalten. In einem Interview, das Urs Scherrer der FAZ gab, bleibt seine Frage im Raum: Warum konnte sich bislang noch keine forschungsfördernde Institution zur Finanzierung einer solchen Studie durchringen? Denn, seiner Ansicht nach könnten die Ergebnisse einer derartigen Studie nicht zuletzt den prospektiven Eltern mehr Informationen zum physischen Wohlergehen, beziehungsweise zur Unversehrtheit, ihrer nach *in vitro*-Fertilisation geborenen Kinder geben [17].

Weit schwieriger zu beantworten bleibt, für mein Dafürhalten, die Frage: Welche Bedeutung hat die *in vitro*-Fertilisation als traumatischer Eingriff in dieser sensiblen Phase der Befruchtung und frühembryonalen Entwicklung außerhalb des Mutterleibs für die seelische Unversehrtheit der so geborenen Individuen?

Nur kurz erwähnen möchte ich an dieser Stelle noch eine weitere Forschungsrichtung, die sich mit der Weiterentwicklung von Reproduktionstechnologien befasst, den Technologien des Klonierens von hoch evolvierten Säugetieren.

Fast zeitgleich mit dem Durchbruch der *in vitro*-Fertilisation beim Menschen, gelang, unter Anwendung vergleichbarer *in vitro*-Technologien, dem Forscherteam von Ian Wilmut am Roslin-Institut in Edinburgh der Durchbruch in der Klonierung eines Nutztieres. Erinnern wir uns an die Geburt und die Veröffentlichung des Klon-Schafes „Dolly“ [18] und den Hype und die Aufregung in den öffentlichen Medien!

In der Folge proklamiert Dr. Panos Zavos seit Anfang 2001 die Anwendung derselben Techniken zur Klonierung des Menschen zu therapeutischen Zwecken als Alternative zur Fremd-Organtransplantation. Im Jahr 2009 verkündet Dr. Zavos zusammen mit dem italienischen Gynäkologen Dr. Antinori überaus pressewirksam, dass es ihm gelungen sei, 14 menschliche Embryonen zu klonieren und 11 davon habe er dieser Tage in die Gebärmutter von vier freiwilligen Frauen mit Kinderwunsch transferiert [19].

Es folgte ein Sturm der Entrüstung verbunden mit der Forderung nach Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen, sowie grundsätzliche ethische Bedenken von führenden wissenschaftlichen Vertretern dieses Forschungsgebietes. Der Aufforderung, seine Daten zu veröffentlichen und zur Diskussion zu stellen, ist Dr. Zavos bis heute nicht nachgekommen.

Ohne in die Details zu gehen, sei hier noch eine erst kürzlich in der renommierten Zeitschrift *Cell* erschienene Arbeit erwähnt, die bedeutende Ergebnisse zur sogenannten Xeno-Transplantation liefert. Auf diesem Forschungsgebiet geht es im Wesentlichen um die künstliche Erzeugung von Tier-Mensch-Chimären. Einem kalifornischen Team gelang es, unter anderem, durch Mikroinjektion

von menschlichen pluripotenten Stammzellen in das frühembryonale Blastocoel von Rind- und Schweine-Blastocysten, Interspezies-Chimären zu züchten, die Mensch-spezifisches Organewebe beinhalten. Menschliche pluripotente Stammzellen hatten sich demzufolge stabil in die sich entwickelnden Embryonen von Rind und Schwein integriert und differenziert [20]. Möglicherweise zeigt der Schlusssatz der Diskussion dieser Arbeit, wohin die Reise gehen soll:

„Ultimately, these observations also raise the possibility of xeno-generating transplantable human tissues and organs towards addressing the worldwide shortage of organ donors“ (Übersetzung des Autors: Diese Beobachtungen lassen letztlich auch die Möglichkeit von Xeno-generierenden transplantierbaren menschlichen Geweben und Organen zur Bewältigung des weltweiten Mangels an Organspendern aufkommen).

Ausführliche Darstellungen der Fortschritte und Risiken der Klonierungstechniken und der Organtransplantation, sowie der Entwicklung der kommunikationstechnischen Möglichkeiten bis hin zur künstlichen Intelligenz und deren Auswirkungen auf unsere Individualität und unsere Unversehrtheit, würde den Rahmen dieses Artikels sprengen. Da würde ich gerne auf die qualifizierten wissenschaftlichen Expertisen auf diesen Fachgebieten verweisen.

Als Anthropologe und Humangenetiker sehe ich diese gesamte Entwicklung im Licht und im Gesamtzusammenhang der Evolution des Menschen, in seinem Selbstverständnis und seinem fortwährenden Streben nach Selbsterkenntnis, welches einmündet in seine Frage:

Wer bin ich, woher komme ich und wohin gehe ich?

Was treibt uns Menschen, die „Natur“ und uns selbst bis ins kleinste Detail zu erforschen und zu verändern?

Liegt es in unserem Wesen, dass wir aufgrund unserer begrenzten Sicht die Wirklichkeit – „die Welt“ – nur teilweise und subjektiv wahrzunehmen vermögen?

Mittels dieser, unserer Wahrnehmung und unserem Denken geben wir uns allerdings gleichzeitig keineswegs damit zufrieden, was die „Natur“ vor unseren Sinnen ausbreitet. Wir suchen immer und überall nach Erklärungen.

Bei jedem Betrachten der „Dinge der Welt“ können wir den Gegensatz, den Dualismus „Ich und die Welt“ erkennen. Da diese, unsere Betrachtung allerdings eine subjektive ist, wird sie nicht unbedingt mit der „Natur der Dinge“ übereinstimmen. Die Trennung unserer Wahrnehmung (Herz) von unserem Denken (Verstand) ist demnach erst in dem Augenblick möglich, wo Ich als der Betrachtende den Dingen gegenübertritt.

Ist es nun tatsächlich so, dass sich in unserer modernen und überwiegend materiell ausgerichteten Welt eine starke Trennung von Herz und Verstand manifestiert hat? Oder verbirgt sich nicht doch

auch in jedem Menschen eine tiefe Sehnsucht nach einer Betrachtung der „Dinge der Welt“ mit Verstand und Herz und damit die Möglichkeit, diese Auftrennung zu überwinden?

Im folgenden Abschnitt werde ich den Versuch unternehmen, dieser Metapher der „Trennung von Herz und Verstand“ eine physische Grundlage und gleichermaßen einen positiven Ausblick zu geben. Hierbei stütze ich mich auf meinen Erkenntnisgewinn aus den detaillierten Darstellungen zum Verlauf der menschlichen Embryogenese; hier, im Besonderen der frühesten Anzeichen der Formierung von Herz- und Gehirnanlage um den Tag 23 und deren Entwicklung bis etwa zum Tag 28 [21; 22]. Da ich hier zwei Organe, Herz und Gehirn, herausgreife, möchte ich vorab betonen, dass Wachstum und Reifung aller Gewebe und Organe in räumlichem und zeitlichem Kontext der Embryogenese im Mutterleib stattfinden. Die gesamte Frühentwicklung ist in ihren differentiellen Wachstumsleistungen eine ganzheitliche. Dies ist wiederum eine unabdingbare Voraussetzung für alle späteren Leistungen des erwachsenen menschlichen Organismus [22].

Embryonale Entwicklung von Herz und Gehirn des Menschen

Als erste Anzeichen einer Herzanlage erscheint etwa am Tag 23 am Übergang von Amnionhöhle zum Dottersack (Vesicula umbilicalis) eine Anhäufung von Mesodermzellen, die kardiogene Platte. Dies geschieht in direkter Nachbarschaft zur Anlage des Gehirns am vorderen Ende des Neuralrohrs im vordersten, kranialen Bereich der Keimscheibe (Abb. 6).

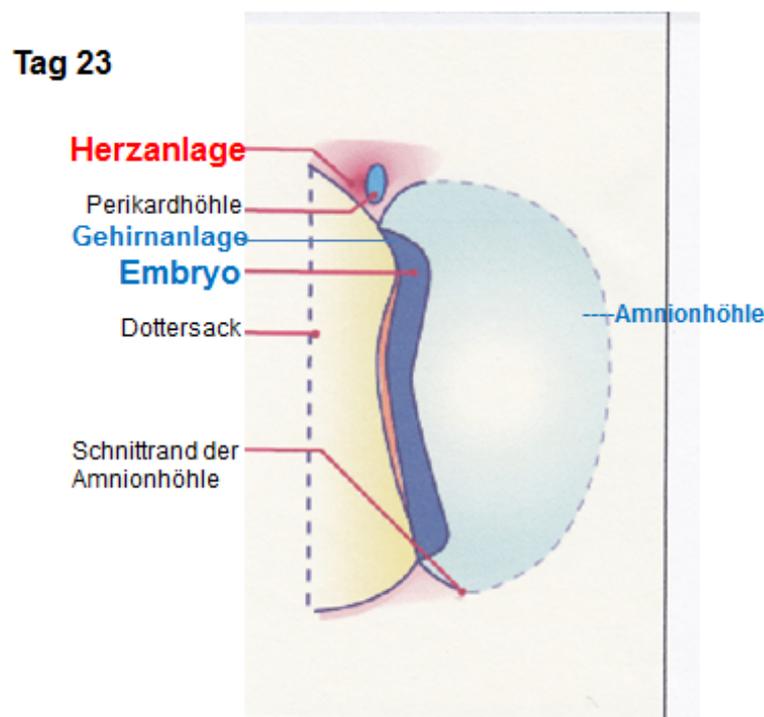


Abb. 6: Schematische Seitenansicht des Embryos etwa am Tag 23

In den Tagen 25-28 kommt es in Folge von Wachstum, Ausdehnung und kranialer Abfaltung der Keimscheibe zu einer Verlagerung der Herzanlage. In der Folge erscheint die Herzanlage in ventraler Position direkt unterhalb der vorgewölbten Gehirnanlage (Abb. 7).

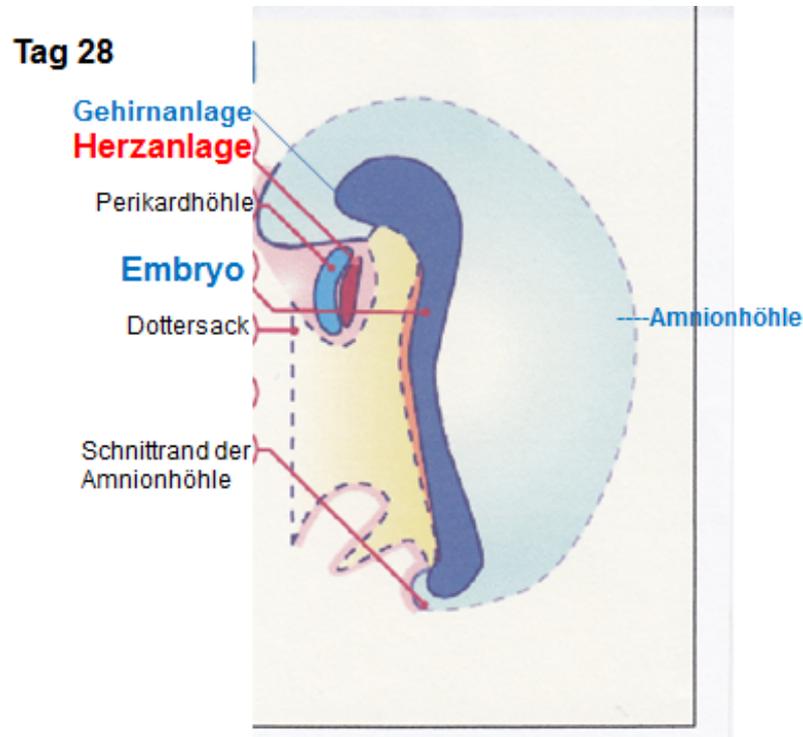


Abb. 7: Schematische Seitenansicht des Embryos etwa am Tag 28

Auch im weiteren Wachstum und der Ausgestaltung des weiterhin stark nach ventral gekrümmten Embryos, bleibt das vorgewölbte Gehirn in enger Nachbarschaft zu dem mächtigen Herzwulst. Erst beim größeren Embryo, gegen Ende des zweiten Monats, beginnt der Abstand zwischen Herz und Gehirn zuzunehmen, was einhergeht mit der Absenkung (Deszensus) und der „Einverleibung“ des Herzens [22].

Die „Trennung von Herz und Verstand“ scheint vollzogen!

Ehe ich nun zur Formulierung einer Hypothese und meiner Schlussbetrachtung komme, möchte ich noch kurz die Quintessenz aus neueren Studien zum erwachsenen Herzen anführen. Diese herzphysiologischen und neurobiologischen Studien, im Wesentlichen aus der Arbeitsgruppe von Dr. Paterson aus Oxford [23], zeigen, dass an der Oberfläche des Herzvorhofes ein neuronales Netzwerk nachweisbar ist. Dieses neuronale Gewebe besteht aus weit über 10 000 hochspezialisierten Neuronen und besitzt die Fähigkeit, autonom, also unabhängig vom Gehirn, auf die Herztätigkeit einzuwirken. Die Komplexität ist aus Sicht der Neurowissenschaften derart, dass von einem eigenen kleinen Gehirn des Herzens, einem „Herzgehirn“ gesprochen werden kann.

Hypothese

Der Ursprung des dualen Betrachtens der Dinge mit Herz oder Verstand, geht einher mit der zunehmenden Entfernung des Herzens vom Gehirn zu Beginn des dritten Embryonalmonats. Allerdings besteht, aufgrund der zuvor gegebenen unmittelbaren Nachbarschaft von Herz- und Gehirnanlage und deren erste Formung und Reifung, die Möglichkeit, dass in diesem frühembryonalen Zeitintervall das Herz die Anlage seines späteren „Herzgehirns“ mitnimmt.

Damit könnte jedem Menschen die Potentialität des Betrachtens der „Dinge der Welt“ im Einklang von Herz und Verstand inne wohnen.

Was macht die Kunst in uns?

Hierzu einleitend ein kurzer autobiographischer Rückblick.

Mit dem Herannahen des Endes meiner beruflichen Laufbahn als Hochschullehrer, habe ich begonnen, mich in die Kunst der Steinbildhauerei einführen zu lassen [24] – ein lange gehegter Wunsch in mir. Zudem habe ich im selben Zeitraum, getragen von dem Gedanken und dem Wunsch nach innerem wie auch äußerem Frieden, mit der Hatha Yoga-Praxis [25] begonnen. Beides zusammen hat, für mein Empfinden, meine Wahrnehmung und mein Denken, auch im Kontext meines naturwissenschaftlichen Arbeitens, ganz entscheidend beeinflusst. Die Metaphern der „Erweiterung des Horizonts“ und der „Inneren Achtsamkeit“ vermögen dies vielleicht am besten zum Ausdruck zu bringen.

Zur Verdeutlichung möchte ich das folgende aktuelle Beispiel anführen. Im Verlauf von Frühjahr und Sommer 2016 traf ich zusammen mit meinem Freund und Maler Christian Gusewski [26] (Vorbereitungen für ein Seminar zum Thema „Das Herz ist mehr als ein Organ“. Hierbei beschäftigte ich mich auch intensiv mit dem Zeitintervall der Entstehung der Anlagen von Herz und Gehirn in der frühen Embryogenese, wie ich das in dem vorliegenden Artikel weiter oben ausgeführt und dargestellt habe.

Mitten in diese Vorbereitungszeit fiel meine Teilnahme an einem Workshop für Steinbildhauerei, [27] der Jahr für Jahr im August nahe des Örtchens Piano die Peccia im schweizerischen Tessin stattfindet. Den Arbeitsplatz für das Steinhauen muss man sich als naturnah und idyllisch, direkt an dem Bachlauf der Peccia gelegen, vorstellen. Das Besondere an diesem Ort ist allerdings, dass etwas weiter oberhalb im Tal Marmor gebrochen wird und sich jedes Frühjahr, zur Zeit der Schneeschmelze, dieses Rinnsal der Peccia in einen reißenden Strom verwandelt, der neben Granitgestein auch große Mengen des Marmorabbaus talabwärts mitreißt. Als Folge haben sich in

unmittelbarer Nähe des Arbeitsplatzes unzählige Marmorfindlinge jeder Größe, Form und Gestalt angesammelt – ein Eldorado für Intuition und Imagination eines Steinbildhauers.

So kann bereits beim ersten Akt zum künstlerischen Tun, jeder Teilnehmer im wahrsten Sinne „seinen Stein“ finden. Inzwischen denke ich, dass bei der Auswahl des Steins und dessen weiterer Bearbeitung eine tiefe innere, seelische Stimmung „mitschwingt“.

Gerne möchte ich diesen Gedanken anhand der folgenden Abbildungen des Entstehens meiner Marmorskulptur bei diesem Workshop illustrieren. Zunächst zeigt Abb. 8 meinen Marmorfindling, wie ich ihn an meinem Arbeitsplatz aufgestellt habe.



Abb. 8: Marmorfindling im Rohzustand

Dann folgt die Ansicht meines Steins nach fünf Tagen Bearbeitung mit Hammer und Meißel (Abb. 9).



Abb. 9: Marmorskulptur nach fünf Tagen Bearbeitung

Nach weiteren fünf Tagen der Bearbeitung erscheint dann meine „fertige“ Skulptur. In meiner Wahrnehmung eine embryonale Demutsgebärde (Abb. 10).



Abb. 10: Marmorskulptur „Demut“

Dementsprechend gab ich meiner Skulptur den Namen „Demut“. Künstlerisches Tun, im Einklang von Herz und Verstand, vermochte eine innere Stimmung in eine äußere Form und Gestalt zu bringen.

Fazit meiner Erfahrung

Kunst, ich meine jede Art von Kunst, vermag Vermittlerin zu sein für eine Überwindung des Dualismus „Ich und die Welt“, also Kunst als Vermittlerin des Betrachtens der Dinge im Einklang von Herz und Verstand. Die Potentialität dieser Überwindung ist in jedem Menschen vorhanden. Hervorrufen und vollziehen kann sie allerdings jeder Mensch nur selbst - mit Herz, Kopf und Hand. Erst wenn diese Überwindung vollzogen ist - davon bin ich überzeugt - wird wissenschaftliches und ganz allgemein menschliches Wahrnehmen, Denken und Handeln in Freiheit und Verantwortung möglich werden. Unversehrte Individuation und gelebte Individualität in Würde und im Einklang mit der Natur wäre dann keine Utopie mehr.

In meinem Verständnis und nach meiner Interpretation könnte diese Utopie das sein, was Joseph Beuys mit seinem erweiterten Kunstbegriff in der Metapher der „Sozialen Skulptur“ zum Ausdruck bringen wollte. In einem seiner späteren Vorträge formulierte er das sinngemäß so: Jeder Mensch ist ein Künstler als Mitgestalter am Planet Erde als zukünftiges Gesamtkunstwerk [28].

Referenzen

- 1 Nilsson L, Hamberger L (1990) Ein Kind entsteht. Bilddokumentation über die Entwicklung des Lebens im Mutterleib. Mosaik-Verlag München
- 2 Sanchez-Delgado M, Court F, Vidal E, et al. (2016) Human oocyte-derived methylation differences persist in the placenta revealing widespread transient imprinting. PLoS Genet 12:e1006427 (doi:10.1371/journal.pgen.1006427)
- 3 Braude P, Bolton V, Moore S (1988) Human gene expression first occurs between the four- and eight-cell stages of preimplantation development. Nature 332:459-461
- 4 Trageser G (1988) Menschwerdung mit Verzögerung. Spektrum der Wissenschaft
- 5 Hinrichsen KV (Hrsg) (1990) Human-Embryologie. Springer-Verlag Berlin/Heidelberg
- 6 Langman J (1980) Medizinische Embryologie. Die normale menschliche Entwicklung und ihre Fehlbildungen. Thieme-Verlag Stuttgart
- 7 Palermo G, Joris H, Devroey P, Van Steirteghem AC (1992) Pregnancies after intracytoplasmic injection of single spermatozoon into an oocyte. Lancet 304:17-18

- 8 Handyside AH, Kontogianni EH, Hardy K, Winston RM (1990) Pregnancies from biopsied human preimplantation embryos sexed by Y-specific DNA amplification. *Nature* 344:768-770
- 9 Handyside AH, Lesko JG, Tarin JJ, et al. (1992) Birth of a normal girl after in vitro fertilization and preimplantation diagnostic testing for cystic fibrosis. *N Engl J Med* 327:905-909
- 10 Deutsches IVF-Register, D.I.R., www.deutsches-ivf-register.de
- 11 Batcheller A, Cardoso E, Maguire M, et al. (2011) Are there subtle, genome-wide epigenetic alterations in normal offspring conceived from assisted reproductive technologies? *Fertil Steril* 96:1306-1311
- 12 Sandin S, Nygren K-G, Iliadon A, et al. (2013) Autism and mental retardation among offspring born after in vitro fertilization. *JAMA* 310:75-84
- 13 Fauser BJCM, Devroey P, Diedrich K, et al. (2014) Health outcomes of children born after IVF/ICSI: a review of current expert opinion and literature. *Reproductive Biomedicine Online* 28:162-182
- 14 Scherrer U, Rexhaj E, Allemann Y, Sartori C, Rimoldi SF (2015) Cardiovascular dysfunction in children conceived by assisted reproductive technologies. *European Heart Journal* 36:1583-1589
- 15 Sunde A, Brison D, Dumoulin J, et al. (2016) time to take human embryo culture seriously. *Hum Reprod* 31:2174-2182
- 16 Kleijkers SH, Mantikou E, Slappendel E, et al. (2016) Influence of embryo culture medium (G5 and HTF) on pregnancy and perinatal outcome after IVF: a multicenter RCT. *Hum Reprod* 31:2219-2230
- 17 <http://www.faz.net/aktuell/wissen/medizin-ernaehrung/gefaessschaeden-bei-kuenstlich-durch-ivf-gezeugte-kinder-entdeckt-13865397.html>
- 18 Wilmut I, et al. (1997) Viable offspring derived from fetal and adult mammalian cells. *Nature* 385:810-813
- 19 <http://www.independent.co.uk/news/science/fertility-expert-i-can-clone-a-human-being-1672095.html>
- 20 Wu J, Plateo-Luengo A, Sakurai M, et al. (2017) Interspecies chimerism with mammalian pluripotent stem cells. *Cell* 168:473-486
- 21 <http://www.embryology.ch/allemand/pcardio/herzentwick01.html#ersteAnzeichen>
- 22 Blechschmidt E (1989) Wie beginnt das menschliche Leben. Vom Ei zum Embryo. Christiana-Verlag Stein am Rhein
- 23 <https://www.dpag.ox.ac.uk/team/david-paterson>
- 24 www.freieschule.com
- 25 www.yoga-akademie-freiburg.de

26 www.arttrue.ch

27 www.kunstundsteinzeit.com

28 Beuys J, Rede über das eigene Land; in Mayer H, Beuys J, Mitscherlich-Nielsen M, Schönherr A (1985) Reden über das eigene Land, Deutschland, Teil 3. C. Bertelsmann-Verlag München