

MAJA CAROLINE LEHMANN

Die Mitochondrien- ersatztherapie

*Studien zum Medizin-
und Gesundheitsrecht*

Mohr Siebeck

Studien zum Medizin- und Gesundheitsrecht

herausgegeben von
Steffen Augsberg, Karsten Gaede und Jens Prütting

1



Maja Caroline Lehmann

Die Mitochondrienersatztherapie

Eine rechtliche und rechtspolitische
Analyse zwischen PID,
Eizellspende und Keimbahntherapie

Mohr Siebeck

Maja Caroline Lehmann, geboren 1989; Studium der Rechtswissenschaften an der Universität Düsseldorf; 2014 Erste juristische Prüfung; wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Strafrecht und Strafprozessrecht an der Universität Düsseldorf; seit 2018 Rechtsreferendarin im Bezirk des Oberlandesgerichts Düsseldorf.

Gedruckt mit Unterstützung der Düsseldorfer Juristischen Fakultät e.V. und der Johanna und Fritz Buch Gedächtnis-Stiftung, Hamburg.

D 61

ISBN 978-3-16-158930-0 / eISBN 978-3-16-158931-7

DOI 10.1628/978-3-16-158931-7

ISSN 2699-6855 / eISSN 2699-6863 (Studien zum Medizin- und Gesundheitsrecht)

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliographische Daten sind über <http://dnb.dnb.de> abrufbar.

© 2020 Mohr Siebeck Tübingen. www.mohrsiebeck.com

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für die Verbreitung, Vervielfältigung, Übersetzung und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Das Buch wurde von Computersatz Staiger in Rottenburg/N. aus der Stempel-Garamond gesetzt, von Gulde Druck in Tübingen auf alterungsbeständiges Werkdruckpapier gedruckt und von der Buchbinderei Spinner gebunden.

Printed in Germany.

Meiner Familie

Vorwort

Die vorliegende Arbeit ist an der Juristischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf zwischen 2014 und 2018 entstanden und wurde im Juni 2018 als Dissertation angenommen. Rechtsprechung und Literatur konnten bis zu diesem Zeitpunkt berücksichtigt werden. Die Disputation fand im Februar 2019 statt. Die verwendete Kommentarliteratur wurde vor der Drucklegung noch einmal aktualisiert. Zudem wurden mit Blick auf die aktuellen Entwicklungen im Zusammenhang mit der Frage, wie der Begriff des Befruchtens in § 1 ESchG zu verstehen ist, ergänzende Anpassungen in den Fußnoten vorgenommen.

Für die herausragende Betreuung während des Entstehungsprozesses dieser Arbeit und für ihre erstgutachterliche Bewertung gebührt zunächst allen voran ein ganz besonderer Dank meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. Helmut Frister, der schon früh mein Interesse für die (straf-)rechtlichen Probleme im Bereich der Reproduktionsmedizin geweckt hat. Bei der Wahl des Dissertationsthemas ließ er mir viel Raum und hatte stets ein offenes Ohr für die sich im Zusammenhang mit der Erstellung einer (solchen) Doktorarbeit ergebenden Schwierigkeiten. Mein Promotionsvorhaben unterstützte er nicht nur mit wertvollen Anregungen und erfahrenen Ratschlägen, sondern auch mit persönlicher Begeisterung.

Über die Jahre, die ich begleitend als wissenschaftliche Mitarbeiterin an Herrn Professor Fristers Lehrstuhl arbeitete, habe ich ebenfalls den Kreis an großartigen Kollegen und die dementsprechend angenehme Arbeitsatmosphäre am Lehrstuhl sehr zu schätzen gelernt. Die Zeit an der Universität werde ich deshalb in bester Erinnerung behalten.

Daneben bedanke ich mich ganz herzlich bei Frau Prof. Dr. Katharina Lugani für die zügige Erstellung des Zweitgutachtens sowie bei den Reihenherausgebern für die Aufnahme in die neue medizinrechtliche Schriftenreihe.

Ferner möchte ich meinen Dank sowohl dem Freundeskreis der Düsseldorfer Juristischen Fakultät e.V. (Universitätsstraße 1 in 40225 Düsseldorf) als auch der Johanna und Fritz Buch Gedächtnis-Stiftung (c/o Notariat Bergstraße, Bergstraße 11 in 20095 Hamburg) aussprechen. Beide Institutionen haben die Veröffentlichung meiner Dissertation finanziell unterstützt.

Ein weiterer ganz besonderer Dank gebührt meinem langjährigen Bürokollegen und Freund Dr. Moritz Jäschke – nicht nur für die sorgfältige Durchsicht der Arbeit, sondern auch für die zahlreichen konstruktiven (Fach-)Gespräche und die vielen heiteren Momente in „Büro 3“.

Für ihre immerwährende Unterstützung bin ich darüber hinaus sowohl meinen Eltern Ingo und Katja Lehmann als auch meinen Geschwistern Lisa und Justus zu großem Dank verpflichtet. Und zu guter Letzt darf ich noch dir, Sascha, für deinen jahrelangen Rückhalt von ganzem Herzen danken. Danke für die unermüdliche Motivation, die tagtägliche Entlastung in so zahlreichen Momenten und vor allem für deine Geduld.

Düsseldorf, im Dezember 2019

Maja Caroline Lehmann

Erster Teil

Einleitung und naturwissenschaftliche
Grundlagen

Erstes Kapitel

Einführung in die Thematik

In nahezu¹ jeder menschlichen Zelle befindet sich neben dem Zellkern und weiteren wichtigen Zellbestandteilen eine Vielzahl von Mitochondrien. Dabei handelt es sich um Zellstrukturen, die für die (lebens-)notwendige Energieversorgung der jeweiligen Zelle zuständig sind. Gesteuert wird der Vorgang der Energieproduktion und -bereitstellung – wie letztlich jeder Ablauf im menschlichen Organismus – von der DNA²; zum Großteil von der nukleären DNA (nDNA), d.h. der DNA, die sich im Zellkern befindet, sowie zu einem vergleichsweise kleinen, aber nicht weniger bedeutsamen Teil von der sogenannten mitochondrialen DNA (mtDNA). Bei Letzterer handelt es sich um einen Genomsatz mit 37 Genen, welcher in zahlreichen Kopien in jedem Mitochondrium vorliegt.

Infolge einer Genmutation der nukleären oder der in den Mitochondrien selbst befindlichen mitochondrialen DNA kann es zu Funktionsstörungen der Mitochondrien bei der innerzellulären Energieproduktion und dadurch zu einem kritischen Energiemangel in der betroffenen Zelle kommen. Pathologische Symptome, z.T. schwerwiegender Art, sind die Folge. Häufig betroffen von derartigen mitochondrialen Krankheiten werden besonders energiebedürftige Gewebe wie das Herz, das Hirn oder die Skelettmuskulatur, wobei mit einer schweren Symptomatik oftmals eine (stark) verkürzte Lebenserwartung einhergeht. Die Beschwerden einer mitochondrialen Erkrankung sind ebenso wie u.a. der Zeitpunkt ihrer Manifestation sehr variabel, was zu einem breiten, heterogenen Spektrum an Krankheitsbildern führt. Nur einige charakteristische Kombinationen von Symptomen lassen sich als typische Syndrome klassifizieren, wie etwa das MELAS-Syndrom (Mitochondriale Enzephalomyopathie mit Laktatazidose und schlaganfallähnliche Episoden) oder das Leigh-Syndrom. Diese „klassischen“ Symptom-Konstellationen bilden allerdings lediglich einen geringen Teil der Bandbreite mitochondriopathisch bedingter Leiden ab.

Mitochondriale Erkrankungen können sowohl zu Lebzeiten durch Umwelteinflüsse erworben werden als auch auf einer genetischen Veranlagung des Betroffenen, die ursprünglich elterlicherseits in Form von Genmutationen der

¹ Lediglich die roten Blutkörperchen (Erythrozyten) bilden dazu eine Ausnahme, *De-schauer/Zierz* in: Zierz (Hrsg.), *Muskelerkrankungen*, 2014, S. 274 (276).

² DNA steht für deoxyribonucleic acid (engl.) (dt.: Desoxyribonukleinsäure). Es handelt sich dabei um ein Molekül, das als Träger der genetischen Information, d.h. der Gene der jeweiligen Zelle dient.

nukleären oder mitochondrialen DNA vererbt worden ist, beruhen. Hat sich eine entsprechende Erkrankung bereits ausgeprägt, kann diese in Ermangelung entsprechender Therapieansätze bislang nicht kurativ behandelt werden, d.h. eine Heilung ist nicht möglich.

Zur Vermeidung einer solchen genetisch bedingten Übertragung ist für Krankheiten, deren Ursache in einem Defekt der mtDNA liegt, eine neue medizinische Behandlungsform auf dem Vormarsch: die Mitochondrienersatztherapie (MET). Da mitochondriale Krankheiten, die auf mtDNA-Mutationen beruhen, einen maternalen Erbgang aufweisen, d.h. mütterlicherseits vererbt werden, besteht der Ansatz dieser Methode – ungeachtet der verschiedenen Ausgestaltungen³ – darin, im Rahmen einer reproduktionsmedizinischen Behandlung die nukleäre DNA und damit über 99,8%⁴ der genetischen Informationen aus der Eizelle der Trägerin einer mtDNA-Mutation in eine Kern-DNA-lose Spendereizellhülle einer anderen Frau, die intakte Mitochondrien enthält, zu transferieren. Die auf diese Weise rekonstruierte „Eizelle“ kann sodann nach erfolgreicher Befruchtung wieder in den Uterus der späteren Mutter eingesetzt werden, was im optimalen Fall eine Schwangerschaft der Kinderwunschpatientin zur Folge hat. In Deutschland könnte eine derartige Therapie nach derzeitigem Stand wohl für insgesamt ca. 1100 Patientinnen grundsätzlich infrage kommen.⁵

An dem beschriebenen Verfahren wird weltweit – insbesondere in den USA und Großbritannien – seit längerer Zeit intensiv geforscht. Es gab bereits Testreihen an menschlichen Eizellen und eine Reihe von Tierversuchen, sogar an Makaken (Primaten), infolgedessen vier – allem Anschein nach bis jetzt gesunde – Affenbabys geboren wurden.⁶ Zudem wurde Ende 2016 bekannt, dass bereits im April desselben Jahres in Mexiko ein erstes Kind infolge eines „erfolgreich“ durchgeführten Mitochondrienaustausches geboren worden ist.⁷ Ein zweites Kind soll nach Anwendung eines entsprechenden Verfahrens Anfang Januar 2017 in Kiew zur Welt gekommen sein.⁸

³ Vorkern-, Spindel- und Polkörpertransfer, s. dazu später in Kapitel 4, B.

⁴ Zum prozentualen Anteil des mitochondrialen Genoms am Gesamtgenom s.u. Kapitel 3, B. II. 1.

⁵ *Leiner*, *ÄrzteZeitung*, Nr. 242 vom 14.12.2016.

⁶ Näheres dazu in Kapitel 4, B. II. 2.

⁷ *Zhang et al.*, *Reprod Biomed Online*, 2017 (34) S. 361 ff.; *ders. et al.*, *Fertility and Sterility*, 2016 (106) S. e375 f.

⁸ S. dazu die Pressemitteilungen von *Coghlan*, *First baby born using 3-parent technique to treat infertility*, in: *New Scientist*, SHORT SHARP SCIENCE, 18.01.2017, abrufbar unter: <https://www.newscientist.com/article/2118334-first-baby-born-using-3-parent-technique-to-treat-infertility/>; *Dockerill* *World-First in Ukraine as „Three-Parent“ Baby Born to an Infertile Couple*, in: *Science Alert*, 19.01.2017, abrufbar unter: <https://www.sciencealert.com/world-first-in-ukraine-as-three-parent-baby-born-to-an-infertile-couple>; *Roberts* *IVF: First three-parent baby born to infertile couple*, in: *BBC News online*, 18.01.2017, abrufbar unter: <http://www.bbc.com/news/health-38648981>, jeweils zuletzt abgerufen am: 14.08.2019.

Nachdem nun die zuständigen Regulierungs- und Kontrollbehörde in Großbritannien, die Human Fertilisation and Embryology Authority (HFEA),⁹ einer zurückhaltenden und einzelfallbezogenen Implementierung der Mitochondrienersatztherapie in den klinischen Alltag auf Grundlage der bereits 2015 vom britischen Parlament beschlossenen Gesetzesänderung, die die Durchführung von Mitochondrienersatztherapien unter bestimmten Voraussetzungen gestattet,¹⁰ zugestimmt hat,¹¹ wird in naher Zukunft auch auf britischem Boden mit den ersten Geburten nach MET zu rechnen sein. Bislang wurden bereits zwei Anwendungsfälle bekannt.¹²

⁹ Zu Status und Funktion der HFEA s. in Kapitel 4, C. I.

¹⁰ The Human Fertilisation and Embryology (Mitochondrial Donation) Regulations 2015, Volltext abrufbar unter http://www.legislation.gov.uk/ukxi/2015/572/pdfs/ukxi_20150572_en.pdf, zuletzt abgerufen am: 14.08.2019.

¹¹ S. dazu die Mitteilung auf der Website der HFEA, <https://www.hfea.gov.uk/about-us/news-and-press-releases/2016-news-and-press-releases/hfea-permits-cautious-use-of-mitochondrial-donation-in-treatment-following-advice-from-scientific-experts/>, zuletzt abgerufen am: 14.08.2019.

¹² *Hamzelou*, First UK three-parent babies could be born this year, in: *New Scientist*, DAILY NEWS, 02.02.2018, abrufbar unter: <https://www.newscientist.com/article/2160120-first-uk-three-parent-babies-could-be-born-this-year/>, zuletzt abgerufen am: 14.08.2019; *Sample*, UK doctors select first women to have „three-person babies“, in: *The Guardian*, 01.02.2018, abrufbar unter: <https://www.theguardian.com/science/2018/feb/01/permission-given-to-create-britains-first-three-person-babies>, zuletzt abgerufen am: 14.08.2019.

Zweites Kapitel

Gegenstand der Arbeit und Gang der Untersuchung

Im Fokus dieser Arbeit steht die Frage, ob und ggf. inwiefern (erstens) die Forschung an Mitochondrienaustauschverfahren bzw. die Vornahme einer Mitochondrienersatztherapie im Rahmen einer Kinderwunschbehandlung nach der aktuellen Rechtslage in Deutschland zulässig ist und (zweitens) eine Reformierung des derzeit geltenden Rechts in Anbetracht des medizinisch – mittlerweile – Machbaren erwogen werden muss.

Eine fundierte Antwort erfordert hinreichende Sachkenntnis. Aus diesem Grund werden in diesem ersten Teil der Arbeit zunächst die naturwissenschaftlichen Grundlagen beleuchtet und dabei Aufbau und Funktion von Mitochondrien sowie u.a. die Ursachen und Auswirkungen von mitochondrialen Erkrankungen erklärt. Nach einem kurzen Überblick über den Ablauf einer künstlichen Befruchtung, die jedenfalls im Falle einer reproduktionsmedizinischen Behandlung stets im Anschluss an den eigentlichen Mitochondrienaustausch stattfindet, wird auf die unterschiedlichen Ersatzverfahren und den jeweiligen Stand der Forschung bzw. Entwicklung im Ausland eingegangen, bevor mögliche Schwachstellen des Behandlungsansatzes vorgestellt werden. Da der Sinn und Zweck der Mitochondrienersatztherapie – nämlich die Vererbung schwererer genetischer Erkrankungen zu vermeiden – letztlich derselbe ist wie bei der Präfertilisations- und Präimplantationsdiagnostik, stellt sich angesichts der – z.T. begrenzten – Zulässigkeit letztgenannter Methoden auch die Frage nach der Notwendigkeit der Mitochondrienersatztherapie und einem u.U. damit verbundenen legislatorischen Tätigwerden.

Im zweiten Teil der Arbeit wird die derzeit geltende Rechtslage in Deutschland erörtert, wobei allem voran die strafrechtliche Relevanz der Spende von Mitochondrien nach dem 1991 in Kraft getretenen Gesetz zum Schutz von Embryonen (Embryonenschutzgesetz – ESchG)¹ geprüft wird. Sowohl die Phase der reinen Forschung an den in Betracht kommenden Methoden – ohne Anwendung am Menschen – als auch die tatsächliche Vornahme einer Mitochondrienersatztherapie im Rahmen reproduktionsmedizinischer Bemühungen werden dazu in den Blick genommen. Da die in Rede stehende Methode stets die Spende einer fremden Eizelle mit gesunden Mitochondrien voraussetzt, kurzum dem Grunde nach eine Fremdeizellspende, welche hierzulande nach § 1 Abs. Nr. 1

¹ BGBl. I 1990 S. 2746.

und 2, Abs. 2 ESchG verboten ist, gilt es zuvörderst zu überprüfen, ob der Fall einer „Mitochondrienspende“ tatsächlich als Eizellspende zu qualifizieren ist. Dazu werden auch die für das Verbot der Eizellspende vorgebrachten Argumente im Hinblick auf die Mitochondrienersatztherapie auf ihre Tragfähigkeit hin zu untersuchen sein. Darüber hinaus ergibt sich aufgrund einer medizinischen Besonderheit ein weiteres Problem: Da Mitochondrien eigene DNA, die eingangs bereits erwähnte mtDNA beinhalten, werden dem im Wege dieses Verfahrens gezeugten Menschen Erbinformationen von drei Personen übertragen, nämlich von dem Mann, dessen Spermata verwendet wird, von der Frau, von der die nukleäre DNA stammt, und von der „Mitochondrienspenderin“, die die Mitochondrien enthaltende Eizellhülle und damit die mtDNA im Rahmen der Mitochondrienersatztherapie beisteuert. Zwar macht der Anteil der genetischen Erbinformation seitens der Spenderin weniger als 0,2%² der gesamten DNA aus, dennoch könnte diese Behandlungsform eine verbotene künstliche Veränderung des Erbgutes menschlicher Keimbahnzellen gemäß § 5 Abs. 1 ESchG darstellen. Wäre dies der Fall, dürften entsprechend manipulierte Keimzellen gemäß § 5 Abs. 2 ESchG auch nicht zur Befruchtung verwendet werden. Beide Straftatbestände gilt es deshalb im Hinblick auf die MET zu prüfen. Zudem werden das Verbot der missbräuchlichen Verwendung von Embryonen nach § 2 ESchG sowie das Verbot des Klonens nach § 6 ESchG und die Frage einer Chimärenbildung i.S.d. § 7 ESchG erörtert.

Es wird sich zeigen, dass die Mitochondrienersatztherapie, wie sie in anderen Ländern bereits zur Anwendung gelangt ist, in Deutschland in vielerlei Hinsicht gegen die Vorschriften des ESchG verstößt und deshalb gegenwärtig hierzulande nicht vorgenommen werden darf. Die Analyse der Straftatbestände des ESchG wird jedoch auch ergeben, dass die einschlägigen Strafvorschriften in ihrer aktuellen Fassung zu nicht unerheblichen Strafbarkeitslücken führen. Aus diesem Grund befasst sich der dritte Teil der Arbeit mit rechtspolitischen Überlegungen zu einer Änderung des geltenden ESchG. Der in diesem Zusammenhang erarbeitete Reformvorschlag wird dabei sowohl die in puncto Mitochondrienaustausch bestehende Inkonsistenz der derzeitigen Rechtslage beseitigen als auch eine Regelung enthalten, die auf eine begrenzte Zulassung der Mitochondrienersatztherapie in Einzelfällen und unter strengen Voraussetzungen gerichtet ist. Zu rechtsvergleichenden Zwecken erfolgt in diesem Zusammenhang auch eine Analyse der rechtlichen Situation im Vereinigten Königreich von Großbritannien und Nordirland, wo die Mitochondrienersatztherapie in Gestalt des Spindel- und Vorkerntransfers seit 2015 in eng begrenzten Ausnahmefällen vorgenommen werden darf.

Unter der Prämisse, es sei rechtlich in einigen wenigen und stark reglementierten Einzelfällen zulässig, eine Mitochondrienersatztherapie vorzunehmen,

² Dazu näher in Kapitel 3, B. II. 1.

drängen sich überdies Fragen zu möglichen Rechtsfolgen auf, die sich erst dadurch ergeben, dass es sich bei dem infolge eines Mitochondrienaustausches geborenen Kind nach dem volkstümlichen Sprachgebrauch um ein sogenanntes „Drei-Eltern-Kind“ handelt. Zu diskutieren sind in diesem Zusammenhang u.a. der rechtliche Status der Mitochondrienspenderin und mögliche Konsequenzen der Spende im Hinblick auf die abstammungsrechtliche Zuordnung wie auch etwaige Auskunftsrechte des Kindes bzw. der Spenderin, wobei abermals die britische Regelung als Orientierungshilfe dienen kann.

Die sich im Einzelnen aus dem konkreten Normvorschlag ergebenden potenziellen Beschränkungen, insbesondere für die grundrechtlich gesicherte Fortpflanzungsfreiheit bzw. das Recht „auf reproduktive Selbstbestimmung“³ (Art. 6 Abs. 1 GG bzw. Art. 2 Abs. 1 i.V.m. Art. 1 GG)⁴ sowie die vorbehaltlos gewährte Wissenschaftsfreiheit (Art. 5 Abs. 3 S. 1 Var. 2 GG), sind abschließend auf ihre verfassungsrechtliche Legitimation hin zu überprüfen. Unterschiedliche kulturelle Hintergründe, vielschichtige Moral- und Wertevorstellungen, Generationenwechsel und gesellschaftlicher Wandel sowie der Umstand der persönlichen Betroffenheit bedingen dabei die Komplexität der im Rahmen der Verhältnismäßigkeitsprüfung notwendigen Abwägungsentscheidung. Dass diese zugunsten einer möglichen Anwendung der Mitochondrienersatztherapie im Ausnahmefall ausfällt, ist deshalb keinesfalls zwingend; vielmehr erscheint es auch als eine durchaus denkbare Option, lediglich den Radius strafwürdigen Verhaltens mit Blick auf den vorliegenden Kontext zu erweitern, um bestehende Regelungslücken zu schließen.

Für beide Szenarien enthält die vorliegende Arbeit Regelungsansätze, die sich sowohl in das bestehende System der Regelungen zur Fortpflanzungsmedizin integrieren ließen als auch – zumindest den ihnen zugrundeliegenden Grundgedanken entsprechend – für ein umfassendes Fortpflanzungsmedizingesetz übernommen werden können. Damit versteht sich die Arbeit auch als Versuch, durch „Vorarbeit“ langwierigen und fehleranfälligen Regelungsbemühungen vorzubeugen und auf diese Weise dazu beizutragen, dass das Recht den Vorsprung der medizinisch-technischen Entwicklungen wenigstens teilweise einzuholen vermag.

³ Gassner, ZRP, 2015, S. 126.

⁴ S. zur Herleitung der Fortpflanzungsfreiheit in aller Kürze Spickhoff/Müller-Terpitz, Art. 6 GG Rn. 1 f. m.w.N., sowie in Teil III, Kapitel 3, B. I. 1.

Drittes Kapitel

Naturwissenschaftliche Grundlagen

In diesem Abschnitt sollen die zellbiologischen, biochemischen und medizinischen Grundlagen, die mit Blick auf den Gegenstand dieser Arbeit für ein ausreichendes Verständnis von Mitochondrien und mitochondrialen Krankheiten unerlässlich sind, aufgezeigt werden.

A. Mitochondrien – die „Kraftwerke der Zellen“

Im Folgenden werden nach einer kurzen historischen und etymologischen Einführung zunächst der Zellaufbau und die Struktur von Mitochondrien erörtert, gefolgt von einer Darstellung ihrer (Haupt-) Funktion, die in der zelleigenen Energieerzeugung besteht.

I. Historie und Begriffsbestimmung

Granuläre und fadenförmigen Zellstrukturen im Inneren der meisten Zellen wurde erstmals um das Jahr 1850 festgestellt. Unter der Bezeichnung „Bio-blasten“ beschrieb der deutsche Pathologe und Histologe *Richard Altmann* Mitochondrien bereits Ende des 19. Jahrhunderts als bakterien-ähnliche, autonome Zellbestandteile, die für den Metabolismus von großer Bedeutung sein sollten.¹ Der Begriff „Mitochondrion“ oder „Mitochondrium“, zusammengesetzt aus den altgriechischen Worten „μίτος“ [mítos] für „Faden“ und χόνδρος [chóndros], was so viel bedeutet wie „Korn“, wurde wenig später von *Carl Benda*, seinerseits ebenfalls Pathologe, eingeführt. Die Etymologie des Begriffs lässt erste Rückschlüsse auf das Erscheinungsbild dieser Zellbestandteile zu. Für eine differenzierte Einordnung muss indes vorab der zugrundeliegende Zelltypus bestimmt werden.

¹ *Altmann*, Die Elementarorganismen und ihre Beziehungen zu den Zellen, 1890.

II. Die eukaryotische Zelle: Aufbau und Abgrenzung von Prokaryoten

Eine der elementarsten Unterscheidungen in der Zytologie ist diejenige zwischen eukaryotischen und prokaryotischen Zellen. In der Hauptsache beruht sie auf zwei wesentlichen Abgrenzungskriterien: dem Vorhandensein eines Zellkerns sowie der Existenz von Zellorganellen.

1. Abgrenzungsmerkmal Zellkern

Prokaryoten sind zelluläre Lebewesen ohne eigenen Zellkern wie beispielsweise Bakterien. Das Erbmaterial einer solchen Procyte ist als Verbund von ringförmigen Strängen organisiert, die aus sogenannter DNA (deoxyribonucleic acid [engl.] [zu Deutsch: Desoxyribonukleinsäure]) bestehen und ohne klare Abgrenzung – insbesondere ohne Membranhüllung – frei im Zytoplasma liegen.² Gleiches gilt für die übrigen Bestandteile. Dagegen besitzen Eukaryoten, zu denen neben Pilzen und Pflanzen auch Menschen und Tiere gehören, in nahezu jeder ihrer Zellen, den Eucyten, einen eigenen Zellkern.³ Dieser wird durch eine Doppelmembran von dem umgebenden Zytoplasma klar abgegrenzt und enthält den Großteil der in der Zelle befindlichen DNA, die – wie auch bei Prokaryoten – als Träger der Erbinformation fungiert.

a) Menschliches Kern-Genom

Im Zellkern einer menschlichen Zelle befinden sich in Form von chromosomaler DNA über 99,8 % des Erbmaterials.⁴ Es verteilt sich auf insgesamt 23 unterschiedliche Chromosomen, die in zweifacher Ausführung vorliegen. Einer der zwei einfachen bzw. haploiden Chromosomensätze ($n =$ ein Chromosomensatz = 23 Chromosomen) stammt ursprünglich von der Mutter, während der andere väterlicherseits vererbt worden ist. Bis auf die befruchtungsbereiten Gameten beinhaltet deshalb jede menschliche Zelle mit einem Zellkern einen doppelten, d.h. diploiden Chromosomensatz ($2n =$ zwei Chromosomensätze à 23 Chromosomen = 46 Chromosomen).⁵ Die Gesamtheit der Chromosomen, d.h. der nukleären DNA bezeichnet man auch als Kern-Genom.

² Den o.g. DNA-Verbund bezeichnet man auch als Nukleoid oder Kernäquivalent.

³ Lediglich die Erythrozyten (= rote Blutkörperchen) und die Thrombozyten (= Blutplättchen) von Mensch und Tier haben keinen Nukleus.

⁴ Zum prozentualen Anteil des mitochondrialen Genoms am Gesamtgenom s.u. Kapitel 3, B. II. 1.

⁵ Ausnahmen bilden die befruchtungsbereiten Gameten, namentlich die Spermatozoen und die reife Eizelle. Sie verfügen jeweils nur über einen einfachen Chromosomensatz.

Register

- Abort/Fehlgeburt 56, 74, 82, 101, 251, 253, 260, 293, 328
- Abwehrrecht 270, 272, 281, 310
- Adenosintriphosphat *siehe* ATP
- Änderungsentwurf zum ESchG
siehe Reformvorschlag
- allgemeine Handlungsfreiheit
siehe Handlungsfreiheit
- allgemeines Persönlichkeitsrecht
siehe Persönlichkeitsrecht
- Alterungsprozess 23, 67, 176, 299, 303
- Analogie(-verbot) 111 f., 125, 139, 143, 150, 155 f., 178, 184, 204, 206, 230
- Anschlussdelikt/Anschlussstraftatbestand 232
- Anstiftung 220, 222
- Anwendungssicherheit 65, 72, 173, 244, 288, 291, 308
- Anzahl menschlicher Gene 11, 14
- Art. 103 Abs. 2 GG 111 f., 125, 139, 143, 150, 155 f., 164, 170, 178
- Arztvorbehalt 90, 108, 259
- Atmungskette *siehe* Zellatmung
- ATP 15 ff., 23, 29, 32
- ATP-Synthase 20–22, 26, 28
 - ATP-Synthase 20
- Aufklärung 255, 257, 306
- Auslandstat 219 ff.
- Basenpaar(e) 11, 14, 157, 167
- befruchten/Befruchtung
- Auftauen von 2-PN-Zellen 122–133, 195
 - Polkörpertransfer 134 f., 196 f., 202
 - Spindeltransfer zu Forschungszwecken 120, 183 f.
 - Spindeltransfer zum Zweck der Herbeiführung einer Schwangerschaft 20, 184 ff., 201
 - Vorkerntransfer zu Forschungszwecken 121 ff., 195
 - Vorkerntransfer zum Zweck der Herbeiführung einer Schwangerschaft 134, 196, 201
- Beihilfe 220, 222
- Benda-Kommission 88, 171 f., 297, 314
- Berufsfreiheit 309, 312 ff.
- Berufsausübung 313, 316, 318
 - Berufswahl 313, 316, 318
 - Erlaubtsein der Tätigkeit 314
 - Konkurrenzverhältnis zwischen Art. 5 Abs. 3 S. 1 Var. 2 GG und Art. 12 Abs. 1 GG 315 f.
 - objektive Berufswahlregelungen 317
 - Schutzbereich 313 f.
 - Stufenlehre 318
 - subjektive Berufswahlregelungen 317
 - Verhältnis zu Art. 5 Abs. 3 S. 1 Var. 2 GG 315 f.
- Biomedizinkonvention des Europarates
siehe BMK
- Blutspende 261
- BMK 324 f.
- bottleneck-effect *siehe* genetischer Flaschenhals
- Charta der Grundrechte der Europäischen Union 322 f.
- Chimäre 7, 152, 192, 205 f., 247, 262
- Chimären- und Hybridbildung 89, 152, 205
- Citratzyklus *siehe unter* Zellatmung
- Consolidated Appropriations Act 51
- cytoplasmic transfer *siehe* Zytoplasma-transfer
- Dammbruch 300, 303
- DET *siehe* Double-Embryo-Transfer

- Designerbabies 300
 Desoxyribonukleinsäure 3, 10, 11
 Deutscher Mittelweg 199 f.
 Dienstleistungsfreiheit nach Art. 56 ff.
 AEUV 323
 Dissimilation *siehe* Zellatmung
 DNA-Replikation 43
 Donor- und Akzeptorzelle 121, 131–133,
 143, 248
 Double-Embryo-Transfer 199
 Drei-Eltern-Kind 8, 186, 192, 260 f.
 Dreierregel 144, 199 f.

 eDET *siehe* elective Double-Embryo-
 Transfer
 Eingriffsbegriff
 – klassisch 272, 311
 – modern 272
 Einschätzungsprerogative des Gesetz-
 gebers 290, 294, 302
 Einstellung des Strafverfahrens 130
 Einwilligung
 – mutmaßliche 211 f., 289
 – rechtfertigende 211 f.
 – nach § 4 Abs. 1 Nr. 2 ESchG 103 f.
 Eizellentnahme 45 f., 116, 126, 219, 253,
 359, 306
 Eizelle
 – befruchtete, entwicklungsfähige
 menschliche Eizelle *siehe unter*
 ESchG
 – Entwicklung *siehe* Oogenese
 – Identität (§ 1 Abs. 2 ESchG) 138 f.
 – Inhaberin 121, 138, 184 ff., 196–198
 – Qualität 48 ff.
 Eizellspende 6 f., 38, 89, 105, 117–119,
 122, 185, 189, 220 f., 261, 305, 324
 elective Double-Embryo-Transfer 200
 elective Single-Embryo Transfer 200
 Embryogenese 35, 42, 48, 74
 Embryonentransfer/Embryotransfer 41,
 48, 76, 85, 108, 114, 116, 206, 211, 215,
 224
 Embryo-Scoring 200
 Embryo-Splitting 92
 Embryoselektion
 – postkonzeptionell 291–293, 328
 – präimplantativ 292
 – präkonzeptionell 107, 161, 250, 291 f.,
 323, 328
 – geschlechtsbezogen/ begrenzt auf
 männliche Embryonen 52, 72, 167,
 174 f., 291–294, 308, 323, 328
 Embryospende 99, 104, 120, 140, 185 f.,
 189, 191, 193, 208
 EMRK 323 f.
 Entschädigung der Mitochondrien-
 spenderin *siehe* Reformvorschlag
 Ersatz- und Leihmutterchaften 110, 120,
 185, 193, 272, 306
 ESchG
 – Arbeitsentwurf 89
 – befruchtete, entwicklungsfähige
 menschliche Eizelle 92 ff.
 – Begrenzung des Mehrfachtransfers
 100 f.
 – Diskussionsentwurf 88 f.
 – Dispositionsbefugnis 103 f.
 – Embryo i.S.d. ESchG 91 ff.
 – Entstehungsgeschichte 87 ff.
 – kein Tötungstatbestand 97
 – Konzeption 90 f.
 – Schutzzweck 91, 95 ff., 107, 155, 275
 – Tatbestand der Embryonenschädigung
 101 f.
 – Tötungspflichten, indirekte 100
 – totipotente Zelle 95, 170
 – Transferverbot (§ 6 Abs. 2 und § 7
 Abs. 2 ESchG) 100, 120
 – Vermeidung der Entstehung über-
 zähliger Embryonen 99, 126, 199, 202,
 234
 eSET *siehe* elective Single-Embryo-
 Transfer
 Eucyte 10–12
 Eugenik/eugenisch 161, 175 f., 295, 297,
 299 f., 302–304, 307, 322
 Eukaryot/eukaryotisch 10 ff., 21
 Europäische Menschenrechtskonvention
 siehe EMRK

 Familienbegriff, verfassungsrechtlich
 270
 Familiengründungsfreiheit 268 ff.

- FDA 50–52, 55
 Fehlgeburt/Abort 56, 74, 82, 101, 251, 253, 260, 293, 328
 Fertilitätsstörung 41, 47
 Follow-Up-Studie 50, 284 f.
 Forschungsfreiheit 179, 240, 302, 310, 316, *siehe auch* Wissenschaftsfreiheit
 Forschungsverbot 240
 Fortpflanzungsfreiheit 8, 240, 266–268, 271, 273, 275
 Fortpflanzungsmedizingesetz 8, 85, 108, 324
 Fortpflanzungsverbot 285
 fragmentarischer Charakter 110 f., 234
 Freiheitsvermutung des Grundgesetzes 273, 308
- Gefahrenvorsorge 281
 Gendiagnostikgesetz 76, 223 f.
 Gene-/Genome-Editing 173, 299
 genetische Mutterschaft *siehe unter* Mutterschaft
 genetischer Flaschenhals 33 f., 66, 70 f.
 Gentechnikgesetz 224 f.
 Gentransfer(-verfahren) 162 f., 170, 172, 175, 177, 276 f., 314
 Gesetzesvorbehalt 273 f., 318
 gespaltene Mutterschaft *siehe unter* Mutterschaft
 Gesundheitsschutz 103, 212, 266, 279–281, 308, 312
 Graafscher Follikel 42, 44 f.
 Grundsatz der Verhältnismäßigkeit 110, 274
- Handlungsfreiheit, allgemeine 267, 284, 318–320
 Handlungskomplexe 113 ff., 129
 Haupttat 214, 221
 Heileingriff 289
 hES-Zellen 236 f.
 Heteroplasmie/heteroplasmatisch 31, 33 f., 55, 57, 70, 79–82, 208, 252
 HFEA 5, 63 ff., 73, 79, 244 f., 248 f., 291 f.
 Homoplasmie/homoplasmatisch 31, 70, 79–82, 252
 Human Fertilisation and Embryology Act 243 ff.
- Human Fertilisation and Embryology Authority *siehe* HFEA
- ICSI 40 f., 46 f.; 53, 57, 114, 183, 197, 201 f., 282
 Identität
 – der Eizelle (§ 1 Abs. 2 ESchG) 138 f.
 – des Erbmateri als (§ 6 Abs. 1 ESchG) 168
 – Identitätsfindung, -bildung und -krise 118, 186–192, 221, 320
 – personale 296
 Imprägnation
 – Polkörpertransfer 141–143
 – Spindeltransfer 136
 – Vorkerntransfer zu Forschungszwecken 136 f.
 – Vorkerntransfer zum Zweck der Herbeiführung einer Schwangerschaft 137–141
 Indikation 46, 56, 73, 78 f., 111, 246–248, 252 f., 260, 266, 306
 Institute of Medicine of the US National Academies of Sciences, Engineering and Medicine *siehe* IOM
 intrazytoplasmatische Spermieninjektion *siehe* ICSI
 Instrumentalisierung 9, 221, 291, 298
 intratubarer Gametentransfer 117
 In-vitro-Fertilisation *siehe* IVF
 IOM 51 f., 79, 291
 IPS-Zellen 156, 236 f., 311, 327
 IVF 40 f., 45–47, 53, 74, 76, 81, 88, 104, 171, 193, 202, 317
- Katabolismus 15
 Keimbahn /Keimbahnzelle *siehe unter* Veränderung menschlicher Keimbahnzellen
 Kindeswohl 105, 118, 194, 197, 280
 Klonen/Klonierung 7, 89, 92 f., 100, 105 f., 145, 151 f., 157, 168 f., 238, 298
 Knochenmarkspende 192, 194, 263
 kodierende DNA 11, 29, 157
 Konkurrenzen 231 ff.
 Konkurrenzverhältnis zwischen Art. 5 Abs. 3 S. 1 Var. 2 GG und Art. 12 Abs. 1 GG 315 f.

- Krebs-Zyklus *siehe unter* Zellatmung
 künstliche Veränderung menschlicher
 Keimbahnzellen *siehe* Veränderung
 menschlicher Keimbahnzellen
- Lebendorganspende 192, 194, 206, 258,
 261–263, 306
- Lebersche hereditäre Optikusneuropathie
siehe LHON
- Legaldefinition
 – Embryo 93, 125
 – Keimbahnzelle 144, 147 f., 153
 – Mitochondrienersatztherapie 250
 – permitted 243, 246
- Leihmutterschaft *siehe* Ersatz- und
 Leihmutterschaft
- Lizensierung von Zentren 64, 249, 256,
 259
- maternal spindle transfer *siehe* Spindel-
 transfer
- maternaler Erbgang bzw. maternale/
 matrilineare Vererbung 4, 27, 29–31, 38,
 40, 57, 72, 166, 174, 290 f., 323
- Mehrlingsschwangerschaft 60, 100 f., 106,
 199, 202
- Menschenwürde 99, 296–298, 300–302,
 306, 324
- Menschenzüchtung *siehe* Züchtung
- Menschheitswürde 107
- Messenger-RNA *siehe* mRNA
- Metabolismus 9, 176, 299, 303
- mismatch *siehe* Passfähigkeit
- Missbrauch/Missbrauchsgefahr 106 f.,
 128 f., 141, 171 f., 175, 197, 221, 299 ff.
- missbräuchliche Verwendung von
 Embryonen (§ 2 ESchG) 7, 98 f., 107,
 199, 207 f.
- Mitochondrien 9 ff.
 – Cristae 14
 – Endosymbiontentheorie 14 f.
 – Funktion und Aufbau 13 ff.
 – Intermembranraum 14, 20
 – Matrix 14, 16, 18, 20
- Mitochondriopathien 21 ff.
 – Ausprägung 12, 22, 36, 33, 36, 71 f., 76,
 80–82, 190, 252, 291 f., 301
 – Gesamtprävalenz 35
- Leigh-Syndrom 3, 26, 33, 55–57, 241,
 287
 – LHON 29, 31, 70, 252
 – MELAS 3, 33, 36
 – primäre 22 ff., 29 f.
 – Prognostizierbarkeit 70, 252, 287
 – Schwellenwerthypothese 31 f., 57, 81
 – sekundäre 22 ff.
- Mitose 42, 52
- mittelbare Zwecksetzung der
 Imprägation 134, 137, 139–141
- Mittransfer *siehe* mtDNA-Carryover
 mRNA 25 f.
- mtDNA-Carryover 56 f., 59 f., 62, 66,
 71 f., 75, 82, 278, 291 f., 328
- Mutterschaft
 – austragende 117 f., 153, 185 f., 189,
 193 f., 197, 234
 – genetische 104, 117 f., 153, 185 f., 188 f.,
 191–194, 196 f., 234, 260, 263
 – gespaltene 105, 117, 120, 125, 140 f., 153,
 185–189, 194, 196–199, 280
 – soziale 185 f., 189, 193 f.
- Natürlichkeit der Fortpflanzung 271
- negatives Tatbestandsmerkmal 172, 179
- Nidation 48, 97, 100 f., 103 f., 207
- Notstandslage 212
- Notstand, rechtfertigender 211 f.
- Nuffield Council on Bioethics 244 f.
- objektive Bedingung der Strafbarkeit 179
- Oogenese 34 f., 42 ff.
 – Interphase 43
 – Meiose 42 ff.
 – Oogonien 42 f.
 – primäre Oozyten 42–44, 54
 – sekundäre Oozyten 44
 – Urkeimzellen 42 f.
- Organellen 10–14, 21, 23, 25, 43 f., 62
- Passfähigkeit von Spender-mtDNA und
 Empfänger-DNA 66–70, 258, 278,
 306
- Persönlichkeitsrecht, allgemeines 103,
 267, 269, 284, 309, 318–320
- permitted egg 243, 246–248
- permitted embryo 243, 246–248

- PID
- Ablauf 76 f.
 - Absicherung des Behandlungserfolges 72, 81 f., 259 f.
 - Eignung im Hinblick auf die Verhinderung mitochondrialer Erkrankungen 79 ff.
 - Ethikkommission 79, 256 f.
 - rechtlicher Rahmen 77 ff.
- PKD
- Ablauf 74 f.
 - Eignung im Hinblick auf die Verhinderung mitochondrialer Erkrankungen 75 f.
 - rechtlicher Rahmen 75
- PND 76
- polar body genome transfer
siehe Polkörpertransfer
- Polkörperdiagnostik *siehe* PKD
- Polkörpertransfer 50, 60–62, 65, 115–117, 119, 134 f., 141–143, 147, 150, 154–156, 177 f., 196–198, 202, 204, 207, 215–218, 221, 223, 229 f., 236, 254 f., 273, 276, 286, 300, 311
- künstliche Veränderung 177 f.
 - Verbot 229 f.
 - zu Forschungszwecken 142, 196
 - zum Zweck der Herbeiführung einer Schwangerschaft 142 f., 196 f.
- Präferilisationsdiagnostik *siehe* PKD
- Präimplantationsdiagnostik *siehe* PID
- Pränataldiagnostik *siehe* PND
- praktische Konkordanz 275, 283, 294, 308
- Primärabsicht 141, 143, 182
- Primaten-Modell 4, 51, 54 f.
- Prinzip des bereichsspezifisch auszulegenden Begriffs der Befruchtung 126
- Prokaryoten/prokaryotisch 10, 12
- pronuclear transfer *siehe* Vorkerntransfer
- Proteinbiosynthese 25, 28 f.
- Qualitätssicherungsmechanismen 284, 288
- Recht des Kindes auf Kenntnis der eigenen Abstammung 262 f.
- rechtfertigender Notstand *siehe* Notstand
- Rechtsstaatsprinzip 110, 274
- Rechtswidrigkeit 211–213
- Reformvorschlag
- Begrenzung auf rechtfertigungswürdige Einzelfälle 251
 - Einwilligung 252 ff., 293
 - Entschädigung der Mitochondrienspenderin 256, 258 f., 306
 - Erforderlichkeit 284 f.
 - Geeignetheit 283 f.
 - Interessen der Beteiligten 265 f.
 - Kontrolluntersuchung 81 f., 259 f.
 - MET-Kommission 255–259, 290
 - Tatbestandsausschluss 235
 - Verbot des Polkörpertransfers 229 f., 236, 254 f., 273, 276, 286, 300, 311
 - Verfahrensvoraussetzungen 255 ff.
 - Verfassungsmäßigkeit 265 ff., 274 f., 311 f.
 - Verhältnismäßigkeit i.e.S. 285 ff.
- Regelungslücke 8, 112, 162, 178, 181, 204, 227, 230 f., 238, 240, 277, 321, 323
- replikative Segregation *siehe* Segregation
- Reproduktionsfreiheit *siehe* Fortpflanzungsfreiheit
- Rückgriff auf § 34 StGB 213
- Rücktrittsmöglichkeit 130
- Samenspende 118, 185, 193
- Samenspende 211, 268
- Samenspenderegister 262
- Schutzpflicht, staatliche 276, 279–285, 300, 305, 309
- Schwachstellen der Mitochondriensatztherapie 6, 62–73, 83, 172, 278
- Schwellenwerthypothese 31 f., 57, 81
- Scientific Review 63–65, 244 f., 249, 292
- Segregation 34, 66, 69, 71
- Selbstzweck 297
- SET *siehe* Single-Embryo-Transfer
- Single-Embryo-Transfer 199
- soziale Mutter *siehe unter* Mutterschaft
- Selbstverständnis 106–108, 185, 193, 263, 266, 275, 299, 301
- Spermagewinnung 46
- Spindelapparat/Teilungsspindel 44 f., 47, 53 f., 56, 58, 60 f., 91 f., 94 f., 114 f., 120, 134, 147, 150, 165, 207, 215

- Spindeltransfer 7, 50, 53–57, 65, 68 f., 114, 120, 136, 147, 150, 153, 165–177, 180 f., 183–194, 197 f., 201, 203, 210, 214 f., 223, 246, 248, 287, 291
- künstliche Veränderung 165–178
 - zu Forschungszwecken 183 f.
 - zum Zweck der Herbeiführung einer Schwangerschaft 184–194
- Stammzellgesetz 224
- Status der Mitochondrienspenderin 141, 192, 260–262
- Stimulation 45, 53, 281, 259
- stoffliche Divergenz 138 f.
- Störung der Persönlichkeitsentwicklung 118, 188 f., 191
- Subsidiarität strafrechtlichen Rechtsgüterschutzes 111
- Tatbestandsausschluss 103 f., 139, 146, 178–181, 183, 195, 203, 208, 235
- Tatentschluss 133, 135, 183
- tätige Reue 130
- Teilnahmestrafbarkeit 221
- Territorialitätsprinzip 219
- The Human Fertilisation and Embryology (Mitochondrial Donation) Regulations 2015 242, 245–250
- totipotente Zelle *siehe unter* ESchG
- Transplantationsgesetz 225 f.
- Transport-RNA *siehe* tRNA
- threshold effect *siehe* Schwellenwert-hypothese
- Tricarbonsäurezyklus *siehe unter* Zellatmung
- tRNA 26, 28
- Überhang mitochondrialer DNA *siehe* mtDNA-Carryover
- Übermaßverbot 294 f.
- unantastbarer Kernbereich 267, 319
- unionsrechtliches Diskriminierungsverbot 314
- unmittelbares Ansetzen 121, 123, 131 f., 135 f., 183, 195, 203
- Unnatürlichkeitsargument 295
- Unternehmensdelikt 121, 129 f., 183, 203, 232
- U.S. Food and Drug Administration *siehe* FDA
- Veränderung menschlicher Keimbahnzellen 7, 50, 144 ff., 202, 210, 230, 276 f., 308
- Aufhebung der Keimbahnzeleigen-schaft/Tatobjektsqualität 146, 148–151, 159, 163, 167
 - Erbinformation einer menschlichen Keimbahnzelle 144 f., 157, 163 ff.
 - Kontinuität der Keimbahn 145
 - künstliche Veränderung 157–178
 - menschliche Keimbahnzellen 144–157, 163
 - tatbestandliche Reduktion 166 ff., 172 ff.
 - Wiederherstellung der Keimbahnzeleigen-schaft 151–157, 160
 - Tatbestandsausschluss nach § 5 Abs. 4 ESchG 146, 178–181, 183, 203, 235
- Verbot der Eizellspende *siehe* Eizellspende
- Vererbungsmodus/-prozess 25, 29 f., 177
- verfassungsimmanente Schranken 273–275, 279, 281–283, 305, 312, 315, 321
- Vermeidung der Entstehung überzähliger Embryonen 99, 126, 199, 202, 234
- Verschleppung pathogener Mitochondrien *siehe* mtDNA-Carryover
- Versuchsbeginn 132
- Versuchstrafbarkeit 135, 144, 172, 202 f., 207, 230, 233
- Verwendung von genetisch veränderten Keimzellen 89, 106, 164, 202–204, 232 f.
- vorbehaltlose Gewährleistung von Grundrechten 8, 240, 274 f., 283 f., 294, 312, 315, 317
- Vorfelddatbestand 108, 120, 138, 140, 164, 182, 185, 197, 233 f.
- Vorkerntransfer 7, 50, 57–60, 65, 69, 94 f., 114 f., 121–134, 136–141, 147, 150, 154, 165–178, 180–182, 194–196, 198, 201 f., 204, 216–218, 221, 233 f., 238, 246, 248, 250, 255
- künstliche Veränderung 165–178
 - zu Forschungszwecken 121–133, 136 f., 195
 - zum Zweck der Herbeiführung einer Schwangerschaft 134, 137–141, 196

- Weiterkultivierung 54, 92, 114, 116, 122, 195, 203, 206, 208, 211, 214–218
- Widerruflichkeit der Zustimmung zum Mitochondrienaustausch 254
- Wildtyp 31 f., 34 f.
- Wissenschaftsfreiheit 8, 309–312, 316 f., 320 f., *siehe auch* Forschungsfreiheit
- Konkurrenzverhältnis zwischen Art. 5 Abs. 3 S. 1 Var. 2 GG und Art. 12 Abs. 1 GG 315 f.
 - Schutzbereich 309–311
- Zellatmung 15 ff.
- Atmungskette 13, 16–22, 24, 26–29, 175
 - Citratzyklus 16, 18–22
 - Decarboxylierung 17–19
 - Dissimilation 15, 19
 - Glykolyse 16 f., 21 f.
 - Knallgasreaktion 19–21
 - Krebs-Zyklus *siehe* Citratzyklus
 - Phosphorylierung 20, 23
 - Pyruvat 17 f., 22 f.,
 - Pyruvat-Dehydrogenase 18
 - Reduktionsäquivalente 16 f., 21
 - Tricarbonsäurezyklus *siehe* Citratzyklus
- Zellkerntransfer 93, 145, 148, 168, 238
- Zellteilung 34 f., 42–45, 48, 53, 58, 70, 80, 161, *siehe auch* Mitose
- Züchtung 175 f., 296, 300–302, 304
- Zytoplasmtransfer 49–51, 73, 191, 287