

Schriften zum Medizinstrafrecht

Yongtao Lin

Der Keimbahneingriff de lege lata und de lege ferenda

Kriminalpolitische Überlegungen zur Zulässigkeit
der Kriminalisierung von Keimbahneingriffen



Nomos

Schriften zum Medizinstrafrecht

Herausgegeben von

Professor Dr. Christian Jäger

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Professor Dr. Hans Kudlich

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Prof. Dr. Mustafa Temmuz Oğlakcioğlu

Universität des Saarlandes

Professor Dr. Brian Valerius

Universität Passau

Band 31

Yongtao Lin

Der Keimbahneingriff de lege lata und de lege ferenda

Kriminalpolitische Überlegungen zur Zulässigkeit
der Kriminalisierung von Keimbahneingriffen



Nomos



Onlineversion
Inlibra

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Köln, Univ., Diss., 2026

ISBN 978-3-7560-2157-4 (Print)

ISBN 978-3-7489-5705-8 (ePDF)

1. Auflage 2026

© Nomos Verlagsgesellschaft, Baden-Baden 2026. Gesamtverantwortung für Druck und Herstellung bei der Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG. Alle Rechte, auch die des Nachdrucks von Auszügen, der fotomechanischen Wiedergabe und der Übersetzung, vorbehalten. Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier.

Vorwort

Die vorliegende Arbeit wurde von der Rechtswissenschaftlichen Fakultät der Universität zu Köln im Wintersemester 2025/2026 als Dissertation angenommen. Literatur und Rechtsprechung wurden bis September 2025 berücksichtigt.

Mein besonderer Dank gilt zunächst meinem Doktorvater, Herrn Professor Dr. Dr. h.c. Martin Paul Waßmer. Die Jahre der Promotion unter seiner Betreuung zählen zu den prägendsten und zugleich schönsten Zeiten meines Aufenthalts in Deutschland. Er war jederzeit ansprechbar, hat meine Fragen geduldig beantwortet und mir zugleich die nötige wissenschaftliche Freiheit und Ermutigung gewährt. Seine stetige Unterstützung und Verlässlichkeit bedeuteten für mich als ausländischen Doktoranden eine besondere Form der Wertschätzung.

Herrn Professor Dr. Bachana Jishkariani danke ich herzlich für das beständige Interesse an meiner Arbeit sowie für die zügige Erstellung des Zweitgutachtens.

Mein aufrichtiger Dank gilt ferner Frau Professorin Dr. Hui-Fang Tsai von der National Chung Hsing University. Während meines Austauschaufenthalts im Jahr 2016 hat sie mich ermutigt, den Weg eines Jurastudiums in Deutschland einzuschlagen. Seitdem begleitet sie mich mit großem Engagement, Fürsorge und anhaltender Unterstützung. Ohne diese frühe Begegnung wäre weder mein Studium in Deutschland noch die Entstehung dieser Arbeit denkbar gewesen. Ebenso danke ich Herrn Professor Dr. Zhiwei Tang, LL.M. (Uni Augsburg) für die inspirierenden Gespräche, durch die mein Interesse am Thema des Genome Editing geweckt wurde, sowie für seine kontinuierliche Unterstützung.

Mein Dank gilt darüber hinaus dem China Scholarship Council (CSC) für die finanzielle Förderung sowie meinen Freundinnen und Freunden, die mich während meiner Zeit in Deutschland begleitet haben. Die hier gesammelten Erfahrungen haben mich sowohl wissenschaftlich als auch persönlich nachhaltig geprägt.

Köln, im April 2026

Yongtao Lin

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	13
Einleitung	19
1. Kapitel: Medizinische und naturwissenschaftliche Grundlagen	25
A. Die Zelle und die DNA	25
I. Die Zelle	25
II. Die Desoxyribonukleinsäuren	26
B. Von der Keimzelle zum Embryo	29
I. Die Keimzellen	29
II. Die Befruchtung und die embryonale Entwicklung	31
C. Mutation und vererbte Krankheiten	32
D. Genome Editing	35
I. Gentechnik	36
1. Zinkfinger-nukleasen	36
2. TALE-Nukleasen	37
3. CRISPR/Cas 9	38
II. Chancen und Risiken einer Anwendung am Menschen	39
1. Chancen	39
2. Risiken	42
III. Anwendungsmöglichkeit	44
1. Keimbahntherapie und Enhancement	45
a) Therapie und Enhancement	47
b) Die somatische Gentherapie	51
c) Die Keimbahntherapie	54
2. Keimbahneingriffe zu Forschungszwecken	58
E. Zwischenergebnis	59

2. Kapitel: Der Keimbahneingriff de lege lata	61
A. Die internationalen und supranationalen Regelungen	61
I. Internationale Regelungen außerhalb des EU-Rechts	61
1. Biomedizinkonvention des Europarates	61
2. Europäische Menschenrechtskonvention	63
3. UNESCO-Erklärung	65
4. Internationaler Pakt über wirtschaftliche, soziale und kulturelle Rechte	67
II. Unionsrecht	69
1. Die EU-Grundrechtecharta	69
2. Die Richtlinie 2001/18/EG und die Richtlinie 2009/41/EG des Europäischen Parlaments und des Rates	71
3. Die Richtlinie 2004/23/EG des Europäischen Parlaments und des Rates	73
4. Die Richtlinie 98/44/EG des Europäischen Parlaments und des Rates	74
5. Die Verordnung (EG) Nr. 1394/2007 und die Verordnung (EU) Nr. 536/2014 des Europäischen Parlaments und des Rates	75
III. Zwischenergebnis	77
B. Regelungen in der deutschen Rechtsordnung:	
Embryonenschutzgesetz	78
I. Die Entstehungsgeschichte des Embryonenschutzgesetzes	78
II. Die Verbotstatbestände	80
1. Die Verbotstatbestände gegen Keimbahneingriffe	81
a) Das Verbot des § 5 Abs. 1, 4 ESchG	81
aa) Ratio legis	81
bb) Der Tatbestand des § 5 Abs. 1 ESchG	82
(1) Der objektive Tatbestand	83
(a) Taugliches Tatobjekt	83
(b) Die Tathandlung	85
(c) Die Ausnahmen des § 5 Abs. 4 ESchG	87
(2) Der subjektive Tatbestand	90
b) Das Verbot des § 5 Abs. 2 ESchG	91
2. Die Verbotstatbestände von Keimbahneingriffen zu Forschungszwecken	93

III. Die möglichen Rechtfertigungsgründe	94
1. § 3 S. 2 ESchG	94
2. Notwehr, § 32 StGB, und rechtfertigender Notstand, § 34 StGB	95
3. Rechtfertigende Einwilligung oder mutmaßliche Einwilligung	97
4. Analoge Anwendung des § 218a II StGB	99
C. Die Rechtslage in ausgewählten europäischen Staaten	101
I. Belgien	101
II. Niederlande	104
III. Frankreich	107
IV. Italien	112
D. Zwischenergebnis	117
3. Kapitel: Kriminalpolitische Analyse der Strafbarkeit des Keimbahneingriffs	121
A. Strafwürdigkeit des Keimbahneingriffs	123
I. Grundlage	123
II. Erfolgsunrecht	127
1. Rechtsgutssproblematik	127
a) Die Zurückhaltung der Rechtsprechung des BVerfG	129
b) Das Problem von der Zurückhaltung der Rechtsprechung	131
c) Zwischenergebnis	133
2. Die durch Keimbahneingriffe verletzten Rechtsgüter	135
a) Rechtsgutsträger – der betroffene Personenkreis	136
b) Rechtsgut	138
aa) Individualrechtsgüter	138
(1) Leben, körperliche Unversehrtheit	138
(a) Der Embryo als Träger des Rechtsguts Leben und körperliche Unversehrtheit	139
(b) Problemlage des Rechtsguts Leben und körperliche Unversehrtheit bei Embryonen und zukünftigen Menschen als das durch den Keimbahneingriff verletzte Rechtsgut	144

(aa) Rechtsgut Leben und körperliche Unversehrtheit des Embryos	144
(bb) Rechtsgut Leben und körperliche Unversehrtheit der zukünftigen Generation	146
(2) Menschenwürde	148
(a) Der Embryo als Träger des Rechtsguts Menschenwürde	148
(b) Problemlage der Menschenwürde als verletztes Rechtsgut	150
(aa) Natürlichkeit/Kontingenz	150
(bb) Instrumentalisierung des zukünftigen Kindes	153
(3) Selbstbestimmungsrecht	159
(a) Selbstbestimmungsrecht der zukünftigen Eltern	159
(b) Selbstbestimmungsrecht künftiger durch Keimbahneingriffe geneditierter Menschen	162
(4) Orientierungskompetenz/ Orientierungssicherheit	165
bb) Kollektivrechtsgüter	167
(1) Recht auf Gleichheit	167
(2) Eugenik	169
(3) Gattungswürde	170
(4) Gesundheitsrecht anderer Mitglieder der Rechtsgemeinschaft	173
3. Zwischenergebnis	175
III. Handlungsunrecht	176
1. Keimbahntherapie	177
2. Enhancement	179
3. Keimbahneingriffe zu Forschungszwecken	181
IV. Zwischenergebnis	185
B. Strafbedürftigkeit des Keimbahneingriffs	186
I. Grundlagen	187
1. Fragmentarität, Subsidiarität und Ultima-Ratio-Prinzip	187
a) Fragmentarischer Charakter des Strafrechts	188

b) Das Ultima-Ratio-Prinzip	191
c) Die Subsidiarität des Strafrechts	194
d) Zwischenergebnis	196
2. Außerrechtliche und außerstrafrechtliche Maßnahmen	197
a) Das Verhältnis von Strafrecht und Selbstschutz	197
b) Das Verhältnis von Straf- und Zivilrecht	202
c) Das Verhältnis von Straf- und Ordnungswidrigkeitenrecht	208
3. Verhältnismäßigkeit	214
II. Die Strafbedürftigkeit von Keimbahneingriffen	217
1. Subsidiarität	218
a) Schutzmöglichkeiten des Zivilrechts	219
b) Schutzmöglichkeiten des Ordnungswidrigkeitenrechts	223
c) Schutzmöglichkeiten berufsrechtlicher Disziplinarmaßnahmen	225
d) Zwischenergebnis	228
2. Verhältnismäßigkeit	229
a) Zulässiger Zweck	229
b) Geeignetheit	230
c) Erforderlichkeit	232
d) Angemessenheit (Verhältnismäßigkeit i.e.S.)	234
aa) Geschütztes Rechtsgut	235
bb) Die durch die Strafbewehrung verletzten Grundrechte	235
(1) Die Fortpflanzungsfreiheit	235
(2) Die Forschungs- und Wissenschaftsfreiheit	237
(3) Die Berufsfreiheit	238
cc) Abwägung	239
III. Zwischenfazit	242
C. Zwischenergebnis	243
4. Kapitel: Der Keimbahneingriff de lege ferenda	247
A. Die Ausgestaltung eines materiell-rechtlichen Straftatbestands	249
I. Bereits existierende Regelungsvorschläge: Augsburg- Münchner-Entwurf für ein Fortpflanzungsmedizingesetz	249
1. Vorstellung des AME-FMedG	250

2. Regelungsvorschlag des AME-FMedG für Keimbahneingriffe (ohne Forschungsverhalten)	252
a) Inhalte von Regelungsvorschlag	252
b) Bewertung des § 10 AME-FMedG	253
aa) Regelungsmechanismus: Grundsätzliches Verbot	253
bb) Die Voraussetzung: „schwerwiegende Beeinträchtigung“	255
cc) Votum der Fortpflanzungsmedizin- Kommission	256
dd) Nutzen-Risiko-Abwägung	257
3. Regelungsvorschlag des AME-FMedG für Forschungsverhalten	260
a) Inhalte von Regelungsvorschlag	260
b) Bewertung der §§ 14 und 15 AME-FMedG	262
aa) Vorteile der §§ 14 und 15 AME-FMedG	262
(1) Regelungsmechanismus: Verbot mit Genehmigungsvorbehalt	262
(2) Widerspruchsrecht statt Einwilligung der biologischen Eltern	264
(3) Unentgeltlichkeit und Subsidiaritätserfordernis	265
bb) Probleme der §§ 14 und 15 AME-FMedG	267
(1) Unbestimmtheit bezüglich des Begriffs der Hochrangigkeit	267
(2) Verletzung der Forschungsfreiheit	270
II. Eigener Regelungsvorschlag	271
1. Regelung zum Keimbahneingriff	271
2. Regelung zur Forschung an Embryonen	273
B. Erlass eines neuen Fortpflanzungsmedizingesetzes	276
Fazit und Ausblick	281
Literaturverzeichnis	285

Abkürzungsverzeichnis

a. A.	anderer Ansicht
ABM	Agence de la Biomédecine
Abs.	Absatz
ADA	Adenosin-Deaminase
AIDS	Acquired Immune Deficiency Syndrome
AME-FMedG	Augsburg-Münchner-Entwurf für ein Fortpflanzungsmedizingesetz
ARSP	Archiv für Rechts- und Sozialphilosophie
Art.	Artikel
AT	Allgemeiner Teil
Aufl.	Auflage
BAW	Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften
BeckOK	Beck'scher Online-Kommentar
BeckRS	Beck-Rechtsprechung
Bd.	Band
BGB	Bürgerliches Gesetzbuch
BGBL	Bundesgesetzblatt
BGH	Bundesgerichtshof
BMK	Übereinkommen zum Schutz der Menschenrechte und der Menschenwürde im Hinblick auf die Anwendung von Biologie und Medizin: Übereinkommen über Menschenrechte und Biomedizin
Boten-RNA/ m RAN	messenger Ribonukleinsäure
BRD	Bundesrepublik Deutschland
BT	Besonderer Teil
BT-Drs.	Drucksache des Deutschen Bundestages
BVerfG	Bundesverfassungsgericht
BVerfGE	Entscheidungen des Bundesverfassungsgerichts
BVerfGG	Gesetz über das Bundesverfassungsgericht
bzw.	beziehungsweise

Abkürzungsverzeichnis

BÄK	Bundesärztekammer
CCNE	Comité Consultatif National d'Éthique pour les sciences de la vie et de la santé
CCR	C-C-Chemokinrezeptor
C.F. Müller	Christian Friedrich Müller
CFTR	Cystic Fibrosis Transmembrane Conductance Regulator
CRISPR	Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats
CRISPR-Cas	Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats & CRISPR-associated protein
crRNA	CRISPR RNA
DIMR	Deutsches Institut für Menschenrechte
DNA/DNS	Desoxyribonukleinsäure
DÄBl	Deutsches Ärzteblatt
EGE	European Group on Ethics in Science and New Technologies
EGMR	Der Europäische Gerichtshof für Menschenrechte
EGStGB	Einführungsgesetz zum Strafgesetzbuch
EKMR	Europäische Kommission für Menschenrechte
EMRK	Europäischen Menschenrechtskonvention
ESchG	Gesetz zum Schutz von Embryonen
EU	Europäische Union
EuGH	Europäischer Gerichtshof
EUV	Vertrag über die Europäische Union
e. V.	eingetragener Verein
f./ ff.	folgende
FDP	Freie Demokratische Partei
frz.	französisch
FokI	Restriktionsendonuklease FokI (aus <i>Flavobacterium okeanokoi-</i> <i>tes</i>)
FS	Festschrift
G-BA	Gemeinsamen Bundesausschuss
GA	Goltdammer's Archiv für Strafrecht
GenTG	Gesetz zur Regelung der Gentechnik
GG	Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland
GRC/GRCh	Charta der Grundrechte der Europäischen Union

gRNA	guide-Ribonukleinsäure
GVM	Richtlinie 2009/41/EG über die Anwendung genetisch veränderter Mikroorganismen
GVO	Richtlinie 2001/18/EG über die absichtliche Freisetzung genetisch veränderter Organismen
GWB	Wettbewerbsrecht: Kommentar zum deutschen Kartellrecht
HDR	homologe Rekombination
hiPS-Zellen	Humane induzierte pluripotente Stammzellen
h. M.	herrschende Meinung
HIV/HI-Virus	Humanes Immundefizienz-Virus
Hrsg.	Herausgeber
ICSI	intrazytoplasmatische Spermieninjektion
ieS	im engeren Sinne
insb.	insbesondere
iPS-Zellen	Induzierte pluripotente Stammzellen)
IQWiG	Institut für Qualität und Wirtschaftlichkeit im Gesundheitswesen
JA	Juristische Arbeitsblätter
JURA	Juristische Ausbildung
JuS	Juristische Schulung
JZ	Juristenzeitung
Kl.	Kläger/Klägerin
KK-OWiG	Karlsruher Kommentar zum Ordnungswidrigkeitengesetz
LG	Landgericht
LK-StGB	Strafgesetzbuch. Leipziger Kommentar. Großkommentar
lit.	litera
MedR	Zeitschrift für Medizinrecht
medstra	Zeitschrift für Medizinstrafrecht
MMT	mitochondriale Manipulationstechnik
MüKoBGB	Münchener Kommentar zum Bürgerlichen Gesetzbuch
MüKoStGB	Münchener Kommentar zum Strafgesetzbuch
m.w.N.	mit weiteren Nachweisen
n. F.	neue Fassung
NHEJ	Non-homologous End-Joining

Abkürzungsverzeichnis

NJW	Neue Juristische Wochenschrift
NK-AuslR	NomosKommentar-Ausländerrecht
NK-StGB	Nomos-Kommentar zum Strafgesetzbuch
Nr.	Nummer(n)
nl.	niederländisch
NStZ	Neue Zeitschrift für Strafrecht
NuR	Natur und Recht: Zeitschrift für das gesamte Recht zum Schutze der natürlichen Lebensgrundlagen und der Umwelt
NVwZ	Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht
NZS	Neue Zeitschrift für Sozialrecht
OPECST	Office Parlementaire d'Évaluation des Choix Scientifiques et Technologiques
OWiG	Ordnungswidrigkeitengesetz
PID	Präimplantationsdiagnostik
Rn.	Randnummer(n)
RNA/RNAs	Ribonukleinsäure
RW	Rechtswissenschaft: Zeitschrift für rechtswissenschaftliche Forschung
r + s	recht und schaden: Unabhängige Zeitschrift für Versicherungsrecht, Haftung und Schadensersatz
S.	Satz/Seite
SchwZStrR	Schweizerische Zeitschrift für Strafrecht
SGB	Sozialgesetzbuch
sog.	sogenannt
StGB	Strafgesetzbuch
StrRG	Gesetz zur Reform des Strafrechts
StV	Strafverteidiger
StVO	Straßenverkehrs-Ordnung
StZG	Gesetz zur Sicherstellung des Embryonenschutzes im Zusammenhang mit Einfuhr und Verwendung menschlicher embryonaler Stammzellen
TALE/ TAL-Effektoren	Transcription Activator-Like Effector
TALEN/TALENs	Transcription Activator-Like Effector Nucleases
T-Zellen	T-Lymphozyten

tRNAs	Transfer-Ribonukleinsäure
u. a.	und andere
U.K.	United Kingdom
UN	United Nations
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
US/U.S	United States
Verordnung (EG)	Verordnung der Europäischen Gemeinschaft
Verordnung (EU)	Verordnung der Europäischen Union
VersR	Versicherungsrecht: Zeitschrift für Versicherungsrecht, Haftungs- und Schadensrecht
Vgl.	Vergleiche
vor	Vorbemerkung(en)
WHO	World Health Organization (WHO)
WMO	Wet medisch-wetenschappelijk onderzoek met mensen
WuW	Wirtschaft und Wettbewerb: Zeitschrift für Kartellrecht, Wettbewerbsrecht, Marktorganisation
z. B.	Zum Beispiel
ZEMO	Zeitschrift für Ethik und Moralphilosophie
ZES	Zeitschrift für Soziologie der Erziehung und Sozialisation
ZfL	Zeitschrift für Lebensrecht
ZFNs	Zinc Finger Nucleases
ZIS	Zeitschrift für Internationale Strafrechtsdogmatik
zit.	Zitieren
ZRP	Zeitschrift für Rechtspolitik
ZStW	Zeitschrift für die gesamte Strafrechtswissenschaft
ZÖR	Zeitschrift für öffentliches Recht

Einleitung

Kaum ein Thema ruft derzeit größere Befürchtungen hervor als Keimbahneingriffe, die nicht nur das einzelne Individuum betreffen, sondern auch an nachfolgende Generationen weitergegeben werden.¹ Während klassische Verfahren der Gentechnik über Jahrzehnte hinweg durch erhebliche Sicherheitsdefizite und mangelnde Effizienz geprägt waren und daher das Risikoargument lange Zeit als nahezu tragfähige Grundlage für ein striktes Implantationsverbot diente, hat sich das Bild in den letzten Jahren grundlegend gewandelt. Mit dem Aufkommen neuartiger biotechnologischer Methoden, allen voran der Entwicklung des als „Genschere“ bekannten CRISPR/Cas 9-Systems, ist eine Präzision erreicht worden, die zuvor unvorstellbar schien.² Diese technologischen Fortschritte haben die zuvor stagnierende ethische und rechtliche Debatte über die Zulässigkeit menschlicher Keimbahneingriffe mit neuer Intensität entfacht.

Die möglichen Einsatzfelder des Genome Editing sind dabei außerordentlich weit gespannt. Auf der einen Seite eröffnen sich therapeutische Perspektiven, die Hoffnung auf Heilung bislang unbeherrschbarer monogener Erbkrankheiten machen. Auf der anderen Seite besteht jedoch zugleich das Risiko, dass dieselben Techniken für nichtmedizinische Zwecke genutzt werden – sei es zur gezielten Verbesserung bestimmter Eigenschaften, zur Selektion wünschenswerter Merkmale oder gar zur Steigerung individueller Fähigkeiten künftiger Generationen. Gerade diese Möglichkeit des Missbrauchs zu eugenischen oder „enhancement“-orientierten Zwecken verleiht der Debatte ihre besondere Brisanz. Kritische Stimmen warnen eindringlich davor, dass der Mensch, sobald die technischen Mittel erst einmal etabliert sind, seinem Schöpfungsdrang kaum noch Grenzen setzen werde und letztlich auch vor Formen der Menschenzüchtung nicht Halt mache.

Mit Blick auf das deutsche Recht zeigt sich, dass ausdrückliche Regelungen zur Problematik weitgehend fehlen.³ Das Grundgesetz enthält keine spezifischen Vorgaben für Keimbahneingriffe. Auf einfachgesetzlicher Ebene bildet das Embryonenschutzgesetz aus dem Jahr 1990 den Kern der einschlägigen Regelungsmaterie. Aufgrund der damals auf das Straf-

1 Deuring, Rechtliche Herausforderungen moderner Verfahren, S. 2.

2 Waßmer, Medizinstrafrecht, § 12 Rn. 42.

3 Deutscher Ethikrat, Stellungnahme zu Eingriffen in die menschliche Keimbahn, S. 101.

recht beschränkten Gesetzgebungskompetenz ist es als (Neben-)Strafgesetz ausgestaltet. Ziel der Normen ist es insbesondere, einen Missbrauch der Gentransfermethoden zu Zwecken der Menschenzüchtung zu verhindern. So verbietet § 5 Abs. 1 ESchG die künstliche Veränderung der Erbinformation einer menschlichen Keimbahnzelle, während § 5 Abs. 2 ESchG die Verwendung einer menschlichen Keimzelle mit künstlich veränderter Erbinformation zur Befruchtung untersagt. Zuwiderhandlungen werden mit Freiheitsstrafe bis zu fünf Jahren oder mit Geldstrafe sanktioniert; wegen der erheblichen Gefahren, die mit genetischen Veränderungen menschlicher Keimzellen verbunden sind, ist auch der Versuch strafbar (§ 5 Abs. 3 ESchG). Ausnahmen vom Verbot bestehen lediglich für In-vitro-Experimente an Zellen, bei denen weder die Entstehung eines Embryos noch die Betroffenheit eines geborenen Menschen in Betracht kommt (§ 5 Abs. 4 Nr. 1, 2 ESchG). Zudem können Veränderungen der Keimbahn infolge bestimmter medizinischer Behandlungen wie Impfungen oder Chemo- bzw. Strahlentherapien auftreten; sie sind zum Zwecke der Heilung des konkreten Individuums hinzunehmen, solange sie unbeabsichtigt erfolgen (§ 5 Abs. 4 Nr. 3 ESchG). Daneben enthalten auch die Vorschriften über die missbräuchliche Verwendung von Fortpflanzungstechniken (§ 1 Abs. 1 Nr. 1 und 2, Abs. 2 ESchG), über den Umgang mit Embryonen (§ 2 ESchG) sowie über Chimären- und Hybridbildungen (§ 7 ESchG) einschlägige Regelungen.

Diese Bestimmungen zeigen, dass die deutsche Rechtslage im Hinblick auf die Veränderung menschlicher Keimbahnzellen außerordentlich restriktiv ist. Die strafrechtlichen Verbote des Embryonenschutzgesetzes erfassen grundsätzlich jede genetische Veränderung – sei es im Rahmen bloßer Forschungsarbeiten in vitro oder zu reproduktiven Zwecken. Erlaubt bleiben lediglich Eingriffe an unbefruchteten Keimzellen, die nicht zur Befruchtung verwendet werden, an sonstigen körpereigenen Keimbahnzellen, die nicht mehr auf einen Menschen übertragen werden, sowie an Zellen arretierter Embryonen.⁴ Die Ausgestaltung des Embryonenschutzgesetzes als Strafgesetz war seinerzeit zwar aufgrund der damals bestehenden Begrenzung der Gesetzgebungskompetenz notwendig; seit 1994 besteht jedoch mit Art. 74 Abs. 1 Nr. 26 GG eine allgemeine konkurrierende Zuständigkeit des Bundes für Fragen der Reproduktions- und Biomedizinregulierung. Allein dieser Kompetenzzuwachs liefert zwar noch kein zwingendes Argu-

4 Deuring/Taupitz, in: Taupitz/Deuring (Hrsg.), *Rechtliche Aspekte der Genom-Editierung an der menschlichen Keimbahn*, 99 (108).

ment für eine Neuregelung. Gleichwohl ist die fortbestehende Verortung im Strafrecht keineswegs eine bloße historische Reminiszenz ohne praktische Folgen, sondern bringt erhebliche Nachteile mit sich – insbesondere im Hinblick auf Flexibilität, Anpassungsfähigkeit und Systemkohärenz der Regelungen.⁵ In der Literatur gilt daher eine kritische Überprüfung der Vorschriften des Embryonenschutzgesetzes mittlerweile als weitgehend unbestritten. Dies betrifft in besonderem Maße auch § 5 ESchG, dessen dogmatische Tragfähigkeit und praktische Angemessenheit erneut auf den Prüfstand gestellt werden muss.

Die aktuelle Diskussion knüpft dabei regelmäßig an ethische und verfassungsrechtliche Überlegungen an.⁶ Im Mittelpunkt steht die Abwägung zwischen den Grundrechten, die durch Keimbahneingriffe berührt werden: einerseits die Fortpflanzungsfreiheit der Eltern, andererseits die Grundrechte des Embryos. Diese Konstellation führt zu einer klassischen Grundrechtskollision, die zunächst auf der Ebene des Grundgesetzes gelöst werden muss. Doch eine ausschließlich verfassungsrechtliche Betrachtung greift zu kurz. Die Frage nach der Zulässigkeit einer Kriminalisierung der Keimbahneingriffe verlangt eine eigenständige strafrechtsdogmatische und kriminalpolitische Fundierung. Entscheidend ist nicht nur, ob ein Eingriff mit den Grundrechten vereinbar ist, sondern auch, ob und in welchem Umfang das Strafrecht als Ultima Ratio zum Einsatz kommen darf.

Die verfassungsrechtlichen Vorgaben markieren dabei die äußeren Grenzen. Sie ergeben sich einerseits aus den Grundrechten, andererseits aus dem im Rechtsstaatsprinzip verankerten Grundsatz der Verhältnismäßigkeit (Art. 20 Abs. 3 GG). Danach darf das Strafrecht nur dann Anwendung finden, wenn es geeignet, erforderlich und angemessen ist, fundamentale Rechtsgüter zu schützen. In diesem Zusammenhang wird regelmäßig auch auf die Subsidiarität des Strafrechts verwiesen: Es darf erst dann greifen, wenn mildere Mittel des Zivil-, Verwaltungs- oder Ordnungswidrigkeitenrechts nicht ausreichen, den erforderlichen Schutz zu gewährleisten. Damit ist klargestellt, dass das Strafrecht stets ein besonders begründungsbedürftiges Mittel darstellt, das nicht beliebig eingesetzt werden darf.

⁵ *Augsberg*, medstra 2020, 323 (326).

⁶ Zum Beispiel *Lorenz/Heidemann*, MedR 39 (2021), 1064 (1064 ff.); *Deuring/Taupitz*, in: *Taupitz/Deuring* (Hrsg.), *Rechtliche Aspekte der Genom-Editierung an der menschlichen Keimbahn*, 99 (99 ff.); *Deuring*, in: *Taupitz/Deuring* (Hrsg.), *Rechtliche Aspekte der Genom-Editierung an der menschlichen Keimbahn*, 19 (19 ff.); *Fateh-Moghadam*, medstra 2017, 146 (146 ff.); *Eberbach*, MedR 34 (2016), 758 (758 ff.).

Innerhalb dieser verfassungsrechtlichen Rahmenbedingungen knüpft die Strafrechtsdogmatik an die Rechtsgutslehre an. Nach h. M. ist eine Kriminalisierung nur dann legitim, wenn ein Verhalten ein Rechtsgut von solcher Bedeutung verletzt oder gefährdet, dass es als strafrechtlich schutzwürdig anerkannt werden kann.⁷ Das Rechtsgut übernimmt damit sowohl eine legitimatorische als auch eine limitierende Funktion. Straftatbestände, die kein solches Rechtsgut schützen, überschreiten die Grenzen des Strafrechts und wären Ausdruck einer sachwidrigen Überdehnung staatlicher Strafgewalt. Welche Rechtsgüter konkret als strafrechtlich schutzwürdig gelten, obliegt dem Gesetzgeber, der hierbei über ein weites Auswahlmessen verfügt. Dieses Ermessen wird jedoch durch die Verfassung begrenzt, insbesondere durch die Grundrechte und das Verhältnismäßigkeitsprinzip.

In diesem Spannungsfeld von Auswahlmessen und Begrenzung setzt die Kriminalpolitik an. Ihr geht es um den rationalen, den „richtigen“ Umgang mit Kriminalität. Sie findet einen bestehenden Bestand an Strafnormen vor und hat die Aufgabe zu prüfen, ob dieser Bestand hier und heute zu rechtfertigen ist, ob er erweitert oder eingeschränkt werden muss. Zentrales Kriterium einer solchen Bewertung ist die Strafwürdigkeit menschlichen Verhaltens: Nur wenn ein Verhalten als strafwürdig qualifiziert werden kann, darf es unter Strafe gestellt werden.⁸ Der Begriff des kriminellen Verhaltens erscheint aus kriminalpolitischer Perspektive zunächst klar strukturiert und plausibel. Gleichwohl zeigt sich bei näherem Hinsehen, dass diese Kriterien – Strafwürdigkeit und Strafbedürftigkeit – zwar fundamental, aber zugleich vage und komplex sind.⁹ Dass sie vage sind, liegt daran, dass sie Wertungs- und Prognosebegriffe darstellen, die notwendigerweise mit Unschärfen behaftet bleiben.¹⁰ Nur so kann der Gesetzgeber über einen Entscheidungsspielraum bei der Definition strafbaren Verhaltens verfügen.

Das BVerfG hat diesen Gestaltungsspielraum mehrfach hervorgehoben.¹¹ Zwar kommt dem Grundsatz der Verhältnismäßigkeit eine herausragende Rolle als Prüfungsmaßstab zu, weil mit jeder Strafdrohung zugleich ein sozialetisches Unwerturteil verbunden ist, das erhebliche Nachteile für die betroffene Person nach sich ziehen kann. Gleichwohl bleibt es primär Aufgabe des demokratisch legitimierten Gesetzgebers, festzulegen, welche

7 Becker/Rönnau, ZStW 130 (2018), 340 (358).

8 Neumann/Saliger, in: NK-StGB, vor § 1 Rn. 49.

9 Neumann/Saliger, in: NK-StGB, vor § 1 Rn. 85.

10 Niehaus, in: KK-OWiG, vor § 1 Rn. 2.

11 Zum Beispiel BVerfG NVwZ 2004, 597 (599); BVerfGE 88, 203 (254).

Rechtsgüter des strafrechtlichen Schutzes bedürfen und wie weit dieser Schutz zu reichen hat. Die verfassungsgerichtliche Kontrolle beschränkt sich im Wesentlichen darauf, die Vereinbarkeit einer Strafnorm mit den Wertentscheidungen des Grundgesetzes zu überprüfen; eine weitergehende Zweckmäßigkeitskontrolle ist weder vorgesehen noch geboten.¹²

Damit rücken die Kriterien der Strafwürdigkeit und Strafbedürftigkeit in den Mittelpunkt der Analyse. Während die Strafwürdigkeit vor allem auf den sozialetischen Unwertgehalt eines Verhaltens abstellt und fragt, ob es angesichts seiner Sozialschädlichkeit überhaupt eine Kriminalstrafe verdient, geht es bei der Strafbedürftigkeit um die präventive Notwendigkeit der Strafe. Hier ist entscheidend, ob mildere Mittel einen gleichwertigen Schutz gewährleisten könnten oder ob das Strafrecht unabdingbar ist, um das bedrohte Rechtsgut effektiv zu sichern. Erst wenn beide Kriterien erfüllt sind, kann von einer legitimen Kriminalisierung gesprochen werden.¹³

Ausgehend von diesen Überlegungen nimmt die vorliegende Arbeit eine kriminalpolitische Perspektive ein, die den Fokus auf die Kriterien der Strafwürdigkeit und Strafbedürftigkeit von Keimbahneingriffen legt. Im Zentrum steht dabei die Frage, ob und in welchem Umfang die Kriminalisierung des Keimbahneingriffs zulässig und zweckmäßig ist.

Die Untersuchung gliedert sich in mehrere aufeinander aufbauende Schritte. Ausgangspunkt ist zunächst die Darstellung der biomedizinischen Grundlagen und technischen Entwicklungen im Bereich des Keimbahneingriffs. Dabei werden insbesondere die Chancen und Risiken der CRISPR/Cas 9-Technologie aufgezeigt und die unterschiedlichen Anwendungsfelder – von der Keimbahntherapie über Formen des Enhancements bis hin zur Embryonenforschung – systematisch voneinander abgegrenzt. Diese Differenzierung bildet die Grundlage, um die vielfältigen rechtlichen und ethischen Fragestellungen in hinreichender Schärfe erfassen zu können.

Im Anschluss daran wird der geltende rechtliche Rahmen auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene untersucht. Im Mittelpunkt steht das Embryonenschutzgesetz, das seit 1990 ein strafrechtliches Verbot der künstlichen Veränderung menschlicher Keimbahnzellen vorsieht. Ergänzend werden die einschlägigen Vorgaben des Völker- und Europarechts berücksichtigt. Auf diese Weise soll zunächst die Reichweite und Struktur des geltenden Verbotsrahmens herausgearbeitet werden.

Vor diesem Hintergrund wird eine differenzierte Betrachtung unter den Kriterien der Strafwürdigkeit und Strafbedürftigkeit vorgenommen.

12 *Appel*, Verfassung und Strafe, S. 254 f.; *Hörnle*, Grob anstößiges Verhalten, S. 22.

13 *Neumann/Saliger*, in: NK-StGB, vor § 1 Rn. 49.

Zunächst wird erörtert, ob Keimbahneingriffe – je nach Zielsetzung – überhaupt ein sozialetisches Unrecht begründen, das sie als strafwürdig erscheinen lässt. Dabei wird insbesondere zwischen therapeutischen Maßnahmen, die zur Heilung schwerer genetischer Erkrankungen dienen, und nicht-therapeutischen Eingriffen, die auf Enhancement abzielen, unterschieden. Im nächsten Schritt wird untersucht, ob neben der Strafwürdigkeit auch eine präventive Notwendigkeit strafrechtlicher Sanktionen besteht oder ob mildere rechtliche Steuerungsinstrumente – etwa des Zivil- oder Ordnungswidrigkeitenrechts – einen hinreichenden Schutz gewährleisten könnten.

Schließlich werden auf Grundlage dieser Analysen konkrete Reformüberlegungen entwickelt. Diskutiert wird, ob die Kriminalisierung des Keimbahneingriffs in ihrer bestehenden Form aufrechterhalten werden kann oder ob differenzierte Regelungen erforderlich sind. Im Zentrum steht dabei die Frage nach einer Neugestaltung des Fortpflanzungsmedizinsrechts, etwa in Form eines umfassenden Fortpflanzungsmedizingesetzes, das die strikte Verbotsstruktur des Embryonenschutzgesetzes durch ein flexibleres System von Genehmigungsvorbehalten und verwaltungsrechtlichen Kontrollmechanismen ersetzt. Diese Überlegungen schließen mit einer kritischen Würdigung und einem Ausblick auf mögliche internationale Entwicklungen.

1. Kapitel: Medizinische und naturwissenschaftliche Grundlagen

A. Die Zelle und die DNA

I. Die Zelle

Seitdem der Augustinerpater Gregor Mendel am 8. Februar 1865 in einem Vortrag vor dem Naturforschenden Verein in Brünn auf Grundlage seiner Kreuzungsexperimente mit Erbsen erstmals die Existenz von Genen postulierte,¹⁴ hat die Forschung erhebliche Fortschritte gemacht. Heute gilt die Auffassung, dass „Gene die strukturellen und funktionellen Grundeinheiten der Vererbung sind.“¹⁵ Eine der grundlegendsten Unterscheidungen in der Zytologie ist diejenige zwischen eukaryotischen und prokaryotischen Zellen. Diese Differenzierung beruht im Wesentlichen auf zwei zentralen Kriterien: dem Vorhandensein eines Zellkerns und der Existenz von Zellorganellen.¹⁶ Nur Eukaryonten – wie etwa der Mensch – verfügen über einen Zellkern. Diese Zellen bestehen aus einer Zellmembran, dem Zytoplasma und verschiedenen Organellen.¹⁷ Die Zellmembran umschließt die gesamte Zelle und dient sowohl dem Schutz als auch der Abgrenzung gegenüber der Umgebung. Im Inneren befindet sich das Zytoplasma, auch Zellplasma genannt, in das die Organellen eingebettet sind, darunter insbesondere der Zellkern und die Mitochondrien.

Im Zellkern der Eukaryonten befindet sich die genetische Information in Form von Desoxyribonukleinsäure (DNS; im Englischen und im Folgenden: DNA).¹⁸ Durch das Human Genome Project wurde im Jahr 2004 nahezu die vollständige Basensequenz sowie die genaue Lokalisation der Gene entschlüsselt, jedoch sind viele Fragen hinsichtlich ihrer Anzahl und

14 Müller, *Gentherapie*, S. 41; Gelhaus, *Weltanschauung und Gentherapie*, S. 41; Welling, *Genetisches Enhancement*, S. 23; Müller, in: Rehmann-Sutter/Müller (Hrsg.), *Ethik und Gentherapie*, 43 (43).

15 Müller, *Gentherapie*, S. 41.

16 Lehmann, *Die Mitochondrienersatztherapie*, S. 10; Gelhaus, *Weltanschauung und Gentherapie*, S. 41.

17 John, *Die genetische Veränderung des Erbgutes menschlicher Embryonen*, S. 28; Deuring, *Rechtliche Herausforderungen moderner Verfahren*, S. 5.

18 Deuring, *Rechtliche Herausforderungen moderner Verfahren*, S. 5; Gelhaus, *Weltanschauung und Gentherapie*, S. 41.

Funktionen noch ungeklärt. Derzeit wird die Zahl der Gene auf etwa 19.000 bis 20.500 geschätzt. In diesen Genen sind bei Organismen, deren Zellen – wie beim Menschen – über einen Zellkern verfügen, die relevanten Informationen gespeichert.¹⁹

II. Die Desoxyribonukleinsäuren

Die Desoxyribonukleinsäure bildet die Grundlage sämtlicher Vererbungsvorgänge und fungiert als zentrales Steuerelement, das – mit wenigen Ausnahmen – in nahezu jeder Zelle des menschlichen Körpers vorhanden ist. Der überwiegende Teil der DNA befindet sich im Zellkern, wo sie zusammen mit Eiweißen (Proteinen) ein sog. Chromatingerüst bildet.²⁰ Das DNA-Molekül selbst setzt sich aus einer sich wiederholenden Abfolge zweier Strukturelemente zusammen: dem Zucker Desoxyribose und einem Phosphatrest. An jedes Desoxyribose-Molekül ist jeweils eine von vier verschiedenen Basen gebunden: die Purinbasen Adenin und Guanin sowie die Pyrimidinbasen Cytosin und Thymin.²¹

Jedes Zuckermolekül trägt dabei genau eine dieser vier Basen. Die einzelnen Nukleotide sind über Phosphatgruppen miteinander verbunden und bilden dadurch einen langen, fadenförmigen Strang.²² Zwei solcher komplementären DNA-Stränge lagern sich zu einer schraubenförmigen Doppelhelix zusammen, die strukturell einer spiralförmigen Strickleiter ähnelt.²³ Die „Sprossen“ dieser Leiter entstehen durch die spezifische Paarung der Basen: Adenin verbindet sich ausschließlich mit Thymin, Guanin

19 Bern, *Genome Editing in Zeiten von Crispr/Cas*, S. 30; Wagner, *Der gentechnische Eingriff in die menschliche Keimbahn*, S. 21; Welling, *Genetisches Enhancement*, S. 23.

20 Bern, *Genome Editing in Zeiten von Crispr/Cas*, S. 30; Winnacker u. a., *Gentechnik*, S. 22.

21 John, *Die genetische Veränderung des Erbgutes menschlicher Embryonen*, S. 19; Wagner, *Der gentechnische Eingriff in die menschliche Keimbahn*, S. 19; Bern, *Genome Editing in Zeiten von Crispr/Cas*, S. 30; Maurer, *Drei-Eltern-Kinder*, S. 27; Winnacker u. a., *Gentechnik*, S. 23.

22 Bern, *Genome Editing in Zeiten von Crispr/Cas*, S. 30; Welling, *Genetisches Enhancement*, S. 24; Maurer, *Drei-Eltern-Kinder*, S. 27.

23 Wagner, *Der gentechnische Eingriff in die menschliche Keimbahn*, S. 19 f.; Deuring, *Rechtliche Herausforderungen moderner Verfahren*, S. 9; Welling, *Genetisches Enhancement*, S. 24.

ausschließlich mit Cytosin.²⁴ Die daraus resultierende Reihenfolge der Basen wird als Basensequenz bezeichnet.²⁵ Jeweils drei aufeinanderfolgende Basen bilden eine informationstragende Einheit, das sog. Basentriplett oder Codon.²⁶

Bestimmte zusammenhängende DNA-Abschnitte bilden die Gene, die die Informationen für die Synthese von Eiweißmolekülen, also Proteinen, enthalten. Diese Proteine erfüllen vielfältige zentrale Funktionen: Sie wirken beispielsweise als Enzyme bei der Steuerung von Stoffwechselprozessen oder dienen als strukturelle Bausteine beim Aufbau des Organismus. Auf diese Weise wird der Genotyp eines Individuums in den Phänotyp, also das äußere Erscheinungsbild, übersetzt.²⁷ Die Gesamtheit aller Gene eines Organismus wird als Genom bezeichnet.²⁸ Die exakte Anzahl der menschlichen Gene ist bislang nicht endgültig bestimmt; derzeit geht man von etwa 19.000 bis 20.500 Genen aus.²⁹ Die große Mehrheit dieser Gene befindet sich im Zellkern, während die mitochondriale DNA lediglich 37 Gene umfasst.³⁰ Ein einzelnes Gen besteht in der Regel aus mindestens 1.000 Basenpaaren.³¹

Die Umsetzung der in der DNA gespeicherten genetischen Informationen erfolgt in zwei aufeinanderfolgenden Schritten: Transkription und Translation. Während der Transkription werden die beiden komplementären, in Form einer Strickleiter miteinander verbundenen DNA-Stränge in einem definierten Abschnitt voneinander getrennt.³² An die dabei freigelegten Basen lagern sich Ribonukleotide an, die sich von den DNA-Basenpaar-

24 John, Die genetische Veränderung des Erbgutes menschlicher Embryonen, S. 19; Welling, Genetisches Enhancement, S. 24.

25 Bern, Genome Editing in Zeiten von Crispr/Cas, S. 30; Welling, Genetisches Enhancement, S. 24.

26 Welling, Genetisches Enhancement, S. 24; Wagner, Der gentechnische Eingriff in die menschliche Keimbahn, S. 20.

27 Kaiser, in: Günther/Taupitz/Kaiser (Hrsg.), ESchG, A. II. Rn. 24; BBAW, Zweiter Gentechnologiebericht, S. 170.

28 Maurer, Drei-Eltern-Kinder, S. 27; Winnacker u. a., Gentechnik, S. 22.

29 Lehmann, Die Mitochondrienersatztherapie, S. 11; Deuring, Rechtliche Herausforderungen moderner Verfahren, S. 6.

30 Kaiser, in: Günther/Taupitz/Kaiser (Hrsg.), ESchG, A. II. Rn. 16; Deuring, Rechtliche Herausforderungen moderner Verfahren, S. 6.

31 Günther, in: Günther/Taupitz/Kaiser (Hrsg.), ESchG, C. II. § 5 Rn. 2; Deuring, Rechtliche Herausforderungen moderner Verfahren, S. 6.

32 John, Die genetische Veränderung des Erbgutes menschlicher Embryonen, S. 29; Bern, Genome Editing in Zeiten von Crispr/Cas, S. 30; Deuring, Rechtliche Herausforderungen moderner Verfahren, S. 7; Welling, Genetisches Enhancement, S. 24; BBAW, Zweiter Gentechnologiebericht, S. 170.

ren durch zwei Merkmale unterscheiden: Sie enthalten Ribose statt Desoxyribose und verwenden Uracil anstelle von Thymin. Auf dieser Grundlage entsteht ein Molekül der Ribonukleinsäure (RNA), das eine Art „Blaupause“ der entsprechenden DNA-Sequenz darstellt.

Die so gebildete Boten-RNA (messenger RNA, mRNA) transportiert die für die Proteinbiosynthese relevanten genetischen Informationen aus dem Zellkern zu den Ribosomen, den Orten der Proteinsynthese.³³ Dort erfolgt im zweiten Schritt die Translation: Entsprechend der von der mRNA übermittelten Information binden sich Transfer-RNAs (tRNAs) an die Ribosomen, die jeweils mit einer spezifischen Aminosäure beladen sind. Diese Aminosäuren werden schrittweise zu einer Polypeptidkette verknüpft, aus der schließlich ein funktionsfähiges Protein entsteht. Die auf diese Weise gebildeten Proteine übernehmen im Organismus eine Vielzahl essenzieller Aufgaben: Sie katalysieren als Enzyme biochemische Reaktionen, regulieren Stoffwechselprozesse und wirken als Strukturproteine, indem sie der Zelle ihre Form und Stabilität verleihen.³⁴

In menschlichen Zellen liegt die DNA im Zellkern in einer besonders kompakten Form vor, dem sog. Chromatin. Dieses entsteht durch die Aufwicklung der DNA um spezielle basische Proteine, die Histone, wodurch eine perlenkettenartige Struktur aus Nukleosomen gebildet wird.³⁵ In bestimmten Phasen des Zellzyklus verdichten sich diese Strukturen weiter und werden als Chromosomen sichtbar – die lichtmikroskopisch erkennbaren Träger der Gene.³⁶ Die Anzahl der Gene pro Chromosom hängt unmittelbar von dessen Größe ab; größere Chromosomen enthalten daher tendenziell mehr Gene.³⁷

Das menschliche Genom umfasst insgesamt rund drei Milliarden DNA-Bausteine, die auf 46 Chromosomen (bzw. 23 Chromosomenpaare) im

33 Bern, *Genome Editing in Zeiten von Crispr/Cas*, S. 31; *Deuring*, Rechtliche Herausforderungen moderner Verfahren, S. 8; *Welling*, Genetisches Enhancement, S. 24; *Maurer*, Drei-Eltern-Kinder, S. 28; *BBAW*, Zweiter Gentechnologiebericht, S. 170.

34 *Welling*, Genetisches Enhancement, S. 24; *John*, Die genetische Veränderung des Erbgutes menschlicher Embryonen, S. 29; *Bern*, *Genome Editing in Zeiten von Crispr/Cas*, S. 31.

35 *Graw*, *Genetik*, S. 235; *Bern*, *Genome Editing in Zeiten von Crispr/Cas*, S. 31.

36 *Graw*, *Genetik*, S. 218; *Bern*, *Genome Editing in Zeiten von Crispr/Cas*, S. 31.

37 *Propping*, Wenn die Aufklärung des persönlichen Genoms Wirklichkeit wird, S. 32.

Zellkern jeder Körperzelle verteilt sind.³⁸ Jeweils ein haploider Chromosomensatz ($n = 23$ Chromosomen) wird von der Mutter, der andere vom Vater vererbt.³⁹ Folglich enthält jede somatische Zelle mit Zellkern – mit Ausnahme der Keimzellen – einen diploiden Chromosomensatz ($2n = 46$ Chromosomen).⁴⁰

Eine zentrale Funktion der doppelsträngigen DNA besteht in der Steuerung der Zellteilung.⁴¹ Dabei wird die gesamte genetische Information originalgetreu an die Tochterzellen weitergegeben, sodass sämtliche Zellen eines Organismus über identisches Erbmateriale verfügen und das Genom zugleich an die Nachkommen weitervererbt wird. Voraussetzung hierfür ist die DNA-Replikation, bei der sich die beiden Stränge der Doppelhelix vollständig voneinander trennen und jeweils als Vorlage für die Synthese komplementärer Stränge dienen.⁴² Auf diese Weise entstehen zwei neue Doppelstränge, die jeweils aus einem ursprünglichen und einem neu synthetisierten Strang bestehen.⁴³

B. Von der Keimzelle zum Embryo

I. Die Keimzellen

Die Keimbahn verbindet ein Individuum über seine Keimzellen sowohl mit all seinen Nachkommen als auch – über die Keimzellen, aus denen es selbst entstanden ist – mit seinen Vorfahren. Für jeden Menschen „beginnt“ die individuelle Keimbahn mit der befruchteten Eizelle.⁴⁴ Während die Zellen,

38 Hacker/Rendtorff/Cramer u. a., Biomedizinische Eingriffe am Menschen, S. 33; Bern, Genome Editing in Zeiten von Crispr/Cas, S. 31; Deuring, Rechtliche Herausforderungen moderner Verfahren, S. 6; Welling, Genetisches Enhancement, S. 24; Maurer, Drei-Eltern-Kinder, S. 29; Winnacker u. a., Gentechnik, S. 23.

39 Gelhaus, Weltanschauung und Gentherapie, S. 40; Welling, Genetisches Enhancement, S. 24; Maurer, Drei-Eltern-Kinder, S. 29.

40 Lehmann, Die Mitochondrienersatztherapie, S. 10; Hacker/Rendtorff/Cramer u. a., Biomedizinische Eingriffe am Menschen, S. 33; Kaiser, in: Günther/Taupitz/Kaiser (Hrsg.), ESchG, A. II. Rn. 21; Bern, Genome Editing in Zeiten von Crispr/Cas, S. 31; Deuring, Rechtliche Herausforderungen moderner Verfahren, S. 6; Welling, Genetisches Enhancement, S. 24; Winnacker u. a., Gentechnik, S. 23.

41 Bern, Genome Editing in Zeiten von Crispr/Cas, S. 32; Welling, Genetisches Enhancement, S. 24.

42 Bern, Genome Editing in Zeiten von Crispr/Cas, S. 32.

43 Kaiser, in: Günther/Taupitz/Kaiser (Hrsg.), ESchG, A. II. Rn. 20.

44 Wagner, Der gentechnische Eingriff in die menschliche Keimbahn, S. 28.

die in den ersten drei Zellteilungen des frühen Embryos entstehen, noch als totipotent gelten, da sie bei einer Abspaltung die Fähigkeit besitzen, einen vollständigen Organismus auszubilden – der natürliche Mechanismus der Entstehung von eineiigen Zwillingen –, entwickeln sich die kurz darauf entstehenden embryonalen Stammzellen zu verschiedenen Zelltypen des Körpers weiter. Diese Zellen sind daher pluri- oder multipotent. Etwa in der dritten Entwicklungswoche differenziert sich eine kleine Gruppe dieser Stammzellen zu sog. Urkeimzellen, die anschließend in die sich entwickelnden Eierstöcke bzw. Hoden einwandern.⁴⁵

Im weiblichen Organismus entwickeln sich die Urkeimzellen zu Oogonien, von denen einige bereits im dritten Embryonalmonat zu primären Oozyten heranreifen. Sobald dieses Stadium erreicht ist, beginnt – nach der Verdoppelung der DNA und der Ausbildung von jeweils zwei Chromatiden pro Chromosom – ein wechselseitiger Austausch homologer Chromatidenabschnitte (Crossing-over),⁴⁶ der eine Rekombination der DNA bewirkt. Diese Phase markiert die Prophase I und damit den Beginn der Meiose I, einer speziellen Form der Zellteilung. Bis zur Geburt werden ein Teil der Oogonien und Oozyten wieder abgebaut, während die verbleibenden Oozyten von einer Follikelzellschicht umgeben und fortan als primäre Follikel bezeichnet werden. Bis zur Pubertät bleiben diese Zellen in Bezug auf ihren Chromosomensatz unverändert. Am 14. Tag des Menstruationszyklus erreicht eine dieser Zellen, nun als Graaf-Follikel bezeichnet, ihre volle Reife. Erst dann setzt sich die im Embryonalstadium begonnene erste meiotische Teilung fort. Dabei verbleibt zufällig jeweils ein Chromosom aus jedem der 23 Chromosomenpaare in der Keimzelle, während die übrigen als erstes Polkörperchen ausgeschieden werden. Auf diese Weise entsteht eine haploide Eizelle. Während der Befruchtung folgt schließlich die zweite meiotische Teilung, in der die Schwesterchromatiden jedes Chromosoms getrennt werden: Eine Hälfte wird als zweites Polkörperchen ausgestoßen, während der verbleibende Chromatidensatz im weiblichen Vorkern erhalten bleibt.⁴⁷

Beim Mann beginnt die Reifung der Keimzellen erst mit Eintritt der Pubertät. Im Verlauf der Spermatogenese finden ebenfalls zwei aufeinanderfolgende meiotische Teilungen statt, die sowohl eine Rekombination

45 *Deutscher Ethikrat*, Stellungnahme zu Eingriffen in die menschliche Keimbahn, S. 56.

46 *Ropers*, in: Sass (Hrsg.), Genomanalyse und Gentherapie, 227 (233).

47 *Kaiser*, in: Günther/Taupitz/Kaiser (Hrsg.), ESchG, A. II. Rn. 26 ff.; *Deuring*, Rechtliche Herausforderungen moderner Verfahren, S. 9.