

Zusatzmaterial zur Sendung 05:  
Eingriffe in die menschliche Keimbahn: kein Tabu mehr?



Zusatzmaterial zur Sendung 05:  
Eingriffe in die menschliche Keimbahn:  
kein Tabu mehr?



## Zusatzmaterial zur Sendung 05: Eingriffe in die menschliche Keimbahn: kein Tabu mehr?

Zum Livestream und Podcast der Sendung: <https://funkkolleg-biologie.de/themen/>

Interessierte Hörerinnen und Hörer finden auf diesen Seiten weiterführende Informationen zu den einzelnen Sendungsthemen als Zusatzmaterial.

Die Zusatzmaterialien werden in der Reihenfolge gelistet, in der die Stichworte in der Sendung Erwähnung gefunden haben. Die Materialien wurden zum Zugriffszeitpunkt 15.11.2017 erstellt von: Volker Mosbrugger, Petra Gehring, Sybille Roller, Francesco Lupusella, Annette Klussmann-Kolb, Rebecca Spitzenberger.

### Inhalt

1. Genchirurgie
2. Genschere und Off-target-Effekte
3. Entwicklungsgenetik
4. Stammzellenforschung
5. Embryonenforschung, Embryonenschutzgesetz
6. Reproduktionsmedizin
7. Präimplantationsdiagnostik
8. Keimbahntherapie
9. Sichelzellenanämie
10. HIV-Resistenz
11. Mitochondrienspende

## 1. Genchirurgie

Die **SWR-Wissens-Seiten** geben eine leicht verständliche Einführung in die Möglichkeiten der medizinisch angewandten Genchirurgie.

<https://www.swr.de/swr2/programm/sendungen/wissen/gen-chirurgie/-/id=660374/did=18040662/nid=660374/1xdygb8/index.html>



## Zusatzmaterial zur Sendung 05: Eingriffe in die menschliche Keimbahn: kein Tabu mehr?

Auch die **HR-Info-Seiten** bieten einen interessanten Artikel zum Einstieg ins Thema "Genchirurgie in der medizinischen Forschung".

<http://www.hr-inforadio.de/programm/das-thema/die-hoffnung-auf-heilung---genchirurgie-in-der-medizinischen-forschung.genchirurgie-100.html>

Eine aktuelle Werbebroschüre der **Bayer-Forschung** enthält ebenfalls anschauliche Abbildungen zu den medizinisch-pharmazeutischen Anwendungen der Genchirurgie und im Speziellen auch für die Behandlung von Hämophilie (Bluterkrankheit):

<https://www.research.bayer.de/de/haemophilie-behandeln-research31.pdf>

Ein aktueller Beitrag aus dem Oktober 2017 beschreibt eine neue Methode, bei der nicht mehr "geschnitten", sondern gleich über eine Korrektur in der RNA "umgewandelt" wird:

<http://www.br.de/themen/wissen/genome-editing-crispr-cas-genschere-keimbahntherapie-100.html>

Ein Video mit der Debatte über "Genchirurgie beim menschlichen Embryo" im Rahmen der Jahrestagung des **Deutschen Ethikrates** (ca. 30 min) ist hier einsehbar:

<https://vimeo.com/176459778>

Auf dem gemeinsam von **Wissenschaft im Dialog (WiD)**, dem **Science Media Center Germany (SMC)** und der **Technische Universität Braunschweig** betriebenen **Wissenschaftskommunikationsportal die-debatte.org** findet sich gleich eine ganze Themenseite mit zahlreichen sehr aktuellen Beiträgen zur Genchirurgie:

<https://www.die-debatte.org/thema/genchirurgie/>

## 2. Genschere und Off-target-Effekte

In "**Nature Methods**" ist kürzlich ein Artikel zu den potenziellen Gefahren solcher „Off-Target“-Effekte der Genschere erschienen (als Off-Target-Effekte bezeichnet man Gene, die verändert werden, obwohl sie selbst nicht das Ziel der Genschere sind):

<http://www.nature.com/nmeth/journal/v14/n6/full/nmeth.4293.html>



## Zusatzmaterial zur Sendung 05: Eingriffe in die menschliche Keimbahn: kein Tabu mehr?

Diese Studie (und die Kritik darin) wird in einem Artikel des **Tagesspiegels** zusammengefasst:

<http://www.tagesspiegel.de/wissen/gentherapie-genschere-schneidet-auch-ungezielt-im-erbgut-herum/19865704.html>

Eine allgemeinverständliche Beschreibung der aktuell möglichen Eingriffsarten per "Genschere" und ein kurzer Abriss über die Risiken der unerwünschten, aber bisher weitgehend unkontrollierbaren "Off-target-Effekte" gibt ein Artikel des **SPIEGEL** aus dem Oktober 2017:

<http://www.spiegel.de/wissenschaft/medizin/genschere-crispr-cas9-schoener-schneiden-a-1174818.html>

Einen englischsprachigen Artikel über die Schwächen der CRISPR-Genschere und die Möglichkeiten der Detektierung möglicher Off-target-Effekte sowie Empfehlungen zur Weiterentwicklung der Methodik haben Zang et al. im Jahr 2015 in der Fachzeitschrift "**Molecular Therapy**" veröffentlicht.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S216225311630049X>

Wo wird an der Verbesserung dieses biomedizinischen Tools geforscht? Zum Beispiel am Zentrum für chronische Immundefizienz der **Universität Freiburg**:

<https://www.uniklinik-freiburg.de/cci/forschung/toni-cathomen/research-areas.html>

Es gibt bereits Erkenntnisse darüber, wie z.B. ein virales Protein die Genauigkeit der Genschere steigern kann, indem es off-target-Effekte verhindert:

<http://www.pflanzenforschung.de/de/journal/journalbeiträge/nach-getaner-arbeit-abschalten-ein-inhibitor-erhoeht-di-10828>

### 3. Entwicklungsgenetik

Die Entwicklungsgenetik analysiert die Rolle der Gene während der ontogenetischen Entwicklung. Das Ziel ist es, zu verstehen, wie die genetische Ausstattung eines



## Zusatzmaterial zur Sendung 05: Eingriffe in die menschliche Keimbahn: kein Tabu mehr?

Organismus in die Bildung eines funktionstüchtigen Organismus übersetzt wird.  
Eine ausführliche Definition dieses Fachgebietes der Biologie ist hier einsehbar:

<http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/entwicklungsgenetik/21599>

Zwei Beispiele für aktuelle Forschung:

Am **Max-Planck-Institut für Molekulare Genetik** wird an verschiedenen Fragestellungen zur Entwicklungsgenetik geforscht.

<https://www.molgen.mpg.de/de/Entwicklungsgenetik> und  
<https://www.molgen.mpg.de/23577/Groups>

Und auch das **Helmholtz-Zentrum für Entwicklungsgenetik in München** hat verschiedenste Forschungsthemen:

<https://www.helmholtz-muenchen.de/idg/institute/about-us/goals/index.html>

Bei beiden Instituten findet man Publikationslisten mit den Ergebnissen der Forschungsprojekte.

Als deutschsprachige Literaturempfehlung aus dem Lehrbuchbereich wäre das Kapitel "Entwicklungsgenetik" im Genetik-Buch von J. Graw zu nennen:

Graw J. (2010) Entwicklungsgenetik. In: Genetik. Springer-Lehrbuch. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-04999-6\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-642-04999-6_11) oder ISBN 978-3-642-04998-9

## 4. Stammzellenforschung

Artikel aus der **Süddeutschen Zeitung** (2013) zu dem als Durchbruch in der Stammzellenforschung gefeierten Experiment, bei dem erstmals menschliche Embryonen geklont und Stammzellen aus ihnen gewonnen wurden:

<http://www.sueddeutsche.de/wissen/durchbruch-in-der-stammzellenforschung-bauplan-fuer-den-kuenstlichen-menschen-1.1673639>



## Zusatzmaterial zur Sendung 05: Eingriffe in die menschliche Keimbahn: kein Tabu mehr?

Ausführliche Beschreibungen und Erklärungen der Stammzellenforschung stellt das **Kompetenznetzwerk Stammzellenforschung NRW** zur Verfügung:

<http://www.stammzellen.nrw.de/ueber-stammzellen.html>

<http://www.stammzellen.nrw.de/ueber-stammzellen/videos.html>

Auch das **Spektrum-Lexikon** gibt eine sehr gute Definition:

<http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/stammzellen/63289>

Wo liegen die ethischen Hauptprobleme der Stammzellenforschung? Einen Einstieg in die Diskussion bietet eine kurze Zusammenstellung hier:

[http://www.wissenschau.de/stammzellen/stammzellen\\_ethik.php](http://www.wissenschau.de/stammzellen/stammzellen_ethik.php)

Die **Deutsche Forschungsgemeinschaft** (DFG, [www.dfg.de](http://www.dfg.de)), welche Fördergelder zu Forschungszwecken vergibt, hat eine Stellungnahme veröffentlicht zum Thema "Problemkreis humane embryonale Stammzellen". Die Stellungnahme enthält unter Kapitel II auch eine ethische und rechtliche Beurteilung der spezifischen Forschung.

[http://www.dfg.de/download/pdf/dfg\\_im\\_profil/reden\\_stellungnahmen/archiv\\_download/eszell\\_d\\_99.pdf](http://www.dfg.de/download/pdf/dfg_im_profil/reden_stellungnahmen/archiv_download/eszell_d_99.pdf)

Das **Deutsche Referenzzentrum für Ethik in den Biowissenschaften** stellt zum Thema "Stammzellenforschung" ebenfalls aktuelle sachliche, fachliche Informationen zur Verfügung - und widmet auch den ethischen Problemstellungen einen Raum:

<http://www.drze.de/im-blickpunkt/stammzellen>

Auf der weiterführenden Seite zu diesem Text wird auch die internationale, europäische und deutsche Gesetzeslage erörtert:

<http://www.drze.de/im-blickpunkt/stammzellen/gesetze-und-regelungen>

Hier können Lehr- und Lernmaterialien bei "Diskurslernen.de" heruntergeladen werden. Dies ist ein Angebot des **DRZE** (s.o.).

[http://www.diskurslernen.de/humane\\_embryonale\\_stammzellen/](http://www.diskurslernen.de/humane_embryonale_stammzellen/)



## Zusatzmaterial zur Sendung 05: Eingriffe in die menschliche Keimbahn: kein Tabu mehr?

Die **Internationale Gesellschaft für Stammzellenforschung** (ISSCR, <http://www.isscr.org>) beschreibt sich selbst wie folgt:

"The International Society for Stem Cell Research is an independent, nonprofit organization established to promote and foster the exchange and dissemination of information and ideas relating to stem cells, to encourage the general field of research involving stem cells, and to promote professional and public education in all areas of stem cell research and application."

Sie hält umfangreiche Infoseiten in englischer Sprache bereit:

<http://www.closerlookatstemcells.org>

## 5. Embryonenforschung, Embryonenschutzgesetz

### Epigenetik und Embryonenforschung

Reprogrammierung (Aktive Demethylierung des väterlichen Genoms und passive Demethylierung des mütterlichen Genoms in der befruchteten Eizelle)

Haaf, T (2005). Epigenetische Genomreprogrammierung im frühen Säugerembryo: Mechanismen und Pathologie. *medgen* 17: 275-279.  
([https://www.medgenetik.de/2005/2005\\_3\\_275\\_haaf.pdf](https://www.medgenetik.de/2005/2005_3_275_haaf.pdf))

Haaf, T (2006). Epigenetische Genomreprogrammierung in der Keimbahn und im frühen Embryo: Implikationen für die Reproduktionsmedizin. *J Reproduktionsmed Endokrinol* 3 (3): 136-140. (<http://www.kup.at/kup/pdf/5889.pdf>)

Informationen zum Embryonenschutzgesetz und Stammzellengesetz findet man bei der **Bundeszentrale für Politische Bildung**:

<http://www.bpb.de/gesellschaft/umwelt/bioethik/33770/embryonenschutz>

Das **Deutsche Referenzzentrum für Ethik in den Biowissenschaften** gibt ebenfalls einen Überblick und eine Erläuterung der Rechtslage (auch mit Absätzen über die Rechtslage in anderen europäischen Ländern):



## Zusatzmaterial zur Sendung 05: Eingriffe in die menschliche Keimbahn: kein Tabu mehr?

<http://www.drze.de/im-blickpunkt/pid/rechtliche-aspekte>

Das Gesetz selbst findet man hier: <http://www.gesetze-im-internet.de/eschg/index.html>

Eine Ergänzung zum Embryonenschutzgesetz mit Änderungen für den Bereich der Präimplantationsdiagnostik findet man

hier: [http://www.bundesgerichtshof.de/SharedDocs/Downloads/DE/Bibliothek/Gesetzesmaterialien/17\\_wp/PID/bqbl.pdf;jsessionid=5728946442255D978A0A2E4DFE058F3F.1\\_cid286?blob=publicationFile](http://www.bundesgerichtshof.de/SharedDocs/Downloads/DE/Bibliothek/Gesetzesmaterialien/17_wp/PID/bqbl.pdf;jsessionid=5728946442255D978A0A2E4DFE058F3F.1_cid286?blob=publicationFile)

Ein Artikel der Theologin Sibylle Wolf im **Deutschen Ärzteblatt** vergleicht die in Deutschland und Großbritannien unterschiedliche Regelung der Zulassung der Forschung an humanen embryonalen Stammzellen. Vor allem bezogen auf den Menschenwürde-Begriff ergeben sich tiefgreifende Unterschiede:

<https://www.aerzteblatt.de/archiv/68068/Embryonenforschung-Ueber-den-Umgang-mit-menschlichem-Leben>

## 6. Reproduktionsmedizin

Die Reproduktionsmedizin setzt dann an, wenn Störungen bei der natürlichen Fortpflanzung auftreten. Sie beschäftigt sich mit der natürlichen und assistierten Fortpflanzung, den Grundlagen und der Kontrolle der menschlichen Zeugungsfähigkeit und ihrer Störungen. Sie ist ein interdisziplinäres Fachgebiet der Medizin.

Mitte Februar 2017 fand in Berlin eine Messe mit dem Titel "Kinderwunsch-Tage" statt. Möglichkeiten wurden vorgestellt, wie ein Kinderwunsch, der nicht auf natürlichem Wege erfüllt werden kann, mit künstlichen Mitteln umgesetzt werden kann. Nicht alle der dort vorgestellten Methoden sind in Deutschland gesetzlich erlaubt.

<http://www.zeit.de/2017/09/reproduktionsmedizin-berlin-messe-schwangerschaft-kinderwunsch/komplettansicht>

Die Geschichte der Reproduktionsmedizin wird auf den Seiten der Deutschen Gesellschaft für Reproduktionsmedizin erläutert:

<http://www.repromedizin.de/ueber-die-dgrm/geschichte.html>





## Zusatzmaterial zur Sendung 05: Eingriffe in die menschliche Keimbahn: kein Tabu mehr?

### 7. Präimplantationsdiagnostik

Die Präimplantationsdiagnostik (PID) umfasst alle Methoden zellbiologischer und molekulargenetischer Untersuchungen, die der Entscheidung dienen, ob ein durch *In-vitro-Fertilisation (IVF)* erzeugter Embryo in die Gebärmutter eingepflanzt wird oder nicht. Die PID wurde seit Anfang der 1990er Jahre weltweit bei mehr als 10.000 Zeugungen von Kindern angewendet.

Das Thema PID wurde bereits in [Sendung 02](#) behandelt. Dort finden Sie auch Zusatzmaterialien zu diesem Thema.

### 8. Keimbahntherapie

Ende 2015: Man weiss, man könnte (bald), aber man tut es nicht – die Anwendung der Keimbahnintervention in menschlichen Zellen. Die Keimbahntherapie ist ein Verfahren, um vererbte Krankheiten, die auf einem Gendefekt beruhen, bei Nachkommen eines Trägers des defekten Gens zu heilen bzw. die Vererbung dieses Gendefekts zu verhindern. Dieses Verfahren ist medizinisch und technisch möglich, aber es ist ein Tabu und wurde bisher aber noch nicht am Menschen realisiert. Hierzu ein Artikel von Johann Grolle im **Spiegel**:

<http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/crispr-forscher-sprechen-gegen-keimbahn-therapie-a-1066052.html>

2017: US-amerikanische Forscher haben menschliche Embryonen von einem Gendefekt befreit – ein sehr umstrittenes Experiment im Labor. Die Genschere CRISPR erlaubt solche Eingriffe und hat das theoretische Potential, sich abzeichnende Erbkrankheiten durch genchirurgische Eingriffe zu korrigieren. Für die Medizin ein großer Erfolg und Meilenstein. Gleichzeitig ein schwieriger Fall für die Forschungsethik:

<http://www.spiegel.de/wissenschaft/medizin/crispr-us-forscher-manipulieren-erbgut-menschlicher-embryonen-a-1160993.html>

In einem Artikel in der **Ärztezeitung** wird davon ausgegangen, dass die Anwendung der Keimbahntherapie nur noch eine Frage der Zeit ist:

<https://www.aerztezeitung.de/medizin/krankheiten/seltene-erkrankungen/article/930259/gen-editieren-keimbahntherapie-nur-noch-frage-zeit.html>



## Zusatzmaterial zur Sendung 05: Eingriffe in die menschliche Keimbahn: kein Tabu mehr?

Die ethische Debatte zur Gen-Editierung bei Embryos in den Reihen der Wissenschaft:

[http://www.deutschlandfunk.de/gentechnik-am-embryo-crispr-cas-technik-entfacht-ethische.676.de.html?dram:article\\_id=331352](http://www.deutschlandfunk.de/gentechnik-am-embryo-crispr-cas-technik-entfacht-ethische.676.de.html?dram:article_id=331352)

<http://www.nature.com/news/embryo-editing-sparks-epic-debate-1.17421>

Ein Überblick zum Thema auf der Seite des **Instituts Technik-Theologie-Naturwissenschaften an der Ludwig-Maximilians-Universität München**:

<http://www.ttn-institut.de/node/179>

Leopoldina-Präsident Jörg Hacker in der **FAZ**, 17.5.2016: „Der Grund des Lebens“ – wissenschaftliche Erkenntnisentwicklung und für und wider die Eingriffe in die menschliche Keimbahn (=Keimbahnintervention)

[http://www.faz.net/aktuell/politik/die-gegenwart/genforschung-am-menschen-mit-genomeditierung-crispr-cas-14221679.html?printPagedArticle=true#pageIndex\\_0](http://www.faz.net/aktuell/politik/die-gegenwart/genforschung-am-menschen-mit-genomeditierung-crispr-cas-14221679.html?printPagedArticle=true#pageIndex_0)

Der **Deutsche Ethikrat** hat auf seiner Jahrestagung über das Thema diskutiert:

<http://www.ethikrat.org/dateien/pdf/jahrestagung-22-06-2016-dabrock.pdf>

Gesetzeslage zur Keimbahntherapie:

<http://www.theuropean.de/jochen-taupitz/6816-embryonenschutzgesetz-und-keimbahntherapie>

[http://www.gentechnologiebericht.de/gen/bilder/zentrale%20Texte\\_Gentherapie.pdf](http://www.gentechnologiebericht.de/gen/bilder/zentrale%20Texte_Gentherapie.pdf)

[https://meddb.mpicc.de/show\\_all.php](https://meddb.mpicc.de/show_all.php)

## 9. Sichelzellenanämie

### Überblick über die Krankheit:

<https://www.youtube.com/watch?v=1qI-X60CUNQ>

<https://www.lifeline.de/krankheiten/sichelzellanaemie-id21222.html>



## Zusatzmaterial zur Sendung 05: Eingriffe in die menschliche Keimbahn: kein Tabu mehr?

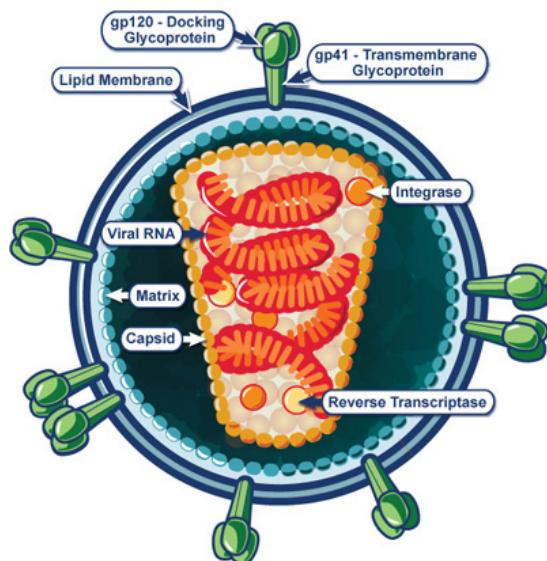
### 10. HIV-Resistenz

Das HI-Virus (*Human Immunodeficiency Virus*) gehört zur Familie *Retroviridae* (Retroviren). Es handelt sich um behüllte Viren mit einzelsträngigem RNA-Genom ((+)ssRNA), die zur Vermehrung in der Wirtszelle eine doppelsträngige DNA als Zwischenprodukt bilden. Sie bringen ein Enzym mit, das den üblichen genetischen Informationsfluss (DNA → RNA → Protein) umkehrt. Die reverse Transkriptase ist in der Lage, die virale RNA in doppelsträngige DNA umzuschreiben, eine Fähigkeit, die sich in der Bezeichnung "Retroviren" – Reverse Transkriptase Onkoviren – widerspiegelt.

Nur einer von 300 HIV-Infizierten besitzt eine natürliche Immunität gegen den Erreger. Diese Menschen, die als „Controller“ bezeichnet werden, benötigen keine antiretrovirale Therapie, da ihr Körper die Ausbreitung des Virus selbst unterdrücken kann:

<https://www.pharmazeutische-zeitung.de/index.php?id=35886>

#### Struktur des HI-Virus:

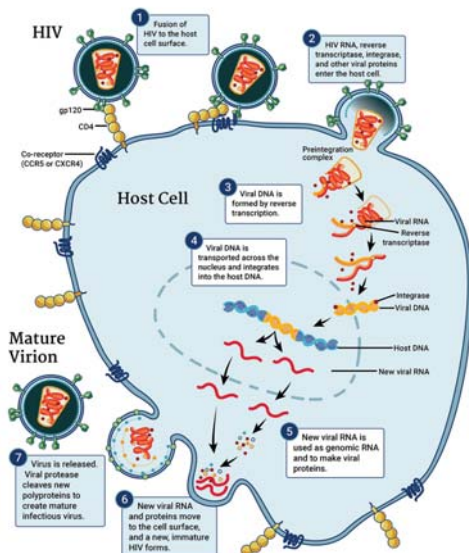


[https://c1.staticflickr.com/5/4061/5080768345\\_18f4b256d1.jpg](https://c1.staticflickr.com/5/4061/5080768345_18f4b256d1.jpg)



## Zusatzmaterial zur Sendung 05: Eingriffe in die menschliche Keimbahn: kein Tabu mehr?

### Vermehrungszyklus des HI-Virus:



[https://c1.staticflickr.com/5/4126/5057022555\\_cabcf6d00a\\_b.jpg](https://c1.staticflickr.com/5/4126/5057022555_cabcf6d00a_b.jpg)

### HIV und AIDS: Überblick über die Zeichen, Symptome, Übertragung, Ursachen und Pathologie

<https://www.youtube.com/watch?v=5g1ijpBl6Dk> (englisch)

### Therapie:

<http://www.badische-zeitung.de/bildung-wissen-1/molekularbiologe-toni-cathomen-will-aids-durch-gentechnik-heilen--132117244.html>

## 11. Mitochondrienspende

Mitochondrien sind Zellorganellen, die für die Produktion von Energie (in Form von ATP (Adenosintriphosphat)) zuständig sind und deswegen auch als "**Kraftwerke der Zellen**" bezeichnet werden. Sie besitzen ein eigenes mitochondriales Genom (mtDNA) und teilen sich unabhängig von ihrer Mutterzelle (was im Übrigen für die Endosymbiontentheorie spricht). Mitochondrien werden **maternal** vererbt, d.h. der Mensch erhält alle seine



## Zusatzmaterial zur Sendung 05: Eingriffe in die menschliche Keimbahn: kein Tabu mehr?

Mitochondrien von der Mutter – Mutationen der mtDNA eingeschlossen. Frauen mit einer mitochondrialen Erkrankung (Mitochondropathie) geben diese notwendigerweise an die Kinder weiter.

Die **Mitochondrial Replacement Therapy** (MRT) ermöglicht im Rahmen einer künstlichen Befruchtung (In-vitro-Fertilisation, IVF) den Austausch defekter Mitochondrien der Eizelle der Mutter durch intakte Mitochondrien einer Spenderfrau. Daher wird die Therapie auch als **Three Parent IVF** oder Mitochondrienspende bezeichnet.

Es gibt drei Verfahren der sogenannten Mitochondrienspende: 1. Spindeltransfer ((Maternal) Spindle Transfer, ST); 2. Vorkerntransfer (Pronuclear Transfer, PNT) und 3. Polkörpertransfer (Polar Body Transfer, PBT), vgl. dazu Wolf, DP/ Mitalipov, N/ Mitalipov, S (2015). Mitochondrial replacement therapy in reproductive medicine. Trends Mol Med 21 (2): 68-76 (<https://doi.org/10.1016/j.molmed.2014.12.001>) sowie Greenfield, A et al. (2017). Assisted reproductive technologies to prevent human mitochondrial disease transmission. Nat Biotechnol 35 (11): 1059-1068 (<https://doi.org/10.1038/nbt.3997>).

[http://www.wissensschau.de/reproduktionsmedizin/mitochondrien\\_spende\\_kuenstliche\\_befruchtung.php](http://www.wissensschau.de/reproduktionsmedizin/mitochondrien_spende_kuenstliche_befruchtung.php)

<https://www.aerztezeitung.de/medizin/krankheiten/seltene-erkrankungen/article/926364/kind-drei-eltern-weg-mitochondrienspende-frei.html>

[https://www.youtube.com/watch?v=w1AiFy3\\_s8E](https://www.youtube.com/watch?v=w1AiFy3_s8E) (englisch)

<https://www.youtube.com/watch?v=GT4j7TmOu9Y> (englisch)

<https://www.youtube.com/watch?v=P33yV8EuKVI> (englisch)

Die Mitochondrienspende ist allerdings nicht ganz unumstritten, denn die mütterlichen Mitochondrien werden nicht vollständig entfernt. Eine kleine Zahl fehlerhafter Mitochondrien gelangt stets in die neue Eizelle und neuere Studien besagen, dass diese sich im Laufe der Zeit vermehren und die Mitochondropathie sich nicht aufhalten lässt. Eine Heilung der Krankheit wäre somit ausgeschlossen. Nur der Ausbruch der Mitochondropathie würde sich zeitlich nach hinten verschieben.

Darnovsky, M (2013). A slippery slope to human germline modification. Nature 499 (7457): 127. (<https://doi.org/10.1038/499127a>)



## Zusatzmaterial zur Sendung 05: Eingriffe in die menschliche Keimbahn: kein Tabu mehr?

Yamada, M et al. (2016). Genetic Drift Can Compromise Mitochondrial Replacement by Nuclear Transfer in Human Oocytes. *Cell Stem Cell* 18 (6): 749-754.  
(<https://doi.org/10.1016/j.stem.2016.04.001>)

Hyslop, LA et al. (2016). Towards clinical application of pronuclear transfer to prevent mitochondrial DNA disease. *Nature* 534 (7607): 383-386.  
(<https://doi.org/10.1038/nature18303>)

### **Weiterführende Literatur/ Ethische Beurteilung der Mitochondrienspende**

Schlütter, J (2013). Gentherapie: Briten wollen Drei-Eltern-Baby. **Tagesspiegel Online**  
(<http://www.tagesspiegel.de/wissen/gentherapie-briten-wollen-drei-eltern-baby/7960670.html>)

Schooltink, H (2013). Mitochondriale Erkrankungen. Fehler in den Kraftwerken der Zelle. **Pharmazeutische Zeitung online** (<https://www.pharmazeutische-zeitung.de/index.php?id=46982>)

**SPIEGEL ONLINE** (2014). Umstrittene Befruchtungsmethode. Ein Kind, drei Eltern.  
(<http://www.spiegel.de/wissenschaft/medizin/1-kind-von-3-eltern-fda-zu-fortpflanzung-und-umstrittener-befruchtung-a-955727.html>)

**Süddeutsche Zeitung Online** (2016). Baby mit drei biologischen Eltern geboren.  
(<http://www.sueddeutsche.de/gesundheit/reproduktionsmedizin-zwei-muetter-ein-vater-1.3182397>)

Dimond, R (2015). Social and ethical issues in mitochondrial donation. *Br Med Bull* 115 (1): 173-182. (<https://doi.org/10.1093/bmb/ldv037>)

Dimond, R & Stephens, N (2017). Three persons, three genetic contributors, three parents: Mitochondrial donation, genetic parenting and the immutable grammar of the 'three x x'. **Health** (London) 1-19, doi: 10.1177/1363459316689380  
(<http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/1363459316689380>)

Liao, SM (2017). Do Mitochondrial Replacement Techniques Affect Qualitative or Numerical Identity? **Bioethics** 31 (1): 20-26.  
(<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/bioe.12308/epdf>)





## Zusatzmaterial zur Sendung 05: Eingriffe in die menschliche Keimbahn: kein Tabu mehr?

Palacios-González, C (2017). Are there moral differences between maternal spindle transfer and pronuclear transfer? *Med Health Care and Philos* 20 (4): 503-511.  
(<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs11019-017-9772-3.pdf>)

Palacios-González, C (2017). Ethics of Mitochondrial Replacement Techniques: A Habermasian Perspective. *Bioethics* 31 (1): 27-36.  
(<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/bioe.12307/epdf>)

Scully, JL (2017). A Mitochondrial Story: Mitochondrial Replacement, Identity and Narrative. *Bioethics* 31 (1): 37-45.  
(<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/bioe.12310/epdf>)

Zhang, J et al. (2017). Live birth derived from oocyte spindle transfer to prevent mitochondrial disease. *Reprod Biomed Online* 34 (4): 361-368.  
(<https://doi.org/10.1016/j.rbmo.2017.01.013>)