

Zusatzmaterial zur Sendung 04:  
Epigenetik: wie Umwelt und Verhalten Gene steuern



Zusatzmaterial zur Sendung 04:  
Epigenetik: wie Umwelt und Verhalten Gene steuern



## Zusatzmaterial zur Sendung 04: Epigenetik: wie Umwelt und Verhalten Gene steuern

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, Rebecca Spitzenberger, Julia Krohmer.

### **Vorab ein Veranstaltungshinweis zum Funkkolleg:**

#### **„Wenn Körperstoffe zur Wertsache werden“**

Vortrag von Prof. Dr. phil. Petra Gehring (Institut für Philosophie, TU Darmstadt, im Rahmen der Reihe „Zukunft entdecken“ der Polytechnischen Gesellschaft  
19.00 Uhr, Campus Bockenheim, Hörsaal H IV im Hörsaalgebäude, Mertonstraße 17–21, 60325 Frankfurt am Main

<http://www.polytechnische.de/vortraege/termine-2017/21112017/>

### **Inhalt**

1. Was ist Epigenetik?
2. Pränatale epigenetische Effekte
3. Epigenetische Effekte durch Ernährung
4. Epigenetische Effekte durch Stress
5. Epigenetische Effekte durch Psychotherapie
6. Epigenetische Effekte durch Sport
7. Forschung
8. Medizinische Anwendungen: Krebstherapie, Alzheimer, Diabetes, etc.



# Zusatzmaterial zur Sendung 04: Epigenetik: wie Umwelt und Verhalten Gene steuern

## Empfehlenswert:

Heil, R., Seitz, S.B., König, H., Robiński, J. (Hrsg.). Epigenetik. Ethische, rechtliche und soziale Aspekte. Springer VS Wiesbaden, 2016

Spork, Peter: Der zweite Code. Rowohlt Verlag GmbH, Reinbek bei Hamburg, 2. Auflage, 2009

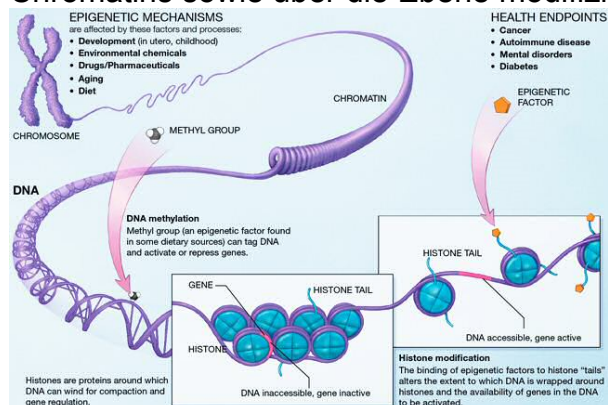
## .1. Was ist Epigenetik?

Verständlicher **Einstieg** ins Thema Epigenetik:

Badenschier F. (2016): Der Mensch ist mehr als die Summe seiner Gene  
(<http://www.planet-wissen.de/natur/forschung/epigenetik/index.html>)

Die Epigenetik beschreibt **Mechanismen und Konsequenzen vererbbarer Modifikationen des Chromatins**, ohne die DNA-Sequenz zu verändern. **Epigenetische Modifikationen** beeinflussen die **lokale Aktivität von Chromosomen**. Sie basieren auf reversiblen Modifikationen von Histonen (z.B. Methylierungen, Acetylierung, Phosphorylierung, Ubiquitinierung, SUMOylierung) und DNA-Basen (primär die Methylierung von Cytosin in der Abfolge Cytosin-Guanin (CpG)). Epigenetische Kontrollmechanismen werden durch regulatorische RNA-Moleküle (z.B. miRNA, siRNA, lncRNA) gesteuert. Epigenetische Mechanismen nehmen **nachhaltigen**, aber auch **umkehrbaren** Einfluss auf die Funktion und Regulation von Genen.

Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über die Ebene der DNA-Modifikation und des Chromatins sowie über die Ebene modifizierender Proteine:



Quelle: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/dd/Epigenetic\\_mechanisms.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/dd/Epigenetic_mechanisms.jpg)[[caption]]



## Zusatzmaterial zur Sendung 04: Epigenetik: wie Umwelt und Verhalten Gene steuern

### **Die Epigenetik und die Biene: Königin und Arbeiterinnen haben gleiche Gene, entwickeln jedoch abweichende Eigenschaften.**

Die Epigenetik untersucht, wie die Umwelt das Genom beeinflusst und die Aktivität der Gene steuert. Besonders eindrucksvoll lässt sich das Phänomen der Epigenetik am Beispiel der Biene zeigen. Unter den vielen Umweltreizen ist Nahrung von zentraler Bedeutung. Das Epigenom der Biene und die Aktivität vieler Gene werden durch das **Gelée royale** stark beeinflusst. Allein zukünftige Königinnen erhalten während ihres gesamten Lebens (vom Larven- bis zum Adultstadium) das Gelée royale. Larven, die mit Pollen gefüttert werden, entwickeln sich zu Arbeiterinnen. Auf molekularer, epigenetischer Ebene entscheiden Methylmarkierungen über das Schicksal der Larven.

<http://www.uni-heidelberg.de/studium/journal/2011/02/biene.html>

<http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/spezialnahrung-wie-gelee-royale-eine-biene-zur-koenigin-macht-a-726794.html>

Frank Lyko et al. (2010). The Honey Bee Epigenomes: Differential Methylation of Brain DNA in Queens and Workers. PLoS Biology 8 (11): e1000506.  
(<http://journals.plos.org/plosbiology/article/file?id=10.1371/journal.pbio.1000506&type=printable>)

Die **Max-Planck-Gesellschaft** hat einen kurzen Lehrfilm mit anschaulicher Erklärung der epigenetischen Mechanismen veröffentlicht, der im Max-Planck-youtube-Kanal angesehen werden kann:

<https://www.youtube.com/watch?v=xshPL5hU0Kg>

Ebenfalls von der **Max-Planck-Gesellschaft** stammt dieser vierseitige Flyer für Schüler zu den Grundlagen der Epigenetik:

<https://www.max-wissen.de/67775/epigenetik>

Ein ca. 45-minütiges Interview mit dem Wissenschaftspublizisten Dr. Peter Spork in einer ARD-alpha-Sendung kann hier eingesehen werden:

<http://www.ardmediathek.de/tv/alpha-Forum-ARD-alpha/Peter-Spork-Wissenschaftspublizist/ARD-alpha/Video-Podcast?bcastId=34399546&documentId=43421484>



## Zusatzmaterial zur Sendung 04: Epigenetik: wie Umwelt und Verhalten Gene steuern

Gut dargestellt wird das Thema auch in der **Quarks & Co-Sendung des WDR** (April 2017):

<http://www1.wdr.de/fernsehen/quarks/sendungen/uebersicht-epigenetik-100.html>

## 2. Pränatale epigenetische Effekte

Schon während der Schwangerschaft können Faktoren wie Stress, Ernährung, Einwirkung von Schadstoffen etc. einen heranwachsenden Organismus in Bezug auf seine späteren Eigenschaften und gesundheitliche Veranlagung stark prägen. Eine so erworbene Disposition kann später auch weitervererbt werden.

Kastilan, S. (2014): Geschenke fürs ganze Leben (<http://www.faz.net/aktuell/wissen/leben-gene/epigenetik-untersucht-praegung-des-foetus-im-mutterleib-13101903-p3.html>)

Koch, J. (2012): Das Leben vor der Geburt (<http://www.spiegel.de/spiegel/print/d-86505890.html>)

Reinberger, S. (2014): Angst im Genom (<http://www.spektrum.de/news/wie-die-umwelt-unser-erbgut-veraendert/1302426>)

Jedoch ist nicht nur der mütterliche Einfluss relevant, und in diesem **Nature**-Artikel warnt eine Gruppe Wissenschaftler verschiedener Disziplinen entschieden davor, Mütter aufgrund der Fortschritte der epigenetischen Forschung für alles verantwortlich zu machen, was ihren Kindern später einmal widerfährt:

<http://www.nature.com/news/society-don-t-blame-the-mothers-1.15693>

Denn es kommt nicht nur auf die Mütter an:

Fleischer, B. (2015): Genschnipsel in Spermien übertragen väterlichen Stress (<http://www.spektrum.de/news/epigentischer-mechanismus-dingfest-gemacht/1372281>)

"Die Frage *Wie wurde ich zu der Person, die ich bin?* enthält Spielraum zu Überlegungen bei der Primärprävention von Erkrankungen. Erörtert als Leitthema während der **Jahresversammlung der Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina** führte sie zum Konzept der Vegetativen Prägung als ein Ansatz für die Prävention des



## Zusatzmaterial zur Sendung 04: Epigenetik: wie Umwelt und Verhalten Gene steuern

Metabolischen Syndroms. Die dazu von Andreas Plagemann entwickelten Thesen werden hier im Überblick vorgestellt. Sie enthalten ein mögliches Erklärungsmuster für die wachsenden Fallzahlen beim Metabolischen Syndrom weltweit, eine neue, spezifizierte Definition für Epigenetik und ein klares Votum für die Primärprävention":

<http://www.assmann-stiftung.de/epigenetik-als-impuls-fuer-die-primarpraevention-des-metabolischen-syndroms-das-konzept-der-vegetativen-praegung-99/>

und zum Weiterlesen hierzu:

Plagemann, A. (2014): Perinatale Programmierung, neuro-endokrine Epigenomik und präventive Medizin – Das Konzept der Vegetativen Prägung. - In: Geist-Gehirn-Genom-Gesellschaft. Wie wurde ich zu der Person, die ich bin? Nova Acta Leopoldina NF 120, Nr. 405, 197-225

<https://www.leopoldina.org/de/publikationen/detailansicht/publication/geist-gehirn-genom-gesellschaft/>

### 3. Epigenetische Effekte durch Ernährung

Die Ernährung der Mutter hat einen starken Einfluss auf die Genaktivität, vor allem in der Schwangerschaft und in den ersten Lebenswochen. Sie stellt dabei auch die Weichen für das spätere Leben – für Gesundheit und Krankheit.

<https://www.helmholtz-muenchen.de/ame/service/press-releases/press-release/article/37828/index.html>

<https://www.aerzteblatt.de/archiv/131610/Epigenetik-und-Ernaehrung-Folgenreiche-Fehlprogrammierung>

Ausführlicher Radiobeitrag des Bayerischen Rundfunks: "Das Gedächtnis des Erbguts" – Mütter geben an ihr Kind das Muster weiter, nach dem Zellen ihre Gene an- und abschalten (basierend auf der Forschung zu Auswirkungen von Hungerwintern des 20. Jahrhunderts):

<http://www.br.de/radio/bayern2/sendungen/radiowissen/mensch-natur-umwelt/epigenetik-erbgut-vererbung100.html>



## Zusatzmaterial zur Sendung 04: Epigenetik: wie Umwelt und Verhalten Gene steuern

### 4. Epigenetische Effekte durch Stress

Video der **Hector Fellow Academy**: Axel Meyer und Thomas Elbert erforschen die epigenetischen Effekte von Stress auf Fische:

<https://www.youtube.com/watch?v=NCwPWjIFg28>

Stress und traumatische Erlebnisse können das Erbgut der Betroffenen epigenetisch markieren. Diese epigenetischen Modifikationen können aber auch an den Nachwuchs weitergegeben werden:

Osterkamp, J (2014). Schlechte Erfahrungen können vererbte Gene besser machen.

(<http://www.spektrum.de/news/stress-wird-epigenetisch-an-die-kinder-verebt-mit-positiven-folgen/1319272>)

Däuble, W (2014). Stress im Sperma:

(<http://www.faz.net/aktuell/wissen/leben-gene/epigenetik-stress-im-sperma-12914902.html>)

Spengler, D (2010); Gene lernen aus Stress (Forschungsbericht 2010 des Max-Planck-Instituts für Psychiatrie):

[https://www.mpg.de/431776/forschungsSchwerpunkt?c=147242&force\\_lang=de](https://www.mpg.de/431776/forschungsSchwerpunkt?c=147242&force_lang=de)

Gapp, K et al. (2014). Early life stress in fathers improves behavioural flexibility in their offspring. Nature Communications 5:5466 doi: 10.1038/ncomms6466:

<https://www.nature.com/articles/ncomms6466.pdf>

Gapp, K et al. (2014). Implication of sperm RNAs in transgenerational inheritance of the effects of early trauma in mice. Nature Neuroscience 17 (5): 667–669.

Link zum **Nature**-Artikel: <https://tinyurl.com/ybtyub3z>

Weitere relevante Beiträge:

<http://www.3sat.de/page/?source=nano/medizin/147412/index.html>

<https://www.pharmazeutische-zeitung.de/index.php?id=6438>

<http://www.spektrum.de/news/stress-wird-epigenetisch-an-die-kinder-verebt-mit-positiven-folgen/1319272>



## Zusatzmaterial zur Sendung 04: Epigenetik: wie Umwelt und Verhalten Gene steuern

### 5. Epigenetische Effekte durch Psychotherapie

Auch im Bereich der Psychologie kann der Blick auf die Epigenetik hilfreich sein, um durch die Kenntnis der wechselseitigen Effekte die Behandlungsmethoden bewerten und weiterentwickeln zu können. Hierzu eine kurze Fachpublikation der **Universitäten Heidelberg und Bremen**.

[https://www.zkpr.uni-bremen.de/fileadmin/user\\_upload/forschung/downloads/schmidt\\_petermann\\_schipper\\_2012-kue\\_21\\_4.pdf](https://www.zkpr.uni-bremen.de/fileadmin/user_upload/forschung/downloads/schmidt_petermann_schipper_2012-kue_21_4.pdf)

Die Forschung zur Ermittlung der Wirksamkeit verschiedener Therapieformen erfordert fachübergreifende Studien, wie zum Beispiel die beim **Max-Planck-Institut für Psychiatrie**:

[https://www.mpg.de/7793371/MPIP\\_JB\\_2014](https://www.mpg.de/7793371/MPIP_JB_2014)

Ein Interview zur Nützlichkeit der Epigenetik für die Psychotherapie findet man hier:

<https://www.karger.com/Article/PDF/365121>

### 6. Epigenetische Effekte durch Sport

Sport wirkt sich auf den Körper wie auch die Gene aus und ist damit ein wichtiger Schlüssel für ein besseres Verständnis der Unterschiede zwischen **Genotyp** (durch die Gene vorgegebene Eigenschaften eines Organismus) und **Phänotyp** (äußeres Erscheinungsbild eines Organismus).

Durch körperliches Training werden durch Veränderungen des Azetylierungsstatus in den Muskeln und im Gehirn epigenetische Regulationen hervorgerufen, was sich positiv auf die Leistungsfähigkeit dieser Gewebe auswirken kann.

Auch weiß man bereits, dass körperliche Aktivität Methylierungsveränderungen an jenen Genen auslöst, die z. B. Tumorunterdrückung oder chronische Entzündungen regulieren:

<http://www.zeitschrift-sportmedizin.de/artikel-online/archiv-2012/heft-6/epigenetik-und-sport>





## Zusatzmaterial zur Sendung 04: Epigenetik: wie Umwelt und Verhalten Gene steuern

Das kurze Video von Quarks & Co. zum Thema fasst dies verständlich zusammen:

<http://www1.wdr.de/fernsehen/quarks/epigenetik-sport-100.html>

Die dänische Wissenschaftlerin Malene Lindholm und ihre KollegInnen konnten mit einem einfachen Experiment beweisen, wie Sport die Zellen und damit den Stoffwechsel ihrer Probanden verändert hat. Hier gibt es eine Kurzzusammenfassung des Experiments und seiner Ergebnisse:

<http://www.newsletter-epigenetik.de/wie-sport-die-zellen-veraendert/>

Der Originalartikel, der 2014 in der Fachzeitschrift "**Epigenetics**" veröffentlicht wurde, ist hier einsehbar (auf Englisch):

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4622000/>

Ein ähnliches Ergebnis fand die Wissenschaftlerin Tina Rönn mit ihren KollegInnen im Jahr 2013:

<http://www.newsletter-epigenetik.de/sport-veraendert-epigenom-von-fettzellen/>

Dass Ausdauersport epigenetische Auswirkungen auf den Organismus hat, ist in den beiden vorangegangenen Studien deutlich geworden. Dass diese epigenetischen Prägungen kognitive Auswirkungen haben und auch vererbbar sein können, ergab die Studie der Wissenschaftlerin Eva Benito (et al.):

<http://www.newsletter-epigenetik.de/wird-auch-geistige-leistungsfahigkeit-epigenetisch-vererbt/>

## 7. Forschung

Die epigenetische Forschung ist eines der zentralen Themen des 21. Jahrhunderts, da sie neue Ansätze für das Verständnis genetischer Regulationen von Entwicklungs- und Erkrankungsprozessen liefert.

Die Epigenetik spielt bei Mensch, Tier und Pflanze eine bedeutende Rolle in der Steuerung der Entwicklungsprozesse, weshalb diesbezügliche Diagnostik und Therapie bereits feste Bausteine der Biomedizin sind:



## Zusatzmaterial zur Sendung 04: Epigenetik: wie Umwelt und Verhalten Gene steuern

Während bei Krebserkrankungen DNA-Methylierungs- und Chromatinveränderungen zu beobachten sind, spielen epigenetische Fehlsteuerungen bei der Entstehung immunologischer und neuronaler Erkrankungen sowie bei komplexen Entwicklungsstörungen eine große Rolle.

Einen Einblick in die Grundlagenforschung des Labors von Prof. Jenuwein am Freiburger **Max-Planck-Institut für Immunbiologie und Epigenetik** (<https://www.ie-freiburg.mpg.de/de/jenuwein>) gibt folgender Film. Fazit: Esst mehr methylgruppenreiche Kost.

<https://www.youtube.com/watch?v=0VQ62pD5eqQ>

Hierzu passend eine kompakte Übersicht über die Mechanismen, die bei der epigenetischen Steuerung aktiv sind, verfasst durch dieselbe **Max-Planck-Arbeitsgruppe** unter dem Titel "Vererbung ist mehr als die Summe der Gene":

<https://www.max-wissen.de/Fachwissen/show/5540>

Da die epigenetische Forschung für den Gesundheitssektor sehr vielversprechende Erkenntnisse ergibt, wurde das **International Human Epigenomics Consortium** (IHEC) gegründet, welches als Knotenpunkt für vorhandene Daten fungiert und aktuelle Ergebnisse zusammenführt und zugänglich macht:

<http://ihec-epigenomes.org/>, <http://ihec-epigenomes.org/why-epigenomics/video-clips/>

Auch am **Münchener Helmholtz Zentrum für Genetische Epidemiologie** wird an epigenetischen Effekten und Entwicklungen geforscht. Ein Beispiel: Lebensstil beeinflusst den Stoffwechsel über verändertes Erbgut:

[www.helmholtz-muenchen.de/ige/das-institut/aktuelles/aktuelles/article/22402/index.html](http://www.helmholtz-muenchen.de/ige/das-institut/aktuelles/aktuelles/article/22402/index.html)

Ein besonders außergewöhnliches Forschungsprojekt ist die **NASA Twin Study**. Beliebte Forschungs-"Objekte" sind eineiige Zwillinge. In diesem speziellen Fall bleibt ein Zwilling auf der Erde, der andere verbringt einige Zeit in einer Raumstation. Da dies für den Körper einen immensen Stress bedeutet, wird sich die DNA der beiden Probanden während des Weltraumaufenthaltes sehr unterschiedlich entwickeln.

<https://www.nasa.gov/twins-study/research>  
<https://www.youtube.com/watch?v=Au4llqzxljA#action=share>



## Zusatzmaterial zur Sendung 04: Epigenetik: wie Umwelt und Verhalten Gene steuern

### 8. Medizinische Anwendungen: Krebstherapie, Alzheimer, Diabetes, etc.

#### Krebs und Epigenetik

Für die Krebstherapie sind die Fortschritte in der epigenetischen Forschung äußerst wertvoll, da z.B. aufgrund epigenetischer Muster oftmals schon entschieden werden kann, ob eine bestimmte Therapie Erfolg verspricht, oder sich Voraussagen über den weiteren Verlauf der Krankheit treffen lassen.

Der Grundgedanke der Krebs-Epigenetik ist es, die „bösen“ Gene (also jene, die Krebszellen und damit Tumore wachsen lassen) auszuschalten und die „guten“ Gene (Tumorsuppressorgene, die die Zellteilung verhindern oder den „Zell-Selbstmord“ einleiten) zu aktivieren.

Vortrag von **Prof. Dr. Christoph Plass, Deutsches Krebsforschungszentrum, im Rahmen der Vortragsreihe "Krebsforschung aktuell"** am 21.2.2014:

„200 verschiedene Zellarten gibt es im menschlichen Körper. Alle entwickeln sich aus derselben befruchteten Eizelle und besitzen daher dasselbe Erbgut. Dass sie trotzdem so unterschiedlich aussehen, liegt daran, dass in ihnen unterschiedliche Programme ablaufen: Winzige Markierungen auf der Erbsubstanz bestimmen darüber, welche Gene in Proteine übersetzt werden und welche nicht. Daher kann eine Nervenzelle Botschaften weiterleiten, eine Muskelzelle zieht sich zusammen, und die Leberzelle speichert Glukose. Auch in Krebszellen sind spezifische Programme aktiv, die dafür sorgen, dass sich die Zellen ungebremst teilen und im Körper ausbreiten können.“

<https://www.youtube.com/watch?v=IV06fL9BGmc>

Epigenetik in der Krebstherapie: Azacitidin – das erste zugelassene epigenetische Medikament überhaupt.

Vaniet, E (2017). Epigenetische Krebstherapie.

(<http://www.spektrum.de/magazin/epigenetische-krebstherapie/1481645>)

Zylka-Menhorn, V (2012). Das Epigenom: Der Dompteur der Gene. Dtsch Arztebl 109 (20): A-1027 / B-884 / C-876. (<https://www.aerzteblatt.de/pdf/109/20/a1027.pdf>)

Badenschier, F (2016). Epigenetik in der Krebstherapie. (<http://www.planet-wissen.de/natur/forschung/epigenetik/pwieepigenetikinderkrebstherapie100.html>)



## Zusatzmaterial zur Sendung 04: Epigenetik: wie Umwelt und Verhalten Gene steuern

a. d. Mark, I (2017). Mit „epigenetischen“ Medikamenten gegen Krebs – statt Chemotherapie. (<http://www1.wdr.de/fernsehen/quarks/epigenetik-medikamente-100.html>)

Simmann, J (2017). Krebstherapie: Krebszellen beibringen, sich selbst zu töten. (<http://www.zeit.de/wissen/gesundheit/2017-03/krebstherapie-chemotherapie-medikamente-nebenwirkungen>)

Quarks & Co-Sendung aus der **ARD-Mediathek**:

<http://www.ardmediathek.de/tv/Quarks/Mit-epigenetischen-Medikamenten-gegen-/WDR-Fernsehen/Video?bcastId=7450356&documentId=36269054>

### **Alzheimer und Epigenetik**

Die Alzheimer-Krankheit ist eine neurodegenerative Erkrankung, die zu Symptomen von Demenz führt. Das folgende Video zeigt eindrucksvoll, wie die Alzheimer-Krankheit entsteht.

[https://www.youtube.com/watch?v=v5gdH\\_Hydes](https://www.youtube.com/watch?v=v5gdH_Hydes)

Das epigenetische Medikament Vorinostat (Histon-Deacetylase-Inhibitor) ist ein vielversprechendes Mittel zur Behandlung von Alzheimer. Wissenschaftler haben herausgefunden, dass das Medikament Lern- und Gedächtnisprobleme bei Mäusen lindert. Der nächste Schritt wäre eine Untersuchung der Wirkung von Vorinostat bei Alzheimer-Patienten. Studie zur Wirksamkeit von Vorinostat: Benito, E et al. (2015), HDAC inhibitor-dependent transcriptome and memory reinstatement in cognitive decline models. J Clin Invest. 125 (9): 3572-3584. (<https://doi.org/10.1172/JCI79942>)

### **Weiterführende Literatur:**

Meyer, A. (2017). Alzheimer. Arznei könnte Symptome rückgängig machen. ([http://www.deutschlandfunk.de/alzheimer-arznei-koennte-symptome-rueckgaengig-machen.676.de.html?dram:article\\_id=385132](http://www.deutschlandfunk.de/alzheimer-arznei-koennte-symptome-rueckgaengig-machen.676.de.html?dram:article_id=385132))

<http://www.newsletter-epigenetik.de/alzheimer-epigenetik/>



## Zusatzmaterial zur Sendung 04: Epigenetik: wie Umwelt und Verhalten Gene steuern

Fischer, A et al. (2015). Epigenetik – neue Erkenntnisse zum Verständnis neurodegenerativer Erkrankungen. Akt Neurol 42: 393-401. (<https://www.thieme-connect.de/products/ejournals/pdf/10.1055/s-0035-1552630.pdf>)

### Diabetes mellitus und Epigenetik

Diabetes mellitus, umgangssprachlich auch Zuckerkrankheit genannt, ist eine chronische Stoffwechselerkrankung, die zu einem erhöhten Blutzuckerspiegel führt. Die beiden wichtigsten Formen sind der Typ-1- und der Typ-2-Diabetes. Wie Diabetes entsteht und wie die Hormone Insulin und Glukagon den Blutzuckerspiegel beeinflussen, sehen Sie im folgenden Video:

<https://www.youtube.com/watch?v=QRLZwXL6w1c>

Der niederländische Hungerwinter aus dem Jahre 1944/1945 ist ein gut dokumentiertes Beispiel für epigenetische Mechanismen und deren physiologische Auswirkungen. Als Reaktion auf einen Streik der Eisenbahner, die die Alliierten unterstützen wollten, verhängten die deutschen Besatzer ein Lebensmittelembargo. Die tägliche Energiezufuhr betrug ca. 400-800 Kalorien pro Kopf. Das hatte gravierende Folgen für die ausgetragenen Kinder. Sie zeigten aufgrund der Unterversorgung der Mutter ein erhöhtes Risiko für Fettleibigkeit, Herzkreislauferkrankungen und Typ-2-Diabetes. Die veränderte Versorgung des Fötus im Mutterleib kann daher ein erhöhtes Risiko für Krankheiten nach sich ziehen. Forscher haben im Tiermodell nachgewiesen, dass eine Unterversorgung mit Nährstoffen sowie eine fett- und kalorienreiche Diät während der Schwangerschaft zu einem erhöhten Krankheitsrisiko (der Nachkommenschaft) führt. Aber nicht nur die mütterliche Ernährung beeinflusst die Physiologie des heranwachsenden Embryos. Auch die Ernährung des Vaters spielt eine maßgebliche Rolle für mögliche Stoffwechselerkrankungen der Nachkommenschaft.

### Weiterführende Literatur:

Pharmazeutische Zeitung (2010). Diabetes durch epigenetische Prägung. (<https://www.pharmazeutische-zeitung.de/index.php?id=35743>)



## Zusatzmaterial zur Sendung 04: Epigenetik: wie Umwelt und Verhalten Gene steuern

Ng, SF et al. (2010). Chronic high-fat diet in fathers programs  $\beta$ -cell dysfunction in female rat offspring. Nature 467: 963–966. (<https://www.nature.com/articles/nature09491>).

Sandovici, I et al. (2011). Maternal diet and aging alter the epigenetic control of a promoter-enhancer interaction at the Hnf4a gene in rat pancreatic islets. Proc Natl Acad Sci U S A 108 (13): 5449–5454. (<http://www.pnas.org/content/108/13/5449.full.pdf>)

Grallert, H et al. (2012). Genetik und Epigenetik des Typ-2-Diabetes. Die verschiedenen Ebenen der Genregulation. Diabetes aktuell 10 (3): 123-128. (<http://docplayer.org/6799339-Genetik-und-epigenetik-des-typ-2-diabetes.html>)

Spiegel Online (2014). Folgen der Pfunde. Übergewicht schaltet Gen ab. (<http://www.spiegel.de/wissenschaft/medizin/epigenetischer-mechanismus-koennte-diabetes-beguenstigen-a-958164.html>)

Dick, KJ et al. (2014). DNA methylation and body-mass index: a genome-wide analysis. Lancet 383: 1990-1998. ([http://www.thelancet.com/pdfs/journals/lancet/PIIS0140-6736\(13\)62674-4.pdf](http://www.thelancet.com/pdfs/journals/lancet/PIIS0140-6736(13)62674-4.pdf))

Süddeutsche Zeitung (2016). Studie: Fettleibigkeit und Diabetes epigenetisch vererbbar. (<http://www.sueddeutsche.de/news/wissen/wissenschaft-studie-fettleibigkeit-und-diabetes-epigenetisch-vererbbar-dpa.urn-newsml-dpa-com-20090101-160314-99-207318>)

Huypens, P et al. (2016). Epigenetic germline inheritance of diet-induced obesity and insulin resistance. Nature Genetics 48 (5): 497-499. (<https://www.nature.com/ng/journal/v48/n5/full/ng.3527.html>)

Diabetesinformationsdienst (2017). Genforschung zu Diabetes. (<https://www.diabetesinformationsdienst-muenchen.de/forschung/genforschung/index.html>)

### **Aktueller Forschungsstand zur epigenetischen Diabetestherapie:**

García-Calzón, S et al. (2017). Diabetes medication associates with DNA methylation of metformin transporter genes in the human liver. Clinical Epigenetics 9:102. ([https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5609005/pdf/13148\\_2017\\_Article\\_400.pdf](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5609005/pdf/13148_2017_Article_400.pdf))



## Zusatzmaterial zur Sendung 04: Epigenetik: wie Umwelt und Verhalten Gene steuern

Sommese, L et al. (2017). Clinical relevance of epigenetics in the onset and management of type 2 diabetes mellitus. *Epigenetics* 12 (6): 401-415.  
(<http://dx.doi.org/10.1080/15592294.2016.1278097>)

Zullo, A et al. (2017). Epigenetics and type 1 diabetes: mechanisms and translational applications. *Translational Research* 185: 85-93.  
(<https://doi.org/10.1016/j.trsl.2017.05.002>)