

ISABELLE M. MANSUY

JEAN-MICHEL GURRET

ALIX LEFIEF-DELCOURT

WIR
KÖNNEN
UNSERE

GENE

STEUERN!

Die Chancen der Epigenetik für
ein gesundes und glückliches Leben

ISABELLE M. MANSUY

JEAN-MICHEL GURRET

ALIX LEFIEF-DELCOURT

WIR
KÖNNEN
UNSERE
GENE
STEUERN!

Die Chancen der Epigenetik für
ein gesundes und glückliches Leben



Mehr über unsere Autorinnen, Autoren und Bücher:

www.berlinverlag.de

Übersetzung aus dem Französischen von Martin Zwilling

© Berlin Verlag in der Piper Verlag GmbH, Berlin /
München 2020

Die Originalausgabe erschien 2019 unter dem Titel
*Reprenez le contrôle de vos gènes. Améliorez votre vie et
celle de vos descendants avec l'épigénétique* in Paris (©
Larousse 2019). Für die deutsche Ausgabe wurde der Text
umfänglich überarbeitet und um zahlreiche Passagen
sowie ein Vorwort ergänzt.

Covergestaltung: zero-media.net, München

Covermotiv: FinePic®, München

Sämtliche Inhalte dieses E-Books sind urheberrechtlich
geschützt. Der Käufer erwirbt lediglich eine Lizenz für

den persönlichen Gebrauch auf eigenen Endgeräten. Urheberrechtsverstöße schaden den Autoren und ihren Werken. Die Weiterverbreitung, Vervielfältigung oder öffentliche Wiedergabe ist ausdrücklich untersagt und kann zivil- und/oder strafrechtliche Folgen haben. In diesem E-Book befinden sich Verlinkungen zu Webseiten Dritter. Bitte haben Sie Verständnis dafür, dass sich der Berlin Verlag die Inhalte Dritter nicht zu eigen macht, für die Inhalte nicht verantwortlich ist und keine Haftung übernimmt.

Inhalt

Inhaltsübersicht

Cover & Impressum

Zitat

Vorwort

Einleitung: Wir sind mehr als unsere Gene!

Erster Teil

Das Genom ist kein unabwendbares Schicksal

Die Epigenetik: Ein Genom, vielfältige Möglichkeiten

Über die Ursprünge der Epigenetik

Genetik und Epigenetik

Der Einfluss der Umwelt

Ein epigenetisches Gepäckstück als Erbe

»Programmiert« durch die Ernährung unserer Eltern und unserer Großeltern

Der Fall Överkalix – ein kleines, abgelegenes Dorf in Nordschweden

Das Beispiel des Agouti-Gens bei der Maus

Pestizide: Unsere Kinder und Enkel tragen die
Konsequenzen

Auch die Auswirkungen von Stress und Traumata
übertragen sich!

Zweiter Teil

Die epigenetische Übertragung

Wie die Gene gesteuert werden

Von der DNA zum Protein: die Etappen der Genexpression

Erster Schritt: die Transkription

Zweiter Schritt: die Translation

Genexpression oder stummes Gen?

Drei Grundtypen der epigenetischen Mechanismen

Die DNA-Methylierung

Die Histonmodifikation

Die nicht codierenden RNAs

Warum Schokolade nicht die Ursache für den Nobelpreis
ist

Was sind die Auswirkungen von Veränderungen der
Methylierung?

Was sind die Auswirkungen von Veränderungen der
nicht codierenden RNAs?

Wie übertragen sich die epigenetischen Marker?

Die epigenetische Vererbung bei den Pflanzen

Die zentrale Rolle der Keimzellen

Die Reprogrammierung des epigenetischen Gepäcks

Resilienz und Sensibilität bei Stress

Die Schlüsselrolle der mütterlichen Fürsorge

Die Folgen von Kindheitstraumata

Können Traumata positive Effekte haben?

Lässt sich das Epigenom positiv beeinflussen?

Dritter Teil

Auf dem Weg zu einer neuen, gesunden Lebensweise

Wie wir unser Epigenom durch unsere Ernährungsweise verbessern können

Die Optimierung unseres Methylkapitals durch unsere Ernährung

Die Schlüsselrolle der sekundären Pflanzenstoffe

Die »epigenetische Diät« in der Praxis

Die positiven Effekte der kalorienreduzierten Ernährung

Was wir außerdem für ein gesundes Epigenom tun können

Körperliche Aktivität: konkrete Auswirkungen auf das Epigenom

Wie Freundschaften und familiäre Beziehungen unser Genom beeinflussen

Meditation und Musik modulieren die Gene des Gehirns

Befreiung von Traumata

Der Nutzen von Psychotherapien

Die EFT-Methode zur Behandlung einer posttraumatischen Belastungsstörung

Ein transgenerationaler Ansatz ist nötig

So früh wie möglich handeln

Der Anfang eines großen Abenteuers

Neue Therapiechancen durch Epigenetik?

Die Evolution in neuer Sicht

Anhang

Die große Geschichte vom unendlich Kleinen: Von der Genetik zur Epigenetik

Die Mendel'schen Regeln

Die Entdeckung der Chromosomen

Die DNA-Revolution und die Geburt der Molekularbiologie

Die Genomsequenzierung: Auf dem Weg in eine Welt der Totalverwertung des menschlichen Organismus?

Warum die Genetik nicht alles erklärt

WAHR oder FALSCH?

Glossar

Dank

Über die Autoren

Anmerkungen

Buchnavigation

1. Inhaltsübersicht
2. Cover
3. Textanfang
4. Impressum

»Lange Zeit hat man geglaubt, dass wir Genautomaten seien, dass die Gene unser Leben kontrollierten, dass wir ihre Opfer seien ... Die Epigenetik ist die Wissenschaft, die zeigt, dass die Gene sich nicht selbst kontrollieren, sondern durch die Umwelt gesteuert werden.«

*Bruce Lipton, Zellbiologe,
Autor von Intelligente Zellen*

Vorwort

Vom Beginn seines Lebens an wird der Mensch von seiner Umwelt geprägt. Sein Körper wie sein Geist werden durch seine Interaktionen mit der Natur, seinem Lebensumfeld und seinen Mitmenschen verändert und geformt. Die Erfahrungen, die ein Mensch während seines Lebens macht, sind für ihn unentbehrlich und ein wertvolles Rüstzeug, das ihm zu einer Identität und zu Wissen verhilft und es ihm ermöglicht, sich anzupassen und sich zu entwickeln. Doch nicht alle Erfahrungen, die wir im Leben machen, sind positiv und eine Bereicherung. Nicht alle sind geeignet, an ihnen festzuhalten. Eine ausreichende Ernährung ist zum Beispiel gut für den Körper, ein unnötiges Übermaß kann hingegen auf lange Sicht schädlich wirken. Tiefe emotionale und soziale Bindungen sind für die psychische Gesundheit und das Wohlbefinden unentbehrlich, doch sie können zu Stress, Abhängigkeiten und sogar Traumatisierungen führen, wenn sie unausgeglichen sind und missbraucht werden.

Ob positiv oder negativ, unsere prägenden Lebenserfahrungen können sich in unserem Körper und unserem Geist festsetzen. Aber darüber hinaus können sie sich auf unsere Kinder und sogar unsere Enkel auswirken. Nicht

allein durch Worte, durch Lernen oder durch kulturelle Übertragung, sondern durch Biologie: durch das biologische Erbe, das wir in unseren Keimzellen übertragen. Der Gedanke erscheint merkwürdig, übertrieben, absurd. Er steht im Gegensatz zur klassischen Vorstellung, dass allein das Angeborene, die Familieneigenschaften, übertragen werden können. Dass wir Großvaters blaue Augen oder sein gutes Erinnerungsvermögen erben, erscheint natürlich, weniger aber, dass wir seine Labilität erben, die seiner unglücklichen Kindheit geschuldet ist.

Nichtsdestotrotz wissen wir seit Langem, dass auch erworbene Eigenschaften vererbt werden, beim Menschen, aber auch bei den Tieren und Pflanzen. De Lamarck, Darwin und andere Gelehrte hatten es beschrieben, und vor ihnen die Bibel. Ein Rätsel blieb jedoch, auf welche Weise dies möglich ist, wie sich Lebenserfahrungen in unsere Zellen einprägen und schließlich weitergegeben werden können. Die Biologie der erworbenen Eigenschaften zu begreifen ist damit eine absolute Notwendigkeit, um zu verstehen, wer wir sind.

Doch im Gegensatz zu den Mechanismen der Übertragung angeborener Eigenschaften, die relativ gut verstanden sind und in den Bereich der Genetik fallen, wissen wir weniger darüber, wie erworbene Eigenschaften weitergegeben werden. Mein Züricher Forschungsteam interessiert sich seit zwanzig Jahren für diese Frage und erforscht sie aus einem epigenetischen Blickwinkel. In anderen Worten: Mein Team untersucht die

biologischen Mechanismen, die es den Zellen und dem Organismus ermöglichen, ihre Merkmale auf dauerhafte Weise den Umweltbedingungen entsprechend zu verändern, indem sie die erworbenen Eigenschaften modifizieren, ohne die angeborenen zu verändern. Dieser Ansatz stellt die klassische Sichtweise der Genetik infrage, der zufolge wir allein durch unsere Gene bestimmt werden. In Wirklichkeit beinhaltet der biologische Personalausweis eines Lebewesens nicht nur das Genom, sondern umfasst auch das Epigenom, das genauso unentbehrlich ist. Nach der Entdeckung der Gene Anfang des 20. Jahrhunderts und der DNA in den 1950er-Jahren wurde das Epigenom lange vernachlässigt. Doch die rein genetische Betrachtungsweise dieser Jahrzehnte wurde erschüttert, als die Sequenzierung des menschlichen Genoms Anfang der 2000er-Jahre zu der unerwarteten Feststellung führte, dass der DNA-Code nicht alles ist. Dieser Code bildet nur den »rohen« Teil der Information, wie die Buchstaben eines Buches ohne Leser, und bedarf des Epigenoms, um gelesen, interpretiert und verstanden zu werden.

Seitdem haben sich Forscher an die Arbeit gemacht, den epigenetischen Code zu entschlüsseln. Ganz wie im Falle des Genoms entwickelten zahlreiche amerikanische und europäische Forschungslabore Analysemethoden, mussten aber eine zusätzliche Hürde nehmen: Das Epigenom ist weitaus komplexer als das Genom. Während die DNA eine einfache Aneinanderreihung von vier Basenpaaren ist, die eine

Doppelhelix bilden, besteht das Epigenom aus einer Vielzahl von Faktoren und Markern auf der DNA und um die DNA herum, die sich zu einem komplexen Code zusammenfügen. Dieser unterscheidet sich je nach Zelle entsprechend ihrem physiologischen Zustand, ihrer Aktivität und ihres Alters. Kurz, es handelt sich um ein ungeheures unbekanntes Universum.

Die Erforschung des Epigenoms begann mit der Geburt des Gebiets der Epigenetik in den 1940er-Jahren, das seinen wirklichen Aufschwung aber erst in den 2000er-Jahren erlebte. Die Epigenetik hat seither enorme neue Erkenntnisse geschaffen und zahlreiche andere Gebiete der Lebenswissenschaften beeinflusst und verändert, wie die Zell- und die Molekularbiologie, die Biochemie, aber auch die Bioinformatik. Ihre Anwendungen sind zahllos und haben bereits zu beträchtlichen Fortschritten für das Verständnis der Biologie geführt. Vor allem ermöglichen sie es, dass wir bestimmte Krankheiten besser zu verstehen beginnen und therapeutische Ansätze verbessern können, zum Beispiel in der Krebsmedizin, der Immunologie, der Kardiologie und jüngst auch in der Psychiatrie. Die Epigenetik hat auch große Auswirkungen auf die Psychologie, die Soziologie, die Umweltwissenschaften und die Ethik, denn sie verändert unsere Denkweise in Bezug auf unseren Lebensstil, das Gewicht der Vergangenheit und unseren prägenden Einfluss auf unsere Nachkommen.

Um zu verstehen, wie das Epigenom durch unsere Lebenserfahrungen modifiziert wird und wie es unseren Körper und unser Gehirn sowie Körper und Gehirn zukünftiger Generationen beeinflusst, stützen wir uns auf einen empirischen Ansatz, der auf Experimenten mit Labormäusen beruht. Wir arbeiten mit ihnen, weil sie sich besonders gut als Modellorganismen eignen, um unter kontrollierten und quantifizierbaren Bedingungen zu arbeiten und zu Resultaten zu gelangen, die so weit wie überhaupt möglich auf den Menschen übertragbar sind. Wir setzen sie Bedingungen aus, die menschliche Lebenssituationen reproduzieren, wie zum Beispiel Traumatisierungen in der Kindheit, um die Konsequenzen für das Verhalten sowie das Funktionieren der Organe und der Zellen bei ihren Nachkommen zu bestimmen. Unsere Versuchstiere ermöglichen uns beträchtliche Fortschritte, die ohne sie undenkbar wären. Wir respektieren unsere Tiere, mögen sie gern und arbeiten mit ihnen unter äußerst sorgsamer Beachtung ethischer Regeln.

Die Epigenetik ist eine Wissenschaft der Zukunft, die unser Verständnis der Lebewesen, ihrer Entwicklung, ihres Funktionierens, ihrer Alterung und ihrer Krankheiten revolutionieren wird. Sie muss dringend zu einem integralen Bestandteil des Bildes werden, das wir uns vom Menschen und seinen Interaktionen mit seinem Umfeld und der Umwelt machen. Es bedarf eines radikalen Wandels in der medizinischen und sozialen Bildung, um vom genetischen

Determinismus wegzukommen und endlich den äußeren Faktoren und ihren Konsequenzen auf den Organismus heute, morgen und in der Zukunft Rechnung zu tragen. Junkfood, Traumatisierungen, endokrine Disruptoren, also hormonaktive Substanzen, wie sie unter anderem in Pestiziden vorkommen – all dies sind Faktoren, die Spuren in unserem biologischen Erbe hinterlassen, die manchmal unauslöschlich sind. Können wir ihnen vorbeugen? Ihre schädlichen Auswirkungen korrigieren? Sind wir unabänderlich durch die Erlebnisse unserer Vorfahren bestimmt? Lässt sich das Epigenom manipulieren? So viele Fragen, die beunruhigen können und einer dringenden Antwort bedürfen.

Der derzeitige Wissensstand gibt bereits einige Hinweise: Das Epigenom ist dynamisch und reversibel, es kann also durch die Lebensweise, die Ernährung, körperliche Betätigung und Ansätze wie die Psychotherapie modifiziert werden. Wir wissen hingegen noch nicht, in welchem Umfang und in welcher Geschwindigkeit das möglich ist und welche Resultate sich im Einzelnen bei der Behandlung von Erkrankungen erzielen lassen. Groß angelegte Kohortenstudien – zum Beispiel mit Nachkommen der Opfer von Hungersnöten, familiärer Traumatisierungen oder Kriegen – sind unentbehrlich, aus praktischen, geografischen, moralischen und finanziellen Gründen jedoch schwer umzusetzen. Solche Studien zum Menschen müssen zudem durch parallele Analysen mit Labortieren begleitet werden, um die beteiligten Mechanismen

zu untersuchen, was ebenfalls einen immensen Aufwand und enorme Mittel erfordert.

Doch gibt dies große Hoffnung, dass es in naher Zukunft möglich sein wird, den Zustand des Epigenoms bestimmen zu können, dessen Dysfunktionen zu identifizieren und in Verbindung zu Krankheiten zu bringen, denen sich dann vielleicht vorbeugen ließe oder die geheilt werden könnten. Ohne Zweifel eröffnet dies neue Gedanken- und Betätigungsfelder für die Medizin und die Sozialwissenschaften und erfordert wegweisende politische Entscheidungen, um unsere Verantwortung gegenüber zukünftigen Generationen voll und ganz wahrzunehmen.

Isabelle M. Mansuy, im Februar 2020

Einleitung: Wir sind mehr als unsere Gene!

Jeder von uns besitzt individuelle Eigenschaften, die er oder sie aufgrund der einerseits von der Mutter, andererseits vom Vater geerbten Gene hat und die bestimmen, wer wir sind. Zwischen Eltern und Kindern gibt es deswegen manchmal frappierende Ähnlichkeiten: Eine Mutter und ihr Kind können die gleichen Augen haben, die gleiche Nase, das gleiche Lächeln, ja sogar die gleiche Gestalt und Größe. Was aber macht ein Individuum aus? Was bestimmt, ob es blaue Augen oder braune Haare haben wird? Was entscheidet, ob es eher groß oder klein, schlank oder beleibt sein wird? Ob stressanfällig oder völlig entspannt? Ob krankheitsempfindlich oder von unverwüchtlicher Gesundheit? Sein Genom natürlich, sein genetischer Personalausweis sozusagen.

Dies ist aber noch nicht die ganze Wahrheit. Der genetische Code allein erklärt weder unsere körperlichen Eigenschaften noch unsere Charakterzüge. Warum? Weil wir in Wirklichkeit viel mehr sind als nur unser genetischer Code. Wir sind auch unser »epigenetischer« Code.

Anders als man lange Zeit glaubte, sind es nicht allein die Gene, die unsere Eigenschaften bestimmen: Auch die epigenetischen Faktoren fallen ins Gewicht. Tatsächlich ist jeder von uns stark von dem beeinflusst, was uns umgibt, unserer »Umwelt«, also den Erfahrungen, die wir machen, der Nahrung, die wir aufnehmen, der Luft, die wir atmen, den Gefühlen, die wir empfinden. Die Gesamtheit dieser Umweltfaktoren – das »Exposom«, wie man sagt – hat eine wesentliche Auswirkung auf unser Verhalten, unsere Körperfunktionen, unsere Krankheitsanfälligkeit, ja sogar darauf, wie lange wir leben. Wir sind zwar unsere Gene, aber wir sind auch das Ergebnis der Einflüsse unserer Umwelt. Und hier kommen die epigenetischen Faktoren ins Spiel, die unser Genom modellieren.

Dies ist der Grund, warum eineiige Zwillinge – die aus ein und derselben Eizelle hervorgegangen sind und deshalb genau die gleichen Gene, das gleiche Genom haben – sich körperlich, charakterlich und in ihrem Gefühlsleben unterscheiden können; sodass zum Beispiel der eine Zwilling von normaler Statur, der andere übergewichtig sein kann; der eine von völlig ausgeglichenem Charakter, während der andere eine Depression oder Schizophrenie entwickelt; der eine ein begnadeter Redner sein mag, während sein Zwilling vor Publikum kein Wort herausbringt ... Was erklärt den Unterschied zwischen diesen zwei Personen, die doch genetisch

betrachtet alles mit sich bringen, um einander völlig zu gleichen?

Es ist die Umwelt, in der sie aufwachsen und in die sie eintauchen. Sie sind verschieden, weil es – selbst wenn sie einander sehr nah sind – schwer möglich ist, dass jeder Zwilling exakt die gleichen Dinge im selben Moment tut, die gleichen Beziehungen zu anderen aufbaut, dieselben Erfahrungen macht und die gleichen Gefühle empfindet. Ebendies sind die Faktoren, die ihre Verschiedenheit in physiologischer Hinsicht, in ihrem Verhalten und auch in ihren sozialen Beziehungen erklären.

Doch der Einfluss der Umwelt hört hier nicht auf. Er lässt sich weiter zurückverfolgen, was uns zu der Erkenntnis führt, dass wir auch das Ergebnis der Umwelt unserer Vorfahren sind. Die Umweltfaktoren können nicht nur Einfluss auf unseren eigenen Organismus haben, sondern mit einiger Wahrscheinlichkeit auch auf die Organismen unserer Nachkommen. Dieser Einfluss wirkt sich nicht direkt auf das Genom selbst aus, sondern über den Umweg der epigenetischen Faktoren, die – ganz wie unsere Gene – auf unsere Kinder übertragen werden. Im Klartext: Was Ihr Vater oder sogar Ihr Großvater gegessen hat, kann eine Auswirkung auf Ihren heutigen Gesundheitszustand haben. Ganz wie die Giftstoffe, denen Ihre Mutter ausgesetzt war, oder auch die Traumata, die Ihre Großeltern durchlebten.

Soll das heißen, wir können daran nichts ändern? Nein, ganz im Gegenteil! Wenn wir nicht komplett durch unsere Gene bestimmt sind, heißt das, dass es einen Teil von uns gibt, der sich modifizieren und korrigieren lässt. Im Gegensatz zum Gencode, der unveränderlich und nicht manipulierbar ist, ist das Epigenom in der Tat dynamisch, wandelbar und korrigierbar. Wenn wir uns darüber im Klaren sind, können wir unser Verhalten und unsere Umwelt bewusst so gestalten, dass von ihnen positive Wirkungen auf das Epigenom ausgehen. Wir müssen nur die Entscheidung dazu treffen.

Das Genom ist kein unabwendbares Schicksal, und das ist eine wunderbare Nachricht. Die Epigenetik stößt diese bislang gut etablierte Überzeugung um, eröffnet faszinierende Möglichkeiten und gibt neuen Hoffnungen Nahrung. Noch aufregender ist die Aussicht, dass sie Antworten auf zahlreiche Rätsel geben könnte, welche die klassische Genetik aus dem Konzept bringen: Warum wird ein eineiiger Zwilling gewalttätig oder bekommt Diabetes, der andere aber nicht? Wieso sind bestimmte Krankheiten wie etwa Depression von dem Milieu abhängig, in dem wir leben? Warum leiden die Kinder von Eltern, die misshandelt wurden oder durch Krieg oder Naturkatastrophen traumatisiert wurden, häufiger unter psychischen Problemen als andere?

Die Epigenetik ermöglicht ein besseres Verständnis davon, welche konkreten Auswirkungen unsere Umwelt und unser individuelles wie kollektives Verhalten auf unsere Gesundheit

haben; eine genauere Bestimmung der Ursachen von so unterschiedlichen Erkrankungen wie psychischen Problemen und Krebs. Insbesondere wird die Epigenetik zur Entwicklung einer Präventivmedizin führen sowie besser abgestimmter und wirksamerer Therapien, die uns schon in naher Zukunft zur Verfügung stehen werden.

Erster Teil

Das Genom ist kein unabwendbares Schicksal

Eine sehr lange Zeit waren die Wissenschaftler der festen Überzeugung, dass allein die DNA unser biologisches Schicksal entscheide, dass wir einfach das Ergebnis eines starren, unverändert von einer Generation zur nächsten weitergegebenen genetischen Codes seien, der kaum von äußeren Gegebenheiten oder Lebensereignissen beeinflusst werde. Diese Sichtweise entspricht einem genetischen Determinismus, dem zufolge alles in unseren Genen steckt. Aber die Fortschritte der Forschung der vergangenen Jahrzehnte zeigen eindeutig, dass das genetische Material weitaus komplexer ist als der bloße Gencode und es deutlich mehr Informationen umfasst als jene, die in den Genen festgeschrieben sind. Dies beschreibt den Unterschied, der zwischen der Genetik (dem genetischen Code) und der Epigenetik besteht (dem, was es darüber hinaus gibt, *epi* bedeutet »darüber«, »darauf«). Diese Einsicht erweiterte das Gebiet der Biologie und lieferte einen neuen konzeptionellen Rahmen, der das zentrale Dogma der Genetik infrage stellte, das mehr als ein Jahrhundert vorgeherrscht hatte.

Wie lässt sich etwa erklären, dass alle Zellen dieselbe genetische Information tragen, denselben Code, es aber Hunderte unterschiedlicher Zelltypen gibt, mit jeweils eigenen Merkmalen und eigenen Funktionen? Eine Hautzelle, eine Darmzelle oder eine Nervenzelle enthalten alle dieselbe DNA. Wie gelingt es ihnen also, sich zu differenzieren und aus sich heraus jene Proteine zu bilden, die für ihre jeweilige Funktion erforderlich sind?

Die britische Genetikerin Denise Barlow (1950–2017) fasste dies in die Worte: »Die Epigenetik ist die Gesamtheit der bizarren und wundersamen Dinge, welche die Genetik nicht zu erklären vermag.« Alice Bomboy und Edith Heard schrieben: »Intuitiv erscheint es offensichtlich, dass es einen Datensatz gibt, der zu der von den Genen gelieferten Information hinzutritt: Er erlaubt die Diversifikation der genetischen Möglichkeiten innerhalb der unterschiedlichen Zelltypen und wird auf stabile Weise über die Zellgenerationen hinweg übertragen, um Organe und funktionelles Gewebe während ihrer Entwicklung zu steuern.« [1] Dieser hinzutretende Datensatz ist die Epigenetik. Die Organismen sind nicht allein durch ihre DNA codiert, sie sind auch dadurch geprägt, auf welche Weise die DNA zum Einsatz kommt, wie sie gelesen und exprimiert wird. Die Regulation der Genexpression ist der Schlüsselmechanismus, der uns verstehen lässt, was Epigenetik ist. Und das Verständnis der Epigenetik ist ein unabdingbarer Schritt, um Antworten auf die wesentlichen Fragen zu unserer