

8. Was sollen? Was dürfen?

Ethische und rechtliche Reflexionen auf die Epigenetik

8.1 Einleitung

Die Epigenetik ist ein Zweig der Molekulargenetik, sie vereint Forschende aus den Lebenswissenschaften, der organischen Chemie, der Informatik und den Ingenieurwissenschaften bei der Beantwortung der Frage, wie Umwelteinflüsse die Genexpression langfristig und bis in folgende Generationen beeinflussen können. Die Epigenetik hat nicht nur den Verständnishorizont in Bezug auf die Regulationsmechanismen, die das Erscheinungsbild von Lebewesen beeinflussen, enorm erweitert, sondern auch die Entwicklung eines neuen, umfänglicheren Bildes der Vererbung und schließlich der Evolutionstheorie ermöglicht.

Die epigenetischen Wissensbestände haben neben ihrer Bedeutung für die Grundlagenforschung ein enormes Potenzial für Innovationen. Beispielsweise hofft die Medizin im Kampf gegen die sogenannten großen Volkskrankheiten der westlichen Welt (darunter Krebs, Alzheimer und Diabetes) mithilfe der Epigenetik Fortschritte erzielen zu können (Heil et al., 2015). Relevant ist die Epigenetik auch in Bezug auf unser alltägliches Verhalten (z. B. Ernährungsgewohnheiten, Genussmittelkonsum, sportliche Aktivitäten), Umwelteinflüsse, denen wir ausgesetzt sind (z. B. Chemikalien), und nicht zuletzt unsere sozialen Erfahrungen (z. B. elterliche Zuwendung, traumatische Erfahrungen, Stress).

Zwar sind mit der Epigenetik keine völlig neuen ethischen und rechtlichen Fragestellungen verbunden, bestehende Fragestellungen – insbesondere solche nach intergenerationaler Gerechtigkeit – gewinnen jedoch weiter an Relevanz (Heil et al., 2015). Auch unabhängig von möglichen direkten ethischen und rechtlichen Auswirkungen hat der „epigenetic turn“ (Nicolosi/Ruivenkamp, 2012) gesellschaftliche Auswirkungen, da mit der Epigenetik – nicht nur in den Medien – die Überwindung des „genetischen Fundamentalismus“ (Le Breton, 2004) beziehungsweise des Gendeterminismus verbunden wird (Schuol, 2015). Der „epigenetic turn“ bezeichnet somit einen epistemischen Pers-

pektivwechsel mit Blick auf bestimmte Phänomene innerhalb der Lebenswissenschaften. Zudem schreibt die Epigenetik eine seit den 30er Jahren des letzten Jahrhunderts bestehende Entwicklung fort, die sogenannte Molekularisierung des Lebens, womit die weitgehende Preisgabe eines irgendwie einheitlichen oder holistischen Verständnisses von Leben und die Konzentration auf stets kleinere Beschreibungsebenen – bis zur molekularen Ebene – einhergehen.

Direkte Auswirkungen zeitigt die Epigenetik im Rahmen der Diskussionen um Umweltgerechtigkeit, Generationengerechtigkeit, Schutz der Privatsphäre und den gerechten Zugang zur Gesundheitsversorgung (Rothstein, 2013). In Bezug auf Recht und Regulierung sind unter anderem Auswirkungen auf die Umweltgesetzgebung zu erwarten und es stellt sich die Frage, ob der mögliche Missbrauch epigenetischen Wissens verhindert werden muss. Die Frage, wann und wie der Staat seiner Fürsorgepflicht nachkommen muss, gewinnt ebenfalls an Brisanz (Fündling, 2015; Robiński, 2015). Wir werden im Folgenden solche Aspekte konkretisieren, die in unseren Augen eine besondere soziale, rechtliche und philosophische Aufmerksamkeit auf sich ziehen und in der gegebenen Kürze sinnvoll zur Darstellung gebracht werden können. Es soll ein Querschnitt dessen abgebildet werden, was gegenwärtig in den Geistes- und Sozialwissenschaften sowie der Rechtswissenschaft zur Epigenetik diskutiert wird.

Die Grenzen dieser Disziplinen sind dabei allerdings nicht immer randscharf, was insbesondere den interdisziplinären Charakter der Forschung rund um die Epigenetik unterstreicht. Im Folgenden wird daher eine strikte Unterscheidung in ethische, rechtliche und soziale Aspekte gar nicht erst angestrebt, die jeweiligen Unterteilungen sind nur Schwerpunkte, zugleich aber stets Schnittmenge aller drei Komplexe. Die hier gewählte Reihenfolge spiegelt keine Hierarchie und auch nicht immer eine kausale Bezugnahme wider.

8.2 Ethische Grundlagen

Um zunächst sinnvoll von möglichen ethischen und moralischen Folgen der Epigenetik sprechen zu können, muss geklärt werden, was unter Ethik und Moral im Folgenden zu verstehen ist. Swierstra und Rip charakterisieren den Unterschied treffend wie folgt: „Ethics is ‚hot‘ morality; morality is ‚cold‘ ethics“ (Swierstra/Rip, 2007). Die Moral umfasst alle nicht strittigen Wertorientierungen einer Gruppe; die Ethik reflektiert auf diese Wertorientierung, überprüft sie anhand übergeordneter Prinzipien und wird besonders dann relevant, wenn es zu Entwicklungen kommt, welche die bestehenden Wertorientierungen heraus- oder überfordern. Ethische Bewertungen können – wie auch rechtliche – konträr zu bestehenden moralischen Wertorientierungen von Gesell-

schaftsgruppen stehen. Die ethische Bewertung homosexueller Partnerschaften oder von Inzest sind Beispiele hierfür.

Es ist relativ einfach, sich darauf zu einigen, dass eine neue Technologie nicht gesundheitsgefährdend und sicher sein soll. Kompliziert wird es indes, wenn Technologien das bestehende Menschenbild infrage stellen, wie es zum Beispiel beim Enhancement oder der Embryonenforschung der Fall ist. Die Ethik tritt also dann auf den Plan, wenn ein Thema „heiß“ wird, es keinen gesellschaftlichen Konsens gibt oder es gute Gründe dafür gibt, einen bestehenden gesellschaftlichen Konsens aufzubrechen.

Zu den wichtigen ethischen Herausforderungen, die von der Epigenetik verstärkt werden, gehört der teils fragwürdige Umgang mit dem epigenetischen Wissen selbst. Bedingt unter anderem durch den zunehmenden Druck, dem die Lebenswissenschaften ausgesetzt sind, möglichst direkt verwertbares Wissen zu produzieren, kommt es immer häufiger zu einer fragwürdigen Allianz zwischen Forschenden, Presseabteilungen und Medien (Juengst et al., 2014). Erkenntnisse, die in vitro oder im Tierversuch gewonnen wurden, werden spekulativ auf den Menschen übertragen oder für die Formulierung konkreter Handlungsanweisungen herangezogen.¹ Im Falle der Epigenetik scheinen die meisten dieser Handlungsempfehlungen auf den ersten Blick relativ unproblematisch zu sein, da sie oft nur zu bestätigen scheinen, was bereits bekannt ist. Dass mangelnde Aufmerksamkeit oder gar Misshandlungen Kindern in der Entwicklung schaden, Föten in bestimmten Entwicklungsphasen besonders anfällig für Umwelteinflüsse sind, Übergewicht vermieden werden sollte, Sport gesund und Rauchen ungesund ist, sich der sozio-ökonomische Status auf Gesundheit und Lebenserwartung auswirkt, ist ja etwas, was den meisten werdenden Eltern auch ohne explizite Fachliteratur verständlich sein dürfte. Mit der Epigenetik ist jedoch zum einen die Hoffnung verbunden, zumindest teilweise diese anhand von Korrelationsstudien erkannten Beziehungen in Kausalbeziehungen umzuwandeln oder doch zumindest die Korrelation zu stützen (Loi et al., 2013), und zum anderen, direkten therapeutischen Einfluss nehmen zu können (Drake/Liu, 2010).

8.3 „Vererbung“

Epigenetische Prägungen können sehr stabil sein, manche werden offenbar sogar an die Folgegenerationen weitergegeben (Grossniklaus et al., 2013). Erläutern lässt sich dies gut anhand des wohl bekanntesten epigenetischen Experiments. Waterland und

1 Es wäre allerdings ethisch ebenfalls fragwürdig, derartige Spekulationen nicht anzustellen, da diese eine wertvolle Entscheidungshilfe bieten können, welche Studienergebnisse es lohnen, in oft sehr aufwendigen Verfahren am Menschen überprüft zu werden.

Jirtle zeigten 2003, dass die Nachkommen genetisch identischer Agouti-Mäuse² sich in der Fellfärbung und der Tendenz zu Übergewicht unterscheiden können, obwohl sie nach dem Abstillen gleich ernährt werden. Der Grund dafür liegt in der Ernährung der Mutter während der Schwangerschaft und der Stillzeit. Erhält die Mutter normales Futter, haben die Nachkommen ein gelbes Fell und die Tendenz zum Übergewicht. Erhält sie zusätzlich Vitamin B12, Ammoniumsalz und Betain ins Futter gemischt – dabei handelt es sich um sogenannte Methylspender – prägen sich diese typischen Merkmale hingegen nicht aus. Befinden sich genügend dieser Methylspender in der Nahrung, wird das für die gelbe Fellfarbe und das Übergewicht verantwortliche Gen methyliert, also deaktiviert. Das Aussehen des Mäusenachwuchses ist also nicht nur abhängig von den Genen, sondern auch von der Ernährung der Mutter (Hahne, 2012).

Die Frage, ob epigenetische Veränderungen vererbbar sind, ist von besonderer Relevanz in Bezug auf die Generationengerechtigkeit. Der Umstand, dass sich epigenetische Markierungen und die mit ihnen korrelierenden Verhaltensweisen in aufeinander folgenden Generationen nachweisen lassen, hat zu einem starken Medienecho geführt. Häufig wird dabei von *Vererbung* gesprochen, womit in einem eher „klassischen“ biologischen Sinn die direkte Übertragung der Eigenschaften von Lebewesen auf ihre (zumeist direkten) Nachkommen gemeint ist, zumindest soweit diese Informationen zur Ausprägung der entsprechenden Eigenschaften *genetisch* codiert sind. Ob und inwiefern epigenetische Veränderungen beim Menschen tatsächlich vererbbar sind, ist jedoch umstritten. Abhängig ist dies unter anderem von dem zugrunde liegenden Vererbungsbegriff. Skinners Unterscheidung zwischen multigenerationalen und intergenerationalen Einwirkungen ist hier hilfreich (Skinner, 2008):

- ▶ *Multigenerationale Einwirkungen* machen sich gleichzeitig in mehreren Generationen bemerkbar. Ein Umwelteinfluss kann sich beispielsweise gleichzeitig direkt auf eine Schwangere (F0-Generationen), ihren Fötus (F1-Generation) und die Vorläuferzellen der Keimzellen des Fötus (F2-Generation) auswirken. Hier macht es wenig Sinn, von Vererbung zu sprechen.
- ▶ Von *intergenerationalen Einwirkungen* spricht Skinner, wenn Folgen einer Einwirkung sich auch in einer Generation zeigen, die der Einwirkung nicht ausgesetzt war. Im obigen Falle wären dies die Urenkel (F3-Generation). Erfolgt die Einwirkung vor der Schwangerschaft, sind bereits Folgen für die F2-Generation intergenerational. Im Falle der intergenerationalen Einwirkungen erscheint es sinnvoll, von Vererbung zu sprechen.

2 Agouti-Mäuse besitzen ein Gen, das für eine gelbe Fellfärbung und eine starke Tendenz zum Übergewicht verantwortlich ist.

Einen Sonderfall der multigenerationalen Einwirkung stellen gleichbleibende Umweltbedingungen dar. Es gibt Hinweise dafür, dass beispielsweise das geringe Geburtsgewicht vieler afroamerikanischer Kinder in Zusammenhang mit dem lebenslangen schlechten sozio-ökonomischen Status der Mütter steht. Das niedrige Geburtsgewicht wiederum könnte eine Erklärung für das erhöhte Auftreten kardio-vaskulärer Erkrankungen bei Afroamerikanern sein. Die Kinder sind oft einer ähnlichen Umwelt ausgesetzt wie ihre Mütter (Drake/Liu, 2010), sodass sich der Effekt fortsetzt beziehungsweise in der Folgegeneration neu etabliert wird. Zur Umwelt gehört auch die sogenannte innere Umwelt, der ein Fötus ausgesetzt ist. Das heißt, selbst wenn sich die sozio-ökonomische Umwelt ändert, muss dies nicht notwendig zu einer Aufhebung der Umweltfolge führen, da die durch diese äußere Umwelt erzeugte innere Umwelt gleich bleibt und sich weiter auf den Fötus auswirkt. Der veränderte Phänotyp der Mutter überträgt sich weiter auf das Kind, auch hier wird der Effekt in der Folgegeneration jeweils neu etabliert. Multigenerationale und intergenerationale Einwirkungen lassen sich also nicht wirklich scharf voneinander trennen.

Die Übertragung epigenetischer Markierungen über die Keimbahn und nicht über die oben angeführten Übertragungswege ist ebenfalls möglich, umstritten ist jedoch, in welchem Umfang und mittels welcher Mechanismen (Drake/Liu, 2010) dies geschieht. Die epigenetischen Markierungen der Keimzellen werden zweimal gelöscht, zum einen während der Befruchtung, zum anderen in den Vorläuferzellen der Keimzellen (Seisenberger et al., 2013; von Meyenn/Reik, 2015). Einige epigenetische Veränderungen entgehen dabei allerdings der Löschung (Jablonka/Raz, 2009) und werden auf die nächste Generation übertragen. In der öffentlichen Diskussion nehmen die oben angeführten Unterscheidungen und Problematisierungen nur eine untergeordnete Rolle ein. Von Relevanz ist der Nachweis, dass Umwelt und Lebensstil sich durch Veränderung der epigenetischen Markierungen auf die Genexpression auswirken, diese Veränderungen zumindest teilweise auf die Folgegeneration übertragen werden und dass epigenetische Markierungen zumindest in einem gewissen Grade reversibel sind.

8.4 Psychosomatik und Suizid

In den intergenerationalen Kontext gehört auch die seit Jahrzehnten aktive Erforschung psychosomatisch bedingter Erkrankungen, zunehmend auch mit Blick auf epigenetische Faktoren. Es gilt als sehr wahrscheinlich, dass erlittener Stress und frühkindliche Erfahrungen einen immensen epigenetischen Einfluss auf die körperliche Gesundheit des Kindes, des späteren Erwachsenen und sogar die Nachkommen nehmen können. Bereits in der Schwangerschaft sind bei Übergewicht der Mutter epige-

netische Effekte möglich, welche das Risiko für das Kind erhöhen, besonders früh an entzündlichen Alterserkrankungen wie Parkinson, Alzheimer, Herzinfarkt oder einem Schlaganfall zu erkranken (Bilbo/Tsang, 2010). In Studien konnte nachgewiesen werden, dass sexuelle Misshandlungen, fehlende Fürsorge und familiäre Gewalt erhebliche Beeinträchtigungen des Immunsystems eines Kindes zur Folge haben und es im Alter anfälliger für Diabetes, Autoimmunerkrankungen und eingeschränkte Gedächtnisleistung werden lassen (Franklin et al., 2011; Lee et al., 2011; Radtke et al., 2011). Hinzu kommt eine nachweislich geminderte Stressresistenz, welche in nicht wenigen Fällen Depressionen oder gar den Suizid als Konsequenz hat.

Solche Formen frühkindlicher Misshandlungen hinterlassen auf epigenetischem Weg Spuren im Genom. Diese Annahme wurde durch eine 2004 durchgeführte Studie an Ratten genährt, welche zeigen konnte, dass Jungtiere, die entweder von ihren Müttern umsorgt oder missachtet worden waren, auf epigenetischer Ebene unterschiedlich reagierten. Im Gehirn der vernachlässigten Rattenkinder war das Gen NR3C1, welches den Glucocorticoid-Rezeptor im Nervensystem codiert und somit für die Stressregulation zuständig ist, stärker methyliert. Dieser Rezeptor bindet die Stresshormone der Glucocorticoide wie Kortisol und dämpft damit die Stressreaktionen. Kurz: Eine unglückliche Kindheit lähmt bei Ratten epigenetisch die Stressregulation (Weaver et al., 2004). Diese Erkenntnisse wurden 2009 auf den Menschen übertragen, indem der Hippocampus von Suizidopfern untersucht wurde, welche in der Kindheit alle sexuellen Missbrauch erfahren hatten (McGovan, 2009). Bei der Isolierung des Gens NR3C1 ließ sich eine vielfache Anlagerung von Methylgruppen an der DNA nachweisen – deutlich mehr, als bei der Untersuchung nicht traumatisierter Suizidopfer wie auch nicht suizidaler Unfalltoter. Die Methylierung schränkte die Aktivität des Gens NR3C1 erheblich ein. Da sich vergleichbare Ergebnisse bei den Suizidopfern ohne einen Missbrauchshintergrund nicht beobachten ließen, lag der Schluss nahe, dass nicht (nur) der mit dem Suizid verbundene Stress, sondern das frühkindliche Trauma verantwortlich für die nachgewiesenen chemischen Veränderungen im Erbgut war.

Dass fehlende Fürsorge und ein hohes Stresslevel in der frühen Kindheit – beispielsweise durch den Suizid eines Elternteils – eine starke gesundheitliche Instabilität zur Folge haben können, wurde bereits in den 1940er Jahren entdeckt und seither regelmäßig bestätigt. Mittlerweile weisen insbesondere Ergebnisse aus der Psychoendokrinologie³ auf den Einfluss von frühkindlichem Stress auf die Gesundheit hin, etwa durch eine

3 Die Psychoendokrinologie ist ein Teilgebiet der Endokrinologie, das explizit die psychischen Auswirkungen von Hormonen untersucht.

erhöhte Cortisol-Ausscheidung⁴ im Speichel oder eine Unterversorgung mit Oxytocin⁵. Wie stark dabei epigenetische Effekte wirken, konnte jüngst eine Studie aus Bochum zeigen: Die Probanden wurden kurzzeitig unter Stress gesetzt, anschließend wurde ihnen Blut abgenommen. Bereits nach 10 Minuten waren am Gen des Oxytocin-Rezeptors Ablagerungen von Methylgruppen nachweisbar, die nach 80 Minuten allerdings wieder nachgelassen hatten. Sollten sich ähnliche Funde auch in Gehirnzellen nachweisen lassen, hätte Stress einen weiteren nachweislich unmittelbaren – wenn auch nicht zwingend einheitlichen – epigenetischen Effekt auf die Betroffenen (Unternaehrer et al., 2012). Ein ähnliches Vorgehen wählte ein US-amerikanisches Forscherteam im Rahmen einer Studie von 2012: 99 Probanden wurden nach intensiver Befragung zu ihrer Kindheit und dem Grad an elterlicher Fürsorge gestresst. Jene Probanden, die Vernachlässigung oder Traumata in ihrer Kindheit erfahren hatten, zum Beispiel durch den Suizid eines Elternteils, reagierten nicht nur besonders empfindlich auf Stressreize, sie wiesen auch dieselben Ablagerungen von Methylgruppen am NR3C1-Gen auf, wie dies bereits bei den Ratten beobachtet werden konnte (Tyrka et al., 2012).

Insbesondere mit Blick auf einen Suizid lassen all diese Erkenntnisse und Hinweise eine neue Sichtweise auf ein altes moralphilosophisches Problem zu: In der philosophischen Suizidforschung ist über viele Jahrhunderte die Frage diskutiert worden, ob die Folgen einer Selbsttötung *für andere Menschen* einen moralischen Grund gegen den Suizid ergeben können. Wir finden in regelmäßiger Wiederkehr legalistische, utilitaristische und kontraktualistische (also vertragstheoretische) Argumente gegen den Suizid, die allerdings nach der Stellung des Suizidenten gegenüber *der Gesellschaft* und den damit einhergehenden Verpflichtungen fragen und nicht nach den Konsequenzen für unmittelbar Betroffene, etwa Angehörige. Locke, Hume, d'Holbach, Montesquieu und Kant haben diesen Disput ausgetragen. Doch erst Diderot bezieht Verwandte und Freunde in seinen kontraktualistischen Ansatz mit ein: „Man muss so lange wie möglich existieren – nämlich für sich, für seine Freunde, für seine Verwandten, für die Gesellschaft, für die Menschheit“ (Diderot, 1967:304). Diderot deutet soziale Bindungen als freiwillig eingegangene vertragliche Verpflichtungen, zumindest bei Freunden, Ehepartnern und Kindern. Wer ein Kind zeugt oder zur Welt bringt, übernimmt freiwillig die besondere Verpflichtung, für dieses Kind zu sorgen. Die Selbsttötung läuft dieser selbstaufgelegten Verpflichtung zuwider: „Das ist ein Pakt, bei dem wir weder genötigt noch überlistet worden sind; wir können ihn nicht eigenmächtig brechen; wir bedürfen der Zustimmung derer, mit denen wir ihn geschlossen haben“ (ebd.).

4 Cortisol ist ein Stresshormon.

5 Oxytocin ist ein Hormon, das zwischenmenschliche Beziehungen und soziale Interaktion beeinflusst. Umgangssprachlich wird es oft auch als „Kuschel“- oder „Bindungshormon“ bezeichnet.

Es ist aus moralphilosophischer Sicht in der Tat schwierig, diesen Aspekt mit dem Recht auf Selbstbestimmung abzuwägen und in Einklang zu bringen. Wiederholt ist die Ansicht vertreten worden, die Verantwortung gegenüber Hinterbliebenen könne im Falle einer Suizidentscheidung das Recht auf Autonomie und somit das Recht auf einen Suizid *nicht* aufwiegen, zumindest nicht in allen Fällen (Wittwer, 2003). Diese Annahme geht zwar davon aus, dass das Umfeld eines Suizidenten die Konsequenzen der Tat psychisch und emotional zu tragen hat, eine Abwägung zwischen dem Leid des Suizidenten und dem Leid der Hinterbliebenen aber undurchführbar sei, was im Zweifel zugunsten des Suizidenten ausgelegt werden muss.

Dass neben der psychischen und emotionalen Belastung Angehöriger von Suizidenten – insbesondere deren Kinder – auch *physische* Konsequenzen aktiv werden können, konnte Diderot natürlich nicht wissen. Das Wissen um mögliche epigenetische Effekte, das heißt hier die Beeinträchtigungen eines mehr oder weniger physisch unbelasteten Fortführens des eigenen Lebens nach dem Suizid eines Elternteils, verändert indes das Verantwortungsvolumen des Suizidenten auf spezifische Weise. Neben der nur statistisch zu erfassenden Wahrscheinlichkeit für Kinder von Suizidenten, deren Eltern sich früh selbst töteten, aufgrund psychischer Belastungen selbst in eine Suizidgefahr zu geraten, tritt nun die molekularbiologisch nachweisbare physische Begründung für eine höhere Wahrscheinlichkeit, selbst Suizident zu werden. Dies haben Labonte und Turecki „the epigenetics of suicide“ genannt (Labonte/Turecki, 2010).

Aus einer molekularbiologischen Tatsache auf eine Norm zu schließen, ergäbe jedoch einen sogenannten Sein-Sollen-Fehlschluss und ist daher nicht intendiert. Aus einer molekularbiologischen Tatsache (spezielle Methylierungen) aber eine Statistik abzuleiten (Suizidraten epigenetisch vorbelasteter Menschen) ist indes ein Umstand, der dringend ethischer Aufmerksamkeit bedarf. Sollte sich zeigen, dass elterlicher Suizid unter anderem zu einer physischen Schädigung des Erbgutes führen kann und dies über mehr als eine Generation hinweg, erweitert sich die Richtung der Verantwortlichkeit in alle drei Dimensionen: Nicht nur der Suizident selbst kommt zu Schaden, auch der Nachwuchs trägt physische Schäden davon und gibt diese unter Umständen an die nächste Generation weiter. Eine ethische Konsequenz, die über das normale Maß der Entscheidungsfindung hinausgehen kann, muss bei der Wahl des eigenen Lebensendes Berücksichtigung finden. So scheint es, als erhöhen sich Diderots Worte im Licht der Epigenetik erneut, nur negativ: Der Suizid eines Elternteils versieht den Nachwuchs mit einem erheblichen und epigenetisch bedingten gesundheitlichen Risiko, doch dies läuft sehr wahrscheinlich dem Wunsch suizidaler Eltern zuwider, das Kind möge so gut wie irgend möglich die Suizidsituation überstehen – sofern dieser Wunsch bei der Entscheidung des Suizidenten überhaupt Berücksichtigung findet. Die Menge betroffener

Menschen erweitert sich erheblich, sobald sich durch den elterlichen Suizid beim Nachwuchs epigenetische Veränderungen ergeben, die gesundheitliche Einschränkungen bedeuten und über mehr als eine Generation hinweg vererbt werden können. Die Frage lautet: Macht sich ein Suizident aus einer Art molekularbiologischem Kontraktualismus heraus schuldig? Sofern er um die möglichen epigenetischen Konsequenzen in den Erbanlagen seines Nachwuchses weiß, könnte dies nicht sogar als Inkaufnahme der Beeinträchtigung des Kindeswohls, in strenger Auslegung als Körperverletzung gedeutet werden? Hier bekäme die Debatte eine erneute politische Dimension, wenn offenbar frei getroffene Handlungen – der Suizid eines Elternteils – physische Auswirkungen auf die Kinder bekommen, ohne dass diese in irgendeiner Form berührt oder physisch betroffen wären.

8.5 Umweltgerechtigkeit

Umweltgerechtigkeit bildet die gemeinsame Schnittmenge von Umwelt-, Sozial- und Gesundheitspolitik. Es geht hier insbesondere um die unterschiedliche Umweltbelastung verschiedener sozialer oder ethnischer Gruppen unter Berücksichtigung ihrer Lebensräume. Die zentralen Fragen lauten hierbei stets, ob – und wenn ja, warum – arme und sozial benachteiligte Menschen höheren Umweltbelastungen ausgesetzt sind und welche ökonomischen, politischen, sozialen, psychischen und gesundheitlichen Folgen dies hat/hätte. Die Epigenetik könnte nach Rothstein et al. innerhalb der Umweltgerechtigkeit gleich drei Punkte maßgeblich beeinflussen.

- a) Sollte sich der bisherige Verdacht weiter erhärten, dass Umwelteinflüsse epigenetische Effekte hervorrufen, wäre die Annahme gerechtfertigt, dass sich nachteilige epigenetische Effekte vorzugsweise in den entsprechend gefährdeten Segmenten der Gesellschaft zeigen würden, was zu einer erhöhten moralischen Verpflichtung führen könnte, diese Risiken entsprechend zu korrigieren. Hier wäre in der Folge aber womöglich zumindest in manchen Fällen eine Abkehr von allgemeinen Maßnahmen zur Gesundheitsvorsorge der *Bevölkerung* hin zur Betrachtung jener Menschen mit entsprechend höherer Prädisposition zu erwarten, oder genauer gesagt: eine Fokussierung von *epigenetischen Risikogruppen*.
- b) Lösungsstrategien innerhalb einer epigenetisch geprägten Umweltgerechtigkeit könnten sich von herkömmlichen *geografisch* definierten Gesellschaften oder Bevölkerungsgruppen lösen und stattdessen individuelle *biologische* Faktoren berücksichtigen, die ein erhöhtes Risiko erzeugen.
- c) Zuletzt könnten sich die Adressaten solcher Fragen nach Umweltgerechtigkeit verschieben, weg von Rasse und Ethnie, hin zu epigenetischen Eigenschaften, die sich

durchaus in verschiedenen Subpopulationen unterschiedlich zeigen. Diesen Gedanken weiter verfolgt, stünde damit auch eine Verschiebung von Diskriminierungsmerkmalen zu befürchten (Rothstein et al., 2009).

8.6 Gesellschaftliche und politische Relevanz

Mit der Erkenntnis reversibler epigenetischer Effekte verstärkt sich ein bedenklicher gesellschaftlicher Trend: die Medikalisierung des persönlichen Verhaltens (Juengst et al., 2014), das heißt die pharmazeutische Beeinflussung von Lebenserfahrungen, die bisher völlig außerhalb jeglichen medizinischen Geltungsbereichs bestanden haben,⁶ und damit verbunden die Ausweitung der persönlichen Verantwortung. Geht man davon aus, dass epigenetische Veränderungen transgenerational sein können, sich eventuell bis in die dritte Generation und darüber hinaus auswirken, so wird der eigene Lebensstil relevant für die Nachkommen. Juengst et al. ist darin zuzustimmen, dass mit dieser neuen Verantwortung gerade die sozial schwächsten Gruppen weiter unter Druck geraten. Sie sind bevorzugt Umwelteinflüssen ausgesetzt, die zu negativen epigenetischen Veränderungen führen können, zu diesem sozio-ökonomischen Schicksal kommt mit Blick auf die Verantwortung für den eigenen Lebensstil dann noch der Vorwurf, sich falsch, gar unethisch zu verhalten und damit für den Zustand, in dem sie sich befinden, selbst verantwortlich zu sein. Auch sozial besser gestellte Gruppen könnten, im Rahmen unserer Leistungssteigerungsgesellschaft, unter Druck geraten. So werden mindestens zwei Felder vermeintlicher Optimierungs- und Verdienstmöglichkeiten geöffnet, die beide eine hohe gesellschaftliche und politische Relevanz aufweisen.

8.6.1 „Epigenetische Eugenik“

Das richtige Verhalten bereits vor der Zeugung, das Vermeiden einer Unzahl an Risikofaktoren, in Zukunft vielleicht vorgeburtliche Tests auf epigenetische Abweichungen, die richtige Ernährung und so weiter, all das setzt zukünftige Eltern, die bestrebt sind, sich möglichst korrekt zu verhalten, unter Druck, obwohl die Frage, was überhaupt richtig ist, nicht geklärt ist. Juengst et al. sprechen in diesem Zusammenhang von der Möglichkeit einer „Epi-Eugenik“.

Die sich seit den späten 1980er Jahren einstellende Routine und Akzeptanz genetischer Tests und selektiver Schwangerschaftsabbrüche hat zu jeder Zeit Widerstand

⁶ Solche Medikalisierungstrends sind von Ritalin-Verschreibungen über Psychopharmaka bis hin zur kosmetischen Chirurgie oder der Anti-Aging-Medizin zu beobachten. Man könnte in manchen Bereichen sicher auch von einer „Pathologisierung von Lebensumständen“ sprechen.

und Kritik hervorgerufen; im Rahmen genetischer pränataler Untersuchungsverfahren ist immer wieder die Rede von einer neuen Form von Eugenik gewesen (Duster, 1990; Kitcher, 1996). Ein zentraler Aspekt der Kontroverse besteht in der Frage, ob die gezielte Selektion gesunder Genome einem grundsätzlichen moralischen Vorbehalt unterstellt werden kann oder ob damit eine nachvollziehbare und womöglich wünschenswerte Prävention und Stabilisierung gesamtgesellschaftlicher Gesundheit einhergeht, zumindest aber dem Recht werdender Eltern Rechnung getragen wird, erbgesunden Nachwuchs großzuziehen. Eine ähnliche Debatte wird verstärkt wieder seit 2011 geführt, als der Deutsche Bundestag die Präimplantationsdiagnostik (PID) in engen Grenzen legalisierte.

Zu diesen Problemen aus der Gendiagnostik gesellen sich nun vergleichbare Fragen mit Blick auf die Epigenetik. Pränatale epigenetische Tests könnten nämlich die Möglichkeit bereitstellen, die Weitergabe von transgenerationalen epigenetischen Defekten zu unterbrechen. So verlockend diese Möglichkeit auch klingt, sie könnte schnell in eine moralische Pflicht umschlagen, das Epigenom des Nachwuchses in jedem Fall – zumindest aber im Falle bekannter epigenetischer Auffälligkeiten – pränatal zu modifizieren, und das bedeutet: zu optimieren. Umgekehrt könnte im Falle absichtlichen Unterlassens pränataler Untersuchungen nicht nur ein Kind mit epigenetischen Schäden der Stigmatisierung anheimgestellt sein, sondern auch die Eltern, die es dann aus Gründen angeblicher fehlender Verantwortung unterlassen haben, ihr Kind früh gegen auf entsprechende Schäden testen zu lassen.

Hier berührt sich die Debatte freilich mit bereits genannten ethischen Argumenten aus der Gendiagnostik. Der intergenerationale Aspekt der epigenetischen Ebene hingegen verstärkt die Furcht vor einer neuen Form der Eugenik, einer epigenetischen Eugenik, welche sich hinter dem Argument verbirgt, es sollen lediglich Erbschäden abgewendet werden.

8.6.2 Epigenetische Medikalisierung

Die epigenetische Medikalisierung hat noch eine zweite Seite. Nachweislich sind viele epigenetische Effekte reversibel, was die Möglichkeit generiert, gezielt auf epigenetische Phänomene wirksame Medikamente herzustellen. In der Medikamentenherstellung ist allerdings stets der Trend zu beobachten, dass die Entwicklung von Medikamenten zur Behandlung weitverbreiteter und langfristiger Erkrankungen gegenüber der teuren Herstellung spezieller Medikamente für seltene und aufwendige Behandlungen privilegiert wird. Diese Tendenz lässt die Wahrscheinlichkeit steigen, dass gezielt für epigenetische Erkrankungen entwickelte Medikamente ebenfalls nur die ver-

breiteten und somit „profitablen“ Erkrankungen abdecken werden, wie etwa Diabetes. Außerdem steht – und auch das ist nicht unwahrscheinlich – zu befürchten, dass die Reversibilität epigenetischer Eigenschaften es erlauben wird, eine neue Form von Enhancement-Produkten zu schaffen, was die Frage nach der Aufhebungs- und Umkehrungsmöglichkeit personaler Eigenschaften neu zu stellen vermag.

Wir können nun eine Person für ihren individuellen Lebensstil kausal verantwortlich machen, aber ist dies mit Blick auf moralische Verantwortlichkeit auch möglich, wenn die Person durch Medikamente versucht, bestimmte Effekte zu beheben? Sofern eine Person über die kausalen Effekte ihrer Handlungen nicht in Kenntnis ist, auch unter Annahme hoher sozialer Folgekosten, können wir sie *nicht* moralisch zur Verantwortung ziehen. Ebenso wäre die epigenetische Modifikation an sich selbst, zum Beispiel durch Einnahme verschreibungsfreier Medikamente, eine Handlung, die ganz in der Verantwortung des Individuums läge. Bedürfte es allerdings für die Behebung epigenetischer Effekte einer längeren medizinischen Prozedur, kostspielig und unter Begleitung ärztlichen Fachpersonals, wären finanzielle Ressourcen involviert und somit ein gesellschaftlicher und in der Folge politischer Aspekt aktiviert. Mehr noch: Im Fall einer öffentlich finanzierten Gesundheitsvorsorge mit Blick auf Epigenome wäre das Individuum auf der einen Seite eventuell in der moralischen Pflicht, das eigene Wohl gegen die zur Verfügung stehenden Ressourcen abzuwägen. Auf der anderen Seite könnte das Individuum – unter Annahme erfolgsversprechender Methoden – die moralische Bürde aufgelastet bekommen, diese Maßnahmen auch ergreifen zu *müssen*. Hier nimmt die Ethik der Epigenetik Kontakt zu Diskursen auf, wie wir sie etwa aus der Frage nach aktiver Sterbehilfe oder dem ärztlich assistierten Suizid kennen.

8.7 Rechtliche Aspekte

Die Epigenetik hat bisher noch keinen großen Einfluss auf das Recht. Das ist vor allem darin begründet, dass das Recht abhängig vom Forschungsstand ist und in die Rechtsprechung nur gesicherte wissenschaftliche Erkenntnisse eingehen sollten. Da es sich bei der Epigenetik noch um ein relativ junges Forschungsfeld handelt, fehlt es – insbesondere in Bezug auf den Menschen und die Frage der Vererbbarkeit von epigenetischen Veränderungen – noch an gesichertem Wissen. Trotzdem ist es sinnvoll, über mögliche Folgen für das Recht bereits heute nachzudenken, da es durchaus zu einem – wie Robiński es nennt – „epigenetischen Mainstreaming“ kommen könnte, das heißt, dass „bei allen ökologischen, technischen und gesellschaftlichen Vorhaben deren epigenetische Relevanz zu prüfen“ (Robiński, 2015:147) sei und damit natürlich auch rechtliche Fragen verbunden sind.

Die Epigenetik verschärft Probleme, die auch in anderen Bereichen der Lebenswissenschaften eine große Rolle spielen. Die (massenhafte) Sequenzierung von Genomen, Proteomen, Metabolomen oder eben Epigenomen führt zu den oben bereits angerissenen Fragen, wie mit dem so gewonnenen Wissen umzugehen ist. Vor der Frage nach dem korrekten Umgang mit dem Wissen steht jedoch eine weitere Herausforderung: die ethisch vertretbare Generierung, Nutzung, Weitergabe und Aufbewahrung der Daten, anhand derer Wissen generiert wird. Epigenetische Informationen können sensible Wahrscheinlichkeiten über mögliche Erkrankungsrisiken ermöglichen und Auskunft darüber geben, welche Risiken an die nächste Generation weitergegeben werden. Von solchen Informationen könnten, sofern sie in die Hände großer Konzerne fallen, erhebliche Gefahren mit Blick auf Datenschutz und Vertraulichkeit ausgehen. Auch gegenüber Arbeitgebern oder Versicherungen dürfte ein individuelles Interesse bestehen, epigenetische Daten zu schützen, wohingegen der eigenen Familie gegenüber durchaus eine moralische Pflicht entstehen kann, Erkrankungsrisiken mitzuteilen. Grundsätzlich aber könnte eine wachsende Menge an individuellen epigenetischen Informationen mit dem Anrecht auf Nichtwissen in Konflikt geraten (Fündling, 2015). Diese Probleme unterscheiden sich freilich nicht grundsätzlich von Fragen, wie sie bereits in der Genforschung debattiert wurden, allerdings weisen Rothstein und Kollegen zu Recht darauf hin, dass die Unterscheidung im Umgang mit genetischen und epigenetischen Informationen am Ende keine Frage der Biologie oder des Rechts sein wird, sondern eine soziale Frage darstellt (Rothstein et al., 2013).

Der Staat ist verantwortlich gegenüber seinen Bürgerinnen und Bürgern. Er ist verpflichtet, die Umwelt und die natürliche Lebensgrundlage zu schützen „und den Einzelnen ‚vor allen Einwirkungen, die die menschliche Gesundheit im biologisch-physiologischen Sinne beeinträchtigen‘ (BVerfGE 54, 54/74)“ (Robiński, 2015:147) zu bewahren. Relevant sind hier unter anderem Erkenntnisse, die traumatische Erfahrungen in Verbindung mit bleibenden schädlichen epigenetischen Veränderungen bringen. Ließe sich beispielsweise belegen, dass die Beschneidung von Jungen diese nachhaltig traumatisiert, sie also in biologisch-physiologischem Sinne beeinträchtigt, müsste abgewogen werden, ob aus staatlicher Sicht deshalb ein Eingriff in die Religionsfreiheit und das Elternrecht vertretbar ist (Robiński, 2015:148). Die Epigenetik könnte auch Auswirkungen auf die Anwendung des Vorsorgeprinzips haben. Vorsorge bedeutet, dass mögliche Risiken, die ausreichend wahrscheinlich sind, vorausschauend reguliert werden. Dies könnte zum Beispiel zum Verbot von chemischen Substanzen führen, die epigenetische Auswirkungen haben, ohne dass deren toxische Wirkungen zweifelsfrei nachgewiesen sind (ebd.). Auch im Rahmen des Mutterschutzes sind epigenetische Risiken von Bedeutung. Bisher werden epigenetische Risiken bei der Risikobewertung von

Arbeitsumgebungen von Schwangeren noch nicht berücksichtigt. Es stellt sich zudem aus juristischer Perspektive die Frage, ob im Rahmen der Präventionsgesetzgebung Erkenntnisse aus der Epigenetik berücksichtigt werden müssen (Robiński, 2015:149).

Auch im verantwortlichen Umgang der Bürgerinnen und Bürger untereinander könnten epigenetische Erkenntnisse zukünftig von Relevanz sein, das heißt, die Epigenetik könnte im Zivilrecht (Schadenersatz- und soziales Entschädigungsrecht) Bedeutung erlangen. Anspruch auf Entschädigung (Schadenersatz, Schmerzensgeld) besteht, falls jemand durch rechtswidrige Handlungen anderer einen Schaden an seiner Gesundheit oder seinem Körper erleidet. Robiński führt dazu aus:

„Epigenetische Veränderungen können als Gesundheitsschädigung angesehen werden. Der Bundesgerichtshof definiert die Gesundheitsverletzung wie folgt: „[J]edes Hervorrufen eines von den normalen körperlichen Funktionen nachteilig abweichenden Zustandes; unerheblich ist, ob Schmerzzustände auftreten, ob eine tief greifende Veränderung der Befindlichkeit eingetreten ist oder ob es zum Ausbruch der Krankheit gekommen ist““ (Robiński, 2015:150).

Eine Gesundheitsbeeinträchtigung könnte bereits dann vorliegen, wenn auch nur das Risiko einer schädigenden epigenetischen Veränderung gegeben ist, ohne dass diese eintritt.⁷ Auch könnten epigenetische Analysen gerichtsrelevant werden, wenn es um den Nachweis psychischer Folgen traumatischer Erlebnisse (Unfälle, Misshandlungen, Schocks) geht. Im Rahmen des sozialen Entschädigungsrechts könnten epigenetische Analysen genutzt werden, um die geforderte hinreichende Wahrscheinlichkeit einer kausalen Verbindung zwischen Ereignis und Schaden zu erbringen (Robiński, 2015:153).

Ärzte sind auch persönlich betroffen: Da sie zur Weiterbildung verpflichtet sind, müssen sie wissenschaftlich gesicherte Erkenntnisse der Epigenetik zeitnah berücksichtigen, tun sie dies nicht, ist damit ein Haftungsrisiko verbunden (Robiński, 2015:152).

Robiński geht davon aus, dass epigenetische Erkenntnisse sich auf die individuellen Freiheitsrechte auswirken können. Die rechtlich garantierte allgemeine Handlungsfreiheit umfasst zwar auch die Freiheit zur Krankheit und zur Sucht, allerdings sehen sich diejenigen, die sich diese Freiheit nehmen, zunehmend unter Druck gesetzt. Die

7 Robiński sieht hier eine Parallele zu dem Urteil des Amtsgerichts Erfurt, das feststellt, „dass bereits das Anblasen mit Zigarettenrauch [...] wegen der karzinogenen Anteile des Zigarettenrauchs als Körperverletzung“ (Robiński, 2015:151) gilt. Eine konkrete Schädigung muss nicht nachgewiesen werden, das Risiko, dass ein Schaden eintreten könnte, reicht aus.

sogenannte Präventionsverantwortung hat bereits Eingang in das Sozialgesetzbuch gefunden: Versicherte sind für ihre Gesundheit mitverantwortlich, sie sollen gesund leben und frühzeitig an Vorsorgemaßnahmen teilnehmen. Gesundheitsschädigendes Verhalten kann sich in erhöhten Beiträgen und Kostenbeteiligungen bei Folgeschäden niederschlagen. Die Epigenetik könnte dazu beitragen, das Präventionsregime auszuweiten und Bonus-Malus-Systemen Vorschub leisten. „Warum sollte eine krankheitsfördernde Ernährung bzw. ein krankheitsfördernder Lebensstil auch nicht sanktioniert werden können, vor allem, wenn sie fortgesetzt wird, nachdem bereits negative epigenetische Veränderungen festgestellt sind?“ (Robiński, 2015:158).

8.8 Fazit

Die Epigenetik hat unzweifelhaft das Interesse vieler akademischer Disziplinen auf sich gezogen. Manches davon war sicher voreilig, doch einige Aspekte sollten einer eingehenden Untersuchung zugänglich bleiben – dieser Beitrag wollte die derzeit vielleicht dringlichsten skizzieren. Mit Blick auf die Ethik erzeugt die Epigenetik zwar keine *neuen* Herausforderungen, sie sorgt aber dafür, dass Themen, die bereits in anderen Kontexten – vor allem dem der Genetik – diskutiert werden, noch „heißer“ werden. Viele ethische Reflexionen verbleiben daher aufgrund des frühen Entwicklungsstadiums der Epigenetik im Raum der Spekulation. Doch ist das weder nachteilig noch bedenklich. Die Epigenetik zwingt uns auf der einen Seite zur Geduld, denn die Forschung steht hier noch immer relativ am Anfang. Auf der anderen Seite aber nötigt sie uns das Überdenken wichtiger Begriffe ab, etwa den der Vererbung. An diesen Gelenkstellen zeigen sich die interdisziplinären Zusammenhänge, welche die Arbeit an und mit der Epigenetik so fruchtbar machen und zudem auch auf das Recht oder die Technikfolgenabschätzung übergreifen.

Die Epigenetik ist zu großen Teilen aber auch ein soziales Phänomen geworden, für manche ein Erklärungsansatz, für andere ein vorschneller Hype. Beides sollte uns daran erinnern, dass lebenswissenschaftliche Forschungsgebiete nicht isoliert zu betrachten sind. Sie bleiben Teil eines sozialen Kontextes und wirken auf die Gesellschaft zurück. Je weniger eine Wissenschaft reflektiert und kommuniziert wird, desto schneller ist die Gesellschaft bereit, zunächst die negative Valenz hervorzuheben. Der Philosoph Bernhard Rollin hat dies einmal das „Frankenstein-Syndrom“ (Rollin, 1995) genannt: Je geringer der gesamtgesellschaftliche Diskurs, desto größer das wahrgenommene Bedrohungspotenzial eines wissenschaftlichen Gegenstandes. In diesem Sinn soll auch unsere Skizze über soziale, ethische und rechtliche Aspekte einen Beitrag zur Aufklärung leisten, zum Abstecken sinnvoller und sinnloser Grenzen einer Reflexion auf die Epigenetik.

8.9 Literatur

- Bilbo, S./Tsang, V. (2010): Enduring consequences of maternal obesity for brain inflammation and behaviour of offspring. In: *FASEB J.* 24:2104–2115.
- Diderot, D. (1752/1967): Erhaltung (Moral). Band II der Enzyklopädie von 1752. In: Lücke, T. (Hrsg.): Denis Diderot. Philosophische Schriften. Europ Verlag, Frankfurt am Main.
- Drake, A. J./Liu, L. (2010): Intergenerational transmission of programmed effects: public health consequences. In: *Trend Endocrinol Metab* 21(4):206–213.
- Duster, T. (1990): *Backdoor to Eugenics*. Routledge, London.
- Franklin, T. B. et al. (2011): Influence of early stress on social abilities and serotonergic functions across generations in mice. In: *PLoS One* 6(7): e21842.
- Fündling, C. (2015): Epigenetik und Persönlichkeitsschutz. In: Heil, R. et al. (Hrsg.): *Epigenetik – Ethische, rechtliche und soziale Aspekte*. Vs Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden:163–178.
- Grossniklaus, U. et al. (2013): Transgenerational epigenetic inheritance: How important is it? In: *Nat Rev Genet* 14(3):228–235.
- Hahne, D. (2012): Epigenetik und Ernährung. Folgenreiche Fehlprogrammierung. In: *Dtsch Ärztebl* 109(40):A-1986/B-1614/C-1586.
- Heil, R. et al. (2015) (Hrsg.): *Epigenetik – Ethische, rechtliche und soziale Aspekte*. Vs Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden.
- Jablonka, E./Raz, G. (2009): Transgenerational epigenetic inheritance: prevalence, mechanisms, and implications for the study of heredity and evolution. In: *The Q Rev Biol* 84(2):131–176.
- Juengst, E. T. et al. (2014): Serving epigenetics before its time. In: *Trends Genet* 30(10):427–429.
- Kitcher, P. (1996): *The lives to come. The genetic revolution and human possibilities*. Simon & Schuster, New York.
- Labonte, B./Turecki, G. (2010): The epigenetics of suicide: explaining the biological effects of early life environmental adversity. In: *Arch Suicide Res.* 14(4):291–310.
- Le Breton, D. (2004): Genetic fundamentalism or the cult of the gene. In: *Body & Society* 10(4):1–20.
- Lee, R. S. et al. (2011): A measure of glucocorticoid load provided by DNA methylation of *Fkbp5* in mice. In: *Psychopharmacology (Berl.)* 218(1):303–12.
- Loi, M. et al. (2013): Social epigenetics and equality of opportunity. In: *Public Health Ethics* 6(2):142–153.
- McGowan, P. O. et al. (2009): Epigenetic regulation of the glucocorticoid receptor in human brain associates with childhood abuse. In: *Nature Neurosci* 12:342–348.
- Nicolosi, G./Ruivenkamp, G. (2012): The epigenetic turn. Some notes about the epistemological change of perspective in biosciences. In: *Med Health Care Philos* 15(3):309–319.

- Radtke, K. M. et al. (2011): Transgenerational impact of intimate partner violence on methylation in the promotor of the glucocorticoid receptor. In: *Transl Psychiatry* 1(7):e21.
- Robiński, J. (2015): Epigenetik und rechtliche Regulierung. Eine Herausforderung im Spannungsfeld zwischen Schutzpflichten des Staates, Generationenverantwortung und individuellen Freiheitsrechten. In: Heil, R. et al. (Hrsg.): *Epigenetik – Ethische, rechtliche und soziale Aspekte*. Vs Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden:145–161.
- Rollin, B. E. (1995): *The Frankenstein Syndrome: Ethical and Social Issues in the Genetic Engineering of Animals*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Rothstein, M. A. et al. (2009): The ghost in our genes: legal and ethical implications of epigenetics. In: *Health Matrix Clevel* 19(1):1–62.
- Rothstein, M. A. (2013): Epigenetic exceptionalism. In: *J Law Med Ethics* 41(3):733–736.
- Schuol, S. (2015): Widerlegt die Epigenetik den Gendeterminismus? Es kommt darauf an ... In: Heil, R. et al. (Hrsg.): *Epigenetik – Ethische, rechtliche und soziale Aspekte*. Vs Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden:45–58.
- Seisenberger, S. et al. (2013): Reprogramming DNA methylation in the mammalian life cycle: building and breaking epigenetic barriers. In: *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 368(1609).
- Skinner, M. K. (2008): What is an epigenetic transgenerational phenotype? F3 or F2. In: *Reprod Toxicol* 25(1):2–6.
- Swierstra, T./Rip, A. (2007): Nano-ethics as NEST-ethics: patterns of moral argumentation about new and emerging science and technology. In: *NanoEthics* 1(1):3–20.
- Tyrka et al. (2012): Childhood adversity and epigenetic modulation of the leukocyte glucocorticoid receptor: preliminary findings in healthy adults. In: *PLoS One* 7(1):e30148.
- Unternaehrer, E. et al. (2012): Dynamic changes in DNA methylation of stress-associated genes (OXTR, BDNF) after acute psychosocial stress. In: *Transl Psychiatry* 14(2):e150.
- von Meyenn, F./Reik, W. (2015): Forget the parents: epigenetic reprogramming in human germ cells. In: *Cell* 161(6):1248–1251.
- Waterland, R. A./Jirtle R. L. (2003): Transposable elements: targets for early nutritional effects on epigenetic gene regulation. In: *Mol. Cell. Biol.* 23(15):5293–5300.
- Weaver, I. C. et al. (2004): Epigenetic programming by maternal behaviour. In: *Nature Neurosci* 7:847–854.
- Wittwer, H. (2003): *Selbsttötung als philosophisches Problem. Über die Rationalität und Moralität des Suizids*. Mentis, Paderborn.

