

fahrung werden bezüglich ihres Einflusses auf epigenetische Prozesse untersucht. »Alterations in gene expression in response to environmental exposure, including social and physical adversity.« (ebd.) Die Autor\_innen schließen jedoch auch den Einfluss anderer Faktoren nicht aus, wenn sie schreiben: »Epigenetic differences might be driven by genetic differences as well as by other environmental and dietary factors.« (ebd.: 6) Als einen exemplarischen Faktor nennen sie Medikamente. Ihre Untersuchungen fokussieren aber auf »early life events«. Durch die Formulierung, dass Umweltfaktoren und Ernährung ebenfalls Einfluss haben könnten, führen sie zudem eine weitere Vermutung an, die sie nicht explizieren können. Auch in dieser Studie werden durch die Nennung potentieller Einflussfaktoren und ungelöster Zusammenhänge Wissenslücken und Unklarheiten artikuliert.

Es lässt sich festhalten, dass sich McGowan et al. im Vergleich zur ersten Studie sehr ausführlich mit epigenetischen Mechanismen beschäftigen und unter anderem die DNA-Methylierung beschreiben. Die rRNA-Expression ist es, die sich zwischen Suizidopfern und Kontrollgruppe signifikant unterscheidet. Inwiefern der rRNA eine Mittlerinnenrolle zukommt, wird aber nicht explizit von McGowan et al. angesprochen. Die Forscher\_innen setzen zudem den Einfluss äußerer, sozialer Faktoren voraus, untersuchen jedoch keine transgenerationalen Effekte. Auffällig war vor allem die deterministische Auffassung des Suizids sowie traumatischer Erfahrungen: Dabei wird eine klare Einteilung in soziale vs. biologische Aspekte brüchig. Die Grenzziehungen zwischen Natur und Kultur sowie zwischen Tier und Mensch scheinen somit auch in der zweiten Studie zu verschwinden.

#### 4.4 Weaver et al.: Epigenetic programming by maternal behavior

Die Studie »Epigenetic programming by maternal behavior« von Ian Weaver et al., ebenfalls wie die vorherige durch eine Gruppe von insgesamt neun Forscher\_innen um Szyf und Meaney verfasst, ist 2004 in der *Nature Neuroscience* erschienen und umfasst acht Seiten. Die Forschenden entstammen ebenso der McGill University in Quebec (Kanada) sowie Forschungszentren in Quebec und Edinburgh (UK). In dieser Studie wurden jedoch keine Menschen untersucht, sondern Ratten.

##### 4.4.1 Zusammenfassung der Studie

Weaver et al. nehmen an, dass mütterliche Pflege das Epigenom des Nachwuchses am Glucocorticoidrezeptor (GR)<sup>6</sup> des Genpromotors im Hippocampus beein-

6 Der Glucocorticoidrezeptor ist ein Hormonrezeptor, dessen Funktion die Bindung von Glucocorticoiden ist. Glucocorticoide (oder auch Glukokortikoide) gehören zu den Corticosteroiden, einer Klasse der Steroidhormone, die in der Nebenniere gebildet werden. Ein Anstieg

flusst, und untersuchen dies an Ratten. Beschrieben werden folgende mütterliche Verhaltensweisen, die es in geringerer und stärkerer Ausprägung gäbe: »pup licking and grooming (LG) and arched-back nursing (ABN)« (Weaver et al. 2004: 847). Beide Gruppen – viel oder weniger geleckter und gepflegter Nachwuchs – zeigen Unterschiede bezüglich der Histonacetylierung<sup>7</sup>, der DNA-Methylierung, der NGFI-A-Bindung,<sup>8</sup> der GR-Expression sowie der Stressreaktion der Hypophysen-Hypothalamus-Nebennieren-Achse (HPA).<sup>9</sup> Dies weise auf eine kausale Relation zwischen epigenetischem Status, GR-Expression und mütterlichen Effekten auf Stressbewältigung beim Nachwuchs hin und zeige, dass der epigenetische Status eines Gens durch Verhalten programmiert werden könne. Die epigenetischen Modifikationen seien auch reversibel (vgl. ebd.: 847).

Die Autor\_innen führen einige Informationen zum Einfluss sogenannter mütterlicher Effekte aus anderen Studien an und formulieren Erkenntnisse und Wissenslücken: »Through undefined epigenetic processes, maternal effects influence the development of defensive responses to threat in organisms ranging from plants to mammals.« (ebd.) Ihre Untersuchungen zum Einfluss mütterlichen Verhaltens auf und Kontakt zum Nachwuchs würden unterschiedliche Stressbewältigung (»HPA responses to stress«) im Nachwuchs zeigen. Die Nachkomm\_innen von viel pflegenden Müttern zeigen weniger Angstreaktion und mehr HPA-Stressbewältigung. Dass hierfür das Pflegeverhalten ursächlich ist, wollen Weaver et al. mit Fremdpflegestudien belegen. Dabei wird das Jungtier von einer wenig pflegenden Ratte getrennt und von einer viel pflegenden Ratte aufgezogen. Die Ergebnisse zeigten, dass der fremdgepflegte Nachwuchs dem biologischen Nachwuchs einer viel pflegenden Ratte ähnelte, wenn er ebenfalls bei viel pflegenden Muttertieren aufwächst.

Unklar sei jedoch, welche Mechanismen die Effekte mütterlichen Verhaltens lebenslang aufrechterhalten. »The critical question concerns the mechanisms whereby these maternal effects, or other forms of environmental ›programming,

von Glucocorticoiden wird mit Stress in Verbindung gebracht (vgl. Kleine, Rossmanith 2021: 564). Glucocorticoidrezeptoren können eine hemmende Wirkung haben, wenn sie Bindungen an die DNA blockieren (vgl. ebd.: 73).

- 7 Histonacetylierung ist eine Art der Histonmodifikation (s. 2.2): »Histone acetylation and methylation maintain chromatin in a transcriptionally active (acetylated) or silenced (deacetylated) state and are necessary for marking DNA sequences for methylation, although the details remain undetermined.« (Bernal et al. 2011: 246)
- 8 »NGFI-A binding« steht für »nerve growth factor-inducible protein A« (Weaver et al. 2007: 1756). Der Nervenwachstumsfaktor ist ein Protein und relevant für das Wachstum einiger Regionen im Nervensystem von Säugetieren.
- 9 Die »hypothalamic-pituitary-adrenal axis« (HPA) bezeichnet die komplexe Wechselwirkung verschiedener Hormondrüsen und somit die Hormonsteuerung (vgl. Kleine, Rossmanith 2021: 16). »Die adäquate Antwort auf Stress hängt bei Säugern von einer funktionsfähigen hypothalamisch-hypophysär-adrenalen Achse (HPAA) ab.« (ebd.: 34)

are sustained over the lifespan of the animal.« (ebd., H.i.O.) Mütterliches Verhalten bei Ratten würde zu permanenten Veränderungen der Entwicklung der Stressbewältigung führen, und zwar durch gewebespezifische Genexpression. Denn der erwachsene Nachwuchs viel pflegender Mütter zeige eine erhöhte GR-Expression im Hippocampus und geringere HPA-Stressbewältigung: »suggesting that the difference in hippocampal GR expression serves as a mechanism for the effect of early experience on the development of individual differences in HPA responses to stress.« (ebd.) Ähnlich wie andere Studien weist auch die von Weaver et al. (2004) auf die Relevanz der frühen Entwicklungsphase hin: Unterschiede in der Methylierung entstünden zu Beginn, wenn die Divergenzen im mütterlichen Pflegeverhalten offensichtlich seien. Die ersten Wochen nach der Geburt werden als bedeutend gesehen für epigenetische Veränderungen (vgl. Weaver et al. 2004: 850).

Zudem interessierte die Wissenschaftler\_innen, ob die epigenetischen Markierungen reversibel sind. Dazu verabreichten sie ein Antibiotikum (»trichostatin A«, kurz TSA) und stellten fest, dass die TSA-Behandlung zu größeren Veränderungen in der DNA-Methylierung führt als mütterliche Pflege. Die DNA-Methylierungsmarkierungen durch mütterliches Verhalten sind durch pharmakologische Veränderungen der Chromatinstruktur im Hippocampus des erwachsenen Nachwuchses umkehrbar. (vgl. ebd.: 851). Durch Infusion von TSA werden somit die mütterlichen Effekte auf die HPA-Stressreaktion eliminiert.

Die Studie schließt mit einer kurzen Diskussion, bevor die Autor\_innen zu einer ausführlichen Beschreibung ihrer Methoden kommen. Es werden erneut zentrale Ergebnisse zusammengefasst, aber eingeräumt, dass die genaue kausale Beziehung zwischen DNA-Methylierung, veränderter Histonacetylierung und NGFI-A-Bindung nach wie vor zu bestimmen sei und offen bleibe (vgl. ebd.: 852). Die Autor\_innen nehmen an, dass Effekte auf die Chromatinstruktur wie hier beschrieben als Zwischenprozesse dienen, welche die dynamischen umweltabhängigen Erfahrungen auf das Genom einschreiben und somit »the nature of gene-environment interactions« (ebd.) klären würden.

Insgesamt beschreibt diese Studie sehr ausführlich und in vielen sich wiederholenden Aussagen etwas über minimale epigenetische Veränderungen und führt damit assoziierte biochemische Prozesse detailliert an. Am Ende wird die Bedeutung des umweltabhängigen Einflusses angesprochen.

»Epigenetic modifications of targeted regulatory sequences in response to even reasonably subtle variations in environmental conditions might then serve as a major source of epigenetic variation in gene expression and function, and ultimately as a process mediating such maternal effects.« (ebd.)

#### 4.4.2 Der Einfluss mütterlichen Pflegeverhaltens auf die Stressbewältigung der Nachfahr\_innen

Ähnlich wie die vorherigen Studien beruht auch diese vor allem auf statistischen Analysen, wenngleich hier die Beschreibungen molekularbiologischer Prozesse und Untersuchungen sehr viel Platz einnehmen. Die Autor\_innen fokussieren epigenetische Mechanismen (DNA-Methylierung, Genexpression), stellen ihre Bedeutsamkeit aber besonders auf Basis statistischer Zusammenhänge heraus. Biochemische Untersuchungen und quantitative Verfahren werden kombiniert, um zu veranschaulichen, dass unterschiedliches mütterliches Pflegeverhalten epigenetische Markierungen beeinflusst, die verschiedene molekularbiologische Prozesse prägen und unter anderem zu unterschiedlicher Stressbewältigungsfähigkeit führen.

Zunächst arbeite ich heraus, was Weaver et al. unter Epigenetik verstehen. Die Autor\_innen sprechen sowohl von Epigenom und epigenetischem Status als auch von epigenetischen Prozessen und Mechanismen (vgl. z.B. ebd.: 847; 848). Unklar ist mir, ob eine bewusste Trennung zwischen epigenetischem Zustand und epigenetischen Prozessen gemacht oder die Begriffe zufällig gewählt werden. Das Epigenom, der epigenetische Ist-Zustand, wird als die Genexpression steuernd beschrieben. Die Erklärung »methylation pattern is a stable signature of the epigenetic status« (ebd.: 848) deutet auf den aktiven Einfluss der Epigenetik als Status hin. Epigenetik erscheint hier also sowohl stabil als auch dynamisch.

Trotz unterschiedlicher Begrifflichkeiten wird deutlich: Es geht um Veränderungen des Epigenoms und um epigenetische Variationen unter den Jungtieren. Als epigenetischer Status oder epigenetische Markierung wird die Methylierung verstanden. Die epigenetische Markierung wird als die Genexpression regulierend aufgefasst, genau wie das Epigenom. Mütterliches Verhalten übt Einfluss, indem es den epigenetischen Status (das Epigenom, die Methylierung) verändert. Zudem wird davon gesprochen, dass auch epigenetische Prozesse und Veränderungen etwas regulieren. Beide – epigenetischer Status und epigenetische Prozesse – werden also unterschieden und Epigenetik somit verschiedene Funktionen und Zustände zugestanden.

Epigenetische Markierungen, das Epigenom beziehungsweise die Methylierung beeinflussen die Genexpression und auch der mütterlichen Pflege wird dies zugeschrieben. In dem Weaver et al. schreiben, dass die mütterliche Pflege die Genexpression durch epigenetische Veränderungen beeinflusst, wird der Expression eine Vermittlerrolle zu Teil: »the experience of the mother is translated through an epigenetic mechanism of inheritance into phenotypic variations in the offspring« (ebd.: 852). Die Autor\_innen formulieren, dass mütterliches Verhalten auf die Genexpression einwirke, genau wie auf das Epigenom und den epigenetischen Status und die mütterliche Pflege auch die epigenetische

Markierung verändere. Zusätzlich heißt es, dass die mütterliche Fürsorge durch epigenetische Mechanismen in phänotypische Variationen übersetzt wird. Die Genexpression wird beeinflusst von epigenetischem Status und Methylierung und diese von mütterlichem Pflegeverhalten. Somit scheinen epigenetische Markierung sowie epigenetische Mechanismen oder Programmierungen als »Übersetzer« epigenetischer Variationen in der Genexpression zu fungieren.

Der Titel der Studie macht deutlich, dass mütterliches Verhalten als zentraler Umweltfaktor auf epigenetische Markierungen im Fokus steht. Die Autor\_innen untersuchen die Intensität des Leckens und Pflegens und sprechen von »pup licking and grooming (LG)« sowie »arched-back nursing (ABN)« (ebd.: 847). Sie nutzen hierfür im weiteren Verlauf Abkürzungen (LG, ABN). Bei der Bezeichnung der Rattenmütter als entweder »low-LG-ABN mothers« oder »high-LG-ABN mothers« (ebd.: 848) entsteht der Eindruck, die unterschiedlichen Verhaltensweisen in formalisierbare Größen wandeln zu können. So auch, wenn Weaver et al. »maternal effects« (ebd.: 847) schreiben, welche jedoch von mütterlichem Verhalten unterschieden werden.

Die mütterlichen Verhaltensweisen (»maternal behavior« (ebd.: 847)) werden als die Schalthebel beschrieben, die epigenetische Prägungen verursachen, unterschieden werden hier die zwei Formen: wenig und viel pflegend. Obwohl es sich um Verhaltensweisen handelt, werden diese weniger individuell als eher mechanisch beschrieben und darüber auch formalisiert. Dabei werden die mütterlichen Verhaltensweisen in kausalen Zusammenhang mit epigenetischen Markierungen und Prozessen gebracht. Wann genau eine Rattenmutter als low- oder als high-LG-ABN gilt, wird nicht ausgeführt. Stattdessen werden nur der Kontakt zwischen Rattenmutter und Neugeborenem und das Pflegeverhalten beschrieben. Dabei scheinen die Autor\_innen sich auf eine gängige Unterscheidung von Verhalten zu beziehen: »There are stable individual differences in two forms of maternal behavior – LG and ABN – over the first week of lactation.« (ebd.: 847) Während sie hier auf vier andere Studien verweisen, beziehen sie sich im darauffolgenden Satz auf »biologische Tatsachen«, wenn sie von »[s]uch naturally occurring variations« sprechen. Erneut erscheinen Verhaltensweisen nicht als individuell, sondern als determiniert und in nur zwei Varianten existierend.

Bemerkenswert ist, auf was sich die unterschiedlichen Pflegeverhalten und mütterlichen Effekte genau auswirken sollen und welche Rolle ihnen damit zugeschrieben wird: Mütterliches Verhalten sowie mütterliche Effekte beeinflussen, programmieren und markieren DNA-Sequenzen für die Übermittlung unterschiedlicher Stressresonanzen, so die Autor\_innen. So wie die epigenetischen Mechanismen als Mittlerinnen der epigenetischen Variationen verhandelt werden, wird also einerseits die biologische Seite beschrieben, mit dem mütterlichen Einfluss auf Stressresonanz andererseits eine soziale. Während es nur um eine kurze Phase der Pflege geht, sind die Effekte langfristig und resultieren in langfristigen

Umweltprogrammierungen und Veränderungen von Genexpression und -funktion (vgl. ebd.: 852). Die mütterlichen Pflegeverhalten wirken sich als mütterliche Effekte in Form von »environmental programming« (ebd.) aus. Welche weiteren Effekte dazwischengeschaltet werden, bleibt ungeklärt.

Beschrieben werden komplexe epigenetische Prozesse, die durch viel und wenig Pflege jeweils auf andere Weise ablaufen. Zentral dabei ist die DNA-Methylierung. Dabei wird immer wieder die HPA-Reaktion auf Stress erwähnt und der Einfluss mütterlichen Pflegeverhaltens auf die Stressbewältigungsfähigkeit des Nachwuchses. Ohne Verweis auf epigenetische Vererbungsprozesse könnte man diese Übertragung auch als frühe Prägung verstehen. In der Studie von Weaver et al. wird jedoch sowohl der mütterlichen Pflege als auch der Stressbewältigung ein epigenetisches Fundament unterbreitet und mit molekularbiologischen Prozessen in kausale Relationen gesetzt. Hier wird die GR-Expression als Mechanismus für die Effekte frühkindlicher Erfahrungen auf individuelle Unterschiede in der HPA-Stressbewältigung beschrieben. Mütterliches Pflegeverhalten wirkt sich demnach über epigenetische Mechanismen auf Verhaltensweisen im Nachwuchs aus. So wird der Zusammenhang äußerer Verhaltensmerkmale und epigenetischer Prozesse aufgezeigt. Doch macht dies auch den Eindruck einer Determinierung der Verhaltensweisen, denn die epigenetischen Mechanismen erscheinen hier als unumgehbarer Überträger des äußeren Einflusses mütterlicher Pflege auf die Stressresistenz der Jungtiere. Wie bei McGowan et al. (2008) sind auch in dieser Studie die Grenzen zwischen Natur/Kultur, Biologie/Sozialem und Körperinnen/Körperaußen und eine Gen/Umwelt-Interaktion nicht mehr erkennbar. Vielmehr geht es um dynamische Prozesse, in denen sich beide Pole jeweils verbinden und überschneiden.

Ohne, dass die unterschiedlichen Pflegeverhalten der Ratten explizit gewertet werden, ist die »low-LG-ABN«-Rattenmutter weniger positiv konnotiert als die viel Pflegende. Schließlich treten beim Nachwuchs der viel pflegenden Mütter solche epigenetischen Markierungen und Mechanismen auf, die mit größerer Stressbewältigungsfähigkeit assoziiert sind. Mit der Frage nach der Reversibilität taucht nun ein weiterer Aspekt auf, nämlich die pharmakologische Veränderung, die als erfolgreich bei den weniger gepflegten Jungtieren beschrieben wird. Die Autor\_innen halten fest, dass die DNA-Methylierungsmarkierung aufgrund mütterlichen Verhaltens durch pharmakologische Veränderungen der Chromatinstruktur wieder rückgängig gemacht werden kann. Mütterliches Pflegeverhalten wird nicht nur als Einflussfaktor, sondern auch als verantwortliche Ursache dafür gesehen, dass mittels epigenetischer Mechanismen die Stressresistenz des Nachwuchses besser oder schlechter ist. Die Rattenmutter wird für die Stressbewältigung des Nachwuchses verantwortlich gemacht, weil ihr Pflegeverhalten über epigenetische Prozesse die Stressbewältigung der Nachkomm\_innen prägt. Des Weiteren wird ein bestimmtes Pflegeverhalten als weniger pflegend beschrieben und überprüft, ob

seine Folgen mit Hilfe pharmakologischer Behandlungen reversibel sind, also mittels Substanzen, die im Zusammenhang mit Erkrankungen, ›Störungen‹ oder ›Abweichungen‹ eingesetzt werden. Aus der Studie von Weaver et al. ließe sich ableiten, dass Nachwuchs wenig pflegender Rattenmütter pharmakologisch behandelt werden muss, um eine vergleichbare Fähigkeit zur Stressbewältigung aufzuweisen wie der Nachwuchs viel pflegender Mütter. Das weniger pflegende Verhalten und die geringere Stressresonanz könnte man als abweichend und pathologisch auffassen und intensive mütterliche Pflege als gut und richtig. Das bedient ein heteronormatives, tradiertes Bild der Rolle von Müttern als sehr fürsorgend.<sup>10</sup>

Es lässt sich festhalten, dass mütterliches Verhalten als Umweltfaktor untersucht und durch die Bezeichnung als mütterlicher Effekt und in formalisierter Abkürzung determiniert und biologisiert wird: Verhaltensweisen werden in nur zwei unterschiedliche Formen geteilt und operationalisiert. Es macht nicht den Anschein, als hätten die Autor\_innen Schwierigkeiten damit gehabt, den Einfluss eines Umweltfaktors – hier Verhaltensweisen – zu untersuchen. Im Gegenteil wird der Eindruck erweckt, dass komplexe Aspekte wie Erfahrungen und Pflegeverhalten einfach übertragbar und erforschbar sind. Verhaltensweisen werden in Programmierungen und Effekte übersetzt und so determiniert.

Zur Verwendung des Umweltbegriffs bei Weaver et al. ist besonders die kurze Diskussion der Studie relevant. Die Autor\_innen formulieren hier den Anspruch, gemeinsam mit anderen Studien zur Aufklärung eines komplexen Zusammenhangs beizutragen: »the nature of gene-environment interactions« (Weaver et al. 2004: 852) In der Untersuchung des Einflusses von Umweltfaktoren wie mütterlichem Pflegeverhalten auf epigenetische Markierungen, die wiederum die Fähigkeit zur Stressbewältigung beeinflussen, wird die Möglichkeit gesehen, ein sehr komplexes Verhältnis und Wechselspiel präzise klären zu können. Damit messen die Autor\_innen diesen Studien sehr viel Potenzial zu, schreiben aber gegen Ende ihrer Studie mehrfach, dass bestimmte Aspekte ihrer hochspezialisierten Forschungsfragen noch ungeklärt sind (vgl. ebd.) und formulieren weitere Unsicherheiten und Wissenslücken (vgl. ebd.: 847).

In Zusammenhang mit dem Umweltbegriff ist zudem von Bedeutung, welche Rolle den verschiedenen Funktionen zugeschrieben wird: Die Gen/Umwelt-Interaktion wird hier vom Phänotyp des Nachwuchses und der mütterlichen Pflege gebildet. Dazwischen stehen epigenetische Mechanismen, die ich weiter oben als Übersetzungsmechanismen gedeutet habe. Das artikuliert sich auch, wenn die Autor\_innen schreiben, dass Effekte wie die mütterliche Pflege in ›environmental programming‹ resultieren und so die Genexpression und -funktion langfristig

10 Diese Studie habe ich an anderer Stelle in Ansätzen einer wissenschaftskritischen Analyse unterzogen und diese Kritik weiter ausgeführt (vgl. Krall 2018).

beeinflussen. Gleichzeitig werden die epigenetischen Modifikationen, die auf Umweltveränderungen reagieren, als »major source of epigenetic variations in gene expression and function« (ebd.: 852) beschrieben. Einfach ausgedrückt beeinflussen Umweltfaktoren die Genexpression, oder, genauer gesagt, wirken sich epigenetische Modifikationen aufgrund von Umwelteinflüssen auf epigenetische Variationen in der Genexpression aus. Das bezeichnen Weaver et al. als »an intermediate process that imprints dynamic environmental experiences on the fixed genome, resulting in stable alterations in phenotype.« (ebd.) Die Umwelteinflüsse wirken also über oder durch epigenetische Mechanismen auf das Gen. Somit ist Epigenetik hier zwischen Gen und Umwelt positioniert, wie sich ebenfalls in ihrer Rolle als Übersetzerin oder Vermittlerin ausdrückt. Epigenetik steht auch in der Studie von Weaver et al. zwischen Gen/Umwelt und Natur/Kultur und nimmt eine Vermittlerinnenrolle ein.

Neben der Übersetzer- und Vermittlerinnenrolle der Epigenetik lässt sich aus der Textanalyse von Weaver et al. (2004) resümieren, dass die Mütter nicht bloß zentraler Einflussfaktor sind, sondern für die Stressbewältigungsfähigkeit des Nachwuchses verantwortlich gemacht werden. Das mütterliche Pflegeverhalten spielt eine Rolle in biologistischen und deterministischen Argumentationen, ermöglicht aber auch, die binäre Grenzsetzung von Gen/Umwelt oder Natur/Sozialem aufzuweichen, und deutet damit auf ambivalente Wechselverhältnisse hin.

## 4.5 Gapp et al.: Implications of sperm RNAs of the effects of early trauma

Die Studie »Implications of sperm RNAs in transgenerational inheritance of the effects of early trauma in mice« wurde 2014 von Katharina Gapp und acht Kolleg\_innen aus Forschungseinrichtungen in Cambridge (UK), Genf und Zürich (Schweiz) in der Nature Neuroscience veröffentlicht und untersucht ebenfalls Nagetiere. Sie umfasst fünf Seiten. Über die Homepage der Zeitschrift ist eine zusätzliche Datei mit Abbildungen abrufbar, die hier jedoch keine Beachtung finden.

### 4.5.1 Zusammenfassung der Studie

Gapp et al. gehen der Frage nach, welche Bedeutung sncRNA<sup>11</sup> im Sperma von Mäusen bei der Übertragung von Effekten hat, die durch traumatischen Stress be-

---

<sup>11</sup> Hinter der Abkürzung steht die Bezeichnung >short non-coding RNA, also kurze nicht-codierende RNA. Dies bezeichnet verschiedene RNAs, unter anderem die hier untersuchten miRNA und piRNA, die nicht – anders als etwa mRNA – in Proteine übersetzt werden.