



# Inhalt

<b>1. Einleitung</b> .....	1
<b>2. Theoretische Hintergründe</b> .....	4
<b>2.1 Aktueller Forschungsstand in der Fachwissenschaft</b> .....	5
2.1.1 Exkurs Grundlagen der aktuellen epigenetischen Forschung .....	5
2.1.2 Epigenetik im Umwelt-Vererbungs-Kontext.....	6
2.1.3 Epigenetik, die Weismann Barriere und die Mendelschen Regeln .....	8
2.1.4 Epigenetik in der modernen Medizin.....	11
<b>2.2 Aktueller Forschungsstand in der Fachdidaktik</b> .....	12
2.2.1 (Überfachliche) Ziele des naturwissenschaftlichen Biologieunterrichts .....	13
2.2.2 Unterrichtsmaterial .....	15
2.2.3 Unterrichtsforschung .....	16
2.2.4 Schüler_innenvorstellungen zur (Epi-)Genetik.....	18
<b>3. Empirischer Teil</b> .....	20
<b>3.1 Fragestellung und Forschungsgegenstand</b> .....	20
<b>3.2 Forschungsfeld</b> .....	22
<b>3.3 Methodik</b> .....	23
3.3.1.1 Methodische Begründung .....	24
3.3.1.2 Didaktische Begründung .....	26
3.3.2 Fragebogen.....	27
3.3.2.1 Wissenstest .....	28
3.3.2.2 Schüler_innenvorstellungen.....	29
3.3.2.3 Feedback.....	29
3.3.3 Leitfadeninterview.....	29
3.3.4 Mixed Methods .....	32
<b>3.4 Auswertung</b> .....	33
3.4.1 Quantitative Auswertung Fragebogen mit SPSS.....	34
3.4.2 Qualitative Auswertung Leitfadeninterview .....	35
3.4.3.1 Transkription mit f4.....	35
3.4.3.2. Kodierung mit MAXQDA .....	36
3.4.3.3 Qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring .....	36
<b>3.5 Ergebnisse</b> .....	37
3.5.1 Ergebnisse statistische Auswertung .....	38
3.5.2 Ergebnisse der qualitativen Inhaltsanalyse.....	39
<b>3.6 Diskussion</b> .....	40
3.6.1 Interpretation der Ergebnisse.....	40
3.6.1.1 Quantitativer Methodenstrang .....	40

3.6.1.2 Qualitativer Methodenstrang .....	42
3.6.1.3 Mixing/Integration.....	45
3.6.2 Reflexion der Forschung.....	45
<b>4. Fazit</b> .....	<b>48</b>
<b>5. Literaturverzeichnis</b> .....	<b>51</b>
<b>Anhang</b> .....	<b>57</b>
I. Epigenetik in den Lehrplänen der Bundesländer.....	57
II. Unterrichtsentwurf Intervention .....	58
III. Unterrichtsmaterial Intervention.....	63
IV. Ergebnisse Intervention.....	86
V. Fragebogen .....	94
VI. Codebuch SPSS für die Fragebogenauswertung .....	98
VII. Diagramme Häufigkeitsverteilung.....	101
VIII. Kreuztabellen .....	109
X. Leitfadeninterview.....	113
XI. Transkripte .....	115
XII. Kodierleitfaden .....	130
XIII. Induktive Kategorienbildung .....	133
XIV. Zusammenfassung und Reduktion II .....	148
XV. Side-by-Side-Display.....	150
<b>Digitale Fassung der Arbeit</b> .....	<b>152</b>
<b>Eidesstattliche Erklärung</b> .....	<b>153</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: A model for the involvement of extracellular vesicles in the intergenerational transmission of environmental stressors (Eaton et al. 2015, S. 1167).....	8
Abbildung 2: Rahmenmodell der Gesundheits-kompetenz (Zeyer&Odermatt 2009, S. 271). 14	
Abbildung 3: Modell der "shared beliefs" (Morgan 2007, S. 71). .....	33
Abbildung 4: Codesystem MAXQDA. ....	36

# 1. Einleitung

*„Epigenetics is one of the hottest fields in the life sciences. It’s a phenomenon with wide-ranging, powerful effects on many aspects of biology, and enormous potential in human medicine. As such, its ability to fill in some of the gaps in our scientific knowledge is mentioned everywhere from academic journals to the mainstream media to some of the less scientifically rigorous corners of the Internet.“ (Ennis 2014)*

Dieses Zitat stammt von Cath Ennis, einer kanadischen Forscherin, Buchautorin mit einem Dokortitel in Genetik, die für das International Human Epigenome Consortium (IHEC) und das Environment and Health Research Consortium (CEEHRC) arbeitet. Mit ihrer Aussage stellt sie heraus, dass Epigenetik eines der spektakulärsten Phänomene sei, die momentan sowohl in wissenschaftlichen Aufsätzen als auch in den Massenmedien weit verbreitet ist. Dieses Thema berührt viele Aspekte der Biologie und besitzt ein enormes Potential in der Humanmedizin. Epigenetik steht im starken Fokus der naturwissenschaftlichen Aufmerksamkeit. Allerdings ist das neue Forschungsfeld der Epigenetik noch nicht in den Massenmedien angekommen und ist der breiten Öffentlichkeit in Deutschland das mittlerweile etablierte Forschungsgebiet weitgehend unbekannt.

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) hat die Wichtigkeit und das Potential der epigenetischen Forschung erkannt, sodass es eine deutsche Beteiligung am IHEC-Programm fördert (Laplace 2011). Das IHEC setzt sich aus Forschungsinstitutionen verschiedener Länder zusammen und hat zum Ziel, das Humanepigenom zu erforschen und zu entschlüsseln, in welcher Weise sich epigenetische Veränderungen auf Gesundheit und Krankheit von Menschen auswirken (IHEC 2015). Mittlerweile ist das BMBF an der Forschung zum Humanepigenom bei IHEC im Rahmen des DEEP-Projektes („Deutsches Epigenom Projekt“) beteiligt (Bundesministerium für Bildung und Forschung 2017). Aber die Forschung ist nicht der einzige Bestandteil in diesem politischen Ressort. Neben der Forschung fällt vor allem auch der Bildungssektor in den Aufgabenbereich des BMBF. Beide Aufgabenbereiche des BMBF werden wie folgt beschrieben: „Bildung und Forschung sind die Grundlagen, auf denen wir in einer Welt des Wandels unsere Zukunft aufbauen.“ (Bundesministerium für Bildung und Forschung 2018). Weiter heißt es, dass im Zuge der Globalisierung Schüler\_innen auf die schnellen Veränderungen vorbereitet werden müssen (ebd.). Daraus lässt sich schließen, dass eine Verknüpfung von Bildung und Forschung als Grundlage im Schulunterricht wünschenswert ist, damit es Kindern und Jugendlichen möglich wird, auf die Anforderungen der sich rasch entwickelnden Welt angemessen reagieren und an der Gestaltung der Gesellschaft partizipieren zu können. Im Forschungsbereich des BMBF ist seit sieben Jahren das Potenzial der Epigenetik bekannt, also eine Hälfte der grundlegenden Aufgaben wird erfüllt. Im Bildungsbereich jedoch taucht der Unterrichtsgegenstand in kaum

einem Kerncurriculum auf (s. Anhang I.), obwohl einige Lehrpläne in Deutschland bereits mehrfach seit Beginn der epigenetischen Forschung überarbeitet wurden. Einerseits könnte dies auf den Föderalismus in der Bildungspolitik zurückgeführt werden, also die Kultushoheit der Länder, andererseits sollten die Kultusministerien der Länder mit ihren Bildungsaufträgen denselben Aufgabenbereich im Bildungssektor erfüllen, wie das Bundesministerium.

Das Ungleichgewicht von Forschung und Bildung auf das Thema Epigenetik bezogen, wird in dieser Arbeit aufgegriffen und thematisiert. Der Vorsprung der Forschung gegenüber der Schulbildung sollte verkleinert werden und aktuelle Inhalte sollten Einzug in die Lehrpläne finden, um den Lernenden eine moderne Schulbildung – hier auf die Naturwissenschaften, speziell auf das Fach Biologie bezogen – zu bieten, wie es den Aufgaben von Bundesministerium und Kultusministerien entspricht.

Gemeinsam mit dem Zitat der Forscherin Ennis bildet dies den Einstieg zu einer Arbeit, die moderne und gesellschaftlich relevante naturwissenschaftliche Forschung aufgreifen und mit naturwissenschaftlicher Fachdidaktik verknüpfen möchte. Exemplarisch dafür wird das Thema Epigenetik gewählt, da es sich anhand der Aktualität und Brisanz der neuen Forschungsergebnisse in Bezug auf den Menschen, seine Gesundheit und die daraus resultierende Generationenverantwortlichkeit (Spork 2017) sehr gut eignet, in das Kerncurriculum weiterführender Schulen aufgenommen zu werden, speziell im Bereich der Sekundarstufe I. Da diese Stufe von allen Schüler\_innen besucht wird, aber Epigenetik bis jetzt nur in der Sekundarstufe II in Gymnasien gelehrt wird, würde ein Einsatz in der Sek I die Zielgruppe deutlich erweitern. Eine Übersicht, welche dieser Umstand näher erläutert, wird im Anhang bereitgestellt.

Der Fokus dieses Themenfeldes liegt im Fachbereich Biologie, da Epigenetik hauptsächlich diesem Bereich zugeordnet ist. Anhand dieses Unterrichtsgegenstandes soll aufgezeigt werden, dass Schüler\_innen lebenswissenschaftlich relevante Inhalte kennenlernen, diese verstehen und deren Relevanz für sich selbst und in dieser und einer zukünftigen Gesellschaft bewerten können. Zusätzlich zeichnet sich Epigenetik als Unterrichtsgegenstand dadurch aus, dass er für die Schüler\_innen sowohl einen Lebensweltbezug als auch eine Zukunftsbedeutung bietet (Klafki 2007). Eine ausführliche Ausarbeitung auf die Fachdidaktik bezogen erfolgt in den entsprechenden Kapiteln (Kapitel 2.2 und 3.3.1).

Insgesamt richtet sich die Arbeit in ihrer Entwicklung nach den fünf Phasen des Forschungsablaufes nach Atteslander (2010), in der Problem- und Gegenstandsbenennung, Anwendung der Forschungsmethoden (Durchführung), Auswertungsverfahren (Analyse) und die Verwendung von Ergebnissen die Forschungsentwicklung und den -prozess klar aufgliedern. In der vorliegenden Masterarbeit werden in einem ersten Schritt theoretische Grundlagen angeboten, die sich einerseits mit einer Einführung und einem kurzen Überblick mit dem Thema Epigenetik als fachwissenschaftlichen Anteil auseinandersetzen und

andererseits mit dem der fachdidaktischen Umsetzung naturwissenschaftlicher Inhalte. Diese bilden gemeinsam den theoretischen Hintergrund und münden in den aktuellen Forschungsstand, der sich ebenfalls in Fachwissen und Fachdidaktik aufteilt, um zum Ende des Kapitels in einer Fragestellung verknüpft zu werden.

Im empirischen Teil dieser Arbeit wird das Forschungsfeld vorgestellt und beschrieben, welches aus zwei Kursen einer integrierten Gesamtschule (IGS) in Niedersachsen besteht. Daran anknüpfend werden die Forschungsinstrumente erläutert, die im Forschungsfeld eingesetzt wurden und warum diese Methoden ausgewählt wurden. In dieser Forschung wird versucht, anhand von Fragebögen (Pre- und Posttest) in Bezug auf eine Intervention zu ermitteln, ob und in welchem Maß die Schüler\_innen das Thema „Epigenetik“ verstehen und bewerten. Die Antworten der Schüler\_innen werden statistisch ausgewertet. Ergänzt wird die schriftliche Befragung durch einige Schüler\_inneninterviews aus der Stichprobe, deren Ergebnisse qualitativ analysiert und ausgewertet werden. An die Auswertung, in der das Vorgehen der Analysen beschrieben wird, schließt sich der Ergebnisteil an, in dem die Ergebnisse anhand von Tabellen, Zahlenwerten und Grafiken dargestellt werden. Die empirische Forschung ist entscheidend, um auf der Forschungsebene Daten zu erheben und so zu ermitteln, wie verständlich Epigenetik für Schüler\_innen generell ist und ob sich die Vorstellungen der Lernenden gemäß den neuen Forschungserkenntnissen in diesem Fachbereich verändern. Zusätzlich ist die Ermittlung der Reflexion wichtig, welche die Schüler\_innen nach der Intervention vollziehen, um die Themen auf die eigene Selbstwirksamkeit zu beziehen.

Im vierten und vorletzten Kapitel werden die zuvor ausgewerteten und dargestellten Ergebnisse interpretiert und diskutiert. Ebenfalls werden die Fragen der Forschung beantwortet und die Grenzen der Forschung benannt und insgesamt kritisch reflektiert. Die Arbeit schließt mit dem Fazit, welches Handlungsempfehlungen von den Forschungsergebnissen ableitet und einen Ausblick in die Zukunft von Epigenetik als naturwissenschaftliches Unterrichtsthema für die Sekundarstufe I an allen weiterführenden Schulen gibt, welches den jungen Mitgliedern dieser Gesellschaft nicht vorenthalten werden sollte.

## 2. Theoretische Hintergründe

Um zu Beginn der Arbeit ein besseres Verständnis zu schaffen, werden zwei relevante Begriffe definiert, wie sie hier verstanden und angewendet werden – modern und lebenswissenschaftlich. Modern bedeutet nicht nur zeitgemäß. Auf der Onlineplattform des Duden passt diese Definition am besten in den Kontext dieser Arbeit: „dem neuesten Stand der geschichtlichen, gesellschaftlichen, kulturellen, technischen [...] Entwicklung entsprechend; neuzeitlich, heutig, zeitgemäß“ (Duden.de 2018). Der Begriff schließt hier verschiedene Dimensionen ein: Zeitgemäß, da der Anspruch im Unterricht sein sollte, den Schüler\_innen Fakten aufzuzeigen, die aufgrund ihrer Aktualität noch fachlich richtig und nicht widerlegt wurden (s. Weismann-Barriere, Kapitel 2.1.3). Der gesellschaftlichen Entwicklung entsprechend, da das Thema Epigenetik aufgrund neuester Studien sowohl für die Gesellschaft als auch für das Individuum Schüler\_in von allgemeinem Interesse ist und neueste Erkenntnisse Auswirkungen auf die Lebensweise der Menschen haben können. Dem neuesten Stand entsprechend, da ein Fachbereich stets neu evaluieren muss, ob die Inhalte – vor allem im Bereich der Naturwissenschaften – noch aktuell, relevant und somit modern sind. Auch sollte überlegt werden, ob insbesondere der molekulare Anteil des Genetik- bzw. herkömmlichen Epigenetik-Unterrichtes nicht deutlich reduziert werden sollte, zu Gunsten des letzten Punktes – Verständlichkeit. Epigenetikunterricht, der am Anfang seiner Entwicklung und Einführung in alle Schularten steht, sollte bereits so entwickelt werden, dass er diesen Ansprüchen gerecht wird. Das schließt ein, dass Einstieg und Zugänglichkeit für die Lernenden leicht gestaltet werden sollte.

Ein weiterer zentraler Begriff aus dem Titel der Arbeit lautet *lebenswissenschaftlich*. Die Lebenswissenschaften wurden bereits in der Bachelorarbeit der Autorin ausführlich definiert und bestehen aus einem Konglomerat der Fachbereiche von z.B. Medizin, Ökotrophologie und Pharmakologie (Egger 2016). Dies soll nochmals auf die Wichtigkeit von Epigenetik in den Bereichen der Gesundheit und Gesunderhaltung hinweisen, die im Kapitel zu den überfachlichen Zielen des Biologieunterrichtes (s. Kapitel 2.2.1) ausführlich thematisiert werden.

Dieses Kapitel der theoretischen Hintergründe, bildet die Basis dieser Arbeit, aus deren Überlegungen heraus die empirische Forschung im nächsten Überkapitel (s. Kapitel 3.) entstanden ist. Es wird der aktuelle Forschungsstand der Fachwissenschaft und der Fachdidaktik vorgestellt und daraus Handlungsweisen begründet, die in die anschließende empirische Forschung münden. Im Kapitel des aktuellen Standes in der Fachwissenschaft sollen Studien aus verschiedenen Bereichen das breite Spektrum aufzeigen, das Epigenetik bietet und wie sehr dieses Fachgebiet mit grundlegenden Interessen einer modernen Gesellschaft verknüpft ist (Gesundheit und Krankheit, Vererbung und Umwelt, etc.). Auch wird

aufgezeigt, wie moderne Forschungen Ergebnisse aus älteren Forschungen widerlegen, diese aber immer noch Teil des Schulunterrichts sind, was dem Anspruch der Übermittlung von Faktenwissen im Schulunterricht widerspricht.

Im fachdidaktischen Teil wird zuerst der status quo in der Bundesrepublik Deutschland auf curricularer Ebene dargestellt, um festzustellen ob Epigenetik bereits flächendeckend im Schulunterricht verankert wurde. Des Weiteren werden zwei Unterrichtsstudien vorgestellt, die zwei Dimensionen von Epigenetik in der Schule darstellen (Drits-Esser et al. 2014; Mc Ewen 2015).

Auch wenn die Fachwissenschaften in der Fachdidaktik als Teildisziplin integriert sind, werden die Unterkapitel zum Stand der Forschung nochmals in die beiden genannten Bereiche aufgeteilt. Das dient der Übersichtlichkeit über dieses komplexe Themengebiet der Epigenetik, dessen neueste Forschungsergebnisse in viele Lebensbereiche hineinwirken. Dazu ergänzend steht die Fachdidaktik, in deren Rahmen dieser Unterrichtsgegenstand für eine breite Schüler\_innenschaft verständlich aufbereitet und vermittelt werden soll.

## **2.1 Aktueller Forschungsstand in der Fachwissenschaft**

Seit der Erstellung der Bachelorarbeit „Epigenetik – eine Lebenswissenschaft im Wandel“ (Egger 2016) sind zwei Jahre vergangen. In diesem Forschungsgebiet sind neue Studien und daraus resultierend einige Ergebnisse und neue Einsichten entstanden, die in dieser Masterarbeit aufgegriffen werden müssen, um dem Anspruch „modernen Naturwissenschaftsunterrichts“ gerecht zu werden. Im Folgenden werden nochmals im Überblick Epigenetik und ihre drei grundlegenden Funktionsmechanismen vorgestellt, um die im Anschluss daran aufgeführten aktuellsten Studien besser nachvollziehen zu können. Die neuesten Studien wurden in den Bereichen Neurobiologie, Entwicklungspsychologie, der Molekularbiologie und der Humanmedizin durchgeführt (Spork 2017) und entsprechen dem aktuellsten Forschungsstand. Exemplarisch werden in den folgenden Unterkapiteln einige Studien aufgegriffen, die auch das Potential verdeutlichen, das sich sowohl in der Forschung als auch in der Vermittlung dieses Themengebietes in den weiterführenden Schulen befindet.

### **2.1.1 Exkurs Grundlagen der aktuellen epigenetischen Forschung**

Seit 2003 befindet sich die biologische Forschung der Genetik im Zeitalter der Postgenomik, bzw. der Epigenetik und somit der Genregulationsforschung (Spork 2017). Die Epigenetik bezeichnet im Wesentlichen eine Übertragung von Information aus der „Erbe-Umwelt-Interaktion“ (ebd., S. 25), ohne dass sich die DNA-Sequenz verändert. Sie ist als Teilbereich der Genetik wesentlich an der Veränderung von (vererbaren) Genaktivitäten beteiligt und als spezifisch und reversibel anzusehen (Lehnert et al. 2018). Spezifisch, da Veränderungen im Gegensatz zu Mutationen in der DNA nicht zufällig geschehen, sondern bspw. die Genmuster



in einer Hautzelle so reguliert werden, dass daraus eine weitere Hautzelle entsteht und keine Leberzelle (ebd.). Reversibel, da sich epigenetische Genregulationen selbst aufheben oder z.B. durch epigenetisch wirksame Medikamente verändert werden können (ebd.). Metaphorisch kann auch der Vergleich herangezogen werden, dass die DNA die Hardware darstellt und die Epigene die Software (Spork 2017), also eine Programmier Eigenschaft besitzen und diese auf die Zellen des Körpers ausüben.

Dies wird im Gebiet der molekularen Epigenetik erforscht, die ein Teilgebiet der Molekulargenetik darstellt. Im Wesentlichen wird untersucht, wie epigenetische Mechanismen auf die Gene einwirken. Die Mechanismen, die eine Regulierung der Genexpression bewirken, heißen DNA-Methylierung, Histon-Modifikation und Veränderung durch Micro-RNAs<sup>1</sup> (miRNA). Beim ersten Mechanismus werden Gene an- oder abgeschaltet, indem sich Methylgruppen (-CH<sub>3</sub>) an Cytosine (C) binden und somit verhindern, dass die RNA bestimmte Proteine abschreiben und so kopieren kann. Das Gen ist nun inaktiv oder herunterreguliert. Durch die Acetylierung, also die Abspaltung dieser Methyl-Gruppe, ist das Gen wieder aktiv. Stoffe, aus denen die Methylgruppen bestehen, können auch extern durch bestimmte Nahrungsmittel zugeführt werden. Der zweite Mechanismus beschreibt eine Veränderung der Histone, bzw. des Chromatins (Gesamtheit der DNA und deren Proteine). Die DNA ist um bestimmte Histone gewickelt. Je nach epigenetischer Modifikation sind diese fester oder lockerer geschnürt, was eine erhöhte oder verminderte Ablesbarkeit der Gene bewirkt. Der dritte Mechanismus tritt ein, wenn die Messenger-RNA (mRNA) bereits ein Gen abgeschrieben hat, die daraus resultierende Bildung der kopierten Proteine aber durch die Bindung von Mikro-RNA (miRNA) an die mRNA unterdrückt wird (Lehnert et al. 2018).

### 2.1.2 Epigenetik im Umwelt-Vererbungs-Kontext

Es ist wissenschaftlich erwiesen, dass die epigenetischen Regulierungen der Genexpression bewirken, dass sich die DNA eines Organismus optimal an die Umwelt anpassen und auf Lebensbedingungen adäquat reagieren kann.

Ein Beispiel dafür sind verschiedene Arten des Wasserfloh (z.B. *Daphnia cucullata* oder *Daphnia longicephalia*), die innerhalb einer Generation auf eine veränderte Umwelt reagieren können (Harris et al. 2012). Epigenetische Veränderungen finden in den Eiern der Nachkommen statt oder in der morphologischen Gestalt in Form eines vergrößerten Stachels und dem Wachsen eines Helms (ebd.) (s. Anhang III.). Diese Gestaltveränderungen finden statt, wenn die Elterngeneration durch Messfühler einen erhöhten Anstieg von chemischen Stoffen misst, die einen Anstieg der Prädatorenpopulation in einem Gewässer meldet (Harris et al. 2012), da diese Prädatoren bestimmten chemischen Stoffe ausstoßen. Auf

---

<sup>1</sup> miRNA = Eine Variante der RNA, die an der Genexpression und somit an der Proteinbiosynthese beteiligt ist. Sie kann teilweise andere Gene stumm schalten („silencing“) und so ihre Aktivität hemmen. Antwerpes 2015.

molekulargenetischer Ebene werden die Gene angeschaltet (also demethyliert), die für das Wachstum der Schutzmechanismen für den Organismus ursächlich sind. Geht die Anzahl der Fressfeinde zurück, werden die Merkmale innerhalb einer Generation wieder zurückgebildet (ebd.).

Diese Studie ist ein Beispiel dafür, warum epigenetische Prozesse auch als Bindeglied oder auch Brücke zwischen der Umwelt und den Genen bezeichnet werden (Lehnert et al. 2018). Diese Prozesse führen zu Veränderungen, die mit den gespeicherten Informationen in der DNA verknüpft werden und auch in weniger komplexen Organismen eine zeitnahe Reaktion auf sich verändernde Umweltbedingungen zulassen.

Ein weiterer Kernbegriff ist im Kontext mit der Weitergabe von erworbenen Einflüssen zu nennen oder denen, die bereits von Geburt an in den Genen eines Organismus gespeichert sind: die „transgenerationalen Effekte“ (Spork 2017, S. 324). Diese Effekte können generationsübergreifend nicht nur an die unmittelbar folgende, sondern auch an weitere Generationen vererbt werden. Neu ist die Tatsache, dass selbst zu Lebzeiten erworbene Eigenschaften an die Nachkommen weitergegeben werden können, weshalb z.B. die Weismann-Barriere damit größtenteils widerlegt wurde (s. 2.1.3).

Eine Studie von Tracy Bale (Bale 2015) mit Labormäusen ergab, dass sich nicht nur die RNA-Strukturen in den Keimzellen männlicher Mäuse im Zusammenhang mit unterschiedlichen Umwelteinflüssen verändern, diese also weitervererbt werden können, sondern auch, dass diese Effekte selbst einige Generationen später im Verhalten der Mäuse zu erkennen waren, obwohl diese Mäusenachkommen mit den Ursprungsreizen selbst nie in Berührung gekommen sind. Die erste Generation der Mäuse des Experiments wurde mit verschiedenen Stressreizen getriggert (z.B. Geruch von Raubtieren, nächtliche Beleuchtung, etc.) und paarte sich nach sechs Wochen mit nicht gestressten Weibchen. Dieser Zeitraum ist notwendig, da in diesem Zyklus die Spermatogenese seit dem Stressreiz abgeschlossen ist (Bale 2015). Die Nachkommen der gestressten männlichen Mäuse zeigten ein stark verändertes Stressverhalten, denn sie schütteten nach demselben Stressreiz weniger Stresshormone aus, als Mäuse aus der Kontrollgruppe, waren also deutlich resistenter gegen Stressoren. Zusätzlich konnte eine Veränderung des Genaktivierungsmusters im paraventriculären Nucleus des Mäusegehirns festgestellt werden, welcher auch beim Menschen für die Stressreaktion eine wichtige Rolle spielt (ebd.). Die veränderten miRNAs in den Keimzellen des Spermiums, welche durch den Stress verändert waren, wurden zwei Jahre später durch künstliche Befruchtung in Leihmüttern ausgetragen, die nicht gestresst wurden. Die Nachkommen zeigten jedoch dieselben Veränderungen der Nachkommen des Ursprungsexperiments. Die Schlussfolgerung neben den transgenerationalen Effekten – die durch Umwelteinflüsse erworben werden können – ist die Tatsache, dass Erfahrungen von Vater und Mutter als epigenetisches Gedächtnis zusammen mit den Genen der Nachkommen

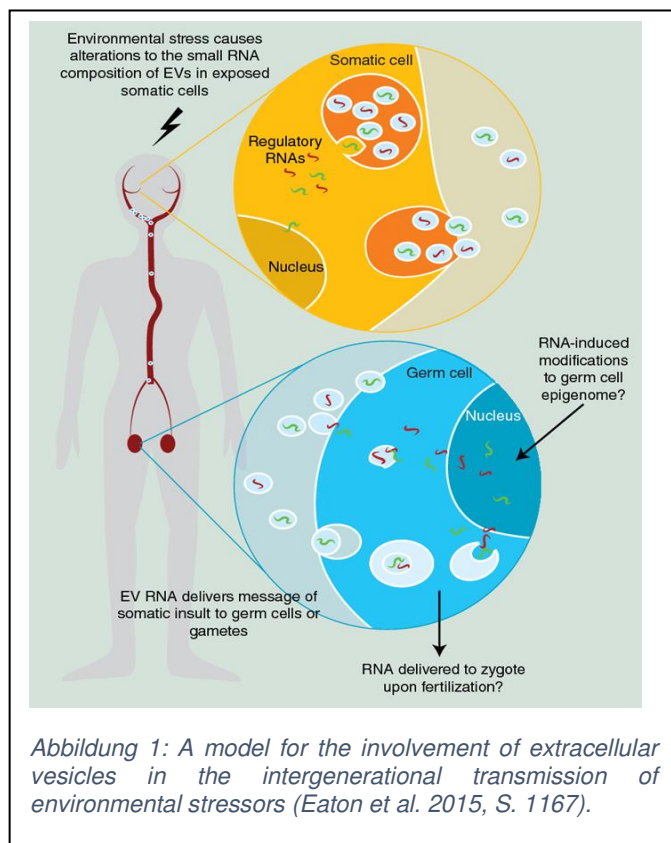
aktiviert werden können und beide Schaltpläne aus Erfahrungen im neuen Organismus existieren (Bale 2015).

### 2.1.3 Epigenetik, die Weismann Barriere und die Mendelschen Regeln

In diesem Kapitel werden zwei Themen aufgegriffen, die als Unterrichtsgegenstände noch immer in den Lehrplänen verankert sind und unüberarbeitet an Generationen von Schüler\_innen weitervermittelt werden, obwohl die Forschung bereits vor über fünf Jahren Ergebnisse lieferte, die beide großen Begriffe der Genetik durch das Entdecken epigenetisch wirksamer Prozesse widerlegen. Diese Beispiele stehen exemplarisch für das Plädieren auf eine grundlegende Überarbeitung und Evaluation von Unterrichtsinhalten zugunsten faktisch korrekter Vermittlung anhand aktueller Forschungsergebnisse in einem modernen Forschungsfeld.

In einem Werk von Hammann und Asshoff über „Schülervorstellungen im Biologieunterricht“, das 2017 in der dritten Auflage erschien (Hammann und Asshoff 2017), wird das vermeintliche Faktum dargestellt, dass die sog. Weismann-Barriere bei einem Erbgang die Weitergabe von Merkmalen der Eltern- auf die Folgegeneration, die beide oder ein Elternteil während des eigenen Lebens erworben haben, nicht in den Keimzellen vorhanden wäre. Die Barriere dient der Separierung von Körper- und Keimzellen. „Ebenso

wie [...] Weismanns Zeitgenossen denken einige Lernende, dass erworbene Merkmale ins Erbgut übergehen.“ (Hammann und Asshoff 2017, S. 162). Auch besitzen laut Weismann die erblichen Anlagen stärkere vererbare Eigenschaften als die Umwelteinflüsse, sodass Veränderungen der Merkmale in ihrer Übertragung unabhängig von der Außenwelt des Organismus auftreten würden (Gluhodedow 2012). Diese und weitere Grundlagen aus Weismanns Forschung werden als Ansatz ohne kritische Überprüfung und in Gluhodedows Sachbuch über „Biologie verstehen: Genetikunterricht in der Sekundarstufe I“ (2012) dargestellt. Entgegen den oben genannten Behauptungen steht eine Studie, die bereits 2015 publiziert wurde und im Titel der Forschung Weismanns Barriere in ihrer Gültigkeit in Frage stellt. In der Publikation „Roll over Weismann: extracellular vesicles in the



transgenerational transmission of environmental effects“ (Eaton et al. 2015) wird dargelegt, dass die Barriere der Keimzellen – anders als in Weismanns Forschung – überwunden wird. Die Mechanismen werden nun erläutert: Es wurden extrazelluläre Vesikel (EV) lokalisiert – auch „tiny intercellular messengers“ (Eaton et al. 2015, S. 1169) genannt – die in der RNA eine Überträgerfunktion einnehmen. Sie sind in verschiedenen Körperflüssigkeiten vorhanden und können z.B. auch vom Blut in das Gehirn diffundieren und somit die Blut-Hirn-Schranke<sup>2</sup> überwinden (ebd.). Im Zusammenspiel mit der RNA übertragen diese sog. EVs aus Umwelteinflüssen erworbene Informationen nicht nur auf die Körperzellen, sondern auch auf die Keimzellen. Eine hohe Konzentration der EVs wurde vor allem auch in der Samenflüssigkeit und den Spermien selbst gemessen. In einem Experiment mit Labormäusen wurden den Mäusen menschliche Tumorzellen eingepflanzt, um zu sehen, ob diese Information sich auch in den Samenzellen und zusätzlich auch in der nächsten Generation wiederfinden würden. Die Untersuchungsergebnisse bestätigten dies.

In Abbildung 1 (s. S. 10) wird die Diffusion der EVs in einem menschlichen – in diesem Fall männlichen – Organismus übersichtlich dargestellt. Informationen werden in die Gameten übertragen, was in der Conclusio der Studie zusammengefasst bedeutet, dass die Weismann-Barriere für Umwelteinflüsse transgenerational durchlässig ist und dies per definitionem keine Barriere mehr darstellt. Auch Peter Spork betrachtet die Weismann-Barriere, deren Theorie sich in den 1920ern gründete, in seinem neuesten Buch als widerlegt und führt dort weitere Studien an, die beweisen, dass das Epigenom der Elterngenerationen in den Keimzellen nachzuweisen ist (Spork 2017). Es bleibt nun nur noch, sich zu fragen, warum ein Faktum, welches als widerlegt gilt, noch ca. hundert Jahre später im Schulunterricht aufrechterhalten, nicht überarbeitet und an die neuesten Erkenntnisse angepasst wird.

Ein nächstes Beispiel dafür, dass die Inhalte im Segment des Genetikunterrichtes novelliert werden müssen, sind die Mendelschen Regeln, welche sich unter Biologielehrer\_innen stets einer Beliebtheit erfreuen, die unter neuen Gesichtspunkten fraglich erscheint. Im 19. Jahrhundert begründete der Mönch Gregor Mendel die drei Regeln der Vererbung anhand der Kreuzung verschiedener farbiger Hülsenfrüchte untereinander. Die Schlüsselwörter sind *dominant*, *rezessiv*, *Phäno-* und *Genotyp*, *homo-* und *heterozygot* und *Allel* (Kubb 2010). Alle ehemaligen Schüler\_innen, die eine weiterführende Schule in Deutschland besucht haben, dürften diese Begriffe ungefähr geläufig sein, denn sie finden sich in jedem Lehrplan der Bundesrepublik Deutschland wieder.

Vor zwei Jahrhunderten war dies als Meilenstein in der Genetikgeschichte anzusehen und deshalb gilt Mendel auch als einer der Begründer der klassischen Genetik (ebd.). Jedoch sollte dieses Regelwerk – welches seit ca. 200 Jahren unverändert in den deutschen

---

<sup>2</sup> Blut-Hirn-Schranke = Selektive Barriere, die den Stoffaustausch im zentralen Nervensystem (ZNS) reguliert. Antwerpes 2012.

Klassenräumen benutzt wird – überdacht und an den heutigen Wissenstand angepasst werden. Die Regeln lauten im Wesentlichen, dass Mutter und Vater jeweils ein Gen mit einem Merkmal vererben. Sind diese beiden identisch, wird das Merkmal sicher an die Nachkommen weitergegeben, sind sie nicht identisch, überlagert das dominante Gen das rezessive Gen. Hierbei wird vernachlässigt, ob der Merkmalsträger der Mutter oder dem Vater entstammt (Spork 2010), da es laut Mendels Forschung keinen Unterschied macht.

Die Regeln werden jedoch von dem entdeckten Phänomen des Imprinting abgelöst. „Imprinted regions“ (Carey 2012, S. 128) sind Abschnitte auf dem Genom eines Nachkommens, auf denen der genetische Einfluss der Eltern jeweils mütterlicher- und väterlicherseits nachgewiesen werden kann. Bekannt sind 83 Gene eines menschlichen Organismus, auf denen diese Imprintings nachgewiesen wurden, vermutlich könnten es aber schätzungsweise 100-600 sein, die noch nicht durch die Forschung kartiert wurden (Spork 2010). Ein Beispiel soll die Wirkung und die Notwendigkeit dieses Mechanismus des Imprintings verdeutlichen: Auf dem Chromosom 11 väterlicherseits sind die Gene für das Wachstum der Plazenta eines Nachkommens sehr aktiv. Ausgleichend wirken bei der Zeugung die Gene der Mutter auf demselben Chromosomenabschnitt der Keimzellen. Diese sind inaktiv und limitieren so das Wachstum der Plazenta beim Heranwachsen eines Embryos (Carey 2012). Bei einem Experiment mit Labormäusen, bei denen entweder nur die mütterlichen oder väterlichen Chromosomensätze zusammengefügt wurden, konnte beobachtet werden, dass bei den ausschließlich maternalen Genen die Plazenta stark wachstumsarm war und die Plazenta bei der väterlichen Kombination anfang zu wuchern, sodass sie zu groß wurde (Spork 2010). In beiden Fällen überlebten die Embryonen nicht, wenn die Chromosomensätze von jeweils zwei Eizellen oder zwei Spermien kombiniert wurden.

Das Fazit aus dem Experiment lautet, dass väterliche und mütterliche Chromosomensätze immer gegenseitig kombiniert vorliegen müssen, damit ein gesunder und lebensfähiger Organismus daraus entstehen kann, was nach den Mendelschen Regeln nicht beachtet wird. Diese Studie wurde 1984 durchgeführt und dennoch wird im Schulunterricht seit 38 Jahren mit demselben Modell gearbeitet, ohne das erforschte Phänomen des Imprintings mit einzubeziehen.

Insgesamt haben die Mendelschen Regeln in ihrem Grundsatz Gültigkeit, jedoch sind sie aufgrund neuer Forschungsergebnisse als Faktum nicht mehr korrekt. Deshalb ist der Einsatz der Vererbungsregeln in einem modernen Naturwissenschaftsunterricht als Grundmodell angemessen, allerdings nur mit Erweiterung durch das Imprinting und mit dem Hinweis, dass dieses Modell faktisch durch moderne Forschung als nicht mehr grundsätzlich richtig gilt.

#### 2.1.4 Epigenetik in der modernen Medizin

Im Bereich der klinischen Epigenetik wird intensiv erforscht, wie epigenetische Genregulationen bei der Entstehung von Krankheiten, bzw. der Erhaltung von Gesundheit zusammenwirken (ebd.). Im Fokus der Mediziner\_innen steht vor allem die massive Zunahme von Volkskrankheiten wie Diabetes Typ-2, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Krebs und Depressionen. Sie wollen die Ursachen für eine ansteigende Inzidenz aufdecken, um Präventionsmaßnahmen zu entwickeln und verbesserte Therapiemaßnahmen anbieten zu können (ebd.). Spork bezeichnet in diesem Zusammenhang die Förderung und den Erhalt der Gesundheit als „generationsübergreifendes Projekt“ (Spork 2017, S. 22), da nicht nur die Entstehung von Stoffwechsel- und Herzkreislauf-Erkrankungen auf den Lebensstil zurückzuführen ist, sondern auch auf die Vererbung dieser Anlagen in den epigenetischen Anlagen. Er fordert an dieser Stelle außerdem eine „neue Biologie der Vererbung“ (ebd., S. 19). Deshalb ist die medizinische Forschung im Bereich der Epigenetik essentiell, da sie neue Antworten auf die steigende Fallzahl von Neuerkrankungen liefert und Lösungen entwickeln kann, um diese Entwicklung einzudämmen.

Neue Erkenntnisse für die Erhaltung der körperlichen Gesundheit und die Prävention von Zivilisationskrankheiten setzt bei einer Studie an, die letztes Jahr veröffentlicht wurde. Vienberg et al. (2017) haben vielversprechende Ergebnisse während ihrer Forschung erzielt, in der die miRNA ein Schlüsselement für die körperliche Gesundheit darstellt: „MicroRNAs (miRNAs) have within the past decade emerged as key regulators of metabolic homeostasis.“ (Vienberg et al. 2017).

Entdeckt haben die Forscher\_innen dies anhand des metabolischen Syndroms<sup>3</sup>, das sich auf Leber, Bauchspeicheldrüse, Fettgewebe und Herz- und Skelettmuskulatur auswirkt. In jedem dieser Bereiche wurde ein hohes Maß an miRNA-Aktivität gemessen, die jeweils verschiedene Regulationsaufgaben im menschlichen Organismus übernimmt: Auf zellulärer Ebene ist sie in der Leber an der Steuerung des Fettstoffwechsels, in den  $\beta$ -Zellen der Bauchspeicheldrüse bei der Bildung von Insulin und in den Skelettmuskeln bei der Ausprägung der Muskulatur beteiligt. Auch deuten die Ergebnisse der Forschung darauf hin, dass sie für die Aufrechterhaltung eines gesunden Herzmuskels wichtig ist. Zusätzlich wirkt miRNA im Fettgewebe an der Regulation der Bildung von braunem<sup>4</sup> und weißem<sup>5</sup> Fett im Körper entscheidend mit. Wichtig ist hierbei die Unterscheidung zwischen verschiedenen Arten von miRNA, die sich entweder positiv oder negativ auf den Metabolismus auswirken können. Deshalb eignen sie sich als Biomarker und somit als medizinisches Diagnostikinstrument für

---

<sup>3</sup> Metabolisches Syndrom = Kombination aus starkem Übergewicht, hohem Blutdruck und Störung im Blutzuckerspiegel, Fettstoffwechsel. Antwerpes 2018c; Dupont 2016.

<sup>4</sup> Braunes Fettgewebe = Dient z.B. der Wärmeproduktion und ist aufgrund der hohen Anzahl von Mitochondrien braun gefärbt. Antwerpes 2018a.

<sup>5</sup> Weißes Fettgewebe = Bau- und Speicherfett, dient der Wärmeisolation, Strukturhalt und Druckpolsterung. Antwerpes 2018b.

Herzinfarkte, Lungen- und Prostatakrebs, Multiple Sklerose und einige mehr anhand von 863 bekannten miRNAs (Lehnert et al. 2018). Dieses „Next-Generation-Sequencing“ (NGS) (ebd., S. 34) benutzt miRNA und auch DNA-Methylierungen als Messgröße, da diese im Gegensatz zu anderen Biomarkern sehr stabil in Gewebe, Blut, Plasma und Urin nachgewiesen werden können (ebd.).

Zusätzlich zur Diagnostik existieren bereits einige medikamentöse Therapien, welche auf die Programmierbarkeit des Epigenoms setzen: Das Medikament „Miravirsen“ (Lehnert et al. 2018, S. 35), das sich bereits in der Testphase von klinischen Studien befindet, hemmt die Aktivität der miRNA-122. Diese steht im Verdacht, zusätzlich zu der bisher unheilbaren Leberentzündung Hepatitis C, auch bei dem Entstehen einer Leberzirrhose oder Fettleber beteiligt zu sein. Durch die Hemmung erhoffen sich die an der Studie beteiligten Forscher\_innen, Krankheiten der Leber in Zukunft kurieren zu können, welche bisher teilweise als unheilbar galten (ebd.).

Auch in der modernen Forschung der Onkologie existieren zahlreiche laufende klinische Studien zu epigenetisch wirksamen Medikamenten. Bösartige Tumore aller Art sollen zielgenau bekämpft und potentiell tödlicher Krebs in unheilbarer Form in eine chronische Krankheit umgewandelt werden. Allgemein kann die Wirkweise dieser Krebsmedikamente so beschrieben werden, dass krebserzeugende Onkogene methyliert – also deaktiviert – und krebshemmende Zellen, die Tumorsuppressorgene wieder demethyliert werden, wie z.B. bei Leukämie, bei der bereits erste Erfolge mit auf diese Weise therapierten Patient\_innen belegt sind (ebd.).

Ein entscheidender Hinweis aus der Medizin im Hinblick auf den Gesundheitsbildungsauftrag in den Schulen ist, dass durch gesunde Ernährung und sportliche Betätigung Zellen, die sich günstig auf Prozesse in einem Organismus auswirken, aktiver sind, als schädliche, bzw. ungünstige Zellen, wie z.B. Onkogene (Spork 2017). Somit lässt sich auch im Rückschluss zu Kapitel 2.1.2 ziehen, dass Gene durch äußere Einflüsse steuerbar und nicht starr sind, sodass die eigene Verantwortlichkeit für ein gesundes Leben auch vom Lebensstil und individuellen Entscheidungen des Menschen abhängt.

## **2.2 Aktueller Forschungsstand in der Fachdidaktik**

Nach einer Recherche in allen Curricula der 16 deutschen Bundesländer für die weiterführenden Schulen (Regelschulen der Sekundarstufe I und II) ist das Ergebnis, dass in keinem Lehrplan im Fach Biologie der Sekundarstufe I Epigenetik vorgesehen ist. In der Sekundarstufe II ist in vier Bundesländern Epigenetik verpflichtender Bestandteil (Bayern, Hessen, Sachsen und Sachsen-Anhalt) und in einem Bundesland fakultativ (Niedersachsen). Auffällig ist, dass in den genannten Bundesländern alle Themen nur die molekulare Ebene der

Epigenetik aufgreifen. Nur im Kerncurriculum von Niedersachsen wird die Relevanz der Epigenetik für den Menschen benannt (s. Anhang I.). Auffällig ist in diesem Zusammenhang, dass in manchen Bundesländern bereits Fortbildungen zum Thema Epigenetik im Unterricht angeboten werden (z.B. in Berlin), obwohl dieses Thema noch nicht im Lehrplan integriert worden ist.

### 2.2.1 (Überfachliche) Ziele des naturwissenschaftlichen Biologieunterrichts

Die Biologie ist ein Fach, das sich vieler Hilfswissenschaften bedienen muss, um Phänomene und Inhalte erklär- und nachvollziehbar zu machen. Dadurch ist Biologie auch immer Teil eines naturwissenschaftlichen Profils, weshalb die Ziele der Biologie auch auf das Fach der Naturwissenschaften übertragen werden können. Die Ziele werden laut einer Studie des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF 1998) unter dem Titel „Vier Felder des Allgemeinwissens“ definiert (BMBF in Spörhase- Eichmann und Ruppert 2004, S. 33), die wie folgt lauten: „Instrumentelles Wissen und Können“ (z.B. Beurteilen und Auswählen von Informationen), „Personales Wissen und Können“ (z.B. Urteilsvermögen, Reflexionsfähigkeit, Natur- und Wissenschaftsverständnis), „Soziales Wissen und Können“ (z.B. sprachlicher Ausdruck, Teamfähigkeit) und „Inhaltliches Basiswissen“ (z.B. Förderung der Gesundheit, Schutz vor Krankheiten, Erbinformation des Menschen) (BMBF in Spörhase und Eichmann 2004, S. 33). Diese vier Felder wirken in der naturwissenschaftlichen Bildung in einem lernenden Individuum zusammen. Die Beispielaspekte der jeweiligen Felder wurden so gewählt, dass sie alle relevanten Eigenschaften in dieser Arbeit berühren und auf den Unterrichtsgegenstand Epigenetik übertragen werden können.

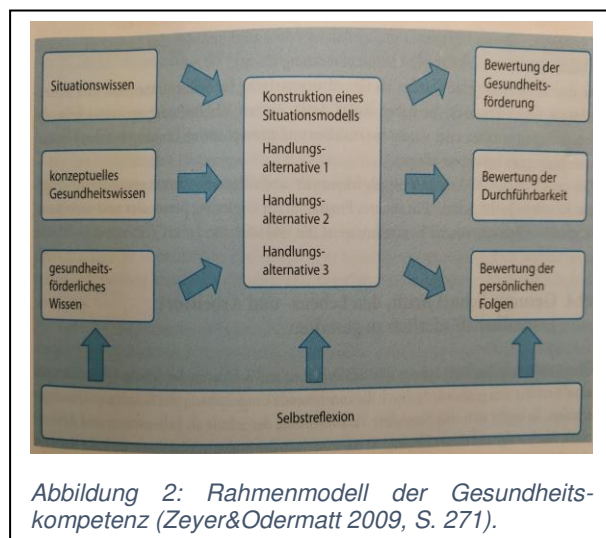
Zusätzlich zu diesen vier Feldern gibt es nach Spörhase-Eichmann und Ruppert (2004) drei Ziele der Bildung und Erziehung im Biologieunterricht: „Personale Ebene: Individuen erziehen und bilden“, „Gesellschaftliche Ebene: Zur gesellschaftlichen Entwicklung beitragen“, „Fachwissenschaftliche Ebene: Die Biowissenschaften fördern“ (ebd., S. 35). Drei Aspekte aus zwei Ebenen sollen besonders hervorgehoben werden, da diese die Einführung der Epigenetik in alle weiterführenden Schulen unterstützen: Die Gesunderhaltung von Individuen (gesellschaftliche Ebene), die Förderung von wissenschaftlichem Nachwuchs und die Unterstützung des Diskurses über die biowissenschaftliche Forschung und deren Relevanz für die Gesellschaft (fachwissenschaftliche Ebene) (ebd.).

Die Biologie besetzt eine „Mittelstellung zwischen Natur- und Sozialwissenschaften“ (Kattmann in Gropengießer et al. 2013, S. 145) und hat laut dem Niedersächsischen Kultusministerium besondere Aufgaben, die in den Bereichen Sexual-, Gesundheits- und Umweltbildung als „Zentralfach“ (ebd.) erfüllt werden sollten. Kattmann plädiert für eine Sonderstellung der Biologie im Rahmen des integrierten Unterrichtsfaches Naturwissenschaften und auf eine Ausrichtung auf lebensweltliche Phänomene, die für die Erfahrungswelt der Schüler\_innen angemessen ist. Darauf soll auch die unterrichtliche



Aufbereitung der Epigenetik orientiert sein, für die die Intervention im Rahmen der Forschung für diese Masterarbeit exemplarisch entwickelt wurde (s. Kapitel 3.3.1). Die Themen sind breit gefächert und wurden unter Beachtung der Verknüpfung mit der Lebenswelt der Lernenden ausgewählt. Insgesamt soll hier die Gesundheitsbildung im Fokus stehen, die in Bezug auf die Epigenetik positive Konsequenzen durch gesunde Ernährung und Sport aufzeigen kann. Diese positiven Folgen oder auch negative Folgen, können durch die übergenerationale Weitergabe bzw. Vererbung auf Nachkommen in viele weitere Generationen weitergetragen werden. Die damit verbundene Verantwortlichkeit der Individuen für die eigene Gesundheit und die Gesundheit mehrerer Folgegenerationen sollte den Lernenden bewusst gemacht werden. Ilka Gropengießer (Gropengießer in Gropengießer et al. 2013) stellt deutlich heraus, dass Gesundheitserziehung und Gesundheitsförderung im Rahmen einer Gesundheitsbildung Aufgabe der Schulen sei und das Gesundheitsverhalten des Individuums, das durch die Schule beeinflusst werden sollte und insgesamt in eine „Verhaltensprävention“ (Gropengießer in Gropengießer et al. 2013, S. 149) münden sollte. Einflüsse auf jugendliche Schüler\_innen haben Familie und vor allem die Peergroup, die die emotionale Einstellung einer Werthaltung gegenüber eines gesunden Lebensstils besonders prägen (Gropengießer et al. 2013). Gesundheitliche Risiken, die z.B. durch Rauchen und Drogenmissbrauch entstehen können, nehmen die Jugendlichen auf einer abstrakten Ebene an, dort fehlen aber der Transfer und die Verknüpfung mit der eigenen Person. Hier soll eine Aufklärung in Form von Information und nicht Missionierung im Sinne von Abschreckung praktiziert werden (ebd.). Vor allem soll auf die Selbstbestimmung und -wirksamkeit abgezielt werden und genau an dieser Stelle greift Epigenetik im unterrichtlichen Kontext. Die Botschaft, dass die Jugendlichen ihre Gesundheit auf (epi-)genetischer Ebene durch ihre individuellen Entscheidungen und auch die Gesundheit ihrer Nachkommen maßgeblich beeinflussen können, birgt sowohl eine neue Freiheit als auch die Übernahme von Verantwortung in Bezug auf sich selbst und die eigene Umwelt, in der die Lernenden wirken und handeln.

Gropengießer bietet an dieser Stelle ein Rahmenmodell der Gesundheitskompetenz (*health literacy*) an, das aus der Verknüpfung von Gesundheitswissen und -handeln entsteht (s. Abbildung 2). Nach Mc Lean besteht Gesundheitskompetenz in der



Vermittlung verschiedener inhaltlicher Kontexte. Für den Lerngegenstand Epigenetik greifen diese Kontexte in den Segmenten „Nutrition and Physical Activity“, „Alcohol, Tobacco and other Drugs“, „Mental, Emotional, and Social Health“ und „Personal and Community Health“ (Mc Lean 2009, S. viii). Nach diesen Punkten ist auch das Modell von Gropengießer aufgebaut,

das in Anlehnung an Zeyer und Odermatt (Zeyer und Odermatt 2009) in Abbildung 2 zu sehen ist. Grundlegend für das Handeln ist ein „sozialmedizinisches life-style-Konzept“ (Gropengießer in Gropengießer 2013, S. 151), das durch verschiedene Lebensgrundlagen aus der sozialen, ökologischen, wirtschaftlichen und kulturellen Perspektive entscheidend ist (ebd.). Maßgeblich ist die Selbstreflexion des Individuums in den jeweiligen Entscheidungs- und Handlungsverhalten, das biologische Fachkenntnisse erfordert (Gropengießer in Gropengießer 2013). In den Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz (KMK 2005) wurde für das Fach Biologie beschlossen, dass Schüler\_innen in Bezug auf die Gesundheitsbildung Maßnahmen und Verhaltensweisen ergreifen, um ihre Gesundheit zu erhalten und dieses auf Basis von aktuellen Bezügen zur Medizin, Gentechnik etc. tun sollten.

Entscheidend für die Lernenden in Bezug auf eigene Entscheidungen zu ihrer Salutogenese sind zudem die drei Kohärenzaspekte, die der Selbstwirksamkeit und auch dem Zuversichtsempfinden dienen: „Gefühl von Verstehbarkeit“, „Gefühl von Handhabbarkeit“ und „Gefühl von Sinnhaftigkeit“ (Gropengießer in Gropengießer 2013, S. 152). In der Unterrichtsintervention zur Epigenetik, die zwei Unterrichtssequenzen umfasst, wird versucht, diese genannten Aspekte durch die Auswahl der verschiedenen Themen miteinzubeziehen, welches auch im Unterrichtsmaterial ersichtlich ist.

### 2.2.2 Unterrichtsmaterial

Es existieren bereits einige Unterrichtsmaterialien, wie z.B. vom Friedrich-Verlag (Unterricht Biologie 2014) oder auf verschiedenen Lernplattformen im Internet (Stiftverband für deutsche Wissenschaft 2018), welche die Epigenetik als Thema für den Unterricht entdeckt haben. Jedoch sind diese fast ausschließlich für die Sekundarstufe II erstellt und nicht für die Sekundarstufe I. Die Materialien sind geprägt von einer hohen Informationsdichte und einem großen Anteil an Fachtermini, die die Erschließung des Gegenstandes erschweren und selbst für Schüler\_innen der gymnasialen Oberstufe anspruchsvoll sein dürften. Durch den Fokus auf die molekulargenetischen Inhalte, wird der wichtige Lebensweltbezug für die Lernenden geschmälert und aufgrund der Abstraktheit der molekularen Ebene versäumt, einen Alltagsbezug herzustellen, den das Thema Epigenetik im Gegensatz zu der herkömmlichen Genetik durchaus bietet.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass Epigenetik bis jetzt nur als Teil des Biologieunterrichtes in der Sekundarstufe II vorgesehen ist – in fünf von 16 Bundesländern. Es existieren eine Reihe von Unterrichtsmaterialien, die jedoch in ihrer Komplexität nicht besonders verständlich für einen lebensweltnahen Unterricht ausgelegt sind und das Verständnis der Vorgänge auf molekularer Ebene erschweren, da sie sehr abstrakt sind. Auch stellt sich die Frage danach, ob eine sehr vertiefte und umfassende Kenntnis der molekularen Strukturen zu einem grundlegenden Verständnis von Epigenetik/Genetik beiträgt oder ob es nicht andere und leichter verständliche Wege gibt, z.B. die Epigenese, den eigenen

Organismus und dessen Veränderungen zu verknüpfen, sodass Schüler\_innen vor allem für ihr eigenes Leben und ihre Zukunft davon profitieren könnten. Denn durch den Fokus auf die molekularen Strukturen, die für die Schüler\_innen ein hohes Lernniveau darstellen, wird die Wichtigkeit und Aussagekraft genetischer und epigenetischer Vorgänge verformt und geht möglicherweise verloren. Lernprozesse auf molekulargenetischer Ebene sind durch ein hohes Maß an verdichteten Informationen und einer großen Anzahl an Fachbegriffen charakterisiert und müssen von den Lernenden auf mehreren Ebenen und teilweise auf abstrakten Ebenen kognitiv verarbeitet und zusammengedacht werden (Hammann und Asshoff 2017). Die Konzentration des Schulunterrichtes auf die molekulare Ebene ist insofern kritisch zu hinterfragen, da das Verstehen von Themen aus der Umwelt der Jugendlichen auf der dinglichen Ebene für die Gesellschaft und deren Entwicklung großes Potential bietet (siehe Kapitel 2.1).

Die Zukunftsbedeutung wird durch die neuen Forschungsergebnisse in der Epigenetik ebenfalls gerechtfertigt (Klafki 2007). Deshalb werden in der Intervention zu dieser Forschung (s. 3.3.1) Texte gewählt, die mit dem Alltagswissen der Schüler\_innen verknüpft werden können. Das Bildmaterial bietet zusätzlich visuelle Unterstützung, sodass die dingliche Ebene möglichst nicht verlassen wird und die Schüler\_innen das Wesentliche im Blick behalten. Die Transferleistung auf eine abstrakte Molekülebene fällt weitestgehend weg und wird nur herangezogen um Wirkungsweisen der gezeigten Phänomene besser erklären zu können, damit diese nachvollziehbarer werden. Dennoch ist an dieser Stelle anzumerken, dass insgesamt genetisches Vorwissen, auch zum Teil auf molekularer Ebene, für den Epigenetikunterricht im Vorfeld eine Grundlage bieten muss, da sie deren Mechanismen erst verstehbar macht. Kritisiert wird der Anteil und die Vertiefung genetischer Inhalte, für die im Unterricht andere und lebensweltlichere Themen eingesetzt werden könnten.

### 2.2.3 Unterrichtsforschung

In der Unterrichtsforschung gibt es im deutschen Sprachraum noch keine Forschung zu dem Verstehen von Epigenetik im Schulunterricht. Im englischsprachigen Raum existieren zwei Publikationen zum Thema Epigenetik in der Schule: „Epigenetics and learning“ von Birgitta Mc Ewen (2015) und „Beyond the Central Dogma – Bringing Epigenetics into the Classroom“ von Dina Drits-Esser et. al. (2015). Im ersten Artikel eröffnet Mc Ewen eine zusätzliche Ebene der Epigenetik, nicht nur Unterrichtsgegenstand zu sein: Die neuesten Erkenntnisse der Epigenetik bergen nicht nur ein großes Potential für neue Erkenntnisse der Schüler\_innen, sondern zeigen auf, dass die Schule über die Fachinhalte hinaus die Themen „learning, stress and physical exercise“ (Mc Ewen 2015) aufgreifen und aus epigenetischer Sicht in den Fokus nehmen sollen, um den „benefit“ für den Lernprozess der Lernenden auszuschöpfen (ebd.). So fließt ein weiterer Aspekt in die Schulpolitik ein – nicht nur der unterrichtliche, sondern auch der entwicklungspsychologische, der ebenfalls als Teildisziplin in der Fachdidaktik verortet ist.

Körperliche Betätigung führt zu einer nachweislichen Verbesserung von Lernprozessen und Stress zur Verschlechterung (Käll et al. 2014). Ebenfalls ist aus der klinischen Epigenetik bereits bekannt, dass die Gesundheitserhaltung mit Sport, Ernährung und der Vermeidung von toxischem Stress die Basis für die Vermeidung von Krankheiten bildet (siehe Kapitel 2.1.1). Ernährungs- und Bewegungslehre sind ebenfalls Teil der schulischen Ausbildung und somit könnte auch die Gesundheitslehre in Verbindung mit Erkenntnissen aus der epigenetischen Forschung mit den Curricula der Bundesländer verknüpft werden.

Im zweiten genannten Artikel, der von Drits-Esser (Drits-Esser et al. 2014) publiziert wurde, wird versucht, Highschoolschüler\_innen und Schüler\_innen, die keinen guten Notenspiegel aufweisen, Epigenetik näherzubringen. Das Unterrichtsmodul wurde von den Forschenden der Universität Utah (USA) im Auftrag des Genetic Science Learning Center (GCLC) entwickelt. In zwei Unterrichtssequenzen wurden den Schüler\_innen epigenetische Mechanismen erläutert. Das Modul startete mit der Sequenz „How does the Epigenome works?“ (ebd., S. 366f). Nach einem kurzen Lehrfilm mit anschließender Plenumsdiskussion folgte die Nutzung eines interaktiven Computerprogramms, das die Schüler\_innen anleitet, wie ein Gen an oder abgeschaltet wird. Anhand dieser Simulation können die Lernenden dies selbst am Computer ausprobieren. Ergänzt wird diese Lernform anschließend mit dem Erstellen eines Modells, das Histone darstellt, die von DNA-Strängen umwickelt werden. Dieses Modell aus Papier demonstriert zusätzlich, wie das Ablesen der Gene durch die „Gene Reading Machinery“ (entspricht der mRNA) (Drits-Esser et al. 2014, S. 368) funktioniert (das Gen ist aktiv) oder durch Büroklammern blockiert ist (das Gen ist inaktiv), sodass die Transkription nicht erfolgen kann. Das Modul wird mit dem Thema „Epigenetics & the Environment“ (ebd., S. 367) fortgesetzt. Erneut wird ein kurzer Lehrfilm gezeigt – zum Thema Zwillingstudien – und Fragen an das Plenum gestellt. Danach erfolgt das interaktive Arbeiten mit einer Simulation zu dem Brutverhalten von Rattenmüttern. Grundlage dafür ist eine Studie, die das grooming und licking Verhalten von Ratten erforschte. Die beiden englischen Ausdrücke beschreiben das Pflege- und Putzverhalten von Rattenmüttern gegenüber ihren Jungtieren, das die Nachkommen vor Stress schützen soll. Das Ergebnis dieser Forschung ist, dass umsorgte Ratten weniger ängstlich und gestresst sind, als die Nachkommen der non-licking rats (Weaver und Cervoni 2004). Dies simuliert auch die Animation, bei der die Schüler\_innen per Mausclick Rattenjunge durch die Mutter pflegen und zusehen können, wie sich in den Gehirnen der Nachkommen die Antwort auf Stressoren verändert. So werden epigenetische Pfade aufgezeigt, die das Verhalten der Ratten später beeinflussen. Abschließend identifizieren und reflektieren die Schüler\_innen anhand einer Checkliste „Your Environment, Your Epigenome“ (ebd., S. 367) Faktoren in ihrer eigenen Lebenswelt, die Einfluss auf die Veränderung ihres Epigenoms haben könnten. In einem Test wurde gemessen, dass in einer Stichprobe von 145 Highschoolschüler\_innen die Experimentalgruppe signifikant bessere Kenntnisse vorwies ( $p < 0,05$ ) als die Kontrollgruppe. Es ist also möglich mit verständlich aufbereiteten Materialien

auch Schüler\_innen einen Fachinhalt in Epigenetik zu vermitteln, die keine höhere Ausbildung absolvieren. Dieses Ziel soll fachdidaktisch auch in dieser Arbeit erreicht werden.

#### 2.2.4 Schüler\_innenvorstellungen zur (Epi-)Genetik

Da Schüler\_innenvorstellungen zum Thema Epigenetik bis jetzt noch nicht beforscht wurden, werden die Vorstellungen von Forschungsergebnissen aus dem Genetikunterricht abgeleitet, da zwischen den beiden Themengebieten eine enge Verknüpfung herrscht. Hierbei ist sehr wahrscheinlich, dass die Vorkenntnisse in Genetik die Vorstellungen über epigenetische Prozesse im molekularen Bereich entscheidend mitbestimmen. Im Fragebogen dieser Forschung werden zuerst einige Grundkenntnisse zum Thema Genetik abgefragt, bevor die Schüler\_innenvorstellungen zu verschiedenen Bereichen und grundlegenden Mechanismen der Epigenetik erhoben werden, die sich auch teilweise grundlegend von bisherigen Lehrmeinungen unterscheiden (s. Kapitel 2.1.3). Die Auswahl der Items wird in 3.3.2.2 ausführlich erläutert.

In einem Werk von Matthias Gluhodedow (Gluhodedow 2012), werden im Rahmen der Unterrichtsforschung die Schüler\_innenvorstellungen herangezogen, um die Vermittlung des Genetikunterrichtes zu überarbeiten. Entscheidend ist für den Verstehensprozess bei den Schüler\_innen, dass diese schon Basiskenntnisse aus dem Genetikunterricht besitzen, um epigenetisch wirksame Prozesse nachvollziehen zu können. Wichtig sind die Vorstellungen über Gene als Merkmalsträger, die Befruchtung und Vererbung, Chromosomen und den Transfer genetischer Information in die Tochterzellen (ebd.). Diese Kenntnisse werden benötigt, damit die neuen Forschungsergebnisse aus der Epigenetik von den bisherigen Erkenntnissen aus der Genetik abgegrenzt eingestuft, weiterentwickelt und hinterfragt werden können und somit die Vorstellungen der Lernenden prägen. „Ein Problem des Genetikunterrichtes ist die Entfremdung vom realen Naturphänomen.“ (ebd., S. 62) – ein entscheidender Unterschied zum Epigenetikunterricht, der sich mit realen Phänomenen aus dem Alltag beschäftigt könnte, wie z.B. der Zwillingsforschung bei eineiigen Zwillingen oder der morphologischen Veränderung von genetisch identischen Honigbienen in unterschiedliche Kasten (s. Anhang III.). So wird versucht, Schüler\_innenvorstellungen auf die dingliche Ebene zu transferieren, um eine Verknüpfung zwischen sichtbaren Phänomenen und den dafür ursächlichen Mechanismen auf Molekularebene herzustellen. Dies beugt auch Verstehensproblemen der Lernenden vor, da die makroskopische Ebene kognitiv am einfachsten zu bewältigen ist (Gluhodedow 2012). Vorgänge auf submikroskopischer Ebene werden nur in die Themen integriert, um Zusammenhänge für das gezeigte Phänomen abzuleiten. Dabei steht aber keine Ebene isoliert, was die Vernetzung der Ebenen unterstützt. Befunde aus dem Genetikunterricht haben ergeben, dass die Vernetzung der verschiedenen Ebenen im Bereich der klassischen Genetik und der Chromosomentheorie sich für die Schüler\_innen sehr schwierig gestaltet. Ursächlich dafür ist die Einführung zu zahlreicher

Fachtermini, z.B. dominant, rezessiv, Phäno- und Genotyp bei den Mendelschen Regeln und Begriffen aus der Zellteilung wie Mitose und Meiose, die von den Lernenden im Rahmen der Chromosomentheorie am meisten verwechselt werden (ebd.). Diese Problematiken wirken sich auf die Schüler\_innenvorstellungen aus und beeinflussen wahrscheinlich auch die Vorstellungen in Bezug auf die Epigenetik, da diese mit dem verknüpft werden sollen, was die Schüler\_innen aus dem Genetikunterricht gelernt und welche Vorstellungen sie darauf entwickelt haben. Zusätzlich wird im Epigenetikunterricht darauf abgezielt, die Voreinstellungen der Schüler\_innen aus der Genetik zu überdenken und auf neue Forschungsergebnisse anzuwenden. Besonders aufschlussreich ist der Vergleich in den Fragebögen zu den Schüler\_innenvorstellungen vor der Intervention der Epigenetik und danach (s. Kapitel 3.5.1).

### 3. Empirischer Teil

Das Kapitel des empirischen Teils widmet sich dem Forschungsdesign, der Planung und Durchführung der vorliegenden Forschung anhand verschiedener Überlegungen und begründet mit Literatur zum forschenden Arbeiten. Auch die Auswahl der Erhebungsinstrumente, bis hin zur Auswertung und anschließender Interpretation der Ergebnisse sind in diesem Kapitel der Arbeit verortet.

Insgesamt wird in dieser Forschung sowohl induktiv als auch deduktiv vorgegangen, da zwei Methodenstränge angewandt werden und im Ansatz der Mixed Methods verknüpft werden (Kuckartz 2014). Auch ist die Forschung als explorativ anzusehen, da noch keine Unterrichtsmaterialien für Epigenetik in der Sekundarstufe I existieren und es auch bis jetzt keine Untersuchung zum Verständnis der Schüler\_innen für epigenetische Themen in der Sekundarstufe I gibt.

Um wissenschaftlichen Kriterien zu genügen, werden die Methoden durch die Theorie und eine *systematische Zielgerichtetheit* (Atteslander 2010, S. 111) begründet. Die Fragebögen sollen quantitativ ausgewertet werden, bis auf Teil C, der offene Antworten mit Schüler\_innenfeedback enthält (s. Anhang V.), die je nach Aussagekraft in die Ergebnisdarstellung einfließen können oder damit Aussagen aus dem Interview ergänzt werden können, also Teil der qualitativen Inhaltsanalyse werden.

Das Schüler\_inneninterview wird mit der Inhaltsanalyse nach Mayring qualitativ ausgewertet (Mayring 2010). Anschließend werden die Ergebnisse kombiniert und so insgesamt die Qualität und Aussagekraft der Ergebnisse erhöhen soll. Hier wird die schriftliche Befragung mit einer mündlichen Befragung ergänzt, um die Ergebnisse beider Erhebungen im Anschluss der Auswertung miteinander verknüpfen zu können (Burzan 2016). Beide Befragungen und die Intervention werden durch die Forschungsperson selbst durchgeführt.

#### 3.1 Fragestellung und Forschungsgegenstand

In der Bachelorarbeit der Autorin wurde das Thema Epigenetik bereits fachwissenschaftlich abgehandelt und besonders in den Bereichen der Humanmedizin vertieft (Egger 2016). Neue Erkenntnisse in der Medizin erzielen Fortschritte, die im molekulargenetischen Bereich zu einer besseren Diagnostik, Therapie und Prävention von Krankheiten führen. Darin sind vor allem auch Krankheiten einbezogen, die zuvor als unheilbar und potentiell tödlich galten (ebd.). Auch neue Studien zur transgenerationalen Vererbung von Diabetes mellitus und anderen Zivilisationskrankheiten, die teilweise mehrere Folgegenerationen betreffen, liefern die Antwort auf die Frage, wieso die Gesellschaft in den Industrienationen einen immer höheren Bodymassindex (BMI) besitzen, Adipositas und die Zuckerkrankheit bereits Menschen im

Kindesalter betreffen, Tendenz steigend (Spork 2017). Anhand dieser Ergebnisse, die im breiten öffentlichen Interesse liegen sollten, ist es umso überraschender, dass sich speziell diese Themen in der genannten Form in keinem Curriculum der Bundesrepublik finden lassen, obwohl die Generationen in den weiterführenden Schulen zukünftig die Gesellschaft mitgestalten und zum Wachstum und Wohlstand beitragen sollten (s. Anhang I.). Dazu gehört auch das Bewusstsein über Kernthemen wie Gesundheit und Krankheit, möglichst auf Basis aktueller Forschungsergebnisse, welche bereits Aufschluss über viele Mechanismen im menschlichen Körper gegeben haben, die vorher nicht erklärbar waren. Hier wird deutlich eine Forschungslücke gesehen, welche mit dieser Arbeit geschlossen werden soll.

Darüber hinaus behandeln die Bundesländer, welche Epigenetik im Lehrplan führen, diese nur in der Sekundarstufe II. Unter den stark fachwissenschaftlich ausgerichteten Formulierungen wie „DNA-Methylierung, Inaktivierung des X-Chromosoms, ggf. weitere Beispiele“ (Bayerisches Staatsministerium für Bildung und Kultus 2004), „Regulation der Genaktivität bei Eukaryoten: Transkriptionsfaktoren, epigenetische Modifikation durch DNA-Methylierung“ (Hessisches Kultusministerium 2016) und „Regulation der Genaktivität auf der Grundlage des Operon-Modells sowie epigenetischer Modelle erklären und den Einfluss auf den Zellstoffwechsel ableiten“ (Berger et al. 2012), werden Themen, die sich dafür eignen alltagsbezogen aufbereitet zu werden, ausschließlich auf molekularer und abstrakter Ebene abgehandelt, welche die Lebensweltbezogenheit der epigenetischen Themen nicht abbildet. Lediglich im niedersächsischen Kerncurriculum ist im Wortlaut ein solcher Bezug herzustellen: „Zukunft des Menschen“ (Niedersächsisches Kultusministerium 2017) – *„Aktuelle Forschungsergebnisse betreffen die Epigenetik (differentielle Genaktivität, Methylierung und Demethylierung der DNA). Epigenetische Effekte können zu Anpassungserscheinungen und sogar zu Angepasstheiten führen und damit einen entscheidenden Einfluss auf die Zukunft der Menschheit ausüben.“* (ebd., S. 63). Als einziges Bundesland unter den fünf, die Epigenetik im Lehrplan erwähnen, ist dieses Thema in Niedersachsen allerdings nur fakultativ.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich zusammenfassend also mit der Frage: Wie kann Epigenetik als Thema für einen modernen naturwissenschaftlichen Unterricht in der Sekundarstufe I in den Schulen eingeführt werden? Davon abgeleitet ergeben sich zahlreiche weitere Fragen: Wie könnten Begründungen für die Aufnahme des Themas „Epigenetik“ in die Lehrpläne der Sekundarstufe I lauten? Weitere daraus resultierende Fragestellungen sind, wie das Unterrichtsmaterial (s. Anhang III.), bzw. die Aufbereitung des Unterrichts (s. Anhang II.) und die Auswahl der Themen zum Verstehensprozess der Lernenden beiträgt und die Zugänglichkeit erleichtert (Meyer und Meyer 2007). Ist der Verstehensprozess von guten oder schlechten Schulleistungen abhängig (Leitfadeninterview)? Wie gut ist das Vorwissen der Stichprobe im Bereich Genetik? Existiert bei den Schüler\_innen der gewählten Stichprobe bereits Vorwissen zum Thema Epigenetik? Welche Schüler\_innenvorstellungen gibt es in



Bezug auf epigenetische Inhalte (Fragebogen) und wie verändern sich die Schüler\_innenvorstellungen nach der Intervention? Wie bewerten die Lernenden einen alltagsbezogenen Epigenetikunterricht, auch im Vergleich zum herkömmlichen Genetikunterricht? Wieso eignet sich die Integration von epigenetischen Inhalten in den Unterricht für weitere Bildungsaufgaben wie z.B. Drogenprävention, Gesundheits- und Sexualbildung (Ruppert und Spörhase-Eichmann 2010)?

Der Forschungsgegenstand dieser Forschung sind im weiten Sinne die Schüler\_innen, die sich mit den Themengebieten der Epigenetik auseinandersetzen sollen und im speziellen deren Schüler\_innenvorstellungen und das Verständnis, das nach der Intervention für die Epigenetik entstehen soll. Aus der Beforschung der Vorstellungen der Schüler\_innen lässt sich ableiten, ob im Rahmen der Intervention eine Reflexion und Verknüpfung der Lernenden mit sich selbst stattgefunden hat. Die Schüler\_innen der Stichprobe dienen als Zielgruppe, über deren Verständnis und Reflexion der epigenetischen Inhalte, Empfehlungen für eine Aufnahme in die Lehrpläne für diese Schulstufe abgeleitet werden könnten. Vor diesen Hintergründen wird die Forschung erstellt, welche diese Fragen beantworten soll, um das Ziel dieser Arbeit zu erreichen.

### **3.2 Forschungsfeld**

Die Forschung findet in einer integrierten Gesamtschule (IGS) in Niedersachsen statt. Die beforschte Stichprobe besteht aus zwei E<sup>6</sup>-Kursen des Faches Naturwissenschaften der zehnten Klassen und beträgt insgesamt 61 Personen im Alter von 14-16 Jahren. Diese Stichprobe für die schriftliche Befragung steht stellvertretend für die Grundgesamtheit niedersächsischer Schüler\_innen einer zehnten Klasse in der Sekundarstufe I. Der Kurs mit 31 Schüler\_innen, der nach Aussage der Fachlehrkraft lernstärker ist, als der zweite Kurs, wird im Folgenden als Kurs A bezeichnet. Kurs B gilt als lernschwächer, da er eine Notenstufe unter Kurs A liegt. Aus der Stichprobe, die aus den beiden Kursen besteht, werden aus den Kursen A und B jeweils Stichproben à zwei Schüler\_innen gezogen, die zusammengefasst eine Extremgruppe repräsentieren (Mayring 2010). Die Schüler\_innen dieser Stichprobe werden mit Hilfe eines Leitfadens interviewt. Die zwei Schüler\_innen aus Kurs A stehen für das Extrem der leistungsstärkeren Befragten und zwei Schüler\_innen aus Kurs B für das gegenteilige Extrem, die lernschwächeren Befragten. Zusätzlich zu den Fragebögen dient diese Stichprobenziehung dazu, weitere Aussagen z.B. über die Verständlichkeit der Interventionsinhalte zu erhalten und festzustellen, ob es einen Zusammenhang zwischen schulischen Leistungen und dem Verständnis für Epigenetik und Genetik gibt oder nicht. Das Fach Biologie wird gemeinsam mit den Fächern Chemie und Physik epochal im Fach

---

<sup>6</sup> E-Kurs = Ergänzendes Niveau; höheres Niveau als G, also grundlegendes Niveau (die Quelle der Schule wird aus Datenschutzgründen nicht genannt).

Naturwissenschaften unterrichtet. Die Fächer greifen allerdings thematisch nicht ineinander über und bauen eine Mehrperspektivität auf, sondern es hängt vom Unterrichtsthema ab, ob dieses in einem biologischen, chemischen oder physikalischen Kontext aufbereitet und vermittelt wird. Dieses wird als fachüberschreitender Unterricht definiert, der vom einzelnen Fach ausgeht, aber auch aus anderen NaWi-Fächern zur Unterstützung Aussagen heranzieht (Gropengießer et al. 2013).

Die IGS arbeitet zudem mit Bausteinen, die eine Sammlung aus Informations- und Aufgabenblättern zu einem Thema sind und auch die Arbeit mit einem Lehrwerk mit einbeziehen. Auf dem Deckblatt sind jeweils die Kompetenzen aufgeführt, welche die Schüler\_innen erreichen können. Nachdem ein Baustein fertig bearbeitet wurde, wird dieser von der Lehrkraft eingesammelt und die erreichten Kompetenzen werden in das Kompetenzraster auf der Titelseite eingetragen. Die Aufgaben im Baustein werden meistens im Rahmen der Tischgruppenarbeit gelöst. Je nach Klassenstärke befinden sich in einer Tischgruppe (TG) fünf bis sechs Lernende, deren Pulte zu einem Gruppentisch zusammengestellt sind. Die TGs sind heterogen durchmischt – Mädchen und Jungen, mit verschiedenen Leistungsniveaus werden in eine Gruppe eingeteilt und sitzen dort für ca. ein Schulhalbjahr zusammen.

### **3.3 Methodik**

In diesem Abschnitt werden die Methoden aufgeführt, mit der die vorgestellte Forschungsfrage beantwortet werden sollen. Zuerst wird die Intervention erläutert, die einen entscheidenden Kern dieser Forschung darstellt, da mit der didaktisch reduzierten Aufbereitung der Unterrichtsinhalte das Verständnis der Schüler\_innen verknüpft ist. Die Intervention wird umrahmt von einem Pre- und einem Posttest und ergänzt durch ein Leitfadeninterview mit den Schüler\_innen der ausgewählten Stichprobe.

Außerdem behandelt dieses Kapitel die Durchführung der Forschung und Anwendung der ausgewählten Forschungsmethoden (Atteslander 2010). Ergänzend zu den Forschungsinstrumenten wird ein Methodenmix aus quantitativer und qualitativer Auswertung angewendet, der die gewonnenen Ergebnisse in ihrer Aussagekraft ergänzen soll (Burzan 2016). Die Instrumente werden in den Folgekapiteln ausführlicher beschrieben.

#### **3.3.1 Intervention**

Zuerst wird hier der Ablauf der Intervention erläutert und in dieser fachdidaktischen Arbeit methodisch und didaktisch begründet. Die Sachanalyse wird teilweise bereits durch den aktuellen Stand der Forschung in der Fachwissenschaft (s. Kapitel 2.1.1) abgedeckt und ist deshalb etwas knapper gefasst. In der geplanten Intervention wird Epigenetik verschiedenen

Themenbereichen zugeordnet, in die sie hineinreicht. So sollen den Schüler\_innen Einblicke und Zusammenhänge gewährt werden, wie weitläufig das Themenfeld, aber wie eng verwoben es mit den eigenen Lebensbereichen ist. Die Intervention findet in zwei Kursen einer zehnten Klasse in den Naturwissenschaften statt. Es werden zwei Unterrichtsblöcke à 80 Minuten pro Kurs unterrichtet. Im Folgenden werden methodische und didaktische Begründungen zur Intervention dargelegt, welche zu der Erstellung der Unterrichtssequenzen geführt haben, die im Rahmen der Forschung in der Schule erprobt werden. In den Begründungen werden die beiden Blöcke zu einer Sequenz zusammengefasst, jedoch formal korrekt im Anhang mit zwei Deckblättern und zwei Unterrichtsverläufen dargestellt (s. Anhang II.).

### 3.3.1.1 Methodische Begründung

Die Methodik in der Intervention setzt sich aus verschiedenen Bausteinen zusammen. Es wird versucht, die Sequenz mit einer methodischen Vielfalt aufzubereiten, welche die Schüler\_innen anregen soll, sich den Inhalt der beiden Sequenzen zu erschließen. Der Unterricht beinhaltet die Methoden Cluster, Lehrfilm, Lernplakate erstellen, Galeriegang absolvieren und Lernplakate präsentieren. Die Präsentationen werden jeweils durch eine Feedback- und Fragenrunde abgerundet (Ruppert und Spörhase 2014). Cluster und Lehrfilm zählen zu den „Methoden zum Erkunden, Entdecken, Erfinden und Erarbeiten“ (ebd., S.87) und gehen ab dem Erstellen eines Lernplakates in die „Methoden zum Sichern, Dokumentieren, Systematisieren und Präsentieren“ (Ruppert und Spörhase 2014, S. 154) über. So wird versucht, alle Bereiche einer Unterrichtssequenz methodisch abzudecken.

Im Fokus beider Sequenzen steht das selbstregulierende Lernen: Die SuS sollen angeregt werden, Wissen zu suchen und es nicht repetitiv von der Lehrperson zu übernehmen, sondern – im Gruppenverband – ihren eigenen Lernweg gestalten (Ruppert in Ruppert und Spörhase 2014). Die Erarbeitungs- und Sicherungsphase wird durch die Schüler\_innen fast vollständig übernommen und die Lehrperson agiert nur noch zur Unterstützung. Die Schüler\_innen sollen sich in den Gruppen eigenständig organisieren und zeitökonomisch arbeiten.

Die Methoden werden nun chronologisch beschrieben, wie sie im Unterricht verwendet werden. Mit dem Cluster als Einstieg wird eine Methode genutzt, die sich dafür eignet, um Vorwissen abzuprüfen und auch Ideen zu einem Thema zu generieren. In einem Kreis umrahmt steht das Wort „Epigenetik“ in der Mitte der Tafel und wird durch die Begriffe um das Zentrum herum ergänzt und auch thematisch bei ähnlichen Nennungen gebündelt (Fricke in Ruppert und Spörhase 2014). Daran anschließend wird ausschnittsweise ein Lehrfilm gezeigt, der Grundlagen der Epigenetik und deren Themengebiete aufzeigt. Die Schüler\_innen sollen sich unbekannte Fachbegriffe und ggf. Fragen notieren. So in den Kontext eingebettet, bietet die Visualisierung durch einen Film Abwechslung für die Lernenden und generiert einen höheren Lernzuwachs, verglichen mit nicht bildgebenden Methoden (Killermann et al. 2016).

Im Anschluss sollen als Nachbereitung Fachbegriffe zu den Grundlagen und offene Fragen der Schüler\_innen geklärt werden. Die grundlegenden Begriffe wurden bereits von der Lehrkraft auf Farbkarten vorbereitet und werden an die Tafel gehängt, um eine Übersicht zu den neuen Fachwörtern zu geben und dienen zusammen mit dem Film als Hinführung zur anschließenden Erarbeitungsphase.

Nach einer kurzen Lesephase, um sich den Inhalt der ausgeteilten Informationstexte zu erschließen und das dazugehörige Bildmaterial zu sichten, sollen die Schüler\_innen mit der Gestaltung eines Lernplakates beginnen (Fricke in Ruppert und Spörhase 2014). Hierfür können sie als Hilfe die Checkliste nutzen, welche sie zusammen mit dem Arbeitsmaterial erhalten haben (s. Anhang III.). Auf der Liste sind alle wichtigen Eigenschaften eines vollständigen Lernplakates dargestellt, sodass die Schüler\_innen sich auch für die spätere Präsentation des Plakates daran orientieren können.

Ein Lernplakat dient der Unterstützung bei anschließenden Präsentationen und dem übersichtlichen Darstellen und Hervorheben zentraler Inhalte. Diese Aufbereitung und reduzierte Zusammenfassung des Themas, trägt zur intensiven Auseinandersetzung der Lernenden bei (s. Anhang IV.). Zur Erstellung wird das Material in Form von Filz- und Klebestiften, themenbezogenen Bildern, Flipchartpapier im DIN A 2 Format und Tesafilm zum Aufhängen des Plakates durch die Lehrkraft bereitgestellt. Nach der Fertigstellung sollen alle Plakate aufgehängt werden und die Schüler\_innen sichten diese im Rahmen eines Galeriesganges (ebd.), um sich sowohl einen Überblick zu verschaffen als auch Feedback und Fragen zu den bearbeiteten Themen zu notieren. Für diese Unterrichtssequenz wurde die Methode abgewandelt, da nicht die Lehrperson die Plakate vorbereitet, sondern diese durch die Schüler\_innen im Vorfeld selbst erstellt wurden. Der Austausch und die Bewertung anderer Schüler\_innenleistungen dient dem Fördern von kommunikativen Kompetenzen (Fricke in Ruppert und Spörhase 2014).

Anschließend präsentiert jede Gruppe ihr Plakat und übt somit sprachlich strukturierte Vorträge, die zur Information des Plenums, also der Adressaten dienen (Fricke und Spörhase in Ruppert und Spörhase 2014). Die Präsentation ermöglicht es, verschiedene Themen in kurzer Zeit medial aufbereitet darzustellen. Dies bietet den Schüler\_innen die Übung kommunikativer Kompetenzen und bindet zeitgleich die Adressaten und ihr Interesse mit ein, da gezielt Rückfragen gestellt und geklärt werden können (ebd.). Auch die anschließende gemeinsame Auswertung mit dem Feedback der Mitschüler\_innen zur Gestaltung des Plakates und der Aufbereitung des Themas gibt den Vortragenden konstruktive Rückmeldungen und lässt die Feedback-Gebenden üben, nicht nur zu kritisieren, sondern Verbesserungsvorschläge anzubieten, die für ihren Bewertungsprozess hilfreich sind (ebd.).

### 3.3.1.2 Didaktische Begründung

In der vorliegenden Unterrichtssequenz wird der Gegenstand Epigenetik vorgestellt und verschiedene Themen (s. Anhang III.) dazu sollen von den Schüler\_innen in Gruppenarbeit erarbeitet werden. Die Themen sind so ausgewählt, dass sie eine möglichst hohe Gegenwartsbedeutung (Klafki 2007) für die Schüler\_innen darstellen und von den Lernenden eine hohe Bedeutung in deren Lebenswelt widerspiegeln. Dazu zählen vor allem die Inhalte aus den Gegenstandsbereichen der Umwelt-, Gesundheits- und Sexualerziehung, für die sich die Biologie fächerübergreifend verantwortlich zeigt (Ruppert und Spörhase-Eichmann 2010). Dies knüpft an die Zukunftsbedeutung (Klafki 2007) an, da die fächerübergreifenden Inhalte für das Individuum und seine Entwicklung entscheidend hineinwirken und für die Gestaltung der Gesellschaft von entscheidender Bedeutung sind. Epigenetik vereint alle Bereiche und steht mit seiner exemplarischen Bedeutung (Klafki 2007) für eine vereinende lebenswissenschaftliche Perspektive. Bezogen auf das KC Naturwissenschaften der Klassen neun und zehn des Landes Niedersachsen an einer IGS, kann Epigenetik in „Gesundheit und Krankheit“, „Chancen und Risiken angewandter Genetik“, „Lebewesen entwickeln sich“ und „Evolution“ verankert werden (Niedersächsisches Kultusministerium 2012). Die inhaltsbezogenen Kompetenzen wurden neu erdacht und in Bezug auf das Unterrichtsziel und den -inhalt abgestimmt (s. Anhang II.). Die prozessbezogenen Kompetenzen des Einstiegs in die Epigenetik sind dem KC entnommen (Niedersächsisches Kultusministerium 2012).

Mit dem „thematischen Vorgehen“ aus dem „Prinzip des Exemplarischen“ (Ruppert und Spörhase-Eichmann 2010, S. 128) soll durch das Thema das Interesse der Lernenden geweckt werden und ein sachlogischer Aufbau der Einheit wird nicht verfolgt.

Die Zugänglichkeit (Klafki 2007) spielt in dieser Intervention eine entscheidende Rolle, da sie als Kernelement zur Begründung der Aufnahme von Epigenetik als Thema in das Kerncurriculum der Biologie/Naturwissenschaften der Sekundarstufe I federführend ist und das Gelingen der Intervention von einem nachhaltigen erfolgreichen Verstehensprozess der Schüler\_innen abhängt. Deshalb wird die molekulare Ebene didaktisch deutlich rekonstruiert (Labudde 2013) und nur zu Beginn der Intervention anhand eines Lehrfilms und einer kurzen Klärung von grundlegenden Begriffen aus der Molekulargenetik thematisiert, deren molekulare Prozesse für epigenetische Programmierungen ursächlich sind. So wird versucht, die Balance zwischen dem Fachwissen und der Schüler\_innenperspektive zu halten (ebd.).

Auf die molekulare Ebene wird weitestgehend verzichtet und nur zur besseren Erklärbarkeit von Phänomenen herangezogen, da aus der Genetik bereits bekannt ist, dass durch die Abstraktion und eine hohe Informationsdichte viele Lernschwierigkeiten für die Lernenden entstehen (Hammann und Asshoff 2017) und die allgemeine Relevanz von dem Verstehen der genetischen Grundlagen aus dem Blick gerät. Die Fachtermini werden in ihrer großen Anzahl im Genetikunterricht meist nicht alle verstanden, durchdrungen, behalten und vor allem wird

eine „Verbindung von singulären Erkenntnissen zu einem Gesamtverständnis“ (Ruppert und Spörhase-Eichmann 2010, S. 93) meist nicht vollzogen. Diese Problematik soll bei der Einführung von Epigenetik nicht reproduziert werden, sondern neue Wege in der Naturwissenschaftsdidaktik gedacht werden, um die Zugänglichkeit für die Lernenden zu verbessern. In Bezug auf die Schüler\_innenvorstellungen wird mit dem Modell der didaktischen Rekonstruktion gearbeitet, da die bisherigen Vorstellungen aus dem Genetikunterricht dazu genutzt werden, um diese durch die Epigenetik an die neuesten Forschungsergebnisse zu adaptieren (Gluhodedow 2012).

An diesem Punkt kann die Sachstruktur im Kerncurriculum neu benannt und verortet werden. Die Einheit besteht aus insgesamt drei Sequenzen (im Rahmen der Intervention werden nur die ersten beiden Sequenzen tatsächlich unterrichtet), in denen die Lebenswissenschaft der Epigenetik kennengelernt und vertieft werden soll (s. Anhang II.). Beim „Einstieg in die Epigenetik“ ist das Ziel, den Lernenden einen kurzen Überblick auf das weitreichende Feld der Epigenetik zu verschaffen, welches durch die Auswahl der Themen der Gruppenarbeiten sinnvoll eingegrenzt wird, wobei versucht wird, jeden Bereich zu berühren. Bei der „Anwendung und Reflexion der Themenfelder von Epigenetik“ ist das Ziel die intensive Auseinandersetzung in den Gruppen mit den Themenbereichen, der anschließende Austausch durch den Galeriegang (Fricke in Ruppert und Spörhase 2014) und die Präsentation der Lernplakate (ebd.). Durch den Austausch der Lernenden untereinander soll das Schüler\_inneninteresse verstärkt und eine gemeinsame Reflexion angeregt werden (Ruppert und Spörhase-Eichmann 2010). Die Einheit schließt mit der „Vertiefung der gewonnenen Erkenntnisse“, die jedoch nicht im Rahmen der Intervention stattfindet. Durch den Einbezug der verschiedenen Abstraktionsebenen wird versucht, bei den Schüler\_innen eine Vernetzung zu erreichen, in der die Makroebene (morphologische Eigenschaften Tiere/Pflanzen), die Submikroebene (Allel, Gen) und die Symbolebene (Darbietung der Sachverhalte) zusammengeschlossen und in einem Phänomen vereinigt werden. So soll verhindert werden, dass die Schüler\_innen durch verschiedene Konzepte auf jeweils unterschiedlichen Ebenen Lernschwierigkeiten entwickeln (Bahar et al. 1999).

### 3.3.2 Fragebogen

Der Fragebogen gliedert sich in verschiedene Teile, da unterschiedliche Bereiche abgefragt werden sollen. Zuerst sollen die Befragten das Datum eintragen, damit die Fragebögen dem Pre- und Posttest zugeordnet werden können. Danach schreiben sie ihren individuellen Code in die vorgesehen Kästen, der sich aus dem zweiten Buchstaben ihres Vornamens und aus dem ersten Buchstaben des Vornamens der Mutter zusammensetzt (s. Anhang V.). Dann folgen zwei Ziffern, die aus dem Geburtstag zusammengesetzt sind. Dieses dient der Zuordnung der Fragebögen zueinander nach den beiden Testphasen. Durch den Code können keine Rückschlüsse mehr auf die befragte Person gezogen werden, der Fragebogen

ist also vollständig anonymisiert (Scholl 2009). Der Test findet vor und nach der Intervention statt und genügt dem Gütekriterium der Retest-Reliabilität, da die Test-Items sich nicht ändern (Scholl 2009).

Der innere Aufbau des Fragebogens gliedert sich in Teil A und stellt eine Wissensabfrage zu der bereits unterrichteten Genetikeinheit dar (s. Anhang V.). Die Fragen wurden auf Basis des Arbeitsmaterials ausgewählt, mit dem die Schüler\_innen zu Beginn des Schuljahres gearbeitet haben. Im Zusatzteil sollen die Schüler\_innen die Genetikeinheit bewerten. Daraufhin folgt die Abfrage der Schüler\_innenvorstellungen zur Epigenetik. Diese werden in verschiedene Themenbereiche gegliedert, wie sie auch in der Intervention aufbereitet werden (s. Kapitel 3.3.1). Im Zusatzteil werden ähnliche Bewertungsfragen gestellt, wie im Genetikteil. So können bei der Auswertung die eigene Meinung und das Verstehen der Schüler\_innen im Vergleich gesehen werden. Am Ende des Fragebogens werden offene Fragen gestellt und Feedback erhoben.

Bei den geschlossenen Fragen bestehen die Antwortmöglichkeiten aus dem Ja-Nein-Typ (Atteslander 2010). Die Ordinalskala zu den Fragen nach der eigenen Meinung der Schüler\_innen besteht aus vier Kästchen: „Trifft gar nicht zu“, „Trifft eher nicht zu“, „Trifft eher zu“ und „Trifft zu“. Durch die gerade Anzahl ist eine Auswahl im mittleren Bereich nicht möglich (wie z.B. „Teils, teils“), da bei der geringen Gesamtmenge der Stichprobe bei vielen Schüler\_innenantworten im mittleren Bereich die Möglichkeit besteht, dass die Fragebögen keine deutliche Tendenz zu einer Meinung abbilden können.

Vorteile der schriftlichen Befragung sind viele Ergebnisse innerhalb einer kurzen Zeitspanne und bessere zeitliche Organisation der Befragung. Effizienter und nachhaltiger ist eine Online-Befragung, die aufgrund der Infrastruktur in der Schule aber ungünstig ist. Daher wird eine Befragung in Papierform durchgeführt, die mit der Evaluations- und Umfragensoftware „EvaSys“ (Electric Paper Evaluationssysteme GmbH 2018) erfolgt. Diese ermöglicht, dass die Fragebögen nach der Erhebung eingescannt und die Ergebnisse in das Statistikprogramm „SPSS“ (Bühl 2014) exportiert werden können. So wird der Zwischenschritt der händischen Eintragung in Excel-Tabellen übersprungen und ist somit zeitökonomischer.

#### 3.3.2.1 Wissenstest

Im Teil A des Fragebogens sind die Items so konstruiert, dass sie das Vorwissen der Schüler\_innen testen sollen, welches laut Material und Aussage der Lehrkraft im Vorfeld vorhanden sein müsste. Alle Getesteten haben hierbei dieselben Voraussetzungen, somit ist der Fragebogen in diesem Segment so konstruiert, dass die Fragen mit dem vorhandenen Vorwissen für alle Schüler\_innen bewältigbar sein sollten. Zusätzlich wurde bei der Erstellung darauf geachtet, dass die Items voneinander unabhängig sind, sodass keine Antwortmöglichkeit aus einer anderen Frage zu erschließen sind. Antwortformat sind Richtig-

Falsch-Antworten, sodass keine Antwort beim Angeben mehrerer Antwortmöglichkeiten durch ein Ausschlussprinzip erraten werden kann. Alle Fragen sind geschlossen und eindimensional gestellt (Scholl 2009).

Der kurze Wissenstest, den auch Schüler\_innen mit geringer Lesekompetenz bewältigen können, berührt verschiedene Bereiche der Genetik, von der Mitose bis zur Zellteilung und Anzahl von Chromosomen in einem menschlichen Organismus (s. Anhang V.). Von diesem Basiswissen wird in Bezug auf den nächsten Abschnitt *Schüler\_innenvorstellungen* ausgegangen und später in dieser Arbeit untersucht, ob dort ein eventueller Zusammenhang besteht.

### 3.3.2.2 Schüler innenvorstellungen

In einem zweiten Abschnitt, Teil B, werden die Vorstellungen der Lernenden erhoben. Es kann kein Wissenstest in Bezug auf das Thema Epigenetik stattfinden, da der Wissenszuwachs zwischen Pretest und Posttest im Zuge der Intervention erwartungsgemäß hoch ausfallen würde. Auch ist die Auswahl der Items explorativ, da die Vorstellungen zur Epigenetik noch nicht beforscht wurden. Da zu Schüler\_innenvorstellungen zum Unterrichtsthema Genetik zahlreiche Studien existieren, werden die Vorstellungen zu epigenetischen Themen von den Ergebnissen der Genetikstudien abgeleitet (s. Kapitel 2.2.4).

### 3.3.2.3 Feedback

An zwei Stellen des Pretests und an drei Stellen im Posttest wird die persönliche Beurteilung der Schüler\_innen erhoben. In Teil A werden Verständlichkeit von und Interesse an dem Genetikunterricht und deren Inhalte abgefragt, in Teil B des Posttests zusätzlich dieselben Fragen, wobei der Begriff Genetik durch Epigenetik ersetzt wird. In Teil C haben die Schüler\_innen ein freies Textfeld zur Verfügung, um zusätzliches Feedback zu äußern. Diese Aussagen werden nicht extra ausgewertet, sondern bei Bedarf zitiert, um die Antworten aus dem Fragebogen auszuscharfen.

### 3.3.3 Leitfadeninterview

Das Leitfadeninterview (s. Anhang X.) findet nach der Intervention statt und wird mit einer Stichprobe von zwei Schüler\_innen pro Kurs „face-to-face“ (Scholl 2003, S. 31) geführt, die durch ein nicht-zufälliges Auswahlverfahren bestimmt wird (Atteslander 2010). Die Auswahl der Stichprobe findet durch das Vorwissen einer Gatekeeperin statt und ist in Bezug auf die Teilnahme der Geschlechter ausgewogen eingeteilt. In Rücksprache mit der Fachlehrkraft, die das Leistungsniveau der Schüler\_innen im Fach Naturwissenschaften kennt, werden nach ihren Empfehlungen jeweils zwei leistungsstärkere Lernende aus Kurs A und zwei leistungsschwächere aus Kurs B ausgewählt. Damit soll ein späterer Vergleich möglich sein, ob das Verständnis für die Inhalte von Epigenetik und Genetik jeweils in beiden Segmenten unterschiedlich oder gleich aufgenommen und verstanden wurden. Die



Grundvoraussetzungen an den/die Interviewpartner\_in sind Wissen und Erfahrung in Bezug auf den unterrichteten Unterrichtsgegenstand, Reflexionsfähigkeit bezogen auf das eigene Denken und Handeln und die Fähigkeit, sich in deutscher Sprache angemessen ausdrücken zu können, um teilweise auch komplexere Gedanken artikulieren zu können (Reinders 2005). Auch ist die Freiwilligkeit gewährleistet, da es für die Teilnehmenden aus der Stichprobe weder positive noch negative Konsequenzen nach sich zieht, wenn sie teilnehmen oder eine Teilnahme am Interview verweigern (Scholl 2009).

Im Vorfeld wurde die Durchführung eines Schüler\_inneninterviews mit der Schulleitung besprochen und eine Einverständniserklärung an die Eltern verschickt. Zusätzlich wird den Lernenden eine eigene Einverständniserklärung vorgelegt, deren Unterzeichnung das Verwenden der Aussagen in dieser Arbeit und deren Transkription für weitere Analysen erlaubt, die anonymisiert werden. Die befragte Person soll jedoch einen Code generieren (s. Anhang X.), damit bei der anschließenden Auswertung im Leistungsvergleich eine Zuordnung möglich ist.

Die Forschungsperson selbst nimmt die Interviews vor. Es wird das „Stimulus-Person-Modell“ (Atteslander 2010, S. 113f) zugrunde gelegt, in dem die Frage als Stimulus gilt, der in der befragten Person Vorgänge auslöst, die in eine Reaktion münden. Im Interview sollen als soziale Situation verbindliche Meinungen erfragt werden, um ergänzend zum Fragebogen bestimmte Punkte im Gespräch nochmals zu vertiefen.

Das Leitfadenterview ist als teilstrukturiert zu bezeichnen und wird persönlich mündlich geführt. Der teilstrukturierte Gesprächsleitfaden lässt Raum für eine beliebige Abfolge und ggf. Vertiefung der vorbereiteten Fragen, ist jedoch in der Gesprächssituation nicht offen, da ein Leitfaden vorhanden ist (Atteslander 2010). Im Interview wird ein weiches Interviewverhalten angestrebt, das versucht, der befragten Person so viel Raum wie möglich für die Antworten zu geben (ebd.). Im Vorfeld wurde der Leitfaden nicht standardisiert, jedoch werden später Kategorien erstellt, die eine qualitative Auswertung des Materials erlauben (ebd.).

Auch ist der Leitfaden nach zentralen Prinzipien der qualitativen Forschung gestaltet, der die Begriffe Offenheit, Prozesshaftigkeit und Kommunikation berücksichtigt (Reinders 2005). Der Leitfaden ist offen in Bezug auf seine Handhabung gestaltet, in dem auch Fragen zugelassen werden, die sich aus dem Gesprächsfluss ergeben. Die Prozesshaftigkeit wird im Sinne des „Vergangenheit-Gegenwarts-Prozess“ berücksichtigt (Reinders 2005, S. 154). Dieser vergleicht die Auffassung zu dem Gegenstand der Genetik in der Vergangenheit und kann von der zu interviewenden Person in Bezug auf einen neuen Gegenstand überdacht und vergleichend angewendet werden (s. Anhang X.). Das Kriterium der Kommunikation wird durch die verständliche Formulierung der Fragen und der Gestaltung des Gesprächs berücksichtigt (Reinders 2005). Bei der Auswahl der Fragen wird nach Schnell (in Atteslander 2010) auf die Kriterien der Frageformulierungen geachtet. Die Fragen werden kurz, konkret

und verständlich formuliert. Es sind keine Provokationen und wertenden Begriffe vorhanden, um die Neutralität zu gewährleisten. Des Weiteren sind sie weder doppelt negiert, noch hypothetisch oder suggestiv gestellt. Vorteil des persönlichen Interviews ist das Erzielen einer besseren Qualität der Befragungsergebnisse durch Hilfestellung bei Nichtverstehen der Frage, motivierenden Formulierungen, Nachhaken bei unklaren Antworten und zur Vertiefung von neuen, interessanten Aspekten und Perspektiven (Scholl 2009). Aufgrund der Besonderheit, dass das Interview mit Jugendlichen zwischen ca. 14-16 Jahren geführt wird, ist davon auszugehen, dass diese gar keine bzw. kaum Erfahrungen mit einer Interviewsituation haben (Reinders 2005). Deshalb wird versucht, den Jugendlichen ein Gespräch zu bieten, das sich mit seinen/ihren sprachlichen Alltagserfahrungen deckt. Die interviewende Person versucht somit, eine Analogie zu den bisherigen Interaktionserfahrungen herzustellen, im Sinne der qualitativen Gesprächsforschung, das einem Alltagsgespräch ähnelt (ebd.). Der Leitfaden dient an dieser Stelle zusätzlich dazu, dass die zentralen Aspekte des Interviews nicht aus dem Fokus geraten und sich die Interviewende daran orientieren kann, damit das Gespräch nicht zu ausführlich gerät (ebd.). Auch achtet die Interviewperson im Vorfeld darauf, möglichst wenig zu antizipieren, da Jugendlichen bestimmte Eigenschaften und Verhaltensweisen unterstellt werden könnten, z.B. nicht adäquates Gesprächsverhalten (Reinders 2005). Es soll versucht werden, eine symmetrische Gesprächsführung aufrecht zu erhalten, damit beide Personen die Gesprächssteuerung übernehmen können.

Das Gespräch wird mit einem akustischen Aufnahmegerät aufgezeichnet und später transkribiert, um die Antworten einer Textanalyse und Interpretation zugänglich zu machen (ebd.). Um die Qualität der Tonaufnahmen zu erhöhen und eine ruhige Gesprächsatmosphäre zu schaffen, wird ein Raum in der Nähe des Fachraumes genutzt, in dem parallel zum Interview Schulunterricht stattfindet. Um Störungen zu vermeiden, wird ein Schild mit „Bitte nicht stören“ aufgehängt. So wird eine ungestörte und konzentrierte Gesprächsatmosphäre geschaffen. Zusätzlich befindet sich die jugendliche Person in einer für sie/ihn gewohnte Umgebung, sodass sich durch das Setting die Offenheit und die Authentizität der/des Befragten erhöht (Reinders 2005).

Gestaffelt werden die Fragen im Leitfaden nach jeweils übergeordneten Fragen, um zum Thema hinzuführen und werden durch Folgefragen fortgesetzt. Manche Fragen sind mit Zusätzen ergänzt und spezifizieren die getätigten Aussagen der interviewten Person („Wenn ja, warum?“). Während des Interviews gibt die interviewende Person der befragten Person durch Pausen und Schweigen Gelegenheit, über Fragen nachzudenken und die Antwort auszuformulieren, sodass ein Gesprächsfluss entsteht und das Interview nicht in ein „Frage-Antwort-Spiel“ (ebd., S. 69) mündet.

Der Leitfaden dient der interviewenden Person als Unterstützung und erleichtert zusätzlich anschließend die Inhaltsanalyse, da bereits eine thematische Schwerpunktsetzung stattgefunden hat (Reinders 2005).

Um Aussagen aus Fragebogen und Interview in Bezug auf die Vorstellungen und das Verständnis für Epigenetik nachschärfen zu können, findet eine methodenplurale Forschung statt, die im Folgenden beschrieben wird.

### 3.3.4 Mixed Methods

Unter dem Sammelbegriff der Mixed Methods ist hier die Verknüpfung verschiedener Auswertungsmethoden gemeint (Burzan 2016), welche in den Folgekapiteln dargestellt werden. Definiert werden die Mixed Methods nach Kuckartz als Kombination und Integration qualitativer und quantitativer Methoden innerhalb einer Forschung, bei der im Rahmen der Datenauswertung beide Methodenstränge zusammengelegt werden (Kuckartz 2014). Als Basis für die Anwendung dient die „Kompatibilitätsannahme“ (ebd., S. 35), dass sich beide Methoden vereinbaren lassen. Dieses ist in der vorliegenden Arbeit gegeben, da sich die Ergebnisse der mündlichen und schriftlichen Befragung ergänzen lassen und aus einer Stichprobe heraus erhoben werden. Hierbei wird der Begriff der Triangulation nach Flick (Flick 2009), der Mixed Methods als unterentwickelten Ansatz in der Sozialforschung sieht, nicht verwendet, sondern der Ansatz von Kuckartz, der die Triangulation nicht als Teilmenge der Mixed Methods ansieht, da sie zu allgemein gefasst ist und stattdessen die Mixed Methods als ein Konzept bezeichnet, das weiter entwickelt sei (Kuckartz 2014). Als „third methodological method“ (Kuckartz 2014, S. 13) bietet Mixed Methods über die qualitative und quantitative Forschung, eine zusätzliche Ebene für empirische Untersuchungen an (ebd.).

In der quantitativen Forschung werden anhand einer größeren Anzahl von verschiedenen Fällen Merkmale gesucht, die sich nicht nur zufällig zeigen, sondern hinter denen ein kausaler Zusammenhang im Sinne von Ursache und Wirkung besteht (Burzan 2016). Dieser Methodenstrang wird anhand der Auswertung der schriftlichen Befragung in Form von Fragebögen verfolgt, die anschließend mit einem Statistikprogramm ausgewertet werden. Ergänzend dazu werden Leitfadeninterviews mit Schüler\_innen geführt, die im Anschluss qualitativ ausgewertet werden. Die Aussagen aus dem Interview sollen die Ergebnisse, die aus den Fragebögen gewonnen werden, additiv stützen und so die Validität erhöhen (Burzan 2016). Dieses Design wird als Vertiefungsdesign bezeichnet, bei dem zuerst die quantitative Forschung und Auswertung stattfinden und sich daran die qualitative Studie anschließt (Kuckartz 2014). Hier wird nach der Basisnotation der Mixed Methods vorgegangen, die als „QUANT → qual“ (ebd., S. 78) bezeichnet wird. Die quantitative Auswertung hat Vorrang und die qualitative Studie in Form des Leitfadeninterviews wird zur Ergänzung eingesetzt, um die quantitativen Befunde zu vertiefen und diese bei der Interpretation der Ergebnisse sinnvoll verknüpfen zu können. Der Leitfaden für das Interview wurde nicht auf Basis der

Fragebogenergebnisse im Anschluss erstellt, sondern parallel mit dem Fragebogen, aus dem Vertiefungsfragen für das Interview abgeleitet sind. Mit dem Interview soll erreicht werden, dass die Fragen aus dem Fragebogen durch die Antworten der interviewten Person ausführlicher dargestellt werden und somit die Ergebnisse aus der schriftlichen Befragung aufschlussreicher ausfallen.

	Qualitativer Ansatz	Quantitativer Ansatz	Mixed-Methods-Ansatz
Verbindung zwischen Daten und Theorie	Induktion	Deduktion	Abduktion
Beziehung zum Forschungsprozess	Subjektivität	Objektivität	Intersubjektivität
Inferenzschlüsse	Kontextspezifisch	Generalisierung	Übertragbarkeit

Abbildung 3: Modell der "shared beliefs" (Morgan 2007, S. 71).

Durch die Anwendung der Mixed Methods soll ein Joint Display in Form eines „Side-by-Side-Display“ (Kuckartz 2014, S.138) der gewonnenen Daten erstellt werden, um die Daten gemeinsam interpretieren zu können (ebd.). Bezogen auf Abbildung 3 in Anlehnung an Morgans „shared beliefs“ (Morgan 2007) bedeutet es,

dass die Eigenschaften beider Methodenstränge genutzt werden, um diese zum Schluss im Rahmen der Abduktion zusammenzuführen. Bezogen auf diese Arbeit bedeutet es, dass die quantifizierten Aussagen der schriftlichen Befragung mit Interviewpassagen kombiniert werden, um nochmals zu überprüfen, wie sehr und auf welchen Ebenen das Verstehen der Schüler\_innen von epigenetischen Unterrichtsinhalten stattgefunden hat. Es wird deduktiv und induktiv vorgegangen, je nach Ansatz, wie aus der Tabelle abzulesen ist. Deshalb kann nicht eine Vorgehensweise der Arbeit allein abgegrenzt werden.

Das Side-by-Side-Display wird auf Basis gemeinsamer Daten in einem Schaubild kombiniert (s. Anhang XV.). Weitere Vorteile der Anwendung von Mixed Methods sind Kontextualisierung der Forschungsergebnisse aus der quantitativen Erhebung mit der qualitativen, um ein besseres Verständnis für die Problemstellung zu entwickeln, z.B. warum Schüler\_innen genau Schwierigkeiten mit Inhalten des Genetikunterrichts haben. Auch die persönlichen Erfahrungen des lernenden Subjektes bieten in Verknüpfung mit den quantitativ gewonnenen Ergebnissen eine multiperspektivische Sicht auf Probleme und Chancen im (Epi-)Genetikunterricht. Zusätzlich werden durch z.B. verbale Daten, statistische Sachverhalte und Zusammenhänge plastischer und auch verständlicher (Kuckartz 2014).

### 3.4 Auswertung

Im Auswertungsteil werden die Auswertung und Analyse der quantitativen und der qualitativen Sozialforschung vorgestellt und mit welchen Verfahren die Erhebungen ausgewertet wurden (Atteslander 2010). Begonnen wird in diesem Kapitel mit der quantitativen Auswertung der

Fragebögen. Danach erfolgt die qualitative Analyse der vorliegenden Interviews. Hierbei ist zu erwähnen, dass die Basisnotation auf dem quantitativen Methodenstrang liegt und mit dem qualitativen Methodenstrang ergänzt wird, indem Aussagen und Ergebnisse verknüpft und integriert werden.

### 3.4.1 Quantitative Auswertung Fragebogen mit SPSS

Wie bereits im Kapitel über die Erstellung der Fragebögen erwähnt, werden die Rohdaten für SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) von EvaSys generiert und können an das Statistik-Programm übertragen werden. In EvaSys wurden zwei Umfragen erstellt, um Pre- und Posttest getrennten Datensatz zu erhalten. Nach dem Datenexport werden die Daten in SPSS geöffnet und die Variablen gesichtet und gegebenenfalls umbenannt. Nicht benötigte Variablen werden entfernt (Datum, Bogen, Feedback) und die Kurzbezeichnung und Beschreibung der Variablen geändert, Dezimalstellen entfernt und Skalierung angepasst. Die Namen der Variablen und deren Codierung können dem Codebuch entnommen werden (s. Anhang VI.). Der Zusatz bei den Labeln der Variablen W1-W5 in Form von „Richtig“ und „Falsch“, zeigt die korrekte Lösung der gestellten Fragen im Wissenstest an, sodass in der Grafik ersichtlich ist, ob die Schüler\_innen jeweils eine korrekte Antwort gegeben haben oder nicht. Im nächsten Schritt werden die Daten aus beiden Tests in einer Tabelle zusammengefügt, damit gemeinsame Analysen möglich werden (Bühl 2014).

Danach erfolgt die univariate Analyse der Häufigkeiten anhand der Deskriptivstatistik (Bühl 2014). Für jede Variable des Pre- und Posttests werden die Häufigkeiten, die Mittelwerte und die Varianz berechnet. Bildlich dargestellt werden sie anhand eines Histogramms und einer Häufigkeitskurve, welche die Verteilung sichtbar macht (s. Anhang VII.). Danach wird derselbe Schritt wiederholt, allerdings werden die Häufigkeiten in einem Balkendiagramm grafisch dargestellt und die Anzahl der gewählten Antworten in Prozent angegeben. Die Zahlentabelle unter den jeweiligen Diagrammen enthalten die Informationen Häufigkeit, Prozent, gültige Prozente und kumulierte Prozente. Damit die Diagramme anschließend bei einem Vergleich optisch sofort zugeordnet werden können, werden alle Diagramme zu Variablen des Pretests grün gefärbt und die des Posttests blau. In dem kartesischen Koordinatensystem werden auf der X-Achse die verschiedenen Antwortmöglichkeiten dargestellt und die Y-Achse zeigt die jeweilige Häufigkeit der gegebenen Antworten in Prozent. Exemplarisch werden die Diagramme von W1, GU1 und GU3, SV2, SV3, SV6 und SV10 (alle jeweils pre- und post) und EU1 und EU3 (parallel zu GU1 und GU3) der Auswertung dargestellt und später sowohl im Ergebniskapitel als auch in der Ergebnisdiskussion gegenübergestellt und ausführlich erläutert. Die Auswahl begründet sich durch die Relevanz der Items, auch im Hinblick zur Integration in Kapitel 3.6.1.3, in dem die Ergebnisse aus Fragebogen und Interview kombinierbar sein müssen. Dadurch, dass die Ergebnisse der Antworten von W1-W5 noch im

Rahmen der Kreuztabelle thematisiert werden, sind diese nicht noch als Diagramme eingefügt, sondern die Ergebnisse in Zahlenwerten angegeben.

Im weiteren Schritt wird eine bivariate Analyse erstellt, um eine Korrelation zu ermitteln (Bühl 2014). Es wird eine Kreuztabelle erstellt, mit der geprüft werden soll, ob die gegebenen korrekten und nicht korrekten Antworten aus den Lösungsergebnissen aus W1-W5, mit dem Geschlecht männlich, weiblich oder anderes, korreliert. In die Zeilen der Maske werden die Variablen W1-W5\_pre eingetragen und als Spalte die Variable Geschl. In den Kreuztabellen sind nun die gewählten Variablen sichtbar und in einem zweiten Teil die symmetrischen Maße (s. Anhang VIII). Die Tabelle enthält den Wert, den asymptotischen Standardfehler und das näherungsweise  $t$ , die nach der Korrelation von Spearman ausgewertet werden. Die näherungsweise Signifikanz wird nach Pearson-R ebenfalls dargestellt (Bühl 2014). Alle Ergebnisse aus den Analysen werden in Kapitel 3.5.1 erläutert.

### 3.4.2 Qualitative Auswertung Leitfadenterview

Die qualitative Auswertung von Interviews beinhaltet zwei Schritte: Die Transkription und die Inhaltsanalyse. Hierfür werden zwei Programme zur Auswertung genutzt (f4 und MAXQDA). Im Folgenden wird der Transkriptions- und Analyseprozess beschrieben.

#### 3.4.3.1 Transkription mit f4

Nach der Aufnahme der vier Schüler\_inneninterviews erfolgt die Erstellung der Texte aus der Audioaufnahme mittels Transkription mit dem Programm f4 (Dresing und Pehl 2018) in vier Texte. Die Textform wird nach den Transkriptionsregeln von Dresing und Pehl (Dresing und Pehl 2013) gestaltet und in vier einzelne Transkripte (s. Anhang XI.) aufgeteilt, die jeweils zu Beginn mit den Informationen zu dem Namen der Audiodatei, Dauer der Aufnahme, Datum und Ort der Aufnahme und dem Datum der Transkription versehen sind (Dresing und Pehl 2013). Die Schüler\_innen sind anonymisiert mit KA1, KA2, KB1 und KB2 gekennzeichnet. Das K steht kennzeichnend für Kurs, da zwei Schüler\_innen aus dem Kurs A stammen und zwei aus dem Kurs B. Nach Dresing und Pehl wird der Text linksbündig gesetzt, jeder Sprecher\_innenbeitrag bekommt einen eigenen Absatz und der Wechsel wird durch eine leere Zeile gekennzeichnet. Am Ende des Sprechbeitrages wird eine Zeitmarke (z.B. #00:30:35-0#) gesetzt. Satzzeichen werden der deutschen Orthografie entsprechend benutzt und Dialekte weitestgehend ins Hochdeutsche übersetzt. Fülllaute werden im Transkript aufgenommen und emotionale oder nonverbale Äußerung mit eckigen Klammern versehen. Sprechpausen sind in kurz (.), mittel (..) und lang (...) unterteilt und die Punkte werden im Zeitintervall bis 0,5 Sekunden, von 0,5 bis 1,0 und bei über drei Sekunden Sprechpause gesetzt. Laute, bei denen sich die transkribierende Person unsicher ist, werden mit einer runden Klammer versehen.

Nach der Transkription werden die Interviews in Textform in das MAXQDA Programm (Verbi Software GmbH 1995) übertragen und dort wird ein Codesystem der Aussagen erstellt.

### 3.4.3.2. Kodierung mit MAXQDA

Zuerst werden die Dateien der Transkripte und der dazugehörigen Audioaufnahmen zur Weiterverarbeitung in das Programm importiert. Danach wird ein Codesystem (s. Abb. 4) erstellt und zur besseren Kenntlichkeit thematisch einer Farbe zugeordnet und die Unterpunkte werden farblich abgestuft. Die Kategorien werden mit Hilfe des Interviewleitfadens in eine logische Reihenfolge (s. Anhang X.)

Code	Anzahl
Codesystem	103
1. Genetik	0
1a1 Verständlichkeit	10
1a2 Unverständlichkeit	8
1b1 Interesse	14
1b2 Desinteresse	2
2. Epigenetik	0
2a1 Verständlichkeit	13
2a2 Unverständlichkeit	5
2b1 Interesse	21
2b2 Desinteresse	6
2c1 Weiterempfehlung Epigenetik	4
2d1 Eigene Reflexion	12
2e1 Vorwissen vorhanden	0
2e1.1 Ja	1
2e1.2 Nein	7

Abbildung 4: Codesystem MAXQDA.

nach den zu erwartenden Aussagen gebracht und den zwei großen Überpunkten „Genetik“ und „Epigenetik“ thematisch zugeordnet. Aus den Antworten der Interviewpersonen werden die Überbegriffe induktiv abgeleitet und die entsprechenden Aussagen im Transkript markiert und codiert. Den Kategorien *Verständlichkeit* und *Unverständlichkeit* werden Aussagen der Schüler\_innen immer dann zugeordnet, wenn sie auch das dazugehörige Verb „verständlich“ oder „unverständlich“, bzw. „schwer verständlich“ benutzten oder es inhaltlich davon abzuleiten war. Darin zusammengefasst sind sowohl das (Un-)Verständnis anhand unterrichtlicher Aufbereitung oder vorhandenes Fachwissen, das falsch oder richtig wiedergegeben wurde. Zu „Interesse“ oder „Desinteresse“ wurden Aussagen geordnet, die die Adjektive „spannend“ oder „interessant“ enthalten oder das Gegenteil wie „langweilig“ oder „nicht interessant“. In der Überkategorie „Epigenetik“ befinden sich zusätzlich noch die Kategorien „Weiterempfehlungen Epigenetik“, „Eigene Reflexion“ und „Vorwissen vorhanden“. Unter die erste Kategorie (2c1) werden Aussagen zusammengefasst, die den Epigenetikunterricht an andere Schüler\_innen empfehlen und begründen. Die zweite Kategorie beinhaltet die Reflexion epigenetischer Inhalte, die die Schüler\_innen entweder mit ihrer eigenen Lebenswelt, der Verantwortlichkeit für die Folgegenerationen oder ihrem eigenen Lernzuwachs verknüpft haben. In die dritte Kategorie wird eingeordnet, ob bei den Interviewten Vorwissen über die Epigenetik vor der Intervention vorhanden war oder nicht. Die 103 mit einem Code versehenen Aussagen werden nun im nächsten Schritt inhaltlich nach Mayring analysiert (Mayring 2010).

### 3.4.3.3 Qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring

Die Inhaltsanalyse wurde unter Beachtung der Gütekriterien (Objektivität, Reliabilität, Validität) durchgeführt (Mayring 2010).

Grundlegend für die Analyse ist das Material aus den vier geführten Schüler\_inneninterviews. Die Stichprobenziehung erfolgt nach Leistungsstärke der Schüler\_innen, wobei die Befragten aus Kurs A als leistungsstärker und die Befragten aus Kurs B als leistungsschwächer einzustufen sind. Die Stichprobe wird aus einer „Repräsentativitätsüberlegung“ (ebd., S. 53) heraus, gezogen. Die Forscherin selbst führte die Interviews aus dem eigenen Forschungsinteresse. Die Zielgruppe besteht aus den interviewten Schüler\_innen, deren genauer soziokultureller Hintergrund nicht bekannt ist (ebd.). Die Interviews liegen nach der Transkription der Audioaufnahmen in vier Texten vor. Die Festlegung der Analysetechnik erfolgt nach dem Modell der Zusammenfassung. Ziel dieses Modells ist die Reduktion des Materials und somit die Erstellung eines Abbildes von dem vorliegenden Grundmaterial (ebd.). Die Bestimmung der Analyseeinheiten erfolgt durch die Erstellung eines Codiersystems, wie es im vorherigen Kapitel bereits beschrieben wurde. Um die „Intercoderreliabilität“ (ebd., S. 51) zu gewährleisten, wird das Codesystem von einer weiteren Person geprüft, danach die Kodierregeln präzisiert und Ankerbeispiele hinzugefügt. Die Tabelle des Kodierleitfadens (s. Anhang XII.), besteht nun aus der Nummerierung, der Nennung der dazugehörigen Kategorien deren Definition, Ankerbeispielen und den Kodierregeln.

Im nächsten Schritt wird im Rahmen der Zusammenfassung je Interview eine Tabelle zur induktiven Kategorienbildung angelegt. Dort werden Kategorie, Abschnitt (im Transkript), Nummer (fortlaufend nummerierte Anzahl der Aussagen), Paraphrase, Generalisierung und Reduktion eingetragen (s. Anhang XIII.). Danach erfolgt die Paraphrasierung nach der Regel Z1 und danach die Generalisierung nach der Z2-Regel (Bestimmung des Niveaus der Abstraktion). Nach der Z3-Regel (Reduktion durch Selektion) werden Aussagen, die sich doppeln oder inhaltlich nicht aussagekräftig sind, gestrichen. Im letzten Schritt werden nach der Z4-Regel (Bündelung, Konstruktion und Integration) generalisierte Aussagen zusammengefasst formuliert dargestellt (ebd.). Alle Zusammenfassungen aus der Reduktionsspalte aus allen vier Tabellen werden nun nach der Z3-Regel in eine zusammenfassende Tabelle eingetragen und dort nach der Z4-Regel gebündelt und zum zweiten Mal reduziert (s. Anhang X.). Die gebündelten Aussagen sind nun die Quintessenz aus den Interviews, die in der Ergebnisdarstellung (s. Kapitel 3.5.2) präsentiert werden.

### **3.5 Ergebnisse**

In diesem Kapitel erfolgt die Darstellung der Ergebnisse aus der im vorherigen Kapitel erfolgten Auswertung der Forschungsanalysen, die für eine abschließende Ergebnisdiskussion und -interpretation aufbereitet werden.



### 3.5.1 Ergebnisse statistische Auswertung

Im Verlauf der Analyse von univariaten Verfahren (Bühl 2014), in diesem Fall die Ermittlung von Häufigkeitsverteilungen, ist ein umfangreicher Datensatz entstanden, dessen Ergebnisse auszugsweise im Anhang aufgeführt werden. Der gesamte Verlauf der SPSS-Analysen befindet sich in der digitalen Fassung dieser Arbeit im Anhang. Zuerst werden die Ergebnisse der Häufigkeitsanalysen genannt und abschließend die Ergebnisse der Kreuztabellen, wie bereits im Kapitel Auswertung 3.4.1 erwähnt.

In beiden Diagrammen der Häufigkeitsverteilung ist anhand der Kurve kein Unterschied zu sehen. Im Vergleich von pre zu post, findet eine Veränderung zwischen den Häufigkeiten der gegebenen Antworten statt. Im Pretest geben 24 Prozent an, dass sie die Antwort nicht wissen, beim Posttest sind es noch 13 Prozent. Bei den Diagrammen zur Verständlichkeit der genetischen Inhalte (GU1) verändert sich im Vergleich zu beiden Tests lediglich, dass es beim Posttest keine „Trifft nicht zu“ Angaben gibt. Auch zum Interesse der genetischen Inhalte (GU3) sind die Veränderungen im Antwortverhalten minimal. In der Darstellung der Schüler\_innenvorstellungen zum Umwelteinfluss auf die Gene (SV2), sind die Veränderungen vor und nach der Intervention ersichtlich. 74,6 Prozent wählten „Trifft zu“ im Posttest. Im Pretest waren es mit insgesamt 35,6 Prozent weniger als die Hälfte. Auch im Diagramm zu SV3 zu der Aussage, dass Gene starr und unveränderbar seien, verändert sich die anteilige Prozentzahl von „Trifft eher nicht zu“ im Pretest von 32,2 Prozent auf 52,5 Prozent im zweiten Test nach den beiden Unterrichtssequenzen. Der größte Unterschied von Pre- auf Posttestergebnisse ist im Balkendiagramm zu der Schüler\_innenvorstellung zu sehen, ob Gene an- und abschaltbar sind (SV6). Die Balken des Diagramms erscheinen in der Darstellung achsensymmetrisch, da die Häufigkeit der gegebenen Antwort sich einmal komplett umkehrt. Im Verhältnis von Pre- zu Posttest sind die Ergebnisse wie folgt: „Trifft nicht zu“, 49,2 zu 3,4 Prozent; „Trifft eher nicht zu“, 33,9 zu 5,1 Prozent; „Trifft eher zu“, 15,3 zu 8,5 Prozent und „Trifft zu“, 1,7 Prozent zu 72,9 Prozent. In der letzten exemplarisch dargestellten Grafik zu Schüler\_innenvorstellungen (SV10), handelt diese von der Aussage, ob sich der Konsum von Alkohol und Nikotin negativ auf die eigenen Gene auswirken kann. Beim Pretest gaben noch 6,8 Prozent an, dass dies nicht zuträfe, im Posttest nur noch 1,7 Prozent. Nach der Intervention gaben 89,8 Prozent der Schüler\_innen an, dass die Aussage zutrifft. Im Vergleich zum Pretest, dort waren es mit 40,7 Prozent weniger als die Hälfte.

Im Diagramm zur Verständlichkeit des Epigenetikunterrichts (EU1) wählten 16,9 Prozent „Trifft eher nicht zu“, 50,8 Prozent „Trifft eher zu“ und 20,3 Prozent „Trifft zu“. „Trifft nicht zu“ wurde nicht als Antwort gewählt. Die Verteilung im Diagramm zum Interesse an epigenetischen Themen (EU3) lautet: 10,2 Prozent nicht zutreffend, 20,3 Prozent eher nicht zutreffend, 27,1 Prozent eher zutreffend und 30,5 zutreffend. Die Werte aus der Tabelle wurden nicht den

„gültigen Prozentsen“ entnommen, da die Prozente der fehlenden Werte dort nicht herausgerechnet sind.

Die Kreuztabellen wurden erstellt, um einen Zusammenhang zwischen Geschlecht und Anzahl der korrekten Antworten zu ermitteln. Insgesamt gaben bei der Frage W1 im Pretest 15 Lernende die inkorrekte, 20 die korrekte und 24 keine Antwort („Ich weiß es nicht.“). Die Ergebnisse von Pearson werden nicht erläutert, da keine Intervallskalierung vorliegt, sondern nur das Korrelationsmaß nach Spearman (Bühl 2014). Der Wert des Ordinalmaßes beträgt -0,044, der asymptotische Standardfehler 0,134, näherungsweise  $t$  -0,334 und näherungsweise Signifikanz 0,739. Der Wert von -0,044 besagt für die Variable, da sie im Korrelationsintervall zwischen  $0,0 < r \leq 0,2$  liegt, dass nur eine sehr geringe Korrelation vorliegt. Das Minus vor dem Wert bedeutet eine negative Korrelation der Variablen. Je höher der Wert der ersten Variablen, desto geringer ist der Wert der zweiten Variablen (Bühl 2014). Bei der nächsten Frage beantworteten 20 Personen die Frage nicht korrekt, 24 korrekt und 15 wussten die Antwort nicht. In der Kreuztabelle zur Berechnung W2\_pre\*Geschl\_pre betragen die symmetrischen Maße im Wert -0,058, Standardfehler 0,135, näherungsweise  $t$  -0,437 und näherungsweise Signifikanz 0,664. Auch hier ist die Korrelation zwischen der korrekten Antwort und dem Geschlecht sehr gering. Zu W3\_pre liegt vor, dass 30 nicht korrekt und 27 korrekt auf die gestellte Frage antworteten und in zwei Fällen die „Ich weiß es nicht.“ Möglichkeit angegeben wurde. Die Kreuztabelle zeigt den Wert von -0,219, ein Standardfehler von 0,127, ein näherungsweise  $t$  von -1,695 und eine näherungsweise Signifikanz von 0,095 ausgewiesen. Dem Wert von -0,437 zur Folge, liegt in diesem Fall eine geringe Korrelation im Intervall von  $0,2 < r \leq 0,5$  (ebd.) vor. Die Frage nach der Zellteilung von W4 im Pretest, beantworteten 40 korrekt, zehn inkorrekt und neun gaben an, es nicht zu wissen. Bezogen auf das Geschlecht wurde der Wert -0,075, der Standardfehler 0,137, das näherungsweise  $t$  bei 0,571 und eine näherungsweise Signifikanz von -0,571 ergeben. Es liegt hier eine sehr geringe Korrelation vor. Auf die Frage nach der Anzahl der Chromosomen zur Variablen W5, gaben 42 Personen die korrekte Antwort, 12 eine inkorrekte und fünf wussten die Antwort nicht. Der Wert nach Spearman liegt hier bei -0,001, der Standardfehler bei 0,128, das näherungsweise  $t$  bei -0,008 und die näherungsweise Signifikanz bei 0,993. Hier liegt ebenfalls eine sehr geringe Korrelation vor.

Die Erkenntnisse, die aus diesen Ergebnissen gezogen werden können, werden im Kapitel der Diskussion erläutert.

### 3.5.2 Ergebnisse der qualitativen Inhaltsanalyse

Die Fragestellungen, die bearbeitet werden, untersuchen den Grad der Verständlichkeit von genetischen und epigenetischen Unterrichtsinhalten und dem Grad des Interesses, das die Befragten daran zeigen. Wie im Kapitel des Forschungsfeldes bereits erläutert wurde, handelt es sich bei der Stichprobe um eine Extremgruppe, die dem Gütekriterium der Validität

zugeordnet ist (Mayring 2010). Daraus resultiert, inwiefern epigenetische Inhalte sich dafür eignen, an die Schüler\_innen dieser Klassenstufe herangetragen zu werden. Dies wird auch an der Kategorie der begründeten Weiterempfehlung an Schüler\_innen anderer Schulen und der Tiefe der Reflexion hinterfragt. Die Genetik mit ihren Inhalten wird hier mit einbezogen, um einen Zusammenhang zwischen dem Verständnis von genetischen Themen und epigenetischen Themen zu beleuchten. Auch die Bewertung der Interventionsinhalte gibt Aufschluss über die Einschätzung der Auswahl des Unterrichtsmaterials. Die Interpretation der Ergebnisse erfolgt im Kapitel 3.6.1. Die Ergebnistabelle (s. Anhang XIV.) enthält die betreffende Kategorie und die zweite Reduktion der zusammengefassten Aussagen aus dem ursprünglichen Interview, zusammen mit der Bezeichnung, aus welchen Aussagen genau diese ein zweites Mal reduziert wurden. Diese Zusammenfassung wird der Ergebnisdiskussion in Kapitel 3.6.1.2 zugrunde gelegt. Der Erkenntnisfortschritt aus den Ergebnissen der Inhaltsanalyse wird im folgenden Kapitel dargelegt.

## **3.6 Diskussion**

In diesem letzten Kapitel der empirischen Forschung findet die Interpretation der vorliegenden Ergebnisse aus dem vorherigen Kapitel statt, die mit einem ergänzenden Schritt in einen weiteren Zusammenhang integriert werden (s. Kapitel 3.6.1.3). Daran anschließend findet eine Reflexion der Methoden statt und daran anknüpfend die Kritik an der durchgeführten Forschung. Problemstellung, Vorgehensweise und Ergebnisse sind in den vorigen Kapiteln erläutert worden und münden hier in die Folgerungen aus den Ergebnissen dieser Forschung heraus (Atteslander 2010), in die Beantwortung der Forschungsfrage hinein und dienen der Überprüfung, ob die zu Beginn formulierten Ziele der vorliegenden Arbeit erfüllt werden konnten und wenn nicht, welche Gründe dies hat.

### 3.6.1 Interpretation der Ergebnisse

Die Ergebnisinterpretation dient dem schlüssigen Verknüpfen von Ergebnissen mit Einbettung in den theoretischen Kontext, von der Theorie in die Praxis und von dort wieder zurück zur Theorie (Atteslander 2010). Zuerst werden die quantitativen Ergebnisse beleuchtet, dann die qualitativ ermittelten und zum Schluss werden die Folgerungen daraus im Mixing synthetisiert, um den Erkenntnisgewinn zu vergrößern (Kuckartz 2014). Die Forschungsfrage selbst (s. Kapitel 3.1) wird nach der Synthese der Ergebnisse beantwortet. Die daraus abgeleiteten Fragen sind je nach Frage in den Methodenstrang der quanti- oder qualitativen Forschung eingeordnet.

#### 3.6.1.1 Quantitativer Methodenstrang

Auf Basis der Ergebnisse aus dem vorherigen Kapitel werden hier die Schlüsse gezogen, mit denen die Forschungsfrage beantwortet werden soll. Anhand der Fragebögen wurde das

Vorwissen der Schüler\_innen zur Genetik und ihre Vorstellungen über epigenetische Mechanismen auf Basis bereits existierender Vorstellungen zur Genetik erhoben (Gluhodedow 2012; Hammann und Asshoff 2017). Auch ihre persönliche Bewertung von Verständlichkeit des Genetikunterrichts und Interesse daran, wurden abgefragt. Ergänzend dazu, erfolgt dieselbe Bewertung auch in Bezug auf die durchgeführte Intervention zu epigenetischen Themen im Posttest.

Zuerst wird an dieser Stelle ausgeschlossen, dass die gegebenen Antworten im Wissenstest mit dem Geschlecht korreliert, aufgrund der Ergebnisse aus der bivariaten Analyse durch die Kreuztabelle (Bühl 2014). Diese zeigte in allen geprüften Fällen eine sehr geringe Korrelation zwischen korrekten Antworten und dem Geschlecht. Die Antwort auf die Frage, wie gut das Vorwissen zu Genetik ist, wird zuerst beantwortet. Die Fehlerquote bei der ersten Frage zu den Vererbungsregeln beträgt 25,4 Prozent, bei der zweiten Frage zur Mitose 33,9 Prozent, zur dritten Frage nach den Geschlechterchromosomen 50,8 Prozent, zur vierten Frage über die Zellteilung 16,9 Prozent und bei der fünften Frage nach der Anzahl der Chromosomen in einem menschlichen Organismus 20,3 Prozent. Dadurch, dass das Thema Genetik ein Schuljahr zurück liegt, ist die Fehlerquote – bis auf 50,8 Prozent bei Frage drei – annehmbar. Die Schüler\_innen bewerteten den Genetikunterricht als verständlich und interessant. Dies beantwortet die nächste Frage, wie die Schüler\_innen den Epigenetikunterricht im Vergleich zum Genetikunterricht bewerten. Im Posttest ordneten die Schüler\_innen im Vergleich zu epigenetischen Themen die genetischen Themen 1,7 Prozent als nicht verständlich und mit 11,9 Prozent als verständlich ein. Die höchste Quote erreichte „Trifft eher zu.“ mit 59,3 Prozent. Dem gegenüber steht die Bewertung von Epigenetikunterricht, der zu null Prozent als unverständlich und zu 20,3 Prozent als verständlich beurteilt wurde. Die höchste Prozentzahl befindet sich auch in diesem Diagramm bei 50,8 Prozent unter der Antwortmöglichkeit „Trifft eher zu.“. Insgesamt gibt es keine großen Unterschiede im Vergleich. Die Ergebnisse können dementsprechend interpretiert werden, dass die Themen sowohl in Genetik als auch in der Epigenetik verständlich waren (s. Anhang VII.).

Bei der zweiten Bewertung zum Interesse an genetischen Inhalten, werden diese im Posttest mit 6,8 als nicht interessant und mit 35,6 Prozent als interessant bewertet. Das Desinteresse an epigenetischen Themen liegt bei 10,2 Prozent und ein deutliches Interesse bei 30,5 Prozent. Desinteresse und Interesse unterscheiden sich nur um einen einstelligen Prozentbereich und lassen darauf schließen, dass das Interesse an beiden Themenbereichen insgesamt ausgeprägt ist und die Lernenden diese als wissenswert ansehen.

Die letzte Fragestellung dieser Interpretation beschäftigt sich mit der Frage, welche Schüler\_innenvorstellungen bereits zu epigenetischen Vorgängen existieren und ob und wie sie sich nach der Intervention verändern. Exemplarisch werden dafür vier von zehn erhobenen Vorstellungen herangezogen, bei denen ein deutlicher Unterschied zu erkennen ist. Wählten

die Schüler\_innen zur Aussage, dass die Gene sich durch Umwelteinflüsse ändern würden beim Pretest noch 10,2 Prozent nicht zutreffend, waren es beim Posttest null Prozent. Das Ergebnis bei zutreffend veränderte sich von 35,6 auf 74,6 Prozent auf mehr als den doppelten Wert, deutlich. Da gemäß den neuesten Forschungsergebnissen die Umwelteinflüsse einen viel höheren Einfluss auf die Gene haben als die klassische Genetik es vermutete, haben sich die Vorstellungen zu Gunsten der modernen Forschungsergebnisse verschoben (s. Kapitel 2.1.2).

Dass Gene starr und nicht veränderbar sind, fanden vor der Intervention noch 44,1 Prozent eher zutreffend, danach nur noch 18,6 Prozent. Nach neuesten Erkenntnissen in der Forschung ist die Programmierung der Gene höchst dynamisch und ständigen Umbauprozessen unterzogen (s. Kapitel 2.1.1). Auch diese Vorstellungen haben sich bei den Schüler\_innen nach der Intervention sehr verändert. Auch zu dem Thema, dass sich Gene aktivieren und deaktivieren lassen, fand eine deutlich erkennbare Veränderung der Vorstellungen statt: Dachten noch 29 Prozent im Pretest, dass dies nicht zuträfe, veränderte sich der Wert auf 3,4 Prozent. Daran ist klar erkennbar, dass die Lernenden durch die Intervention erfahren haben, dass Gene durch epigenetische Prozesse an- und abgeschaltet werden können, was einen Durchbruch in der geänderten Sichtweise auf den Menschen und seine Gene in der Forschung bedeutet. Die Vorstellung dazu, dass Alkohol, Nikotin und Drogen einen negativen Einfluss auf die Gene haben können, befanden beim ersten Testdurchlauf 40,7 Prozent zutreffen, beim zweiten Durchlauf 67,8 Prozent. Die Thematik, dass Umwelteinflüsse, vor allem auch negative in Form von Schadstoffen, Gene ungünstig für den Organismus verändern können (s. Kapitel 2.1.4), wurde im Verlauf der Intervention aufgegriffen und mit den Schüler\_innen ausführlich bearbeitet (s. Kapitel 3.3.1). Das Bewusstsein der Schüler\_innen wurde also vor allem auch im gesundheitlichen Bereich erweitert und für Vorgänge auf epigenetischer Ebene sensibilisiert.

Erweitert werden die hier dargestellten Ergebnisse im nächsten Kapitel durch Aussagen von Schüler\_innen, die begründen, warum und welche Themen sie in Genetik und Epigenetik interessant finden und wie sie die Intervention reflektieren.

### 3.6.1.2 Qualitativer Methodenstrang

In diesem Abschnitt erfolgt die Interpretation der getätigten Aussagen der vier Schüler\_innen aus der Interviewstichprobe. Hier werden die Schlagworte *Verständlichkeit* und *Interesse* nochmals nachgeschärft und durch eine gezielte Fragenstruktur im Leitfaden (s. Anhang X.) vertieft. Zu der Beantwortung der Fragestellungen werden einzelne Aussagen aus den verschiedenen Kategorien herangezogen.

Die erste Frage, ob der Verstehensprozess von der guten oder schlechten Schulleistung abhängig ist, kann an dieser Stelle interpretativ beantwortet werden. Auch wenn eine

Extremgruppe gezogen wurde, weist die Stichprobe keine Unterschiede der Aussagen in den Kategorien auf. Anhand der qualitativen Inhaltsanalyse konnte kein Zusammenhang zwischen schulischer Leistung und dem Verständnis für genetische und epigenetische Inhalte ermittelt werden.

Die Themen von Genetik und Epigenetik wurden alle teilweise als verständlich und unverständlich eingeordnet und auf demselben Niveau reflektiert. Der Verstehensprozess von Genetik und Epigenetik hängt also nicht von der Schulleistung ab. Weiteren Aufschluss geben die Kategorien zur Verständlichkeit von Genetik und Epigenetik. Hier wird die Fragestellung beantwortet, ob und inwiefern das Unterrichtsmaterial, die Auswahl der Themen und die Aufbereitung des Unterrichtes zum Verstehensprozess der Lernenden beitragen und den Zugang zum Thema Genetik und speziell Epigenetik erleichtern. In Kategorie 1a1 und 1a2 wird gezeigt, wie verständlich Genetik für die Lernenden im Unterricht war und vertieft, welche Faktoren zur Verständlichkeit beigetragen haben. Gefördert wurde der Verstehensprozess durch Üben, anschauliches Experimentieren und die Aufbereitung im Unterricht. Die Faktoren, die dem Prozess eher entgegenstanden, sind ebenfalls die didaktische Aufbereitung und die hohe Informationsdichte der Fachtermini, die jeweils auch mit der korrekten Funktion verknüpft werden müssen. Besonders Mitose und Meiose werden betont und insgesamt von Schüler\_innen oft verwechselt (Gluhodedow 2012). Auffällig bei den Antworten ist auch, dass die Definitionsversuche von Genetik und die trennscharfe Zuordnung von Prozessen und Begriffen meist fachlich falsch waren. Verglichen zur Epigenetik in den Kategorien 2a1 und 2a2 werden die Definitionen meist fachlich korrekt wiedergegeben. Dies kann allerdings die Ursache haben, dass der Genetikunterricht zeitlich vielfach weiter entfernt ist, als der Epigenetikunterricht. Zu den Verstehensprozessen haben im Epigenetikunterricht der Unterrichtseinstieg mit einer Mindmap (s. Anhang IV.), der gezeigte Lehrfilm und das Fachwortverzeichnis im Arbeitsmaterial unterstützt. Als hinderlich für den Prozess wurde ebenfalls die Dichte der Fachtermini erwähnt, wenig Bearbeitungszeit für die Materialien und nicht gut verständliche Schüler\_innenpräsentationen. Die Aufbereitung des Unterrichtes ist ein wichtiger Faktor, ebenso wie die verständliche Aufbereitung der Arbeitsmaterialien.

Nach Aussage der Interviewpersonen trägt das eigene Interesse zu dem Verstehensprozess bei. Deshalb ist die Frage nach dem Interesse an den Themen entscheidend. Diese werden in den Kategorien 1b1, 1b2, 2b1 und 2b2 erläutert. Als zuträglich für das Interesse an den genetischen Themen wurde der Lebensweltbezug genannt und die Vererbung, Vererbungsregeln, Zellteilung und die Prozesse in der DNA besonders hervorgehoben. Uninteressant war die Molekulargenetik und die hohe Anzahl von Fachbegriffen schmälerte Verständlichkeit und somit das Interesse an manchen Themen, sodass diese Verknüpfung auch in die andere Richtung erfolgen kann. Alle Themen der Epigenetik wurden als interessant bewertet, nur das Thema der Evolution und Lamarck und ein Vortrag über Ernährung wurde

als nicht spannend beurteilt (s. Anhang III), weil dieser auch teilweise unverständlich gestaltet wurde. Im Vergleich zu genetischen Themen, tendieren mehrere Interviewpersonen zu einer Weiterbeschäftigung mit epigenetischen Themen in ihrer Freizeit, was ein großes Interesse widerspiegelt, die Inhalte zu vertiefen, die in der Schule angesprochen wurden. Insgesamt können Verständlichkeit und Interesse miteinander verknüpft werden und die Antwort auf die Frage geben, dass sowohl Unterrichtsmaterial als auch Themenauswahl und Aufbereitung zusammengenommen, den Verstehensprozess der Schüler\_innen unterstützen. Es ist besonders darauf zu achten, dass die Einführung durch Fachausdrücke nachhaltig und ausführlich erfolgt, um den Prozess nicht zu gefährden. Das Thema Lamarck war im Gegensatz zu den anderen ausgewählten Themen das abstrakteste, das weniger mit der Lebenswelt der Schüler\_innen verknüpft war, als die anderen Themen. Besonders hervorgehoben wurden die Zwillingforschung, die Ernährung, die Honigbiene und die Agouti-Mäuse. Alle Themen haben gemeinsam, dass sie sich entweder in der Lebenswelt der Lernenden befinden oder sich auf deren Organismus auswirken können.

Die Antwort auf die Frage nach dem Vorwissen lautet, dass nur eine Person aus der Stichprobe angab, bereits von der Beeinflussbarkeit der Gene durch die Umwelt gehört zu haben. Auch für diese Person war jedoch, wie für alle anderen, das Thema neu und kein Vorwissen vorhanden (2e1, 2e1.1 und 2e1.2).

Auf die Frage, wie sich eine Aufnahme des Themas Epigenetik in die Lehrpläne der Sekundarstufe I begründen lassen könnte, wurde den Schüler\_innen die Frage gestellt, ob und warum sie dieses Unterrichtsthema an Schüler\_innen anderer Schulen der Sekundarstufe I weiterempfehlen würden. In der Kategorie 2c1 empfahlen alle Interviewpersonen das Unterrichtsthema weiter. Begründet wird dies durch Aussagen, dass jeder Mensch wissen sollte, dass die Ernährung Einfluss auf die Gene hat und dies auch auf die Nachkommen übertragen werden kann. Es wird sowohl auf die gesellschaftliche Relevanz des Themas hingewiesen, als auch auf Selbstverantwortung und Generationenverantwortung. Diese Antwort wird auch im Fazit (s. Kapitel 4.) noch einmal aufgegriffen und als Handlungsempfehlungen für den Lehrplan formuliert.

Die letzte Frage lautet, wieso sich das Thema für das überfachliche Ziel der Gesundheitsbildung eignet. Hierfür wird die Selbstreflexion der Lernenden in der Kategorie 2d1 angeführt. Zukünftiges Handeln und der Lernzuwachs zum Thema Ernährung werden beeinflusst und somit in die eigene Lebenswelt integriert. Ebenfalls findet ein Überdenken des eigenen Konsumverhaltens statt, vor allem auch bezogen auf Alkohol- und Nikotinkonsum. Epigenetik wird als zukunftsweisendes Thema bewertet, das auch die Verantwortung auf Folgegenerationen im Kontext zur Vererbung von Zivilisationskrankheiten setzt.

Im letzten Schritt werden nun die Interpretationen beider Methodenstränge zusammengefügt und diskutiert.

### 3.6.1.3 Mixing/Integration

Wie in Kapitel 3.3.4 dargestellt, werden die Ergebnisse aus dem quantitativen und qualitativen Methodenstrang verknüpft und in einem Joint Display dargestellt. Das Side-by-Side-Display (s. Anhang XV.), zeigt die Werte der Variablen aus der statistischen Auswertung und die Ergebnisse aus der inhaltsanalytischen Auswertung. Evident hierbei ist, dass die Variablen nur in Prozentwerten die Häufigkeiten von Verständlichkeit und Interesse darstellen können, aber die genauen Gründe, die hinter Verstehbarkeit und Interesse stehen, können nur durch die Ergänzung von Aussagen der Stichprobe aus dem Forschungsfeld dargestellt werden. Miteinander verknüpft, können sie sowohl den Grad von z.B. Interesse und Desinteresse erfassen, als auch die Begründung dafür. Jedes Merkmal für sich, hat nicht die Aussagekraft, die durch das Mixing entsteht.

Durch die Nutzung von Mixed Methods, können die Ergebnisse nun zusammengefügt werden, um die eigentliche Forschungsfrage zu beantworten, die über allen anderen bereits beantworteten, abgeleiteten Fragen steht: Wie kann Epigenetik als Thema für einen modernen naturwissenschaftlichen Unterricht in die Sekundarstufe I eingeführt werden?

Wichtig ist an dieser Stelle, dass die Schüler\_innen ein Interesse an den unterrichteten Inhalten zeigen. Es wurde ermittelt, dass Verständlichkeit und Interesse miteinander verknüpft sind und sich gegenseitig bedingen. Die Befragten der Stichprobe fanden die vermittelten Inhalte spannend und auch verständlich aufbereitet. Auch im Bereich Genetik wurde dasselbe Ergebnis erzielt und spricht dafür, dass der Genetikunterricht entgegen der Vorannahmen so beibehalten werden sollte. Die Themenauswahl der Epigenetik traf auf breite Zustimmung, mit Ausnahme der Evolution. Dies bestätigt, dass Themen mit einem starken Lebenswelt- und Alltagsbezug zu den Jugendlichen, auf ein verstärktes Interesse stößt (Meyer und Meyer 2007). Auch wurde im Interview betont, dass die Epigenetik als Aufbau und Erweiterung zu den Grundlagen der Genetik am besten geeignet sei (s. Anhang XIII.). Für die Einführung in die Sekundarstufe I, kann gemäß den Ergebnissen aus dem Display geschlussfolgert werden, dass die Themen beibehalten werden sollten, die Genetik die Grundlagen liefert und zur besseren Verständlichkeit die Einführung von Fachtermini in deutlich reduzierter Form erfolgen sollte.

### 3.6.2 Reflexion der Forschung

Die Forschungsreflexion umfasst eine kritische Evaluation des Forschungsablaufes und der verwendeten Methoden. Sie zeigt die Grenzen der vorliegenden Forschung auf und bietet Verbesserungsvorschläge an.

Die Forschung insgesamt verlief zufriedenstellend, da die Intervention und deren Ablauf sorgfältig geplant wurden. Die Forschungsperson hat keinen Einfluss auf den Verlauf im Feld, aber eine optimale Vorbereitung kann ein flexibles Vorgehen bei auftauchenden Problemen



ermöglichen. Jedoch kann die Schaffung von durchdachten Rahmenhandlungen den reibungslosen Ablauf begünstigen. Zum Beispiel ist es entscheidend, genug Arbeitsmaterial zur Verfügung zu stellen und den Arbeitsauftrag ausführlich zu erläutern, damit bei der Intervention die Unterrichtsziele erreicht werden können. Die betreuende Lehrkraft des schulischen Forschungsfeldes trug durch ihre Organisation maßgeblich dazu bei, dass die schulorganisatorischen Rahmenbedingungen für die geplante Intervention stimmten. Die Schüler\_innen der Stichprobe waren motiviert und arbeiteten interessiert mit. Der Bedarf an Diskussionen zu den Themen war höher als die zur Verfügung stehende Zeit, weswegen empfohlen wird, noch einen dritten Block à 80 Minuten für eine Anschlussreflexion anzubieten, damit die vorgetragenen Themen abschließend besprochen und angemessen gemeinsam reflektiert werden können. Das Feedback der Schüler\_innen über die angewendeten Unterrichtsmethoden war positiv, allerdings sollte für die Erarbeitung des Materials und die Plakaterstellung ein größerer Zeitrahmen geplant werden, da dies bemängelt wurde. Im Zeitfenster fehlten ungefähr 20 Minuten.

Die Erhebung des Pretests verlief ohne Probleme und alle Fragebögen wurden sorgfältig ausgefüllt. Der Posttest musste noch an einem zweiten Tag stattfinden, da sich ca. 20 Schüler\_innen des Kurses auf einer Exkursion befanden, was die Auswertung verzögerte. Es empfiehlt sich die Forschung in einer Regelklasse durchzuführen, da so große Teile einer Stichprobe nicht fehlen können, wenn der Kurs nicht aus Lernenden von drei bis vier Klassen zusammengesetzt ist.

Die quantitative Auswertung der sehr geringen Stichprobe von 59 beim Pretest und 52 beim Posttest, ist nicht repräsentativ (Atteslander 2010) für die Grundgesamtheit aller Schüler\_innen der zehnten Klasse einer IGS Niedersachsen im Fach Naturwissenschaften. Der einfaktorielle ANOVA, der Chi-Quadrat Test, T-Tests von unabhängigen Stichproben und ein U-Test nach Whitney und Mann (Bühl 2014) sind aufgrund fehlerhafter Codierungen des Datensatzes fehlgeschlagen. Hier empfehlen sich umfassendere Kenntnisse über Statistik in den Sozialwissenschaften und die geübte Benutzung des SPSS Programmes.

Allerdings verlief die Analyse mit deskriptiven Statistiken problemlos, sodass eine ausführliche Ergebnisdarstellung von Diagrammen und eine bivariate Analyse zu einer Korrelation in fünf Kreuztabellen erfolgen konnte (Bühl 2014).

Bei der Erstellung der Schüler\_inneninterviews wäre die Größe der Stichprobe von ca. sechs bis sieben pro Kurs besser gewesen, da so mehr Meinungen vertreten gewesen wären und die Stichprobe um mehr Perspektiven erweitert hätte werden können. Auch wäre es für das Forschungskriterium der Objektivität (Mayring 2010) angemessener gewesen, wenn die Lehrperson die Interviews nicht selbst geführt hätte, um das Phänomen der sozialen Erwünschtheit zu vermeiden (Reinders 2005). Die Transkription, die induktive Kategorienbildung und die Inhaltsanalyse verliefen zufriedenstellend.

Die Anwendung von Mixed Methods (Kuckartz 2014) trug zum verbesserten Erkenntnisgewinn bei und wird von der Forschenden bei einer Forschung mit zwei Forschungssträngen weiterempfohlen, um eine Mehrperspektivität zu erreichen.

Der Forschungsablauf könnte in dieser Form wiederholt werden, da Intervention, Fragebogen und Interview passend aufeinander abgestimmt sind. Jedoch sollte mehr Zeit für das Durchführen der Intervention und das Auswerten mit SPSS eingeplant werden. Auch die Kenntnisse in diesem Bereich sollten im Vorfeld ausreichend vorhanden sein, damit über eine sichere Durchführung von deskriptiven Analysen hinaus, mehr Analysen möglich gemacht und so mehr Erkenntnisse über die gewonnenen Datensätze gesammelt werden können. Insgesamt sollten beide Stichproben sowohl bei der schriftlichen als auch bei der mündlichen Befragung deutlich vergrößert werden und Lehr- und Forschungsperson möglichst getrennt sein.

## 4. Fazit

Die vorliegende Masterarbeit ist ein ambitioniertes exploratives Pionierwerk auf Basis empirischer Forschung, das für die Aufnahme der Epigenetik in den Naturwissenschaftsunterricht in der Sekundarstufe I wirbt. Die Grundlage dafür schaffen die Schüler\_innen in dieser Forschung selbst: Sie interessieren sich für die Inhalte dieses Forschungszweiges und können diese verstehen und für sich reflektieren. Aber in diesem Fazit sollen auch Handlungsempfehlungen formuliert werden, die sich von dem Text der vorherigen 53 Seiten ableiten.

Zu Beginn des Fazits soll klargestellt werden, dass in dieser Arbeit nicht versucht werden sollte, etwas an gängigen Unterrichtspraktiken zu verändern oder dafür zu plädieren, den Genetikunterricht aus den Lehrplänen zu entfernen, da er zu abstrakt und komplex für die Schüler\_innen der Sekundarstufe I sei. Der Genetikunterricht ist die Voraussetzung für die Vermittlung von epigenetischen Unterrichtsinhalten. Das Ziel dieser Arbeit ist es, neue Wege aufzuzeigen, wie moderne Inhalte in den Curricula der Bundesländer Deutschlands einen Platz finden könnten, um auch im Segment der Genetik einen modernen Unterricht in den Naturwissenschaften für die Schüler\_innen zu kreieren. Dieser lösungsorientierte Ansatz soll als Vorschlag und Wegweiser gedacht sein, der anhand von Ansätzen neu entwickelter Unterrichtsmaterialien und den daraus resultierenden Umfrage- und Interviewergebnissen einen Fingerzeig geben möchte, dass es möglich ist, Epigenetik als Thema in die Unterrichtspraxis zu integrieren und eben nicht nur für die Sekundarstufe II mit einer komplexen molekularen Darstellung, sondern auch für die Sekundarstufe I. Den Zugang zu diesen Unterrichtsinhalten zu schaffen, sollte Anspruch einer jeden Schule und eines jeden Unterrichtes sein. Denn auf Basis der vorliegenden Forschungsergebnisse ist deutlich geworden, dass die Grundvoraussetzungen für eine Einführung in die Sekundarstufe bereits vorhanden sind: Das Interesse der Schüler\_innen und die Bestätigung, dass es möglich ist, innerhalb von zwei Unterrichtssequenzen alltagsnah ein naturwissenschaftliches Thema zu vermitteln, das sowohl mit der Lebenswelt der jugendlichen Lernenden verknüpft wird, als auch mit dem Zukunftsbezug. In den geführten Interviews haben die Schüler\_innen nach nur zwei Sequenzen die starke Relevanz des Themas für sich erkannt und haben dies auf einem hohen Niveau für sich selbst und sogar im gesellschaftlichen Kontext reflektiert und sind sich ihrer Generationenverantwortlichkeit bewusst. Vor allem in Bezug auf die gesundheitlichen Aspekte, hat sich das Interesse der Jugendlichen fokussiert. Hier wurde besonders über die Einwirkung von Lebensmitteln und Giftstoffen auf die epigenetische Programmierung diskutiert und ein besonderes Interesse an der Vererbung von Neigungen zu Diabetes und Fettleibigkeit an die Nachkommen gezeigt. Auch die generationsübergreifende Vererbung und die leichte

Beeinflussung der Gene durch schädliche Umwelteinflüsse insgesamt hat die Jugendlichen beschäftigt.

Für die Aufnahme von Epigenetik als modernes lebenswissenschaftliches Thema in die Sekundarstufe I wird mit dieser Arbeit eindringlich geworben. Denn bereits jetzt sind epigenetische Veränderungen in der Gesundheit der Gesellschaft messbar und die Vererbung transgenerational, was den Schulen eine besondere Verantwortung im Kontext zu den überfachlichen Zielen der Gesundheitsbildung von Kindern und Jugendlichen zuweist. Die empfohlene Platzierung der Epigenetik an den Oberschulen und IGS wird für die neunte Klasse anknüpfend an den Genetikunterricht und zu Beginn der zehnten Klasse empfohlen. Die Lernenden sollten in einem entsprechenden Alter sein, um die Tragweite und auch die Inhalte epigenetischer Forschung erfassen und nachvollziehen zu können. Diese Möglichkeit sollte nicht nur einem Teil der Schüler\_innenschaft in der Sekundarstufe II auf abstraktem molekulargenetischem Niveau möglich gemacht werden, sondern allen Schüler\_innen einer weiterführenden Schule, spätestens bis zur zehnten Klasse. Die Lernenden erhalten die Chance, sich selbst und ihr Konsumverhalten zu evaluieren und auch in Verbindung mit künftigen Kinderwünschen bereits jetzt ihre Handlungsentscheidungen zu hinterfragen. Dafür müssen die Schulen aber erst den Anstoß geben, da die Jugendlichen darauf angewiesen sind, dass diese Themen im Unterricht an sie herangetragen werden, natürlich in einer didaktisch gut zugänglich aufbereiteten Art und Weise, wie z.B. in dieser Arbeit dem Anhang zu entnehmen ist.

Ein weiterer Vorteil der Epigenetik ist, neben ihrer Aktualität, dass die Mechanismen leicht nachzuvollziehen und als Phänomene in der Natur beobachtbar sind. So ist es möglich, die abstrakten Ebenen zu umgehen und bereits nach zwei bis drei Unterrichtssequenzen eine große Veränderung der Schüler\_innenvorstellungen zu erwirken und die Selbstwirksamkeit der Lernenden zu mobilisieren. Mit dem hohen Maß an Verständlichkeit kann Epigenetik auch zeitökonomisch innerhalb einer Woche abgearbeitet werden, sodass sie in jedem Lehrplan Platz finden könnte. Selbstverständlich eignet sich das Thema auch für Projektwochen und kann die Schüler\_innen zu Forschern werden lassen, die sich ihre epigenetische Welt selbst erschließen können. Dies wäre ein Vorschlag für eine weiterführende Forschung, welche an die hier vorliegende angeknüpft werden könnte.

Epigenetik bietet als Unterrichtsthema ein enormes Potential, das die Lehrer\_innen und Schüler\_innen gemeinsam ausschöpfen können. Weitere Fragestellungen wären z.B., wie eine Projektwoche zur Epigenetik gestaltet werden könnte und wie das Feedback der Partizipierenden und Lehrpersonen wäre. Es sind auch Modellversuche an Schulen denkbar, welche die vorliegende Forschung als Vorlage nehmen könnten, um eine umfangreichere Forschung anzustreben, die viel größere Stichproben und die Erfahrungen der Lehrpersonen mit einbindet. Besonderer Fokus sollte hierbei auf die Reflexion der Jugendlichen gelegt

werden und darauf, ob diese ihr Alltagshandeln tatsächlich verändern würden. Denkbar wäre auch eine Entwicklung von Unterrichtssoftware, von der auch der Genetikunterricht profitieren könnte.

An der Universität sind Forschung und Lehre eng miteinander verknüpft. Es wird Zeit, dies in den Schulen umzusetzen, für eine zeitgemäße Bildung unserer Folgegenerationen, damit Chancen erkannt und genutzt werden können, selbstbestimmter durch das eigene Leben zu gehen und eine gesunde und fortschrittliche Gesellschaft mitzugestalten.

## 5. Literaturverzeichnis

4teachers (2012): Plakatgestaltung Checkliste (zu Plakatgestaltung Bewertungsraster). Hg. v. Bayerisches Staatsministerium für Bildung und Kultus. Online verfügbar unter <https://www.4teachers.de/?action=search&searchstring=checkliste+plakatgestaltung&searchtype=0>, zuletzt geprüft am 11.06.2018.

Antwerpes, Franz (2012): Blut-Hirn-Schranke. Hg. v. DocCheck Flexikon. Online verfügbar unter <http://flexikon.doccheck.com/de/Blut-Hirn-Schranke>, zuletzt geprüft am 01.06.2018.

Antwerpes, Franz (2015): MicroRNA. Hg. v. DocCheck Flexikon. Online verfügbar unter <http://flexikon.doccheck.com/de/MicroRNA>, zuletzt geprüft am 01.06.2018.

Antwerpes, Franz (2018a): Braunes Fettgewebe. Hg. v. DocCheck Flexikon. Online verfügbar unter [http://flexikon.doccheck.com/de/Braunes\\_Fettgewebe](http://flexikon.doccheck.com/de/Braunes_Fettgewebe), zuletzt geprüft am 01.06.2018.

Antwerpes, Franz (2018b): Fettgewebe. Hg. v. DocCheck Flexikon. Online verfügbar unter [http://flexikon.doccheck.com/de/Fettgewebe?utm\\_source=www.doccheck.flexikon&utm\\_medium=web&utm\\_campaign=DC%2BSearch](http://flexikon.doccheck.com/de/Fettgewebe?utm_source=www.doccheck.flexikon&utm_medium=web&utm_campaign=DC%2BSearch), zuletzt geprüft am 01.06.2018.

Antwerpes, Franz (2018c): Metabolisches Syndrom. Hg. v. DocCheck Flexikon. Online verfügbar unter [http://flexikon.doccheck.com/de/Metabolisches\\_Syndrom](http://flexikon.doccheck.com/de/Metabolisches_Syndrom), zuletzt geprüft am 01.06.2018.

Atteslander, Peter (2010): Methoden der empirischen Sozialforschung. 13., neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Berlin: Erich Schmidt Verlag (ESV basics).

Baden-Württemberg Ministerium für Kultus, Jugend und Sport (2016a): Bildungsplan des Gymnasiums Biologie, Naturphänomene und Technik (BNT). Bildungsplan 2016. Online verfügbar unter <http://www.bildungsplaene-bw.de/,Lde/LS/BP2016BW/ALLG/GYM/BNT>, zuletzt geprüft am 25.05.2018.

Baden-Württemberg Ministerium für Kultus, Jugend und Sport (2016b): Gemeinsamer Bildungsplan der Sekundarstufe I Biologie. Bildungsplan 2016. Online verfügbar unter <http://www.bildungsplaene-bw.de/,Lde/LS/BP2016BW/ALLG/SEK1/BIO>, zuletzt geprüft am 25.05.2018.

Bahar, M.; Johnstone, A. H.; Hansell, M. H. (1999): Revisiting learning difficulties in biology. In: *Journal of Biological Education* 33 (2), S. 84–86. DOI: 10.1080/00219266.1999.9655648.

Bale, Tracy L. (2015): Transgenerational epigenetic programming via sperm microRNA recapitulates effects of paternal stress. Unter Mitarbeit von Ali B. Rodgers, Christopher P. Morgan und N. Adrian Leu. National Academy of Sciences. Online verfügbar unter <http://www.pnas.org/content/112/44/13699.short>, zuletzt aktualisiert am 03.11.2015, zuletzt geprüft am 29.05.2018.

Bayerisches Staatsministerium für Bildung und Kultus (2003): Realschule R6 genehmigter Lehrplan - gültig für Jgst. 6 bis 10 Biologie. Online verfügbar unter <https://www.isb.bayern.de/realschule/lehrplan/realschule-r6/fach--jahrgangsstufenlehrplan-ebene-3/biologie/10-jahrgangsstufe/94/>, zuletzt geprüft am 25.05.2018.

Bayerisches Staatsministerium für Bildung und Kultus (2004): Gymnasium gültiger Lehrplan für Jgst. 6 bis 12 Biologie. Online verfügbar unter <http://www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26196>, zuletzt geprüft am 25.05.2018.

Berger, Jan; Both, Anette; Franke, Elke (2012): Fachlehrplan Sekundarschule Biologie. Hg. v. Kultusministerium des Landes Sachsen Anhalt. Online verfügbar unter [https://www.bildungs-lsa.de/lehrplaene\\_\\_rahmenrichtlinien/sekundarschule.html](https://www.bildungs-lsa.de/lehrplaene__rahmenrichtlinien/sekundarschule.html), zuletzt aktualisiert am 2012, zuletzt geprüft am 25.05.2018.

BMBF (1998): Delphi '98 - Umfrage. Studie zur globalen Entwicklung von Wissenschaft und Technik. Zusammenfassung der Ergebnisse. Unter Mitarbeit von Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI). Hg. v. Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF). Karlsruhe. Online verfügbar unter <http://publica.fraunhofer.de/dokumente/PX-45392.html>, zuletzt geprüft am 30.04.2018.

Bühl, Achim (2014): SPSS 22. Einführung in die moderne Datenanalyse. 14., aktualisierte Aufl. Hallbergmoos: Pearson (st - scientific tools).

Bundesministerium für Bildung und Forschung (2017): IHEC - DLR Gesundheitsforschung. Hg. v. BMBF. Bundesministerium für Bildung und Forschung. Online verfügbar unter <https://www.gesundheitsforschung-bmbf.de/de/ihec-5565.php>, zuletzt aktualisiert am 2017, zuletzt geprüft am 30.04.2018.

Bundesministerium für Bildung und Forschung (2018): Aufgaben und Aufbau. Hg. v. BMBF. Bundesministerium für Bildung und Forschung. Online verfügbar unter <https://www.bmbf.de/de/aufgaben-und-aufbau-215.html>, zuletzt geprüft am 30.04.2018.

Burzan, Nicole (2016): Methodenplurale Forschung. Chancen und Probleme von Mixed Methods. Weinheim, Basel: Beltz Juventa (Standards standardisierter und nichtstandardisierter Sozialforschung).

Carey, Nessa (2012): The epigenetics revolution. How modern biology is rewriting our understanding of genetics, disease and inheritance. London: Icon.

Dresing, Thorsten; Pehl, Thorsten (2013): Praxisbuch Interview, Transkription & Analyse. Anleitungen und Regelsysteme für qualitativ Forschende. 5. Auflage. Marburg: Dr. Dresing und Pehl GmbH.

Dresing, Thorsten; Pehl, Thorsten (2018): audiotranskription. Hg. v. dr. dresing & pehl GmbH. Online verfügbar unter <https://www.audiotranskription.de/f4>, zuletzt geprüft am 11.06.2018.

Drits-Esser, Dina; Malone, Molly; Barber, Nicola C.; Stark, Louisa A. (2014): Beyond the Central Dogma: Bringing Epigenetics into the Classroom. In: *AM BIOL TEACH* 76 (6), S. 365–369. DOI: 10.1525/abt.2014.76.6.3.

Duden.de (2018): Modern. Online verfügbar unter [https://www.duden.de/rechtschreibung/modern\\_neu\\_modisch](https://www.duden.de/rechtschreibung/modern_neu_modisch), zuletzt geprüft am 26.04.2018.

Dupont, Fabian (2016): Metabolisches Syndrom. Hg. v. Netdoktor. Online verfügbar unter <https://www.netdoktor.de/krankheiten/metabolisches-syndrom/>, zuletzt geprüft am 30.04.2018.

Eaton, Sally A.; Jayasooriah, Navind; Buckland, Michael E.; Martin, David Ik; Cropley, Jennifer E.; Suter, Catherine M. (2015): Roll over Weismann: extracellular vesicles in the transgenerational transmission of environmental effects. In: *Epigenomics* 7 (7), S. 1165–1171. DOI: 10.2217/epi.15.58.

Egger, Daniela (2016): Epigenetik - eine Lebenswissenschaft im Wandel. Online verfügbar unter <http://opus.uni-lueneburg.de/opus/volltexte/2017/14453/>, zuletzt geprüft am 11.05.2018.

Electric Paper Evaluationssysteme GmbH (2018): EvaSys. Hg. v. Sven Meyer. Online verfügbar unter <https://www.evasys.de/startseite.html>, zuletzt aktualisiert am 2018, zuletzt geprüft am 14.06.2018.

Ennis, Cath (2014): Epigenetics 101: a beginner's guide to explaining everything. Hg. v. The Guardian. Online verfügbar unter <https://www.theguardian.com/science/occams-corner/2014/apr/25/epigenetics-beginners-guide-to-everything>, zuletzt aktualisiert am 14.02.2018, zuletzt geprüft am 15.04.2016.

Flick, Uwe (2009): Triangulation. 3. Aufl. Wiesbaden: Springer Fachmedien (Qualitative Sozialforschung). Online verfügbar unter <http://gbv.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=748540>.

Freie und Hansestadt Hamburg Behörde für Schule und Berufsbildung (2014): Bildungsplan Stadtteilschule Jahrgangsstufen 7-11 Biologie. Hg. v. Freie und Hansestadt Hamburg Behörde für Schule und Berufsbildung. Online verfügbar unter <http://www.hamburg.de/bildungsplaene/2363316/start-stadtteilschule/>, zuletzt geprüft am 25.05.2018.

Gluhodedow, Matthias (Hg.) (2012): Biologie verstehen. Genetikunterricht in der Sekundarstufe I. 1. Aufl. Oldenburg: Didakt. Zentrum, Carl von Ossietzky Univ (Beiträge zur didaktischen Rekonstruktion, 36).

Gropengießer, Harald; Harms, Ute; Kattmann, Ulrich (Hg.) (2013): Fachdidaktik Biologie. Die Biologiedidaktik. 9., durchgesehene Auflage. Hallbergmoos: Aulis Verlag.

Hamann, Marcus; Asshoff, Roman (2017): Schülervorstellungen im Biologieunterricht. Ursachen für Lernschwierigkeiten. 3. Auflage. Seelze: Klett/Kallmeyer.

Harris, Kami D. M.; Bartlett, Nicholas J.; Lloyd, Vett K. (2012): Daphnia as an emerging epigenetic model organism. Hg. v. Genetics Research International. Department of Biology, Mount Allison University. Online verfügbar unter <https://www.hindawi.com/journals/gri/2012/147892/>, zuletzt geprüft am 02.05.2018.

Hessisches Kultusministerium (2000): Handreichung zur Arbeit mit den Lehrplänen der Bildungsgänge Hauptschule, Realschule und Gymnasium Biologie. an schulformübergreifenden (integrierten) Gesamtschulen und Förderstufen. Online verfügbar unter <https://kultusministerium.hessen.de/schulsystem/bildungsstandards-kerncurricula-und-lehrplaene/lehrplaene/integrierte-gesamtschule-igs>, zuletzt geprüft am 25.05.2018.

Hessisches Kultusministerium (2016): Kerncurriculum gymnasiale Oberstufe Biologie. Online verfügbar unter <https://kultusministerium.hessen.de/schulsystem/bildungsstandards-kerncurricula-und-lehrplaene/lehrplaene/gymnasiale-oberstufe>, zuletzt geprüft am 25.05.2018.

IHEC (2015): Goals, Structure, Policies&Guidelines. International Human Epigenome Consortium. Online verfügbar unter <http://ihec-epigenomes.org/about/policies-and-guidelines/>, zuletzt geprüft am 30.04.2018.

Käll, Lina B.; Nilsson, Michael; Lindén, Thomas (2014): The impact of a physical activity intervention program on academic achievement in a Swedish elementary school setting. In: *The Journal of school health* 84 (8), S. 473–480. DOI: 10.1111/josh.12179.

Killermann, Wilhelm; Hering, Peter; Starosta, Bernhard (2016): Biologieunterricht heute. Eine moderne Fachdidaktik. 16. aktualisierte Auflage. Augsburg: Auer (Immer besser unterrichten).

Klafki, Wolfgang (2007): Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik. 6. Aufl. Bad Langensalza: Beltz Verlagsgruppe.

KMK (2005): Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004. Online verfügbar unter [http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2004/2004\\_12\\_16-Bildungsstandards-Biologie.pdf](http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Biologie.pdf), zuletzt geprüft am 30.04.2018.

Kubb, Christian (2010): Mendelsche Regeln. Hg. v. Biologie-Schule.de. Online verfügbar unter <http://www.biologie-schule.de/mendelsche-regeln.php>, zuletzt geprüft am 19.05.2018.

Kuckartz, Udo (2014): Mixed Methods. Methodologie, Forschungsdesigns und Analyseverfahren. Wiesbaden: Springer VS.



- Labudde, Peter (Hg.) (2013): Fachdidaktik Naturwissenschaft. 1.-9. Schuljahr. 2., korrig. Aufl. Bern: Haupt (UTB, 3248 : Pädagogik).
- Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung (2009): Bildungsplan gymnasiale Oberstufe Biologie. Hg. v. Freie und Hansestadt Hamburg Behörde für Schule und Berufsbildung. Online verfügbar unter <http://www.hamburg.de/bildungsplaene/4539524/start-gyo/>, zuletzt geprüft am 25.05.2018.
- Landesinstitut für Schule (2008): Die gymnasiale Oberstufe im Land Bremen Biologie Bildungsplan für die gymnasiale Oberstufe. Hg. v. Die Senatorin für Bildung und Wissenschaft. Online verfügbar unter [https://www.lis.bremen.de/schulqualitaet/curriculumentwicklung/bildungsplaene/sekundarber-eich\\_ii\\_\\_\\_allgemeinbildend-16698](https://www.lis.bremen.de/schulqualitaet/curriculumentwicklung/bildungsplaene/sekundarber-eich_ii___allgemeinbildend-16698), zuletzt geprüft am 25.05.2018.
- Landesinstitut für Schule (2010): Die Sekundarstufe I im Land Bremen Naturwissenschaften Biologie, Chemie, Physik. Bildungsplan für die Oberschule. Hg. v. Die Senatorin für Bildung und Wissenschaft. Online verfügbar unter [https://www.lis.bremen.de/schulqualitaet/curriculumentwicklung/bildungsplaene/sekundarber-eich\\_i-15226](https://www.lis.bremen.de/schulqualitaet/curriculumentwicklung/bildungsplaene/sekundarber-eich_i-15226), zuletzt geprüft am 25.05.2018.
- Laplace, Frank (2011): Bekanntmachung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung von Richtlinien zur Förderung einer deutschen Beteiligung am „International Human Epigenome Consortium“ durch Forschungsverbünde zur epigenomischen Kartierung und Funktionsanalyse. Hg. v. BMBF. Bundesministerium für Bildung und Forschung. Online verfügbar unter <https://www.bmbf.de/foerderungen/bekanntmachung-611.html>.
- Lehnert, Hendrik; Kirchner, Henriette; Kirmes, Ina; Dahm, Ralf (2018): Epigenetik - Grundlagen und klinische Bedeutung. Aus der Vortragsreihe der Medizinischen Gesellschaft Mainz e.V. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-54023-7>.
- Mayring, Philipp (2010): Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Neuausgabe. s.l.: Beltz Verlagsgruppe.
- Mc Ewen, Birgitta (2015): Epigenetics and learning. In: *Trends in Neuroscience and Education* 4 (4), S. 108–111. DOI: 10.1016/j.tine.2015.11.002.
- Meyer, Meinert A.; Meyer, Hilbert (2007): Wolfgang Klafki. Eine Didaktik für das 21. Jahrhundert? Weinheim: Beltz (Studium Paedagogik).
- Ministerium für Bildung, Jugend und Sport Land Berlin und Brandenburg (2006): Rahmenlehrplan für den Unterricht in der gymnasialen Oberstufe im Land Brandenburg Biologie. Online verfügbar unter [http://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/index.php?id=curricula\\_gost\\_bb](http://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/index.php?id=curricula_gost_bb).
- Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur Mecklenburg-Vorpommern (2006): Kerncurriculum für die Qualifikationsphase für die gymnasiale Oberstufe Biologie. Online verfügbar unter <https://www.bildung-mv.de/schueler/schule-und-unterricht/faecher-und-rahmenplaene/rahmenplaene-an-allgemeinbildenden-schulen/biologie/>, zuletzt geprüft am 25.05.2018.
- Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur Mecklenburg-Vorpommern (2011): Rahmenplan Biologie für die Jahrgangsstufen 7 bis 10 des nichtgymnasialen Bildungsgangs. Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur Mecklenburg-Vorpommern. Online verfügbar unter <https://www.bildung-mv.de/schueler/schule-und-unterricht/faecher-und-rahmenplaene/rahmenplaene-an-allgemeinbildenden-schulen/biologie/>, zuletzt geprüft am 25.05.2018.
- Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Schleswig-Holstein (2014): Lehrplan für die Sekundarstufe I der weiterführenden allgemeinbildenden Schulen.

- Hauptschule, Realschule,, Gymnasium. Online verfügbar unter <https://lehrplan.lernnetz.de/index.php?wahl=123>, zuletzt geprüft am 25.05.2018.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2008): Kernlehrplan für das Gymnasium – Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen Biologie. Online verfügbar unter <https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplannavigator-s-i/gymnasium-g8/index.html>, zuletzt geprüft am 25.05.2018.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2011): Kernlehrplan für die Realschule in Nordrhein-Westfalen Biologie Biologie. Online verfügbar unter <https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplannavigator-s-i/realschule/index.html>, zuletzt geprüft am 25.05.2018.
- Morgan, David L. (2007): Paradigms Lost and Pragmatism Regained. In: *Journal of Mixed Methods Research* 1 (1), S. 48–76. DOI: 10.1177/2345678906292462.
- Niedersächsisches Kultusministerium (2012): Kerncurriculum für die Integrierte Gesamtschule. Schuljahrgänge 5-10. Naturwissenschaften. Hannover: Unidruck.
- Niedersächsisches Kultusministerium (2017): Kerncurriculum für das Gymnasium – gymnasiale Oberstufe die Gesamtschule -gymnasiale Oberstufe das Berufliche Gymnasium das Abendgymnasium das Kolleg Biologie. Hg. v. Niedersächsisches Kultusministerium. Online verfügbar unter <http://db2.nibis.de/1db/cuvo/ausgabe/index.php?mat1=16>, zuletzt geprüft am 25.05.2018.
- Reinders, Heinz (2005): Qualitative Interviews mit Jugendlichen führen. Ein Leitfaden. München: Oldenbourg.
- Rheinland-Pfalz - Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Weiterbildung und Kultur (1998): Lehrplan Biologie Grund- und Leistungsfach. Jahrgangsstufen 11 bis 13 der gymnasialen Oberstufe (Mainzer Studienstufe). Online verfügbar unter <https://lehrplaene.bildung-rp.de/>.
- Rheinland-Pfalz - Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Weiterbildung und Kultur (2014): Lehrpläne für die naturwissenschaftlichen Fächer für die weiterführenden Schulen in Rheinland-Pfalz. Biologie Chemie Physik Klassenstufen 7 bis 9/10. Online verfügbar unter <https://naturwissenschaften.bildung-rp.de/faecher/biologie/lehrplaene-und-richtlinien.html>, zuletzt geprüft am 25.05.2018.
- Ruppert, Wolfgang; Spörhase, Ulrike (Hg.) (2014): Fachmethodik/Biologie-Methodik. Handbuch für die Sekundarstufe I und II. Buch mit Kopiervorlagen über Webcode. 4., überarbeitete Auflage. Berlin: Cornelsen Scriptor (Fachmethodik).
- Ruppert, Wolfgang; Spörhase-Eichmann, Ulrike (2010): Biologie-Didaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II. Unter Mitarbeit von Wolfgang (Hrsg.) Ruppert. 4. Aufl. Berlin: Cornelsen.
- Saarland - Ministerium für Bildung, Kultur und Wissenschaft (2008): Gymnasiale Oberstufe Saar (GOS)-Lehrplan Biologie. G-Kurs. Online verfügbar unter <https://www.saarland.de/SID-B510882C-6BFC2E83/209629.htm>, zuletzt geprüft am 25.05.2018.
- Saarland - Ministerium für Bildung, Kultur und Wissenschaft (2016): Lehrplan Biologie Gemeinschaftsschule. -Erprobungsphase-. Online verfügbar unter <https://www.saarland.de/SID-B510882C-6BFC2E83/209628.htm>, zuletzt geprüft am 25.05.2018.
- Sächsisches Bildungsinstitut (2004a): Lehrplan Gymnasium Biologie. Hg. v. Sächsisches Staatsministerium für Kultus. Online verfügbar unter <https://www.schule.sachsen.de/lpdb/>, zuletzt geprüft am 25.05.2018.

- Sächsisches Bildungsinstitut (2004b): Lehrplan Mittelschule Biologie. Hg. v. Sächsisches Staatsministerium für Kultus. Online verfügbar unter <https://www.schule.sachsen.de/lpdb/>, zuletzt geprüft am 25.05.2018.
- Scholl, Armin (2009): Die Befragung. 2., überarb. Aufl. Konstanz: UVK Verl.-Ges (UTB, 2413).
- Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie Berlin und Brandenburg (2017): Biologie Jahrgangsstufen 7-10. Online verfügbar unter <https://www.berlin.de/sen/bildung/unterricht/faecher-rahmenlehrplaene/rahmenlehrplaene/>, zuletzt geprüft am 25.05.2018.
- Spork, Peter (2010): Der zweite Code. Epigenetik - oder wie wir unser Erbgut steuern können. 4. Aufl. Hamburg: Rowohlt.
- Spork, Peter (2017): Gesundheit ist kein Zufall. Wie das Leben unsere Gene prägt : die neuesten Erkenntnisse der Epigenetik. 2. Auflage. München: DVA.
- Stiftverband für deutsche Wissenschaft (2018): Ein Code jenseits der DNA – das Epigenom. Didaktisch-methodischer Kommentar. Hg. v. Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V. Online verfügbar unter [https://www.max-wissen.de/102910/Didaktisch-methodischer\\_Kommentar](https://www.max-wissen.de/102910/Didaktisch-methodischer_Kommentar), zuletzt geprüft am 22.05.2018.
- Thüringer Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur (2012a): Biologie weiterentwickelter Lehrplan für den Erwerb der allgemeinen Hochschulreife. Online verfügbar unter <https://www.schulportal-thueringen.de/media/detail?tspi=2284>, zuletzt geprüft am 25.05.2018.
- Thüringer Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur (2012b): Biologie weiterentwickelter Lehrplan für den Erwerb des Hauptschul- und des Realschulabschlusses. Online verfügbar unter <https://www.schulportal-thueringen.de/media/detail?tspi=2283>, zuletzt geprüft am 25.05.2018.
- Unterricht Biologie (2014): Epigenetik. In: *Unterricht Biologie* (400/2014). Online verfügbar unter <https://www.friedrich-verlag.de/shop/epigenetik-53400>, zuletzt geprüft am 22.05.2018.
- Verbi Software GmbH (1995): MAXQDA - The Art of Data Analysis. Hg. v. Verbi Software GmbH. Online verfügbar unter <https://www.maxqda.de/>, zuletzt aktualisiert am 2018, zuletzt geprüft am 13.06.2018.
- Vienberg, S.; Geiger, J.; Madsen, S.; Dalgaard, L. T. (2017): MicroRNAs in metabolism. In: *Acta physiologica (Oxford, England)* 219 (2), S. 346–361. DOI: 10.1111/apha.12681.
- Weaver, Ian; Cervoni, Nadia (2004): Epigenetic programming by maternal behavior. In: *Nature Neuroscience* (7), S. 847–854. Online verfügbar unter <https://www.nature.com/articles/nn1276>, zuletzt geprüft am 17.05.2018.
- Zeyer, A.; Odermatt, F. (2009): Gesundheitskompetenz (Health Literacy) – Bindeglied zwischen Gesundheitsbildung und naturwissenschaftlichem Unterricht. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* (15), S. 265–285.

# Anhang

## I. Epigenetik in den Lehrplänen der Bundesländer

Bundesland	Sek I	Sek II	Fakultativ im LP	Verpflichtend im LP
Baden-Württemberg <sup>7</sup>	-----	-----	-----	-----
Bayern <sup>8</sup>	-----	X	-----	X
Berlin/Brandenburg <sup>9</sup>	-----	-----	-----	-----
Bremen <sup>10</sup>	-----	-----	-----	-----
Hamburg <sup>11</sup>	-----	-----	-----	-----
Hessen <sup>12</sup>	-----	X	-----	X
Mecklenburg-Vorpommern <sup>13</sup>	-----	-----	-----	-----
Niedersachsen <sup>14</sup>	-----	X	X	-----
Nordrhein-Westfalen <sup>15</sup>	-----	-----	-----	-----
Rheinland-Pfalz <sup>16</sup>	-----	-----	-----	-----
Saarland <sup>17</sup>	-----	-----	-----	-----
Sachsen <sup>18</sup>	-----	X	-----	X
Sachsen-Anhalt <sup>19</sup>	-----	X	-----	X
Schleswig-Holstein <sup>20</sup>	-----	-----	-----	-----
Thüringen <sup>21</sup>	-----	-----	-----	-----

<sup>7</sup> Baden-Württemberg Ministerium für Kultus, Jugend und Sport 2016a, 2016b.

<sup>8</sup> Bayerisches Staatsministerium für Bildung und Kultus 2003, 2004.

<sup>9</sup> Ministerium für Bildung, Jugend und Sport Land Berlin und Brandenburg 2006; Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie Berlin und Brandenburg 2017.

<sup>10</sup> Landesinstitut für Schule 2010, 2008.

<sup>11</sup> Freie und Hansestadt Hamburg Behörde für Schule und Berufsbildung 2014; Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung 2009.

<sup>12</sup> Hessisches Kultusministerium 2000, 2016.

<sup>13</sup> Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur Mecklenburg-Vorpommern 2006, 2011.

<sup>14</sup> Niedersächsisches Kultusministerium 2012.

<sup>15</sup> Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen 2008, 2011.

<sup>16</sup> Rheinland-Pfalz - Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Weiterbildung und Kultur 2014, 1998.

<sup>17</sup> Saarland - Ministerium für Bildung, Kultur und Wissenschaft 2008, 2016.

<sup>18</sup> Sächsisches Bildungsinstitut 2004a, 2004b.

<sup>19</sup> Berger et al. 2012.

<sup>20</sup> Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Schleswig-Holstein 2014.

<sup>21</sup> Thüringer Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur 2012a, 2012b.

## II. Unterrichtsentwurf Intervention

### **Unterrichtsentwurf – Sequenz 1**

anlässlich einer Intervention im Rahmen einer Masterarbeit

**Fach:** Naturwissenschaften

**Betreuende Lehrkraft:**

**Klasse:** NaWi-Kurs Klasse 10

**Schüler\*Innen (Mä/Ju):** K1: 30 (19/11)/K2: 31 (16/15) **Schulleiter\*In:**

**Zeit:** K1:08.00-09.20 Uhr/K2: 11.50-13.10 Uhr

**Thema der Unterrichtseinheit:** Grundlagen der Epigenetik

**Themenfeld laut CuVo:** Gesundheit und Krankheit; Lebewesen entwickeln sich; Chancen und Risiken angewandter Genetik

**Thema der Unterrichtsstunde:** Einstieg in die Epigenetik

#### **Inhaltsbezogene Kompetenzen (neu erstellt!):**

##### Fachwissen

- Die Schülerinnen und Schüler lernen Grundlagen der Epigenetik kennen
- Die Schülerinnen und Schüler erarbeiten sich Themeninhalte zur Epigenetik

#### **Kompetenzen gemäß KC (Niedersächsisches Kultusministerium, 2012):**

##### **Prozessbezogene Kompetenzen**

##### Beobachten, beschreiben, vergleichen:

- Die Schülerinnen und Schüler beschreiben komplexe Zusammenhänge strukturiert und sachgerecht

#### **Stellung der Stunde im Rahmen der Unterrichtseinheit:**

##### **Einstieg in die Epigenetik**

Anwendung und Reflexion der Themenfelder der Epigenetik

Vertiefung der gewonnenen Erkenntnisse

**Stundenziel:** Die Schüler\_innen lernen das Themenfeld der Epigenetik kennen und arbeiten sich in die Thematik ein.

### **Lerngruppenbeschreibung:**

Beide im Folgenden beschriebenen NaWi-Kurse sind aus Schüler\_innen der fünfzügigen zehnten Klassen zusammengesetzt. Die Teilnehmenden im Alter von 14-16 Jahren sind auf E<sup>22</sup>-Niveau eingestuft.

#### Kurs 1 (K1):

Diese Lerngruppe besteht aus insgesamt 30 SuS, wovon 11 männlich und 19 weiblich sind. Dieser Kurs wird als ehrgeizig, lernstark und lernmotiviert charakterisiert. Es befinden sich darin keine SuS mit besonderem Förderbedarf. Das Kursklima wird als sehr gut beschrieben, gute Kenntnisse von naturwissenschaftlichen Grundlagen sind vorhanden, was sich in einem guten Klassendurchschnitt von insgesamt 2,4 widerspiegelt.

#### Kurs 2 (K2):

Dieser NaWi-Kurs setzt sich aus 31 SuS zusammen, von denen 15 männlichen und 16 weiblichen Geschlechts sind. Momentan befindet sich eine Austauschschülerin aus Spanien in der Lerngruppe, die über Grundlagen der deutschen Sprache verfügt. Sie besitzt sehr gute Kenntnisse der Naturwissenschaften, besonders in Chemie, jedoch ist es ihr manchmal nicht möglich, die Sprachbarriere in Bezug auf das Fachvokabular zu überwinden.

Außerdem befindet sich ein Schüler im Kurs, der das Schuljahr wiederholt und als mäßig lernmotiviert beschrieben wird.

Das Lernklima wird als angespannt und die Leistungsmotivation eher im unteren Bereich wahrgenommen. Ein Teil der SuS ist sehr bemüht, jedoch sind die Leistungen eher befriedigend und ausreichend, weswegen der aktuelle Schnitt 3,7 beträgt.

---

<sup>22</sup> E-Niveau = Erweitertes Niveau

## Unterrichtsentwurf – Sequenz 2

anlässlich einer Intervention im Rahmen einer Masterarbeit

**Fach:** Naturwissenschaften

**Betreuende Lehrkraft:**

**Klasse:** NaWi-Kurs Klasse 10

**Schüler\*Innen(Mä/Ju):** K1: 30 (19/11)/K2: 31 (16/15) **Schulleiter\*In:**

**Zeit:** K1: 11.50-13.10 Uhr/K2: 10.00-11.20 Uhr

**Thema der Unterrichtseinheit:** Grundlagen der Epigenetik  
**Themenfeld laut CuVo:** Gesundheit und Krankheit; Lebewesen entwickeln sich;  
Chancen und Risiken angewandter Genetik

**Thema der Unterrichtsstunde:** Anwendung und Reflexion der Themenfelder der Epigenetik  
der Epigenetik

### Inhaltsbezogene Kompetenzen (neu erstellt!):

#### Fachwissen

*Die Schülerinnen und Schüler:*

- können Auswirkungen epigenetischer Prozesse bei tierischen Organismen (Mensch, Agouti-Maus, Honigbiene) benennen und Kurzvorträge halten.

- stellen den Lebensweltbezug zwischen neuen Erkenntnissen in der Epigenetik und zu sich selbst her und erkennen diese als relevant.

### Kompetenzen gemäß KC (Niedersächsisches Kultusministerium, 2012):

#### Prozessbezogene Kompetenzen

##### Bewertung

*Die Schülerinnen und Schüler erläutern die Standpunkte anderer.*

##### Kommunikation

- reflektieren die Beiträge anderer und nehmen Stellung.

- lösen komplexe Aufgaben in Gruppen, treffen dabei selbstständig Absprachen in Bezug auf Aufgabenverteilung und Zeiteinteilung.

- präsentieren Ergebnisse mit angemessenen Medien.

#### Stellung der Stunde im Rahmen der Unterrichtseinheit:

Einstieg in die Epigenetik

#### **Anwendung und Reflexion der Themenfelder von Epigenetik**

Vertiefung der gewonnenen Erkenntnisse

**Stundenziel:** Die Schüler\_innen präsentieren ihre erarbeiteten Ergebnisse anhand eines „Gallery Walks“ und geben sich gegenseitig Feedback und reflektieren gemeinsam epigenetische Themeninhalte.

### Unterrichtsverlauf Sequenz 1

Zeit /Phase	Unterrichtsgeschehen		Didaktisch-methodischer Kommentar	Sozialform	Material/ Medien
	geplantes Lehrerhandeln	erwartetes Schülerverhalten			
08.00-08.20 Uhr Pretest	LK teilt Fragebögen aus und erklärt, wie dieser auszufüllen ist.	SuS füllen den Fragebogen aus und stellen ggf. Nachfragen.	Testung von Vorwissen.	Einzelarbeit	Fragebögen
08.21-08.25 Uhr  <b>Einstieg</b>	LK fragt SuS: „Was fällt euch zum Begriff ´Epigenetik´ ein?“ und schreibt Begriffe in ein Cluster in die Mitte der Tafel.	SuS antworten der LK auf ihre Frage.	Generieren von Vorwissen der SuS.	Frontal	Kreide/Tafel
08.26-08.40 Uhr  <b>Hinführung I</b>	LK zeigt SuS einen kurzen Lehrfilm zum Thema „Epigenetik“ und fordert SuS auf, sich relevante Begriffe zu notieren.	SuS sehen sich den Film an und machen sich Notizen.	Visualisierung zur Vereinfachung des Unterrichtsgegenstandes.	Frontal	Film/Laptop, Beamer
08.41-08.50 Uhr  <b>Hinführung II</b>	LK stellt Nachfragen zum Film und klärt offene Fragen der SuS. Bei der Nennung relevanter Begriff heftet sie vorbereitete Kärtchen an die rechte Tafelseite.	SuS antworten auf Nachfragen der LK zum Film und stellen ggf. Fragen bei Unklarheiten.	Überprüfung, ob Inhalte verstanden wurden.	Frontal	Tippkarten, Magnete/Tafel
08.51-09.10 Uhr <b>Erarbeitung</b>	LK gibt Arbeitsmaterial an Austeildienst aus und erteilt den Leseauftrag.	SuS bekommen Arbeitsmaterial und lesen sich den genannten Text und die Aufgabe durch.	Stille Lese- und Erarbeitungsphase zum konzentrierten Erarbeiten des Textes.	Einzelarbeit	Text- und Aufgabenblätter
09.11-09.20 Uhr  <b>Sicherung</b>	LK leitet die Gruppenphase und erklärt die Aufgabenstellung. Jede TG soll zu ihrem Text ein Plakat für den Gallery Walk erstellen. Bei Nachfragen unterstützt LK.	SuS stellen ggf. Nachfragen und bearbeiten die Aufgabe, indem sie in Gruppenarbeit ein Plakat anfertigen.	Gemeinschaftliches Erarbeiten der Aufgaben und gegenseitige Unterstützung.	Gruppenarbeit	Bausteine



## Unterrichtsverlauf Sequenz 2

Zeit /Phase	Unterrichtsgeschehen		Didaktisch-methodischer Kommentar	Sozialform	Material/ Medien
	geplantes Lehrerhandeln	erwartetes Schülerverhalten			
08.00-08.05 Uhr <b>Einstieg</b>	LK fordert SuS auf, kurz zu wiederholen, was sie von letzter Stunde wissen.	SuS antworten auf die Frage.	Prüfung von Wissen aus letzter Sequenz.	Plenum	-----
08.06-08.08 Uhr <b>Hinführung</b>	LK erkundigt sich nach dem Stand der Plakate und fragt SuS nach zeitlicher Einschätzung.	SuS geben Zwischenstand an und benötigte Zeit.	Selbstständige Einschätzung von Zeit undArbeitsaufwand.	Frontal	-----
08.09-08.30 Uhr <b>Erarbeitung</b>	LK gibt ein Zeitfenster von 20 Minuten zur Erstellung der Plakate.	SuS stellen Plakate fertig.	Gemeinsames Erarbeiten von Inhalten.	Gruppenarbeit	Plakate, Text- und Aufgabenblätter
08.31-08.41 Uhr <b>Erarbeitung II</b>	LK fordert SuS auf, die fertigen Plakate an die Tafel/Wand zu hängen, dass eine Art Ausstellung entsteht. SuS sollen sich nun die Plakate der anderen Gruppen ansehen.	SuS hängen ihre Plakate auf und sehen sich die Plakate der anderen Gruppen an.	Eigenständige Platzierung der Arbeitsergebnisse und Ansicht der Ergebnisse anderer Gruppen.	Plenum	Plakate, Tesafilm, Tafelmagnete/Wand, Tafel
08.42-09.20 Uhr <b>Sicherung</b>	LK fordert SuS auf, ihre Plakate zu präsentieren und eine kurze Feedback-/Fragerunde anzuschließen.	SuS präsentieren ihre Plakate und geben zu anderen Feedback/stellen ggf. (Nach-)Fragen.	Präsentieren vor einer Gruppe und reflektieren der Ergebnisse.	Plenum	Plakate

Beispiele für Phasierung des Unterrichts: s. von Brand, Kap. 7

# Epigenetik

Themenübersicht:

TG 1: Epigenetik und Vererbung I – Was wird vererbt?

TG 2: Epigenetik und Vererbung II – Die Agouti-Maus

TG 3: Epigenetik und Ernährung I – Die Honigbiene

TG 4: Epigenetik und Ernährung II – Du bist, was du isst?

TG 5: Epigenetik und Evolution – Hatte Lamarck doch recht?

TG 6: Epigenetik und Zwillingsforschung – Erbgleich und doch verschieden?

## **Aufgabe:**

*Erstelle mit deiner Gruppe aus den Information im Text und dem Bildmaterial ein Plakat. Benutze dafür auch gerne die Checkliste zur Plakaterstellung.*

***Alle im Text unterstrichenen Wörter findest du im Fachwortverzeichnis.***

*Wenn alle Plakate fertig erstellt sind, hänge es mit deiner Gruppe an die Wand. Sieh dir nun auch die anderen Plakate an und notiere dir Fragen und Feedback.*

*Präsentiere das Plakat zusammen mit deiner Gruppe vor deiner Klasse im Rahmen des „Gallery Walk“.*

# Wie gestalte ich ein Plakat?

## Checkliste

- Das Plakat ist groß.
- Es hat eine auffällige Farbe.
- Die Überschrift ist groß und bunt geschrieben.
- Der Text ist sachlich richtig und fehlerfrei.
- Er enthält alle *wichtigen* Informationen.
- Er ist sauber geschrieben und
- seine Sätze sind kurz und verständlich.
- Auf dem Plakat sind Bilder gemalt oder geklebt.
- Die Bilder passen zum Thema und sind nicht zu
- klein und nicht zu groß.
- Das ganze Plakat wird ausgenutzt.

Nach Vorlage von: 4teachers: (4teachers 2012):

<https://www.4teachers.de/?action=search&searchstring=checkliste+plakatgestaltung&searchtype=0> (Zugriff: 11.06.2018)

## TG 1: Epigenetik und Vererbung I – Was wird vererbt?

# Epigenetik und Umwelt: Was wird vererbt?

Von Unbekannt

Vererben wir unseren Kindern nur die Gene - oder auch Informationen über die Umwelt? Die Epigenetik bringt die Lehrmeinung ins Wanken.

Merkmale vererben, ohne das Erbgut zu verändern - geht das? Bei Pflanzen und Wirbellosen ist die Antwort klar: Die [Umwelt hat hier einen nachweisbaren Einfluss auf die Erbinformation](#). Sogenannte epigenetische Mechanismen ermöglichen eine Form der Vererbung, die mit der klassischen Genetik nicht zu erklären ist. Bei Säugetieren - und damit beim Menschen - bleibt die Frage jedoch weiterhin offen.

### **Der holländische Hungerwinter**

Kinder, die im holländischen Hungerwinter von 1944/45 geboren sind, neigen als Erwachsene zum Übergewicht. Einwohner eines nordschwedischen Dorfes lebten länger, wenn ihre Großväter in der Jugend wenig zu Essen hatten. Eine logische Schlussfolgerung: Die Umwelt der Großväter und Eltern beeinflusst die Gesundheit der Kinder und Enkel.

Wie erklärt man das? Sicher nicht durch das [klassische Gen-Modell](#): Gene werden schrittweise durch die Evolution geformt und brauchen daher mehr als ein oder zwei Generationen, um auf eine Änderung der Umwelt zu reagieren.

Trotzdem können Umwelt-Reize sofort in das Erbgut eingreifen - durch die chemische Veränderung von DNA oder von Proteinen, die an der DNA haften. Die Abfolge der DNA-Bausteine wird dabei nicht verändert, der Bauplan für Proteine und Enzyme bleibt der Gleiche.

### **Mehr als reine Vererbung**

Stattdessen ändert sich die Aktivität der Gene: Sie wird erhöht oder erniedrigt, und in manchen Fällen werden die Gene sogar komplett an- oder abgeschaltet. Mit diesen Prozesse - die unabhängig von der klassischen Genetik ablaufen - beschäftigt sich die [Epigenetik](#) (*epi*, gr. auf, über).

Diese chemischen Änderungen am Erbgut - epigenetische Marker genannt - schaffen eine neue Informationsebene: Die Zellen des Körpers erhalten eine Anleitung, welche Gene sie wann und wo anzuschalten haben. Nerven-, Muskel- und Blutzellen tragen zwar das gleiche Genom, doch die epigenetischen Marker sind unterschiedlich - die Zellen entwickeln sich anders und erfüllen eine andere Funktion.

Manchmal werden diese epigenetischen Markierungen auch von einer Generation auf die Folgenden übertragen. Maispflanzen verändern spontan ihre Färbung, und bei manchen Mäusen hängt die Fellfarbe der Nachkommen davon ab, welches Futter die Mutter zu fressen bekam. Auch ein Knick im Schwanz kann vererbt werden. Und Rattenmütter, die unter Stress stehen, bringen ängstliche Nachkommen hervor.

Änderungen im Genom - also in der Abfolge der DNA-Bausteine - wurden in keinem dieser Fälle beobachtet.

### **Von Generation zu Generation**

Aber ist das wirklich Vererbung? Ein Fetus ist nicht völlig isoliert, wenn er sich im Bauch der Mutter entwickelt: Jeder Umweltreiz, der auf die Mutter wirkt, wirkt auch auf den Fetus. Und da sich Keimzellen schon sehr früh im Fetus entwickeln, trifft der Umweltreiz auch sie - die nachfolgende, zweite Generation kann somit direkt betroffen sein (siehe Abbildung). Und in so einem Fall kann man nicht von Vererbung sprechen.

Man muss also genau unterscheiden - zwischen epigenetischer Vererbung (Übertragung von Mutter auf Kind) und generations-übergreifenden epigenetischen Effekten (Prägung des Fetus im Mutterleib). Um sicher zu sein, dass eine epigenetische Vererbung vorliegt, muss das vererbte Merkmal noch in der dritten Generation sichtbar sein.

Um zu den obigen Beispielen zurück zu kehren: Beim Mais findet tatsächlich eine epigenetische Vererbung statt, der Effekt tritt noch einige Generationen später auf. Die ängstlichen Nachkommen der gestressten Ratten-Mutter werden jedoch im Mutterleib geprägt - die folgende Generation verhält sich wieder normal.

### **Epigenetische Vererbung beim Menschen?**

Beim Menschen ist Lage noch komplizierter. So gibt es bislang keine Studien, die eindeutig eine Vererbung bis in die dritte Generation nachweisen. Und selbst wenn, fiel der Nachweis eines epigenetischen Einflusses schwer: Tiere kann man kontrolliert kreuzen und manipulieren, beim Menschen ist das unmöglich. Man kann also eine Studie am Menschen nicht so durchführen, dass eine sichere Unterscheidung zwischen epigenetischer Vererbung und epigenetischen Effekten möglich ist.

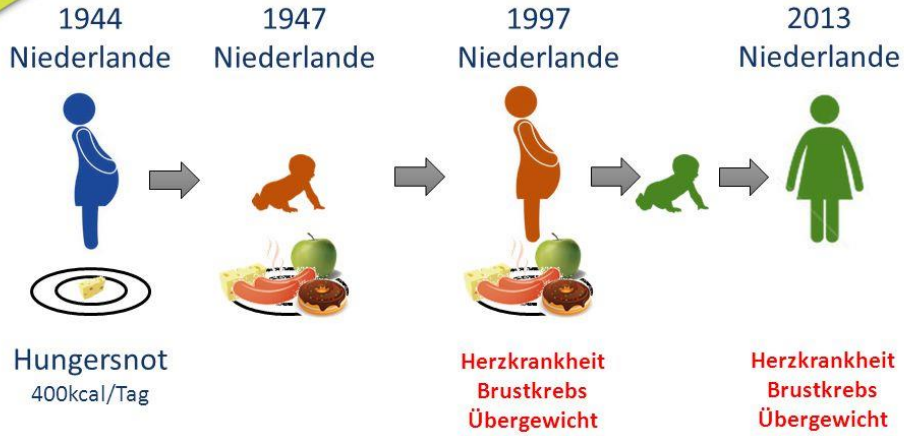
Ob eine epigenetische Vererbung auch beim Menschen vorkommt, weiß man also noch nicht. Dies erscheint jedoch eher unwahrscheinlich, denn bei allen Säugetieren herrscht eine strikte Trennung zwischen Körperzellen und Keimzellen. Körperzellen reagieren auf Umweltreize, können diese Information aber nicht an Nachkommen weitergeben - das können nur die Keimzellen.

Und bei Keimzellen werden fast alle epigenetischen Marker sorgfältig entfernt - bereits in der frühen Entwicklung des Embryo und in zwei unterschiedlichen Wellen. Pflanzen kennen weder diese strikte Trennung noch die beiden Säuberungs-Wellen: Deshalb ist eine epigenetische Vererbung bei ihnen auch deutlich verbreiteter.

Quelle: [https://www.wissensschau.de/genom/epigenetik\\_vererbung\\_umwelt.php](https://www.wissensschau.de/genom/epigenetik_vererbung_umwelt.php)  
(Zugriff: 10.05.2018)

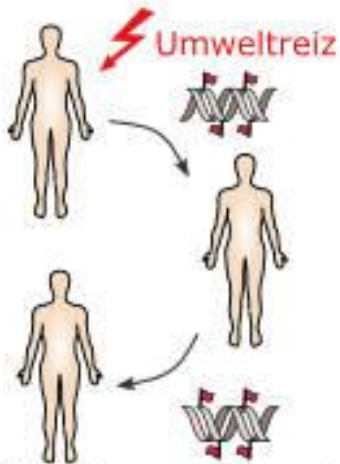
# EPIGENETIK

## Was ist Epigenetik?



Umwelteinfluss auf Mutter 1944 beeinflusst  
Gesundheit 2 Generationen später

### Epigenetische Vererbung...



Veränderungen werden an nachfolgende Generationen vererbt

### ...oder generationsübergreifende epigenetische Effekte?



Ein Umwelt-Reiz wirkt direkt auf das Erbgut von drei Generationen

## TG 2: Epigenetik und Vererbung II – Die Agouti-Maus

# Methylierung und gescheckte Mäuse von

Tom Davis

Spulen wir bis ans Ende des 20. Jahrhunderts vor, um die Nagetiere zu treffen, die Wissenschaftlern helfen, die komplexen Beziehungen zwischen Ernährung und [Epigenetik](#) zu enträtseln. Es gibt eine Reihe von zur Fellfarbe bei Mäusen beitragenden Genen und eines davon heißt Agouti. Es gibt zahlreiche Versionen des Agouti-Gens, die zu verschiedenen Fellfarben führen, indem sie die Menge und Art der Pigmentmoleküle im Fell beeinflussen. Die interessanteste Agouti-Variante – zumindest für Epigenetiker – ist als 'agouti viable yellow', oder abgekürzt Avy bekannt.

Wenn Avy keine oder nur wenig [Methylierung](#) aufweist, dann ist es in allen Zellen aktiv und die Maus ist gelblich. Es ist wahrscheinlicher für diese gelblichen Mäuse, unter Gesundheitsbeeinträchtigungen zu leiden, wie Fettleibigkeit, Diabetes und Krebs. Aber wenn Avy stark methyliert ist, schaltet es sich im gesamten Körper aus. Das bedeutet, dass die Maus eine rußig-braune Farbe und keine gesundheitlichen Probleme hat, obwohl sie über das exakt gleiche [Agouti-Gen](#) wie die gelbliche Maus verfügt.

Zwischen diesen beiden Extremen kann Avy zu unterschiedlichem Grad methyliert sein und dies steuert das Aktivitätsniveau des Gens. Das Ergebnis ist eine wunderschöne Bandbreite an gescheckten Mäusen, bei denen die Avy-Aktivität von [Zelle](#) zu Zelle variiert. Genetisch identische Mäuse eines Wurfs rangieren in der Fellfarbe von einem zum anderen Ende dieses Spektrums, abhängig von den in der Gebärmutter festgelegten epigenetischen Variationen.

Quelle: <http://epigenome.eu/de/2,48,1016> (Zugriff: 22.04.2018)

Epigenetik und Ernährung: Folgenreiche Fehlprogrammierung von Dorothee Hahne

Qualität und Quantität der Nahrung steuern den Aktivitätsgrad der Gene – insbesondere in der Schwangerschaft und den ersten Lebenswochen. Damit werden entscheidende Weichen für Gesundheit und Krankheit gelegt.

Gelbe Agouti-Mäuse haben ein schweres Erbe: Sie besitzen ein Gen, das ihr Fell blassgelb statt dunkelbraun färbt, das Sättigungszentrum hemmt und sie anfällig für Krebs und Diabetes macht. Sie sind also gelb, fett und kränkeln. Durch ein Experiment des US-Krebsforschers Randy Jirtle, University of Wisconsin-Madison, wurden sie vor einigen Jahren schlagartig berühmt. Er verabreichte trächtigen Weibchen ein Spezialfutter, dem großzügige Portionen an Nahrungsergänzungsmitteln beigemischt waren, unter anderem Folsäure, Vitamin B12 und [Cholin](#). Das wirkte sich auf die Nachkommen aus: Sie hatten zum großen Teil dunkles Fell, waren schlank und blieben gesund. Die Jungtiere derjenigen Mäuse, die normales Futter erhalten hatten, waren dagegen wie ihre Mütter gelb, dick und krankheitsanfällig.

Das Experiment belegt eindrucksvoll die Bedeutung der Epigenetik für den Menschen. Dieses Teilgebiet der Genetik erforscht molekulare Strukturen, die sich auf oder in der Nähe von Genen befinden. Sie liegen als zweiter Code über dem Genom und programmieren es in Abhängigkeit von Umweltreizen: „Epigenetische Strukturen wirken wie Schalter, die Gene an- oder abstellen“, sagte Dr. rer. nat. Peter Spork, Hamburg, bei einem Workshop in Freising.

Derzeit sind drei zentrale epigenetische Schalter bekannt (Dtsch Arztebl 2012; 109(20): A 1027). Zum einen heften sich Methylgruppen an die Cytosinbasen der DNA an und verhindern dadurch das Ablesen genetischer Informationen. Andere Schalter sitzen an den Histonen. Je dichter sie gepackt ist, desto schlechter ist die genetische Information verfügbar. Der dritte Schalter arbeitet mit Micro-RNAs, die verhindern, dass abgelesene Gene in Proteine übersetzt werden.

Ob Klima, Sport, Dauerstress, Gefühle, Hunger oder ständige Überernährung – Einflüsse aller Art können Säugetierzellen epigenetisch programmieren und ihre Funktionsweise dauerhaft verändern. Einmal programmiert, geben diese Zellen epigenetische Strukturen an ihre Tochterzellen weiter. „Auf diese Weise kann eine früh erworbene Eigenschaft bis ins hohe Alter erhalten bleiben“, erläuterte Spork.

Besonders sensibel auf Umwelteinflüsse reagiert der Mensch in Phasen der Organreifung, also im Mutterleib, nach der Geburt und in der frühen Kindheit. „Bereits in utero findet ein umweltabhängiger Lernprozess statt, der vor allem die zentralen Regelinstanzen Gehirn und Genom prägt“, erklärte Prof. Dr. med. Andreas Plagemann, Klinik für Geburtsmedizin, Charité – Universitätsmedizin Berlin.

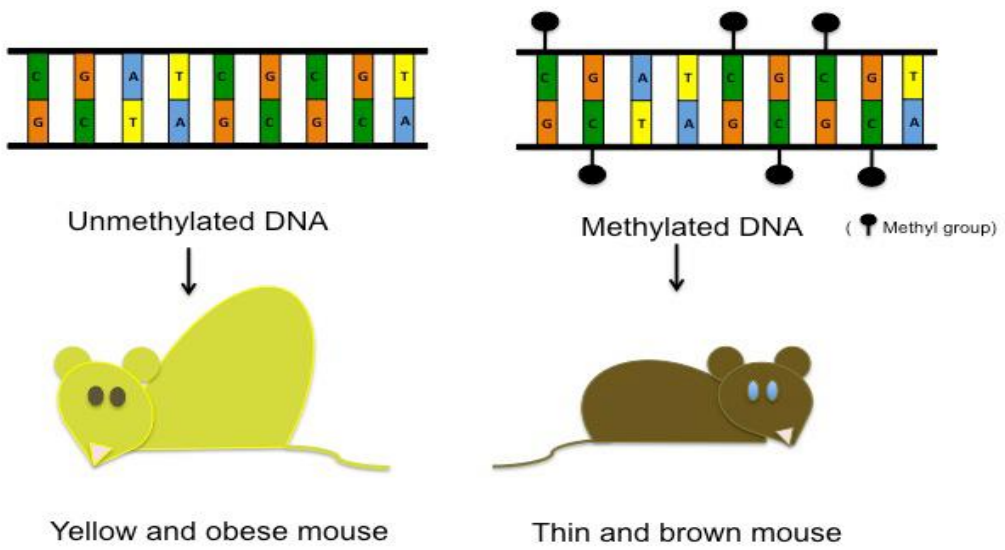
Quelle: <https://www.aerzteblatt.de/archiv/131610/Epigenetik-und-Ernaehrung-Folgenreiche-Fehlprogrammierung> (Zugriff: 22.04.2018)







AGOUTI GENE



# Wie Geleé royale eine Biene zur Königin macht

von Magdalena Hamm

Tausende werden zu Untertanen - eine wird Königin. Nur wenn eine Biene besonders viel Geleé royale erhält, wird sie zur Herrscherin. Forscher haben jetzt herausgefunden, wie das Sekret das Erbgut der Insekten verändert. Die Ergebnisse sind auch für die Krebsforschung interessant.

Die Bienenkönigin und ihre Arbeiterinnen scheinen nicht viel gemeinsam zu haben. Während die Arbeiterinnen aktiv und durchaus intelligent sind und sich gekonnt durch ihre Umgebung navigieren, um Futter für die Kolonie zu finden, bleibt ein Privileg allein der Königin vorbehalten: Fortpflanzung. Bis zu 2000 Eier an einem Tag kann sie produzieren. Dafür verbringt sie auch ihr ganzes Leben im Bienenstock, ohne jemals eine Blüte aufzusuchen. Zudem ist sie größer und langlebiger als ihre fleißigen Untertanen.

Das Erbgut beider Bienenkasten aber ist identisch - da erstaunt es schon, dass Königin und Arbeiterinnen so unterschiedlich in Gestalt und Verhalten sein können. Ein Team aus deutschen und australischen Forschern hat das Genom von Bienen jetzt genauer unter die Lupe genommen und nach jenen chemischen Veränderungen des Erbguts gefahndet, durch die einzelne Gene an- oder abgeschaltet werden. [Epigenetik nennt man dieses Forschungsfeld.](#)

Unter Biologen ist schon lange Konsens, dass ein Schlüssel zu dieser ungleichen Entwicklung der Bienen die Nahrung ist, die sie als Larven bekommen. Nur zukünftige Königinnen werden durch das gesamte Larvenstadium bis hin ins Erwachsenenalter mit dem exquisiten Saft namens Geleé royale gefüttert. Arbeiterinnen erhalten dagegen nur anfangs diese Kraftnahrung, später aber nur noch ein einfaches Gemisch aus Blütenpollen und Nektar. Klar war bisher, dass das Geleé royale unterschiedliche epigenetische Effekte bewirkt. Welche Prozesse genau die Ernährung in den Körpern der Bienen auslösen, blieb bisher jedoch unklar.

Wie die Forscher im [Fachmagazin "PLoS Biology"](#) berichten, wird die DNA der Bienen je nach Futter tatsächlich unterschiedlich chemisch verändert. Bei dieser sogenannten Methylierung werden an bestimmten Stellen der Sequenz Moleküle angefügt - der genetische Code an sich wird dadurch nicht verändert. "Diese Markierung ist eine Art Feinetuning der Gene," erklärt Ryszard Maleszka von der Australian National University in Canberra. Je nachdem an welchen Genregionen ein Methyl-Molekül angehängt wird, werden bestimmte Merkmale unterschiedlich stark ausgeprägt.

## **Unterschiedliche Muster auf den Erbgutkarten**

Um die chemischen Veränderungen genauer zu analysieren, sequenzierten Maleszka und seine deutschen Kollegen vom Deutschen Krebsforschungszentrum das sogenannte Methylom der Bienen: Sie erstellten eine Karte des Erbguts, auf der zu erkennen ist, an welchen Stellen genau die Methylgruppen sitzen. Anschließend verglichen sie die Methylierungskarten von Königinnen und Arbeiterinnen und fanden

insgesamt über 550 Gene, die ein unterschiedliches Methylierungsmuster zeigten. Die meisten dieser Gene spielen bei wichtigen Zellfunktionen eine Rolle oder haben einen Einfluss auf das Verhalten der Insekten.

"Mit unserer Studie können wir zeigen, wie die Umwelt über die Ernährung direkt mit der DNA verknüpft ist. Umwelteinflüsse können die genetische Hardware vorübergehend modifizieren", sagt Maleszka. "Diese Ergebnisse sind weitreichend, denn die Enzyme, die bei den Bienen das Erbgut modifizieren, sind die gleichen, die auch im menschlichen Gehirn die DNA markieren."

Co-Autor Frank Lyko interessiert vor allem dieser letzte Aspekt, er leitet die Abteilung für Epigenetik am DKFZ Heidelberg. "Es ist grundsätzlich auch vorstellbar, dass Umwelteinflüsse und Ernährung einen Einfluß auf das Erscheinungsbild des Menschen haben und das diese Effekte über Unterschiede in der DNA-Methylierung vermittelt werden."

Lyko warnt allerdings vor falschen Erwartungen, "die Honigbiene ist sicherlich das extremste Beispiel in diesem Zusammenhang, die Schlußfolgerungen lassen sich keinesfalls 1:1 auf den Menschen übertragen."

Aber auch Krebszellen sind ein Beispiel für die epigenetische Aufspaltung des Erscheinungsbilds. Alle Zellen in einem Organismus verfügen über das gleiche Genom, trotzdem kann sich daraus entweder normales Gewebe oder ein Tumor bilden. Vielleicht könnte die Erstellung des Methyloms beim Menschen bald für die Krebsdiagnostik relevant werden. Bisher ist der Aufwand aber noch zu groß, da das menschliche Genom zehnmal größer ist als das der Bienen.

Quelle: <http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/spezialnahrung-wie-gelee-royale-eine-biene-zur-koenigin-macht-a-726794.html> (Zugriff: 22.04.2018)



Alle Bienenlarven tragen die gleiche Erbinformation....



*Epigenetische Markierungen können Gene an- oder abschalten.*



© wissenschaft.de

...doch die Nahrung steuert, welcher Teil der Information verwendet wird.



**Arbeiterin**



**Königin**



**Drohne**

Drohne

Königin

Arbeiterin



## TG 4: Epigenetik und Gesundheit – Du bist, was du isst?

# Essen für unser Epigenom von Tom Davis

Viele Menschen möchten herausfinden, ob das, was wir während unseres Lebens essen, auf die epigenetischen Markierungen einwirkt, die wichtige Genen steuern, zum Beispiel solche, die bei Krebs eine Rolle spielen.

Das Verhältnis zwischen Epigenetik und Krebs ist noch weitgehend unklar, aber Tumorzellen haben im Allgemeinen verhältnismäßig niedrige Werte an DNA-Methylierung. Methylierung könnte lebensnotwendige Gene abschalten und zur Entstehung von Krebs beitragen. Studien bei Menschen und Tieren schlagen eine ganze Liste von Stoffen in der Ernährung, von Alkohol bis Zink, vor, die Methylierung und Krebsanfälligkeit beeinflussen könnten, auch wenn diese Aufzählungen manchmal nicht eingängig sind. So wurde eine folsäurearme Ernährung mit übermäßiger Methylierung an manchen Genen in Verbindung gebracht.

Ernährung und Gesundheit sind bekannterweise in der menschlichen Bevölkerung schwierig zu untersuchen. Es ist nicht überraschend, dass Menschen, im Gegensatz zu Versuchstieren, nicht so einfach dazu bereit sind, sich Tag über Tag das gleiche, nährstoffkontrollierte Essen verabreichen zu lassen. Eine groß angelegte Studie über Ernährung und Krebs namens EPIC, die mehr als eine halbe Million Menschen in zehn europäischen Ländern umfasst, könnte einige der Verbindungen zwischen Faktoren, die die Methylierung in der Ernährung und bei Krebs modifizieren, enthüllen.

Wie sehen die Beweise dafür aus, dass bestimmte Bestandteile der Nahrung die epigenetischen Markierungen an bestimmten Genen beeinflussen können? Eine schnelle Sichtung der wissenschaftlichen Literatur macht einige Artikel auffindig. Eine Studie an Patienten mit Magenkrebs stellte zum Beispiel eine Verbindung zwischen der Methylierung eines wichtigen Gens und dem Genuss von grünem Tee und Gemüse aus der Familie der Kreuzblütler her. Andere Forscher haben Folsäure und Alkoholkonsum mit der Methylierung an bestimmten Schlüsselgenen bei Darmkrebs verknüpft. Die Methylierung eines Gens, das bei Kehlkopfkrebs eine Rolle spielt, steht ebenfalls mit einem niedrigen Folsäuregehalt der Nahrung in Verbindung.

Wenn wir also daran interessiert sind, auf unser Epigenom zu achten, dann sollten wir versuchen, solche Nahrungsmittel zu verzehren, die die Bausteine für die Methylierung im Körper bereitstellen. Zum Beispiel, Blattgemüse, Erbsen und Bohnen, Sonnenblumenkerne und Leber sind gute Quellen für Folsäure, genauso wie Brot und Frühstückscerealien mit zugesetzter Folsäure. Cholin beziehen wir aus Eiern, Salat, Erdnüssen und Leber (Schon wieder! Meine Mutter hatte doch Recht!).

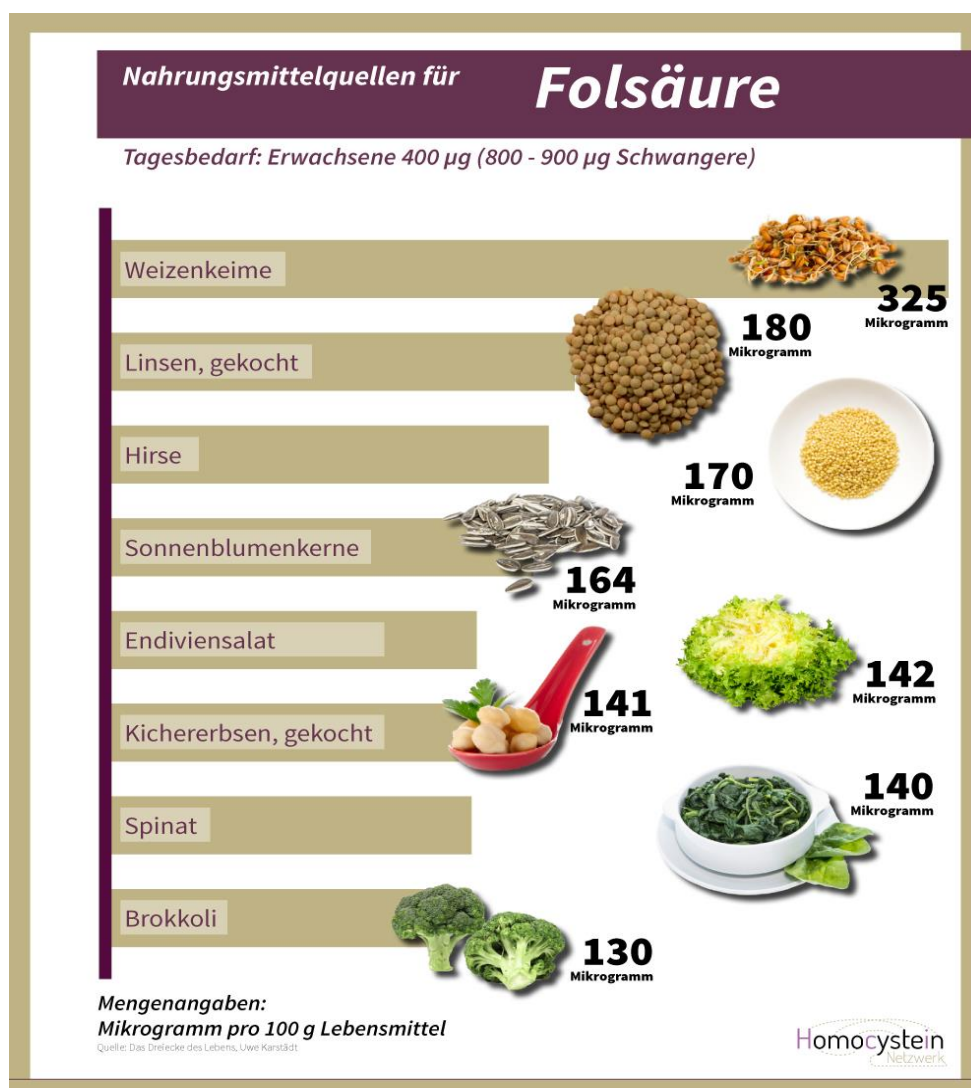
Um die Aufnahme von Methionin zu verbessern, sollten wir es mit Spinat, Knoblauch, Paranüssen, rote Bohnen oder Tofu versuchen. Und wenn es einmal nicht vegetarisch sein soll: Huhn, Rindfleisch und Fisch stellen alle gute Quellen dar. Für Zink könnte man sich einmal eine Platte mit Austern spendieren. Und wenn wir uns schon auf dem Meerestier-Trip befinden, besorgen wir uns Vitamin B12 aus Fisch. Alternativ, könnten wir auch Käse, Milch, Fleisch oder unseren alten Freund Leber zu uns nehmen.



Und schließlich, wenn man etwa sucht, um die Mahlzeit hinunterzuspülen, scheint Rotwein eine gute Wahl zu sein, in Anbetracht dessen, dass das enthaltene Resveratrol vielleicht dazu beitragen kann, Krebs und das Altern zu verhindern. Aber, Achtung: Viele Weine enthalten auch Betain, besonders billigere Varianten, und Alkohol kann den Folsäurespiegel im Körper beeinträchtigen und Methylierungsmuster durcheinander bringen. Vielleicht ist es am besten, bei einem Glas zu bleiben. Und man sollte nicht einmal daran denken, eine Zigarette nach dem Essen anzuzünden. Neben einer Schädigung der DNA, können einige Bestandteile des Tabakrauchs epigenetische Markierungen verändern – gewissermaßen eine doppelte Herangehensweise an die Verursachung von Krebs.

Bis wir mehr von den Verbindungen zwischen Ernährung und Epigenetik verstehen, scheint man am besten damit beraten zu sein, viel grünes Gemüse zu sich zu nehmen, den Alkoholkonsum einzuschränken und Leber zu essen!

Quelle: <http://epigenome.eu/de/2,48,1018> (Zugriff: 22.04.2018)



Nahrungsmittelquellen für

# Vitamin B<sub>12</sub>

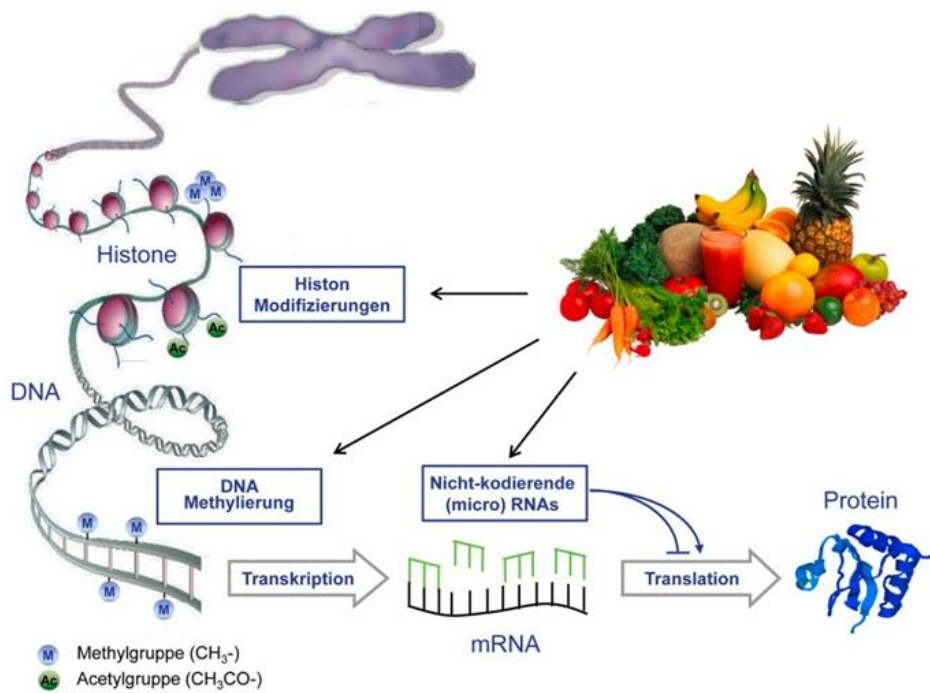
Tagesbedarf: Erwachsene 3 µg (4 µg Schwangere)



Mengenangaben:  
Mikrogramm pro 100 g Lebensmittel

Quelle: Das Dreiecke des Lebens, Uwe Karstädt

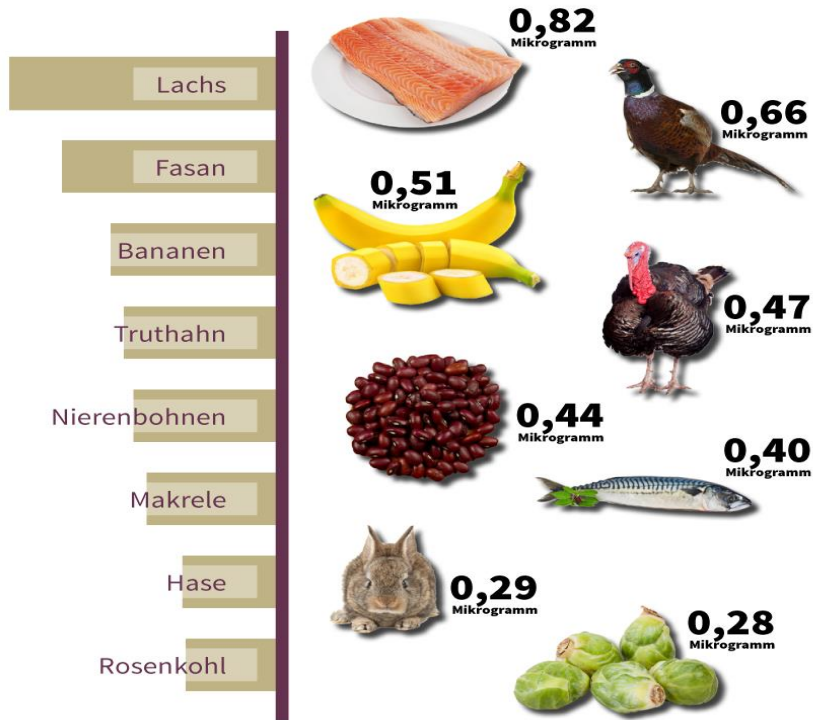
Homocystein  
Netzwerk



### Nahrungsmittelquellen für

# Vitamin B<sub>6</sub>

Tagesbedarf: Frauen 1,2 mg (1,9 mg Schwangere), Männer 1,5 mg



Mengenangaben:  
Mikrogramm pro 100 g Lebensmittel

Quelle: Das Dreiecke des Lebens, Uwe Karstädt

Homocystein  
WELZWEI



# Epigenetik: Lamarck hatte (teilweise) recht

von Volker Henn

Die Giraffe bekam einen langen Hals, weil sie an das Laub der Bäume wollte - mit diesem Zerrbild wurde Jean-Baptiste de Lamarck lange verspottet. Neue Erkenntnisse werfen jedoch ein milderer Licht auf seine Evolutionstheorie.

Die Lehrmeinung stand lange fest: Nur spontane [Gen-Mutationen können das Erbgut verändern](#), nicht die direkte Interaktion mit der Umwelt. Doch die Wissenschaft vollzog eine Kehrtwende: Das Wechselspiel von Genom und Umwelt - die *Epigenetik* - ist nun in den Mittelpunkt des Interesses gerückt. Dem Ansehen von Lamarck hat das gut getan.

Die Abfolge der Buchstaben im Erbgut ([die DNA-Sequenz](#)) speichert alle wesentlichen Informationen - das bleibt weiterhin korrekt. Aber jetzt wissen Forscher, dass die Erbinformation veränderbar ist: Markierungen auf den einzelnen Buchstaben (den DNA-Basen) können Teile des Genoms an- oder abschalten. Die Aktivität einzelner Gene wird so an die Umwelt angepasst.

## Umwelt und Gene

Diese neue Informationsebene auf dem Genom, das Epigenom (epi: *griech.* auf, darüber), wird von der Umwelt beeinflusst. Und damit beschäftigt sich die [Epigenetik - dem Zusammenspiel zwischen Umwelt und Genom](#).

Umwelt-Einflüsse waren auch ein zentraler Punkt in Lamarcks Theorie (vom Genom wusste er noch nichts). Der Gebrauch oder Nicht-Gebrauch von Organen sollte deren Funktion verändern, und diese Änderungen würden an die Nachkommen vererbt. So entwickelte sich die Giraffe und ihr langer Hals.

Die Epigenetik rehabilitiert Lamarck in einem Punkt: Die Umwelt spielt eine direkte Rolle bei der Ausprägung und Verwendung der Erbinformation. Doch zwei weitere, sehr entscheidende Punkte seiner Theorie bleiben fragwürdig.

## Fortschritt der Evolution?

Erstens: gemäß Lamarck erfolgen Veränderungen zielgerichtet. Körperorgane entwickeln sich Schritt für Schritt auf ein höheres Niveau, und jeder Schritt bedeutet eine bessere Anpassung an die Umwelt.

Die Epigenetik sieht etwas anderes. Das Epigenom steuert vor allem die *Zusammenarbeit der Zellen* innerhalb eines Organs, nicht die *Entwicklung* eines Organs und den Erwerb einer neuen Funktion. [Nur wenige epigenetische Markierungen werden an die nächste Generation vererbt](#) - und die stellen keinen sichtbaren neuen Entwicklungsschritt dar.

Zweitens: Lamarcks Veränderungen werden an *alle* folgenden Generationen weitergegeben. Epigenetische Markierungen hingegen werden zwar bei Pflanzen stabil vererbt, aber wohl nicht bei Säugetieren. Spätestens in der dritten Generation ist das Epigenom wieder in seinem ursprünglichen Zustand - die Veränderungen sind kurzlebig und tragen nicht zum evolutionären Fortschritt bei.

### **Die Urzeugung**

Dazu kommt, dass die Vererbung erworbener Eigenschaften nur ein Teilaspekt von Lamarcks Evolutionstheorie war. Der Kern seiner Lehre lautete: Leben entsteht in einem spontanen Prozess der Urzeugung und entwickelt sich kontinuierlich zu einem höheren Zustand weiter.

Diese Urzeugung erfolgte mehrfach unabhängig voneinander und brachte die unterschiedlichen Lebensformen hervor: Pflanzen, Tiere und Menschen hätten somit keinen gemeinsamen Vorfahren. Spätestens an diesem Punkt kollidiert Lamarcks Theorie mit der modernen Naturwissenschaft.

### **Lamarcks bleibende Leistungen**

Die neuen Erkenntnisse der Epigenetik sind daher keine Bestätigung von Lamarcks Theorien. Aber sie bieten Anlass, Lamarcks Ruf zu rehabilitieren: Er war ein sorgfältiger Wissenschaftler mit bleibenden Leistungen, wenn auch eher bei der Erforschung der *Wirbellosen* - und sei es nur, weil er diesen Begriff in die Biologie eingeführt hat.

Und so ist es auch ein Fadenwurm, der das erste eindeutige Beispiel für eine Lamarck'sche Vererbung liefert: Der Wurm bildet eine Resistenz gegen Viren aus - und vererbt sie, unabhängig vom Genom, an viele nachfolgende Generationen weiter. Zumindest bei den Wirbellosen, seinem eigentlichen Fachgebiet, lag Lamarck mit seiner Evolutionstheorie nicht völlig falsch.

Quelle: [https://www.wissensschau.de/genom/epigenetik\\_lamarck\\_evolution.php](https://www.wissensschau.de/genom/epigenetik_lamarck_evolution.php)  
(Zugriff: 22.04.2018)

### **Wenn Wasserflöhe über sich hinaus-wachsen** von Ralf Tollrian

Wasserflöhe und das menschliche Immunsystem haben eines gemeinsam: Erst wenn tatsächlich Gefahr durch einen Angreifer droht, entwickeln sie spezifische Verteidigungsmechanismen. Im menschlichen Körper übernehmen Antikörper und Immunzellen die Abwehr; bei den Wasserflöhen verändert sich sogar der ganze Körper. Wenn sie sich mit Räubern im selben Gewässer befinden, bilden die kleinen Krebse spitz zulaufende Helme, Nackenstacheln oder verlängerte Schwanzspitzen aus.

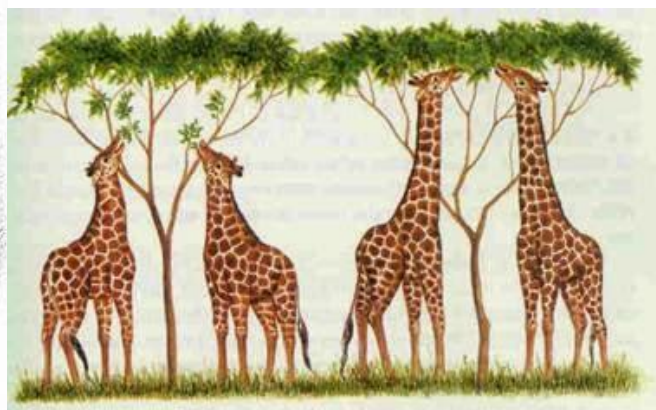
Die Zoologen Ralph Tollrian und Christian Laforsch von der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) München zeigten jetzt in der Nature-Ausgabe vom 2. September 1999, daß diese induzierten Merkmale auch auf die nächste Generation übertragen, also "außergenetisch vererbt" werden können.

Büschelmückenlarven, Rückenschwimmer und Fische haben es besonders auf Wasserflöhe abgesehen. "Beim Fressen geben die Räuber unfreiwillig chemische Signalstoffe ins Wasser ab", berichtet Tollrian. "Die anderen Wasserflöhe werden gewarnt und bilden spezifische Verteidigungsstrukturen gegen den Angreifer aus." Bei der Art *Daphnia cucullata* sind dies etwa langgezogene Helme, die entfernt an Zipfelmützen erinnern. Für die räuberischen Büschelmückenlarven sind sie damit als Beute zu groß und können den Angriffen besser entkommen.

Diese morphologischen Verteidigungsmechanismen werden sogar von den Eltern an die Nachkommen weitergegeben, wie Tollrian jetzt zeigen konnte. "In unseren Experimenten gaben Wasserfloh-Mütter der Art *Daphnia cucullata*, die einmal langgezogenen Helme entwickelt hatten, dieses Merkmal an ihre Nachkommen weiter", berichtet Tollrian. "Die Elterngeneration überträgt damit ihren Nachkommen eine Abwehrstruktur, die sie in Anpassung an eine veränderte Umwelt ausgebildet hat, ohne das Genom zu verändern."

Ähnliche Ergebnisse zeigten sich bei wildem Rettich. Diese Pflanze bildet bei Schädlingsbefall zusätzlich Bestandteile des scharf schmeckenden Senföls und verstärkt den Haarwuchs auf den Blättern. Wurden diese Merkmale bei Rettichpflanzen induziert, zeigten sich die Abwehrmechanismen ebenfalls bei den Ablegern der nächsten Generation.

Quelle: <https://www.spektrum.de/news/wenn-wasserfloehe-ueber-sich-hinauswachsen/343050> (Zugriff: 22.04.2018)





---

Links der ungeschützte Wasserfloh *Daphnia longicephala*, rechts die selbe Art mit wehrhaftem Helm und verlängertem Schwanzdorn. Der "Verteidigungsmodus" wird in Gang gesetzt, wenn der Wasserfloh chemische Hinweise auf den Rückenschwimmer *Notonecta glauca* wahrnimmt.

# **Umwelt oder Gene? - Die Antwort der Zwillinge**

von Edda Schlager (2013)

Auf etwa 250 Geburten kommt eine von eineiigen Zwillingen. Sie gehen aus einer einzigen befruchteten Eizelle hervor, die sich teilt und zu zwei Embryos heranwächst - sie klonst sich damit quasi selbst. Die beiden Kinder besitzen daher exakt die gleiche genetische Ausstattung. Sollte einer der beiden jemals straffällig werden, könnte auch ein genetischer Fingerabdruck nicht eindeutig einem der Zwillinge zugeordnet werden. Das allerdings nur deshalb, weil sich die Polizei mit ihren Untersuchungsmethoden noch nicht auf Erkenntnisse aus der Epigenetik eingestellt hat. Denn würde man sich die DNA der Zwillinge genauer anschauen, kämen doch Unterschiede zutage – keine genetischen, aber epigenetische.

## **Obst versus Fast Food**

Dies zeigt das Beispiel von Anabel und Gemma Molero aus Barcelona. Wie viele eineiige Zwillinge haben auch diese beiden vieles gemeinsam erlebt und viele gleichartige Erfahrungen gemacht. Mit 16 Jahren jedoch trennen sich die Wege der Zwillinge. Die eine geht nach England, die andere nach Mexiko. Ihr Lebensstil unterscheidet sich von nun an – und auch ihre Essgewohnheiten sind anders. Gemma steht auf Fastfood, kocht selten und kauft sich lieber schnell etwas für Zwischendurch. Sie isst viel Pasta und Fleisch. Anabel dagegen mag Obst und Gemüse, kocht gern und achtet auf eine gesunde Ernährung, außerdem treibt sie viel Sport.

Als eineiige Zwillinge sind Anabel und Gemma prädestiniert für epigenetische Untersuchungen. Sie haben daher an einem Programm des Madrider Krebsforschungsinstituts teilgenommen. Das forscht bereits seit den 1990er Jahren an den genetischen Eigenheiten von Zwillingen. Manel Esteller geht seit dem Jahr 2005 der Frage nach, warum Zwillinge wie Anabel und Gemma trotz gleicher Gene unterschiedlich schnell krank werden. Seine Zwillingsstudie in Madrid umfasst eineiige Pärchen zwischen drei und 74 Jahren. Die Forscher untersuchen bei diesen unter anderem Speichelproben auf genetische und epigenetische Unterschiede.

## **Dieselben Gene funktionieren anders**

Die Speichelproben der zwei jungen Frauen zeigen: Die Gene der beiden sind nach wie vor identisch, doch sie funktionieren offenbar unterschiedlich. Etwa zwei Drittel der untersuchten Zwillinge wiesen deutliche Unterschiede in ihrem Methylierungsmuster auf. Bei den Jüngsten waren die Unterschiede am geringsten. Doch je älter die Zwillinge wurden, desto größer wurden auch die Differenzen. Besonders ausgeprägt waren sie bei Paaren, die schon früh eigene Wege gegangen waren – wie Anabel und Gemma.

Einen Hinweis auf den Grund liefern die Fragebögen, die die Probandinnen über ihren Lebensstil und ihre Essgewohnheiten ausfüllen mussten. „Überraschenderweise ist die DNA-Methylierung je nach Lebensstil verschieden“, so Esteller. Die Umwelt hat also offensichtlich doch einen größeren Einfluss auf die Gene als bisher vermutet, nur wird dadurch nicht das Genom verändert, sondern das Epigenom.

Quelle: <http://www.scinexx.de/dossier-detail-437-9.html> (Zugriff: 22.04.2018)

## **Epigenetik Im Mutterleib entscheidet sich, wer krank wird** von Julia Merlot (2012)

Kleine Unterschiede im Bauch der Mutter bestimmen das Schicksal, das zeigt eine Studie an Zwillingen. In Babys mit dem gleichen Erbgut werden verschiedene Gene an- und abgeschaltet. Die Unterschiede können einen großen Effekt auf die Gesundheit haben.

Hamburg - In den Genen ist festgeschrieben, was aus uns wird: Welche Haar- und Augenfarbe wir bekommen - aber auch, für welche Krankheiten wir besonders anfällig sind. Doch bereits im Bauch der Mutter kommt es etwa aufgrund von Umwelteinflüssen zu Veränderungen am Erbgut. Dabei wird nicht die Bausteinfolge im Gen selbst verändert, sondern seine Aktivität - derartige nachträgliche Prozesse interessieren Epigenetiker.

Ein internationales Forscherteam konnte nun erstmals zeigen, dass selbst in eineiigen Zwillingen direkt nach der Geburt unterschiedliche Gene aktiv sind. "Genetisch identische Menschen kommen mit sehr unterschiedlichen epigenetischen Voraussetzungen zur Welt - und zwar nicht nur auf einzelne Gene bezogen, sondern über das gesamte Genom hinweg", schreiben Wissenschaftler um Jeffrey Craig vom Murdoch Childrens Research Institute (MCRI) in Parkville, Australien, im Fachmagazin "Genome Research".

"Ein Zwilling muss also im Mutterleib anderen Einflüssen ausgesetzt gewesen sein, als der andere", sagt Craig. Die Forscher folgern aus ihren Beobachtungen, dass einmalige Erfahrungen in der Gebärmutter einen großen Effekt auf die Gesundheit haben können.

Ob sich im Mutterleib ein Gen abschaltet, entscheiden Moleküle: Sie hängen sich ans Erbgut - die DNA - und verhindern damit, dass die Informationen aus dem Erbgut vom Körper erkannt werden. Dieser Vorgang - die sogenannte Epigenetik - bestimmt wesentlich die körperliche Entwicklung oder den Alterungsprozess.

### **Leichte Neugeborene werden häufiger herzkrank**

Beeinflusst wird die Epigenetik von der Nahrung oder auch Hormonen, denen Ungeborene im Mutterleib ausgesetzt sind. Untersuchungen an Tieren hatten gezeigt, dass Umwelteinflüsse das epigenetische Profil schon in der Gebärmutter prägen.



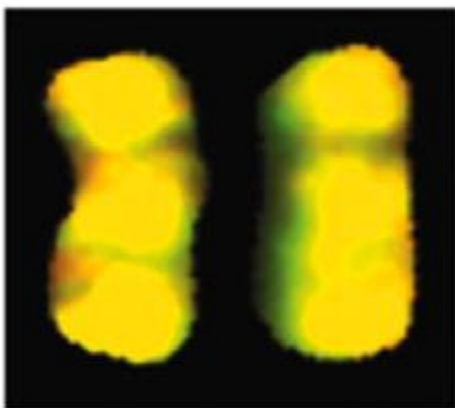
Warum aber entwickeln sich genetisch identische Zellen, die in der gleichen Gebärmutter heranreifen, so unterschiedlich? "Obwohl sich Zwillinge eine Gebärmutter teilen, können Stoffe aus der Plazenta oder der Nabelschnur jeden Fötus unterschiedlich beeinflussen und dessen Epigenetik verändern", erklärt Craig.

"Unsere Erkenntnisse weisen darauf hin, dass man Krankheitsrisiken schon kurz nach der Geburt identifizieren kann", sagt Richard Saffery, ebenfalls Forscher am MCRI. "Die Ergebnisse könnten helfen, den Ausbruch von Krankheiten zu verhindern, indem Umwelteinflüsse und Ernährung der Neugeborenen an die bekannten Risiken angepasst werden."

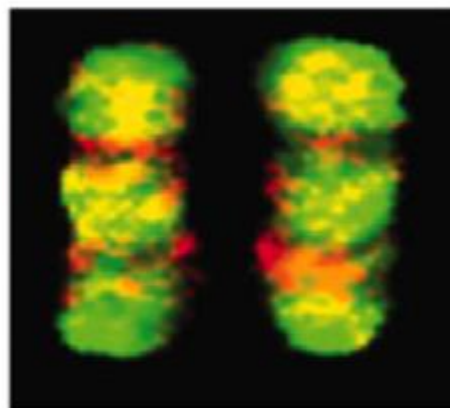
Quelle: <http://www.spiegel.de/wissenschaft/medizin/epigenetik-entscheidet-bereits-im-mutterleib-ueber-krankheitsrisiko-a-844101.html> (Zugriff: 22.04.2018)



## Chromosome 17



3-year old  
identical twins



50-year old  
identical twins

Die grünen und roten Punkte zeigen epigenetische Marker.

## Fachwörterverzeichnis:

**Cholin/Acetylcholin:** Mikronährstoff, der als Signalüberträger an der Steuerung von Nervenprozessen, Gedächtnisvorgängen, Stimmungen Emotionen und Verhalten beteiligt ist. Auch die Übertragung von Reizen auf die Muskeln benötigt Acetylcholin, damit auch lebensnotwendige Funktionen wie Atmung, Herzschlag, Blutdrucksteuerung oder Stoffwechselforgänge allgemein.

**Cytosinbasen:** Teil der DNA-Basen.

**DNA-Basen/Nukleinbasen:** Die vier Basen der DNA lauten Adenin (A), Guanin (G), Cytosin (C) und Thymin (T).

**DNA-Sequenz:** Abfolge der Basen A, G, C und T in einem DNA-Strang.

**Embryo:** Entwicklungsstadium eines Kindes von der Zeugung bis zur 8. Schwangerschaftswoche.

**Epigenetik:** Die Epigenetik (altgr.epi ‚dazu‘, ‚außerdem‘) ist das Fachgebiet der Biologie, welches sich mit der Frage befasst, welche Faktoren die Aktivität eines Gens und damit die Entwicklung der Zelle zeitweilig festlegen.

**Epigenom:** Epigenom ist ein Begriff aus dem Wissenschaftsgebiet Epigenetik und dient dazu, die Gesamtheit von epigenetischen Zuständen zu beschreiben.

**Fetus/Fötus:** Entwicklungsstadium eines Kindes ab der 9. Schwangerschaftswoche.

**Genom:** Gesamtheit aller Gene, die in einem vollständigen Chromosomensatz, enthalten sind.

**Methionin:** Methionin ist die Vorstufe von [Cystein](#) und Taurin und für deren Synthese essentiell. Diese Aminosäure kann den Körper vor freien Radikalen schützen. Dazu geht sie eine Reaktion mit den schädlichen Stoffen ein und verhindert auf diesem Wege, dass andere Substanzen oder Zellen zerstört werden.

**Methylgruppen:** Wird auch als Methyl-Rest bezeichnet und ist eine der einfachsten Atomanordnungen in der organischen Chemie. Die Formel lautet  $-CH_3$ . Sie ist keine eigenständige chemische Substanz, sondern stets Teil eines größeren Moleküls. Sie ist die einfachste Alkylgruppe und findet sich in vielen chemischen Verbindungen.

**(DNA-) Methylierung:** Eine Methylierung ist ein chemischer Prozess, bei dem eine Methylgruppe von einem Molekül auf ein anderes Molekül übertragen wird. Bei der DNA-Methylierung koppelt sich eine Methylgruppe an einen bestimmten Teil der DNA und verändert somit einen Baustein der Erbsubstanz.

**Methylom:** Gesamtheit der Methylierungen in einem Genom oder einer einzelnen Zelle.

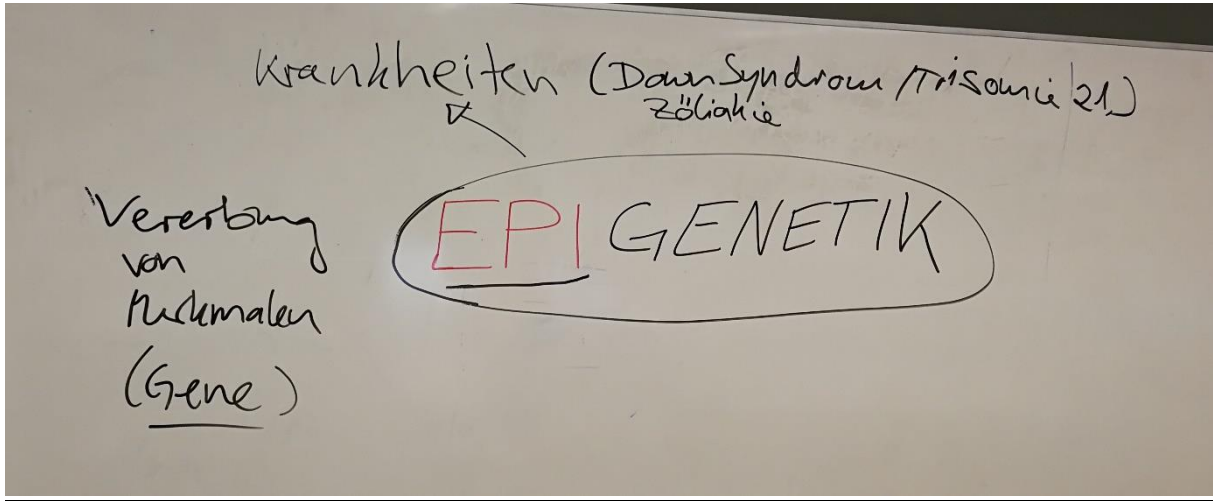
**Micro-RNA (miRNA):** Kurze, regulatorische *RNA*-Schnipsel, die den Bau von einzelnen Proteinen in der Zelle gezielt verhindern.

**Morphologisch/Morphologie:** *Morphologie* (aus altgriechisch morphé, „Gestalt“, „Form“, und „-logie“ aus lógos „Lehre“) ist als Teilbereich der Biologie die Lehre von der Struktur und Form der Organismen.



## IV. Ergebnisse Intervention

### Kurs A



### TG 1:

## Epigenetik und Umwelt

Wie die Umwelt unsere Gene verändert!

**Klassisches Genmodell (von Darwin)**

Gene werden schrittweise durch die Evolution geformt und brauchen mehr als ein o. zwei Generationen, um auf eine Änderung der Umwelt zu reagieren. Die Umwelt kann zwar ein Individuum beeinflussen, diese Merkmale können allerdings nicht weitervererbt werden.

**Epigenetik**

Die Umwelt kann das Erbgut durch chemische Veränderung von DNA oder von Proteinen, die an der DNA haften, beeinflussen. So können umweltbedingte Merkmale vererbt werden. Die Zellen erhalten eine Anleitung, welche Gene sie wann und wo anzuschalten haben.

**Beispiel:**

Das Diagramm zeigt zwei Szenarien: 1. Klassische Vererbung: Ein Elternteil überträgt Gene an die Nachkommen, die dann weitervererbt werden. 2. Epigenetische Vererbung: Ein Elternteil überträgt epigenetische Marker (z.B. Methylierung) an die Nachkommen, die dann weitervererbt werden. Ein Textfeld erklärt: 'Epigenetische Vererbung... überträgt epigenetische Marker?'. Ein weiterer Text: 'Veränderungen werden an nachfolgende Generationen weitergegeben. Ein Umwelt-Faktor wirkt direkt auf den Erbgut von den Eltern weiter.' Ein zentrales Bild zeigt eine Schwangerschaft mit dem Text 'Umweltfaktoren'.

Das Diagramm zeigt die Entwicklung von der Keimbahn bis zum Erwachsenenalter. Es illustriert, wie Umweltfaktoren (z.B. Ernährung, Stress) die DNA-Methylierung beeinflussen, was wiederum die Genexpression steuert. Ein Textfeld erklärt: 'Umweltfaktoren... beeinflussen die DNA-Methylierung, was wiederum die Genexpression steuert.' Ein zentrales Bild zeigt eine Person, die von einem Kind bis zu einem Erwachsenen wächst, mit dem Text 'Umweltfaktoren'.


TG 2:

# Epigenetik + Avy-Mäuse

Avy-Gen beeinflusst Menge + Art von Pigmentmolekülen (verantwortlich für Fellfarbe)


Avy-Genotyp: viele yellow  
 Methylierung in aktivem Gen demethylierung & aktives Gen (Avy)

Avy wenig Methylierung & oft krank / gelbes Fell (aktiv)  
 Avy viel Methylierung & wenig krank / braunes Fell (inaktiv)



demethylierung      Methylierung

Verschiedene Stufen der Methylierung



Doppel-Struktur

Avy-Gen

CH3

Cytosin

Methylierung findet statt

Das Aktivieren des Gylons welches für die Haarfarbe verantwortlich ist wird verhindert. Somit ist die Maus braun

Methylierung findet statt

Der Meißel (Schaller) kratzt bzw. manipuliert das menschliche Genom/DNA in Abhängigkeit von Umweltfaktoren zum Beispiel die Ernährung.

TG 3:


# • GELEË ROYALE •

— was die Biene zur Königin macht —

- Die Biene, die als Larve vollständig von Geleë Royal ernährt wird, wird Königin
- Geleë Royale bewirkt Veränderung der Gene durch chemische Veränderungen

GELEË ROYALE = Drüsen sekret

• genaue Auswirkung ist nicht erforscht



GELEË ROYALE	
10 - 23 %	Zucker
60 - 70 %	Wasser
9 - 18 %	Proteine & Aminosäuren
4 - 8 %	Fette

Lässt sich auch auf den Menschen übertragen  
 - gleiche Enzyme -

TG 4:

# EPIGENETIK und GESUNDHEIT

- Wirkt unsere Ernährung auf die Epigenetischen Markierungen ein?
- Tumorzellen haben verhältnismäßig niedrige Werte an DNA-Methylierung
- Methylierung könnte lebensnotwendige Zellen abschalten & zur Entstehung von Krebs beitragen
- Folsäurearme Ernährung wird mit übermäßiger Methylierung an manchen Genen in Verbindung gebracht.

Beweise:

- Studie Magenkrebs: Verbindung Methylierung eines wichtigen Gens & Grüntee
- Folsäure + Alkoholkonsum - Methylierung an bestimmten Schlüsselgenen bei Darmkrebs

Vorgeschlagene Nahrungsmittel:

- Gemüse
- Huhn, Rind
- Fisch
- Rotwein (in Maßen)
- Tofu
- Meeresfrüchte
- Käse + Milch
- **Leber!!**

Stoffe mit z.B.:

- Folsäure
- Cholin
- Methionin
- Zink

Tabakrauch von Zigaretten schädigt epigenetische Markierungen

TG 5:

# Epigenetik und Evolution

Jean-Baptiste Lamarck



Evolutionstheorie: durch **Umwelteinflüsse**

„Es ähnelt sich, jedoch gibt es Unterschiede.“

Epigenetik

↳ Wechselspiel von Genom und Umwelt


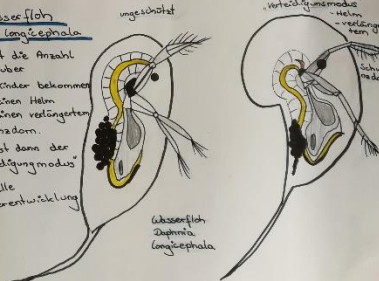
- Entwicklung von Körperorganen auf ein höheres Niveau = Bessere Anpassung an die Umwelt

Lamarck • Zielgerichtete Veränderungen → die werden an alle weiteren Generationen weitergegeben.

Epigenetik: • ~~stark~~ Epigenom steuert die Zusammenarbeit der Zellen innerhalb eines Organs

Fortschritt der Evolution

- Epigenom ↳ zusammenarbeit der Zellen

Wasserfloh  
*Daphnia longiremis*

- Er misst die Anzahl der Röhren
- Seine Kinder bekommen dann einen Helm und einen verlängerten Schwanzstern
- Das ist dann der „Verteidigungsmodus“
- Schnelle Weiterentwicklung

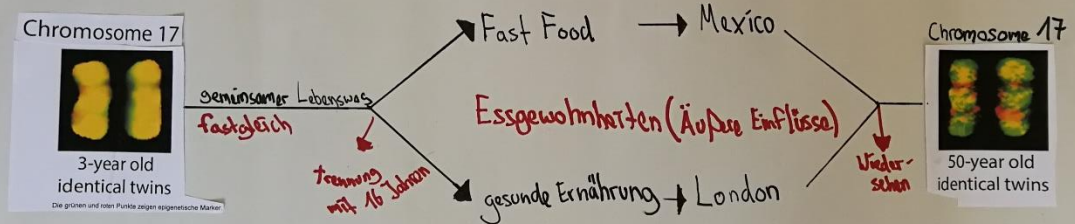
ungeschützt → „Verteidigungsmodus“ - Helm - verlängerten Schwanzstern

Wasserfloh *Daphnia longiremis*

TG 6:

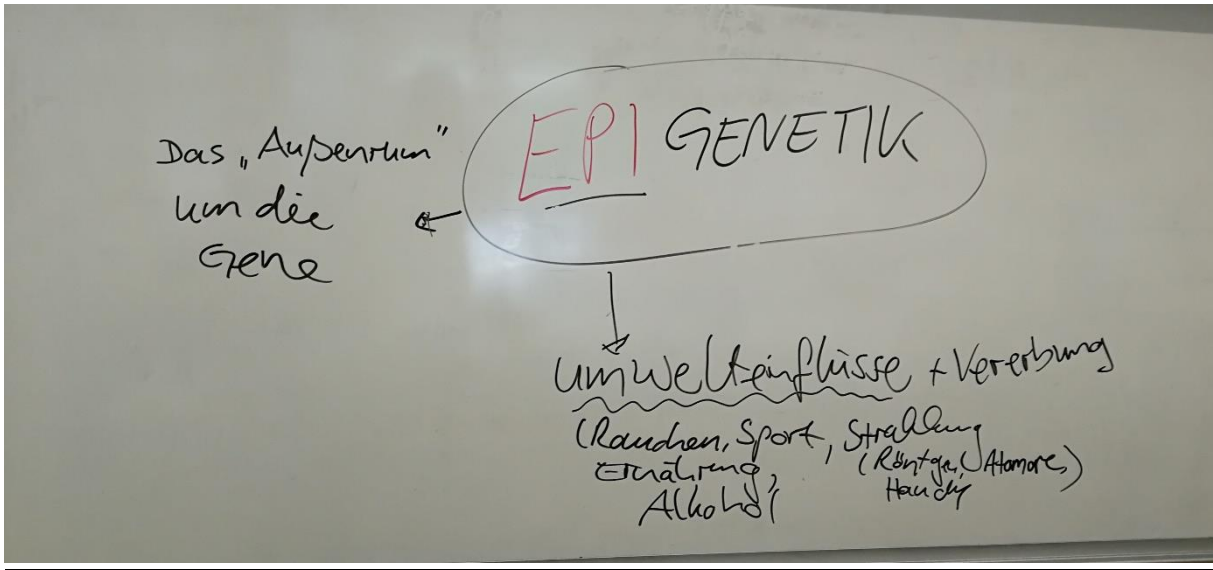
# Epigenetik und Zwillingsforschung

- Erblich und doch verschieden?





# Kurs B



## TG 1:

# „Epigenetik und Umwelt: Was wird vererbt?“

Info:  
 Die Grundinformationen kommen von den Eltern, diese Informationen können allerdings durch die Umwelt verändert werden, noch während die Kinder im Darm sind.

Beispiel:  
 Kinder, die innerhalb des holländischen Hungerwinters gezeugt wurden, waren aufgrund des Nahrungsmittelmangels darauf ausgelegt mit wenig Eisen auszuwachsen. Als diese geboren wurden, war die Hungerzeit allerdings vorbei. Darauf wurden die Kinder durch die Nahrungsmittel schnell übergeüdig.

Erklärung:  
 Das ist möglich, weil die Proteine, welche an der DNA haften, chemisch verändert werden. Die Abfolge der DNA-Doppelhelix wird dabei nicht verändert. Dadurch wird die Aktivität der Gene verändert (erhöht, verringert) oder ganz abgeschaltet.

**Folgen**

Jeder Umweltreiz, der auf die Mutter wirkt, wirkt auch auf die Fetus. Die nachfolgende, gesamte Generation kann somit direkt betroffen sein. → In so einem Fall kann man nicht von Vererbung sprechen.

Man unterscheidet zwischen:  
 - epigenetischer Vererbung (Übertragung von Mutter auf Kind)  
 - generations-übergreifende epigenetische Erblinien (Prägung des Fetus in Mutterleib)  
 - Um sicher zu sein, dass eine epigenetische Vererbung verliert, muss das vererbte Merkmal erst in der dritten Generation stillstehen.

Epigenetische Vererbung beim Menschen?

- Ist noch komplizierter zu lesen
- Tiere kann man kontrolliert bezeugen beim Menschen ist das unmöglich
- Weib man noch nicht ob das beim Menschen
- Unverserblich da Körperzellen und Keimzellen strikt getrennt werden
- zur Keimbahn können weitergegeben

z.B. Dadurch wird der Zuckergehalt nicht richtig kontrolliert, da die DNA nicht richtig abgelesen

TG 2:

# Epigenetik und Vererbung II

## - Die Agouti-Maus

AGOUTI GENE  
Unmethylated DNA → Thick obese mouse  
Methylated DNA → Thin and brown mouse

Epigenetik und Ernährung: Folgenreiche Fehlprogrammierung

Methylierung und geschlechte Mäuse

**Methylgruppen:**

- einfache Atomordnung in der organischen Chemie
- $-CH_3$
- Micro-RNA:
  - RNA-Schnipsel
  - Verhindert den Bau von Proteinen
  - nur in Zelle gerichtet

Die Qualität und Menge der Nahrung, die wir zu uns nehmen, steuert den Methylationsgrad unserer Gene.

Dies wirkt sich ganz besonders während der Schwangerschaft auf den ersten Lebenswochen aus. Hier werden entscheidende Weichen für Gesundheit und Krankheit gelegt.

Die beiden gelben Agouti Mäuse besitzen ein Gen, das ihr Fell braun gelb anstreicht. Ausdrehraum führt in geringerer Menge hermit und anfällig für Cholesterin und Diabetes macht.

TG 3:

# DIE HONIGBIENE

Es wird eine Biene zu Königin, wenn Sie besonders viel geleerte royale erhält. Die anderen Tausend werden Untertaten Arbeiter suchen aktiv durch ihre Umgebung Futter für die Kolonie. Die Königin verbringt ihr ganzes Leben im Bienenstock und ihre Aufgabe ist es sich von der vielen Drohnen zu befruchten. Bis zu 2000 Eier an einem Tag kann sie produzieren.

Alle Bienenlarven tragen die gleiche Erbinformation...

Epigenetische Markierungen können Gene an- oder abschalten...

...durch die Nahrung steuert, welcher Teil der Information verwendet wird.

Die DNA der Biene wird durch die unterschiedliche Nahrung chemisch verändert. Das heißt das sich an bestimmte Stellen der DNA-Sequenz Methylgruppen anfügen. Aber die genetische Code wird dadurch nicht wirklich verändert. Jedoch je nachdem an welcher Genregion die Methyl-Markierung angebracht wird, prägt sich bestimmte Merkmale aus.

Das Erbgut der beiden Bienenkisten ist identisch. Trotzdem sind sie im Aussehen und Verhalten unterschiedlich. Die zukünftige Königin wird während sie aufwächst mit einem speziellen Saft ernährt. Die Arbeiterinnen werden nur mit Kraftnahrung ernährt.

• Unvollständige Genexpression (Methylierung) vorprogrammiert unterschiedliche Aufgaben. Die Königin ernährt sich von royal jelly, während Arbeiterinnen nur Pollen und Nektar erhalten. Dies steuert die Entwicklung der Biene.

• Die epigenetischen Marker sind nicht in alle Generationen übertragen, da dies Beispiel der Biene das nicht zutrifft.

• Auch bei anderen Tieren ein Beispiel ist die epigenetische Regulation des Erscheinungsbildes. Bei einer Zucht von Mäusen, die einen roten oder weißen Schwanz haben, führt die Ernährung während der Schwangerschaft zu unterschiedlichen Ergebnissen.

• Epigenetische Marker können durch Ernährung beeinflusst werden. Ein Beispiel ist die Ernährung von Mäusen, die zu Diabetes führt.



TG 4:

# Du bist, was du isst

Positiv

Positiv

Negative Substanzen:

- Alkohol
- Ta bak
- Drogen

Positiv

Einflüsse  
der Methylierung  
auf unsere Gene

TG:4

TG 5:

# EPIGENETIK & EVOLUTION

## Hatte Lamarck doch Recht?

LAMARCKS THEORIE:

- \* Die Gene der Tiere entwickeln sich auf Grund von Umwelteinflüssen. ✓  
Erkrankungen sind vererbbar. Mutationen auf dem DNA sind vererbbar (Dunkelhaarigkeit des Menschen ist ein Beispiel). Die Anwesenheit bestimmter Gene wird durch die Umwelt beeinflusst.
- \* Der Gebrauch oder Nichtgebrauch von Organen sollte deren Funktion verändern, und diese Änderungen würden vererbt werden. ✓  
Die Umwelt sollte eine direkte Rolle bei der Veränderung und Ausprägung der Embryonalentwicklung spielen.
- \* Körperorgane entwickeln sich auf ein höheres Niveau. Jeder Schritt sollte bedeuten eine bessere Anpassung. ✓  
Die Umwelt sollte eine direkte Rolle bei der Veränderung und Ausprägung der Embryonalentwicklung spielen.

Lamarck

Wasserröhren

Wenn Wasserröhren über sich hinauswachsen

Die Larven der Wasserröhrenkäfer (Psephenidae) leben im Wasser und haben sich an das Leben im Wasser angepasst. Die Larven haben sich über die Zeit hinweg verändert, um besser an das Leben im Wasser angepasst zu sein. Die Larven haben sich über die Zeit hinweg verändert, um besser an das Leben im Wasser angepasst zu sein.

\* Veränderungen werden an alle folgenden Generationen weitergegeben. ✗

# Epigenetik – Zwillingsforschung

## Erbgleich und doch verschieden?

„Genetisch identische Menschen kommen mit sehr unterschiedlichen epigenetischen Voraussetzungen zur Welt. – und zwar nicht nur auf einzelne Gene bezogen, sondern über das gesamte Genom hinweg.“

Jeffrey Craig



Gemma und Anabel  
-Zwillingen

- Lebten seit ihrem 16. Lebensjahr getrennt voneinander
- verschiedene Ernährung, Lebensstil

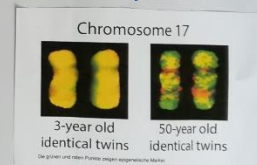
- je älter sie wurden, desto größer wurden die Differenzen

- Epigenetik wird schon im Mutterleib beeinflusst

- Anlagen für Krankheiten

In Genen ist festgeschrieben: Haar- Augenfarbe  
Aber auch für welche Krankheiten wir besonders anfällig sind

- Aktivität des Gens wird verändert



- geringe Unterschiede

- größere Differenzen



## V. Fragebogen

Liebe Schülerin,

Lieber Schüler,

vielen Dank, dass du an der Befragung teilnimmst und somit die Forschung zu meiner Masterarbeit unterstützt!

Deine Teilnahme an der Befragung ist freiwillig.

Bitte schreibe nicht deinen Namen auf den Fragebogen, da die Fragebögen vollständig anonymisiert sind, sodass niemand weiß, welchen Fragebogen du ausgefüllt hast.

Du erhältst für diesen Fragebogen keine Note. Versuche bitte trotzdem, die Fragen im ersten Abschnitt von Teil A richtig zu beantworten. In Teil B ist deine persönliche Einschätzung wichtig, da gibt es kein richtig oder falsch. In Teil C kannst du gerne alles loswerden, was du zum Thema ergänzen oder rückmelden möchtest.

Hier nun eine kurze „Gebrauchsanweisung“:

Bitte benutze für das Ausfüllen der Kästchen einen **Kugelschreiber** (schwarz oder blau, keinen Gel- oder Tintenschreiber!).

Bitte trage **zu Beginn** deine Daten auf der ersten Seite oben ein.

Setze bitte bei jeder Frage nur **ein** Kreuz, es gibt nur eine Antwortmöglichkeit pro Frage.

Vielen Dank für deine Teilnahme an der Befragung!

Daniela Egger

Bitte so markieren:      So kreuzt du deine ausgewählte Antwort an.

Korrektur:      So änderst du eine bereits gegebene Antwort.

## 1. Allgemeine Informationen

### 1.1 Datum:

3.10.2018

1.2 **Geschlecht:**  weiblich  männlich  anderes

Bitte erstelle hier deinen persönlichen Code:

Zweiter Buchstabe deines Vornamens, erster Buchstabe des Vornamens deiner Mutter, die ersten beiden Ziffern deines Geburtstags

Bsp.: Kaya; Henriette; 04.05.2002 = AH04

### 1.3 Dein Code lautet:

AM25

Zeitbedarf für diesen Fragebogen: ca. **15 Minuten**

## 2. Teil A

Bitte kreuze an, ob die Aussage richtig oder falsch ist.

- |   |   |  |   |
|---|---|--|---|
| 2.1 „Bei einem <b>rezessiven</b> Erbgang (väterlicherseits) setzt sich das Merkmal bei den Nachkommen durch.“ | <input type="checkbox"/> Richtig            | <input checked="" type="checkbox"/> Falsch | <input type="checkbox"/> Ich weiß es nicht. |
| 2.2 „Bei der <b>Mitose</b> wird der Chromosomensatz der Geschlechtszellen um die Hälfte reduziert.“           | <input type="checkbox"/> Richtig            | <input checked="" type="checkbox"/> Falsch | <input type="checkbox"/> Ich weiß es nicht. |
| 2.3 „Aus den Chromosomen <b>X</b> und <b>Y</b> entsteht bei der Befruchtung ein Mädchen.“                     | <input type="checkbox"/> Richtig            | <input checked="" type="checkbox"/> Falsch | <input type="checkbox"/> Ich weiß es nicht. |
| 2.4 „Die Phasen der Mitose heißen <b>Pro-, Meta-, Ana- und Telophase.</b> “                                   | <input checked="" type="checkbox"/> Richtig | <input type="checkbox"/> Falsch            | <input type="checkbox"/> Ich weiß es nicht. |
| 2.5 „Die Zellen eines Menschen enthalten 46 Chromosomen.“   | <input checked="" type="checkbox"/> Richtig | <input type="checkbox"/> Falsch            | <input type="checkbox"/> Ich weiß es nicht. |



## 2. Teil A [Fortsetzung]

Bitte kreuze an, wie sehr für dich folgende Aussagen zutreffen. Hier gibt es keine richtigen oder falschen Antworten.

	Trifft nicht zu.	Trifft eher nicht zu.	Trifft eher zu.	Trifft zu.
2.6 „Es fiel mir leicht, die Unterrichtseinheit Genetik zu verstehen.“	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.7 „Der Genetikunterricht sollte genauso beibehalten werden.“	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.8 „Die Inhalte des Genetikunterrichtes interessierten mich.“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.9 „Ich würde mich mit dem Thema Genetik zu Hause weiter beschäftigen (Internet, Bücher, ...).“	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 3. Teil B

Gib bitte an, wie sehr folgende Aussagen für dich zutreffen oder nicht. Hier gibt es keine richtigen oder falschen Antworten.

	Trifft nicht zu.	Trifft eher nicht zu.	Trifft eher zu.	Trifft zu.
3.1 „Egal was ich esse, ich glaube nicht, dass das meine Gene beeinflusst.“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.2 „Gene werden von der Umwelt beeinflusst.“	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.3 „Gene sind starr bzw. nur schwer veränderbar.“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.4 „Ich habe Einfluss auf meine Gesundheit.“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.5 „Meine Gesundheit hängt damit zusammen, wie sich meine Eltern ernährt haben.“	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.6 „Gene können an- oder abgeschaltet (aktiviert- oder inaktiviert) werden.“	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.7 „Ich kann durch Sport meine Gene positiv beeinflussen.“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.8 „Auf die Vererbung von Erbkrankheiten hat der Mensch keinen Einfluss.“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.9 „Die Erforschung der Gene und wie sie sich verändern ist bereits abgeschlossen.“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.10 „Der Konsum von Alkohol/Nikotin/Drogen kann meine Gene ungünstig verändern.“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



## 4. Teil C

- 4.1 Hier ist Platz für alles, was du noch loswerden möchtest, z.B. fandst du den Epigenetikunterricht spannend, was würdest du anders machen, was hat gefehlt, was ist für dich noch unklar geblieben, usw.?

Epigenetik ist sehr spannend!  
Ich habe alles verstanden  
und fand alles total interessant!  
//  
☺

Vielen Dank für deine Unterstützung! :)



VI. Codebuch SPSS für die Fragebogenauswertung

<b>Variablen- bezeichnung</b>	<b>Label</b>	<b>Skalierung</b>	<b>Codierung</b>
Seriendruck_ID_pre Seriendruck_ID_post		Nominal	0001-0059 0001-0061
Geschl_pre, Geschl_post	Geschlecht	Nominal	1 = „weiblich“ 2 = männlich 3 = „anderes“
W1_pre W1_post	Pre_Frage rezessiver Erbgang_Falsch Post_Frage rezessiver Erbgang_Falsch	Nominal	1= „Richtig“ 2 = „Falsch“ 3 = „Ich weiß es nicht“
W2_pre W2_post	Pre_Frage Mitose_Falsch Post_Frage Mitose_Falsch	Nominal	s.o.
W3_pre W3_post	Pre_Frage_XY-Chromosom_Falsch Post_Frage_XY-Chromosom_Falsch	Nominal	s.o.
W4_pre W4_post	Pre_Frage_Zellteilung_Richtig Post_Frage_Zellteilung_Richtig	Nominal	s.o.
W5_pre W5_post	Pre_46_Chromosomen_Richtig Post_46_Chromosomen_Richtig	Nominal	s.o.
GU1_pre GU1_post	Pre_Verständlichkeit_Genetik Post_Verständlichkeit_Genetik	Ordinal	1 = „Trifft nicht zu“ 2= „Trifft eher nicht zu.“

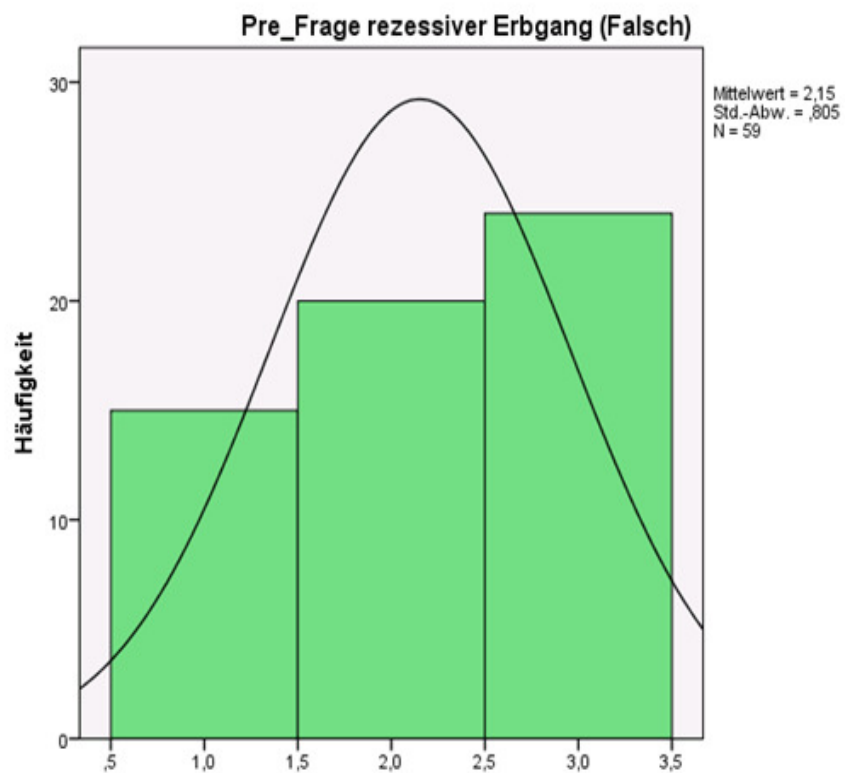
			3 = „Trifft eher zu“ 4 = „Trifft zu“
GU2_pre GU2_post	Pre_Zufriedenheit_Genetikunterricht Post_Zufriedenheit_Genetikunterricht	Ordinal	s.o.
GU3_pre GU3_post	Pre_Interesse_Genetik Post_Interesse_Genetik	Ordinal	s.o.
GU4_pre GU4_post	Pre_Interesse_Genetik2 Post_Interesse_Genetik2	Ordinal	s.o.
SV1_pre SV1_post	Pre_Ernährung Post_Ernährung	Ordinal	s.o.
SV2_pre SV2_post	Pre_Umwelt Post_Umwelt	Ordinal	s.o.
SV3_pre SV3_post	Pre_Gene_starr Post_Gene_starr	Ordinal	s.o.
SV4_pre SV4_post	Pre_Gesundheit Post_Gesundheit	Ordinal	s.o.
SV5_pre SV5_post	Pre_Eltern Post_Eltern	Ordinal	s.o.
SV6_pre SV6_post	Pre_Gene_Aktivierbarkeit Post_Gene_Aktivierbarkeit	Ordinal	s.o.
SV7_pre	Pre_Sport	Ordinal	s.o.

SV7_post	Post_Sport		
SV8_pre	Pre_Erbkrankheiten	Ordinal	s.o.
SV8_post	Post_Erbkrankheiten		
SV9_pre	Pre_Genforschung	Ordinal	s.o.
SV9_post	Post_Genforschung		
SV10_pre	Pre_Alkohol_Nikotin_Konsum	Ordinal	s.o.
SV10_post	Post_Alkohol_Nikotin_Konsum		
EU1_post	Post_Verständlichkeit_Epigenetikunterricht	Ordinal	s.o.
EU2_post	Post_Zufriedenheit_Epigenetikunterricht	Ordinal	s.o.
EU3_post	Post_Interesse_Epigenetik	Ordinal	s.o.
EU4_post	Post_Interesse_Epigenetik2	Ordinal	s.o.

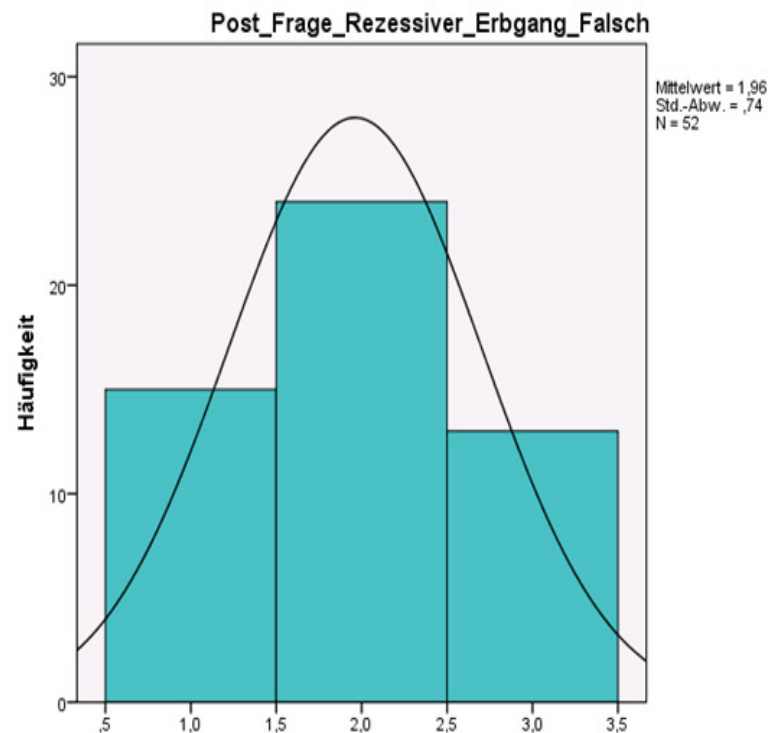
**Fehlende Werte sind mit einem Punkt („.“) gekennzeichnet!**

## VII. Diagramme Häufigkeitsverteilung

W1\_pre und post:



Gültig	Richtig	15	25,4	25,4	25,4
	Falsch	20	33,9	33,9	59,3
	Ich weiß es nicht.	24	40,7	40,7	100,0
Gesamt		59	100,0	100,0	

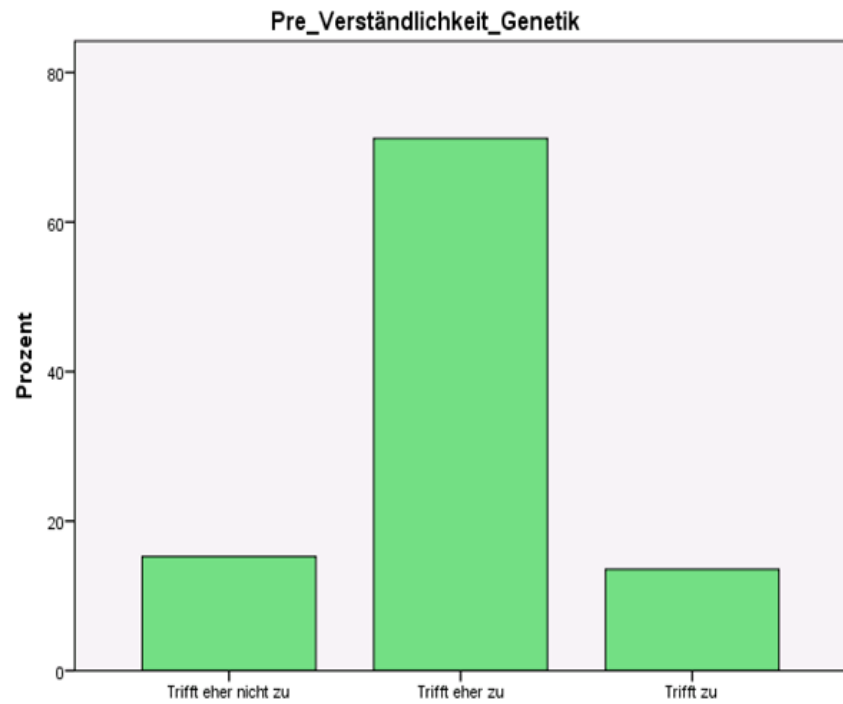


Gültig	Richtig	15	25,4	28,8	28,8
	Falsch	24	40,7	46,2	75,0
	Ich weiß es nicht.	13	22,0	25,0	100,0
	Gesamt	52	88,1	100,0	
Fehlend	System	7	11,9		
Gesamt		59	100,0		

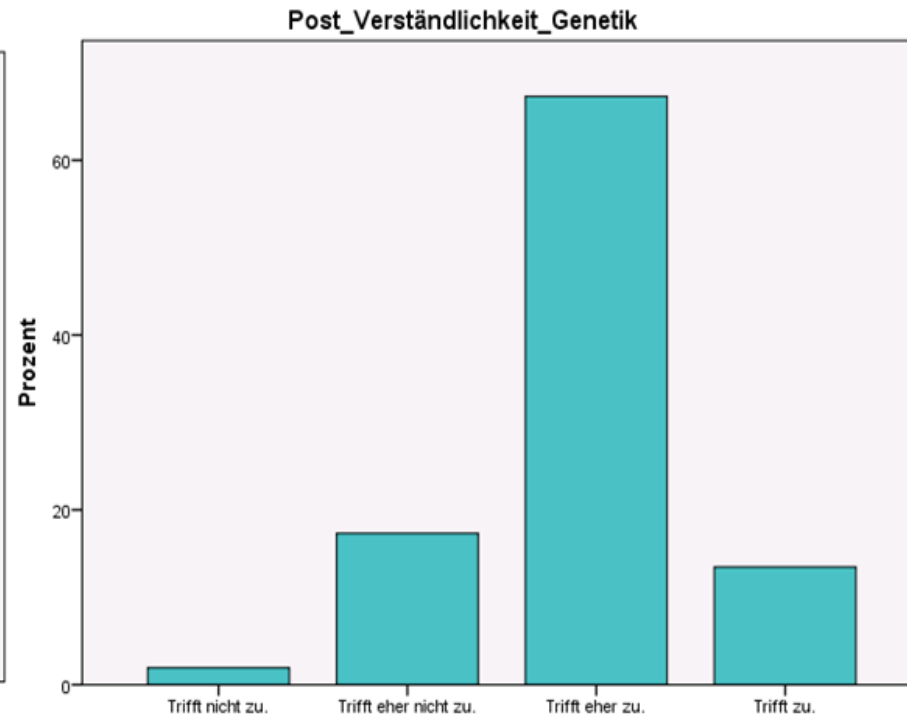
Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
------------	---------	------------------	---------------------



GU1\_pre und post:



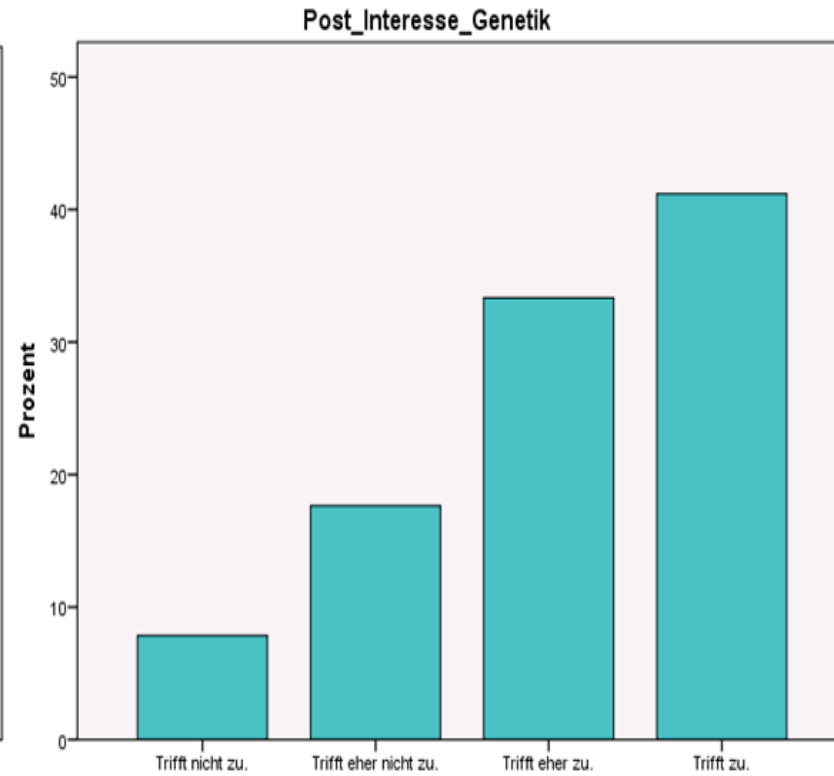
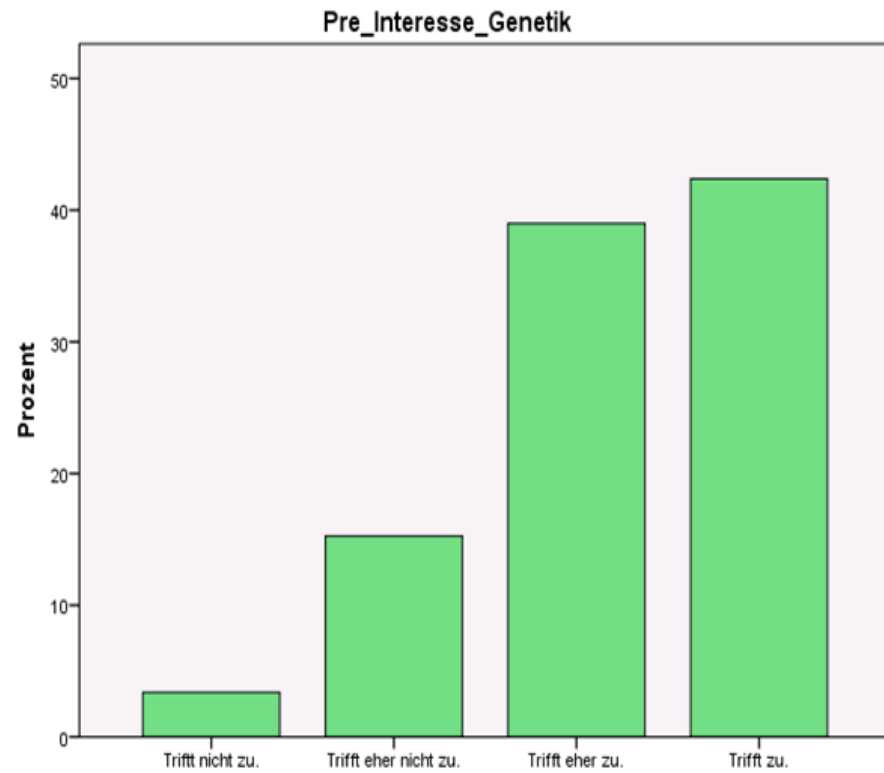
Gültig	Trifft eher nicht zu	9	15,3	15,3	15,3
	Trifft eher zu	42	71,2	71,2	86,4
	Trifft zu	8	13,6	13,6	100,0
	Gesamt	59	100,0	100,0	



Gültig	Trifft nicht zu.	1	1,7	1,9	1,9
	Trifft eher nicht zu.	9	15,3	17,3	19,2
	Trifft eher zu.	35	59,3	67,3	86,5
	Trifft zu.	7	11,9	13,5	100,0
	Gesamt	52	88,1	100,0	
Fehlend	System	7	11,9		
Gesamt		59	100,0		

Häufigkeit    Prozent    Gültige Prozente    Kumulierte Prozente

GU3\_pre und post:

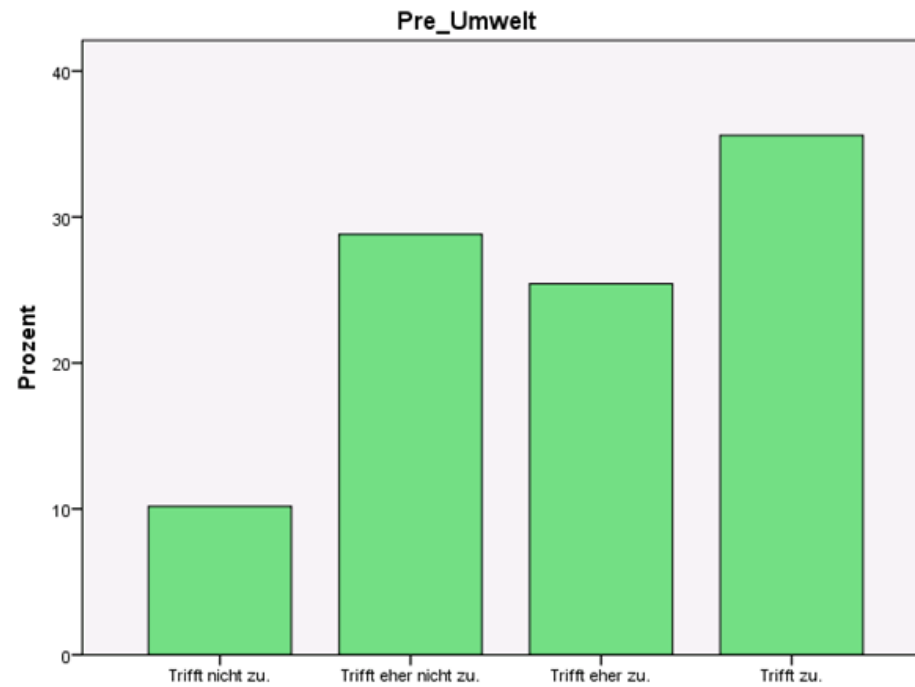


Gültig	Trifft nicht zu.	2	3,4	3,4	3,4
	Trifft eher nicht zu.	9	15,3	15,3	18,6
	Trifft eher zu.	23	39,0	39,0	57,6
	Trifft zu.	25	42,4	42,4	100,0
	Gesamt	59	100,0	100,0	

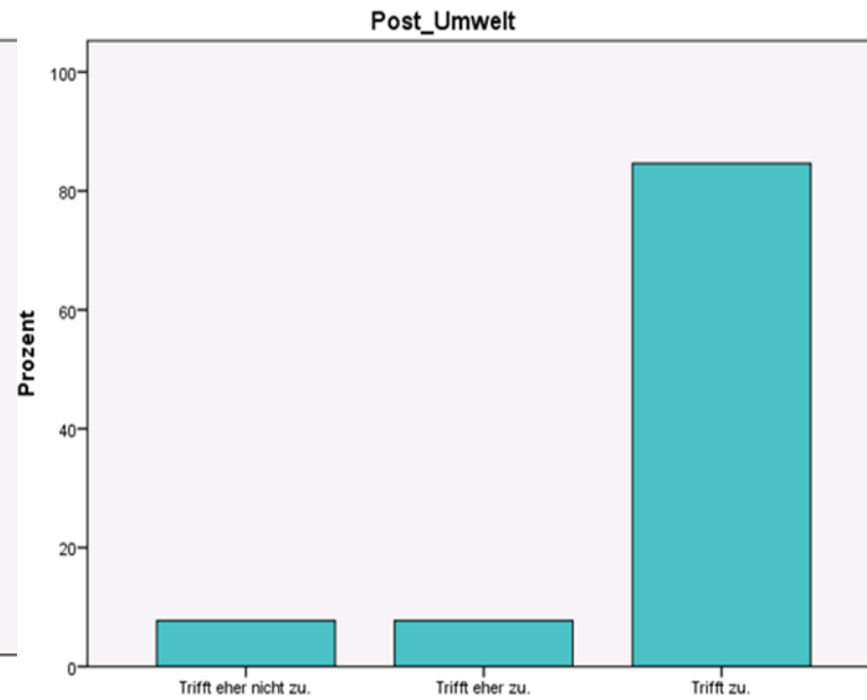
Gültig	Trifft nicht zu.	4	6,8	7,8	7,8
	Trifft eher nicht zu.	9	15,3	17,6	25,5
	Trifft eher zu.	17	28,8	33,3	58,8
	Trifft zu.	21	35,6	41,2	100,0
	Gesamt	51	86,4	100,0	
Fehlend	System	8	13,6		
Gesamt		59	100,0		

Häufigkeit    Prozent    Gültige Prozente    Kumulierte Prozente

SV2\_pre und post:



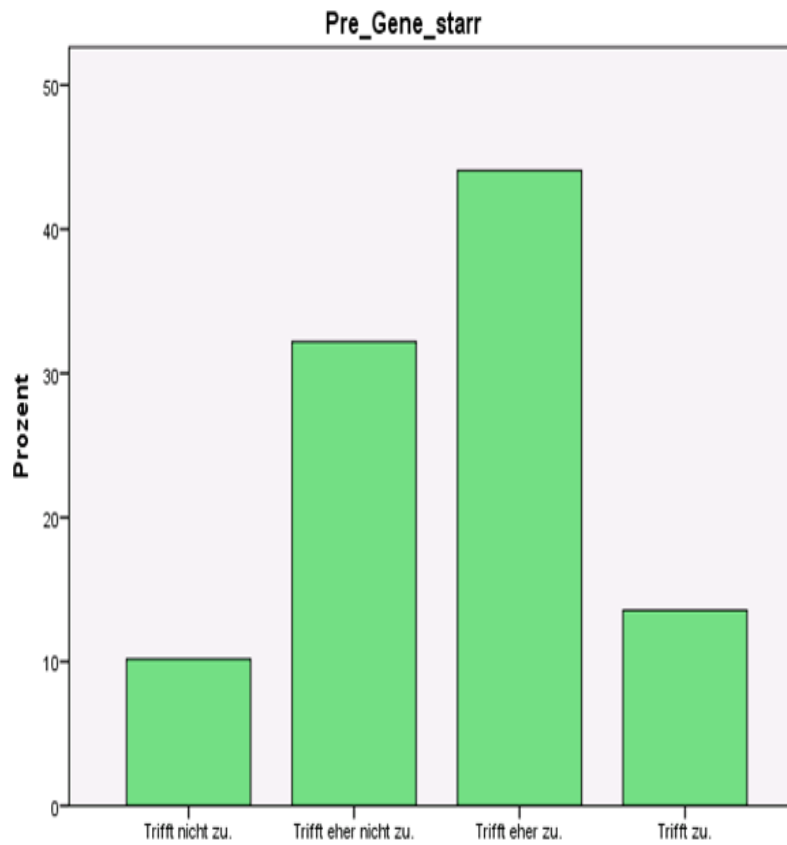
Gültig	Trifft nicht zu.	6	10,2	10,2	10,2
	Trifft eher nicht zu.	17	28,8	28,8	39,0
	Trifft eher zu.	15	25,4	25,4	64,4
	Trifft zu.	21	35,6	35,6	100,0
	Gesamt	59	100,0	100,0	



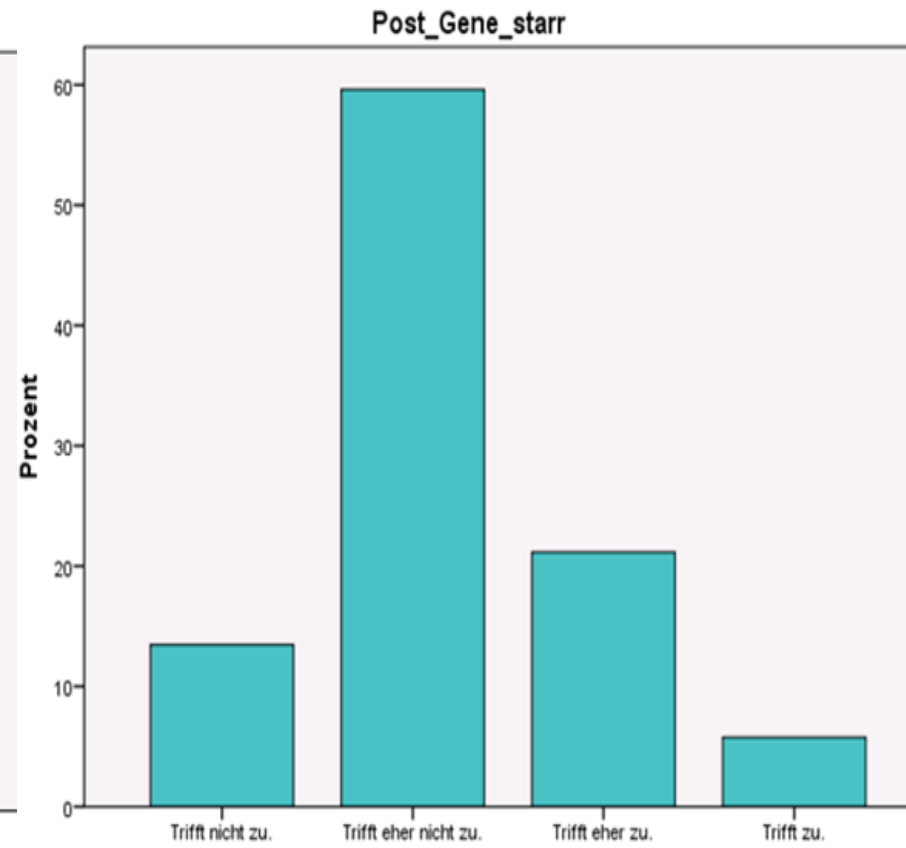
Gültig	Trifft eher nicht zu.	4	6,8	7,7	7,7
	Trifft eher zu.	4	6,8	7,7	15,4
	Trifft zu.	44	74,6	84,6	100,0
	Gesamt	52	88,1	100,0	
Fehlend	System	7	11,9		
Gesamt		59	100,0		

Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
------------	---------	------------------	---------------------

SV3\_pre und post:



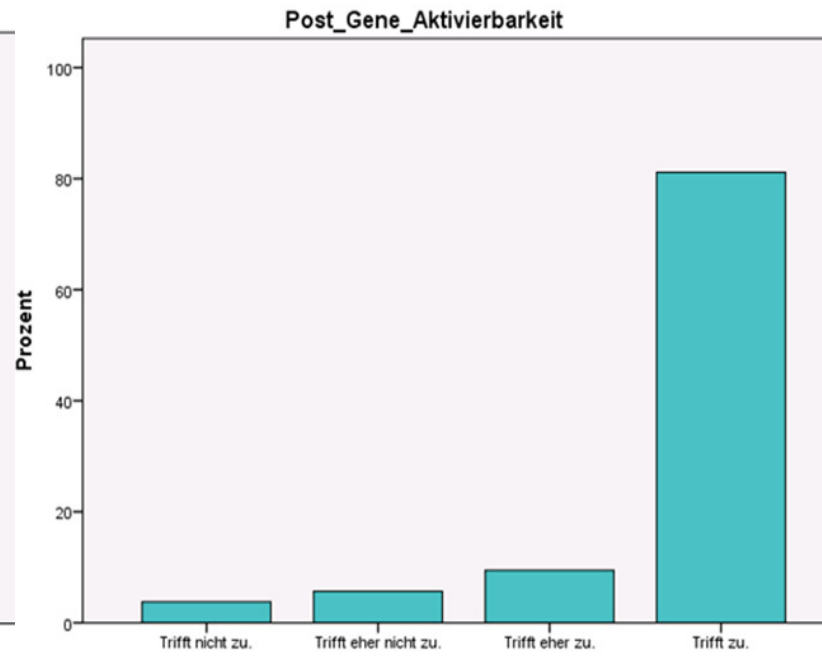
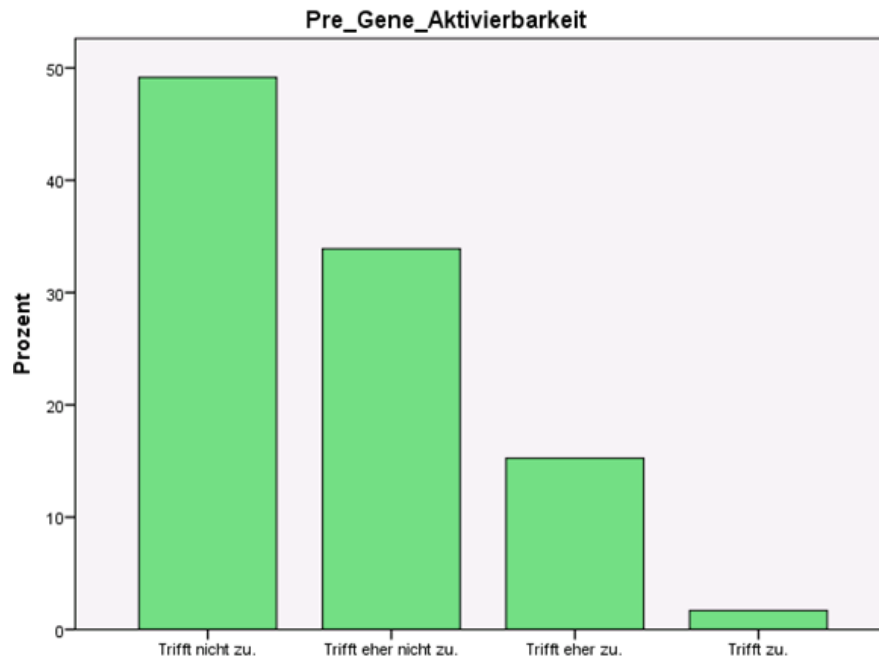
Gültig	Trifft nicht zu.	6	10,2	10,2	10,2
	Trifft eher nicht zu.	19	32,2	32,2	42,4
	Trifft eher zu.	26	44,1	44,1	86,4
	Trifft zu.	8	13,6	13,6	100,0
Gesamt		59	100,0	100,0	



Gültig	Trifft nicht zu.	7	11,9	13,5	13,5
	Trifft eher nicht zu.	31	52,5	59,6	73,1
	Trifft eher zu.	11	18,6	21,2	94,2
	Trifft zu.	3	5,1	5,8	100,0
	Gesamt	52	88,1	100,0	
Fehlend	System	7	11,9		
Gesamt		59	100,0		

Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
------------	---------	------------------	---------------------

SV6\_pre und post:

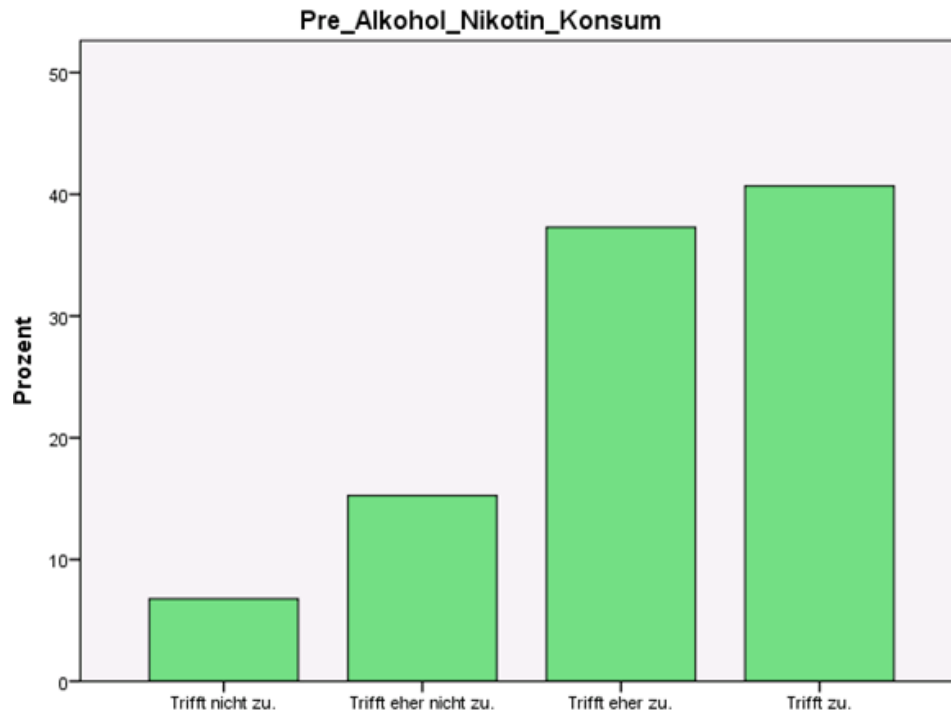


Gültig	Trifft nicht zu.	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
	Trifft nicht zu.	29	49,2	49,2	49,2
	Trifft eher nicht zu.	20	33,9	33,9	83,1
	Trifft eher zu.	9	15,3	15,3	98,3
	Trifft zu.	1	1,7	1,7	100,0
	Gesamt	59	100,0	100,0	

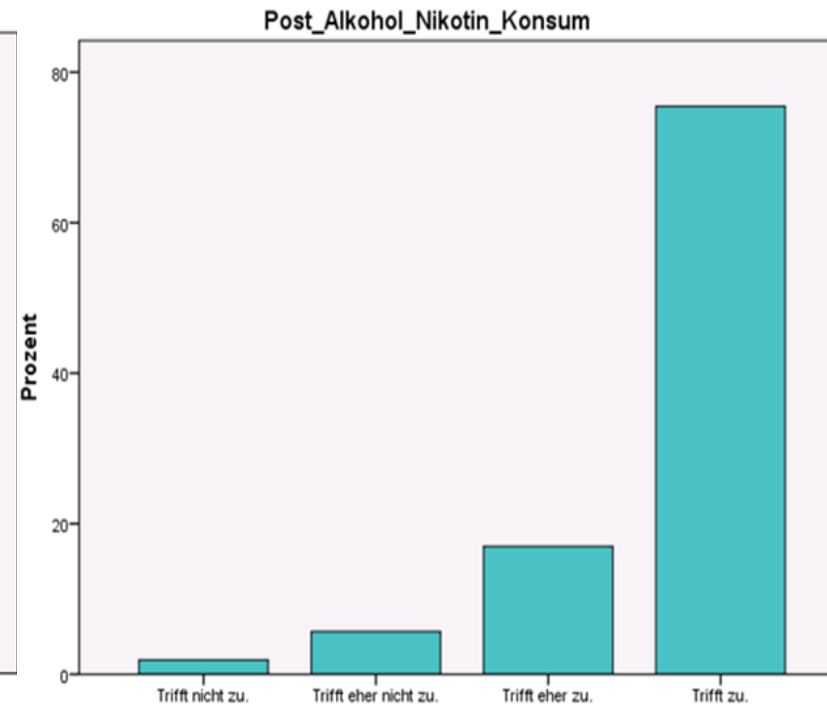
Gültig	Trifft nicht zu.	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
	Trifft nicht zu.	2	3,4	3,8	3,8
	Trifft eher nicht zu.	3	5,1	5,7	9,4
	Trifft eher zu.	5	8,5	9,4	18,9
	Trifft zu.	43	72,9	81,1	100,0
	Gesamt	53	89,8	100,0	
Fehlend	System	6	10,2		
	Gesamt	59	100,0		

Häufigkeit    Prozent    Gültige Prozente    Kumulierte Prozente

SV10\_pre und post:



Gültig	Trifft nicht zu.	4	6,8	6,8	6,8
	Trifft eher nicht zu.	9	15,3	15,3	22,0
	Trifft eher zu.	22	37,3	37,3	59,3
	Trifft zu.	24	40,7	40,7	100,0
	Gesamt	59	100,0	100,0	



Gültig	Trifft nicht zu.	1	1,7	1,9	1,9
	Trifft eher nicht zu.	3	5,1	5,7	7,5
	Trifft eher zu.	9	15,3	17,0	24,5
	Trifft zu.	40	67,8	75,5	100,0
	Gesamt	53	89,8	100,0	
Fehlend	System	6	10,2		
Gesamt		59	100,0		

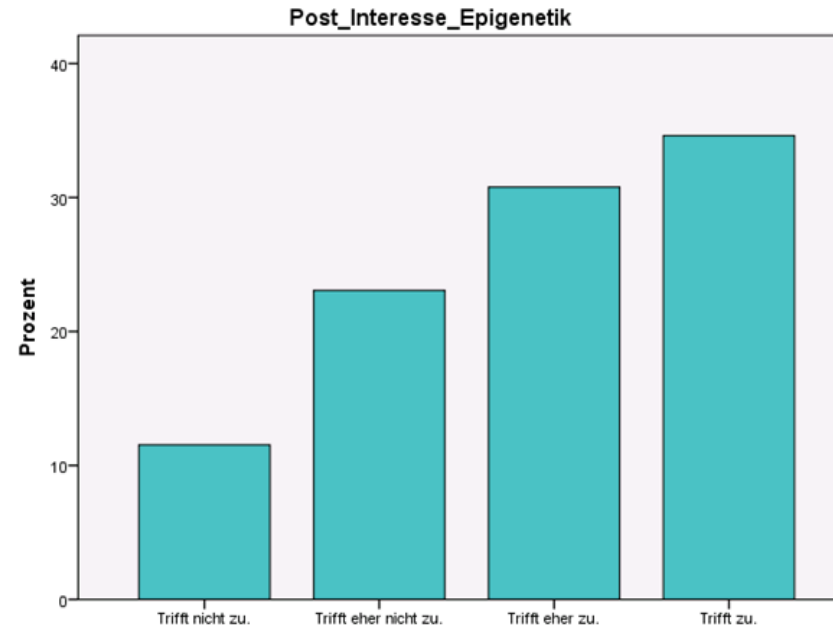
Häufigkeit    Prozent    Gültige Prozente    Kumulierte Prozente

EU1\_post:



Gültig	Trifft eher nicht zu.	10	16,9	19,2	19,2
	Trifft eher zu.	30	50,8	57,7	76,9
	Trifft zu.	12	20,3	23,1	100,0
	Gesamt	52	88,1	100,0	
Fehlend	System	7	11,9		
Gesamt		59	100,0		

EU3\_post:



Gültig	Trifft nicht zu.	6	10,2	11,5	11,5
	Trifft eher nicht zu.	12	20,3	23,1	34,6
	Trifft eher zu.	16	27,1	30,8	65,4
	Trifft zu.	18	30,5	34,6	100,0
Gesamt		52	88,1	100,0	
Fehlend	System	7	11,9		
Gesamt		59	100,0		

Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
------------	---------	------------------	---------------------

## VIII. Kreuztabellen

### W1\_pre \* Geschl\_pre

#### Kreuztabelle

Anzahl

		Geschl_pre Geschlecht:			Gesamt
		weiblich	männlich	anderes	
W1_pre Pre_Frage	Richtig	10	4	1	15
rezessiver Erbgang (Falsch)	Falsch	7	13	0	20
	Ich weiß es nicht.	15	9	0	24
Gesamt		32	26	1	59

#### Symmetrische Maße

		Wert	Asymptotischer Standardfehler <sup>a</sup>	Näherungsweise t <sup>b</sup>
Intervall- bzgl. Intervallmaß	Pearson-R	-,051	,136	-,383
Ordinal- bzgl. Ordinalmaß	Korrelation nach Spearman	-,044	,134	-,334
Anzahl der gültigen Fälle		59		

#### Symmetrische Maße

		Näherungsweise Signifikanz
Intervall- bzgl. Intervallmaß	Pearson-R	,703 <sup>c</sup>
Ordinal- bzgl. Ordinalmaß	Korrelation nach Spearman	,739 <sup>c</sup>
Anzahl der gültigen Fälle		

- Die Null-Hyphothese wird nicht angenommen.
- Unter Annahme der Null-Hyphothese wird der asymptotische Standardfehler verwendet.
- Basierend auf normaler Näherung

### W2\_pre \* Geschl\_pre

#### Kreuztabelle

Anzahl

		Geschl_pre Geschlecht:			Gesamt
		weiblich	männlich	anderes	
W2_pre Pre_Frage Mitose	Richtig	9	11	0	20
(Falsch)	Falsch	15	9	0	24
	Ich weiß es nicht.	8	6	1	15
Gesamt		32	26	1	59



### Symmetrische Maße

		Wert	Asymptotischer Standardfehler <sup>a</sup>	Näherungsweise t <sup>b</sup>
Intervall- bzgl. Intervallmaß	Pearson-R	-,026	,139	-,197
Ordinal- bzgl. Ordinalmaß	Korrelation nach Spearman	-,058	,135	-,437
Anzahl der gültigen Fälle		59		

### Symmetrische Maße

		Näherungsweise Signifikanz
Intervall- bzgl. Intervallmaß	Pearson-R	,845 <sup>c</sup>
Ordinal- bzgl. Ordinalmaß	Korrelation nach Spearman	,664 <sup>c</sup>
Anzahl der gültigen Fälle		

- a. Die Null-Hyphothese wird nicht angenommen.
- b. Unter Annahme der Null-Hyphothese wird der asymptotische Standardfehler verwendet.
- c. Basierend auf normaler Näherung

### W3\_pre \* Geschl\_pre

#### Kreuztabelle

Anzahl

		Geschl_pre Geschlecht:			Gesamt
		weiblich	männlich	anderes	
W3_pre Pre_Frage_XY- Chromosom_Falsch	Richtig	13	16	1	30
	Falsch	18	9	0	27
	Ich weiß es nicht.	1	1	0	2
Gesamt		32	26	1	59

### Symmetrische Maße

		Wert	Asymptotischer Standardfehler <sup>a</sup>	Näherungsweise t <sup>b</sup>
Intervall- bzgl. Intervallmaß	Pearson-R	-,210	,125	-1,621
Ordinal- bzgl. Ordinalmaß	Korrelation nach Spearman	-,219	,127	-1,695
Anzahl der gültigen Fälle		59		

### Symmetrische Maße

		Näherungsweise Signifikanz
Intervall- bzgl. Intervallmaß	Pearson-R	,111 <sup>c</sup>
Ordinal- bzgl. Ordinalmaß	Korrelation nach Spearman	,095 <sup>c</sup>
Anzahl der gültigen Fälle		

- a. Die Null-Hyphothese wird nicht angenommen.

- b. Unter Annahme der Null-Hyphothese wird der asymptotische Standardfehler verwendet.
- c. Basierend auf normaler Näherung

### W4\_pre \* Geschl\_pre

#### Kreuztabelle

Anzahl

		Geschl_pre Geschlecht:			Gesamt
		weiblich	männlich	anderes	
W4_pre	Richtig	20	20	0	40
Pre_Frage_Zellteilung_Richti	Falsch	7	3	0	10
g	Ich weiß es nicht.	5	3	1	9
Gesamt		32	26	1	59

#### Symmetrische Maße

		Wert	Asymptotischer Standardfehler <sup>a</sup>	Näherungsweise t <sup>b</sup>
Intervall- bzgl. Intervallmaß	Pearson-R	-,012	,154	-,093
Ordinal- bzgl. Ordinalmaß	Korrelation nach Spearman	-,075	,137	-,571
Anzahl der gültigen Fälle		59		

#### Symmetrische Maße

		Näherungsweise Signifikanz
Intervall- bzgl. Intervallmaß	Pearson-R	,926 <sup>c</sup>
Ordinal- bzgl. Ordinalmaß	Korrelation nach Spearman	,571 <sup>c</sup>
Anzahl der gültigen Fälle		

- a. Die Null-Hyphothese wird nicht angenommen.
- b. Unter Annahme der Null-Hyphothese wird der asymptotische Standardfehler verwendet.
- c. Basierend auf normaler Näherung

### W5\_pre \* Geschl\_pre

#### Kreuztabelle

Anzahl

		Geschl_pre Geschlecht:			Gesamt
		weiblich	männlich	anderes	
W5_pre	Richtig	23	18	1	42
Pre_46_Chromosomen_Rich	Falsch	6	6	0	12
tig	Ich weiß es nicht.	3	2	0	5
Gesamt		32	26	1	59

### Symmetrische Maße

		Wert	Asymptotischer Standardfehler <sup>a</sup>	Näherungsweis es t <sup>b</sup>
Intervall- bzgl. Intervallmaß	Pearson-R	-,022	,124	-,167
Ordinal- bzgl. Ordinalmaß	Korrelation nach Spearman	-,001	,128	-,008
Anzahl der gültigen Fälle		59		

### Symmetrische Maße

		Näherungsweise Signifikanz
Intervall- bzgl. Intervallmaß	Pearson-R	,868 <sup>c</sup>
Ordinal- bzgl. Ordinalmaß	Korrelation nach Spearman	,993 <sup>c</sup>
Anzahl der gültigen Fälle		

## X. Leitfadeninterview

Liebe Schülerin,

Lieber Schüler,

vielen Dank, dass du dich bereit erklärt hast, dich zu meinem Forschungsthema befragen zu lassen.

Das Interview dauert ca. **10-15 Minuten**, in dem ich dir ein paar Fragen über den Genetik- und den Epigenetikunterricht stellen möchte. Es gibt keine richtigen und falschen Antworten und du darfst hier alles sagen, was du gerne sagen möchtest.

Dieses Interview wird mit einem Aufnahmegerät aufgezeichnet und dient nur dazu, deine Antworten hinterher in Textform zu bringen. Die Aufzeichnung wird danach vernichtet und das Interview vollständig anonymisiert, sodass keine Rückschlüsse auf deine Person gezogen werden können.

Auch wenn deine Eltern schon ihr Einverständnis gegeben haben, möchte ich dich gerne um dein Einverständnis bitten.

Mit deiner Unterschrift bestätigst du, dass deine Teilnahme an dem Interview **freiwillig** ist und du der Verwendung der Aufnahme für die **alleinige Verwendung in der Masterarbeit** zustimmst.

-----

Ort, Datum, Unterschrift

Für die weitere Bearbeitung benötige ich nun noch einen Code von dir. Dieser setzt sich aus dem ersten Buchstaben deines Vornamens, dem ersten Buchstaben des Vornamens deiner Mutter und den Ziffern deines Geburtsmonats (z.B. Mai = 05) zusammen. Bitte trage ihn in die Kästchen ein:

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

Vielen Dank für deine Teilnahme! 😊

## **Interviewleitfaden zur Forschung im Rahmen der Masterarbeit**

von Daniela Egger

Weißt du noch, was der Unterschied von Genetik und Epigenetik ist?

Hat dich der Genetikunterricht angesprochen?

Wenn ja, warum?

Wenn nein, warum nicht?

Welche Themen haben dich besonders interessiert?

Was fandest du uninteressant?

Findest du den Genetikunterricht verständlich?

Wenn nein, welche Probleme tauchten für dich auf?

Hat dich der Epigenetikunterricht angesprochen?

a) Wenn ja, warum?

b) Wenn nein, warum nicht?

c) Welche Themen haben dich besonders interessiert?

d) Was fandst du uninteressant?

Was hast du beim Epigenetikunterricht dazugelernt, was ist neu für dich?

Findest du den Epigenetikunterricht verständlich?

Wenn ja, warum?

Wenn nein, warum nicht?

Welche Themen haben dich besonders interessiert?

Was fandst du uninteressant?

Wirst du dich auch in der Freizeit noch mit Epigenetik auseinandersetzen (Youtube, Wikipedia, usw...)?

Andere Schüler\_innen deiner Schulform haben Epigenetikunterricht nicht im Stundenplan. Würdest du den Schüler\_innen das Unterrichtsthema empfehlen?

Wenn ja, was spricht dafür?

Wenn nein, was spricht dagegen?

## XI. Transkripte

### **Transkript 1:**

Name der Audiodatei: KursA\_1

Dauer der Aufnahme: 06:58

Datum/Ort der Aufnahme: 08.06.18/Lüneburg

Datum der Transkription: 08.06.18 #00:00:00-0#

I: So. Gut. Die erste Frage lautet: Weißt du noch, was der Unterschied von Genetik und Epigenetik ist. #00:00:19-4#

KA1: Epigenetik war glaube ich das das was ähm halt von Mutter oder so weitergegeben wird was halt von der Umwelt/also nicht von der Umwelt aber von wenn halt zum Beispiel (.) ähm, ich hab mir das relativ gut an dem Beispiel, ähm, gemerkt, dass äh wenn (.) der Vater oder so relativ dick war oder so, kann das halt auch im Sinne von Krankheiten den Nachkommen nachgeerbt werden/ also wahrscheinlich ist das dann halt das, was vererbt werden kann. #00:00:48-6#

I: Ok. Ähm, hat dich der Genetikunterricht damals in der (.) neunten Klasse? oder? oder am Anfang der Zehnten? #00:00:56-2#

KA1: mh, neunte. #00:00:57-3#

I: Genau. hat dich der Genetikunterricht damals angesprochen? #00:01:00-3#

KA1: Ja, also ich fands schon interessant so zu erfahren, allerdings (.) ähm, wars halt erst mal so komisch mit den Fachbegriffen Mitose oder so, weil man sich/weil ich mir das persönlich auf jeden Fall nicht so wirklich vorstellen konnte. #00:01:13-6#

I: Ok. Ähm (.) welche Themen haben dich in der GENEtik besonders interessiert? #00:01:21-3#

KA1: Ähm, in der Genetik (.) ja, die Vererbungsregeln glaube ich. #00:01:28-1#

I: Welche Themen fandest du eher uninteressant für dich? #00:01:32-7#

KA1: Uninteressant [lacht], ähm (.) ne ich glaub/ also so richtig uninteressant, äh fand ich jetzt kein Thema/ ich fand eher so manche waren halt schwieriger zu verstehen, (.) und (.) da ist halt so (.) das ist dann leichter, wenn man das wirklich interessant findet aber das war jetzt nicht SO die Themen, die mich so richtig UMgehauen haben, das war halt Meiose M/Mitose [räuspern] und so. Aber ich fand das jetzt auch nicht uninteressant. #00:01:58-1#

I: Ok. Fandest du den Genetikunterricht verständlich? #00:02:02-7#

KA1: Ähm, ja. also äh Frau X hat sich da einiges einfallen lassen, allerdings war das bei mir so, dass ähm erst üb/ weils beim Üben der Arbeit habe ich das so richtig verstanden, so auch die Zusammenhänge und so alles (.) äh und davor im Unterricht eher so nur so Einzelsachen. Aber (.) doch eigentlich schon. #00:02:23-5#

I: Hat dich der Epigenetikunterricht, ähm angesprochen? #00:02:27-6#

KA1: Ja, ich fands sehr interessant, also gerade als wir wussten, was dann Epigenetik ist. #00:02:33-6#

I: Ähm, was hat/welche Themen haben dich besonders interessiert wenn du jetzt an die Plakate zum Beispiel denkst? #00:02:40-4#

KA1: Das mit der Nahrungsaufnahme, also das war hinten links und halt, ähm, das mit der Zwillingsforschung. #00:02:46-3#

I: Was hat dich da besonders interessiert? #00:02:48-4#

KA1: Äh, generell, ähm, wie das bei Zwillingen ist. #00:02:53-8#

I: Ok. Ähm, gab es Themen, die dich nicht so interessiert haben? #00:02:57-6#

KA1: [lacht] Ähm ja, die vorderen Plakate, ähm wo die ähm, mit, ähm, mit den (..) früheren Forschern oder sowas, die darüber gesagt haben. Über das weitere Erben und so. #00:03:13-4#

I: Also Lamarck. #00:03:14-0#

KA1: Das fand ich nicht so. Ja genau. #00:03:16-2#

I: Was hast du beim Epigenetikunterricht dazu gelernt und ähm, war das insgesamt neu für dich und was war neu für dich? #00:03:25-2#

KA1: Mh, ich glaub generell so das Ganze war neu für mich auch/ ich wusste erst/konnte erst gar nichts mit dem Namen anfangen und generell so, ähm, was ich grad eben schon das Beispiel mit, ähm (.) den Krankheiten, ähm, mit den Ratten was das war was wir gesehen haben. Also das war eigentlich alles neu für mich. #00:03:45-2#

I: Also das/ meinst du jetzt die gelben Mäuse? #00:03:47-7#

KA1: Ja. #00:03:47-6#

I: Von, von dem Plakat? Oder die im Film? #00:03:50-3#

KA1: Ja. Ja, beides. Das war alles neu für mich so. Aber die Mäuse im Film fand ich SEHR interessant. Weil das mit den gelben Ratten oder so, das fand ich auch gut. #00:03:58-9#

I: Ok, und ähm, was ähm, auf was für Krankheiten spielst du da an? #00:04:02-8#

KA1: Äähm (..), das war, ähm, im Film war das doch, ähm, als die dicke Mäuse haben, welche Krankheit kam da raus? Ähm, Diabetes. (..) Genau. #00:04:17-2#

I: Und was hast du da gelert, an der Krankheit was ist jetzt da (.) epigenetisch? #00:04:22-3#

KA1: Ähm, das das halt äh, weiter, also das halt wenn, die äh, die Mutter oder der Vater halt schon dicker war, dass das dann halt dann trotzdem dem Kind so übertragen werden kann, so weil das halt eigentlich ja n/ man ja eigentlich denkt, dass das/ also man erkennt ja zuerst nicht den/ so den Zusammenhang so als normaler Mensch. Aber mein Vater hat zum Beispiel auch Diabetes und als ich im das erzählt habe, meinte er so, joa das könnte sogar passen, weil sein Vater auch so ein bisschen dicker war. #00:04:50-0#

I: Ok. #00:04:50-3#

KA1: Also hab ich auch was mitgenommen [lacht]. #00:04:52-0#



I: Sehr schön. Ähm, findest du denn Epigenetikunterricht so wie er gemacht wurde verständlich? #00:04:57-9#

KA1: Joa. #00:05:00-6#

I: Ähm, kannst du das das noch ein bisschen näher erläutern? #00:05:02-8#

KA1: Ja also, wir, die Wörter, die wir halt nicht konnten bei den Referaten, da gabs ja so ne Glossar (.) und da konnte man das dann halt nachgucken, aber du hast ja auch versucht an der Tafel und so einmal uns das so einmal nochmal richtig gut zu erklären und dann konnte man das auch sehr gut verstehen. #00:05:18-7#

I: Ähm, welche Themen fandest du uninteressant vom Epigenetikunterricht? #00:05:25-1#

KA1: Puh, uninteressant. (...) Mh, ne eigentlich, also es gab halt welche, die haben mich jetzt mehr interessiert und manche weniger aber was jetzt richtig uninteressant war oder wo ich weggeschaltet hab, gabs eigentlich nicht. #00:05:38-4#

I: Wirst du dich auch in deiner Freizeit noch mit Epigenetik auseinandersetzen? Zum Beispiel, ähm, dir Filme auf Youtube angucken oder auf Wikipedia recherchieren oder andere Kanäle benutzen? #00:05:47-3#

KA1: [lacht] also bis jetzt habe ich das noch nicht gemacht, aber joa, ich glaub nicht, aber (..) [lacht] #00:05:55-6#

I: Andere Schüler deiner Schulform haben Epigenetikunterricht NICHT im Stundenplan. Würdest du diesen Schülern, dies als Unterrichtsthema zu haben? #00:06:08-6#

KA1: Joa, also ich fands sehr interessant und man hat ja auch was draus ge/ äh gelernt oder grad auch zum Beispiel die Lebensmittel oder so, die da standen. Das ist ja schon gut zu wissen. #00:06:18-2#

I: Was hast du da für DICH mitgenommen, wenn du das den anderen Schülern weiterempfehlst? #00:06:22-9#

KA1: Ähm, ich hab mitgenommen, dass man (.), ähm dass man zum B/ also das man schon er Nahrung also achten sollte? (..) Und, ja. #00:06:34-3#

I: Ok. Hat dich das, also/ würde dich das in deinem Handeln beeinflussen, dadurch das du das jetzt weißt? #00:06:43-4#

KA1: Ja ich denke schon. Also, ich glaub ich werde wenn ich jetzt irgendwie (.) später nochmal darüber nachdenke, werde ich das schon so (.) das würde ich schon sagen, dass mich das beeinflusst hat, so. #00:06:55-3#

I: Ok, gut. Dann sage ich vielen Dank!

### **Transkript 2:**

Name der Audiodatei: KursA\_2

Dauer der Aufnahme: 06:32

Datum/Ort der Aufnahme: 08.06.18/Lüneburg

Datum der Transkription: 08.06.18 #00:00:00-0#

I: So. Dann steige ich direkt ein. und zwar, weißt du noch was der Unterschied von Genetik und Epigenetik ist. #00:00:11-5#

KA2: Genetik ist, ähm, einfach dieses (.) halt (.) sagen wir das mal mit den Genen zusammen, so. UND Epigenetik haben wir gelernt, Epi bedeutet übersetzt, also so als sagen wir mal Beispiel 'Zusätzlich' und das man sich mit den zusätzlichen Genen, das man sich einfach mit den Genen und dem Zusatz außen rum beschäftigt. #00:00:31-0#

I: Hat dich der Genetikunterricht, den du damals in der neunten Klasse hattest, angesprochen? #00:00:32-8#

KA2: Also, an sich schon, weil man einfach lernt, man lernt da im Prinzip was über sich selbst so. Man lernt was über den Menschen und was eigentlich jeden interessieren SOLLTE. Klar, ist es ein bisschen wenn es einem nicht direkt liegt ein bisschen hart zu lernen. Man muss halt schon viel auswendig lernen. Aber ich habs damals verstanden ich hab zuhause nicht wirklich viel gemacht (.) und ich fand das einfach spannend weil es einfach jeden betrifft und man/ dann lernt man halt wirklich was, was man f/ was man auch für sein Leben behalten kann und man weiß das betrifft mich auch selber, so. #00:01:04-5#

I: Ähm, welche Themen fandest du jetzt in deinem damaligen Genetikunterricht besonders interessant? #00:01:11-2#

KA2: Da müssen Sie mich mal ganz kurz überlegen lassen. (.) Ähm, (..) was fand ich denn ganz witzig? (...) Die Mitose fand ich ganz cool, die geschlechtliche und auch die Meiose, die ungeschlechtliche Zellteilung, (..) Mh, dann das, ähm, wie wird ne DNA abgelesen mit diesen TRNA und/ das mein ich war auch noch ganz witzig [lacht]. Oder ganz spannend und interessant und sonst (.) ähm, die Basen, so. Mit Cytosin, Guanin, ne? sowas. Ja. [lacht]  
#00:01:46-9#

I: Gut. Ähm, welche Themen fandest du vielleicht uninteressant? #00:01:53-3#

KA2: ich muss sagen bei dem Thema an sich fand ich gar nichts uninteressant, weil das ja eigentlich alles zusammengehört, also nicht in dem Thema. #00:02:01-8#

I: Findest du den Genetikunterricht generell verständlich? #00:02:06-5#

KA2: Ja. #00:02:07-8#

I: Hattest du mit irgendetwas Schwierigkeiten? #00:02:10-2#

KA2: Genau mit diesem Ablesen von (.) oder halt dieses m/ wo dann im Prinzip aus der Zelle die TRNA rausgeholt wird/ das fand ich ein bisschen (.) schwierig zu verstehen, ähm, hab ich mir zuhause nochmal angeguckt und dann ging das halt ne? Also, das war kein Problem.  
#00:02:25-3#

I: Hat dich der Epigenetikunterricht angesprochen den wir jetzt hier so durchgeführt haben? Letzte Woche? #00:02:32-0#

KA2: Ja sogar noch mehr als der normale Genetikunterricht. Weil man da einfach mal erfährt so, Genetikunterricht würde ich eher sagen (.) man guckt sich das so an wie es ist und bei dem Epigenetikunterricht hat man sogar noch oder man LERNT sogar noch, dass man selbst die Chance hat zu verändern (.) s/ wie will ich denn selbst was an meiner Genetik verändern so ne? Also (.), jetzt für einen Schüler der zehnten Klasse eigentlich mal unvorstellbar (.) aber wenn man dann so mal Epigenetik hat und wirklich sieht (.) ok sag Beispiel Rauchen, Alkohol trinken, Sport machen, das beeinflusst alles was man VORHER im Genetikunterricht noch nicht so wirklich gehört hat (.) DAS zu hören ist für mich schon/ fand ich sehr interessant, also fand ich cool. So und fand ich wirklich BESSER, als den normalen Genetikunterricht. (..) Besser gesagt interessanter ne? #00:03:11-0#

I: Ja. Ähm, was hast du, also jetzt hast du (.) schon ein paar Punkte genannt, was hast du beim Epigenetikunterricht dazu gelernt und was WAR oder IST neu für dich? #00:03:24-6#

KA2: Also für MICH ist NEU halt, dass man (.) durch äußere Umflüsse/ äußere, wie nennt man das (.) oder durch/ einfach durch äußere Umstände (.) das verändern kann, das war für mich komplett neu, ne? das hab ich vorher noch NIE gehört (.) und auch/ was ich besonders spannend fand, war mit diesem Gelee Royal, weil/ hab ich mir gedacht, was würde passieren wenn man einem BABY von Anfang an nur Gelee Royal geben würde? Also, nur mal so als Beispiel/ nicht jetzt böse gemeint, einfach so, das fand ich wirklich cool.  
#00:03:48-0#

I: Findest du, äh, oder fandest du den Ebeti/EPigenetikunterricht generell verständlich?  
#00:03:52-9#

KA2: Ja. #00:03:55-2#

I: Welche Themen haben dich (.) BESONDERS interessiert wenn du jetzt zum Beispiel an die Plakate zurückdenkst? An die Präsentationen? #00:04:03-6#

KA2: Besonders das mit der Biene. Mit dem Gelee Royal. #00:04:07-2#

I: Welche Themen fandest du eher nicht so spannend? #00:04:09-9#

KA2: Ach, also mich hat das ALLES interessiert, Also ich fand einfach, für mich gabs da nicht weniger spannend oder weniger interessant (.) ich kann nur sagen, dass mit dem Gel/Gelee Royal hat sich bei mir in meiner Erinnerung hervorgehoben und das fand ich am coolsten aber irgendwas (.) UNwichtigeres oder irgendwas uninteressantes gabs nicht. #00:04:28-0#

I: Ähm, wirst du dich auch noch in der Freizeit mit Epigenetik auseinandersetzen? So, auf verschiedenen Kanälen wie zum Beispiel ein Youtubefilm angucken, auf Wikipedia nochmal nachlesen? #00:04:39-5#

KA2: Ähm, (..) fiftyfifty sag ich mal. ich guck gerne Dokus so ist es nicht und ich belaber gerne meine Freunde wenn ich was weiß (.) also ich geb das schon gern weiter und sag mal so yo Jungs so und so ist das, das ist gar nicht so wie ihr gedacht habt (.) aber jetzt (.) EXTRA nochmal geZIELT (.) bin ich mir nicht sicher aber wenn ich nochmal auf Youtube abends bin im Bett lieg und würde ne Epigenetikdoku sehen, klar/ warum nicht ne?  
#00:05:00-0#

I: Andere Schüler deiner Schulform haben Epigenetikunterricht gar nicht im Stundenplan,  
#00:05:06-7#

KA2: mhm. #00:05:06-7#

I: Würdest du diesen Schülern das Unterrichtsthema weiterempfehlen? Wenn ja, was spricht dafür? Wenn nein, was spricht dagegen? #00:05:21-1#

KA2: Ich würde auf jeden Fall den als Lehrer den Epi(.)Genetikunterricht weitermachen. Ich würd sogar sagen (.) mh, noch umfassender, mh, ne noch umfassender, ich würd auf jeden fall erstmal den normalen Genetikunterricht machen, weil das ist ja im Prinzip die Grundlage, damit man weiß ok so das ist. Und dann AUFbauend als, sage ich mal 1.2 Teil noch Epigenetik, weil man dann einfach weiß ok ich hab mich jetzt befasst mich mit diesem Gen und so. Aber ich WEIß noch, dass da noch was dazu kommt ich kann das sogar noch BEEINflussen, so. Also, ja. #00:05:43-9#

I: Was hast du insgesamt von dieser Epigenetik ähm, Einheit mitgenommen für dich? #00:05:49-5#

KA2: Also ich hab/ allgemein von der Epigenetik (.) Unterrichtseinheit oder Unterrichtseinheiten mitgenommen, dass mir wirklich klar wurde (.) ich geb zu, ich rauche. Ich trink gelegentlich mal Alkohol auf ner Feier und sowas und das man einfach einem Bewusst wird, jeder Mensch weiß/ Rauchen und Alkohol ist schädlich für die Lungen Beispiel, Leber (.) alles/ eigentlich nur kacke (.) aber das es auch die GENE verändert so dass es wirklich (.) diese Gene durch ÄUßERE Einflüsse f/ durch äußere Einflüsse verändert werden können, das ist für mich so dieses/ halt wirklich (.) interessante und diese neue was ich auch (.) DENKE ich mal noch lange behalten werde, weil das ist ja eigentlich schon ein sehr sehr interessantes Thema (.) weil ich, ich glaube, mit Epigenetik (.) kann man sehr sehr viel erreichen. #00:06:30-3#

I: Ok. Dann sage ich vielen Dank, das wars auch schon. #00:06:32-3#

### **Transkript 3:**

Name der Audiodatei: KursB\_1

Dauer der Aufnahme: 04:40

Datum/Ort: 08.06.2018/Lüneburg

Datum der Transkription: 08.06.18

#00:00:00-0#

I: soo [atmet ein], ok (..) Es geht los. (...) Gut. #00:00:10-7#

I: Also die erste Frage ist, äähm, weißt du noch was der Unterschied von Genetik und Epigenetik ist. #00:00:17-2#

KB1: Ja also ich glaub (.) Genetik ist, ähm, ist/ sind/ist das was vererbt wird? Also die Informationen die man von den Eltern so vererbt kriegt und Epigenetik (..) ähm (.) ist/sind die Informationen, die durch außen/äußerliche Einwirkungen verändert werden können. #00:00:36-2#

I: ähm, die nächste Frage ist, hat dich der Genetikunterricht damals, das war ja in der neunten Klasse? #00:00:42-9#

KB1: mhm. #00:00:42-9#

I: ähm, hat der dich angesprochen? #00:00:46-3#

KB1: ja also wir hatten damals so zwei Referendarinnen und das war ein bisschen blöd, weil/ also wir hatten halt den Unterricht bei den beiden komplett (.) und das war alles ein bisschen durcheinander und ein bisschen falsch [lacht], deshalb hat das nicht so geklappt aber dann hat Frau X noch einmal ne Stunde mit uns gemacht so und dann war das auch (.) in Ordnung. #00:01:06-8#

I: Ok. Ähm, welche Themen haben dich beim Genetikunterricht besonders interessiert? (...) oder was fandest du uninteressant? #00:01:17-8#

KB1: mhm, also am mei/also am meisten hat mich interessiert, wie dieses, ähm, also wenn (.) wenn die Eltern (..) wenn/also wenn die/ die Chromosomen von den Eltern zusammenkommen und dann wieder trennen und neu verbinden und so, das fand ich spannend. Dieser Mitose un/ Meiose und so. [lacht] #00:01:36-1#

I: Gab es was, was du uninteressant fandest? #00:01:38-9#

KB1: Jaa, also ich glaub also diese DNA-Stränge. Das fand ich ein bisschen langweilig. [lacht] #00:01:43-7#

I: Ok. Gut. Ähm, (.) findest du, dass der Genetikunterricht verständlich war? #00:01:49-6#

KB1: Jaa. Weil wir haben/ also wir haben viele Versuche gemacht und wir haben auch ähm, so Bilder gemacht mit so (.) Pfeifenputzern? als Chromosomen und wie die sich getrennt haben und so und deshalb fand ich das gut. #00:02:00-5#

I: Ok. Jetzt kommen wir zum Epigenetikunterricht. Ähm, hat dich dieser Epigenetikunterricht angesprochen. #00:02:09-9#

KB1: Also ich fand, wir ha/also ich fand das gut. Auch mit dem Film und ähm und diesen Referaten (.) aber ich fand/ also es war ziemlich äh, viel Text für wenig Zeit. [lacht] aber sonst fand ichs gut. #00:02:20-8#

I: Was hat dich an den Themen besonders interessiert wenn du jetzt zum Beispiel an die Plakate zurückdenkst. #00:02:25-1#

KB1: Mhh. also ich glaub das mit den Bienen. Was sich da verändert nur durch das Futter? Das die sich äußerlich und innerlich unterscheiden dann. #00:02:37-7#

I: mhm. was fandest du uninteressant? #00:02:40-5#

KB1: mhh, (...) ich glaub am meisten unser Thema [lacht] #00:02:46-3#

I: Was war das nochmal? #00:02:46-3#

KB1: Also wir hatten diese Lamarck-Theorien (.) was da dran, ähm, richtig und was falsch. #00:02:54-9#

I: Ok. Ähm, WAS hast du beim Epigenetikunterricht dazu gelernt, äh, beziehungsweise was war das NEUE daran für dich? #00:03:03-9#

KB1: Ähm, also ich wusste schon, dass DNA sich dadurch verändert, durch äußere Einflüsse (..) Aber ich wusste nicht, dass das auch/ also dass diese Neigung die man dadurch bekommen kann sich auch weitervererben dann. #00:03:16-7#

I: Welche Neigungen meinst du jetzt konkret? #00:03:18-2#

KB1: Also zu Krankheiten oder Fettleibigkeit oder so. (..) Genau. #00:03:22-8#

I: Ok. Ähm, FANDEST du den Epigenetikunterricht verständlich? #00:03:29-3#

KB1: Joa eigentlich schon. #00:03:30-9#

I: Also die, ähm, die Inhalte quasi, also hat, hast du verstanden, um was es geht? (..) so richtig? #00:03:37-5#

KB1: Ja ich glaub schon. [lacht] #00:03:38-8#

I: Ok. Welche, ähm [räusper], genau das hatte ich ja schon. ähm, wirst du dich auch in der Freizeit auch weiter mit Epigenetik beschäftigen beziehungsweise das, was du in der Schule erfahren hast vielleicht noch vertiefen? #00:03:52-6#

KB1: Ich glaub nicht so. Also (..) also es kann sein, wenn/wenn wir nochmal ein Referat machen würden, oder so (..) das ich mich dafür entscheiden würde, weil ich das spannend finde aber eigentlich nicht. #00:04:02-7#

I: Ok. Ähm, andere Schüler deiner Schulform haben Epigenetikunterricht NICHT im Stundenplan. Würdest du den Schülerinnen das Unterrichtsthema empfehlen? #00:04:13-1#

KB1: Ja eigentlich schon, weil ich finde auch das es wichtig ist für einen selber. (..) Weil man weiß, dass man dadurch, wie man lebt, also dass man nicht nur äußerlich irgendwie dick wird oder dünner oder so. Sondern dass man auch, ähm, (..) dass sich dadurch auch die DNA verändert und dass die Kinder auch drunter leiden können oder so. (..) deshalb finde ich sollte man das wissen. #00:04:32-8#

I: Alles klar, dann sage ich vielen Dank, dann sind wir schon am Ende angekommen. #00:04:36-0#

KB1: Gut.

#### **Transkript 4:**

Name der Audiodatei: KursB\_2

Dauer der Aufnahme: 07:04

Datum/Ort der Aufnahme: 08.06.18/Lüneburg

Datum der Transkription: 08.06.18 #00:00:00-0#

I: Soo. Okay. Teilnehmerin Nummer zwei, ähm, ich starte mit der Frage, weißt du noch, was der Unterschied von Genetik und Epigenetik (..) ganz allgemein ist? #00:00:17-8#

KB2: Mh, also Genetik ist, ähm, also als Genetik beschreibt man halt das Erbmateriale, was ähm jeder Mensch halt an die Nachfahren weitergeben kann, also an die nächste



Generation. Uuund ähm, ja genau Genetik ist/ sind einfach die GENE, also die DNA die man halt weitergeben kann und die (.) die Epigenetik beschreibt halt alles sozusagen UM die Genetik herum, also (.) einfach die ähm, also die Umflü/die Einflüsse von der Umwelt die sich halt auf die DNA eines Menschen halt auswirken und die halt auch verändern kann. #00:00:50-3#

KB2: Soll ich immer einfach so weiterlabern jetzt? [lacht] ok. Früher hat man halt gedacht, dass die Genetik sich nicht verändern lässt, (.) das man halt einfach die weitervererbt bekommt von der Mutter oder dem Vater uund das sie dann halt/ so ein Leben lang bleibt und hat halt später herausgefunden/ ich glaub das ist noch gar nicht so lange so (.) DASS ähm, (.) äh genau, die sich halt verändern lässt durch Umwelteinflüsse, also zum Beispiel auch durch die NAHRung, wie gesund man lebt und ja. #00:01:14-9#

I: Ok. Mh, wenn du an deinen eigenen Genetikunterricht zurückdenkst, hat dich der Genetikunterricht, den du hattest angesprochen? #00:01:22-9#

KB2: Ja. Ich fand das super spannend ich bin allgemein sehr interessiert daran so (.) äh, Biologie eigentlich allgemein, also wie funktioniert der Körper und ähm, ja. Ich war da sehr interessiert dran. #00:01:33-8#

I: Welche Themen haben dich in der Genetik besonders interessiert? Und welche fandest du auf der anderen Seite, WENN es Themen gibt, uninteressant? #00:01:42-9#

KB2: Also mich hat sehr, also auch auf den Unterricht jetzt bezogen? #00:01:45-7#

I: Nur auf den Genetikunterricht erst. #00:01:46-9#

KB2: Ok. Hab ich halt/ also ich fands sehr spannend (.) äähm, wie etwas weitervererbt wird, also wie wahrscheinlich es ist, dass bestimmte Merkmale weitervererbt werden, wir hatten da zum Teil so, (.), ja, so ne Art Tabellen sage ich jetzt mal, und dann haben wir halt so mit/was äh ist dominant und was und so. und DAS fand ich superspannend, ähm (.) und, äh. #00:02:07-3#

KB2: Nicht so spannend/ weiß ich grad ehrlich gesagt gar nicht/ mich hat das eigentlich alles sehr interessiert. Vielleicht so ein bisschen mehr dieses theoretische, wie das dann abläuft mit der Vererbung so. Ich fands mehr interessant, WAS sich zum Schluss durchsetzt als wies funktioniert [lacht]. Vielleicht. Aber ich fands insgesamt sehr spannend. #00:02:21-4#

I: Findest du den Genetikunterricht verständlich? Beziehungweise wenn du Probleme hattest, welche sind aufgetaucht/ an welcher Stelle? #00:02:31-1#

KB2: Ja. (..) Ähm, (...) puh, ich muss mal kurz überlegen, also insgesamt fand ich es/ ist es mir eigentlich relativ leicht gefallen ehrlich gesagt. Ich fand/ man muss sich halt erstmal reindenken so aber (..) wenn man dann Fragen stellen kann und das ging immer, also fällt jetzt glaub ich grad gar nichts ein, was mir besonders schwer gefallen ist. #00:02:51-8#

I: Mhm #00:02:52-9#

KB2: Vielleicht ein paar einfach so Fachbegriffe die ich dann durcheinander gebracht habe aber das ist glaub ich normal am Anfang so. #00:02:58-7#

I: Ok. ähm, hat dich der Epigenetikunterricht, den wir jetzt hatten, angesprochen? #00:03:04-4#

KB2: Ja. [lacht] ich fand das sehr spannend [lacht]. Vorher hatte man halt nur so das/ sag ich mal/ was halt früher so gedacht wurde halt und jetzt einfach so zu wissen, dass man es so von dem eigenen Leben beeinflussen kann, fand ich SUPER spannend. Auch wa/ dass es da zum Teil auch Krankheiten/ Krankheiten betrifft und so, ja. #00:03:19-7#

I: Wenn du jetzt so an die Plakatthemen ähm denkst, welche Themen haben dich besonders interessiert und welche Themen fandest du eher uninteressant?

#00:03:26-9#

KB2: Also besonders interessiert hat mich das mit den Zwillingen, ähm, wo man halt gesehen hat wie sich halt dieses/ dieses Chromosomen verändert hat (..) ähm, und das mit den Bienen fand ich auch sehr spannend. Dass halt nur durch die Nahrung sich da so viel verändern kann. #00:03:46-6#

KB2: (..) Ähm, (..) nicht so spannend fand ich/ ich glaub das mit der Nahrung, also dass/ ich weiß nicht mehr genau welche Gruppe das war, dieses ähm (..) ich hab das ehrlich gesagt auch nicht ganz verstanden, ich fand den Vortrag nicht so gut [lacht], da gings irgendwie (..) ähm, ich glaub darum, wie unterschiedliche Nahrung das ver/wie das verändern kann? oder so? Ich bin mir nicht mehr ganz sicher. Das war vorne rechts an der Tafel. Das hab ich nicht so ganz verstanden, deshalb war ich da/ und dass mit (..) ähm, das mit den Kaninchen (..) waren Kaninchen oder? Das (..) äähm, oder HAsen? Ich weiß nicht mehr. Da war irgendwas, dass w/wie sich irgendwie die, das die anfällig waren für Krankheiten oder so? #00:04:21-0#

I: Das waren die Mäuse. #00:04:21-0#

KB2: Mäuse. Genau. Das habe ich auch nicht so ganz verstanden [lacht]. deshalb/ aber die DAS mit den Zwillingen fand ich am spannendsten. Deshalb. #00:04:28-3#

I: Ok. Mh, was hast du beim Epigenetikunterricht für DICH dazugelernt und was war NEU für dich? #00:04:38-8#

KB2: (..) ähm, also ehrlich gesagt war das gesamte Thema neu für mich, weil ich war vorher wirklich nur auf dem Stand von dem, was wir vor einem Jahr dann mal hatten. So ich wusste überhaupt nicht, dass sich das beeinflussen lässt, ich hab da noch gar nichts mitbekommen. Deshalb fand ich das/war eigentlich alles neu für mich und was war der zweite Teil der Frage? #00:04:53-1#

I: Ähm, genau das eine war, was du dazu gelernt hast und das andere, was NEU für dich war, ob das Thema neu war, ob es.. #00:05:01-0#

KB2: Ja. Eigentlich alles. [lacht]. #00:05:02-5#

I: Ok. Findest du den Epigenetikunterricht insgesamt verständlich? #00:05:08-6#

KB2: Ja. Ich fand auch den Film den wir am Anfang geschaut haben (..) fand ich super. Also ich hab das auch eigentlich/ also am Anfang war es ein bisschen kompliziert aber ich habs halt insgesamt gut verstanden, ich glaub das war ein sehr guter Einstieg ins Thema. Auch dass Sie erstmal so gefragt haben (..) so was wir darüber schon wissen, was wir denken was das ist, also ich bin da so reingekommt. Das war sehr gut. #00:05:26-2#

I: Welche Themen hast du nicht so verständlich gefunden? Also hast du schon ein bisschen was erwähnt aber was daran, wenn du so überlegst, war denn (..) das kompliziertere daran? #00:05:37-6#

KB2: Ähm, also ich glaub da war das auch einfach die Art wie es vorgestellt wurde, ich fands einfach ein bisschen durcheinander und dann hab ich das nicht so (..) wirklich verstanden und danach konnte man ja Fragen stellen aber i/ich weiß ja noch immer nicht, wenn ich insgesamt das Thema nicht verstehe, da kann ich immer voll schlecht Fragen stellen weil ich immer denk, alles nochmal? [lacht] So also das mit den Mäusen, ich hab/also ich weiß halt, dass es darum ging, das manche halt irgendwie krankheitsanfälliger sind und irgendwie ne andere Fellfärbung haben/ ich hab aber nicht verstanden (..) wie sich das weitervererbt, also das hab ich (..) irgendwie komplett nicht mitbekommen. [lacht] #00:06:09-2#

I: Ok. Wirst du dich auch in der Freizeit noch, ähm, mit Epigenetik auseinandersetzen, zum Beispiel bei Filmen auf Youtube? Oder Wikipedia und weitere Kanäle? #00:06:20-3#

KB2: Das könnt ich mir schon vorstellen. Das ich mir auch nochmal weiterangucke weil es mich das insgesamt sehr interessiert, deshalb. #00:06:25-8#

I: Ok. Ähm, andere Schüler deiner Schulform haben Epigenetikunterricht NICHT im Stundenplan. Würdest du den Schülern das Unterrichtsthema empfehlen? #00:06:36-5#

KB2: Ja. Weil ich finde, dass man wenn man nur Genetik hat, nur einen Teil davon sag ich mal lernt (.) und ähm, ich finds (.) also jetzt ganz/ also ich finds auch einfach WIChtig für jeden Menschen, dass man weiß, dass man es beeinflussen kann. Das man durch ERNÄHRung beeinflussen kann so ein bisschen was man weitergibt und so. also an die nächste Generation ich find schon das ist was, was man/ was man nicht nur in der Schule, das kann man auch später noch erfahren, aber ich find das sollte jeder Mensch wissen. Das ist ja eigentlich schon was wichtiges. #00:07:00-4#

I: Ok. Das war ein sehr schönes Statement. #00:07:01-2#

KB2: Ok. #00:07:02-5#

I: Vielen Dank (..) für dein Interview! #00:07:04-

## XII. Kodierleitfaden

Nr.	Kategorie	Definition	Ankerbeispiel	Kodierungsregeln
<b>1.</b>	<b>Genetik</b>	Im Schulunterricht etabliertes Thema im Fachbereich Biologie, bzw. Naturwissenschaften.	-----	Bezieht sich explizit auf das Thema Genetik.
1a1	Verständlichkeit	Inhalte aus der Genetik sind leicht zugänglich aufbereitet, bzw. werden thematisch durchdrungen.	„Jaa. Weil wir haben/ also wir haben viele Versuche gemacht und wir haben auch ähm, so Bilder gemacht mit so (.) Pfeiffenputzern? als Chromosomen und wie die sich getrennt haben und so und deshalb fand ich das gut.“	Themen im Genetikunterricht werden verstanden und korrekt wiedergegeben.
1a2	Unverständlichkeit	Inhalte aus der Genetik sind schwer zugänglich aufbereitet, bzw. werden thematisch nicht durchdrungen.	„Genau mit diesem Ablesen von (.) oder halt dieses m/ wo dann im Prinzip aus der Zelle die TRNA rausgeholt wird/ das fand ich ein bisschen (.) schwierig zu verstehen.“	Themen im Genetikunterricht werden nicht verstanden und nicht korrekt wiedergegeben.
1b1	Interesse	Inhalte der Genetik und Themenauswahl sind spannend gestaltet.	„am meisten hat mich interessiert, wie dieses, ähm, also wenn (.) wenn die Eltern (..) wenn/also wenn die/ die Chromosomen von den Eltern zusammenkomme“	Werden durch Adjektive wie z.B. <i>cool</i> , <i>interessant</i> und/oder <i>spannend</i> gekennzeichnet.
1b2	Desinteresse	Inhalte der Genetik und Themenauswahl sind nicht spannend gestaltet.	„ Jaa, also ich glaub also diese DNA-Stränge. Das fand ich ein bisschen langweilig.“	Werden durch Adjektive wie z.B. <i>langweilig</i> und/oder <i>uninteressant</i> gekennzeichnet.
<b>2.</b>	<b>Epigenetik</b>	Im Schulunterricht noch nicht etabliertes Thema im Fachbereich Biologie, bzw. Naturwissenschaften.	-----	Bezieht sich explizit auf das Thema Epigenetik.
2a1	Verständlichkeit	Inhalte aus der Epigenetik sind leicht zugänglich, bzw. werden thematisch durchdrungen.	„Ich fand auch den Film den wir am Anfang geschaut haben (.) fand ich super. Also ich hab das auch eigentlich/ also am Anfang war es ein bisschen kompliziert aber ich habs halt insgesamt gut verstanden.“	Themen im Epigenetikunterricht werden verstanden und korrekt wiedergegeben.

2a2	Unverständlichkeit	Inhalte aus der Epigenetik sind schwer zugänglich aufbereitet, bzw. werden thematisch nicht durchdrungen.	„ich hab das ehrlich gesagt auch nicht ganz verstanden, ich fand den Vortrag nicht so gut [lacht], da gings irgendwie (..) ähm, ich glaub darum, wie unterschiedliche Nahrung das ver/wie das verändern kann?“	Themen im Epigenetikunterricht werden nicht verstanden und nicht korrekt wiedergegeben.
2b1	Interesse	Inhalte der Epigenetik und Themenauswahl sind spannend gestaltet.	„Ja, ich fands sehr interessant, also gerade als wir wussten, was dann Epigenetik ist.“	Werden durch Adjektive wie z.B. cool, interessant oder spannend gekennzeichnet.
2b2	Desinteresse	Inhalte der Epigenetik und Themenauswahl sind nicht spannend gestaltet.	„Ähm, (..) nicht so spannend fand ich/ ich glaub das mit der Nahrung“	Werden durch Adjektive wie z.B. langweilig und/oder uninteressant gekennzeichnet.
2c1	Weiterempfehlung Epigenetik	Lernende können Epigenetikunterricht weiterempfehlen oder nicht.	-----	Entweder 2.1.1c oder 2.1.2c ist möglich, jedoch nicht beide.
2c1.1	Ja	Der Epigenetikunterricht ist thematisch und inhaltlich empfehlenswert.	Ja. Weil ich finde, dass man wenn man nur Genetik hat, nur einen Teil davon sag ich mal lernt (.) und ähm, ich finds (.) also jetzt ganz/ also ich finds auch einfach WICHTIG für jeden Menschen, dass man weiß, dass man es beeinflussen kann. Das man durch ERNÄHRUNG beeinflussen kann so ein bisschen was man weitergibt und so. also an die nächste Generation ich find schon das ist was, was man/ was man nicht nur in der Schule, das kann man auch später noch erfahren, aber ich find das sollte jeder Mensch wissen.“	Epigenetik sollte unterrichtet werden.
2c1.2	Nein	Der Epigenetikunterricht ist thematisch und inhaltlich nicht empfehlenswert.	-----	Epigenetik sollte nicht unterrichtet werden.
2d1	Eigene Reflexion	Lernende setzen Wissen über Epigenetik mit der eigenen Lebenswelt in Bezug und reflektieren die Inhalte der Intervention.	„Ja eigentlich schon, weil ich finde auch das es wichtig ist für einen selber. (.) Weil man weiß, dass man dadurch, wie man lebt, also dass man nicht nur äußerlich irgendwie dick wird ooder dünner oder so.“	Epigenetische Themen werden von Subjekt auf sich selbst bezogen.

2d1	Eigene Reflexion	Lernende setzen Wissen über Epigenetik mit der eigenen Lebenswelt in Bezug und reflektieren die Inhalte der Intervention.	„Ja eigentlich schon, weil ich finde auch das es wichtig ist für einen selber. (.) Weil man weiß, dass man dadurch, wie man lebt, also dass man nicht nur äußerlich irgendwie dick wird ooder dünner oder so. Sondern dass man auch, ähm, (..) dass sich dadurch auch die DNA verändert und dass die Kinder auch drunter leiden können oder so. (..) deshalb finde ich sollte man das wissen.“	Epigenetische Themen werden von Subjekt auf sich selbst bezogen.
2e1	Vorwissen vorhanden	Vorwissen über Epigenetik wird erhoben.	-----	Sowohl 2.1.1e als auch 2.1.2e ist möglich.
2e1.1	Ja	Die Lernenden besitzen Vorwissen zur Epigenetik.	„Ähm, also ich wusste schon, dass DNA sich dadurch verändert, durch äußere Einflüsse (..)“	Vorwissen ist (teilweise) über Epigenetik vor der Intervention vorhanden.
2e1.2	Nein	Die Lernenden besitzen kein Vorwissen zur Epigenetik.	„ Mh, ich glaub generell so das Ganze war neu für mich auch/ ich wusste erst/konnte erst gar nichts mit dem Namen anfangen“	Vorwissen über Epigenetik ist (teilweise) nicht vorhanden.

XIII. Induktive Kategorienbildung

Kategorie	Abschnitt	Nummer	Paraphrase	Generalisierung	Reduktion
1a1	11	1	Ist leichter, wenn wirklich interessant.	Verständlichkeit durch Interesse.	Verständlichkeit wird hier durch Übung und Interesse gefördert.
	13	2	Verstanden beim Üben für Arbeit, auch Zusammenhänge und im Unterricht Einzelsachen.	Bessere Verständlichkeit der Zusammenhänge und Verknüpfung einzelner Themen durch Übung.	
1a2	7	3	Komisch mit den Fachbegriffen (Mitose), weil man es sich persönlich nicht wirklich vorstellen konnte.	Fachbegriffe erschweren das Verständnis und die Vorstellung für den Unterrichtsinhalt.	Durch Fachbegriffe und das hohe Anforderungsniveau wurden Inhalte nur schwer erfasst.
	11	4	Themen waren nicht uninteressant, nur schwieriger zu verstehen.	Themen waren nicht uninteressant, aber schwer zu verstehen.	
1b1	7	5	Interessant, etwas darüber zu erfahren.	Motivation, etwas über Genetik zu lernen.	Alle Themenbereiche im Fach Genetik werden als interessant beschrieben, besonders die Vererbungsregeln.
	9	6	In Genetik die Vererbungsregeln.	Im Fach Genetik waren die Vererbungsregeln am interessantesten.	
	11	7	Kein Thema war uninteressant.	Themen in Genetik waren alle interessant.	
	11	8	Fand das jetzt auch nicht uninteressant.	<del>Interesse an den Themen.</del>	
1b2	11	9	Es ist leichter, wenn man die Themen interessant findet, die Themen waren jedoch nicht so überzeugend, z.B. bei Mitose und Meiose.	Themen waren nicht im Fokus des Interesses, da sie viele Fachbegriffe enthalten.	Viele Fachtermini hemmen Interesse.
2a1	3	10	Epigenetik war, dass Mutter und Vater von der Umwelt beeinflusst werden und an die Nachkommen	Korrekte Aussage von einem epigenetischen Mechanismus, bei dem durch äußere Einflüsse	Durch Umwelteinflüsse können Krankheiten entstehen (Diabetes,



Induktive Kategorienbildung KursA\_1

			weitergegeben wird, z.B. Krankheiten, wenn der Vater relativ dick war.	Krankheiten entstehen, die an die Nachkommen vererbt werden können, z.B. Diabetes verursacht durch Adipositas.	Adipositas), die einer Studie mit Mäusen bewiesen wurde und so besser nachzuvollziehen ist. Das Fachwortverzeichnis im Anhang der Aufgabenblätter unterstützt die Verständlichkeit der Texte.
	31	11	Im Film war das mit Mäusen, die die Krankheit Diabetes hatten.	Studie über Mäuse, die durch Ernährung Diabetes bekommen und ihn weitervererbt haben.	
	33	12	Das man wenn Mutter und Vater schon dicker waren, das auf das Kind übertragen werden kann und man eigentlich denkt, dass das nicht so passiert.	Vererbung von Neigung zu Diabetes und Adipositas an die Nachkommen.	
	37	13	Vielleicht.	<del>Mischung aus ja und nein, etwas unentschieden.</del>	
	39	14	Im Glossar und an der Tafel wurde versucht, Inhalte nochmal gut zu erklären und das konnte man dann auch sehr gut verstehen.	Durch Glossar und Unterstützung an der Tafel wurde bei Unklarheiten der Verstehensprozess unterstützt.	
2a2	39	15	Die Wörter, die bei den Referaten nicht verstanden wurden.	Fachbegriffe waren teilweise kompliziert und konnten bei den Referaten nicht verstanden werden.	Die Funktion der Fachbegriffe war teils unklar.
2b1	15	16	SuS <sup>23</sup> fand es sehr interessant, vor allem als klar war, was Epigenetik ist.	Interesse durch Information über epigenetische Inhalte.	Epigenetische Themen, besonders Ernährung, Studie mit Mäusen und Zwillingsforschung wurden als besonders interessant beschrieben. Besonderer Lerneffekt wurde nach
	17	17	Das mit der Nahrungsaufnahme.	Besonders interessant war das Thema der Ernährung und Epigenetik.	
	17	18	Und das mit der Zwillingsforschung.	Das Thema der Zwillingsforschung wird auch als interessant befunden.	

<sup>23</sup> SuS = Schülerinnen und Schüler

Induktive Kategorienbildung KursA\_1

	19	19	Generell, wie das bei Zwillingen ist.	<del>Die Ergebnisse der Zwillingsforschung aus der Epigenetik sind interessant.</del>	eigener Aussage im Bereich Ernährung erzielt.
	29	20	Das mit den Mäusen war sehr interessant. Das mit den gelben Ratten auch.	Die epigenetische Studie mit Mäusen und Ratten wird als sehr interessant empfunden.	
	41	21	Richtig uninteressante Themen gab es nicht.	<del>Alle Themen waren mehr oder weniger alle interessant.</del>	
	45	22	Man hat daraus gelernt, auch gerade am Beispiel der Lebensmittel.	<del>Lerneffekt</del> aus allen Themen, vor allem aber in Bezug auf das Thema Ernährung und Epigenetik.	
2b2	21	23	Die Plakate mit den früheren Forschern oder sowas, über das weitere Erben.	Uninteressant war das Thema Evolution und Vererbung mit Lamarck.	Die Evolutionstheorien nach Lamarck waren uninteressant und insgesamt findet keine eigenständige Vertiefung statt.
	43	24	Bis jetzt nicht, aber wahrscheinlich nicht.	Wahrscheinliche keine eigenständige Vertiefung im außerschulischen Bereich mit der Thematik.	
2c1	29	25	Man hat etwas daraus gelernt, vor allem mit den Lebensmitteln und das ist ja schon gut zu wissen.	Weiterempfehlung epigenetischer Lerninhalte an andere SuS, wegen Lernzuwachs und Ernährung.	Wegen Lernzuwachs zum Ernährung wird Thema weiterempfohlen.
2d1	33	26	Vater hat selbst Diabetes und als aus der Schule erzählt wurde, meinte der Vater, dass das stimmen könnte, weil sein Vater auch dicker war.	Kommunikation über epigenetische Inhalte, z.B. Vererbung der Neigung von Diabetes und gemeinsame Reflexion mit Eltern.	Reflexion in Bezug auf eigenes (zukünftiges) Handeln, Lernzuwachs und das eigene (Ernährungs-) Verhalten, auch gemeinsam mit den Eltern. Einfluss der Unterrichtsinhalte wird bejaht.
	35	27	Hat etwas mitgenommen.	Dem Lernzuwachs wird zugestimmt und darüber reflektiert.	
	47	28	Man sollte auf die Nahrung achten.	Verknüpfung epigenetische Forschung in Bezug auf die	

Induktive Kategorienbildung KursA\_1

				Ernährung mit dem eigenen Leben.	
	49	29	Wenn später nochmal darüber nachgedacht wird, hat das schon beeinflusst.	Reflexion des Einflusses der Unterrichtsinhalte auf das eigene zukünftige Handeln.	
2e1	-----	-----	-----	-----	-----
2e1.1	-----	-----	-----	-----	-----
2e1.2	25	30	Generell das Ganze war neu, eigentlich alles.	Kein Vorwissen zur Epigenetik.	Epigenetik war vorher noch nicht bekannt.
	29	31	Beides war neu.	Das Thema Ernährung und epigenetische Vererbung war neu.	

Kategorie	Abschnitt	Nummer	Paraphrase	Generalisierung	Reduktion
1a1	5	1	Wenn es einem nicht liegt, muss man viel und hart lernen.	Genetische Themen sind kognitiv anspruchsvoll.	Genetik ist verständlich, aber kognitiv anspruchsvoll.
	5	2	Selbst wenig gelernt, aber viel verstanden.	Bei entsprechender kognitiver Struktur, muss nicht viel gelernt werden, um Genetik zu verstehen.	
	11	3	Ja.	Genetik ist verständlich.	
1a2	3	4	Genetik ist das mit den Genen zusammen.	Erklärung ist nicht korrekt und unverständlich.	Definition von Genetik ist nicht verständlich und Zuordnung von Fachbegriffen (Mitose und Meiose) fachlich falsch. Die Proteinbiosynthese wird als schwer verständlich beschrieben.
	7	5	Mitose ist die geschlechtliche und Meiose die ungeschlechtliche Zellteilung.	Fachbegriffe werden den Funktionen falsch zugeordnet.	
	13	6	Das mit dem Ablesen, was aus der Zelle mit der tRNA rausgeholt wird, war schwierig zu verstehen.	Proteinbiosynthese war schwer zu verstehen.	
1b1	5	7	An sich schon, weil man einfach im Prinzip etwas über sich selbst lernt.	Interessant, weil es zur eigenen Lebenswelt passt.	Genetik wird als interessant beschrieben, weil es Lebensweltbezug hat. Besonders spannend sind die Themen der Zellteilung, die Basensequenz und die Translation.
	5	8	Man lernt was über den Menschen, was jeden interessieren sollte.	Jeder Mensch sollte dieses Thema interessant finden.	
	5	9	Einfach spannend, weil es einfach jeden betrifft und man lernt wirklich was für sein Leben und betrifft einen selbst.	Interessant, da das Thema spannend ist und etwas für das eigene Leben dazugelernt werden kann.	
	7	10	Mitose war ganz cool und die Meiose.	Mitose und Meiose sind interessante Themen.	
	7	11	Das mit der tRNA und den Basen mit Cytosin und Guanin war spannend und interessant.	Die Translation und die Basensequenz der DNA sind spannende Themen.	

Induktive Kategorienbildung KursA\_2

	9	12	Bei dem Thema war nichts uninteressant, eigentlich gehört das alles zusammen.	<del>Alle Themen werden in größeren Kontext gesetzt und als interessant befunden.</del>	
1b2	-----	-----	-----	-----	-----
2a1	3	13	Epigenetik bedeutet übersetzt, dass man sich mit dem Zusatz um die Gene herum beschäftigt.	Korrekte Definition von Epigenetik, bei der es sich u.a. um codierende Proteine auf den Genen handelt.	Themen aus der Epigenetik werden als verständlich bezeichnet und die Epigenetik korrekt beschrieben.
	19	14	Ja.	<del>Die Themen aus dem Bereich der Epigenetik waren verständlich.</del>	
2a2	-----	-----	-----	-----	-----
2b1	15	15	Ja sogar mehr als der normale Genetikunterricht.	Epigenetikunterricht wird als interessanter befunden als Genetik.	Epigenetik wird thematisch als interessanter befunden als Genetik und das Thema der Honigbiene mit der Ernährung von Gelée Royal besonders hervorgehoben. Eine Weiterbeschäftigung mit dem Thema wird auch im außerschulischen Bereich angestrebt.
	15	16	Ist interessanter als der normale Genetikunterricht, wirklich besser.	Epigenetikunterricht ist interessanter als Genetikunterricht.	
	17	17	Besonders spannend was das mit dem Gelée Royal. Was würde mit einem Baby passieren, wenn man dem von Anfang an nur Gelée Royal geben würde.	Das Thema mit der Gestaltveränderung der Bienen durch die Ernährung mit Gelée Royal ist am spannendsten, sodass ein Gedankenexperiment entwickelt wird.	
	21	18	Besonders das mit der Biene mit dem Gelée Royal.	<del>Wiederholung des Themas.</del>	
	23	19	Alle Themen waren interessant, mal mehr und mal weniger und das mit dem Gelée Royal ist besonders in Erinnerung geblieben und war am coolsten.	Einige epigenetische Themen waren interessanter als andere, aber nichts war uninteressant.	

Induktive Kategorienbildung KursA\_2

s	25	20	Es werden gerne Dokumentationen angesehen und vielleicht mal abends vor dem Einschlafen eine Epigenetikdokumentation.	Auch Beschäftigung mit dem Thema außerschulisch möglich.	
2b2	-----	-----	-----	-----	-----
2c1	29	21	Der Epigenetikunterricht soll weitergemacht werden, erstmal den Genetikunterricht als Grundlage und dann aufbauend dazu die Epigenetik, damit man weiß, was mit den Genen passiert und man diese beeinflussen kann.	Weiterempfehlung der Epigenetik als Unterrichtsgegenstand an andere SuS, mit dem Konzept Epigenetik als Weiterführung der genetischen Grundlagen.	Andere SuS sollten Epigenetik auch im Unterricht behandelt werden, aber nur auf Basis genetischer Grundlagen.
2d1	5	22	An sich schon, weil man lernt im Prinzip was über sich selbst.	Verknüpfung mit Lerngegenstand mit dem eigenen Subjekt.	Reflexion in Bezug auf sich selbst und die Gesellschaft. Das eigene Handeln wird überdacht, im Zusammenhang mit dem negativen Einfluss von Alkohol und Nikotin auf den eigenen Organismus. Das Konsumverhalten des Subjektes wird kritisch beleuchtet und neue Handlungsmöglichkeiten mit der bewussten Selbstwirksamkeit entwickelt. Epigenetik wird als zukunftsweisendes Thema bewertet.
	5	23	Weil es einfach jeden betrifft und man lernt wirklich etwas, was man für sein Leben behalten kann und das betrifft einen selbst.	Reflexion und Verknüpfung mit dem gesellschaftlichen Kontext und sich selbst.	
	15	24	Man sieht sich den Epigenetikunterricht an und lernt sogar noch, dass man die Chance hat, etwas zu verändern, wie man selbst was an der eigenen Genetik verändern kann.	Reflexion über die Möglichkeiten der Selbstwirksamkeit und Handlungsmöglichkeiten im Kontext zur eigenen Genese.	
	15	25	Wenn man Epigenetik hat und wirklich sieht – am Beispiel Rauchen, Alkohol und Sport machen – wie das einen selbst beeinflusst, sowas hat man im Genetikunterricht vorher nie gehört.	Reflexion über positive und negative Umwelteinflüsse auf das eigene Individuum und vergleich mit dem Genetikunterricht.	
	31	26	Von der Unterrichtseinheit wurde gelernt, dass klar wurde, dass durch den eigenen Konsum von Alkohol und Nikotin, Leber und Lungen geschädigt	Reflexion über eigenes Konsumverhalten in Bezug auf Alkohol und Nikotin. Konsum wird eventuell überdacht, da	

Induktive Kategorienbildung KursA\_2

			werden können und bewusst wird, dass das die Gene durch diese äußeren Einflüsse verändern könnte. Das ist sehr interessant und darüber wird noch lange nachgedacht. Mit Epigenetik kann man sehr, sehr viel erreichen.	Umwelteinflüsse auf das Individuum wirksam sein können und die Gene verändert, was zur organischen Schädigung hinzukommt. Epigenetik wird als sehr zukunftswirksam eingeschätzt.	
2e1	-----	-----	-----	-----	-----
2e1.1	-----	-----	-----	-----	-----
2e1.2	17	27	Komplett neu war, dass äußere Umstände soviel verändern können. Vorher noch nie gehört.	Kein Vorwissen über den Zusammenhang zwischen Umwelt und (Epi-) Genetik vorhanden.	Kein Vorwissen vorhanden.

Kategorie	Abschnitt	Nummer	Paraphrase	Generalisierung	Reduktion
1a1	4	1	Genetik ist das was vererbt wird, also die Informationen, die man von den Eltern bekommt.	Korrekte Aussage, dass Genetik sich mit der Vererbung befasst.	Genetik wird korrekt definiert und die Verständlichkeit durch Versuche positiv bewertet.
	14	2	Es wurden viele Versuche gemacht, mit Pfeifenputzern und der Trennung der Chromosomen.	Durch Versuche waren Themen verständlicher, z.B. die Teilung der Chromosomen.	
1a2	8	3	Wegen zwei Referendarinnen war es thematisch manchmal falsch und durcheinander, weshalb es nicht so gut geklappt hat.	Zwei Lehrpersonen haben nicht zur verständlichen Aufbereitung von genetischen Themen beigetragen.	Unverständlichkeit durch schlechte Aufbereitung durch Lehrpersonen.
1b1	10	4	Am meisten interessiert hat es, wenn die Chromosomen der Eltern zusammenkommen, sich dann wieder trennen und neu verbinden, Mitose und Meiose oder so.	Interesse an Verschmelzung und anschließender Rekombination von Chromosomen im Verlauf der Meiose und der Zeugung. Fachlich nicht richtig wiedergegeben.	Das favorisierte Thema in der Genetik ist die Vererbung von Mutter und Vater auf die Nachkommen. Fachlich nicht korrekt mit Fachbegriffen wiedergegeben.
1b2	12	5	Das mit den DNA-Strängen war langweilig.	DNA- Sequenzen und Doppelhelix waren uninteressant.	Themen aus der Molekulargenetik waren teilweise uninteressant
2a1	4	6	Epigenetik sind die Information, die durch äußere Einwirkung verändert werden können.	Epigenetische Veränderung durch Umwelteinflüsse.	Themen der Epigenetik als verständlich bewertet, auch korrekt definiert, da äußere Einwirkungen das Erbgut verändert.
	28	7	Eigentlich schon.	Themen waren verständlich.	
	30	8	Ja, schon.	<del>Themen waren verständlich.</del>	
2a2	16	9	Es war ziemlich viel Text für wenig Zeit.	Textmenge und -dichte zu hoch im Vergleich zur Arbeitszeit.	Zu wenig Zeit, deshalb teils unverständlich.
2b1	16	10	Fand es gut, auch mit dem Film und den Referaten.	Methoden der Intervention tragen zum Interesse bei.	Interesse an allen Themen, besonders die Honigbiene und die Gestaltveränderung durch die Ernährung war spannend.
	16	11	Aber sonst wurde es gut gefunden.	Interesse an epigenetischen Themen.	



Induktive Kategorienbildung KursB\_1

	18	12	Das mit den Bienen, was sich durch das Futter verändert, das die sich äußerlich und innerlich unterscheiden.	Besonderes Interesse am Thema der Honigbiene, ihrer Ernährung und den daraus resultierenden Veränderungen intern und extern.	.Die Methoden trugen zur besseren Verständlichkeit und so zu mehr Interesse an den Themen bei.
2b2	20	13	Am meisten das eigene Thema.	Das eigene Arbeitsthema war <u>uninteressant</u> .	Lamarck und die Evolution wurden als uninteressant eingestuft und eine Weiterbeschäftigung mit epigenetischen Themen in der Freizeit wird nicht erfolgen.
	22	14	Das waren die Theorien von Lamarck, was daran richtig oder falsch ist.	Das Thema über Lamarck und Evolution war uninteressant.	
	32	15	Eigentlich nicht, vielleicht wenn nochmal ein Referat gemacht werden müsste, aber ansonsten nicht.	Keine Beschäftigung mit dem Thema in der Freizeit.	
2c1	34	16	Ja eigentlich schon, weil das Thema auch wichtig ist für einen selber, weil man dadurch wie man lebt, dicker oder dünner sein kann und die Kinder dann darunter leiden können. Das sollte man wissen.	Weiterempfehlung besonders der Thematik der Vererbung, wenn man ungesund lebt und das an die Nachkommen dies vererbt bekommen könnten.	Thema wird anderen SuS empfohlen, da die Verantwortung für den eigenen Lebensstil wichtig ist, da sich eine ungesunde Lebensweise auch negativ auf die Nachkommen auswirken könnte.
2d1	34	17	Ja eigentlich schon, weil das Thema auch wichtig ist für einen selber, weil man dadurch wie man lebt, dicker oder dünner sein kann und die Kinder dann darunter leiden können. Das sollte man wissen.	Reflexion, dass die eigene Lebensweise Konsequenzen für sich selbst und die Nachkommen haben könnten.	Eigene Lebensweise hat Konsequenzen für Nachkommen.
2e1	-----	-----	-----	-----	-----
2e1.1	24	18	Die DNA verändert sich durch äußere Einflüsse.	Vorwissen darüber, dass die Gene durch Umwelteinflüsse veränderbar sind.	Vorwissen vorhanden in Bezug auf die Beeinflussbarkeit von Genen durch die Umwelt.

Induktive Kategorienbildung KursB\_1

2e1.2	24	19	Es war nicht bewusst, dass die Neigungen, die man bekommen kann, sich dann weitervererben.	Neigungen, die sich im Verlauf des Lebens entwickeln, können auch auf den Nachkommen vererbt werden.	Neigungen zu Krankheiten wie Diabetes können sich im Verlauf des Lebens entwickeln und auch auf die Nachkommen übertragen werden.
	26	20	z.B. Krankheiten oder Fettleibigkeit.	Mit Neigungen und Krankheiten sind Diabetes und Adipositas gemeint.	

Kategorie	Abschnitt	Nummer	Paraphrase	Generalisierung	Reduktion
1a1	4	1	Früher dachte man, dass sich die Genetik nicht verändern lässt, dass es ein Leben lang so bleibt, was man von Vater und Mutter vererbt bekommen hat.	Die Erbanlagen der Eltern waren nach früherer Forschung im Nachkommen nicht veränderbar.	Genetik war verständlich aufbereitet und aus früherer Sicht die Gene nicht veränderbar, die die Nachkommen von ihren Eltern erben.
	13	2	Insgesamt war es leicht, man muss sich zwar erst einmal hineindenken und wenn man Fragen stellen kann, hilft das.	Genetik war verständlich aufbereitet.	
1a2	3	3	Mit Genetik beschreibt man das Erbmaterial, was Mensch an die Nachfahren weitergeben kann, also die Gene und die DNA.	Fachlich nicht korrekt wiedergegeben, die genetische Thematik der Vererbung in der Genetik wurde nicht durchdrungen.	Genetik wird durch Fachtermini schwerer verständlich. Definition von Genetik fachlich nicht ganz korrekt.
	15	4	Fachbegriffe, die man durcheinandergebracht hat.	Durch viele Fachtermini wird Genetik eher unverständlich.	
1b1	6	5	Super spannend, allgemein sehr an Biologie interessiert, wie das im Körper funktioniert.	Allgemeines Interesse an biologischen Themen, vor allem Physiologie.	Die Mendelschen Regeln sind am interessantesten und der Phänotyp, der aus den Kreuzungen entsteht. Allgemeines Interesse an biologischen Themen sehr ausgeprägt.
	10	6	Sehr spannend, wie etwas weitervererbt wird, also wie wahrscheinlich Merkmale vererbt werden, z.B. anhand einer Tabelle, was dominant ist.	Die Mendelschen Regeln werden als sehr spannend charakterisiert.	
	11	7	Am spannendsten war, was sich zum Schluss durchsetzt und wie es funktioniert. Insgesamt war alles sehr spannend.	Der Phänotyp nach der Vererbung von Merkmalen und die Funktion der Kreuzung ist interessant.	
1b2	-----	-----	-----	-----	-----

2a1	3	8	Epigenetik beschreibt alles um die Genetik herum, also wie sich Umwelteinflüsse auf die DNA des Menschen auswirken und wie sich das dann verändern kann.	Epigenetik wird definiert als Veränderung an der DNA des Menschen durch Umwelteinflüsse.	Epigenetik wird korrekt definiert als Veränderung an der DNA durch äußere Einflüsse unter besonderer Einbeziehung des Gesundheitsaspektes durch Veränderung der DNA durch Ernährung. Epigenetik war leicht verständlich, da es gut aufbereitet wurde (durch Film und Mindmap).
	4	9	Man hat vor nicht so langer Zeit herausgefunden, dass sich durch die Umwelteinflüsse, z.B. durch die Nahrung und wie gesund man lebt, die DNA verändern lässt.	Nahrung als Beispiel für Veränderungen an der DNA durch Umwelteinflüsse mit Einbeziehung des Gesundheitsaspektes.	
	28	10	Der Film am Anfang war super, etwas kompliziert, aber dann gut verständlich. Guter Einstieg in das Thema, was man schon darüber weiß oder nicht.	Durch die Mindmap zum Vorwissen und den Lehrfilm wurden als Einstieg komplizierte Sachverhalte verständlich erklärt.	
2a2	20	11	Ein Vortrag wurde nicht so gut verstanden, da ging es darum, wie Nahrung etwas unterschiedlich verändern kann. Am Beispiel von Kaninchen oder Hasen die anfällig für Krankheiten waren.	Durch einen nicht verständlichen Vortrag, wurde das Thema der Agouti-Maus und der Neigung zu Diabetes und anderen Krankheiten nicht verstanden.	Thema zur Vererbung der Neigung zu Diabetes durch eine Studie zur Agouti-Maus wurde nicht verstanden, weil der Vortrag unstrukturiert war.
	22	12	Das mit den Mäusen.	Vortrag über die Agouti-Mäuse war nicht verständlich.	
	30	13	Die Art, wie es vorgestellt wurde war ein bisschen durcheinander. Manche Mäuse sind krankheitsanfälliger als andere, die dann eine andere Fellfärbung haben. Aber unverständlich, wie sich das weitervererbt.	<del>Die Weitergabe des Agouti-Gens an die Nachkommen und der Zusammenhang mit der Fellfarbe wurde nicht erfasst.</del>	
2b1	17	14	Ja, es war sehr spannend.	Interesse an Epigenetik.	Themen der Epigenetik spannend, besonders die Zwillingsforschung und die
	17	15	Besonders interessiert an den Zwillingen, wie sich das	Besonderes Interesse an den Themen der Zwillingsforschung und	

			Chromosom verändert hat und das mit den Bienen, da Nahrung so viel verändern kann.	der Ernährung der Bienen und deren Veränderung.	Honigbiene. Auch wird das Interesse durch die Selbstwirksamkeit unterstützt. Weitere Beschäftigung mit epigenetischen Themen in der Freizeit sehr wahrscheinlich.
	19	16	Das mit den Zwillingen war am spannendsten.	Am meisten Interesse an dem Thema der Zwillingsforschung.	
	22	17	Vorstellbar, die Themen nochmal zu recherchieren, da sie insgesamt sehr interessant sind.	Beschäftigung in der Freizeit mit Epigenetik.	
	32	18	Das man das eigene Leben beeinflussen kann ist super spannend.	Interesse durch Selbstwirksamkeit.	
2b2	20	19	Nicht so spannend war das mit der Nahrung.	Das Thema mit Epigenetik und Ernährung war nicht interessant.	Uninteressiert am Referatsthema Ernährung.
2c1	34	20	Wenn man nur Genetik hat, lernt man nur einen Teil davon und das ist aber wichtig für jeden Menschen, dass man weiß, was man beeinflussen kann. Dass man durch Ernährung beeinflussen kann, was man weitergibt an die nächste Generation. Das ist etwas, was man nicht nur in der Schule, sondern auch später noch erfahren sollte. Das ist schon was wichtiges.	Epigenetik wird nicht nur als Unterrichtsthema weiterempfohlen, sondern als wichtiges Thema im Leben allgemein. Besonders hervorgehoben werden die Beeinflussbarkeit der Gene und die Verantwortlichkeit gegenüber den Folgegenerationen.	Epigenetik nicht nur als Unterrichtsthema, sondern ein wichtiges Thema für die Gesellschaft allgemein in Bezug auf die Beeinflussbarkeit der Gene und die Vererbung, die daraus resultieren kann.
2d1	17	21	So zu wissen, dass man sein eigenes Leben so beeinflussen kann, auch zum Teil was Krankheiten betrifft.	Epigenetik wird reflektiert als Thema, mit dem man Einfluss auf die eigene Gesundheit hat.	Reflexion in Hinblick auf den Gesundheitsaspekt für das Individuum selbst und der Verantwortung davon in Bezug auf Folgegenerationen, also die Gesellschaft gesamt.
	34	22	Dass man durch Ernährung beeinflussen kann, was man weitergibt an die nächste Generation. Das ist etwas, was man nicht nur in der Schule,	Reflexion für den Einfluss auf das Individuum selbst, aber auch bezogen auf die Generationenverantwortlichkeit im gesellschaftlichen Kontext.	

			sondern auch später noch erfahren sollte. Das ist schon was wichtiges.		
2e1	-----	-----	-----	-----	-----
2e1.1	-----	-----	-----	-----	-----
2e1.2	24	23	Insgesamt war das Thema völlig neu.	Kein Vorwissen zu Epigenetik vorhanden.	Vorwissen nicht vorhanden.
	26	24	Ja, eigentlich alles.	<del>Kein Vorwissen vorhanden.</del>	

#### XIV. Zusammenfassung und Reduktion II

Kategorie	Zusammenfassung und Reduktion II
1a1	Verständlichkeit wird durch Üben und Interesse gefördert. (Kurs_A1) Genetik ist verständlich, aber kognitiv anspruchsvoll. (Kurs_A2) Verständlichkeit durch Experimente unterstützt. (Kurs_B1) Genetik verständlich aufbereitet. (Kurs_B2)
1a2	Erfassung der Inhalte erschwert durch Fachbegriffe und hohe Niveau. (Kurs_A1) Proteinbiosynthese ist schwieriges Thema, Begriffe Mitose und Meiose werden verwechselt. (Kurs_A2) Verständlichkeit erschwert durch schlechte Aufbereitung von Lehrpersonen. (Kurs_B1, B2))
1b1	Alle genetischen Themen sind interessant, besonders die Vererbungsregeln. (Kurs_A1, B1) Genetik spannend durch Lebensweltbezug, besonders spannend sind Zellteilung, Basensequenz und Translation. (Kurs_A2) Allgemeines, sehr ausgeprägtes Interesse für das Fach Biologie. (Kurs_B2)
1b2	Die Überforderung durch Fachtermini hindert Interesse. (Kurs_A1) Themen aus der Molekulargenetik sind teilweise uninteressant. (Kurs_B1)
2a1	Durch Umwelteinflüsse (z.B. Ernährung) können Krankheiten, wie z.B. Diabetes entstehen; Fachwortverzeichnis zu den Texten hat Verständlichkeit verbessert (Kurs_A1) Korrekte Definition von Epigenetik, alle Inhalte waren verständlich durch Mindmap und Film. (Kurs_A2) Veränderung des Erbgutes durch äußere Einflüsse wurde richtig definiert. (Kurs_B1) Betonung des Gesundheitsaspektes durch Einfluss der Ernährung auf den Menschen. (Kurs_B2)
2a2	Funktion hinter den Fachbegriffen waren teilweise unklar. (Kurs_A1) Verständnisprobleme durch zu wenig Bearbeitungszeit. (Kurs_B1) Agouti-Maus Thema wurde wegen unstrukturiertem Schüler_innenvortrag nicht verstanden. (Kurs_B2)
2b1	Größter Lerneffekt zum Thema Ernährung durch besonderes Interesse an der Mäusestudie und der Zwillingsforschung. (Kurs_A1) Epigenetik wird als interessanter bewertet als Genetik, besonders die Themen Honigbiene und ihre Ernährung durch Gelée Royal waren interessant, Beschäftigung mit dem Thema auch außerschulisch wird angestrebt. (Kurs_A2) Methoden trugen zur besseren Verständlichkeit bei und wurden somit interessanter. (Kurs_B1) Interesse wird durch Selbstwirksamkeit gefördert, weitere Beschäftigung mit dem Thema in der Freizeit ist sehr wahrscheinlich. (Kurs_B2)
2b2	Das Thema Lamarck und Evolution wurde als langweilig empfunden, keine weitere Beschäftigung mit Epigenetik in der Freizeit. (Kurs_A1, B1) - Desinteresse am Referat über Ernährung. (Kurs_B2)
2c1	Weiterempfehlung als Unterrichtsgegenstand vor allem in Bezug auf Lernzuwachs Ernährung. (Kurs_A1) Epigenetik als Aufbau zu genetischen Grundlagen. (Kurs_A2) Epigenetik und Gesundheit als Selbstverantwortung und Verantwortung für Nachfolgenerationen in Bezug auf Ernährung und Vererbung. (Kurs_B1, B2)
2d1	Reflexion in Bezug auf eigenes (zukünftiges) Handeln, Lernzuwachs und das eigene (Ernährungs-) Verhalten, auch gemeinsam mit den Eltern reflektiert. (Kurs_A1) Reflexion in Bezug auf sich selbst und die Gesellschaft. Das eigene Handeln wird überdacht, im Zusammenhang mit dem negativen Einfluss von Alkohol und Nikotin auf den eigenen Organismus. Das Konsumverhalten des Subjektes wird kritisch beleuchtet und neue Handlungsmöglichkeiten mit der bewussten Selbstwirksamkeit entwickelt. Epigenetik wird als zukunftsweisendes Thema bewertet. (Kurs_A2)

	Eigene Lebensweise hat Konsequenzen für Nachkommen. (Kurs_B1) Reflexion in Hinblick auf den Gesundheitsaspekt für das Individuum selbst und der Verantwortung davon in Bezug auf Folgegenerationen, also die Gesellschaft gesamt. (Kurs_B2)
2e1	-----
2e1.1	Vorwissen vorhanden in Bezug auf die Beeinflussbarkeit von Genen durch die Umwelt. (Kurs_B1)
2e1.2	Kein Vorwissen vorhanden. (Kurs_A1, A2, B2)



XV. Side-by-Side-Display

Zahlenwertangaben in Prozent %	Verständlichkeit Genetik	Interesse Genetik	Verständlichkeit Epigenetik	Interesse Epigenetik
<b>Variable (QUANT)</b>	<b>GU1_post</b>	<b>GU3_post</b>	<b>EU1_post</b>	<b>EU3_post</b>
<b>Trifft zu.</b>	11,9	35,6	20,3	30,5
<b>Trifft eher zu.</b>	59,3	28,8	50,8	27,1
<b>Kategorie (QUAL)</b>	<b>1a1</b>	<b>1b1</b>	<b>2a1</b>	<b>2b1</b>
<b>Wörtliche Aussagen</b>	Verständlichkeit wird durch Üben und Interesse gefördert. (Kurs_A1) Genetik ist verständlich, aber kognitiv anspruchsvoll. (Kurs_A2) Verständlichkeit durch Experimente unterstützt. (Kurs_B1) Genetik verständlich aufbereitet. (Kurs_B2)	Alle genetischen Themen sind interessant, besonders die Vererbungsregeln. (Kurs_A1, B1) Genetik spannend durch Lebensweltbezug, besonders spannend sind Zellteilung, Basensequenz und Translation. (Kurs_A2) Allgemeines, sehr ausgeprägtes Interesse für das Fach Biologie. (Kurs_B2)	Durch Umwelteinflüsse (z.B. Ernährung) können Krankheiten, wie z.B. Diabetes entstehen; Fachwortverzeichnis zu den Texten hat Verständlichkeit verbessert (Kurs_A1) Korrekte Definition von Epigenetik, alle Inhalte waren verständlich durch Mindmap und Film. (Kurs_A2) Veränderung des Erbgutes durch äußere Einflüsse wurde richtig definiert. (Kurs_B1)	Größter Lerneffekt zum Thema Ernährung durch besonderes Interesse an der Mäusestudie und der Zwillingsforschung. (Kurs_A1) Epigenetik wird als interessanter bewertet als Genetik, besonders die Themen Honigbiene und ihre Ernährung durch Gelée Royal waren interessant, Beschäftigung mit dem Thema auch außerschulisch wird angestrebt. (Kurs_A2) Methoden trugen zur besseren Verständlichkeit bei und

			Betonung des Gesundheitsaspektes durch Einfluss der Ernährung auf den Menschen. (Kurs_B2	wurden somit interessanter. (Kurs_B1) Interesse wird durch Selbstwirksamkeit gefördert, weitere Beschäftigung mit dem Thema in der Freizeit ist sehr wahrscheinlich. (Kurs_B2)
<b>Trifft eher nicht zu.</b>	15,3	15,3	10	20,3
<b>Trifft nicht zu.</b>	1,7	6,8	0	10,2
<b>Kategorie (QUAL)</b>	<b>1a2</b>	<b>1b2</b>	<b>2a2</b>	<b>2b2</b>
<b>Wörtliche Aussagen</b>	Erfassung der Inhalte erschwert durch Fachbegriffe und hohe Niveau. (Kurs_A1) Proteinbiosynthese ist schwieriges Thema, Begriffe Mitose und Meiose werden verwechselt. (Kurs_A2) Verständlichkeit erschwert durch schlechte Aufbereitung von Lehrpersonen. (Kurs_B1, B2))	Die Überforderung durch Fachtermini hindert Interesse. (Kurs_A1) Themen aus der Molekulargenetik sind teilweise uninteressant. (Kurs_B1)	Funktion hinter den Fachbegriffen waren teilweise unklar. (Kurs_A1) Verständnisprobleme durch zu wenig Bearbeitungszeit. (Kurs_B1) Agouti-Maus Thema wurde wegen unstrukturiertem Schüler_innenvortrag nicht verstanden. (Kurs_B2)	Das Thema Lamarck und Evolution wurde als langweilig empfunden, keine weitere Beschäftigung mit Epigenetik in der Freizeit. (Kurs_A1, B1) - Desinteresse am Referat über Ernährung. (Kurs_B2)

In Anlehnung an Kuckartz 2014, S.138.

# Digitale Fassung der Arbeit

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]