

# Einleitung

*»Unsere Jugend ist heruntergekommen und zuchtlos. Die jungen Leute hören nicht mehr auf ihre Eltern. Das Ende der Welt ist nahe.«  
(Keilschrifttext aus Ur um 2000 v. Chr.)*

Es ist immer eine Freude, in Vorlesungen und Vorträgen schätzen zu lassen, aus welcher Epoche dieses Zitat stammt. Die Spannweite der Schätzungen reicht von aktuellen einschlägigen Parteiprogrammen bis in die Antike. Das verdeutlicht, dass das Jugendalter eine Zeit der Reibungen zwischen den Generationen darstellt und wohl auch immer dargestellt hat. Das Jugendalter ist eine faszinierende Lebensphase – sowohl aus biografischer als auch wissenschaftlicher Sicht. Biografisch können sich vermutlich alle erwachsenen Menschen an die intensive Zeit des Übergangs ins Erwachsenenendasein erinnern, in denen der Körper vielen Veränderungen unterworfen ist, Auseinandersetzungen mit Eltern und Peers sich in ihrer Art und Weise verändern und erste romantische Erfahrungen starke emotionale Schwankungen mit sich bringen können. Aus wissenschaftlicher Perspektive ist eine lange Forschungstradition mit dieser Lebensphase verbunden, in denen biologische, soziale und psychologische Faktoren komplex ineinandergreifen, sich gegenseitig bedingen und in Wechselwirkung mit vielschichtigen Umweltfaktoren stehen.

Doch was ist eigentlich das Jugendalter? Silbereisen und Weichold (2012) geben als grobe Orientierung die Altersspanne zwischen 12 und 19 Jahren an. Forscherinnen und Forscher sind sich dabei weitgehend einig, dass das Jugendalter mit der Pubertät beginnt und in etwa mit dem Ende des

zweiten Lebensjahrzehnts endet. Der Beginn des Jugendalters lässt sich daher mit der Pubertät noch relativ gut markieren. Die Grenze zum Übergang in das junge Erwachsenenalter fällt allerdings schwerer und ist hoch individualisiert. Zunehmende Ausbildungszeiten (Chisholm & Hurrelmann, 1995) und eine damit einhergehende spätere ökonomische Unabhängigkeit von den Eltern haben beispielsweise dazu geführt, dass junge Menschen sich erst recht spät – meist erst im dritten Lebensjahrzehnt – als erwachsen betrachten (Arnett, 2000).

Dieses Buch zeichnet die körperlichen, kognitiven, emotionalen und sozialen Veränderungen nach, die in dieser Lebensphase stattfinden. Es trägt empirische und theoretische Erklärungsansätze zusammen, die ein Grundverständnis für das Jugendalter fördern und möglicherweise auch Ängste und Sorgen zerstreuen können. Eltern kennen ihre Kinder, Lehrer die netten Grundschul-kinder – dann werden sie zum »Pubertier« (Weiler, 2014), d. h. von Eltern wie Lehrerinnen und Lehrern weniger gut verstanden und einschätzbar. Eltern, aber auch Lehrenden fällt es oft schwer, die Veränderungen des Jugendalters einzuordnen, zu verstehen und damit umzugehen. Unser Buch macht deutlich, dass das Jugendalter keineswegs konfliktgeladen sein muss und dass die Konflikte, wenn sie auftreten, keineswegs nur problematisch sein müssen. Im Gegenteil, Konflikte können auch Entwicklung befördern und Jugendliche selbständiger machen, wenn Eltern, Lehrerinnen und Lehrer sowie die Jugendlichen selbst konstruktiv damit umzugehen wissen. Daher macht dieses Buch

in den jeweiligen Kapiteln auch Vorschläge dazu, wie man mit den Veränderungen umgehen kann, wie man sie in der Gesamtheit der Veränderungen über die Lebensspanne eines Menschen einordnen muss und wie man korrigierend bei Abweichungen eingreifen kann.

Die interdisziplinäre Ausrichtung des Buches stellt in verständlicher Weise den aktuellen Forschungsstand zum Jugendalter aus pädagogischer, psychologischer und soziologischer Sicht vor und beleuchtet die vielfältigen Entwicklungen und Veränderungen, die in diesem prägenden Lebensabschnitt stattfinden. Ziel war dabei, deutschsprachige Expertinnen und Experten zusammenzubringen, um möglichst umfassend aktuelle und international einschlägige Forschungsergebnisse sowie wichtige theoretische Grundlagen für fünf große Themenbereiche darzustellen. Der erste Teilbereich stellt die biologischen Veränderungen vor, gefolgt von wichtigen Entwicklungskontexten und -themen im zweiten und dritten Teil des Buches. Der vierte und der fünfte Teilbereich widmen sich dann den gesellschaftlichen Implikationen und psychopathologischen Veränderungen.

Zu Beginn wird im ersten Themenbereich ein Blick auf die biologischen Grundlagen geworfen. Dabei werden zuerst genetische Aspekte der Jugendentwicklung beleuchtet (Asendorpf, ► Kap. 1), die neue Gesichtspunkte zu der seit langem geführten Erbe-Umwelt-Debatte aufzeigen. Als zweites werden Ergebnisse aus dem momentan sehr stark beforschten Gebiet der neuronalen Veränderungen im Jugendalter vorgestellt (Schmidt & Weigelt, ► Kap. 2), die aufzeigen, dass bestimmte Verhaltensweisen von Jugendlichen (z. B. abweichendes Verhalten) nicht nur durch Umwelteinflüsse bedingt sind, sondern auch durch die neuronale Reifung erklärt werden können. Eine dritte biologische Perspektive greift die hormonellen Veränderungen der Adoleszenz auf (Koenig & Kaess, ► Kap. 3). Das komplexe Zusammenspiel von Sexual-, Stress- und

Bindungshormonen steht mit vielen auch körperlichen Veränderungen im Jugendalter im Zusammenhang, weshalb wir diesem Aspekt ein eigenes Kapitel in diesem Buch zukommen lassen wollten.

Allerdings zeigt die zunehmende Forschung zu den genannten biologischen Aspekten immer wieder, dass Erleben und Verhalten von Menschen nicht ohne Umweltfaktoren zu beschreiben und zu verstehen sind. Daher fokussiert der zweite Themenkomplex auf wichtige Umweltbereiche, die Jugendliche in ihrer Entwicklung heute prägen. Zuerst ist dabei die Familie zu nennen, deren Einfluss auch in andere Lebensbereiche von Jugendlichen reicht. Daher wird das erste Kapitel des zweiten Themenkomplexes diese Umwelt beleuchten. Walper und Gniewosz (► Kap. 4) gehen dabei auch auf die Veränderungen in der Eltern-Kind-Beziehung ein, die in dieser Lebensphase durch eine Neuaushandlung von Nähe und Autonomie geprägt sind und auch mit Konflikten einhergehen können. Eltern sind diesen Veränderungen nicht hilflos ausgeliefert, sondern können durch ihr Verhalten diesen Aushandlungsprozess maßgeblich beeinflussen. Daher werden in diesem Beitrag auch Erziehungsstile und Elternprogramme vorgestellt. Nicht überraschend ist, dass wir der Schule, als zweitem wichtigen Entwicklungskontext, ein eigenes Kapitel dieses Buches gewidmet haben. Spiel, Lüftenegger und Schober (► Kap. 5) greifen darin die Herausforderungen moderner Schulen auf, die darauf abzielen, Jugendliche fit zu machen für die moderne Wissens- und Informationsgesellschaft. In diesem Zusammenhang werden Modelle für Lernhandlungen, aber auch Voraussetzungen für lebenslanges und selbstgesteuertes Lernen vorgestellt, die in Forschung und Praxis Anwendung finden. Das dritte Thema in diesem Teilbereich unseres Buches widmet sich den Peerbeziehungen Jugendlicher, vor allem den Freundschaften und romantischen Beziehungen (Seiffge-Krenke, ► Kap. 6). Die darin vorgestellten

Ergebnisse zeichnen nicht nur den Verlauf und die Stabilität dieser Beziehungen nach, sondern weisen auch auf, welche Wichtigkeit sie für die weitere, vor allem soziale Entwicklung der Jugendlichen haben. Da Jugendliche heute mehr Freizeit haben als in vergangenen Jahrzehnten, stellt die Freizeit zunehmend einen eigenen Entwicklungskontext für Jugendliche dar, der Jugendlichen helfen kann, wichtige Entwicklungsaufgaben zu lösen. Dieser Erkenntnis folgend, stellen Pinquart und Margraf (► Kap. 7) in ihrem Kapitel zum Freizeitverhalten Jugendlicher wichtige Faktoren zusammen, die die Freizeitgestaltung von Jugendlichen beeinflussen, und diskutieren die Effekte von strukturierten und unstrukturierten Freizeitaktivitäten. In einem letzten Abschnitt dieses Beitrags werden Interventionen beschrieben, die dabei helfen können, das Freizeitverhalten Jugendlicher zu verbessern. Obwohl heutzutage ein nicht unerheblicher Anteil der Freizeit im Netz verbracht wird, haben soziale Medien und Informationstechnologien mittlerweile einen Status im Leben von Jugendlichen erreicht, die ein eigenes Kapitel zu diesem Thema rechtfertigen. Braun, Gralke und Nieding (► Kap. 8) beleuchten daher in ihrem Beitrag die wichtigsten Erkenntnisse im Bereich Medien und Informationstechnologien. Dazu gehört nicht nur ein Überblick über die Mediennutzung Jugendlicher, sondern auch die Darstellung der sozialen und kognitiven Effekte der Mediennutzung. Dabei ist es wichtig, sowohl die Entwicklungschancen zu beleuchten, beispielsweise die Möglichkeiten zur Lösung von Entwicklungsaufgaben, aber auch auf Entwicklungsrisiken hinzuweisen, die durch unangemessenen Konsum von Pornografie oder unkritisch übernommene Schönheitsideale entstehen. Um diesen Risiken zu begegnen, haben Jugendliche heutzutage eine zusätzliche Entwicklungsaufgabe zu bewältigen – die Entwicklung von Medienkompetenz. Dieser Aspekt wird ebenfalls in diesem Kapitel angesprochen.

Den dritten Abschnitt des Buches bildet eine Auswahl von Themen oder besser Bereichen, in denen sich im Jugendalter immense Veränderungen beschreiben lassen. Möglicherweise haben gerade diese Veränderungen zu der pessimistischen Einschätzung des Jugendalters im vorangestellten Zitat beigetragen, da die lieben Kleinen nun zu jungen Erwachsenen werden. Mit dem Eintritt in das Jugendalter verändert sich das Denken. Ziegler, Deiglmayr, Schalk und Stern (► Kap. 9) geben einen Überblick über kognitive Veränderungen im Jugendalter und gehen hierbei auf allgemeine und spezifische, z. B. sprachliche Entwicklungen ein. Ein Thema, das im alltäglichen Miteinander einiges an Konfliktpotenzial bietet, sind Emotionen. Zimmermann, Çelik, Podewski und Iwanski (► Kap. 10) beschreiben die Veränderungen in Qualität, Intensität, Fluktuation und Auslösern von Emotionen im Jugendalter und skizzieren ebenso die Möglichkeiten der Emotionsregulation. Eng verbunden mit Emotionen ist die Motivation. Lichtenfeld und Gniewosz (► Kap. 11) beleuchten in ihrem Kapitel schulische Lern- und Leistungsmotivation im Jugendalter. Integriert in übergreifende Modelle der Jugendentwicklung erläutern Scheithauer, Braun, König, Bruckmann und Warncke (► Kap. 12) Erklärungsmodelle zur Entwicklung sozialer Kompetenzen im Jugendalter und gehen hierbei auf positive sowie negative Einflussgrößen unter einer Förderungs- und Trainingsperspektive ein. Eine der großen Entwicklungsaufgaben im Jugendalter ist die Entwicklung des Selbst und der Identität. Hannover, Wolter und Zander (► Kap. 13) diskutieren, eingebettet in klassische und aktuelle Theorien, Entwicklungsverläufe sowie Einflüsse auf die Identitätsentwicklung unter einer differenziellen Perspektive, die unterschiedliche Gruppen von Jugendlichen, wie z. B. Jungen vs. Mädchen, in den Blick nimmt. In dem sich anschließenden Kapitel präsentieren Gasser und Malti (► Kap. 14) einen Überblick über moralische Urteile, Gefühle sowie moralische

Identität im Jugendalter und beleuchten hierbei die Rolle sozialer Beziehungen. Dabei wird deutlich, wie bspw. die Eltern die moralische Entwicklung entscheidend mitprägen. Einen übergreifenden Fokus nehmen Steinhoff, Titzmann und Buchmann (► Kap. 15) in ihrem Beitrag zur positiven Jugendentwicklung ein und zeichnen eine der großen paradigmatischen Wendungen der Jugendforschung nach, die sich sukzessive weg von einer Defizitorientierung und hin zu der Untersuchung der Stärken von Jugendlichen orientiert. Im sich anschließenden Kapitel beleuchten Radtke und Scholz (► Kap. 16) die Gesundheit im Jugendalter, wobei sie Ernährung, körperliche Aktivitäten, den Konsum elektronischer Medien sowie sexuelles Risikoverhalten als entscheidende Faktoren herausarbeiten und deren Wirkung auf die Gesundheit von Jugendlichen aufdecken. Der Beitrag schließt mit Erklärungsmodellen für jugendliches Gesundheitsverhalten und daraus abgeleiteten Fördermöglichkeiten. Ein Thema, das bereits den Übergang in das frühe Erwachsenenalter markieren kann, ist die berufliche Entwicklung. Schröder (► Kap. 17) präsentiert, aufbauend auf einem breiten theoretischen Fundament, verschiedene Einflussgrößen, wie die Eltern oder die Gleichaltrigen, die auf die berufliche Entwicklung wirken, und leitet daraus praktische Implikationen für eine bessere Gestaltung des Übergangs von der Schule in den Beruf ab.

Der vierte Teilbereich des Buches widmet sich gesellschaftlichen Veränderungen und der Frage, wie Jugendliche damit umgehen bzw. davon beeinflusst werden. Im einleitenden Kapitel zu diesem Teilbereich des Buches gehen Buchmann und Steinhoff (► Kap. 18) erst einmal auf die gesellschaftliche Bedeutung des Jugendalters ein, wobei deutlich gemacht wird, dass das Jugendalter stark von gesellschaftlichen und kulturellen Gegebenheiten sozial konstruiert und durch entsprechende Rollenerwartungen und soziale Einbindung definiert ist. Diese Analyse stellt die Grundlage dar, von der aus dann im zweiten

Abschnitt analysiert wird, wie kulturelle und gesellschaftliche Veränderungen (demografische Veränderungen der Gesellschaft, Globalisierung, technologischer Fortschritt) auch die Phase des Jugendalters und damit die Herausforderungen für Jugendliche selbst verändern. Zu diesen gesellschaftlichen Veränderungen gehört auch eine zunehmende kulturelle Heterogenität in modernen westlichen Gesellschaften. Migration, Repatriierung und Globalisierung bringen zunehmend kulturelle Einflüsse, mit denen Jugendliche umgehen müssen. Titzmann und Juang (► Kap. 19) stellen in diesem Zusammenhang Ergebnisse zum Thema Jugendliche mit Migrationshintergrund zusammen. Dabei wird die Komplexität der Lebensumwelten in multikulturellen Gesellschaften deutlich. Aber das Kapitel hat auch zum Ziel, Faktoren und Ansätze aufzuzeigen, die das Zusammenleben in multikulturellen Gesellschaften positiv beeinflussen können. Dieses Ziel wird auf theoretische und empirische Weise erreicht. Theoretisch stellen die Autoren die gängigen Theorien zur Akkulturation jugendlicher Immigranten zusammen, empirisch berichten sie wichtige Forschungsergebnisse zu den Bereichen Identität, Familie, Peerbeziehungen und Schule, wobei auch das Thema Diskriminierung aus neuester wissenschaftlicher Perspektive beleuchtet wird. Der letzte Beitrag in diesem Abschnitt verdeutlicht, dass Jugendliche auf das Funktionieren von Demokratien und die politische Meinungsbildung vorbereitet werden müssen. Eckstein und Noack (► Kap. 20) zeigen in ihrem Kapitel zur politischen Sozialisation, dass Jugendliche über verschiedene Wege auf ihre Rolle als politische Agenten vorbereitet werden. Dabei wird besonderes Augenmerk auf die Mikrosysteme gelegt (Familie, Peers, Schule, Medien), die einen nicht unerheblichen Effekt auf die politische Sozialisation Jugendlicher ausüben. Darüber hinaus werden aber auch makrokontextuelle Faktoren (politischer und sozialer Wandel in Gesellschaften oder das vorherrschende politische

System) diskutiert, die Jugendliche in ihrem politischen Interesse prägen können.

Der fünfte Teil des Buches konzentriert sich auf Entwicklungspsychopathologien, also auf Ursachen, Verläufe und Interventionsmöglichkeiten bei fehlangepasstem Verhalten von Jugendlichen. Die folgenden Kapitel erläutern für jede Störungsklasse deren Diagnostik, Verbreitung, Komorbiditäten mit anderen Störungen, aber auch Entstehungs- und Interventionsmodelle. Im ersten Beitrag in diesem Abschnitt erörtert Reis (► Kap. 21) internalisierende Störungen, zu denen vor allem Depressionen und Angststörungen gerechnet werden. Reichenberger, Meule und Blechert (► Kap. 22) befassen sich in dem darauffolgenden Kapitel mit Essstörungen und Adipositas. Der Beitrag von Schuchardt und Mähler (► Kap. 23) beschäftigt sich mit Lernstörungen und Lernschwierigkeiten. Hier werden bereichsspezifische Lernstörungen, wie die Lese-Rechtschreibstörung und die Rechenstörung, aber auch allgemeine Lernstörungen, wie Lernbehinderungen, thematisiert. Ein häufig und stark kontrovers diskutiertes Thema der Jugendforschung ist die Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHS), dem sich das Kapitel von Schwenck und Maur (► Kap. 24) widmet. Beelmann (► Kap. 25) befasst sich mit dissozialem Verhalten, also oppositionellen, aggressiven, delinquenten und kriminellen Problemverhaltensweisen, deren gemeinsames Kennzeichen die Abweichung oder Verletzung von altersentsprechenden sozialen Regeln und Normen sind. Orth und Töppich (► Kap. 26) konzentrieren sich in ihrem Beitrag auf den Konsum und Missbrauch psychotroper Substanzen. Stei-

nebach und Gharabaghi (► Kap. 27) gehen in ihrem Kapitel der Frage nach, was dazu führt, dass einige Jugendliche unter erschwerten Bedingungen im Wechselspiel von umweltseitiger Unterstützung und eigenen Fähigkeiten mit Selbstwirksamkeit die eigene Entwicklung positiv gestalten. Es werden verschiedene Resilienzfaktoren diskutiert und Fördermöglichkeiten in diesem Zusammenhang angesprochen. Im abschließenden Kapitel erörtern Weichold und Blumenthal (► Kap. 28) allgemeine Merkmale präventiver und entwicklungsfördernder Maßnahmen im Jugendalter. Abschließend werden in diesem Beitrag beispielhafte Interventionsansätze präsentiert und diskutiert.

Bei allen Kapiteln war es uns wichtig, dass die zentralen Konzepte und Theorien sowie alle einschlägigen empirischen Ergebnisse abgebildet sind und dabei auch internationale Befunde integriert werden. Wenn es sich für die jeweiligen Themen anbot, wurden Hinweise für die Praxis skizziert. Es ging uns vor allem darum, dass Forschende, Studierende und Praktiker sehr schnell einen komprimierten, fundierten und umfassenden Überblick über das jeweilige Thema gewinnen können und auch Querverweise finden, die die Komplexität und Interaktion dieser Veränderungen verständlich machen. Nun laden wir Sie ein, dieses umfassende Buch zu lesen und sich von den vielfältigen Ansätzen und Befunden zur Entwicklung im Jugendalter faszinieren zu lassen. Wir sind überzeugt, dass die Lektüre das allgemeine Verständnis über das Jugendalter befördern kann und hilft, die teilweise negativen Vorurteile gegenüber Jugendlichen abzubauen.

## Literatur

- Arnett, J. J. (2000). Emerging adulthood: A theory of development from the late teens through the twenties. *American Psychologist*, 55(5), 469.
- Chisholm, L. & Hurrelmann, K. (1995). Adolescence in modern Europe: Pluralized transition patterns and their implications for personal and social risks. *Journal of Adolescence*, 18, 129–158.
- Silbereisen, R. & Weichold, K. (2012). Jugend. In W. Schneider & U. Lindenberg (Hrsg.), *Entwicklungspsychologie* (S. 235–258). Weinheim: Beltz.
- Weiler, J. (2014). *Das Pubertier*. Reinbek: Rowohlt.

**Teil I**  
**Biologische Prozesse im Jugendalter**



# 1 Genetische Einflüsse und Wirkweisen<sup>1</sup>

Jens B. Asendorpf

1.1	Genetische Einflüsse auf Entwicklungsveränderungen .....	18
1.2	Genetische Einflüsse auf interindividuelle Unterschiede .....	21
1.2.1	Verhaltensgenetischer Ansatz .....	22
1.2.2	Molekulargenetischer Ansatz .....	24
1.2.3	Epigenetischer Ansatz .....	25
1.3	Geteilte versus nicht geteilte Umwelten und Umwelteinflüsse .....	26
1.4	Statistische Interaktion von Gen(om)en und Umwelten .....	28
1.5	Korrelation von Genomen und Umwelten .....	30
1.6	Zum Menschenbild der Genetik .....	32
	Literatur .....	33

Genetische Erklärungsansätze werden in der Psychologie des Jugendalters für zwei völlig verschiedene Phänomene genutzt: universelle Entwicklungsveränderungen und interindividuelle Unterschiede.

Zum einen kommt es mit dem Einsetzen der Pubertät zu großen anatomischen, physiologischen und psychologischen Veränderungen. Diese Veränderungen werden meist durch »biologische Reifung« erklärt, wobei unter Reifung »genetisch vorprogrammierte« Entwicklungsveränderungen verstanden werden, die weitgehend unabhängig von Umweltbedingungen ablaufen und insofern universell sind, als sie bis auf pathologische Ausnahmen bei allen Menschen in allen

Kulturen in einem ähnlichen Alter beobachtet werden können. Hier werden also *universelle Entwicklungsveränderungen* genetisch erklärt. Wie soll man sich aber eigentlich diese genetische Vorprogrammierung vorstellen? Hierzu hüllen sich psychologische Erklärungen meist in Schweigen und weichen nicht selten auf eine »negative Definition« von Reifung aus, und zwar derart, dass Reifung dann vorliegt, wenn Entwicklungsveränderungen *nicht* auf Erfahrung, Übung, Erziehung oder Sozialisation beruhen. Dann wäre Reifung aber lediglich eine Restkategorie, die nichts erklärt. Der erste Teil dieses Kapitels nimmt das Konzept der Reifung durch genetische Vorprogrammierung kritisch unter die Lupe.

Zum anderen bestehen zu jedem Zeitpunkt des Jugendalters große Unterschiede zwischen altersgleichen Jugendlichen (*interindividuelle Unterschiede*). Für manche Merkmale wie z. B. die Körpergröße lassen sich diese Unterschiede teilweise auf einen unterschiedlichen Pubertätsbeginn zurückführen: Wer früher in die Pubertät kommt, wächst schnell-

1 Dieses Kapitel ist eine überarbeitete Version des Beitrags »Methodische Zugänge der Genetik« von Jens B. Asendorpf aus: Hurrelmann/Bauer/Grundmann/Walper (Hrsg.), Handbuch Sozialisationsforschung (8. Aufl.) © 1980, 2015 Beltz Verlag in der Verlagsgruppe Beltz, Weinheim, Basel. Mit freundlicher Genehmigung des Beltz Verlags.

ler als jemand, der später in die Pubertät kommt, so dass sich die Rangfolge der Altersgleichen im Verlauf des Jugendalters vorübergehend deutlich verändert, obwohl die Stabilität der Körpergrößen-Unterschiede bei Überspringen des Jugendalters hoch ist: Wer in der späten Kindheit zu den Großen des Jahrgangs gehört, wird auch im frühen Erwachsenenalter zu den Großen des Jahrgangs gehören. Eine Destabilisierung im Jugendalter findet sich auch bei manchen psychologi-

schen Merkmalen, wenn pubertätsgebundene Merkmalsausprägungen stabile Persönlichkeitsmerkmale überlagern (z. B. bei antisozialem Verhalten; Moffitt, 2007). Unabhängig davon bleibt aber das Erbe-Umwelt-Problem bei der Erklärung der langfristig eher stabilen Persönlichkeitsmerkmale bestehen: Wieweit sind sie durch genetische Unterschiede, Umweltunterschiede und deren Wechselwirkung erklärbar? Mit dieser Frage beschäftigen sich die weiteren Teile dieses Kapitels.

## 1.1 Genetische Einflüsse auf Entwicklungsveränderungen

Die gesamte genetische Information eines Menschen wird sein *Genom* genannt. Das Genom besteht aus vielen lokalen Abschnitten, den *Genen*, die durch ihren Ort im Genom und ihre Funktion im Stoffwechsel definiert sind (vgl. Kasten zu zentralen Begriffen der Genetik). Dasselbe Gen kann bei unterschiedlichen Menschen in unterschiedlichen Varianten auftreten (den *Allelen* des

Genes); dadurch kann dasselbe Gen bei unterschiedlichen Menschen unterschiedliche Funktionen im Stoffwechsel ausüben. Da es ca. 25 000 Gene gibt, die oft als verschiedene Allele vorkommen, und da bei der Zeugung die Gene von Vater und Mutter zufällig gemischt werden, sind Menschen genetisch *einzigartig*: Mit Ausnahme eineiiger Zwillinge gleicht kein Genom dem anderen.

### Zentrale Begriffe der Genetik

Allel	spezifische Variante eines Gens
Epigenetik	Teil der Genetik, der sich mit der epigenetischen Kodierung von Genen beschäftigt
epigenetische Kodierung	umweltabhängige Kodierung von Genen einer Zelle, die an Tochterzellen weitergegeben werden
Epigenom	Gesamtheit der epigenetisch kodierten Gene eines Individuums
Gen	funktionale Einheit des Genoms
Genom	Gesamtheit der Gene eines Individuums
Gen(om)-Umwelt-Interaktion	statistische Wechselwirkung zwischen den Effekten eines Gens (Genoms) und seiner Umwelt
Genom-Umwelt-Korrelation	Häufung bestimmter Genome in bestimmten Umwelten
GCTA	Genome-wide Complex Trait Analysis, GWAS unter Berücksichtigung der Korrelationen zwischen SNPs
GWAS	Genomweite Assoziationsstudie, versucht genetische Unterschiede auf Ebene von SNPs zu identifizieren

QTL	Quantitative Trait Locus, genetischer Marker für eine Eigenschaft
SNP	Single Nucleotide Polymorphism, Baustein von Genen, das zwischen Individuen variiert
Umwelt, (nicht) geteilte	Umwelt, die Geschwister oder Eltern (nicht) teilen
Umwelteffekt, (nicht) geteilter	Umwelteffekt, den Geschwister oder Eltern (nicht) teilen

Nach dem *zentralen Dogma der Molekulargenetik* verändert sich das Genom zwischen Zeugung und Tod nicht. Es handelt sich hierbei um eine Arbeitshypothese, die die Dinge vereinfacht, wobei die heutige Molekulargenetik durchaus Ausnahmen kennt (z. B. organspezifische kleinere Mutationen; Lodato et al., 2015). Aus der weitgehenden Konstanz des Genoms und aufgrund der Annahme, dass Gene *direkt* auf die Entwicklung und das Verhalten wirkten, wird oft der Schluss gezogen, dass der genetische Einfluss konstant sei und außer durch gentechnologische Maßnahmen nicht verändert werden könne. Das ist ein Fehlschluss, der zu zahlreichen grundlegenden Missverständnissen über den genetischen Einfluss führt.

Gene wirken nicht direkt auf Entwicklung und Verhalten. Gene sind Moleküle, deren *Aktivität* direkt auf die Proteinsynthese der Zelle wirkt, in der sie sich befinden. Genetische Wirkungen entfalten sich im Verlauf der Entwicklung *immer in Wechselwirkung mit der Umwelt des Genoms*. Anfangs handelt es sich um Wechselwirkungen zwischen Zellen des heranwachsenden Embryos. Später spezialisieren sich durch diese Wechselwirkung Rezeptorzellen, die in der Lage sind, Reize aus der Umwelt des Embryos aufzunehmen. Hierbei *kanalisiert* die Umwelt den genetischen Einfluss auf die Hirnentwicklung. Z. B. ermöglicht es das Genom allen Kindern, jede beliebige Sprache zu erlernen. Im Prozess des Spracherwerbs geht diese Plastizität aber zunehmend verloren (Gottlieb, 1991), so dass ab dem Ende des Jugendalters Fremdsprachen meist nicht mehr völlig akzentfrei erworben werden (Birdsong, 1999).

Umwelteinflüsse können also in die »Ausreifung« des Gehirns eingreifen. Zwar können sie nur in seltenen Fällen das Genom verändern (z. B. bei Mutationen durch Strahlenbelastung), aber sie können die *Gen-Aktivität* und damit die *Wirkungen* von Genen verändern. In Analogie zu einem Computer sind Gene die Hardware, wobei die Gen-Aktivität entscheidend von der Programmierung der Hardware abhängt, der *epigenetischen Kodierung* der Gene. Sie bestimmt, ob bestimmte Gene zu bestimmten Zeitpunkten »angeschaltet« oder »abgeschaltet« werden und wie stark sie aktiv sind. Umwelteinflüsse können die epigenetische Kodierung ändern und dadurch die Gen-Aktivität (► Kap. 1.2.3).

Aber selbst wenn Umwelteinflüsse keine Konsequenzen auf die epigenetische Kodierung haben, können sie dennoch genetische Wirkungen verändern, indem sie in nachgelagerte Stoffwechselprozesse eingreifen. Das klassische Beispiel hierfür ist die Stoffwechselstörung *Phenylketonurie*. Eine Variante davon beruht auf einem Allel des ersten Chromosoms. Wird dieses Allel von Vater *und* Mutter geerbt, führt diese homozygote Form zu einem Phenylalanin-Überschuss, der die Entwicklung des Zentralnervensystems beeinträchtigt und eine massive Intelligenzminderung verursacht. Wird jedoch bis zum Jugendalter eine phenylalaninarme Diät eingehalten, wird dieser intelligenzmindernde genetische Effekt fast vollständig beseitigt.

Von daher ist die Vorstellung falsch, das Genom »sei« oder »enthalte« ein Programm, das die Entwicklung eines Organismus *steuert* (vgl. dazu genauer Oyama, 2000). Viel-