



Röbbe Wünschiers

Gentechnik im Wandel

Wie CRISPR und KI unser Leben verändern

Röbbe Wünschiers
Gentechnik im Wandel

Schriftenreihe Band 11324

Röbbe Wünschiers

Gentechnik im Wandel

Wie CRISPR und KI unser Leben verändern

Röbbe Wünschiers, Prof. Dr. rer. nat. habil., ist Professor an der Fakultät für Angewandte Computer- und Biowissenschaften an der Hochschule Mittweida.

Diese Veröffentlichung stellt keine Meinungsäußerung der Bundeszentrale für politische Bildung dar. Für die inhaltlichen Aussagen trägt der Autor die Verantwortung. Beachten Sie bitte auch unser weiteres Print- sowie unser Online- und Veranstaltungsangebot. Dort finden sich weiterführende, ergänzende sowie ggf. kontroverse Standpunkte zum Thema dieser Publikation.

Bonn 2026

Sonderausgabe für die Bundeszentrale für politische Bildung

Bundeskanzlerplatz 2, 53113 Bonn, info@bpb.de

© Röbbe Wünschiers, exklusiv lizenziert an Springer-Verlag GmbH, DE, ein Teil von Springer Nature 2019, 2026

2. Auflage (Titel Erstauflage: Generation Gen-Schere – Wie begegnen wir der gentechnologischen Revolution?)

Springer ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature

Umschlaggestaltung: Michael RechI, Kassel

Umschlagmotiv: © Science Photo Library / Sam Falconer, Debut Art

Planung / Lektorat: Sarah Koch

ISBN 978-3-7425-1324-3

www.bpb.de

Vorwort

Nicht nur die Gentechnik, sondern auch die Welt ist im Wandel. Wir leben derzeit in einer dreifachen planetaren Krise, geprägt von massivem Biodiversitätsverlust, umfassender Umweltverschmutzung und dem globalen Klimawandel. Es gibt viele Entwicklungen, mit denen dieser Krise begegnet wird. Eine davon ist die Gentechnik, insbesondere der Einsatz der Genschere CRISPR/Cas in der Züchtung. Ende 2025 einigten sich das Europäische Parlament und der Rat der EU auf erleichterte Vorschriften für den Anbau und Einsatz von Pflanzen, die mit neuen genomischen Techniken wie CRISPR/Cas gezüchtet werden. Eine weitere ist der Einsatz künstlicher Intelligenz in allen Lebensbereichen. Mitte 2024 verabschiedete die EU die weltweit ersten verbindlichen Regelungen zur künstlichen Intelligenz. Sowohl die Gentechnik als auch die künstliche Intelligenz sind Technologien mit einer unvorstellbaren Wirkmacht. Daher ist auch ihre Regulierung ein wichtiger Aspekt, dem in dieser zweiten Auflage in Bezug auf die Gentechnik ein eigenes Kapitel gewidmet ist. Alle anderen Kapitel wurden aktualisiert. Dabei habe ich versucht, den Charakter des Buches als allgemeine Einführung beizubehalten.

Es ist mein Hauptanliegen, zu zeigen, wo wir mit der Gentechnik heute stehen und wie der Weg dorthin verlief. Darum erkläre ich nicht nur die Genschere CRISPR/Cas und die damit mögliche Genomeditierung, sondern auch Methoden der klassischen Züchtung. Vor dem Hintergrund, dass uns die Pflanzenzüchtung die Nahrungsgrundlage sichert und neue genomische Techniken wie CRISPR/Cas zunehmend einen Beitrag zur Züchtung leisten, ist mir diese Gegenüberstellung – oder besser: Nebeneinanderstel-

lung – wichtig. Ob gegenüber oder nebeneinander ist letztlich eine Definitionsfrage – und natürlich auch eine rechtliche.

Angesichts der globalen Krisen sind informierte Entscheidungen der einzige Weg, um zu Lösungen beizutragen. Ich lese in der Fachliteratur große Worte: Nature 4.0, Assisted Evolution, De-Extinction, Ecological Restoration Technologies, Agriculture 4.0 und so weiter. Am Ende geht es immer um den Erhalt der Ökosphäre. Dazu beizutragen erfordert Forschung und Erfahrung, aber auch Fachwissen, um bestmögliche Entscheidungen für eine bestmögliche Welt zu treffen. Politisch sind Völkerrecht und EU-Gesetzgebung das obere Ende der Fahnenstange zur Umsetzung dieser Entscheidungen – Ihre Stimme bei der lokalen, Landes- oder Bundestagswahl bildet das untere Ende, die Basis. Diese Basis hatte ich beim Schreiben und Überarbeiten des Buches im Auge.

Ich habe sprachlich versucht, das X- und das Y-Chromosom paritätisch anzusprechen. Auf Referenzen zu Gesetzestexten habe ich verzichtet, da diese leicht im Internet auffindbar sind. Notwendige Übersetzungen habe ich, teilweise mithilfe von DeepL, vorgenommen. Künstliche Intelligenz hat mir beim Korrekturlesen geholfen. Alle Abbildungen können bei GitHub heruntergeladen werden: github.com/awkologist/gs_2

Natürlich freue ich mich über Feedback per E-Mail – Sie finden mich – und über Follower bei Instagram: [the.awkologist](https://www.instagram.com/the.awkologist)

Im Dezember 2025

Röbbe Wünschiers

Inhaltsverzeichnis

1	Vorgedanken	1
2	Was ist Erbinformation?	9
3	Züchtung gestern bis heute	31
4	Erbgut lesen	89
5	Erbgut editieren	121
6	Erbgut schreiben	151
7	Gene und Gesetze	169
8	Gene und Gesellschaft	263
9	Genetik neu denken	295
10	Und nun?	319
	Stichwortverzeichnis	323

1

Vorgedanken

Während die junge Generation mit ihren Eltern und Großeltern in Sachen Klima- und Umweltschutz abrechnet, entstehen in den Laboren der Welt Methoden, die mit gentechnologischem Wissen und gentechnischen Praktiken zum Klima- und Umweltschutz einen Beitrag leisten – oder alles noch viel schlimmer machen – könnten. Spätestens seitdem die schwedische Schülerin Greta Thunberg die Aufmerksamkeit der jungen, aber auch älteren Menschen auf die Umweltprobleme unseres Planeten gelenkt hat, ist endgültig klar: Wir, Jung wie Alt, haben eine Langzeitverantwortung, der wir mehr schlecht als recht gerecht geworden sind. Längst haben wir unserem Erdzeitalter einen eigenen Namen verpasst: das **Anthropozän**, ein Begriff, den der deutsche Chemiker und Nobelpreisträger Paul Crutzen und der US-amerikanische Biologe Eugene Stoermer im Jahr 2000 populär gemacht haben [1]. Das Anthropozän beschreibt das gegenwärtige Zeitalter, in dem der Mensch zu einem der wichtigsten Einflussfaktoren auf die biologischen, geologischen und atmosphärischen Prozesse geworden ist. Wir beobachten massives Artensterben, einen Rückgang des Permafrosts und das Abschmelzen von Gletschern und Polkappen sowie die Ausbildung neuer Sedimentschichten, unter anderem aus Plastikpartikeln. Gleichzeitig wissen wir, dass allem Lebendigen auf unserem Planeten ein einfacher, aus nur vier Bausteinen bestehender Code zugrunde liegt: der genetische Code, molekular niedergeschrieben in der DNA (Kap. 2). Kann er uns helfen?

Seit den 1950er-Jahren, den Geburtsjahren der Molekularbiologie, beginnen wir, diesen Code zu verstehen. Seit den 1970er-Jahren, den Geburtsjahren der Gentechnik, können wir ihn gezielt verändern. Seit 1986 gibt

es gewollte Freisetzen gentechnisch veränderter Organismen (zunächst Pflanzen). Seitdem können wir sagen, dass sich zu unserem **ökologischen Fußabdruck** auch ein **genetischer Fußabdruck** gesellt. Die aktuelle gentechnologische Revolution wurde 2012 eingeläutet, als zwei Wissenschaftlerinnen und ein Wissenschaftler der Natur ein Verfahren abgeschaut haben, wie sich der genetische Code noch präziser verändern (editieren) lässt. Stellen Sie sich vor, Sie editieren einen von 3,2 Mrd. Buchstaben – das ist die Zahl der Bausteine des menschlichen Erbguts. Dieses Buch hat übrigens rund 480.000 Zeichen. Das ist die Präzision der neuen **Genschere** (Abschn. 5.1), die mit Martin Suters Roman „*Elefant*“ von 2017 auch Eingang in die deutschsprachige Gegenwartsliteratur gefunden hat [2].

Und dann der „*Gentech-Hammer*“, wie die BILD es schrieb: Am 26. November 2018 kündigte der chinesische Wissenschaftler Jiankui He im Zuge einer wissenschaftlichen Konferenz an, erstmals das Erbgut bei mindestens zwei Menschen, den Zwillingen Nana und Lulu, nachhaltig verändert zu haben [3]. Nachhaltig bedeutet, dass auch die Nachkommen von **Nana** und **Lulu** die genetische Veränderung in jeder einzelnen Zelle tragen. Ein Tabu ist gebrochen. Im Anthropozän entsteht das Anthro-Gen, das vom Menschen gemachte Gen. Jiankui He wurde wegen unethischer und nicht genehmigter Medizinforschung zu einer Geldstrafe von umgerechnet rund 380.000 Euro verurteilt und hat seine zusätzliche dreijährige Haftstrafe Ende 2022 abgesessen. Seine Forschung zur embryonalen Geneditierung setzt er seither, unter Einhaltung der Richtlinien, fort. Soll und kann es so weitergehen? Wie die Gentechnik-Gesetzgebung in Europa organisiert ist und wie die Genschere reguliert werden soll, ist in Kap. 7 ausführlich dargestellt.

Nana und Lulu sind ungewollt nachhaltige Vertreter, aber auch Produkte der Generation Genschere. Mit der **Generation Genschere** meine ich in erster Linie jene derzeit lebende Alterskohorte, welche die Zeugung von Nachkommen noch vor sich hat. Diese Generation hat nicht nur eine immense globale Verantwortung in Hinblick auf die Umwelt und das Erdklima, sondern auch auf die Genosphäre [4]. Damit ist die Gesamtheit aller genetischen Systeme gemeint, welche die Existenz, Regeneration und Reproduktion der Biosphäre sicherstellen (Abschn. 8.4). Diese Generation wird spätestens beim schwangeren Gang in die Frauenarztpraxis oder beim kinderwunschgeschwängerten Gang zu Reproduktionsmedizinern vor die Frage gestellt, wie viel gentechnologisches Wissen und gentechnische Praktiken sie einsetzen will. Und jene Mediziner und Forscher, die die Genschere zur Verfügung stellen und weiterentwickeln, meine ich an zweiter Stelle als Generation Genschere. Gesamtgesellschaftlich stehen wir vor der Frage: Welche Mittel sind uns recht, um unserer Verantwortung gegenüber dem Planeten

und nachfolgenden Generationen nachzukommen? Kann, darf oder muss die Gentechnik gar einen Beitrag zur Lösung leisten?

Das Framing der öffentlichen Diskussion durch Bedenkenträger schließt diese Möglichkeit scheinbar aus (Abb. 1.1). Wissenschaftler haben es in der heutigen Zeit schwerer denn je, Gehör zu finden. Komplexe Diskurse passen scheinbar nicht in unsere schnelllebige Zeit. Und die Wirtschaft hat mit der Monopolisierung und Kapitalisierung der Gentechnik, insbesondere im Saatgutgeschäft, maßgeblich zur gegenwärtigen, wenn auch sehr vagen, Meinung gegen Gentechnik in der Bevölkerung beigetragen. Hinzu kommt das europäische Trauma der **Eugenik**, die in England gedanklich formuliert, gemeinsam mit den USA weitergedacht und in der Zeit des Nationalsozialismus fatal missbraucht wurde. Aus diesem Gemenge ist die heutige Furcht entstanden, dass sich die Gentechnik durch die Macht des Kapitals der demokratischen Kontrolle entziehen könnte. Und damit geht es in der Diskussion um die Risiken (Abschn. 3.7) der Gentechnologie und Gentechnik meist weniger um die Technik selbst, als vielmehr um deren gesellschaftliche Einbettung. Mein Argument ist nicht, dass die Gentechnik die beste aller Lösungen ist. Aber ich spreche mich klar dagegen aus, dass sie die primäre Schuld an Problemen wie dem Rückgang der Biodiversität oder der Belastung von Ackerflächen mit Pestiziden [5] trägt. Kläranlagen haben nicht deshalb Probleme, weil es Toiletten gibt, sondern weil Menschen in der Toilette ihre Antibiotika entsorgen; Waschmaschinen sind nicht an umweltunverträglichen Waschmitteln schuld; Gentechnik befreit nicht von guter landwirtschaftlicher Praxis. Ich spreche mich jedoch gegen den vorherrschenden Pauschalisierungsaktionismus aus. Alle Aktivitäten gegen den Klimawandel müssen an ihrer Wirkung auf das Gesamtsystem Erde gemessen werden, wie es der englische Chemiker James

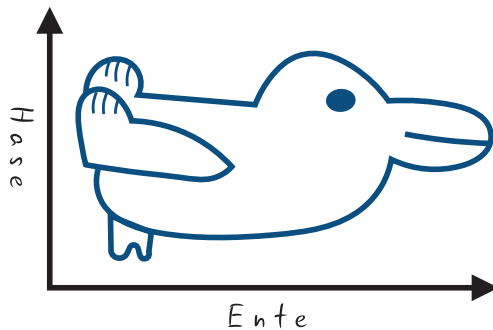


Abb. 1.1 Alles eine Frage des Blickwinkels. Durch geschicktes *Framing* kann aus einem Hasen schnell auch eine (Zeitung-)Ente werden

Lovelock und die US-amerikanische Mikrobiologin Lynn Margulis schon in den 1970er-Jahren mit ihrer **Gaia-Hypothese** formulierten [6]. Insofern ist auch die Bewertung der **Gentechnik im Wandel**.

Als ich vor einigen Jahren einer Kinderpsychologin von meinem Vorhaben erzählte, ein Buch über die Gentechnik zu schreiben, sagte sie: „*Ja, das ist ein wichtiges Thema.*“ Und dann: „*Aber hoffentlich doch gegen die Gentechnik?!*“ Diese reflexartige Reaktion gegen die Gentechnik entspannte sich im weiteren Gespräch, nachdem wir verschiedene Aspekte beleuchtet und Szenarien diskutiert hatten. Aber ich erlebe dies häufig: Ablehnung als Reflex, Beleuchtung des Themas, Differenzierung der Meinung. Es werden dann Fälle des Einsatzes der Gentechnik unterschiedlich bewertet und auch Unterschiede zwischen der Gentechnik und der Gentechnologie deutlich. Das bunt werdende Bild macht eine Entscheidung für oder gegen den Einsatz der Gentechnik, auch im Einzelfall, nicht notwendigerweise leichter. Aber die Zeit müssen wir uns nehmen. Dieser Reflex bestärkte auch mein Bedürfnis, mit diesem Buch einen inhaltlichen Beitrag zu dieser Debatte zu leisten.

Im Jahr 2018 erschien eine Studie, die beschreibt, dass **extreme Gegner** von gentechnisch veränderten Lebensmitteln einen unterdurchschnittlichen Bildungsstand in Sachen Gentechnik aufweisen [7]. Im Kontrast dazu meinen aber eben diese Menschen, besonders gut informiert zu sein. Diese Beobachtung wurde sowohl in Deutschland als auch in Frankreich und den USA gemacht. In der Einstellung der Befragten gegenüber der Gentechnik und ihrem Wissen um die medizinische Anwendung der Gentechnik als Gentherapie (Abschn. 5.3) kam die Studie zu demselben Ergebnis. Anders beim Thema Klimawandel: Vertreter extremer Positionen weisen hier eine größere sachliche Kompetenz auf. Die Studie unterstreicht somit einmal mehr die **Emotionalität** beim Thema Gentechnik. Und sie zeigt das bekannte Phänomen, dass extreme Einstellungen häufig mit einer Abschottung gegenüber anderen und neuen Informationen einhergehen. Ich behaupte, dass dies auch für **extreme Befürworter** gilt. Dies muss nicht einmal gewollt sein, sondern kann auch im Unterbewusstsein ablaufen. Dieses als **Ankerheuristik** bekannte Phänomen nutzt unser Gehirn, um neue Informationen an bereits vorhandene anzuhängen. Die Vorstellung, dass der Klimawandel eine reale Bedrohung für die Menschheit darstellt, kann beispielsweise dazu führen, dass wir jegliche Informationen über Naturkatastrophen mit dem Klimawandel in Verbindung bringen. Übertragen auf die Gentechnik kann dies zu dem **Schwarz-Weiß-Trugschluss** führen, dass es entweder nur mit oder nur ohne sie geht. Und dies erlebe ich immer wieder: Im Februar 2016 habe ich an einer Podiumsdiskussion zum Thema „*Grüne Gentechnik: Teufelswerk oder ethisches Gebot?*“ teilgenommen. Während der Dis-

kussion mit Fachleuten und dem Publikum mahnte ich zur Vorsicht beim Einsatz der damals noch recht neuen Methoden zur Geneditierung mit der Genschere CRISPR/Cas – was das ist, davon später mehr (Abschn. 5.1). Wie allzu häufig erlebte ich auch hier wieder einmal Schwarz-Weiß-Malerei. Weder Befürworter noch Gegner konnten aufeinander zugehen. Die Fronten waren festgelegt. Wie zur Bestätigung kam nach dem Vortrag eine ehemalige Kollegin aus meiner Zeit bei der *BASF Plant Science* auf mich zu und warf mir vor, Ängste zu schüren. Sie meinte, dass die neue Technik doch ungeahnte Chancen biete und wir aufpassen müssen, dass wir die Bürgerinnen und Bürger diesmal gut über die Vorteile aufklären, statt zu viel über die potenziellen Nachteile zu sprechen und so unnötige Sorgen zu verbreiten. Da ich die Dame gut kannte, wusste ich, was sie meinte. Dem „diesmal“ steht ein vergangenes Mal gegenüber: die Einführung der Gentechnik in die Landwirtschaft in den 1980er-Jahren. Damals wurde nicht viel aufgeklärt, sondern einfach gentechnisch Machbares umgesetzt. Das gebrochene Vertrauen wird, wie angesprochen, heute von vielen Marktkennern als eine Quelle des Widerstands gegen die Gentechnik gedeutet. Mit der neuen Gentechnik, der auf der CRISPR/Cas-Genschere basierenden Geneditierung, könnte ein neuer Versuch unternommen werden, die Chancen und Risiken der Gentechnik öffentlich und kontrovers zu diskutieren. Mit kontrovers meine ich aber nicht das Aufeinandertreffen von Fronten, wie wir es bisher erleben. Ich erwarte, dass innerhalb jeder Front kontrovers diskutiert wird. Wir müssen weg von der Schwarz-Weiß-Malerei und bunter denken (lernen).

Apropos Lernen: Wir leben nicht nur im Zeitalter der DNA-Technologie, sondern auch der Datenmassen. Und beides zusammen hat natürlich ein riesiges Potenzial. Egal, ob man Wald- und Wiesenbiologe ist, in der medizinischen Forschung arbeitet oder die Stammesgeschichte einer Tiergruppe nachvollziehen möchte: Immer werden Daten mit dem Computer erfasst und ausgewertet. Und zunehmend übernehmen dies lernende Algorithmen und Sprachmodelle, kurz, **künstliche Intelligenz**. Ein internationales Forscherteam hat 2019 eine Software namens **DeepGestalt** entwickelt, die über 200 seltene Erkrankungen in Porträtfotos identifizieren und mit möglichen genetischen Defekten in Verbindung bringen kann. Dazu wurde die Software mit mehr als 17.000 Bildern von diagnostizierten Erkrankten trainiert. Was früher ein Forscherleben gedauert hat, wird heute in Sekunden analysiert. Algorithmen lernen die Sprache der Natur, und so kann ein KI-gestütztes Modell wie **RoseTTAFold** komplett neue Proteine mit gewünschten Funktionen designen [8]. Abschn. 9.2 liefert einen Überblick über den generellen Einsatz von KI in der Gentechnologie.

Die erste Auflage dieses Buches sollte ursprünglich „*Gene, Genome und Gesellschaft*“ heißen. Zahlreiche internationale Studien der jüngeren Zeit zeigen jedoch auf, dass die meisten Menschen „gentechnische Analphabeten“ sind [9, 10]. Das Wort Genom hat für sie keine klare Bedeutung und wird am ehesten mit Genmanipulation in Verbindung gebracht. Gene sind so abstrakt wie Atome. Und Gene zu manipulieren, das kann nichts Gutes versprechen. Wir lassen uns ja auch ungern von den Medien manipulieren. Eine genetische Modifikation? Das klingt schon besser. Eine genetische Optimierung? Eine amerikanische Sozialforscherin hat mich, als ich diesen Begriff verwendete, ausgelacht: „*Du willst die Natur optimieren?*“ Sie meinte, dass die Natur doch schon optimal sei. Design? Mit der Genschere können wir Lebewesen designen. Hmm. Im Englischen gibt es das *engineering*, übersetzt Konstruieren. Lebewesen am Reißbrett designen und dann im Labor konstruieren? – Wie weit wir damit sind, zeige ich im Abschn. 6.2. Aber streng genommen: Züchtung, Züchtigung und Zuchthaus klingen auch nicht toll, oder? Auch ist die Genschere keine Schere, aber in den meisten Ohren klingt Genschere wohlklingender als CRISPR/Cas. Also, lassen wir uns nicht von verzerrten Bildern durch konstruierte Namen manipulieren und vereinnahmen! Nehmen wir sie als das, was sie sind: Sinnbilder.

Begleiten Sie mich nun in die schlicht und ergreifend faszinierende Welt der molekularen Biologie und Genetik und malen Sie sich Ihr ganz persönliches Bild.

Literatur

1. Crutzen PJ, Stoermer EF (2000) The “Anthropocene”. *Global Change News* 41: 17–18
2. Suter M (2017) *Elefant*. Diogenes Verlag, Zürich/CH
3. Gentechnologie-Forscher: Designer-Babys in China geboren. (2018) In: *Bild*. Aufgerufen am 23.04.2019: bild.de/news/ausland/news-ausland/gentechnologie-forscher-designer-babys-in-china-geboren-58647586.bild.html
4. Sauchanka UK (1997) *The genosphere: the genetic system of the biosphere*. Parthenon Publishing, Carnforth/UK
5. Klümper W, Qaim M (2014) A Meta-Analysis of the Impacts of Genetically Modified Crops. *PLoS One* 9: e111629. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111629>
6. Lovelock JE, Tellus LM (1974) Atmospheric homeostasis by and for the biosphere: the Gaia hypothesis. *Tellus* 26: 2–10. <https://doi.org/10.3402/tellusa.v26i1-2.9731>

7. Fernbach PM, Light N, Scott SE, et al (2018) Extreme opponents of genetically modified foods know the least but think they know the most. *Nat Hum Behav* 3: 251–256. <https://doi.org/10.1038/s41562-018-0520-3>
8. Baek M, DiMaio F, Anishchenko I, et al (2021) Accurate prediction of protein structures and interactions using a three-track neural network Deep learning takes on protein folding. *Science* 373: 871–876. <https://doi.org/10.1126/science.abj8754>
9. Middleton A, Niemiec E, Prainsack B, et al (2018) “Your DNA, Your Say”: Global survey gathering attitudes toward genomics: design, delivery and methods. *Pers Med* 15: 311–318. <https://doi.org/10.2217/pme-2018-0032>
10. Boersma R, Gremmen B (2018) Genomics? That is probably GM! The impact a name can have on the interpretation of a technology. *Life Sci Soc Policy* 14: 8. <https://doi.org/10.1186/s40504-018-0072-3>

Weiterführende Literatur

- Knoepfler P (2018) *Genmanipulierte Menschheit*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-56001-3>
- Hampicke U (2018) *Kulturlandschaft – Äcker, Wiesen, Wälder und ihre Produkte*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-57753-0>
- Jahn A (Hrsg) (2018) *Leben bleibt rätselhaft*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-56670-1>
- Meloni M (2016) *Political Biology*. Palgrave Macmillan, Hampshire/UK. <https://doi.org/10.1057/9781137377722>
- Kay LE (2005) *Das Buch des Lebens*. Suhrkamp, Berlin
- Watson JL, Juergens D, Bennett NR, et al (2023) De novo design of protein structure and function with RFdiffusion. *Nature* 620: 1089–1100. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06415-8>

2

Was ist Erbinformation?

Wir leben im Zeitalter der DNA, der Desoxyribonukleinsäure. Das ist der komplizierte chemische Name für das Trägermolekül der Erbinformation, das den Bauplan einer jeden Zelle vom Bakterium bis zum Menschen enthält. Im Deutschen schreibt man eigentlich **DNS**, wobei das S für Säure steht, anstelle des A für *acid* (dt. Säure). Aber die englische Version hat sich weitgehend durchgesetzt, sogar in Frankreich, wo es sonst ADN hieße (*acide désoxyribonucléique*). Im Jahr 2018 wurde die **DNA** sogar offiziell als Emoji aufgenommen und kann so Tweets, Posts und andere Nachrichten grafisch bereichern (Abb. 2.1).

Bevor sich eine Zelle in zwei Tochterzellen teilt, verdoppelt sie ihr Erbgut, auch Genom genannt. Wir Menschen geben unsere Erbinformation über Ei- und Samenzellen, die sogenannten Keimzellen, an die nächste Generation weiter. Dabei kann es zu Veränderungen (Mutationen) der Informationen kommen. Diese entstehen entweder beim Kopieren oder infolge der Einwirkung von beispielsweise Chemikalien oder Strahlung (Abschn. 3.1). Mutationen tragen dazu bei, dass kein Lebewesen dem anderen gleicht. Selbst eineiige Zwillinge unterscheiden sich nachweislich in ihrer Erbinformation, wenn auch nur minimal [1]. Mutationen können schädlich sein, sich vorteilhaft auswirken oder keine Wirkung entfalten, sich also neutral verhalten. Die Variabilität des Erbguts ist es, welche die Evolution durch Variation und Selektion antreibt, wie es Charles Darwin und Alfred Russel Wallace in der Mitte des 19. Jahrhunderts beschrieben haben. Seit einiger Zeit wissen wir jedoch auch, dass zu Lebzeiten erworbene Erfahrungen, wie Jean-Baptiste Lamarck ebenfalls am Anfang des 19. Jahrhunderts vermutete,

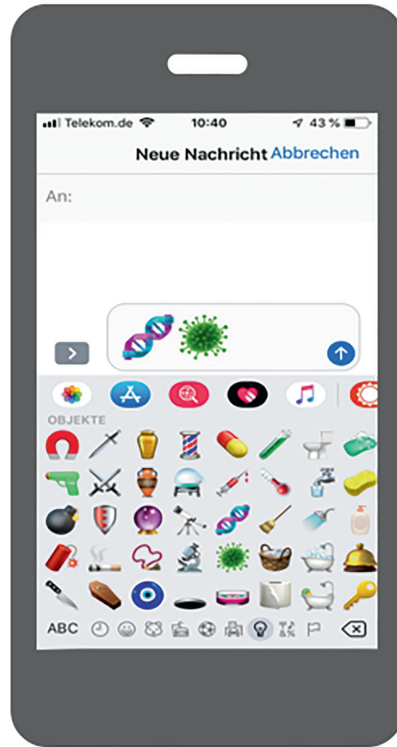


Abb. 2.1 Im Jahr 2018, 65 Jahre nach der Aufklärung ihrer Struktur, wurden die DNA und auch Viren als Emoji aufgenommen

an nachfolgende Generationen weitergegeben werden können. Der dahinterliegende Mechanismus wird als Epigenetik bezeichnet und revolutioniert zurzeit das Denken über Medizin, Gentechnik und Evolution. Sie wird ausführlicher in Abschn. 9.1 beschrieben.

2.1 Das DNA-Molekül

Manchmal frage ich mich, ob der Begriff DNA überhaupt noch erklärt werden muss, da er in der Gesellschaft angekommen zu sein scheint. So spricht der BMW-Chef Harald Krüger im Bereich des Fahrzeugbaus von „*unternehmerischer DNA*“ [2]. In einem Beitrag über die katholische Kirche lese ich von der „*katholischen DNA*“ [3] und in einem Bericht über das Vereinigte Königreich und den Brexit von der „*kulturellen DNA*“ [4]. Der Rektor meiner Hochschule spricht gerne von der DNA unserer Hochschule