

Reinhard Renneberg · Iris Rapoport

Gene zum Frühstück



95 Kolumnen
aus der Biologie

SACHBUCH



Springer

Gene zum Frühstück

Reinhard Renneberg ·
Iris Rapoport

Gene zum Frühstück

95 Kolumnen aus der Biologie



Springer

Reinhard Renneberg
Hong Kong University of Science
and Technology
Hong Kong, Volksrepublik China

Iris Rapoport
Harvard Universität
Boston, MA, USA

ISBN 978-3-662-65955-7 ISBN 978-3-662-65956-4 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-65956-4>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer-Verlag GmbH, DE, ein Teil von Springer Nature 2022

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Umschlagskarikatur: Ekkehard Müller, Umschlaggestaltung: DeBlik, Berlin.

Planung/Lektorat: Renate Scheddin

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

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Vorwort

Es ist ein buntes Kaleidoskop, das in diesem nun schon 6. Band von Reinhard Renneberg und Iris Rapoport ausbreitet wird.

Geschrieben in einer Zeit, in der ein kleines Virus hat bewusst werden lassen, dass Darwins „survival of the fittest“ für alles Lebende gilt, haben sich die beiden Biolumnisten den Blick auf die Vielfalt der Themen nicht verengen lassen.

Aber gerade der weltweite Kampf gegen Covid zeigte einmal mehr, dass Biowissenschaften und Biotechnologie ein unzertrennliches Paar sind: Nur weil einige Grundlagenforscher ein paar Jahrzehnte beharrlich gegen den Strom schwimmend ihren Visionen folgten, hatten Biotechnologen das Fundament, auf dem aufbauend sie in der Pandemie schnell reagieren konnten. Dadurch konnten neuartige Impfstoffe kreiert und ein noch schlimmeres Wüten der Viren verhindert werden.

Wie zu Galileis Zeiten hatte die Wissenschaft wieder einmal die Marktplätze erreicht. Begriffe wie mRNA und Cytokinsturm waren plötzlich in vieler Munde.

Doch dass Wissenschaft ein Prozess ist, ein von Mühen und Zweifeln und Fehlschlägen gesäumter Weg, war wohl nur wenigen bewusst. Sie hofften schnell auf Gewissheiten. Wohl auch deshalb währte die Dominanz wissenschaftlicher Erkenntnisse über bloße Meinungen oder gar skurrile Verschwörungstheorien nicht lange.

Sich dem entgegen zu stemmen, wissenschaftliche Erkenntnisse zu präsentieren und transparent werden zu lassen, ist und bleibt Ziel und Ansporn der Autoren.

Unsere Passion teilend, haben Ming Fai Chow und Ekkehard Müller wieder mit viel Phantasie und Können die Artikel illustriert. Wir danken Steffen Schmidt, der das Projekt dereinst auf der Wissenschaftsseite des „Neuen Deutschlands“ ins Leben gerufen hat.

Und wir alle danken dem Springer-Verlag in Heidelberg und Sarah Koch.

Reinhard Renneberg
Iris Rapoport

Inhaltsverzeichnis

„Vom Jungbrunnen und anderen Menschheitsträumen“

Auch Pferde	3
Super-Kuh »Ubre Blanca«	7
Jacob und die Gentechnik	11
Fröhliche Atomgärtnerei	15
Die Gentechnik wird bunt	19
Kinderkrankheiten der Gentherapie	23
Würden Sie Gene essen?	27
Gene und Profite	31
Der Süße vom Douro	35
Räuchern an der Waterkant	39

Dionysos, das Theater und der griechische Wein	43
Nanopartikel machen CO ₂ chemisch nutzbar	47
Gesunde »Pralinen«	51
Finken vor dem Aussterben retten und »Nessie« finden?	55
Rätsel um Designerbabys	59
»Omnis cellula e cellula«	63
Sterben, um zu leben	67
Der Wächter des Genoms	71
Enzyme, Mikroben und mein japanischer Meister	75
Gigant der Biotechnologie	79
Jungbrunnen dank CRISPR/Cas9?	83
Wie viele Bläschen sind im Gläschen?	87
Riesen-Einzeller	91
Zauberkekse für die Medizin	95
Fitness am Strand	99
120 Jahre alte Hefe braut Bier	103
Alien unter uns?	107
»Gen-Antrieb« gegen Malaria?	111
Nachwachsende Batterie-Elektroden	115
Die japanischen Großväter von CRISPR	119
Kurz vor Alicante ...	123
Der CRISPR-Vater, der aus der Kälte kam	127

„Wo Skorpione sich nützlich machen und alte Handarbeitstechniken gefragt sind“

Braindrain umgekehrt	133
Allheilmittel Aspirin?	137
Der Fluch des Zuckers	141
Fidels Wunderbaum	145
Zellulare Müllmänner	149
Hat Haeckel geschummelt?	153
Turbo-Gene gegen Malaria	157
Boccaccio und Corona	161
Skorpione gegen Herzprobleme?	165
Winzige Heiler	169

„Von unsichtbaren Feinden und wie wir uns wehren“

Bakterienfresser helfen	175
Das Immungedächtnis der Bakterien	179
Zellen auf Patrouille	183
Maßgeschneidert	187
Terroralarm	191
Zelluläre Alarmglocken	195
Erfahrung macht klug	199
Kubas Biotech-Triumph	203
Immunologischer Gedächtnisschwund	207
Wer hilft China gegen das Virus?	211

... Händewaschen nicht vergessen!	215
Das C-Wort	219
Impf-Pate Kuh	223
An der Goldgrube 12	227
Wettlauf mit dem Virus	231
Viren-Mathematik	235
Kuba trotzt dem Virus!	239
PCR-Blues	243
Das Ende des Anfangs?	247
Wie Hongkong impft	251
Ist das normal?	255
Wagen Phagen eigene Entscheidungen?	259
 „Wie Vitamine in den Kuchen kommen und warum Eier länger halten als man denkt“	
Vitamine im Hefekuchen	265
Roh oder gekocht	269
Probieren Sie mal	273
Der süße Brei	277
Das Nussparadoxon	281
Gaumenfreuden	285
Tolle Bohne!	289
Flavus – das Goldgelbe	293
Ein Hohelied	297
Vorratskammer Ei	301

**„Wo tote Zellen unverzichtbar sind und was
Prometheus uns lehrt“**

Horch, was kommt von draußen rein	307
Prometheus und die Leber	311
Hoffnung für Angsthasen	315
Garantiert aus Aquakultur	319
Paganinis Geheimnis	323
Braune Haut und buntes Obst	327
Schlüpf aus deiner Haut	331
Anti-Aging	335
Monets Tragik	339
Eine haarige Geschichte	343
Kindermund ...	347
Die Haare der Kaiserin	351
Tropfendes Blut	355
Wund(er)heilung	359
Gestrickte Adern	363
Farbspiele	367
Motoren ohne Gedröhn	371
Der Motor im Muskel	375
Der Schatten verrät es	379
Paläo-Carb-Revolution	383

„Vom Jungbrunnen und anderen Menschheitsträumen“



Auch Pferde

»Die Kuh im Propeller« kennen wohl alle gelernten Ossis. In dem vom unvergesslichen Manfred Krug vorgetragenen Poem geht es um den Versuch des Wächters einer Fliegerschule namens Grigorij Kossonossow, bei den Bauern seines Heimatdorfs Spenden für Flugzeuge zu sammeln. Er argumentiert vor den Bauern für die neue Technik: »Nun, das Flugwesen ... es entwickelt sich, Genossen!« Und als er erwähnt, wie einmal eine Kuh in den Propeller gekommen war, fragen seine Bäuerlein ängstlich: »Auch Pferde?« Er darauf: »Auch Pferde.« Was das alles mit Biotechnologie zu tun hat? Nun, inzwischen werden nicht nur Schafe, Hunde oder Kühe geklont, sondern auch Pferde.

Pferderennen sind in meiner langjährigen Wahlheimat Hongkong das einträglichste Geschäft für den Fiskus. 2018 machte der Jockey-Club 234 Mrd. Hongkong Dollar Umsatz. Da würde schon der Erlös von

sechs Renntagen reichen, um meine Super- Uni HKUST zu finanzieren.

Vor 20 Jahren kreierte ein Team um den Schotten Ian Wilmut das Schaf Dolly aus einer entkernten Eizelle und dem Zellkern einer Schafeuter-Zelle. Dieses »somatische Klonen« hat bereits bei zwei Dutzend Tierarten geklappt: von der Maus über Schweine, Rinder und Pferde bis hin zu Dromedaren.

Weltweit gibt es schon 200 bis 300 geklonte Pferde. So ein Klompferd kostet von 10.000 bis 100.000 €. Das erste schuf vor zwölf Jahren Cesare Galli. Der Italiener »verbrauchte« für das Pferd Prometea allerdings 15 bis 20 Embryonen. Tierschützer protestierten.

Das Interessante beim Pferde-Klonen ist, dass Hengste im Reitsport oft schon in jungen Jahren kastriert werden. Haben sie später Erfolg, kann man sie deshalb nicht mehr für die Zucht nutzen. Mit der Klontechnik aber geht das. Der argentinische Erfolgs-Polospieler und Züchter Adolfo Gambiaio hat das Klon-Pony Cuartetera vor wenigen Wochen für 800.000 Dollar versteigert. Genspender war das erfolgreiche Polo-Pferd Show Me. Das machte Furore.

Legal? Die Fédération Équestre Internationale, die internationale Dachorganisation des Pferdesports, gestattet inzwischen, auch geklonte Pferde ins Rennen zu schicken.

Bisher gibt es bei den Klonen noch keine Alters-Probleme wie die Arthritis bei Dolly. Die Pferde-Klone sind aber auch alle noch jung. Tierzuchtspezialisten wie der Münchener Professor Eckard Wolf schätzen, dass etwa 25 % der »guten« Eigenschaften vererbbar sind. Trainingsmethodik, Umwelt und Epigenetik sind ebenfalls wichtig, dann der Jockey, der Trainer und die Tagesform. Man darf nun auf künftige Turniere gespannt sein.

Bisher galt, wie es einmal in der »Zeit« hieß: »Einzigartigkeit ist der Schlüssel zum Ruhm.«

Fortschritt?

Zurück zu Kossonossow: »Die Bauern lächelten sehr finster und gingen langsam auseinander. Geld für ein Flugzeug brachte Genosse K. nicht heim. Sie waren halt ein zu rückständiges Volk ...«





Super-Kuh »Ubre Blanca«

»Hunger auf Kuba!« Das vermelden mit Krokodilstränen deutsche Mainstream-Medien. Nun ja. Biolumnist RR hat bisher vor Ort von Havanna bis Cienfuegos und Trinidad keinen einzigen Hungernden gesehen, wohl aber volle Bauernmärkte, aber eben auch Lebensmittelkarten für wichtige Grundnahrungsmittel.

Als gelernter Rinderzüchter – wie die Ost-Juristen und Politiker Gregor Gysi und Peter-Michael Diestel – interessiert sich der Biolumnist für die Kühe und Büffel auf der Roten Tropeninsel. Jedes kubanische Kind bekommt einen Liter Milch pro Tag, in der Schule Frühstück und Mittagessen. Jedes zweite Kind aus armen Familien im reichen Deutschland geht übrigens täglich zur Schule, ohne gefrühstückt zu haben ...

Mit Rindfleisch ist die Sache komplizierter. Es steht auf Kuba vorrangig Kindern, Kranken und Pensionären zu. Illegales Schlachten von Rindern wird streng verfolgt, die Milch wird dringend gebraucht. Fidel Castro liebte Milch

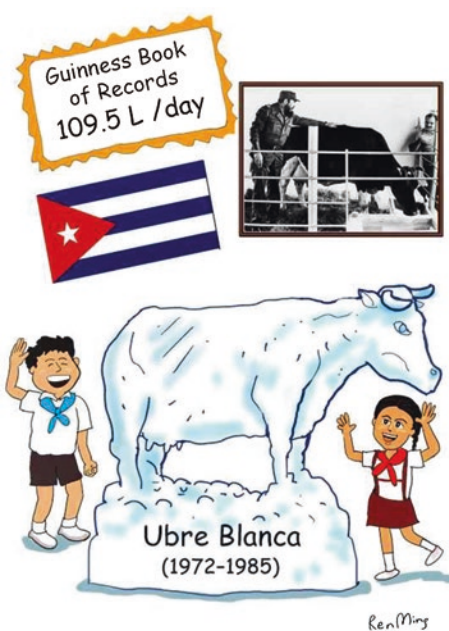
besonders in einer hochveredelten Form: Er vertilgte bis zu sieben Kugeln Eis zu Mittag. Die CIA wollte ihn deshalb mit einem Eis-Milchshake vergiften. Einer von vielen erfolglosen Attentatsversuchen.

Vor der Revolution kam die meiste Milch »natürlich« aus den USA. Als subtropisches Land eignet sich Kuba sehr schlecht zur Milchproduktion. Die spanischen »Crillios« und indischen Zebus mögen zwar die Wärme, geben aber wenig Milch. Mit dem US-Embargo war dieser Versorgungsweg verschlossen. Es galt, schleunigst eigene Milch produzieren. Bei seinem umjubelten DDR-Besuch besichtigte Fidel speziell die LPG Dummerstorf. Er importierte danach tausend Holstein-Kühe aus Kanada. Dumm nur, dass die in gekühlten Ställen gehalten werden mussten, aber die Sowjets lieferten damals ja noch Öl. Ein Drittel der Kuh-Importe ging trotzdem innerhalb weniger Wochen ein. Ein Drama!

Die erfinderischen Kubaner kreuzten daraufhin Holsteiner mit Zebus. Eine der »Tropen-Holsteiner«-Kühe schaffte es gar ins Guinness-Buch der Rekorde: Ubre Blanca (Weißes Euter) gab an einem Tag im Januar 1982 sagenhafte 109,5 L Milch, viermal mehr als normal und das unter kritischer internationaler Kontrolle. Nach dem Tod der Star-Kuh 1985 errichtete man für sie auf der Insel der Jugend im Dorf Nueva Verona ein Marmordenkmal mit der Inschrift »UBRE BLANCA 1972–85: Sie gab ALLES für unser Vaterland!« Die Parteizeitung »Granma« widmete der patriotischen Kuh eine ganze Seite.

Ein anderer Milch-Plan Fidels war, den besten Camembert der Welt auf Kuba zu produzieren. Kubanische Fachleute wurden ausgebildet, Pilzkulturen aus Frankreich besorgt. Doch als man den zu Vorträgen in Kuba weilenden französischen Biochemiker und Agrarexperten André Voisin zur Verkostung bat, verzog dieser leicht das Gesicht und meinte, noch kauend, sehr höflich,

der kubanische Camembert sei dem französischen Käse wohl »vergleichbar«. Den sichtlich verärgerten Fidel konnte der Franzose dann aber doch beruhigen: Er zog ihm geistesgegenwärtig eine der berühmten Cohiba-Zigarren aus der Brusttasche und sprach pathetisch: »Comandante! Niemals im Leben könnten wir Franzosen eine solche fantastische Zigarre herstellen!«





Jacob und die Gentechnik

Was Gentechnik ist, ist klar definiert: ein gezielter Eingriff in das Erbgut eines Organismus. Die Methoden sind neu, doch das Anliegen ist alt. Als Ahnherr aller gezielten Genmanipulationen kann der biblische Jacob gelten. Wie er zu gewaltigen Herden mit schwarzen Schafen und bunten Ziegen kam, ist im ersten Buch Mose verewigt. Und offensichtlich hat der Allmächtige ihm sein Spiel mit den Genen kein bisschen verübelt.

Zu Jacobs Zeit gab es bereits Viehzucht und Ackerbau. Wie oder wo aus Wildtieren Haustiere und aus Wildpflanzen Kulturpflanzen wurden, ist jedoch nicht überliefert. Erst paläobiologische und genetische Untersuchungen haben gezeigt, wie der Mensch in der »Neolithischen Revolution« durch Selektion und Kreuzung die Auswahlkriterien der Natur durch die seinen ersetzt hat.

Für Schafe und Ziegen wie auch für Gerste und Weizen legen die Forschungsergebnisse nahe, dass das tatsächlich im biblischen Land, im Nahen Osten, geschah. Bei Reis

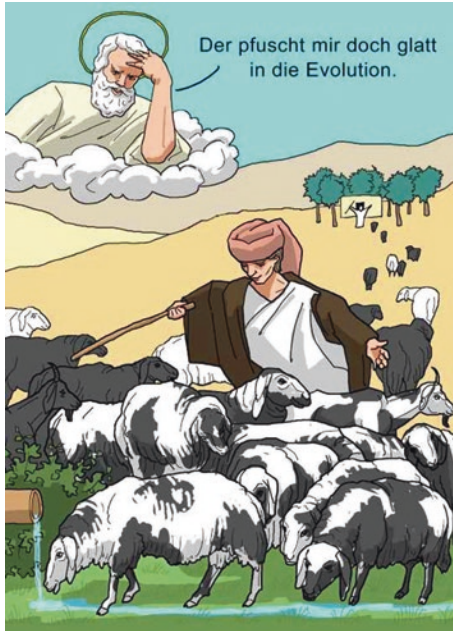
führen die genetischen Spuren nach China und bei Mais ins heutige Mexiko.

Damit Eigenschaften von Tieren und Pflanzen sich vererbbar verändern, müssen sich Gene ändern. Ein wichtiger Weg dazu sind Mutationen, das heißt, Veränderungen der Bausteine der DNA. Solche Mutationen treten ständig auf. Absolut zufällig. Die meisten werden sofort repariert. Einige bleiben. Und die können dann Grundlage von Evolution – und auch von Züchtung sein.

So haben die ersten Bauern wohl nach Wildgräsern mit großen oder vielen Körnern gesucht. Dabei, so zeigen es die Untersuchungen, sind sie auf Einkorn und Emmer gestoßen. Die wurden gekreuzt und so ist der Weizen entstanden. All das begann in der Jungsteinzeit, vor mehr als 10.000 Jahren. Doch der Wunsch nach ertragreicheren Pflanzen blieb lebendig. Auch als die spanischen Eroberer die Kartoffel von Südamerika nach Europa brachten, war züchterische Nachbesserung angesagt. Als Nachtschattengewächs musste die Pflanze unseren langen Sommertagen angepasst werden. Ob ihrer Nahrhaftigkeit wurde die Knolle in Europa schnell akzeptiert. Nur in Preußen nicht. Man liest von drakonischen Maßnahmen und trickreicher Werbung, mit denen Friedrich II. die Kartoffel hierzulande als Nahrungsmittel etablierte. Doch das ist lange her. Heute wird ihm sein Weitblick gedankt – mit Kartoffeln, die oft anstelle von Blumen sein Grab im Park Sanssouci zieren.

Zurück zur Definition der Gentechnik: Welche Eigenschaften (und damit indirekt Gene) bei Tier oder Pflanze bei der Domestikation ausgewählt wurden und unter der Obhut des Menschen zum Tragen kamen, war durchaus ein gezieltes Vorgehen. Da das Gene betraf, die in der natürlichen Evolution wohl keine Chance gehabt hätten, hat der Mensch mit der Domestikation begonnen, ein »evolutionärer Faktor« zu werden.

Gentechnik war es noch nicht, was da geschah, denn die Unterschiede im Erbgut, denen zum Durchbruch verholfen wurde, hatte der Zufall geliefert. Doch deren Wurzeln durchaus.



Cartoon: Ekkehard Müller



Fröhliche Atomgärtnerei

Über Jahrtausende hatte man in der Züchtung auf den Zufall gesetzt. Nicht blind. Man hatte durchaus gezielt nach nutzbaren Mutationen in Flora und Fauna gesucht. Doch dieser Zufall war selten.

In der Pflanzenzüchtung half man deshalb seit Mitte des letzten Jahrhunderts kräftig nach. Mit Giften und vor allem mit Radioaktivität. Inmitten kreisförmiger Felder wurde radioaktives Kobalt vergraben. Dann wartet man ab, was da so wuchs. Wenn noch etwas wuchs.

Dank Watson und Crick wusste man, dass Gene nichts anderes sind als Abschnitte langer DNA-Moleküle. Die werden bei radioaktivem Beschuss völlig unkontrolliert verändert – oder anders gesagt – mutiert. Dass dabei ab und an überhaupt funktionstüchtige Gene als Grundlage neuer Proteine – und damit neuer Merkmale – entstehen, liegt an der schier unendlichen Anzahl der auftretenden Mutationen. Zwar entsteht nichts, was nicht prinzipiell auch in der Natur hätte entstehen können.

Aber im extremen Schnelldurchlauf. Oft dümpeln die neuen Sorten dahin und die Rückzüchtung zu nutzbaren Pflanzen ist mühsam. Auch unerwünschte Eigenschaften können verbleiben.

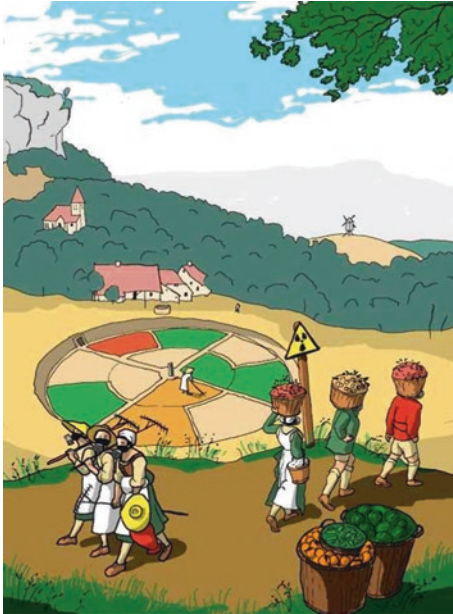
Doch das atomare Gärtnern, das es durchaus auch heute noch gibt, war in jenen wilden 50ern nicht auf Experten beschränkt. Jeder, der wollte, konnte sein bestrahltes Saatgut-Bastelkit ordern. Das war natürlich selbst nicht radioaktiv, aber die DNA war chaotisch mutiert. Was an genveränderten Pflanzen auf diesem Wege in die Umwelt gelangte, weiß niemand. Doch offensichtlich hat uns trotzdem keine gefährliche »Frankenstein«-Flora überwuchert. Deshalb gilt diese Art Züchtung, die man Mutationszüchtung oder auch Mutagenese nennt, heute als sicher. Es gibt kein Gesetz, dass so gezüchtete Pflanzen vor ihrer Freisetzung über normale Sortenprüfung hinaus auf Unbedenklichkeit bezüglich Gesundheit und Umwelt überprüft werden müssen. Auch besteht beim Verkauf keine Kennzeichnungspflicht.

Tatsächlich gibt es kaum eine Kulturpflanze, die nicht Ziel der Atomgärtnerei war. Die roten Grapefruits etwa, bei denen sich kein Bioladen ziert, sie zu verkaufen. Bei ihnen wurde mit Neutronenstrahlung nachgeholfen. Ebenso Gerste, aus der Bier nach deutschem Reinheitsgebot gebraut wird, oder die heute vorherrschenden Hartweizensorten, die wohl kaum ein Spaghettifreund missen möchte. Bei allen wurde mit Radioaktivität nachgebessert. Sage und schreibe 3200 derart mutierte Pflanzen sind bei der Internationalen Atomenergiebehörde als freigesetzt gelistet.

2018 wurde vom Europäischen Gerichtshof geurteilt, dass bei Strahlenbombardement und chemischer Keule mit der Natürlichkeit Schluss ist: Es wurde höchstrichterlich beschieden, dass es sich dabei um gentechnisch veränderte Pflanzen handelt. Anders gesagt, um gentechnisch

veränderte Organismen (GVO) im Sinne des EU-Rechtes. Eine entsprechende Kennzeichnung wurde den Ländern freigestellt.

Fachleute gehen davon aus, dass damit die meisten heute in der Landwirtschaft genutzten Kulturpflanzen GVO sind. Somit basieren – ob man es wahrhaben will oder nicht – fast all unsere Lebensmittel auf gentechnisch veränderten Pflanzen.



Cartoon: Ekkehard Müller



Die Gentechnik wird bunt

Ob Mais oder Reis, Äpfel, Bananen, Weintrauben, Tomaten, Kartoffeln ... Es gibt kaum eine Kulturpflanze, die nicht durch Mutationszüchtung verändert wurde. Angepriesen als »atomar angereichert«, avancierte so manches davon Mitte des letzten Jahrhunderts zum echten Verkaufsschlager. Niemand mutmaßte Gefahren für Gesundheit und Umwelt. So hatte die Mutationszüchtung Zeit, ihre Unbedenklichkeit nachzuweisen.

Und dennoch: Erbgut zwecks Züchtung Radioaktivität oder Giften auszusetzen, ist wie ein Schuss mit der Schrotflinte. Heute ist mit molekularbiologischen Verfahren ein präziseres Vorgehen möglich.

Die ersten Organismen, die gentechnisch gezielt verändert wurden (GVO), waren genetisch vergleichsweise einfache Bakterien. Das hat in den letzten vier Jahrzehnten, allgemein und unaufgeregt akzeptiert, unser Leben komplett revolutioniert. Zunächst setzte man vor allem darauf, den Bakterien fremde DNA – das heißt,

»Baupläne« von fremden Eiweißen unterzuschieben. Das funktioniert, weil der genetische Code aller Lebewesen gleich ist. Begonnen hat alles 1982 mit der Produktion von humanem Insulin durch Bakterien. Das war schnell ein Riesenerfolg und ist aus der Medizin nicht mehr wegzudenken. Heute werden etwa 200 gentechnisch hergestellte Stoffe medizinisch genutzt; darunter weitere Hormone, Impfstoffe, Antikörper und Modulatoren des Immunsystems. Meist konnten diese bis dahin nicht oder nicht ausreichend erzeugt werden. Zuvor aus Tier- oder manchmal sogar humanem Gewebe gewonnen, drohte durch sie oft auch die Gefahr von Allergien oder der Übertragung von Krankheiten.

Weit intensiver wird die Gentechnik in der Lebensmitteltechnologie genutzt. Ganz diskret sind hier fast 2000 Enzyme am Werk, die aus genveränderten Bakterien oder Hefen stammen. Etwa bei der Herstellung von Käse, Saft oder Backwaren.

Dasselbe Bild bietet die Waschmittelindustrie. Energiesparende Niedrigtemperatur-Waschmittel wurden erst durch Gentechnik möglich. Selbst bei den »stonewashed« Jeans blieb von den Steinen oft nur der Name. Die kullernden Kiesel wurden durch Bakterien ersetzt, deren Enzyme den Farbstoff ganz lautlos zerstören.

Oft dient das Bakterium *Escherichia coli* (*E. coli*) als Wirt für die einzufügenden Gene. Für uns durchaus ein guter Bekannter, denn Unterarten von ihm siedeln in unserem Darm. Trotzdem drohte praktisch selbst dann keine Gefahr, wenn trotz aller Sicherheitsvorschriften ein verändertes Bakterium entkäme. Für diesen Fall ist eine Notbremse eingebaut. Außerhalb der Produktionsbedingungen sind sie nicht lebensfähig.

Da die GVO in den fertigen Produkten nicht mehr enthalten sind, entfällt die Kennzeichnungspflicht. So

erfahren wir nie, wo und wie ein gentechnisch veränderter Organismus zu unserem Nutzen fleißig am Werke war.

Um die vielen Anwendungsbereiche der Gentechnik abzugrenzen, griff man zur Farbpalette. Weiß steht für Nutzungen in der Industrie, Rot in der Medizin und Grün für die in der Landwirtschaft. Blau ist reserviert für alles, was biotechnologisch in Gewässern und Grau, was bei der Beseitigung unserer Müllmassen geschieht – ob bei der im Meer wabernden Plastik, ob bei Rückständen von Arzneimitteln oder Kosmetika in unseren Nahrungsketten.



Cartoon: Ekkehard Müller



Kinderkrankheiten der Gentherapie

Bei Bakterien war die Gentechnik schnell erfolgreich. Ihnen fremde Gene – ob von Mensch oder Tier – hinzuzufügen, ist einfach. So können sie Proteine produzieren, die in Medizin oder Industrie benötigt werden. Bei vielzelligen Organismen ist das viel komplizierter. Schließlich ist ihr Genom nicht nur in Aufbau und Regulation weit aus komplexer, es ist auch noch im Zellkern verborgen.

Allein schon der Transport eines Gens in eine menschliche Körperzelle ist schwer zu bewerkstelligen. Da Viren auf das Einschleusen ihrer Gene in Wirtszellen spezialisiert sind, hat man einige zu »Genfähren« umfunktioniert. Ihre gefährlichen Gene wurden entfernt und statt dessen die gewünschten eingesetzt. Doch auf diese Weise ist es nicht möglich, ein Gen gezielt zu platzieren oder gar ein defektes Gen zu ersetzen. Deshalb kann das importierte Gen auch nicht von der Zelle reguliert werden.

Außerdem bergen Viruspartikel die Gefahr, allergische Reaktionen auszulösen, unter Umständen können sie

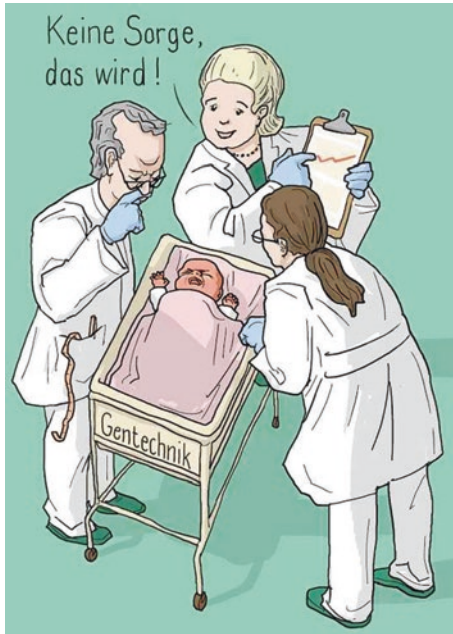
sogar die Entstehung von Krebs begünstigen. So verwundert es nicht, dass es nach anfänglicher Euphorie um Gentherapien zur Heilung von Erbkrankheiten schnell still wurde.

Jetzt hat eine zweite Generation der Gentechnik neue Hoffnung geweckt. Fremde Gene und Viren sind überflüssig geworden. Die neuen Methoden wie CRISPR, die in ihrer Gesamtheit als »Genome Editing« bezeichnet werden, sind minimalinvasiv. Mit ihnen könnte es zukünftig möglich sein, ein krankheitsauslösendes defektes Gen punktgenau und ohne Spuren zu reparieren. Doch die »Gen-Chirurgie« steckt noch in den Kinderschuhen. Viele Sicherheitsfragen harren der Klärung. Auch gilt es – nicht weniger wichtig – ethische Fragen zu klären.

Skrupellos hat der chinesische Biophysiker He Jiankui 2018 all das ignoriert. Er hat die Gene von Zwillingen so verändert, dass sie gegen AIDS immun sind. Vermutlich ist das mit erhöhter Anfälligkeit gegenüber anderen Krankheiten und vielleicht sogar mit verringerter Lebenserwartung erkaufte. Um Hasardeuren wie ihm das Handwerk zu legen, hat das chinesische Gesundheitsministerium seine Gesetze verschärft.

Auch die internationale Forschungsgemeinschaft reagierte schnell. In der renommierten Fachzeitschrift »Nature« haben führende Wissenschaftler und Ethiker ein Moratorium bezüglich der klinischen Anwendung des Genome Editing auf menschliche Keimzellen gefordert. Das soll die Erzeugung von vererbaren Veränderungen in Spermien, Eizellen oder Embryos so lange verbieten, bis die Sicherheit der Techniken besser erforscht und internationale Richtlinien ausgearbeitet sind ([10.1038/d41586-019-00726-5](https://doi.org/10.1038/d41586-019-00726-5)). Auf deren Basis könnte zukünftig – vielleicht unter der Ägide der WHO – jedes Land entscheiden, ob und wie Gentherapie zur Heilung von Erbkrankheiten zugelassen werden darf.

Um dabei den gesundheitlichen Nutzen mit den möglichen Gefahren verantwortungsvoll abwägen zu können, bedarf es gesicherten Wissens. Dazu ist – unter Beachtung des Moratoriums – umfängliche Forschung an anderen Zellen als an Bakterien notwendig. Sonst bleiben fundierte Entscheidungen eine Illusion.



Cartoon: Ekkehard Müller