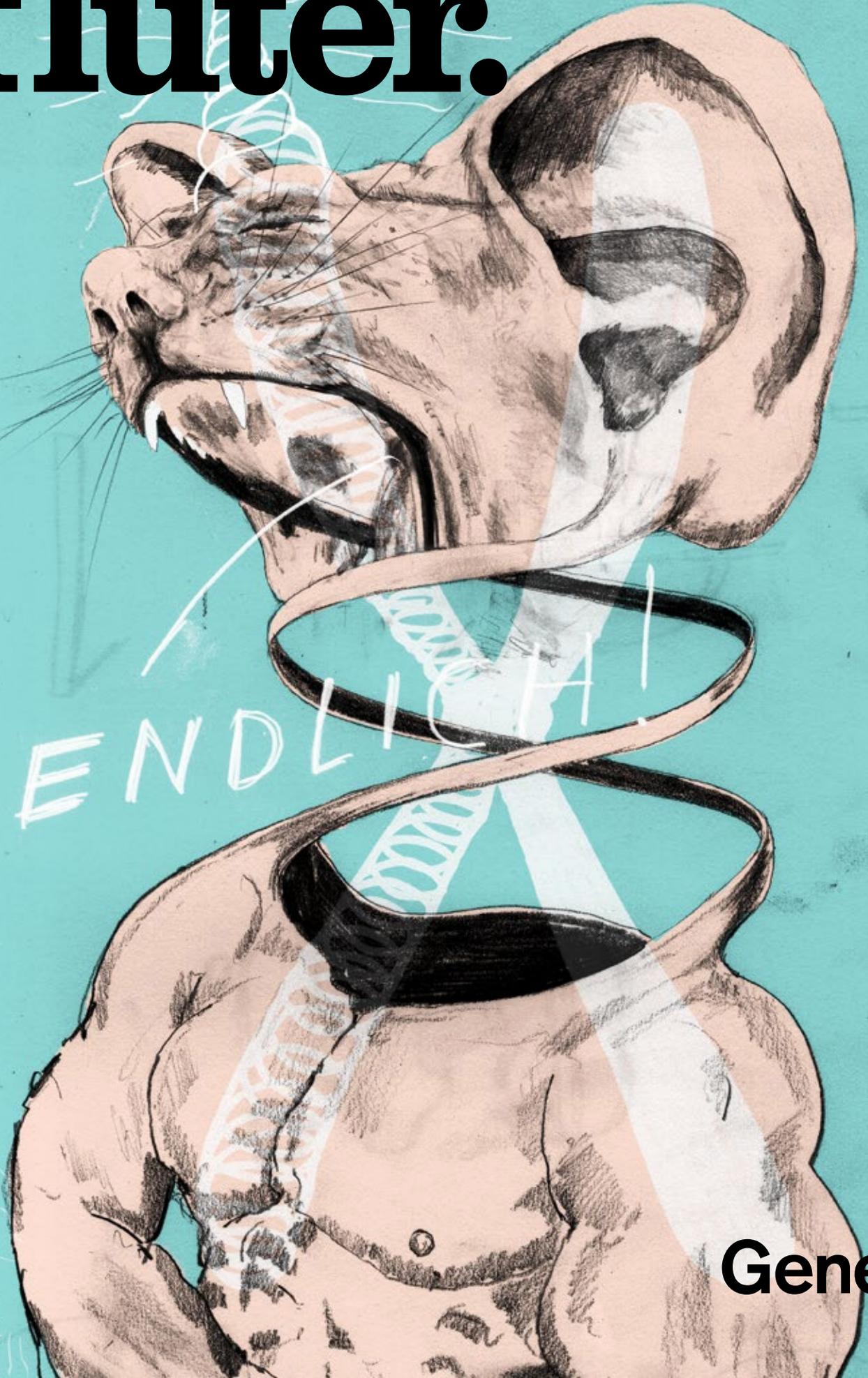


flutter.

ENDLICH!

Magazin der Bundeszentrale für politische Bildung

Gene



Dringend gesucht



**Johnny, 5 Jahre, Schnauzer;
legte eine Wurst an
eine Laterne**



**Susanne, 2 Jahre, Dackel;
verschmutzte einen
Gartenzaun**



**Melinda, 10 Jahre, Cocker;
verunreinigte mehrfach
eine Einfahrt**



**Francis, 4 Jahre, French
Bulldog; machte sein Geschäft
auf der Straße**



**Tex, 3 Jahre, Staffordshire;
setzte seinen Haufen
in einen Busch**



**Donald, 5 Jahre, Bullmastiff;
hinterließ großräumig Spuren
auf dem Bürgersteig**

In den USA wird in einigen Wohnanlagen die DNA von Hunden registriert, um herauszufinden, von wem die Kacke auf dem Bürgersteig stammt. Auch in einem Londoner Stadtbezirk denkt man über solche Maßnahmen nach.

Editorial

→ Die Geschichte der Lebewesen ist immer schon dynamisch, sehr früh hat der Mensch hier eingegriffen: Tier- und Pflanzenzucht sind ein integraler Teil der Kulturgeschichte. Diese Prozesse verliefen allerdings langsam, allmählich. Und ihr Verständnis war Erfahrungswissen aus Beobachtungen, Versuchen und Irrtümern. Die inneren Mechanismen der Vererbung blieben verborgen. Seit der Entdeckung der Gene als Bauplan des Lebens vor über 60 Jahren ist etwas radikal anders geworden. Das Verständnis der Vererbungsprozesse wird immer detaillierter, die Eingriffsmöglichkeiten und die Geschwindigkeit der Entdeckung und Umsetzung der Erkenntnisse entwickeln sich rasant.

Es ist sicher kein Zufall, dass zuerst Pflanzen und die Landwirtschaft das Versuchsfeld wurden. Die seither gemachten Erfahrungen mit genmanipuliertem Saatgut sind durchaus widersprüchlich. Es gab erstaunliche Ertragssteigerungen auf der einen Seite, aber auch immer wieder unvorhergesehene Folgen, die zulasten der Bauern und der natürlichen Artenvielfalt gehen.

Inzwischen sind die Möglichkeiten gewachsen, gentechnische Eingriffe auch an anderen Lebewesen zu betreiben. Erfolgversprechende Gentherapien in der Medizin, Forschungen an Stammzellen und Embryonen zeigen, dass nun sogar der Mensch selbst zum Gegenstand gentechnischer Manipulationen wird. Damit geht es inzwischen um nichts weniger als die natürlichen Grundlagen des Menschseins.

Die dem Kapitalismus eigene Tendenz, solche Prozesse großen Konzernen und Quasi-Monopolen zu übereignen, hatte

bereits bei der Pflanzengenetik fatale Folgen, die Debatten dazu sind heftig und werden international geführt. Auch die Erfahrungen mit der Big-Data-Industrie und ihrer am Profit orientierten Aneignung persönlicher Daten, mit ihrer Übermacht auch gegenüber Staaten, können ein Menetekel sein. Es wird zunehmend klarer, dass ethische Fragen sich nicht automatisch technisch oder in wissenschaftlichen Expertenzirkeln lösen lassen. Die Frage bleibt im Raum: Wem gehört das Leben?

Die menschliche DNA besteht aus Milliarden Bausteinen, die Kombinatorik der genetischen Effekte ist riesig, und das Zusammenspiel mit anderen Umwelt- und sozialen Einflüssen wird nur in ersten Ansätzen verstanden. Die digitalen Technologien beschleunigen alle Prozesse enorm, gemeinsam mit dem drängenden Kapital verringern sie die Zeit, die den Gesellschaften gegeben ist, sich über Ziele und Tabus der Gentechnik zu verständigen.

Die Naturwissenschaften sind immer auch politisch gewesen, hier werden sie es auf neue, grundlegende Weise. Die Massenmorde im Nationalsozialismus sind eine Mahnung, wie weit die Instrumentalisierung behaupteter wissenschaftlicher Erkenntnisse führen kann.

Wir brauchen den Mut zur Entwicklung, zur Nutzung der faszinierenden Möglichkeiten der Gentechnik. Doch wir brauchen auch den organisierten Willen zur Gestaltung und politischen Verantwortung. Ethikräte, parlamentarische Beratungen und Gesetzgebungen sind erste, vielversprechende Formen. Die Debatte muss aber viel breiter und stetiger werden, nur so kann sie rechtzeitig an die entfesselte Dynamik des wissenschaftlich-technischen Fortschritts aufschließen. **Thorsten Schilling**



Inhalt

KAPITEL 1 WAS UNS AUSMACHT

6

GANZ DER VATER

Unsere Eltern geben uns eine Menge mit

8

MEINE DNA KRIEGT IHR NICHT

Man muss ja nicht alles machen, was man machen kann: Gespräch mit einer Ethikerin

11

DU BIST DOCH BANANE

So viel Frucht steckt in uns – und so viel Affe

12

INS UNGEWISSE

Jakob hat von seiner Mutter eine tödliche Krankheit geerbt

15

OHNE WERT

Unter dem Deckmantel der Wissenschaft wurden kranke und behinderte Menschen umgebracht

18

DARM MIT CHARME

Wie sich die Art, wie wir leben, auf unsere Gene auswirkt. Ein Gespräch über Epigenetik

20

SO ODER SO

Dicke leiden oft unter ihrer Veranlagung



KAPITEL 2 WER WAS MACHT

24

EIN WEITES FELD

Dieser Reis soll alle ernähren

27

SEQUENZIEREN, BIS DER RECHNER SCHLAPPMACHT

Was Gene und Big Data verbindet

28

„DIE NATUR IST KOMPLEX“

Die Gentechnologie hat einen wahren Goldrausch ausgelöst. Wir sprechen darüber, wer alles mitmischt

30

WAS GEHT?

Einige Gesetze, die man kennen sollte

32

BIG APPLE

Schon seltsam, welche Rechte man auf Lebensmittel anmelden kann

34

VOLL STOFF

In Burkina Faso hat man schlechte Erfahrungen mit genmanipulierter Baumwolle gemacht

KAPITEL 3 WAS DARAUS WIRD

38

WAS SOLL DER ROTZ?

Überlegt noch mal, bevor ihr eure Spucke irgendwohin sendet

40

HALLO, TAXI

Vielleicht steht die Menschheit kurz davor, Krebs heilen zu können. Ein Interview mit einem Mediziner

42
MACH DOCH MAL BIS NÄCHSTES JAHR EINE MILLION KÜHE OHNE HÖRNER
In den chinesischen Klonfabriken geht's ab

43

MACH 'NE MÜCKE

Aber eine, die keine Malaria überträgt

44

WIR WOLLEN MITMISCHEN

Biohacker wie Josiah Zayner wollen, dass die Forschung demokratisiert wird

46

HIER SIND NOCH SPUREN

Ermittler lieben den DNA-Abgleich – immer mehr

49

GLOSSAR

50

IMPRESSUM



Auch dieses Magazin hat eine Art DNA. Das sieht man, wenn man es abonniert.
fluter.de

Was uns ausmacht

Kapitel 1



Schon unglaublich, dass es im Körper eines Menschen so etwas wie einen Bauplan gibt, der entscheidend dafür ist, wie wir aussehen, und einen Anteil daran hat, was wir für Vorlieben haben oder ob wir besser Gitarre oder Fußball spielen. Wenn man sich die DNA als ultralangen Faden vorstellt, auf dem sich Milliarden Buchstaben aneinanderreihen, dann steht ungefähr alle Tausend Buchstaben bei dem einen Menschen zum Beispiel ein „T“ und bei dem anderen ein „A“. Diese winzigen Unterschiede, Varianten genannt, sind bei eineiigen Zwillingen fast nicht vorhanden. Sie haben von ihren Eltern nahezu identische Erbanlagen bekommen. Deswegen sind Zwillinge bei Genforschern auch so beliebt. Man kann an ihnen sehr gut studieren, welchen Einfluss die Gene haben und welchen die Sozialisation.

Ganz der

Bei der Augenfarbe ist es ziemlich klar, aber was wird sonst noch vererbt? Die Diskussion darüber hält schon seit Jahrhunderten an und hat Blüten wie das Verbrecher-Gen hervorgebracht. Ein Überblick

Von Arno Frank

Vater

→ Der Film „Gattaca“ zeigt eine nahe Zukunft, in der nur solche Menschen einen Platz in der Gesellschaft finden, die mit gentechnischen Mitteln erzeugt wurden. Als „Invalide“ gelten natürlich gezeugte Menschen, weil sie möglicherweise von Vater und Mutter die Veranlagung für Krankheiten geerbt haben. Verantwortliche Eltern sind nur solche, die auf die Weitergabe ihrer kranken Gene verzichten. Es ist ein alter Traum, der hier in einem Albtraum endet.

Seit Menschen denken können, denken sie über Umfang und Bedingungen der Vererbung nach. Schon auf dem Olymp gehen übermenschliche Fähigkeiten der göttlichen Eltern auf deren Kinder über.

Was habe ich von meinen Eltern, meinen Großeltern? Was wird überhaupt vererbt? Die blauen Augen von der Mutter, klar, und die Muskeln vom Vater, wahrscheinlich. Dass Merkmale wie Augenfarbe, Statur oder die Beschaffenheit der Haare vererbt werden, erfahren junge Eltern oft schon in den ersten Wochen nach einer Entbindung: „Wie süß! Ganz die Mutter!“

Dabei wurde die Ahnung, dass körperliche oder seelische Merkmale durchaus vorbestimmt sein könnten, erst ab 1865 zur Gewissheit. Damals machte der Pater Johann Gregor Mendel die Ergebnisse seiner Kreuzungsexperimente mit rund 28.000 Erbsenpflanzen publik. Sechs Jahre nach der Veröffentlichung von Darwins Evolutionstheorie wies Mendel nach, dass unsichtbare „stoffliche Einheiten“ von einer Generation an die nächste weitergegeben werden.

Bis heute gewinnt man immer präzisere Erkenntnisse darüber, welchen Einfluss die Gene und ihre Vererbung auf einen Organismus haben. Und bis heute gibt es im öffentlichen Diskurs eine große Bereitschaft, diese Ergebnisse frei zu interpretieren – bis hin zu dem Glauben, dass der Schlüssel zu ganzen Biografien in der Desoxyribonukleinsäure zu finden sein muss.

Schließlich ist eine ganze Reihe von Erbkrankheiten oder vererbten Dispositionen für bestimmte Leiden zweifelsfrei nachgewiesen und bestens erforscht – von der Bluterkrankheit über die Mukoviszidose bis zu Chorea Huntington (siehe S. 12). Auch Verhaltensweisen lassen sich möglicherweise auf ein einziges Gen zurückführen. DRD4 beispielsweise enthält die „Bauanleitung“ für jene Rezeptoren im Gehirn, die den motivierenden Botenstoff Dopamin aufnehmen. Menschen mit einer mutierten Variante dieses Gens neigen zu erhöhter Risikofreude – weil sie nicht mehr so stark auf Dopamin reagieren und entsprechend stärkere Reize brauchen.

Elterliche Gene als Programm, das unvermeidlich ablaufen muss? Als erschreckendes Beispiel dafür gilt der Fall des 2010 hingerichteten Doppelmörders Jeffrey Landrigan. Er erfuhr erst in der Todeszelle, dass sein leiblicher Vater ebenfalls ein Mörder und sein Großvater ein Schwerverbrecher war, sogar sein Urgroßvater war ein notorischer Schwarzhändler – er selbst aber wurde noch als Kleinkind von in jeder Hinsicht vorbildlichen und sorgenden Eltern adoptiert. Vor seiner eigenen Hinrichtung erklärte Landrigans Vater: „Ich glaube, mein Sohn wurde zu dem, was ich war, als ich ihn zeugte.“

Groß ist der Eifer ehrgeiziger Forscher bei der Suche nach dem Gen, das Menschen zu „natural born killers“ macht. So ist beispielsweise seit 1991 ein Gen namens FMR1 isoliert und be-

schrieben, dessen Mutation zu geistigen Beeinträchtigungen vor allem bei männlichen Betroffenen führen kann. Das entsprechende Krankheitsbild wird von Fachleuten als „Fragiles X-Syndrom“ bezeichnet – die Medien machten daraus kurzerhand das „Verbrecher-“ oder „Kriminalitäts-Gen“. Gerade so, als wäre die biochemische Wurzel allen Übels entdeckt worden.

Forscher der Hebrew University in Jerusalem wollen das Gen gefunden haben, das für Großzügigkeit zuständig ist. Nachdem sie die Freigiebigkeit von Probanden ermittelt hatten, wurde bei anschließenden Gentests eine bestimmte Variante von AVPR1a entdeckt – das eine Rolle dabei spielt, ob ein Stoff namens Vasopressin im Gehirn aktiv wird. In Experimenten mit Mäusen wurde dieses Hormon mit der auch für die Evolution einer Spezies wichtigen Fähigkeit, soziale Bindungen einzugehen, in Verbindung gebracht.

Solche Überlegungen setzen allerdings voraus, dass es so etwas wie das „Böse“ und das „Gute“ gibt – und dass beide, der Verbrecher wie der Heilige, unmöglich für ein Handeln verantwortlich sein können, das in ihren Genen und damit außerhalb ihrer persönlichen Verantwortung liegt.

Ein spezielles Rätsel ist die Homosexualität – schon deshalb, weil schwule Männer oder lesbische Frauen mit ihren Partnern keine Kinder zeugen, ein entsprechendes Schwulen- oder Lesben-Gen also seine eigene Verbreitung zumindest bremsen würde. Dennoch gibt es in allen Kulturen der Welt eine stabile „homosexuelle Population“.

Nach aktuellem Stand der Forschung hängt die sexuelle Orientierung eines Menschen unter anderem von mehreren Genen auf einem als Xq28 bezeichneten Abschnitt der DNA ab. Gewisse Marker im Erbgut sollen dafür sorgen, dass männliche

Föten genug Testosteron produzieren, um sich zu männlichen Körpern zu entwickeln. Diese Marker sind im Normalfall nicht mehr vorhanden, sobald der Körper seine Geschlechtsreife erlangt hat. Sind sie es aber entgegen der Regel doch, haben Eltern ihre Marker an ihre Kinder übertragen. Angeblich werden diese Kinder häufiger homosexuell.

Zwar wird allgemein angenommen, dass Homosexualität auch genetische Wurzeln hat. Ein einzelnes Gen konnte dafür aber noch nicht lokalisiert werden. Zumal etwas so Komplexes wie die Sexualität auch von einem ganzen Bündel anderer

Faktoren bestimmt wird – von hormonellen Einflüssen während der Schwangerschaft über kulturelle Prägungen bis zu biografischen Ereignissen. Die Vertreter der Queer-Theorie verorten die sexuelle Prägung ausschließlich im sozialen und kulturellen Umfeld und lehnen jede biologische Erklärung ab.

Es mag erwiesen sein, was jede Selbstbetrachtung nahelegt – dass wir dieses oder jenes Merkmal, gut oder schlecht, „vom Vater“ oder „von der Mutter“ übernommen haben und weitertragen. Trotzdem können wir uns nicht selbst von der Verantwortung entbinden, welche Veranlagung wir zur Ausprägung kommen lassen. Arrangement mit dem Gegebenen und der freie Wille tanzen umeinander wie die Doppelhelix unserer DNA. ←

Etwas Komplexes wie die Sexualität wird eben nicht nur von Genen bestimmt



Meine DNA kriegt ihr nicht

Was bedeutet es, wenn große Datenkonzerne nicht nur unsere Musikvorlieben, sondern auch unsere genetischen Veranlagungen kennen?

Was heißt es, eben mal seine Spucke irgendwohin zu schicken und zu erfahren, dass man Alzheimer bekommt?

Und was werden unsere Kinder sagen, wenn sie erfahren, dass wir ihre Augenfarbe ausgesucht haben?

Zeit für ein Gespräch über Moral mit der Medizinethikerin Christiane Woopen*

Interview: Oliver Gehrs

So weit kommt's noch: 10.000 Schritte am Tag gehen und das Ganze dokumentieren, um einen Bonus von der Krankenkasse zu bekommen. Christiane Woopen findet solche Überlegungen bedenklich

→ **fluter: In Deutschland wird der Gentechnik mit sehr großer Skepsis begegnet. Woran liegt das?**

Christiane Wopen: Genforschung wird von vielen als Eingriff in die Natur angesehen. Zum Teil liegt es auch an historischen Erfahrungen. Der Rassenwahn im Nationalsozialismus schürt bis heute Vorbehalte. Und es geht auch darum, dass Gene als das Programm des Lebens angesehen werden. Eine Veränderung der Gene bedeutet dann eine Programmierung des betroffenen Lebewesens. Wer dort eingreift, mischt sich in die Schöpfung ein und spielt Gott.

Es gibt auch viele nichtreligiöse Menschen, die Eingriffe ins Erbgut von Pflanzen und Menschen kritisch sehen.

In der deutschen Mentalität spielen Folgeabschätzungen eine große Rolle. Wenn man nicht genau weiß, was passieren wird, neigt man eher zur Zurückhaltung. Das ist etwa bei gentechnisch veränderten Pflanzen der Fall. Wenn die Risiken unkalkulierbar erscheinen, lehnt man sie lieber ab.

Die Entwicklung in den Laboren ist zum Teil atemberaubend. Sind viele Menschen angesichts der Möglichkeiten der Gentechnik überfordert?

Freiheit ist immer Segen und Fluch zugleich. Wir wollen alle frei sein, aber das heißt auch, Verantwortung zu übernehmen. Und das wird in der Tat oft als Überforderung wahrgenommen. „Ach, hätten wir doch all diese Techniken nicht.“ So einen Satz hört man etwa von Kritikern über die vorgeburtliche Gen-Diagnostik. Man möchte also lieber etwas als Schicksal annehmen, anstatt selbst schwierige, konfliktbehaftete Fragen beantworten zu müssen.

Wie verändert sich unser Verhältnis zum Leben, wenn wir Pflanzen, Tiere und Menschen nach unseren Wünschen gestalten können?

Da stellt sich ganz fundamental die Frage, inwieweit wir in natürliche evolutionäre Prozesse eingreifen möchten. Es ist ein ethisch relevanter Unterschied, ob ich eine Krankheit vermeide oder ob ich jemanden mit gewünschten Eigenschaften versee. Eingriffe am Embryo sind immer Eingriffe an einem anderen Menschen. Wenn es um schwere

Krankheiten geht, die sich vermeiden lassen, würde man wahrscheinlich zu dem Schluss kommen, dass der Mensch später schon damit einverstanden sein wird. Anders ist es mit vermeintlichen Optimierungen. Wie ich meinen eigenen Körper gestalten möchte, ist meine Entscheidung. Ich kann es aber nicht für jemand anderen entscheiden.

Ist es ethisch verantwortbar, wenn Kindern irgendwann mal eine besondere Augenfarbe oder ein besonderes Talent mit auf den Weg gegeben wird?

Nein, aber man darf Gene auch nicht überbewerten, weil sie eben kein Programm des Lebens sind, sondern nur Teil eines komplexen organismischen Systems, das auch in Wechselwirkung mit der Umgebung steht. Man tauscht ja nicht einfach ein Gen aus und hat dann einen genialen Musiker. Zudem weiß man bei vielen Eingriffen gar nicht, ob die Risiken nicht viel größer sind als der Nutzen. Man hat bei Versuchen an Embryos in China gesehen, dass die Methoden sehr unsicher sind und es viele Mutationen gab, und zwar an ganz anderen Stellen als dort, wo die Eingriffe stattfanden.

In Zukunft könnte es dazu kommen, dass jemand, der eine genetische Veranlagung zu bestimmten Krankheiten hat, mehr in die Krankenkasse zahlen muss. Ist das gerecht?

Ich sehe da die Gefahr einer Entsolidarisierung der Gesellschaft. Wir sollten gemeinsam dafür einstehen, dass alle eine gute Gesundheitsversorgung bekommen, und zwar unabhängig von den biologischen Ausgangsbedingungen. Unser solidarisches Gesundheitssystem, in dem letztlich die Gesunden die Kranken und die Reichen die Ärmeren unterstützen, halte ich für eine wichtige soziale Errungenschaft.

Es gibt aber bereits Versicherungen, die sehr individuelle Tarife haben. Wenn ich etwa jung und unerfahren bin, zahle ich eben mehr für die Autoversicherung.

Beim Autofahren würde ich das anders bewerten als bei der Gesundheit. Wenn wir da verhaltensbasierte Tarife zulassen, die darauf beruhen, dass man ständig Daten etwa über sein Fitnessarmband an die Versicherung weitergibt, sehe ich drei Gruppen von Verlierern:

„Wie ich meinen Körper gestalten möchte, ist meine Entscheidung. Ich kann es aber nicht für jemand anderen entscheiden“

* Christiane Wopen ist Professorin für Ethik und Theorie der Medizin an der Universität zu Köln. Sie war von 2001 bis April 2016 Mitglied des Deutschen Ethikrates, von 2012 bis 2016 dessen Vorsitzende. Von 2014 bis 2016 war sie zudem Präsidentin des Global Summit of National Ethics/Bioethics Committees

zum einen die, die ihre Daten aus Gründen der Privatheit nicht freigeben wollen. Dann diejenigen, die die vorgegebenen Ziele nicht erfüllen können, zum Beispiel Menschen mit Behinderungen, die keine 10.000 Schritte am Tag gehen können. Oder alleinerziehende Mütter, die versuchen, ihre Kinder durchzubringen, und keine Zeit für ein Fitnessprogramm haben. Das sind aber genau die Menschen, mit denen unsere Gesellschaft Solidarität zeigen sollte, die wir unterstützen müssen, anstatt sie von Bonusprogrammen auszuschließen. Und die dritte Gruppe besteht aus Menschen, die diese Anforderungen erfüllen könnten, aber nicht wollen, weil sie andere Vorstellungen von einem gesunden und gelingenden Leben haben. Die möchten eben nicht 10.000 Schritte am Tag gehen, aber die helfen in einem Flüchtlingsheim und leisten einen Beitrag zur Gesundheit anderer. Warum sollen die dann keinen Vorteil in der Krankenversicherung bekommen?

Das Sammeln von menschlichen Daten ist ja auch in anderen Bereichen sehr relevant. Man kann sich vorstellen, dass Strafverfolgungsbehörden schon gern wüssten, wer eine Neigung zur Aggressivität hat.

Ich finde es hochgefährlich, wenn solche Vorhersagen aufgrund biologischer Daten gemacht werden. Statistisch kann das vielleicht zu interessanten Zusammenhängen führen, nicht aber zu einer Vorhersage im Einzelfall. Selbst wenn man sagen könnte, dass 70 Prozent der Menschen, die ein bestimmtes genetisches Profil haben, im Laufe von zehn Jahren eine Straftat begehen, kann ich das immer noch nicht auf den Einzelnen beziehen.

Das Beispiel großer IT-Konzerne zeigt, dass die Gesetzgebung oft hinter neuen Entwicklungen herhinkt. Wenn man derzeit sieht, wie Google oder Facebook mit persönlichen Daten umgeht, fragt man sich, was das für Informationen über das Genom bedeuten könnte.

Das ist richtig. Die internationale Gesetzgebung ist eher ein mittel- bis langfristiges Unterfangen. Wir haben aber immerhin die europäische Datenschutz-Grundverordnung, nach der sich auch ausländische Konzerne richten

müssen, wenn der Kunde in Europa sitzt. Das ist ja schon mal ein Fortschritt. Aber damit ist natürlich die wahre globale Dimension der Datenströme noch nicht erfasst.

Eben noch bestaunen wir die Datensammelwut großer Konzerne, nun bekommt man mit der Gentechnologie die Möglichkeit, den Menschen noch gläserner zu machen.

Die zentrale Frage ist die nach dem Eigentum an den Daten. Momentan bezahlt man ja im Internet mit seinen Daten und bekommt dafür kostenlose Anwendungen. Wir wissen aber auch aus Studien, dass viele Menschen lieber mit Geld als mit Daten bezahlen würden. Wenn Unternehmen die Daten nutzen und weiterverkaufen, dann sollte derjenige, der die Daten hergibt, vielleicht auch Geld dafür bekommen, oder das Unternehmen zahlt einen anteiligen finanziellen Beitrag zum Gemeinwohl.

Wird genügend darüber aufgeklärt, was es heißt, das Genom aufzuschlüsseln zu lassen?

Nein. Darüber sollte man schon in den Schulen sprechen. Der Deutsche Ethikrat hat zudem für ein staatlich gefördertes Internetangebot plädiert, das darüber aufklärt, welche Aussagekraft genetische Tests haben und welche Risiken damit verbunden sein können. Das ist von der Politik leider noch nicht aufgegriffen worden. Wenn man seinen Speichel ohne ärztliche Beratung irgendwohin schickt, um sein Genom untersuchen zu lassen, sollte man sich auch im

Schon in der Schule müsste darüber gesprochen werden, was es heißt, sein Genom entschlüsseln zu lassen

Klaren darüber sein, dass die Aussagekraft dieser Tests begrenzt und die Ergebnisse in ihrer Bedeutung oft unklar sind.

Oder etwas herauskommen könnte, das man vielleicht gar nicht wissen will...

Ja, etwa ein hohes Risiko, an einer Demenz zu erkranken. Das kann dann einen erheblichen Einfluss auf die Lebensqualität haben. Deswegen ist es wichtig, dass eine solche Diagnostik unter ärztlicher Beratung erfolgt. Was macht das mit einem Menschen, wenn er etwa erfährt, dass er mit hoher Wahrscheinlichkeit einen Darmkrebs entwickelt oder mit Sicherheit die tödlich verlaufende Erbkrankheit Chorea Huntington?

Wie gehen die Menschen mit einer solchen Diagnose um?

Bei tödlich verlaufenden und unbehandelbaren Erkrankungen nehmen manche Menschen nach einem ausführlichen Beratungsprozess Abstand von der Diagnostik und wollen lieber nicht wissen, ob sie das betreffende Gen tragen. Erstaunlich ist, dass viele von denen, bei denen die Untersuchung zeigt, dass sie den Gendefekt von ihren Eltern nicht geerbt haben, nicht einfach nur glücklich darüber sind. Manche haben Schuldgefühle ihren betroffenen Verwandten gegenüber. Man nennt das „Survivor-Guilt“ – ein Überlebensschuld-Syndrom, obwohl es mit Schuld im eigentlichen Sinne gar nichts zu tun hat.

Ist eine Institution wie der Ethikrat stark genug, um die Politik zu beeinflussen?

Der Ethikrat hat schon verschiedene Gesetze angestoßen und mitgeprägt. Zudem hat er die Aufgabe, die öffentliche Diskussion anzuregen, wie durch die Jahrestagung zur Gen-Schere im Juni, die im Internet abrufbar ist. Und es gibt die internationale Zusammenarbeit: Im März durfte der Ethikrat das Weltgipfeltreffen der Ethikräte in Berlin ausrichten. Dort ging es unter anderem um Genom-Editing und Big Data. ←



Du bist doch Banane

Man hört ja ziemlich oft, dass wir viel mit Menschenaffen gemeinsam haben, und meistens kommt dann eine imponierende Prozentzahl – zum Beispiel 98,5. So hoch ist die genetische Übereinstimmung des Menschen mit einem Schimpansen. Klingt unheimlich viel, aber bevor ihr jetzt Affenlaute ausstößt und euch auf die Brust trommelt, solltet ihr euch noch mal vor Augen halten, dass das menschliche Genom insgesamt aus Milliarden Informationen besteht. Ein paar Prozent sind also immer noch Millionen Informationen, die anders sind. Stellt euch mal zwei Autos vor, an denen man zehn Millionen Dinge anders macht. Die werden schon sehr verschieden. Wenn euch das nicht als anschauliches Beispiel reicht, haben wir hier noch ein paar andere Prozentzahlen: Wie wäre es mit Mensch und Banane? Genetisch sind die zur Hälfte identisch (unser Bild zeigt es ja deutlich). Mensch und Maus? 90 Prozent. Mensch und Schwein? 90 Prozent. Mensch und Katze? 90 Prozent. Mensch und Hund? 84 Prozent. Mensch und Fadenwurm? 75 Prozent. Mensch und Zebrafisch? 70 Prozent. Mensch und Pferd? 50 Prozent. Soll reichen.



Ins Ungewisse

Jakob hat von seiner Mutter eine tödliche Krankheit geerbt. Trotzdem ist er überzeugt, dass er nicht daran sterben wird. Porträt eines erstaunlichen Menschen

Von Elisabeth Gamperl und Sebastian Jannasch

Skaten, kicken, Roller fahren: Jakob weiß nicht, wie lange er seinen Hobbys noch nachgehen kann

→ Jakob* ist nicht zu bremsen. Nach der Schule fährt der 16-Jährige zum Kicken in den Park, seine Finger tippen ununterbrochen auf dem Smartphone, später fegt der Junge mit dem zarten Gesicht und den strohblonden Haaren mit seinem schwarzen Motorroller über die Landstraßen. Seine Freunde lädt er am Wochenende am liebsten zu sich nach Hause in eine Kleinstadt bei Köln ein. „Dann zocken wir bis in die Nacht an der Konsole oder zelten am Bach in der Nähe.“

Was die meisten von Jakobs Freunden allerdings nicht wissen: Sein Leben wird nicht mehr lange so unbeschwert bleiben. In einigen Jahren muss er einen Kampf gegen seinen eigenen Körper führen. Und er wird ihn wohl verlieren. Denn auf Jakob lastet ein Erbe, das er vor keinem Nachlassgericht dieser Welt ausschlagen kann. Dabei geht es nicht um Schulden oder ein hypotheckenbelastetes Haus. Es geht um das Nervenleiden Chorea Huntington.

Ein Unfall, eine folgenreiche Verletzung, Krebs: Viele Menschen ereilt im Lauf ihres Lebens ein Schicksalsschlag. Doch eine Erkrankung wie Chorea Huntington, die von Geburt an feststeht, lastet bis zu ihrem Ausbruch wie ein Fluch auf dem Betroffenen. Etwa 10.000 Menschen sind laut der Deutschen Huntington-Hilfe hierzulande von dem Leiden betroffen. Wer daran erkrankt, verliert nach und nach die Kontrolle über seine Bewegungen, sein Verhalten, seine Sprache.

Schuld ist ein Gendefekt auf Chromosom 4. Die Nervenzellen sterben ab, das Gehirn verkümmert, 15 bis 20 Jahre nach dem Ausbruch der Krankheit stirbt der Patient unweigerlich. Ist ein Elternteil betroffen, stehen die Chancen 50 zu 50, dass das Kind den Gendefekt erbt. Ein Test kann bei einem Verdacht Gewissheit geben. Aber es ist eine schreckliche Gewissheit, wenn er positiv ausfällt.

Wenn Jakob seine Mutter Bettina* ansieht, wirft er auch einen Blick in die eigene Zukunft. Sie leidet an der Huntington-Krankheit. Bettina, 38, ergrautes Haar, hat Mühe, deutlich zu sprechen, ihre Zunge ist ihr im Weg. Vieles fällt ihr schwer, auch langes Laufen geht nicht mehr. Für die Strecke in die Stadt brauchte sie vor ein paar Jahren nur eine halbe Stunde. „Inzwischen dauert das eine Stunde“, sagt sie. Vor der Tür ihrer Erdgeschosswohnung steht ein Rollator, ohne ihn schafft sie es nicht mehr zum nahe gelegenen Supermarkt. „Ich muss sie manchmal stützen, weil sie plötzlich anfängt zu schwanken“, sagt Jakob. Die Einkaufsliste und die Entschuldigungen für die Schule schreibt er inzwischen selbst, weil seine Mutter die Hand beim Schreiben nicht mehr ruhig halten kann.

Bei den meisten Betroffenen macht sich Huntington im Alter zwischen 30 und 50 Jahren bemerkbar. Bei Bettina ging es um die 30 los. Zuerst zuckten Beine und Hände unwillkürlich, ihr Gedächtnis ließ immer stärker nach, sie bekam depressive Schübe – ob als Teil der Krankheit oder Resultat der Diagnose, das wissen die Ärzte nicht. Alltägliches wie Anziehen und Kochen fiel ihr immer schwerer, ihren Job als Putzfrau musste sie bereits aufgeben. Irgendwann wird sie nicht mehr richtig schlucken können, viele Betroffene ersticken beim Essen.

Bettina wird eine Rundum-Betreuung brauchen. „Ich weiß schon, in welches Heim ich gehe“, sagt sie. „Aber ein paar Jährchen habe ich ja noch.“

Einen so offenen Umgang mit der Krankheit gab es bei ihren Eltern und Großeltern nicht. „Damit wollte sich in meiner Familie niemand auseinandersetzen“, erzählt Bettina. Obwohl schon die Großmutter an Huntington litt, wollte sich ihr Vater nicht damit beschäftigen – bis er selbst mit Ende 40 die Diagnose bekam. Von diesem Moment an wusste Bettina, dass auch sie betroffen sein könnte, und ließ sich testen. „Positiv. Das war ein Schock“, sagt sie, „damals hatte ich ja schon zwei Kinder.“ Jakob war sechs Jahre alt, seine Schwester sieben, sie ging schon in die Schule.

Bettina fasste einen Entschluss: Ihre Kinder sollten von Anfang an wissen, welches Risiko für sie besteht. Denn in extrem seltenen Fällen bricht Huntington schon im Kindesalter aus. Den Anstoß für Jakobs Gentest gab ein Tic. Der Junge war im vergangenen Jahr in einem Heim untergebracht, weil seine Mutter in dieser Zeit zu sehr mit ihrer Krankheit zu tun hatte. Zu seinem Vater hat Jakob kaum Kontakt, die Eltern trennten sich, als er noch klein war. In der Einrichtung fiel Jakobs Betreuer auf, dass der Junge seinen Kopf immer ruckartig über die Schulter kippte; die Betreuer wussten von der Krankheit der Mutter und deuteten dies als mögliches erstes Anzeichen. Der Kinderarzt schickte daraufhin eine Blutprobe ins Labor, sechs Wochen musste die Familie auf das Ergebnis warten. „Eine komische Zeit“, sagt Jakob, „ich wollte doch wissen, wie es mit meinem Leben weitergeht.“ Dann der Befund: positiv. Erst Schweigen, dann Tränen.

Ausgebrochen ist die Krankheit bei Jakob offenbar noch nicht. Das Kopfzucken war wohl die Folge psychischer Belastungen, vermutet sein Psychologe. Ein Fehlalarm, doch der Gentest lässt sich nun nicht mehr rückgängig machen. Er teilt Jakobs Leben in ein Davor und ein Danach. Er weiß, dass er wie seine Mutter an Huntington erkranken wird, vielleicht in 15, vielleicht in 30 Jahren. Jedes Mal, wenn er sich jetzt verschluckt oder wenn er mal etwas vergisst, fragt er sich, ob dies schon der Anfang vom Ende sein könnte.

Ein gutes halbes Jahr nach der Diagnose gibt sich Jakob heute überraschend unbeeindruckt. Er will nicht die ganze Zeit über seine Krankheit nachdenken. „Ich schaffe das“, sagt er, „ich bin ja noch jung. Und wenn es ausbricht, mache ich mir nichts daraus.“ Es klingt ziemlich abgeklärt für einen Teenager, der noch so viel vor sich hat, aber bereits weiß, dass er weniger Zeit für seine Pläne hat als seine Freunde. Ob es tief in ihm anders aussieht? Vielleicht schützt er sich, indem er versucht, nicht panisch zu werden. Möglicherweise ist Schicksalsergebenheit eine gute Strategie. Hilfe holt er sich im Austausch mit anderen Betroffenen, außerdem will er an einer Studie teilnehmen. Auch die Beziehung zwischen Jakob und seiner Mutter ist seit der Diagnose noch enger geworden. Inzwischen lebt er wieder bei ihr.

Keine Reise nach Neuseeland, kein Fallschirmsprung: Spektakuläre Aktionen hat Jakob bislang nicht geplant, er will nicht überstürzt etwas verwirklichen, wozu er in ein paar Jah-

Für Jakob steht bereits fest, dass er keine eigenen Kinder haben möchte. Das Risiko, dass sie Chorea Huntington erben, sei einfach zu groß

ren vielleicht nicht mehr in der Lage sein wird. Mittlerweile gibt ihm der Islam Halt. „Ich habe das Gefühl, ich kann mit Allah über alles sprechen“, sagt er, „auch über die Krankheit.“ Mit seinen Freunden redet er hingegen kaum über das Testergebnis, ohnehin wissen nur sehr wenige davon. Jakob will kein Mitleid.

Dabei ist das Ergebnis des Gentests eine große Bürde, natürlich beeinflusst das Wissen um die Krankheit alle weiteren Entscheidungen. Elke Holinski-Feder, die das Medizinisch Genetische Zentrum in München leitet, sagt: „Gerade für junge Menschen kann die Gewissheit eine große Belastung sein.“ Sie rät genetisch vorbelasteten Menschen, sich erst dann testen zu lassen, wenn eine Lebensentscheidung ansteht,

etwa die Familiengründung oder eine aufwendige Berufsausbildung. „Ich schicke manche wieder nach Hause und sage, sie sollen wiederkommen, wenn konkrete Gründe vorliegen.“ Jakobs Schwester hat im Gegensatz zu ihrem Bruder entschieden, dass sie nicht wissen möchte, ob Huntington auch in ihr schlummert.

Für Jakob steht bereits fest, dass er später keine eigenen Kinder haben möchte. „Das Risiko ist zu hoch, ich würde ihnen das nicht antun wollen“, sagt er. Dabei sieht er seine Mutter an, die ihm auf dem braunen Sofa gegenüber sitzt und die Zigarette zwischen Mittel- und Zeigefinger zusammenpresst, damit die unruhige Hand sie nicht fallen lässt. „Ich kann ihn verstehen“, sagt Bettina später. Sie hätte auf keinen Fall Kinder bekommen, wenn sie von ihrer Krankheit gewusst hätte.

Die Anlage für die Krankheit ließe sich schon vor der Geburt feststellen. Doch eine solche Untersuchung ist in Deutschland verboten. Getestet werden dürfen nur schwere Erbkrankheiten, die sich bereits im Kindesalter zeigen. Das ist bei Huntington in aller Regel nicht der Fall. Für den Gentest müssen Betroffene ins Ausland reisen. Möglich ist es aber, im Rahmen einer künstlichen Befruchtung Eizellen auf Huntington zu testen, bevor sie einer Frau übertragen werden.

Jakob setzt seine ganze Hoffnung nun in die medizinische Forschung. Er ist davon überzeugt, dass es in einigen Jahren gelingen wird, die Krankheit zu heilen. Und er lernt fleißig, damit er von der Sekundarschule auf das Gymnasium wechseln kann. Schließlich will er später Neurologe werden. Jakob hat den Wettlauf gegen die ablaufende Zeit aufgenommen. Die Krankheit, sie hat ihn nicht besiegt, aber sie hat seinen Ehrgeiz geweckt. ←

** Jakob und Bettina wollen ihren richtigen Namen lieber nicht verraten.*

© Süddeutsche Zeitung, 2016



Ohne Wert

Gute Menschen, schlechte Menschen:
Die Pseudowissenschaft der Eugenik war
um 1900 weltweit ein Trend unter
Wissenschaftlern – und zwar ein sehr gefährlicher

→ Franz Boas war gewiss kein Faschist. Als Rassist hätte sich der US-Amerikaner wohl auch nicht bezeichnet, im Gegenteil, er galt als Kritiker des damals weit verbreiteten Rasse-Begriffs. Er wollte sogar helfen, endlich die Diskriminierung von Schwarzen in den USA zu beenden. Würde man Schwarze an einen Ort bringen, wo weniger Sonne scheint, so Boas in einem Brief, würden sie über die Generationen hinweg heller werden. Vorbei mit der Diskriminierung!

Für heutige Ohren klingt das absurd. Es klingt sogar gefährlich und rassistisch, nach Braunhemden, Rassengesetzen und Konzentrationslagern. Doch Boas, ein von schwarzen Intellektuellen hoch respektierter Wissenschaftler, meinte das ernst. Er beschäftigte sich, wie viele Wissenschaftler dieser Zeit, mit der Eugenik, der „Wissenschaft von der edlen Abstammung“, wie man es aus dem Griechischen übersetzen könnte. Boas warnte vor ihr – in Ausnahmefällen empfahl er sie aber auch.

Für einen Forscher gab es um das Jahr 1910 kaum ein moderneres, zukunftssträchtigeres Betätigungsfeld als die Eugenik. Die technologisch fortschrittlichsten Staaten der Welt, darunter die USA, Deutschland, Großbritannien und Schweden, überboten sich im Wettlauf um Ideen, wie man ihn erschaffen könnte: den neuen, besseren Menschen. Klug, fleißig, rechaffen und vor allem frei von Erbkrankheiten sollte er sein. Viele Anhänger dieser menschenverachtenden Ideologie argumentierten damit, nur helfen zu wollen.

Die Geschichte der Eugenik begann mit einer Fahrt auf die Galapagosinseln. Der Engländer Charles Darwin hatte in den 30er-Jahren des 19. Jahrhunderts bei seinen Forschungsreisen und der anschließenden Untersuchung der dabei gesammelten Organismen herausgefunden, dass Arten sich in einem ständigen Kampf ums Überleben befinden. Sie trotzen Schneestürmen und Dürren, Fressfeinden und missliebigen Artgenossen durch Mutation und Selektion. Die, die am besten angepasst sind – englisch: „the fittest“ –, überleben.

Darwins Evolutionstheorie elektrisierte die Intellektuellen seiner Zeit. Auch sein 13 Jahre jüngerer Cousin Francis Galton war von den Ideen seines Veters begeistert. Galton fand, dass man die Evolutionslehre auch auf den Menschen von heute anwenden könnte – oder besser gesagt: anwenden müsste. Galton glaubte nämlich, dass die menschliche Gesellschaft die Evolution außer Kraft gesetzt habe. In der Tierwelt würden die Schwächsten aussterben, in der Menschenwelt nicht. Im Gegenteil: Die weniger Intelligenzen, weniger Reichen bekämen mehr Kinder. Nach Galton ging es also bergab mit der Menschheit.

Wenn Galton damals durch die schmalen Gassen seiner Geburtsstadt Birmingham lief, sah er die aus seiner Sicht düstere Zukunft der Menschheit. In engen, stickigen Wohnungen hausten Arbeiter mit ihren Frauen und sieben oder acht blassen, hustenden Kindern. Draußen trocknete die Wäsche und wurde grau vom Qualm, den die Industrieschlote in die Luft bliesen. Für Galton waren diese Menschen eine Bedrohung der menschlichen Rasse: Sie,

Vorherige Seite: In den USA gab es in den 1920er-Jahren öffentliche Lehrveranstaltungen darüber, welche Menschen sich vermehren sollten und welche nicht

Unten: Dieser Vergleich der täglichen Lebenshaltungskosten eines „Erbkranken“ und einer „erbgesunden Familie“ wurde 1936 von den Nationalsozialisten zu Propagandazwecken verbreitet



die Ungebildeten, Armen, Dreckigen, bekamen einfach zu viele Kinder.

Warum aber sollte nicht auch der Mensch die Verbesserung seiner eigenen Art in die Hand nehmen? Rennpferde werden auf Geschwindigkeit gezüchtet, Kühe auf Milchertrag, Bienen auf Sanftmütigkeit. Galton hielt es deshalb für „ziemlich praktisch, eine hochtalentiertere Menschenrasse durch wohlüberlegte Ehen zu züchten“. Wie ein Gartenbauer wollte Galton schlechte Triebe abschneiden, um die gesunden besser gedeihen zu lassen. Eugenik war in seinen Augen Dünger für das Volk.

Es braucht nicht viel Fantasie, um sich auszumalen, was aus einer Unterscheidung zwischen höher- und minderwertigen Menschen werden würde. Galtons wissenschaftliche Schüler gingen sehr bald über seine Vorschläge hinaus. Als erstes Land der Welt führten die USA ein Programm zur Zwangssterilisierung von geistig Behinderten ein – oder solchen, die man damals dafür hielt. Der Bundesstaat Indiana begann 1907, andere folgten, auch einzelne Provinzen in Kanada, Japan und Südkorea. 15 Jahre später schrieb ein Jurist in den USA ein „Modellgesetz für eugenische Sterilisierung“. Der Grundgedanke der Eugenik, dass es nicht allen Menschen gleichermaßen zustehe, sich fortzupflanzen, verbreitete sich auch unter europäischen Politikern. In der Schweiz und Dänemark gab es bereits 1928 und 1929 Gesetze zur Zwangssterilisierung, Schweden, Finnland, Norwegen und weitere folgten in den 1930ern. In Schwedens Gesetzgebung blieben eugenische und rassenbiologische Prinzipien trotz Kritik über Jahrzehnte verankert. Erst im Jahr 1976, als ABBA „Dancing Queen“ sangen und Hippies Volvo fuhren, wurde die Zwangssterilisation abgeschafft. Mehr als 60.000 Menschen, häufig Insassen in Heilanstalten, aber auch Arbeitslose, „Gemischtrassige“ und weitere von der politischen Norm Abweichende, waren bis dahin zeugungsunfähig gemacht worden. Einige gaben ihre Zustimmung dazu mehr oder weniger – meist weniger – freiwillig, andere haben sie nie erteilt.

Einen Schritt weiter ging Alfred Hoche 1920 in seiner Schrift über „Die Freigabe der Vernichtung lebensunwerten Lebens“. Der Freiburger Arzt prägte den Begriff „Ballastexistenzen“. Gemeint waren damit bestimmte geistig und körperlich Kranke, etwa Manisch-Depressive. Mit ihrer Einwilligung – nötigenfalls auch ohne – wollte Hoche sie töten lassen. Hoche gilt als geistiger Wegbereiter der organisierten Massenvernichtung von Menschen mit Behinderungen in Nazideutschland.

Denn auch Adolf Hitler träumte von einem gesünderen „Volkkörper“. In „Mein Kampf“ beschrieb er Mitte der 1920er seine Vorstellung von einer „Rassenhygiene“. Im Juli 1933, ein halbes Jahr nach der Machtübernahme der Nationalsozialisten, verabschiedete das Deutsche Reich ein „Gesetz zur Verhütung erbkranken Nachwuchses“. Nach Schätzungen wurden unter der NS-



Geistig behinderte Kinder um 1930 in einer Einrichtung der Diakonie in Schwäbisch Hall. Auch Bewohner dieser Anstalt wurden später von den Nationalsozialisten umgebracht

Herrschaft 400.000 Menschen zwangssterilisiert, mit und ohne Krankheiten. Sechs Jahre und mehrere Gesetze später begann dann der Mord an „lebensunwertem Leben“ unter dem Namen „Aktion T4“, benannt nach der Zentraldienststelle T4 in der Tiergartenstraße 4 in Berlin. Der Ausdruck Euthanasie wurde als Euphemismus benutzt; er kommt aus dem Griechischen und bedeutet „guter Tod“. Innerhalb von zwei Jahren wurden mehr als 70.000 Menschen mit Injektionen totgespritzt oder mit Kohlenmonoxid in Gaskammern erstickt. Es traf Straftäter und Epileptiker, Demente und Schizophrene. Juristen, Ärzte und Pfleger machten mit. Bestraft wurden nach 1945 nur wenige.

Selbst Kinder wurden umgebracht. Wenn die behandelnden Ärzte keinen „Nutzen für die Volksgemeinschaft“ feststellen konnten, hatten sie kaum eine Chance. Es genügte, das Downsyndrom oder nur ein Bein zu haben. Mindestens 5.000 Minderjährige wurden zwischen 1939 und 1945 umgebracht. Der Direktor einer Kinderklinik schrieb in seinem Brief an die Eltern einer Ermordeten, das Kind „wäre im Leben sicher niemals ein brauchbarer Mensch geworden“. Die systematischen Massenmorde hatten 1945 ein Ende und sind bis heute beispiellos. Die Aufarbeitung der nationalsozialistischen Verbrechen wäre ohne die Auseinandersetzung mit der sogenannten Euthanasie undenkbar gewesen – und sie dauert an.

Seit einiger Zeit schwindet das offene Bekenntnis zur Eugenik aus den Gesetzbüchern und Debatten. Manche Rechtsextreme und wissenschaftliche Außenseiter berufen sich noch auf die gefährliche Pseudowissenschaft. 2010 landete ein Buch in den deutschen Buchhandlungen, das seine

Hauptthese im Titel trägt: „Deutschland schafft sich ab“. Sein Autor, der ehemalige Politiker und Bundesbanker Thilo Sarrazin, zitiert darin unter anderem Francis Galton und seine Nachfolger. Vom Eugenik-Begriff distanzierte sich Sarrazin. Doch auch er argumentierte, dass die „Bildungsunfähigen“ und all jene, die der Bildung fernstehen, viel zu viele Kinder bekämen. ←

Die Nazis widmeten sich der „Erschaffung eines gesunden Volkkörpers“. Mehr als 70.000 Menschen wurden umgebracht

Darm mit Charme

Umwelteinflüsse, was wir essen oder die Gifte, denen wir ausgesetzt sind: All das kann Spuren in den Erbanlagen hinterlassen. Man nennt das Epigenetik. Kaum jemand weiß darüber so gut Bescheid wie der Londoner Professor Tim Spector*

Interview: Anuschka Roshani

→ fluter: Herr Spector, was bedeutet Epigenetik?

Tim Spector: Vereinfacht gesagt geht es darum, wie Gene an- oder abgeschaltet werden, ohne dass der genetische Code selbst verändert wird. Es handelt sich um chemische Prozesse wie die sogenannte DNA-Methylierung. Das ist die organische Verbindung der Zelle mit Methylgruppen, meist Verbindungen aus einem Kohlenstoffatom und drei Wasserstoffatomen. Diese DNA-Methylierung bestimmt, ob ein Gen zum Ausdruck kommt, indem sie dieses an- oder ausknipst. Und ob das so abläuft, hängt zum Beispiel von unserem Lebenswandel ab.

In welchen Punkten ist die Epigenetik umstritten?

Strittig ist, ob sich eine epigenetische Veränderung tatsächlich auf die nächste Generation auswirkt und verantwortlich ist für manche Zivilisationskrankheiten. Dagegen lässt sich anführen, dass epigenetische Veränderungen bei keimfreien Labortieren über mehrere Generationen hinweg weitergegeben werden, etwa wenn die Großelterngeneration Stress erlebt oder einer neuen Ernährungsweise ausgesetzt ist. Es ist aber nach wie vor unklar, ob das auch für Menschen gilt.

Welche Erkenntnisse der Zwillingsforschung belegen epigenetische Prozesse?

Wir untersuchen eineiige Zwillinge, weil sie genetische Klone sind – dennoch lassen sich auch bei ihnen enorme Unterschiede beobachten: Gewöhnlich entwickeln sie unterschiedliche Persönlichkeiten und sterben infolge unterschiedlicher Krankheiten. Solche Unterschiede lassen sich nicht allein durch ihre Gene erklären, wohl aber mit den unterschiedlichen epigenetischen Markierungen an ihrer DNA, die man findet.

Welche Unterschiede haben Sie im Einzelnen festgestellt?

Zum Beispiel, dass ein Zwilling homosexuell war und der andere heterosexuell oder einer der beiden Krebs bekam. Auch bei Erbkrankheiten zeigte sich mit fortgeschrittenem Alter oftmals ein großer Unterschied: Bei dem einen Zwilling brach die Erbkrankheit aus, der andere blieb davon ver-

schont. Wir beobachteten Zwillingspaare, bei denen einer depressiv wurde und Suizid beging, während sein Zwilling psychisch vollkommen stabil war. In diesem Fall könnte Stress bei einem Zwilling die Reaktion eines epigenetischen Signals provoziert haben.

Ist selbst die persönliche sexuelle Ausrichtung und die Religiosität oder die Weltanschauung epigenetisch beeinflusst?

Verschiedene Untersuchungen legen nahe, dass epigenetische Signale die Sexualität verändern können, doch bisher wurden erst kleine Studien an Menschen durchgeführt, und deren Ergebnisse liefern noch keine schlüssigen Beweise. Das Gleiche gilt übrigens für den Glauben – in dem sich eineiige Zwillinge ebenfalls sehr stark voneinander unterscheiden können.

Sie sagen, Traumata können von der Großelterngeneration an die Enkelgeneration weitergegeben werden. Heißt das, dass die pränatal angelegten Eizellen im Laufe des Lebens der Mutter noch veränderbar sind?

Ja, Tierversuche lassen vermuten, dass durch ein sehr stressvolles Ereignis in der Schwangerschaft die neurochemischen Vorgänge im Nervengewebe aktiviert beziehungsweise inaktiviert, etwa Stresshormone an- oder abgeschaltet werden können. Das kann auf molekularer

Ebene Auswirkungen auf drei Frauengenerationen haben. So hat man etwa herausgefunden, dass die Kinder und Enkel niederländischer Mütter, die im Kriegswinter 1944/45 drei Monate lang hungern mussten, signifikant häufi-

„Gene müssen kein unabänderliches Schicksal für den Menschen bedeuten“



ger Übergewicht, Diabetes, Herzprobleme und Schizophrenie haben als jene, die ein Jahr später von Müttern geboren wurden, die nicht hungerten. Eine andere Studie in China über die große Hungersnot unter Mao Zedong in den Jahren 1958 bis 1961 untermauert diesen Befund.

Wird Krebs durch die epigenetische Forschung eines Tages besiegt werden?

Epigenetik wird schon jetzt in der Krebstherapie genutzt, bei der Chemotherapie verschiedener Krebsarten, wo mit ihrer Hilfe das Tumorstadium rückgängig gemacht wird. Wenn der Tumor bestimmte Gene ausgeschaltet hat, werden diese durch das Medikament wieder epigenetisch angeschaltet.

Seit einigen Jahren widmen Sie sich in einem umfangreichen Projekt der Erforschung von Mikroben im Darm, die Gene beeinflussen.

Tim Spector steckt tief in der Materie und sagt: Bakterien in unserem Verdauungstrakt können Gene an- und abschalten

* Tim Spector ist Professor für Genetische Epidemiologie am Londoner King's College. Er untersucht seit fast 25 Jahren die genetischen und umweltbedingten Voraussetzungen von Krankheiten anhand eineiiger Zwillingspaare. Der Mediziner begründete die weltweit größte Datenbank mit 13.000 Zwillingspaaren. Sein aktuelles Buch heißt „Mythos Diät. Was wir wirklich über gesunde Ernährung wissen“, Berlin Verlag

Wir können über die Analyse der Mikroben in Ihrem Kot bereits mehr Rückschlüsse über Ihren gegenwärtigen Gesundheitszustand ziehen als durch eine DNA-Analyse. Mikroorganismen können Gene an- und abknipsen, so wie die Gene zum Teil kontrollieren, welche Mikroben in unserem Darm leben und gedeihen, und auch, wie das Immunsystem darauf reagiert. Ein unstrittiges Ergebnis unserer bisherigen Studien ist, dass ungesund lebende Menschen eine geringere Vielfalt von Darmmikroben haben als Gesunde. Zudem stellten wir fest, dass es übergewichtigen Menschen an nützlichen Mikroben mangelt, über die schlanke Menschen dagegen in großem Maß verfügen. Als wir diese nützlichen Mikroben aus dem Stuhl menschlicher Zwillinge auf keimfreie Mäuse übertrugen, konnten wir damit das Fettwerden der Mäuse stoppen. Die Erforschung unserer Darmbakterien halte ich für eines der aufregendsten Gebiete der Medizin.

Wie gefährlich sind Umweltgifte?

Es besteht die Gefahr, dass chemische Schadstoffe unsere Erbanlagen epigenetisch angreifen, so wie auch unsere Darmflora. Beides kann dann an unsere Kinder weitergegeben werden – weshalb die Regierungen sehr gut daran täten, verstärkt dagegen vorzugehen.

Wie kann ich denn darauf Einfluss nehmen, was meine Gene steuert?

Wenn Sie gesund sein wollen, dann vermeiden Sie Chemikalien, die Ihre Gene beeinflussen, wie Bisphenol A in Plastik. Aber auch Vitamine wie Folsäure oder Vitamin B12 können sich je nach Dosis in unvorhersehbarer Weise auswirken, indem sie unsere Gene epigenetisch modifizieren. Und auch viele andere Chemikalien könnten unseren Genen schaden, ohne dass wir das bisher absehen. Ich glaube, eine wichtige Botschaft unserer Wissenschaft sollte sein, dass jeder über Epigenetik selbst etwas dafür tun kann, dass es ihm und seinen Nachkommen gut geht. Also dass die Gene kein unabänderliches Schicksal für einen Menschen bedeuten müssen. ←

So oder



SO

Manche dicke Menschen leiden nicht nur unter ihrem Körper, sondern oft auch darunter, dass ihnen die Schuld an ihrem Gewicht gegeben wird. Dabei können auch die Gene eine Rolle spielen, wenn es darum geht, wer Pizza und Pommes in sich reinstopfen kann und wer sie nur angucken muss, um zuzulegen

Von Sara Geisler

→ Zu oft das Auto genommen, zu selten das Rad. Zu kurz bei McFit gewesen, zu lang bei McDonald's. Zu sehr verhätschelt worden, zu häufig verkloppt. Fragt man zehn Leute, warum ein Mensch dick ist und nicht dünn, bekommt man zwölf verschiedene Antworten – mindestens. Das Fesselnde an der Sache: Ein bisschen was dran ist an allen.

Während nun manche Erkenntnisse als unumstößlich gelten und die meisten Menschen auch schon selbst beobachten durften, dass zwei Wochen Weihnachten nicht spurlos an den Hüften vorübergehen, wird eine andere Frage immer lauter: Wie groß ist eigentlich der Einfluss unserer Gene? Können wir vielleicht weniger für unser Körpergewicht, als es immer heißt? Und wird die Menschheit womöglich deshalb immer dicker, weil irgendwas mit unseren Genen nicht stimmt?

Nie zuvor gab es auf der Erde so viele Übergewichtige. In Deutschland fällt bereits jeder zweite Erwachsene in diese Kategorie. Jeder vierte Deutsche über 15 Jahren galt im Jahr 2013 sogar als fettleibig. Um die Jahrtausendwende war es noch jeder fünfte gewesen.

An der Universitätsklinik Charité in Berlin erforscht der Kinderarzt und Wissenschaftler Peter Kühnen den Zusammenhang zwischen Genen und Gewicht. Gleich zu Beginn des Gesprächs stellt er klar: „Die Frage ist ungelöst.“ Ein paar Dinge habe man aber verstanden, und

dafür bedanken dürfe man sich – wie so oft – bei den Zwillingforschern: Eineiige Zwillinge seien nämlich meist nicht nur auf den Zentimeter gleich groß, sondern hätten auch ein sehr ähnliches Körpergewicht. Und zwar unabhängig davon, ob sie zusammen aufwachsen oder nicht. „Wenn zum Beispiel der eine Zwilling in den USA lebt und der andere in Deutschland, sind sich die beiden vom Gewicht her ähnlicher als den Familien, in denen sie leben“, sagt Kühnen.

1994 machten amerikanische Forscher eine entscheidende Entdeckung an sehr, sehr dicken Mäusen. Man vermutete zwar seit Jahren, dass die armen Tiere aufgrund eines genetischen Defekts derart fettleibig waren. Aber erst dem Team um den New Yorker Mediziner Jeffrey Friedman gelang es, nachzuweisen, dass es ein Gen gibt, das die Produktion eines Hormons steuert, welches Mäuse vor Fettleibigkeit schützt. Dieses Hormon taufte sie Leptin (nach Griechisch: leptos = dünn). Spritzte man den Mäusen Leptin, wurden sie ganz schlank. Die anfängliche Euphorie, man könne mit dem Hormon alle fettleibigen Menschen behandeln, wurde zwar gedämpft (es funktionierte nicht).

Etwas sehr Wichtiges hat man durch das Experiment jedoch verstanden: Im Kopf sitzt ein Sättigungszentrum. Dieses ist essenziell für das Körpergewicht, weil es uns auf dem Laufenden hält: „Hallo, ich habe Hunger! Bitte Nahrung!“ oder „Danke, das waren genug Fischstäbchen!“

Viele Forscher gehen davon aus, dass unser Körper quasi mitzählt, wie viele Kalorien er haben will und wie viele er bekommt. Und es scheint, als zähle er sehr streng: „Unser Körper weiß ganz genau, welches individuelle Gewicht er anstrebt“, sagt Peter Kühnen. In der Wissenschaft nennt man diese Annahme „Set-Point-Theorie“. Sie würde unter anderem erklären, warum nach Diäten der berühmte Jo-Jo-Effekt einsetzt, warum unser Gewicht relativ stabil ist, obwohl wir nicht jeden Tag gleich viel essen, und auch, warum die einen etwas fülliger sind als die anderen.

Bei manchen Menschen ist das Sättigungszentrum regelrecht gestört. Wenn zum Beispiel ein zuständiges Hormon fehlt oder eine Genmutation vorliegt, haben die Betroffenen immer Hunger. Egal, wie viel sie auch essen – sie werden niemals satt. An der Charité wurden im Juli erstmals zwei Patientinnen mit POMC-Mangel (ein Vorläufer des Botenstoffes MSH, der das Sättigungszentrum des Gehirns gezielt aktivieren kann) erfolgreich mit einem Medikament behandelt, das die Wirkung des Hormons ersetzen soll. Mühelos nahm die eine Patientin innerhalb von 12 Wochen 20,5 Kilogramm ab, die andere in 42 Wochen 51 Kilo.

So sehr die Forscher der Erfolg auch freut, das Problem der Fettleibigkeit wird er nicht lösen. „Eine Mutation im Sättigungszentrum ist extrem selten“, sagt Peter Kühnen. Ob man auch „normalen“ Fettleibigen mit einer solchen Therapie helfen kann, wird man wohl erst in ferner Zukunft wissen. Entsprechende Studien kosten nicht nur viel, sie sind auch schwierig zu erstellen. „Dass immer mehr Menschen und vor allem auch schon Kinder übergewichtig sind, kann man durch Genmutationen jedenfalls nicht erklären“, so Kühnen.

**Selbst
Zwillinge, die
weit auseinander
leben, wiegen
oft dasselbe**

STICHWORT NUTRIGENETIK

Dass der eine nach zwei Bier vom Barhocker kippt, während der andere auch nach zwölf noch sitzt, kann viele Gründe haben. Körpergewicht, Tagesverfassung, lang-jähriges Training – alles schon gehört. Seit Kurzem gehen Wissenschaftler davon aus, dass auch unsere Gene beeinflussen, wer wie viel verträgt. Und zwar nicht nur was Alkohol betrifft, sondern auch Kaffee, Salz oder Fett. Glaubt man aktuellen Studien, dann gehen unsere Körper mit Nahrung höchst unterschiedlich um: Während für den einen eine Tüte Pommes täglich kein Problem darstellt, kann sie für den anderen sozusagen der direkte Weg zum Herzinfarkt sein. Genmutationen, die sich über Jahrhunderte entwickelt haben, können auch erklären, warum viele Mitteleuropäer Kuhmilch trinken können, ohne Blähungen zu bekommen – und viele Südasiaten nicht. Dieses neue Forschungsgebiet zwischen Veranlagung und Nahrungsverwertung trägt den Namen Nutrigenetik. Die Hoffnungen, die darauf liegen, sind groß: Wertet man alle relevanten Gen-Variationen eines Menschen aus, wäre es möglich, einen individuellen Ernährungsplan zu erstellen. Einen, der abseits pauschaler Weisheiten tatsächlich Schlaganfällen vorbeugt, Bluthochdruck verhindert oder einfach die paar Kilo zu viel. Einige Firmen bieten solche Auswertungen bereits an – besonders seriös sind sie aber nicht. Solange man nämlich nicht das gesamte Genom eines Menschen sequenziert, haben die Ergebnisse kaum Aussagekraft. Findet man etwa an einer Stelle Varianten, die eine Art Fettfreifahrtschein bedeuten, liegen womöglich an 20 anderen Orten Varianten, die für das genaue Gegenteil sprechen. Eine voreilige Ernährungsempfehlung wäre in so einem Fall, nun ja, ziemlich heavy.

„Genetisch gesehen“, sagt der Wissenschaftler, „liegen wir in unserer Evolution noch viele Jahre zurück.“ Man könne sich das so vorstellen, als wären wir noch auf Zeiten der Nahrungsknappheit eingestellt: „Wenn nur ein Mal im Monat ein Mammut vorbeikommt, dann ist es gut, wenn man Energie speichert, anstatt sie schnell zu verwerten.“ Ein Überlebensvorteil, der in vielen Ländern mittlerweile überflüssig ist – irgendein Supermarkt hat ja immer offen. Das Problem ist, vereinfacht gesagt: Die Gene vieler Menschen wissen das noch nicht. „Das führt dazu, dass wir unterschiedlich eingestellt sind, wie wir mit Nahrung umgehen“, sagt Kühnen. Also ob wir zum Beispiel besonders auf Süßes stehen und ob ein Stück Kuchen sofort in Hüftgold umgewandelt wird oder nicht.

„Insgesamt erklären unsere bisher gefundenen Genvarianten aber nur 30 Prozent der Variabilität des Körpergewichtes“, sagt Kühnen. Und was ist mit dem Rest? „Zwischen diesen 30 und den genannten 70 Prozent liegt die ‚Missing Heritability‘“, so der Forscher, „neudeutsch für ‚Erklärungslücke in der Vererbung‘.“

Momentan arbeiten zig Wissenschaftler daran, diese Lücke mit Experimenten unter Laborbedingungen zu schlie-

ßen. Einer von ihnen ist Johannes Beckers. Am Institut für Experimentelle Genetik des Helmholtz-Zentrums in München forscht er mit Mäusen, die durch Fehlernährung fett werden und eine Diabetes entwickeln. Der Nachwuchs dieser Mäuse wird bei Fehlernährung noch schneller dick und erkrankt noch stärker an Diabetes. Der Trick bei den Experimenten von Beckers: Die Mäusekinder werden im Reagenzglas gezeugt und von gesunden Leihmüttern ausgetragen. Das heißt, dass die Neigung der Kinder, noch dicker zu werden als ihre Eltern, über die Keimzellen – also Ei und Spermium – vererbt wird. Faktoren wie das Verhalten der Eltern oder Einflüsse der Mutter während der Schwangerschaft können die Forscher so ausschließen. „Dass Eltern die Folgen ihrer Ernährungsweise epigenetisch an ihre Kinder weitergeben, könnte ein Grund dafür sein, warum Übergewicht und Diabetes in den letzten Jahrzehnten so stark zunehmen“, sagt Beckers.

Ein einzelner, konkreter Grund, warum jemand Übergewichtig ist, lässt sich laut Susanna Wiegand fast nie benennen. Die Berliner Ärztin leitet die Adipositas-Ambulanz des Sozialpädiatrischen Zentrums an der Charité. Dort versucht man, auf alle äußeren Faktoren zu achten, die mit der Gesundheit von Kindern und Jugendlichen zu tun haben. „Man kann nie genau sagen, zu wie viel Prozent das Übergewicht eines einzelnen Menschen jetzt an seinen Genen liegt, an dem Beruf seiner Eltern, Stress in der Schule oder einem Migrationshintergrund“, sagt Wiegand.

Es sind viele Puzzleteile, die dick machen. Tanja Behrmann weiß mittlerweile, welche es bei ihr sind. „Schuld“ will sie dafür niemandem geben, auch nicht einer möglichen genetischen Veranlagung, die ein Blick auf ihren Stammbaum suggerieren könnte. „Für solche ‚Ausreden‘ wird man von der Gesellschaft nur schief angeschaut“, lacht die 27-Jährige, und schnell wird klar: Das passiert auch so schon oft genug.

In ihren dicksten Zeiten wog Behrmann 135 Kilo, in ihren dünnsten 86. Heute liegt ihr Gewicht irgendwo dazwischen. „Als ich drei war, kam meine kleine Schwester zur Welt. Weil sie sehr krank war, musste sie alle zwei Stunden essen“, sagt Behrmann, „und dann aß ich halt mit.“ Die Berlinerin war ein molliges, aber glückliches Kind.

In der Grundschule fing dann aber das Mobbing an, und Essen wurde zum Trost. Dann kam die Unterstufe und die Jungs, die sich immer nur für die schlanken Freundinnen interessierten. Essen wurde zum Freund. Behrmann entwickelte früh eine Esssucht, wurde körperlich krank, verlor ihren Job. „Weight Watchers, Low Carb, FdH, Fasten, Kuraufenthalte“, sagt sie, „ich hab eigentlich schon alles durch.“

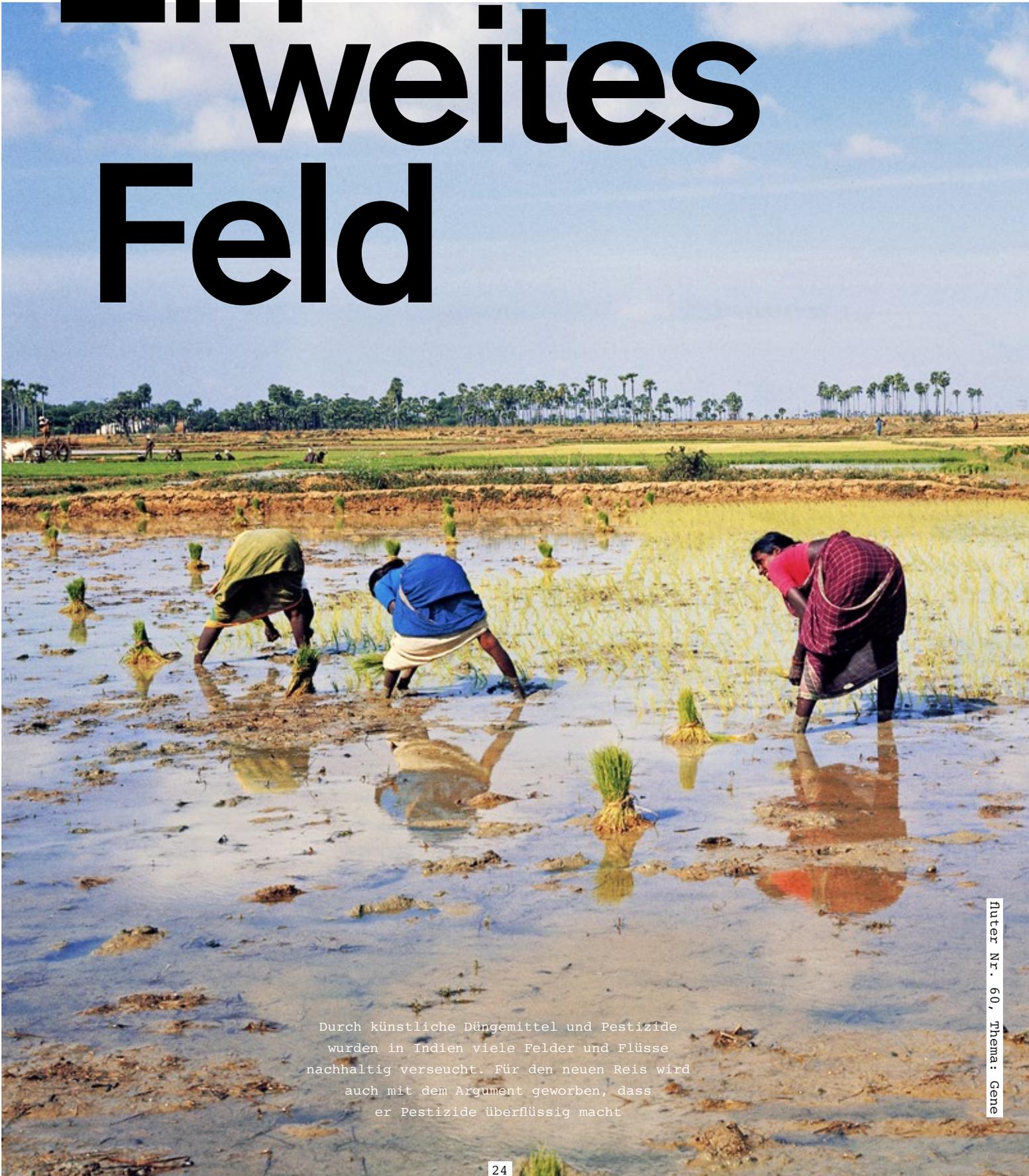
Erst durch eine Psychotherapie hat Behrmann gelernt, sich vor sich selbst zu „outen“: „Ich habe mir nicht eingestanden, dass ich ein Problem mit dem Essen habe“, sagt sie. Durch eine Selbsthilfegruppe hat sie gelernt, davon zu erzählen. Und durch Freunde, Jazzdance und Hip-Hop, dass im Leben auch noch andere Sachen zählen als ein möglichst niedriger Body-Mass-Index. ←

Kapitel 2

Wer was macht

Eigentlich ein guter Job an der frischen Luft: die Suche nach natürlichen Organismen – etwa nach Pilzen und Sporen. Tatsächlich schicken große Biotechnologiefirmen ihre Mitarbeiter in die Wildnis, um Grundstoffe für neue Produkte zu sammeln. Zum Beispiel der dänische Konzern Novozymes, der Mikroben und Enzyme für die Industrie herstellt. Genetisch veränderte Enzyme werden etwa in Waschmitteln verwendet, durch sie wird die Wäsche bereits bei 40 Grad so sauber wie früher bei 60. Das Feld der Biotechnologie gehört zu den Branchen, in die selbst große Datenkonzerne investieren: So widmet sich der Google-Ableger Calico Methoden, um die menschliche Alterung aufzuhalten. Google hat zudem in das Gentestunternehmen 23andMe investiert, das Menschen mit Informationen über ihr Erbgut und entsprechenden Hinweisen auf Krankheitsrisiken versorgt. Gesundheit sei für die IT-Unternehmen „eine wahre Fontäne wertvoller Daten und deshalb ein naheliegendes Gebiet“, sagt der Technologieprofessor Paul Saffo von der Universität Stanford. Wenn ihr also das nächste Mal Pilzsucher seht, habt ihr es vielleicht nicht mit Feinschmeckern zu tun, sondern mit Unternehmensgründern aus dem Silicon Valley.

Ein weites Feld



Durch künstliche Düngemittel und Pestizide wurden in Indien viele Felder und Flüsse nachhaltig verseucht. Für den neuen Reis wird auch mit dem Argument geworben, dass er Pestizide überflüssig macht

Eine bestimmte Reissorte soll die wachsende Weltbevölkerung ernähren und mit wichtigen Vitaminen versorgen. Klingt doch eigentlich gut. Umweltschützer aber haben Bedenken

Von Constantin Wißmann



→ An einem sonnigen Augustmorgen 2013 versammelten sich etwa 400 philippinische Bauern auf einem Reisfeld auf der Halbinsel Bicol, manche rissen die Zäune nieder, trampelten auf den Pflanzen herum oder zogen sie aus dem Boden. Augenzeugen berichteten, dass diese Gruppe gar nicht aus Bauern bestand, sondern aus Städtern, die der Umweltschutzorganisation Greenpeace nahestanden. Greenpeace dementierte später eine Beteiligung an der Aktion, dennoch blieb die Frage: Warum sollten Naturschützer ein Stück Natur zerstören?

Vermutlich, weil dieser Reis nicht ganz natürlich war. Es handelte sich um eine genmodifizierte Version der Pflanze, und das Feld gehörte zu einem Versuchsanbauprojekt des International Rice Research Institute (IRRI), einer allgemeinnützigen Forschungseinrichtung. Hätten die Pflanzen überlebt und wären aufgegangen, hätten die sonst weißen Körner eher gelblich geschimmert. Das liegt daran, dass dem Reis künstlich zwei Gene hinzugefügt wurden, eines aus Mais und eines aus einem Bakterium. Wegen dieser Modifizierung produziert die Pflanze eine erhöhte Menge des Stoffes Betacarotin. Im Körper des Menschen wird Betacarotin zu Vitamin A umgewandelt. Das ist ein lebenswichtiger Stoff, den große Teile der Weltbevölkerung nicht in ausreichenden Mengen zu sich nehmen. Wegen der Farbe und wohl auch aus PR-Gründen nennen die Entwickler die Pflanze „Goldener Reis“.

Um den tobt seit fast zwei Jahrzehnten ein Kampf, der meistens in Studien, auf Pressekonferenzen und in Broschüren ausgetragen wird und manchmal eben auf philippinischen Feldern. Darin verwickelt sind Forscher, NGOs, Konzerne, staatliche Stellen, private Geldgeber. Beide, die Anhänger des Gen-Reises und dessen Feinde, sehen sich als Retter der Welt und bezichtigen die anderen als deren Zerstörer. Tatsächlich lassen sich für beide Seiten stichhaltige Argumente finden.

Unbestritten ist nur der Umfang des Problems, um das es geht. Am Ende dieses Jahrhunderts werden auf der Welt vermutlich mehr als elf Milliarden Menschen leben, es kommen sozusagen drei neue Indien dazu. All diese Menschen zu ernähren, ohne dem Planeten weiter zu schaden, ist eine der größten Herausforderungen unserer Zeit. Die Frage ist, wo und wie. Große Teile der anbaufähigen Landschaft werden bereits bewirtschaftet und schon jetzt wird für die Bewässerung 70 Prozent unseres Frischwassers verbraucht – auch weil so viele Pflanzen für die Tiernahrung angebaut werden.

Viele Wissenschaftler sind daher überzeugt, dass dieser wachsende Bedarf nur mit Hilfe der modernen Gentechnik gedeckt werden kann. Dazu gehören auch Peter Beyer, Professor für Zellbiologie an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, und Ingo Potrykus, sein Kollege von der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (ETH). Die beiden Forscher dachten früh noch über eine weitere Frage nach: Was wäre, wenn wir die Menschen nicht nur vom Hunger befreien, sondern sie gleichzeitig gesünder machen könnten?

Das, so versichern sie, war ihre Motivation, als sie sich 1992 zusammaten, um den „Goldenen Reis“ zu entwickeln. Als sie die Ergebnisse im Jahr 2000 veröffentlichten, sprachen viele von einer Jahrhundertidee der Wissenschaft. Die Weltgesundheitsorganisation WHO schätzt, dass weltweit ungefähr 250 Millionen Kinder an Vitamin-A-Mangel leiden, Hunderttausende von ihnen werden dadurch blind, etwa zwei Millio-

nen von ihnen sterben jedes Jahr an den Folgen. Die meisten davon leben in Ländern, in denen Reis ein Grundnahrungsmittel ist und den meisten Menschen nichts anderes zur Verfügung steht. „This Rice Could Save a Million Kids a Year“, titelte das Magazin „Time“ bereits im Jahr 2000 mit einem Bild von Ingo Potrykus in einem Reisfeld. Höchstens drei Jahre würde es dauern, bis der Reis auf den Markt komme, sagte der Forscher damals der „New York Times“. Das „Time“-Titelbild hängt immer noch eingerahmt im Arbeitszimmer des inzwischen 82-jährigen emeritierten Professors. Der Reis aber ist immer noch nicht zugelassen.

„Zum Glück“, sagt Paul Johnston. Der britische Meeresbiologe leitet das Greenpeace-Forschungsinstitut an der Universität Exeter. Er hält die vermeintliche Jahrhundertidee für eine „gefährliche Illusion“. Den großen Saatgutkonzernen wie Monsanto käme der „Goldene Reis“ als PR-Instrument gerade recht, um unter dem Titel des vermeintlichen Kampfes gegen den Hunger den Weg frei zu machen für andere gentechnisch veränderte Pflanzen. Dabei seien die Risiken des Anbaus beim gentechnisch veränderten Reis überhaupt nicht ausreichend erforscht. So könnte es passieren, dass dieser traditionelle Reissorten und wilden Reis bestäube und sich immer mehr mit diesem vermische. Was aber, wenn dieser so verunreinigte Reis auf großer Fläche versage, bei starker Hitze etwa? „Die Sicherheit eines Grundnahrungsmittels für mehr als die Hälfte der Erdbevölkerung steht dann auf dem Spiel“, sagt Johnston. „Die Wissenschaftler hatten 20 Jahre Zeit, ihn zu entwickeln, aber bisher sind sie nicht über das Versuchsfeld hinausgekommen.“ Die Marktreife sei nicht an Gentechnik-Gegnern gescheitert, sondern an den niedrigen Erträgen. „Wir haben also eine Technologie,

In Indien ist Reis das Grundnahrungsmittel Nummer eins. Vielen Menschen mangelt es aber an Vitamin A. Der neue Reis soll diesen Mangel beheben



Der Forscher hat die Nase voll. Bei der Zulassung der Reissorte gibt es ständig neue Auflagen

deren Risiken nicht klar bewertet werden können und die nachweislich nicht funktioniert. Was sollen wir damit?“ Wichtiger sei es, die wirklichen Ursachen der Mangelernährung zu bekämpfen – Armut und Einseitigkeit der Nahrung. Dabei käme es auf eine Vielfalt von Lebensmitteln, Aufklärung und den nötigen politischen Willen an. Kurzfristig hülfe Vitamin-A-Tabletten und angereicherte Lebensmittel viel effizienter als der Reis.

Eigentlich möchte Peter Beyer gar nicht mehr über den „Goldenen Reis“ sprechen. Zumindest in Deutschland hat sein Erfinder die Auseinandersetzung aufgegeben. „Die Diskussionen führen zu nichts mehr. Und wenn man doch teilnimmt, muss man sich mit Leuten auseinandersetzen, die große Reden schwingen, aber vermutlich den Unterschied zwischen Gen und Protein nicht kennen.“ Wenn er die Argumente von Greenpeace hört, kann er seinen Zorn nur mühsam verbergen. Mit der Saatgutindustrie etwa hätte er nie zusammengearbeitet, bis auf eine kurze Episode mit der Firma Syngenta. „Ich bin verbeamteter Hochschulprofessor.“

Mittlerweile hätten er und seine Mitarbeiter dafür gesorgt, dass der Reis nicht mehr patentiert ist. Bauern, deren Umsatz 10.000 Dollar im Jahr nicht überschreitet, soll das Saatgut kostenlos zur Verfügung gestellt werden. Finanziert wird die Forschung von der milliardenschweren Bill & Melinda Gates Foundation und anderen gemeinnützigen Organisationen. Dass der Reis noch nicht zugelassen sei, liege auch an der hochkomplexen wissenschaftlichen Arbeit, die nötig sei, um die Regularien zu erfüllen, die die Politik als Folge der großen Unsicherheit in der Bevölkerung erlassen habe. „Daran haben Organisationen wie Greenpeace einen großen Anteil. Dazu kommt eine zeitintensive züchterische Arbeit. Wir haben bei der Züchtung auch Fehler gemacht, die uns um Jahre zurückgeworfen haben“, gibt er zu. Trotzdem sehe er Licht am Ende des Tunnels. „Derzeit sind keine Gründe zu sehen, die einer Eröffnung des Zulassungsverfahrens in absehbarer Zeit entgegenstehen.“ ←



Sequenzieren, bis der Rechner schlappmacht

Angesichts der Milliarden Informationen, die das Erbgut bereithält, benötigen Forschung und Industrie schnelle Computer und riesige Server. Über den Zusammenhang von Genen und Daten

Von Sabrina Gaisbauer

→ „Big Data“ in der Gentechnik bedeutet, enorme Gen-Datenmengen erfassen, vergleichen, analysieren und so die genetischen Ursachen für bestimmte Eigenschaften erkennen zu können. Da allein das menschliche Genom 3,27 Milliarden Basenpaare umfasst, braucht es leistungsfähige Rechner und treffsichere Algorithmen, um Zusammenhänge zwischen dem Erbgut verschiedener Menschen oder auch Tiere und Pflanzen verstehen und damit nutzbar machen zu können. Im genetischen Baukasten macht Big Data es möglich, Bausteine voneinander zu unterscheiden und zu bestimmen, wie sie zusammenpassen. Massenhafte Datensammlung und ihre Auswertung sind eine Voraussetzung für gentechnische Entwicklungen.

Im „1.000-Genome-Projekt“ etwa, das von 2008 bis 2015 lief, wurde bei 2.504 Menschen die Reihenfolge von Genbausteinen untersucht – dabei entdeckte man 84 Millionen genetische Variationen. Und das ist nur eines von vielen Genom-Projekten: Die USA haben letztes Jahr ein Projekt gestartet, bei dem das Erbgut von einer Million US-Amerikaner analysiert werden

soll, um individuelle Medikamente entwickeln zu können. Die Kosten für diese Genomuntersuchungen sind in den letzten Jahren dramatisch gesunken: Laut dem National Human Genome Research Institute hat die Sequenzierung eines einzigen Genoms vor rund zehn Jahren noch 14 Millionen Dollar gekostet, Ende letzten Jahres waren es nur noch 1.500 Dollar. 2015 gaben das Supercomputerunternehmen Cray und der Pharma-Riese GlaxoSmithKline an, für eine komplexe Wechselwirkungsanalyse von 36.000 Genen nur noch 20 Minuten zu benötigen.

Auch für die freie Forschung spielt Big Data eine große Rolle. Letztes Jahr hat ein Forscherteam von der University of Pittsburgh über zwei öffentlich zugängliche Datenbanken mit Gensätzen und Proteinen von Tausenden Brustkrebstumoren Hinweise dafür gefunden, wie Brustkrebs bei Frauen in den Wechseljahren verläuft.

Aber nicht nur für Menschen und Gentechnik ist die massenhafte Datenauswertung relevant, sondern auch für Züchtungen: Wo etwa früher jahrelange Versuche nötig waren, markieren heute Maschinen interessante Eigenschaften auf DNA-Strängen, und Computer rechnen für Millionen von Datensätzen aus, was bei Kreuzungen herauskommen würde. Was besonders vielversprechend aussieht, wird dann umgesetzt. Das Unternehmen Monsanto nutzt dieses „Smart Breeding“, auch „Präzisionszucht“ genannt, seit über zehn Jahren. Zu den ersten angekündigten Sorten gehörte eine Sojabohne, deren Öl u.a. nicht so schnell ranzig werden soll. Doch beim Züchten blieb es nicht: Für den US-amerikanischen Markt wurde die Sojabohne 2015 in einer gentechnisch veränderten Version zugelassen – und für die EU vor wenigen Wochen. ←



Reparatur an einem der größten Rechner der Welt.
Noch vor zehn Jahren kostete das Auslesen
eines Genoms Millionen Euro, mittlerweile nur
noch ein paar Tausend

„Die Natur ist komplex“

Warum es zu einfach ist, auf Monsanto zu schimpfen, und es im Silicon Valley immer noch keine leuchtenden Bäume statt Straßenlaternen gibt: Die Journalistin Christiane Grefe hat jahrelang auf Feldern, in Laboren und Konzernen recherchiert, um sich ein Bild über die Landwirtschaft von morgen zu machen

Interview: Oliver Gehrs

→ **fluter:** Frau Grefe, können Sie uns erklären, was ein Bauer in Spanien mit dem Silicon Valley zu tun hat?

Die Landwirtschaft steht vor großen Umwälzungen. Auch Firmen im kalifornischen Silicon Valley basteln an der digitalen Revolution des Ackerbaus mit Robotern und Drohnen. Zum anderen befördert die rasante Beschleunigung der Datenverarbeitung die biotechnologische Forschung – und damit neue gentechnische Verfahren in der Pflanzenzüchtung. Auch von Mais oder Gemüse, die der spanische Landwirt anbaut.

Wenn man sieht, wie Google und Co. mit Daten umgehen: Muss man nicht Angst bekommen, wenn es plötzlich um die Grundlagen des Lebens geht?

Man kann nicht allen Unternehmen absprechen, dass sie vom Forschungsinteresse getrieben die Welt verbessern wollen. Aber natürlich geht es auch um Patente und darum, in der Zukunft Lizenzgebühren zu kassieren. Je mehr gentechnologische Verfahren patentiert werden, desto schwerer wird es für andere, weiter zu forschen. Kritik daran gibt es nicht nur in Deutschland, sondern in vielen Ländern oder bei der UN-Konferenz für biologische Vielfalt.

Eine kalifornische Firma hatte angekündigt, Straßenlaternen durch Bäume zu ersetzen, die leuchten. Haben Sie die schon gesehen?

Nein, gesehen habe ich nur eine kleine Testpflanze. Die Verwirklichung der grünen Straßenlaterne mit Hilfe der synthetischen Biologie liegt in ferner Zukunft – falls es sie jemals geben wird. Die Natur erweist sich als viel komplexer, als manche Biohacker und Genforscher es sich ausmalen. Selbst einfache Organismen lassen sich mit den neuen Techniken keineswegs so zielstrebig manipulieren. Das zeigt auch, dass die ganze Euphorie über die synthetische Biologie übertrie-



Christiane Grefe findet die Neugier der Forscher im Silicon Valley erst einmal ganz löblich

ben ist. Wir hatten in den 1970ern und 1980ern schon mal so einen Gentechnik-Hype. Damals hieß es auch schon: Jetzt haben wir den Schlüssel zu maßgeschneiderten Pflanzen in der Hand.

In manchen Gegenden der Erde kommen schon seit einigen Jahren genmanipulierte Pflanzen zum Einsatz. Wie sind die Erfahrungen?

Die sind eben nicht nur gut. In den USA gab es auf Feldern mit Mais oder Soja, die genetisch gegen das hochwirksame Unkrautvernichtungsmittel Glyphosat resistent gemacht wurden, doch wieder sogenannte Beikräuter, die ebenfalls Resistenzen entwickelt hatten. So dass entweder noch stärkere Herbizide angewendet oder wieder konventionelle Pflanzen angepflanzt werden mussten.

Sie haben den US-amerikanischen Saatgutkonzern Monsanto besucht, der für viele Umweltbewegte als das Böse schlechthin gilt. Können Sie das nachvollziehen?

Es ist immer bedrohlich, wenn ein Konzern so viel Macht hat und sie auch einsetzt. Die gesamte Saatgutindustrie ist ja hoch konzentriert. Aber sich nur entspannt zurückzulehnen und auf den bösen Monsanto-Konzern zu zeigen ist zu wenig. Wir müssen auch unsere eigene Rolle als Konsumenten hinterfragen. Die bisher gängigen Gentechnik-Pflanzen dienen nicht zuletzt dazu, den Bauern Zeit und Arbeit zu ersparen. Denn sie müssen bei Gen-Mais und -Soja hoch wirksame Unkrautvernichtungsmittel seltener spritzen. Die Landwirtschaft ist an der Rationalisierung, also einer kostengünstigeren Produktion interessiert, um der Lebensmittelindustrie günstige Rohstoffe für billige Futtermittel liefern zu können. Man kann also nicht gleichzeitig billiges Fleisch wollen und auf die Konzerne schimpfen, die das technologisch unterstützen.

Ist in einer globalisierten Welt zu erwarten, dass Gesetze wirken?

Am Beispiel der Landwirtschaft sieht man ja, dass regionale Bestimmungen funktionieren. In Europa gibt es Kennzeichnungspflichten und Regeln bei

der Einführung von GVO-Produkten. In Europa haben wir das Vorsorgeprinzip, das heißt: Wenn es ein Risiko gibt oder man das nicht ausreichend klären kann, dann sollte ein Produkt eher nicht zugelassen werden. In den USA muss sich ein Produkt erst als schädlich erweisen, ehe sein Einsatz beschränkt wird. Über Regeln für die neuen gentechnischen Verfahren wird gerade in Brüssel beraten.

Manchmal erfährt man von den Folgen erst viel später. Wir haben in diesem Heft einen Artikel über Burkina Faso, wo sich die genmanipulierte Baumwolle als minderwertig herausstellte (siehe S. 34).

Oft kennen sich die Saatgutkonzerne zwar mit ihren Züchtungstechnologien gut aus, aber nicht mit den Bedürfnissen der Textilindustrie, den lokalen Böden und Anbaubedingungen oder der Kultur der Bauern, deren Lebensumstände weltweit extrem

unterschiedlich sind. Auch das ist – neben dem schieren Verkaufsinteresse – ein Grund, warum manche Pflanzen in der einen Gegend erfolgreich sind und in der anderen floppen. Leider geht der Flop dann oft auf Kosten der Ärmsten.

Viele Bauern stehen mittlerweile am Ende komplexer Wertschöpfungsketten und verdienen zu wenig zum Leben.

Ein Grund dafür ist die neoliberale Ideologie, die in den 1980er- und 1990er-Jahren weltweit auf dem Vormarsch war und die vor allem auf die Befreiung der Märkte und die Schwächung des Staates zielte. Das hatte brutale Konsequenzen: Auf dem Land gab es jahrzehntelang kaum noch Banken, die staatliche Saatgutzucht wurde ebenso ausgehungert wie die staatliche Agrarberatung. Die Bauern wurden alleingelassen und waren dann erst einmal dankbar, als mit den Vertretern der großen Saatgutkonzerne neue Berater kamen.

Wie kann man es in Zukunft schaffen, dass der Nutzen der Technologie der Allgemeinheit zukommt und nicht vor allem den Konzernen? Wären Genossenschaften denkbar?

Genossenschaften können die Position der Bauern in den Wertschöpfungs-

ketten stärken. Die Frage ist jenseits dessen: Welche Technologien brauchen und wollen wir? Alle reden über Gentechnik, aber es gibt in der Landwirtschaft viele andere, vernachlässigte Möglichkeiten, die Produktion ökologisch verträglicher zu machen. Was wir brauchen, ist eine Forschungsdebatte. Aus dem parlamentarischen Raum kommt da bislang viel zu wenig. Eine Debatte darüber, welche Forschung mit staatlichen Geldern betrieben wird, findet erst allmählich statt.

Welche Mitspieler gibt es neben den Konzernen noch in diesem Spiel?

Für die neuen Forschungsgebiete der Biotechnologie gab und gibt es große staatliche Fördertöpfe, ob in China, den USA, Deutschland oder auf Ebene der EU.

Aber sind staatliche Gelder nicht eh nur Peanuts im Vergleich zu den Milliarden der Konzerne oder privaten Stiftungen?

Es stimmt: Die Forschungsmittel der Konzerne sind viel umfangreicher. Aber oft ziehen Forschung und Industrie auch an einem Strang. Und wo staatliches Geld eine Rolle spielt, wäre es wichtig, dass andere Fragen gestellt werden – auch nach solchen Möglichkeiten, die nicht auf den ersten Blick Rendite versprechen.

Viele Menschen haben Angst davor, dass die Forschung hinter verschlossenen Türen geschieht, bei Unternehmen, aber auch beim Militär. Zu Recht?

Die Technologien eignen sich auch dafür, biologische Waffen herzustellen. Das finde ich bedrohlich. Riskant finde ich aber auch die Experimente mancher Biohacker in Garagenlaboren. Sie loben zwar, dass diese Technologien demokratisch seien, weil jeder sie nutzen kann. Mir wird aber ein bisschen schwummrig, wenn jeder mit den Genen herumexperimentiert. ←

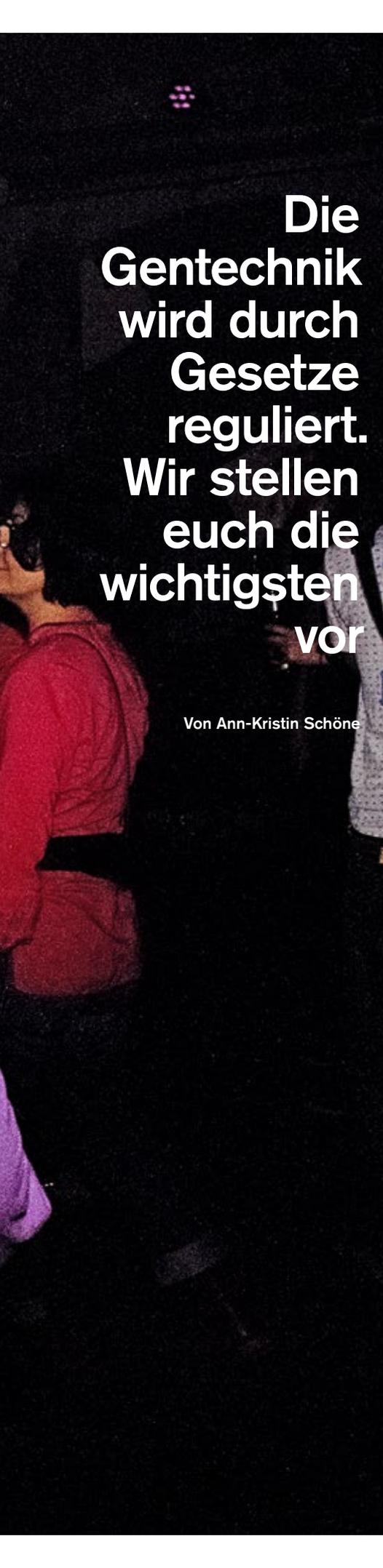
Autoreifen aus Löwenzahn, Plastik aus Kartoffeln, Sprit aus Zucker oder Flugkerosin aus Algen: Christiane Grefe hat gerade ein spannendes Buch über Bioökonomie geschrieben und dafür mit Politikern, Naturschützern und Bauern gesprochen: „Global Gardening“ bekommt ihr unter www.bpb.de/shop

„Wir müssen mehr darüber debattieren, welche Forschung unterstützt wird“

Was geht?

A photograph of a woman with Down syndrome in a purple shirt, smiling and making a heart shape with her hands in front of her face. She is in a crowd of people at night, with graffiti on a wall in the background.

Beim Downsyndrom ist aufgrund einer Genmutation das gesamte 21. Chromosom oder Teile davon dreifach vorhanden. Daher spricht man auch von Trisomie 21. Immer mehr Eltern lassen ihr Ungeborenes auf Trisomie 21 untersuchen. Unter anderem können DNA-Sequenzen des Embryos im Blut der Mutter getestet werden.



Die Gentechnik wird durch Gesetze reguliert. Wir stellen euch die wichtigsten vor

Von Ann-Kristin Schöne

GENTECHNIKGESETZ

Zugegeben: Der Name regt eventuell dazu an, ein kleines Nickerchen halten zu wollen. Doch der Inhalt ist spannend. Gerade jetzt, da EU und USA noch immer das Transatlantische Freihandelsabkommen (TTIP*) aushandeln. Kritiker warnen davor, dass TTIP Schutzstandards aufweichen könnte. Doch was sind das überhaupt für Standards? Sie sind im europäischen Gentechnikrecht festgelegt. Und auf diesem beruht im Wesentlichen das deutsche Gentechnikgesetz (GenTG), das 1990 erlassen wurde. Zweck des GenTG ist, Mensch und Umwelt vor den möglichen Gefahren gentechnischer Verfahren und Produkte zu schützen und „Vorsorge gegen das Entstehen solcher Gefahren zu treffen“. Heißt: Firmen müssen zum Beispiel nachweisen, dass ihre gentechnisch veränderten Produkte unschädlich sind, bevor sie vermarktet werden dürfen. In den USA nimmt man an, dass sie sicher sind, solange es keine Hinweise auf Gefahren gibt. Außerdem besagt das GenTG, dass Lebens- und Futtermittel, die aus gentechnisch veränderten Pflanzen hergestellt wurden, mit einem Hinweis gekennzeichnet sein müssen. Nach US-amerikanischem Recht ist das nicht notwendig. Ob TTIP zu Änderungen des europäischen und damit auch des deutschen Gentechnikrechts führt und wie diese Änderungen aussehen, weiß momentan niemand so genau.

GENDIAGNOSTIKGESETZ

„Leider müssen wir Ihnen mitteilen, dass wir uns für einen anderen Bewerber entschieden haben. Laut Ihrer genetischen Daten sind Sie nämlich nicht sonderlich fit.“ Totaler Quatsch, eine Absage mit einer solchen Begründung zu bekommen? Eigentlich nicht. Denn die Humangenetik macht immer mehr Fortschritte, und Forscher können unserem Erbgut immer mehr Informationen entnehmen. Das trotzdem niemand eine solche Absage bekommt, liegt am Gendiagnostikgesetz (GenDG). Das am 1. Februar 2010 in Kraft getretene Gesetz regelt den Umgang mit Erbinformationen und hat das Ziel, die „mit der Untersuchung menschlicher genetischer Eigenschaften verbundenen möglichen Gefahren und genetische Diskriminierung zu verhindern“. So dürfen Arbeit-

geber von ihren Angestellten oder Versicherungen von ihren Kunden grundsätzlich keine Gentests verlangen. Auch ist es ihnen untersagt, bereits existierende Ergebnisse entgegenzunehmen oder zu verwenden (Paragraf 18 und 19). Es bleibt also bei den bekannten Absagefloskeln.

EMBRYONENSCHUTZGESETZ

In Deutschland ist fast jedes zehnte Paar zwischen 25 und 59 Jahren ungewollt kinderlos. Dank künstlicher Befruchtung bleibt es nicht bei allen so. Was dabei erlaubt ist und was nicht, regelt das Embryonenschutzgesetz (ESchG). Das Spenden von Eizellen und die Leihmutterchaft sind verboten, in der Ukraine zum Beispiel ist beides erlaubt – das lockt Paare aus ganz Europa, auch aus Deutschland. Die Gesetze in der Ukraine seien zu liberal, kritisieren die einen, die in Deutschland zu streng, die anderen. Seit Inkrafttreten des ESchG am 1. Januar 1991 wurde es immer wieder diskutiert und geändert – nicht zuletzt aufgrund des wissenschaftlichen Fortschritts. Nach dem ESchG ist jegliche Forschung an Embryonen untersagt. 2002 kam es durch das Stammzellgesetz (StZG) allerdings zu einer Art Ergänzung. Das StZG genehmigt nämlich die Einfuhr embryonaler Stammzellen aus dem Ausland, die vor dem 1. Mai 2007 gewonnen wurden. Einige deutsche Wissenschaftler kritisieren dennoch, dass sie mit der internationalen Forschung nicht mithalten könnten. Immer wieder verweisen sie dabei auf die Forschungs- und Wissenschaftsfreiheit, die im Grundgesetz festgehalten ist. Dort steht allerdings auch, dass Leben und Würde des Menschen geschützt werden müssen. ←

***TTIP ist ein geplanter Vertrag, durch den der Handel zwischen der EU und den USA einfacher werden soll. So sollen Zölle wegfallen, Verbraucher- und Umweltstandards vereinheitlicht werden. Befürworter hoffen, dass Firmen dadurch Geld sparen und mehr Handel betreiben. Das würde zu mehr Jobs führen. Gegner befürchten, dass Firmen zu viel Macht bekommen und sich an weniger Regeln, zum Beispiel beim Umweltschutz, halten. Sie kritisieren auch, dass die Verhandlungen größtenteils im Geheimen geführt werden.**

Big Apple

Vitaminreicher, knackiger oder besser zu ernten: Viele Pflanzensorten gehören inzwischen großen Konzernen. Doch ab wann kann man sich die Natur schützen lassen?

Von Bernd Kramer

→ Am 12. August 2015 erteilt das Europäische Patentamt ein Schutzrecht mit der Nummer EP 1515600. 18 Seiten umfasst die Patentschrift, fünf Entwickler sind verzeichnet, ihre Innovation: eine Tomate. Rot wie fast alle Tomaten. Rund wie fast alle Tomaten. Was sie von den anderen Tomaten unterscheidet: Sie enthält besonders viel Flavonol, ein angeblich krebsvorbeugender Inhaltsstoff. Von nun an gehört sie dem Agrarkonzern Syngenta aus Basel.

Diese Tomate ist eines der umstrittensten Patente, die die Behörde in München in jüngster Zeit erteilt hat. 65.000 Menschen haben im Internet einen Masseneinspruch unterzeichnet, organisiert von der Protestplattform Campact – so viele wie noch nie bei einem Verfahren vor dem Europäischen Patentamt. Sie alle protestieren dagegen, dass ein Konzern ein Patent auf Leben anmeldet.

Dabei ist die Flavonol-Tomate nur ein Beispiel für viele Schutzrechte auf Pflanzen, die in den letzten Jahren erteilt wurden. Da gibt es etwa das Patent mit der Kennziffer EP 2140023: Paprika mit besonderer Resistenz gegen Bemisia-Fliegen. Angemeldet von: Syngenta Participations AG. Oder EP 1597965: Brokkoli mit hervorstechendem Kopf zur leichteren Ernte. Angemeldet von: Seminis Vegetable Seeds, Inc. Oder EP 1261252: Sonnenblumen mit besonderer Resistenz gegen Unkrautbekämpfungsmittel. Angemeldet von: E. I. du Pont de Nemours and Company. Und gerade prüft das Patentamt unter anderem, ob Äpfel mit Polyphenolgehalt zugelassen werden. Solche Früchte sollen für Allergiker besonders geeignet sein.

Die Patente wirken so skurril, weil man den Begriff mit Technik und Erfindergeist assoziiert, nicht mit grünen Blättern und roten Früchten. Und weil hier Exklusivrechte für Lebewidiges aus der Natur vergeben werden. Doch neu ist die Idee nicht: Schutzrechte auf Pflanzen gibt es schon lange.

Das liegt daran, dass Pflanzen nicht nur Naturprodukte, sondern seit jeher auch Handelsgüter sind, die sich auf dem Markt durchsetzen müssen: Züchter versuchen, Kartoffeln so auszuwählen und miteinander zu kreuzen, dass immer bessere Sorten entstehen. Das ist eher Handwerk als Hightech, doch auch für diese traditionelle Entwicklungstätigkeit braucht es einen wirtschaftlichen Anreiz. Dazu dient der sogenannte Sortenschutz: Wer eine neue Gemüsesorte hervorbringt, darf sie exklusiv vermarkten und als Einziger das sogenannte Vermehrungsmaterial (Pflanzen und Pflanzenteile einschließlich Samen) an Landwirte verkaufen – und wird so für die Anstrengungen belohnt.

Das ist zunächst mal einem Patent nicht unähnlich und war ebenfalls nie unumstritten. Ein heikler Punkt sind zum Beispiel die sogenannten Nachbaugebühren, die Sortenschutzinhaber von Landwirten verlangen können: Wenn ein Bauer einen Teil der Ernte einbehält und wieder aussät, muss er zahlen. Die Pflanzenzüchter achten penibel darauf, dass das auch geschieht. Sie haben dafür die Saatgut-Treuhandverwaltungs GmbH gegründet, die Landwirte regelmäßig befragt, was gerade auf ihren Äckern wächst. Für diese Schnüffelei wurde die Saatgut-Treuhand 2005 sogar schon mit dem „Big Brother Award“ ausgezeichnet, ein von Datenschützern ausgelobter Negativpreis.



Biopatente haben dagegen einen anderen Ursprung. Sie entstanden mit der Entwicklung der Gentechnik: Mit einem Mal waren Pflanzen noch mehr als nur Züchtungen vom Feld, sie waren mitunter komplexe Erfindungen aus dem Labor und wurden technischen Produkten damit ähnlicher. 1998 erließ die Europäische Union die sogenannte Biopatent-Richtlinie, die klarstellt, dass biologisches Material grundsätzlich patentierbar ist. Im Europäischen Patentübereinkommen heißt es allerdings einschränkend: „Pflanzensorten oder Tierrassen sowie im Wesentlichen biologische Verfahren zur Züchtung von Pflanzen oder Tieren“ sind von der Patentierung ausgeschlossen. Die Idee dahinter? Salopp gesagt: Was auf den Feldern gezüchtet wird, fällt unter den Sortenschutz. Für alles aus dem Gen-Labor gibt es das Patentrecht.

Merkwürdig ist, was das Patentamt aus dieser Vorgabe macht: In einer Grundsatzentscheidung kam es im März 2015 zu dem Schluss, dass klassisch gezüchtete Pflanzen und Tiere durchaus patentierbar sind. Ausgeschlossen ist das Verfahren, nicht das Ergebnis. Verwirrend? Ziemlich. „Logisch ergibt das keinen Sinn“, findet Christoph Then vom Bündnis „Keine Patente auf Saatgut“. Auch die Flavonol-Tomate von Syngenta entstammt konventionellen Methoden.

Manche glauben, dass die knifflige Auslegung einen simplen Grund hat: Das Patentamt verdient an den vergebenen Schutzrechten, die Gebühren sind eine der wichtigsten Finanzquellen. „Das Patentamt will grundsätzlich natürlich Patente ermöglichen und nicht verhindern“, sagt Alexandra Bönsch, Juristin beim Bundesverband Deutscher Pflanzenzüchter. Die sind alarmiert: nicht weil sie grundsätzlich gegen Schutzrechte auf Lebewesen wären – sondern weil sich Sortenschutz und Patent so gefährlich in die Quere kommen. Und damit das Geschäftsmodell mancher Züchter bedrohen.

Juristin Bönsch erklärt das Problem am Beispiel der Schrumpeltomate, einer wasserarmen Tomate, die sich besonders gut für die Ketchup-Produktion eignet. 2003 erteilte das Patentamt dem israelischen Agrarministerium das entsprechende Patent, registriert unter der Kennnummer EP 1211926.

Käme die Tomate aus dem Labor, könnten die konventionellen Züchter damit vielleicht noch leben. Das Patent wäre

allein der gentechnischen Raffinesse zu verdanken – einem Geschäftsfeld, auf dem klassische Züchter nicht aktiv sind. Die Gen-Tomate vermarktet der Patentinhaber, für alle anderen können Züchter ohne Labor immerhin noch Sortenschutz beantragen. Doch die Schrumpeltomate entstand durch die simple Kreuzung existierender Tomatensorten, ohne jede Gentechnik. Die Folge: Selbst wer seit Jahren schrumpelige Tomaten auf dem Feld hat, kann sie nun nicht mehr vermarkten. Das Patent wirkt damit so, als hätte Thomas Edison sich nicht die Glühbirne als Erfindung schützen lassen, sondern gleich das elektrische Licht.

Das Europäische Patentamt möchte sich nicht konkret zu diesem Szenario äußern und spielt den Ball weiter: Wie weit die Schutzansprüche reichen können, hänge auch von den Regelungen in den einzelnen europäischen Mitgliedsstaaten ab – die durchaus unterschiedlich ausfallen. Außerdem sei die Zahl der Patente auf klassisch gezüchtete Pflanzen gering: Gerade einmal 82 Schutzrechte habe die Münchener Behörde in den vergangenen 20 Jahren erteilt.

Beruhigend wirkt das auf die Kritiker kaum. Juristin Bönsch fürchtet, dass Biopatente dazu führen können, dass kleine Züchter durch unzählige Patentansprüche eingeengt werden und am Ende aufgeben müssen. Denn Patente sind eine Sache der Großen: Gebühren müssen entrichtet, Anwaltskanzleien beauftragt werden – Kosten, die viele Traditionszüchter sich nicht leisten können. Schon jetzt teilen einige wenige Großkonzerne den Saatgutmarkt unter sich auf, wie eine EU-Studie aus dem Jahr 2013 zeigt.

Die EU-Kommission hat nun immerhin eine Klarstellung zu den Biopatenten angekündigt. Viele hoffen, dass dann endlich eindeutig wird, wofür das Patentamt Schutzrechte vergeben kann. Und was wachsen darf, wie es will. ←

Schon vor der Gentechnik haben Züchter ihre Kreuzungen schützen lassen



Die Baumwollbauern in Burkina Faso haben lange davon gelebt, konventionelle Baumwolle anzubauen. Dann versuchten sie es mit genverändertem Saatgut. Seitdem ist die Baumwolle minderwertig, und die Bauern machen Miese

Voll

Burkina Faso galt als Vorreiter für genetisch veränderte Baumwolle – bis sich die neue Sorte als Flop erwies. Jetzt rudert das Land zurück und verklagt Monsanto auf Schadenersatz

Von Marius Münstermann

→ Es klang so vielversprechend: bessere Ernten, bessere Qualität, weniger Pestizide. Das „weiße Gold“ Burkina Fasos werde noch wertvoller, wenn die Bauern erst die neue Baumwolle auf ihren Feldern anbauen würden. Das versprach Monsanto, der US-amerikanische Hersteller dieses genetisch veränderten Saatguts, den Baumwollfarmern in Burkina Faso. Wobei es genauer gesagt ein Versprechen an die Regierung des westafrikanischen Landes war. Denn die Bauern selbst wurden nie befragt, als Monsanto 2003 mit der autokratischen Regierung um den damaligen Präsidenten Blaise Compaoré ein Abkommen über die Einführung genetisch veränderter Baumwolle traf.

Lange war Baumwolle das wichtigste Exportgut des bitterarmen Landes. Zwar hat inzwischen echtes Gold aus den Minen im Norden Burkina Fasos das „weiße Gold“ als wichtigstes Exportprodukt abgelöst. Doch mit rund 700.000 Tonnen in der Saison 2015/16 ist Burkina Faso noch immer der größte Baumwollexporteur Afrikas. Rund 250.000 Kleinbauern pflanzen in dem Land Baumwolle an. Insgesamt sind gut zwei Millionen Menschen im Baumwollsektor beschäftigt, das ist etwa jeder neunte der über 18 Millionen Burkiner.

Mit der genetisch veränderten Bt-Baumwolle von Monsanto sollte das Leben für die Bauern besser werden. Bt ist die Abkürzung für „Bacillus thuringiensis“, ein Bakterium, dessen Gift die gefräßigen Raupen der Baumwoll-Kapselleule, eines Nachtfalters, tötet. Monsanto schaffte es, das für die Giftproduktion zuständige Gen in Baumwollpflanzen zu übertragen und sie dazu zu bringen, das Gift selbst herzustellen. Die Bt-Baumwolle schützt sich so selbst vor einem ihrer gefährlichsten Fressfeinde.

2008 wurde Bt-Baumwolle erstmals auf Feldern in Burkina Faso angebaut. Bereits 2013 wuchs die neue Sorte auf 70 Prozent aller Baumwollfelder des Landes. Die Bt-Baumwolle kam bei vielen Bauern gut an. Tatsächlich stiegen in den ersten Jahren die Ernteerträge. Statt wie früher bis zu sechs Mal pro Saison mussten die Bauern die Bt-Baumwolle nur noch zwei Mal mit Pestiziden spritzen. Das spart nicht nur Arbeit, sondern schont auch die Gesundheit, weil die Pestizide giftig sind. Viele Bauern machten größere Profite, obwohl das Saatgut für Bt-Baumwolle deutlich teurer ist als die Samen der konventionellen Sorten.

Doch nun scheinen sich die Hoffnungen zerschlagen zu haben. Burkina Faso hat nach Massenprotesten, einem gescheiterten Putschversuch und einer demokratischen Wahl im vergangenen Jahr einen neuen Präsidenten – und eine veränderte Einstellung zur Bt-Baumwolle. Kürzlich äußerte sich der neue Präsident Roch Marc Kaboré zu einem Problem, das auf den Baumwollfeldern seines Landes sichtbar wird: „Die Baumwolle, die wir heute produzieren, ist kurz geworden.“ Zu kurz. Kaboré sprach von den weißen Samenhaaren der Baumwolle, welche die Pflanze nach der Blütephase ausbildet und aus denen später die Fasern gesponnen werden. Nur lange Samenhaare eignen sich für die Herstellung von Kleidung, da sich aus ihnen glatte und stabile Fasern spinnen lassen. Die Samenhaare der Bt-Baumwolle in Burkina Faso aber werden von Jahr zu Jahr kürzer. Die Textilindustrie verlor das Interesse an der nun minderwertigen Baumwolle aus Burkina Faso. Eine Katastrophe für das arme Land. Die baumwollverarbeitenden Firmen in Burkina Faso bleiben auf den mangelhaften Fasern sitzen. Die Entwicklungswissenschaftler Brian Dowd-Uribe und Matthew Schnurr, die sich für einen Beitrag in der Fachzeitschrift „African Affairs“ mit der Bt-Baumwolle beschäftigt haben, zitieren anonym einen leitenden Mitarbeiter der burkinischen Baumwollindustrie: „Was nützt es, Topproduzent zu sein, wenn man seine Baumwolle nicht verkaufen kann?“

Nun hat der Verband der burkinischen Baumwollproduzenten reagiert. In der kommenden Saison soll die Ausgabe des Bt-Saatguts an die Bauern auf einen Anteil von 30 Prozent reduziert werden. Spätestens 2018 soll dann wieder ausschließlich konventionelle Baumwolle auf den Feldern wachsen. Eine komplette Kehrtwende innerhalb von nur zehn Jahren. Außer-

Stoff

dem hat der Verband den Hersteller der Bt-Baumwollsaat, den US-Konzern Monsanto, auf umgerechnet rund 74 Millionen Euro Schadenersatz verklagt. Die Verluste der Unternehmen seien innerhalb einer Saison von 60 Millionen Euro auf über 75 Millionen Euro gestiegen. „Wenn das so weitergeht, graben wir uns ein immer tieferes Grab“, klagt Wilfried Yaméogo, Manager bei einem der burkinischen Baumwollproduzenten. Monsanto-Sprecher William Brennan erwiderte, die Verkürzung der Samenhaare könne auch bei konventionellen Sorten auftreten. Das Problem sei nicht allein genetisch, sondern auch klimatisch bedingt. Sein Kollege Kobus Steenekamp, Monsanto-Manager in Südafrika, warf der burkinischen Regierung vor, sie vernachlässige die Bauern mit ihrer „sehr dramatischen und

Eigentlich unnötig, aber das teure Saatgut muss jedes Jahr neu gekauft werden

schwerwiegenden Entscheidung“, die Bt-Baumwolle aus dem Land zu verbannen.

Die Entscheidung könnte allerdings Signalwirkung für den ganzen Kontinent haben. In 28 Ländern Afrikas werden jährlich etwa 1,3 Millionen Tonnen Baumwolle produziert, das sind rund 4,6 Prozent der weltweiten Baumwollernte – was aber 15 Prozent des weltweiten Baumwoll-exports ausmacht. Staaten wie Uganda, Kenia und

Ghana wollen demnächst entscheiden, ob sie Bt-Baumwolle anbauen.

Auch viele Bauern sind die Bt-Baumwolle inzwischen leid. Bei ihnen waren die Ernteerträge bereits im zweiten und dritten Jahr nach Einführung der Bt-Baumwolle teils drastisch zurückgegangen. Außerdem erwies sich die Bt-Baumwolle als

sehr anfällig für Dürren, wie sie in Burkina Faso immer wieder auftreten. Wenn die Keimlinge in der Hitze eingehen, müssen die Bauern erneut aussäen. Bei Bt-Baumwolle ist das besonders bitter. Denn das Bt-Baumwoll-Saatgut für einen Hektar kostet 60 Dollar, das konventionelle Saatgut für dieselbe Fläche nur zwei Dollar.

Die Bt-Baumwolle hat noch mehr Nachteile. Bislang nutzten Bauern die nach der Ernte übrig gebliebenen konventionellen Baumwollsaamen, um daraus Öl zum Kochen zu pressen oder sie an ihr Vieh zu verfüttern. Ein paar Samen behielten sie, um sie im nächsten Jahr auszusäen. Genau das aber verbietet Monsanto; das teure Saatgut muss jedes Jahr neu gekauft werden. Vor allem in armen Ländern kann das den Bauern zum Verhängnis werden, da sie womöglich höhere Schulden machen müssen. Immer wieder gibt es Berichte aus Indien, wo sich schon Baumwollbauern das Leben nahmen. Manche Gentechnikkritiker machen die Schuldenfalle bei genetisch veränderten Sorten für die Selbstmorde verantwortlich.

„Mit gentechnisch veränderten Pflanzen wird alles teuer“, klagt auch die Nichtregierungsorganisation GRAIN, die Kleinbauern in Ländern des globalen Südens berät und burkinische Bauern zu ihren Erfahrungen mit Bt-Baumwolle befragt hat. GRAIN und viele burkinische Bauern begrüßen die Entscheidung, wieder auf konventionelle Baumwolle umzusteigen: Bei der konventionellen Baumwolle steigen die Ernteerträge nicht. Aber immerhin bleiben sie über die Jahre stabil. ←



Kapitel 3

Was daraus wird



Geht noch mehr in euren Kopf? Gut. Die bisherigen Geschichten haben gezeigt, in welchen Bereichen Genetik und Gentechnik unser Leben schon verändern und wer die Akteure sind. Nun schauen wir noch ein wenig in die Zukunft. In der die Forschung bei der Bekämpfung von Krankheiten wie Krebs und Malaria vielleicht Durchbrüche schafft, in der es aber auch darum gehen wird, wie die Gesellschaft am meisten von den Erfindungen profitiert und wie wir nicht völlig zum gläsernen Menschen werden. Es gibt auch schon Spekulationen, dass wir irgendwann genetisch so programmiert werden, dass wir fremde Sprachen sprechen oder Computer-genies werden. Das ist uns dann aber doch ein bisschen zu viel Science-Fiction.



Was soll der Rotz?

Spucke oder Blut einsenden reicht: Für relativ wenig Geld machen manche Firmen eine Gen-Analyse. Die Daten, die sie damit gewinnen, sind viel wert und könnten einem später das Leben ganz schön schwer machen

Von Lavinia Schwedersky

→ 60 Millionen US-Dollar für Spucke? So viel zahlte der kalifornische Biotech-Riese Genentech vergangenes Jahr für die im Speichel von 3.000 Parkinson-Patienten enthaltenen Genome. Für das Unternehmen lohnt sich die Investition vielleicht schon bald, denn aus dem Datensatz will man Hinweise zu der weit verbreiteten Krankheit sammeln und diese vermarkten.

Die Daten kamen vom US-amerikanischen Genetik-Dienstleister 23andMe (die 23 steht für die Anzahl der menschlichen Chromosomenpaare), der dafür doppelt kassierte – denn alle seine bislang 800.000 Kunden, die ihren Speichel für eine Gen-Analyse an das Unternehmen schickten, haben für die Auswertung ihrer Daten bezahlt. Für 149 Dollar fertigt 23andMe zum Beispiel eine Auswertung über den Stammbaum einer Person an. Das Unternehmen wirbt damit, herauszufinden, „aus welchen Bevölkerungsgruppen der Welt“ Gen-Anteile in einem DNA-Datensatz enthalten sind, und nebenbei noch die Wahrscheinlichkeit zu kalkulieren, wie früh man eine Glatze bekommt. Außerdem will 23andMe die Krankheitsvorsorge revolutionieren. Weil die Gen-Analysen zur Vorhersage von schweren Krankheiten wie Brustkrebs oder Alzheimer aber zu unsicher sind, verbot die US-amerikanische Behörde FDA dem Unternehmen 2013 den Verkauf solcher Auswertungen. Im vergangenen Jahr hat die FDA für einige Krankheiten allerdings wieder die Vorgaben gelockert. Schlagzeilen machte auch die Meldung, dass sich Angelina Jolie die Brüste amputieren ließ, nachdem ein Gentest ein hohes Krebsrisiko ergeben hatte.

Besser so:

Manchen bereitet es ja ein seltsames
Vergnügen, in der Gegend herumzuspucken.
Ist zwar eklig, aber harmlos, es sei
denn, man trifft jemanden damit

Wie sich am 60-Millionen-Deal zeigte, ist das wichtigste Geschäft von 23andMe aber ohnehin nicht die Gen-Analyse, sondern der Weiterverkauf der Daten. Die Einzelanalysen rentieren sich vermutlich gar nicht. Die Nutzer der 23andMe-Angebote, die sich über die preiswerten Analysen freuen, können sich dabei auf einen Merksatz besinnen, der auch bei Facebook oder Google zutrifft: Wenn die Nutzung eines Produkts verdächtig billig ist, hast du nicht unbedingt ein Schnäppchen gemacht – dann bist du wahrscheinlich selbst das Produkt.

Informationen über die DNA eines Menschen werden in Zukunft sehr gefragt sein, so wie es heute schon die privaten Dinge sind, die die Menschen in den sozialen Netzwerken bereitwillig ausplaudern. Was jetzt noch wie Science-Fiction klingt, ist durch die Sammlung umfangreicher Gen-Datensätze einer Bevölkerung durchaus vorstellbar. So könnten in Zukunft etwa Krankenversicherungen Zugriff auf die Datenbank erhalten und für all die Personen einen höheren Beitragssatz verlangen, deren Gen-Daten ein höheres Risiko für bestimmte Krankheiten vermuten lassen. Bekämen Arbeitgeber Einsicht in die Daten, könnten sie ihre Einstellungspolitik davon abhängig machen, wem eine besonders gesunde Zukunft vorausgesagt wird – und andere ausschließen.

Bei alledem müssten zwar die Gesetzgeber mitspielen, zur Zeit wäre es in den meisten Ländern der Welt illegal. Heutzutage ist allerdings durchaus vorstellbar, dass etwa Versicherungen für die Einsendung einer Speichelprobe Vergünstigungen anbieten. Und selbst wenn man die eigenen Gen-Daten nicht zur Verfügung stellt, landen persönliche Gen-Sequenzen womöglich trotzdem in einer Datenbank. Entscheiden sich nämlich nahe Verwandte, im Extremfall sogar ein Zwilling, dazu, ihre Gen-Daten weiterzugeben, ist ein großer Teil der eigenen DNA automatisch mit dabei. Mitgefangen, mitgegangen.

Es gibt noch weitere Einsatzmöglichkeiten der Gen-Datenbanken. So könnten genetische Fingerabdrücke in nicht allzu ferner Zukunft als Ersatz für Ausweiskontrollen fungieren. Das zeigte das Online-Projekt „Genetic Access Control“, das 2015 veröffentlicht wurde und das es den Nutzern (bis zu seiner Deaktivierung) ermöglichte, den Zugriff auf eine Website per Gen-Ausweis zu kontrollieren. Wie man es von Websites und Apps kennt, die sich mit Google oder Facebook verbinden und dafür Zugriff auf die Zugangsdaten des Accounts haben wollen, griff „Genetic Access Control“ auf Nutzerkonten bei 23andMe zu, um die Besucher der Seite zu checken. Wenn aber bestimmte Websites nur besucht werden können, wenn eine spezielle DNA vorliegt, ist es natürlich möglich, Personengruppen zu diskriminieren. Beispielsweise wäre es durch Prüfung des Gen-Codes möglich, nur Männern oder nur Frauen das Surfen auf eine Website zu erlauben oder Personen mit Gen-Merkmalen aus einer bestimmten Weltregion vom Zugriff auszuschließen.

Die Macher des Projekts warben unter anderem damit, dass Gen-Sequenzen relativ fälschungssicher sind, da sie sich nicht ändern. Allerdings können sie missbraucht werden. Selbst die Meisterhacker des amerikanischen Nachrichtendienstes NSA mussten in jüngster Vergangenheit erhebliche Datenlecks reparieren, von großen Unternehmen wie Sony ganz zu schweigen. Dass also die Gen-Daten einiger Teile der Bevölkerung irgendwann auch frei im Internet gefunden werden können, erscheint nicht besonders unwahrscheinlich. ←

Hallo, Taxi!



CRISPR/Cas heißt das neue Zauberwort.

Mit dieser sogenannten Gen-Schere sollen sich Erbkrankheiten relativ einfach heilen lassen.

Überhaupt hat die Gentherapie in den letzten zehn Jahren große Erfolge gefeiert.

Ein Gespräch mit dem Freiburger Professor Toni Cathomen*

Interview: Natascha Roshani

→ Müssen die nächsten Generationen keine Angst mehr vor unheilbaren Krankheiten haben, weil die Gentherapie die Medizin revolutioniert?

Toni Cathomen: Davon sind wir noch sehr weit entfernt. Die Gentherapie hat zwar große Fortschritte gemacht, aber die Fortschritte sind auf ausgesuchte genetische Erkrankungen beschränkt. Es wird noch sehr lange dauern, bis alle genetischen Erkrankungen mithilfe von Gentherapie behandelt werden können.

Wie muss man sich überhaupt eine Gentherapie vorstellen? Ist das ein einmaliger Eingriff? Oder gibt es Medikamente, die regelmäßig eingenommen werden müssen?

Der große Vorteil der Gentherapie liegt darin, dass es ein einmaliger Eingriff ist. Ein Beispiel: Schwere Immundefekte können entweder durch eine Stammzelltransplantation eines passenden Spenders oder durch eine Gentherapie geheilt werden. Dafür entnimmt man den Patienten die Blutstammzellen und führt dann mithilfe von sogenannten Gen-Fähren oder Gen-Taxen eine gesunde Kopie des Gens in die Blutstammzelle ein. Aus den genetisch korrigierten Stammzellen entsteht dann wieder ein normales Immunsystem.

Das hört sich nach einem einfachen Verfahren an – ganz so, als gäbe es keine Risiken bei einer Gentherapie.

Die Risiken heutzutage liegen meistens in der mangelnden Effektivität. Das heißt, dass die Gene, die neu eingeschleust werden, nicht genau die Funktion übernehmen, die das defekte Gen im Körper hatte. Noch vor einigen Jahren bestand bei einer Gentherapie an Stammzellen die Gefahr, dass sich aus einer Blutstammzelle eine Leukämiezelle entwickelt. Die eingefügten Gen-Fähren hatten die Regulation potenziell krebsauslösender Gene beeinflusst. Mit-

terweile haben wir das Problem jedoch erkannt und wissen, wie wir bessere Gen-Fähren herstellen und keine Leukämie mehr auslösen.

Wer kann eine Gentherapie überhaupt in Anspruch nehmen? Auch der normale Kassenpatient?

Leider nicht. Noch ist Gentherapie eine experimentelle Studie. Im Moment gibt es weltweit praktisch keine Gentherapie, die von einer Krankenkasse bezahlt wird. Gentherapien laufen über Forschungsprojekte und Studien und werden meist über Drittmittel oder durch Firmen finanziert. In Europa gibt es bisher zwei zugelassene Gentherapeutika: zum einen gegen einen schweren Immundefekt, zum anderen gegen eine seltene Fettsäurestoffwechselkrankheit. Dafür kostet die Therapie bis zu einer Million Euro, und natürlich gibt es da die Diskussion, wer das übernimmt. Allerdings kann man davon ausgehen, dass sich die Therapiekosten in Zukunft verringern werden, je mehr Gentherapeutika hergestellt werden.

In letzter Zeit hört man immer wieder von der Gentechnik-Methode namens CRISPR/Cas. Können Sie uns erklären, was sich dahinter verbirgt?

Im Gegensatz zur konventionellen Gentherapie kann man mit der CRISPR/Cas-Methode ganz gezielt das Erbgut verändern. Man benutzt dafür sogenannte Gen-Scheren, die man spezifisch für bestimmte genetische Erkrankungen herstellen kann. Damit steuert man ein ganz bestimmtes Gen an, schneidet es auf und tauscht dann die Sequenzabfolge, die die Krankheit verursacht, gegen eine gesunde aus. Das bedeutet, wir können wirklich da eingreifen, wo die Krankheit entsteht. Das ist eine Revolution. Im Labor funktioniert es schon extrem gut. Jetzt ist es eine Frage der Zeit, wann die ersten Studien am Menschen durchgeführt werden.

Gen-Taxi oder Gen-Fähre nennen es die Mediziner, wenn sie gesunde Stammzellen in den Körper schleusen

Spätestens dann bekommen ethische Fragen eine neue Dimension.

Was ethisch vertretbar ist und was nicht, wird bereits intensiv in Fachgesellschaften und zum Teil auch in den Medien diskutiert. Ich bin der Meinung, dass dabei klar unterschieden werden muss: Greifen wir in das Erbgut von Embryonen ein, um einen genetisch veränderten Embryo zu schaffen, der dann auch zur Welt kommt? Oder verwenden wir die Technologie in Körperstammzellen, weil wir einen therapeutischen Effekt erzielen wollen? In unserem Freiburger Institut für Zell- und Genterapie setzen wir auch CRISPR/Cas ein – aber nur an Körperstammzellen.

Bisher ist es in Deutschland verboten, in das Erbgut von Embryonen einzugreifen. Weltweit existiert allerdings kein Verbot. In Großbritannien ist es zum Beispiel für Forschungszwecke erlaubt, das Erbgut von Embryonen zu verändern. In den USA, Japan und China gibt es keine strikte Regelung. Häufig spielt die Ethikkommission der entsprechenden Universität eine große Rolle dabei, ob solche Studien zugelassen werden oder nicht. China geht allerdings mit großen Schritten voran. Dort sind bereits einige Experimente an Embryonen umgesetzt worden, die bestimmte Gene ausschalten. Ob das ethisch vertretbar ist, muss schlussendlich jeder Wissenschaftler selbst entscheiden, wenn er in diesen Ländern arbeitet.

Wer sind die kommerziellen Profiteure von Genterapien?

In Zukunft die großen Pharmakonzerne. Im Moment investieren sie aber noch sehr viel Geld. Erst wenn man nicht nur seltene Erbkrankheiten behandeln kann, besteht die Möglichkeit, Geld mit Genterapien zu verdienen. Bisher ist das nicht der Fall.

Inwieweit sind Behandlungswerkzeuge wie CRISPR/Cas bereits in der medizinischen Praxis angekommen?

In den USA wurde jetzt eine erste klinische Studie an Patienten zugelassen. Dabei geht es um eine Immuntherapie bei Krebs. Man muss sich das so vorstellen: Um Krebszellen zu bekämpfen, braucht man bestimmte Immunzellen – die heißen T-Zellen. Diese hat man für die Studie so verändert, dass sie die Krebszellen erkennen und eliminieren

können. Bei experimentellen Studien vor zwei Jahren verschwanden nach der Therapie bei über 75 Prozent der behandelten Leukämiepatienten alle Krebszellen, das heißt, die Patienten hatten den Krebs komplett überwunden. Das wurde als großer Erfolg gefeiert. In den nächsten Jahren – davon geht man aus – wird über eine Milliarde Dollar in die CRISPR/Cas-Therapie fließen.

Seit wann ist es in Deutschland erlaubt, Menschen mithilfe von Genterapie zu behandeln?

Vor circa zehn Jahren gab es die ersten klinischen Studien, alle bezogen sich auf Immundefektkrankheiten. Allerdings sind sie nicht erfolgreich verlaufen – vielleicht, weil die falschen Gen-Fähren eingesetzt wurden. Ein generelles Verbot gab es jedoch nie. Es war mehr eine Frage der Technologie: Wie weit sind wir, um überhaupt effektiv Genterapien durchzuführen?

Angenommen, ich habe eine seltene Erbkrankheit und die Ärzte schaffen es, das dafür verantwortliche Gen zu reparieren. Werden meine Kinder dennoch daran erkranken können?

Ja, denn die Therapie setzt immer nur beim Patienten an. Wir dürfen per Gesetz nicht in die Keimbahn eingreifen, sprich: Wir dürfen nicht das Erbgut von Spermien oder Eizellen verändern. Nur dann würde es an die Nachkommen weitergegeben werden. Wenn wir also einen Patienten mit einer Erbkrankheit therapieren und er seine Krankheit überwindet, werden seine Nachkommen immer noch das defekte Gen besitzen.

Im Labor funktioniere die Gen-Schere schon extrem gut, nun müsse sie an Menschen getestet werden

Gibt es auch schon genterapeutische Erfolge bei Aids?

Bei HIV-Infektionen gibt es zwar genterapeutische Ansätze, aber noch keine wirklichen Erfolge. Vieles sah im Tierversuch sehr vielversprechend aus, hat sich dann aber nicht eins zu eins auf den Menschen übertragen lassen. Einfach, weil der Mensch viel komplexer ist. Seit CRISPR/Cas besteht die Hoffnung, dass man Gen-Scheren zur Heilung von HIV effektiv einsetzen kann.

Bei welcher Krankheit kann man denn heutzutage am meisten erreichen durch Genterapie?

Die unglaublichsten Erfolge sind bei der Bekämpfung von Leukämie erzielt worden. Mehr als 300 Menschen, die nur noch eine Lebenserwartung von wenigen Monaten hatten, sind durch Genterapie therapiert worden. Aber auch bei Immundefekterkrankungen konnten bereits viele Patienten gerettet werden.

Wie weit sind wir noch entfernt von einer routinemäßigen Reparatur unseres Genoms bei Erbkrankheiten?

Irgendwann wird es dazu kommen. Aber die Frage bleibt, wie zugänglich die Organe und Zellen sind, die wir therapieren müssen. Wenn ich eine Blutkrankheit oder Immunkrankheit therapieren will, weiß ich, dass ich die Blutstammzellen korrigieren muss. Beim Blut oder auch Organen wie der Leber oder dem Auge sind die Erfolge groß. Geht es allerdings um neuronale Defekte wie Parkinson oder Alzheimer, ist es extrem schwer, die Zellen zu erreichen, die wir therapieren müssen. Das wird noch viele Jahre dauern. Im Labor können wir jedes Erbgut so verändern, wie wir es haben wollen. Die klinische Realität sieht ein bisschen anders aus. Aber eines Tages gibt es sicher auch Gen-Fähren, um alle Nervenzellen in unserem Gehirn zu erreichen. ←

***Dr. Toni Cathomen ist Professor und Direktor des Instituts für Zell- und Genterapie des Freiburger Universitätsklinikums**

Mach doch mal bis nächstes Jahr eine Million Kühe ohne Hörner

Chinesen essen immer mehr Fleisch.
Um die Nachfrage zu bedienen,
sollen genetisch veränderte Tiere nun
im großen Stil geklont werden

Von Lea Deuber



→ China hat Lust auf Fleisch: Der steigende Wohlstand und der Import westlicher Essgewohnheiten treiben den Konsum in die Höhe. Um den Bedarf zu decken, ist man mittlerweile nicht nur einer der größten Produzenten sowie Importeure von Fleischprodukten (2015 lieferte allein Deutschland 380.000 Tonnen Schweinefleisch nach China) – die Fleischproduktion wird auch zunehmend industrialisiert: Schweine und Kühe werden auf immer engerem Raum gehalten und bekommen viele verschiedene Antibiotika und Hormone gespritzt – wie in Europa auch. Weil das alles trotzdem nicht reicht, geht China noch einen Schritt weiter. Landesweit forschen Wissenschaftler an der Erschaffung neuer Nutztiere. Sie sollen leistungsstärker sein, vor allem fetter und robuster. Dafür arbeiten die Forschungsabteilungen der großen Lebensmittelkonzerne, aber auch verschiedene Institute an Möglichkeiten, ihre Gene zu verändern, vieles davon geschieht ohne staatliche Kontrolle.

Das Ausmaß dieser Aktivitäten ist kaum abzuschätzen. Dass sie aber deutlich zunehmen, weiß Jian Yi. Der 41-Jährige ist Dokumentarfilmer und beschäftigt sich seit vielen Jahren mit der Fleischindustrie in China. „Es gibt einen Widerspruch zwischen dem, was die Natur uns bietet, und dem, was wir von ihr verlangen“, sagt Yi über die Fleischproduktion. Er sieht nur zwei Möglichkeiten. Entweder man manipulierte die Natur und erschaffe genetisch manipulierte Tiere, oder man schraube seine Bedürfnisse zurück. „China hat sich leider in den vergangenen Jahren für Ersteres entschieden.“ Dabei sind der Fantasie der Genetiker kaum Grenzen gesetzt: Kühe, die muttermilchähnliche Milch geben, Schweine, die nur die Glieder voll entwickeln, die auch gegessen werden können, oder mehr Rippen als üblich haben. Dazu schnelle Rennpferde und Polizeihunde mit Supernasen.

Die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit sieht den Konsum von geklonten Tieren skeptisch. Bisher gebe es nur wenige Studien, um die Wirkungen sicher beurteilen zu können. Aber schon heute beobachte man, dass viele geklonte Tiere früher sterben als ihre normal gezeugten Artgenossen. Andere würden Immunschwächen und Schäden an den Organen aufweisen. Besonders heftig kritisiert Yi das chinesische Unternehmen Boya-Life, das Ende vergangenen Jahres bekannt gab, in der nordöstlichen Stadt Tianjin eine Klonfabrik für Nutztiere zu bauen, für umgerechnet knapp 29 Millionen Euro (200 Millionen Yuan). Dort sollen vor allem Rinder produziert werden, pro Jahr 100.000 Kälber in „Topqualität“, wie Unternehmenschef Xu Xiaochun verspricht. Später sollen es bis zu einer Million werden.

China hat eine lange Geschichte von Lebensmittelskandalen. Mal ging es um in Wasserstoffperoxid marinierte Hühnerfüße, mal um Gammelfleisch, das noch zu Zeiten von Mao verpackt worden war. Die Standards für Lebensmittelsicherheit sind niedrig. Entsprechend alarmiert sind manche Chinesen angesichts der Nachrichten über Klon-Tiere. Zwar versucht Peking die Bevölkerung über die Staatsmedien zu beruhigen, und deklariert das Fleisch als sicher. Auf Weibo, dem chinesischen Facebook, protestieren dennoch viele Nutzer. Einer hat folgenden Vorschlag: „Lasst die Politiker das Fleisch zuerst probieren.“ ←

Mach 'ne Mücke

Durch „Gene Drive“ könnten Moskitos, die Malaria übertragen, ausgerottet werden

Von Fabian Scheuermann

→ Sie ist sechs Millimeter klein und trotzdem eines der gefährlichsten Tiere der Welt – die Anopheles-Mücke. Das schwächliche Insekt überträgt Malaria und ist somit indirekt für den Tod von über 400.000 Menschen im Jahr verantwortlich. Forscher glauben nun, die Mücke bald so verändern zu können, dass sie ungefährlich für Menschen wird.

Die neue Art der Genmanipulation, mit der das gelingen könnte, heißt „Gene Drive“, was in etwa so viel wie „Gen-Antrieb“ bedeutet. Der Ansatz macht momentan viel von sich reden, denn er untergräbt im Prinzip die aus dem Biologieunterricht bekannten Mendel'schen Vererbungsregeln. Und die besagen: Bei der geschlechtlichen Fortpflanzung haben die Gene beider Elternteile die Chance, an die Nachkommen vererbt zu werden. Es gibt also mehrere Möglichkeiten. Bei der „Gene Drive“-Methode werden diese Möglichkeiten jedoch eingeschränkt. Sie führt nämlich dazu, dass ein manipuliertes Gen in so gut wie jedem Fall vererbt und an alle nachfolgenden Generationen weitergegeben wird. Daraus folgt, dass früher oder später der Großteil oder sogar die gesamte Population einer Spezies das Gen in sich trägt. So könnten zum Beispiel Anopheles-Mücken geschaffen werden, die Malaria nicht mehr übertragen können, weil die dafür verantwortlichen Gene verändert wurden.

Die Idee ist an sich nicht neu – doch ist die Umsetzung der Methode in großem Stil erst möglich, seit mit der sogenannten CRISPR/Cas-Methode (siehe auch Seite 40) Abschnitte im Genom präzise herausgetrennt und ersetzt werden können. Laborexperimente an Fruchtfliegen, Hefe und Moskitos sind schon gelaufen.

„Manipuliere einen Organismus im Labor, lass ihn frei, warte genügend Generationen ab, und die gesamte Spezies wird manipuliert sein“, beschreibt der Biochemiker Kevin Esvelt vom Massachusetts Institute of Technology (MIT) die Methode. Der 33-Jährige hat „Gene Drive“ mitentwickelt und leitet am MIT eine Forschungsgruppe mit dem vielsagenden Namen „Sculpting Evolution“ – die Evolution formen.

Der Name ist Programm, denn „Gene Drive“ spornt Wissenschaftler in aller Welt zur Forschung an und weckt große Hoffnungen: Plötzlich ist nicht nur vom Ende der Malaria die Rede, sondern von der wirksamen Bekämpfung des Denguefiebers, des Zika-Virus oder vom Ende der in Europa durch Zecken verbreiteten Lyme-Borreliose. In Australien könnten die von Menschenhand manipulierte Gene die Ausbreitung der eingeschleppten Aga-Kröte stoppen, die dem Ökosystem dort zu schaffen macht.

„Gene Drive“ weckt aber auch Ängste. Denn welche Folgen die Erbgutveränderung einer ganzen Spezies auf die Umwelt haben könnte, ist nicht klar. Ist eine Veränderung von Millionen Anopheles-Mücken tatsächlich ungefährlich? Könnten die veränderten Gene sich nicht auch auf andere Arten ausbreiten? Und was ist, wenn die Methode umgekehrt wird und Krankheitserreger verbreitet werden?

Gewissheiten gibt es in der schönen neuen Welt des „Gene Drive“ kaum. Oder zumindest: noch nicht genug. Ein hochrangiges Wissenschaftskomitee forderte deshalb nun in den USA, dass vor einer Anwendung der neuen Methode außerhalb des Labors noch viel geforscht werden müsse. Und MIT-Forscher Esvelt ist intensiv darum bemüht, eine öffentliche Debatte darüber anzustoßen, wie in Zukunft mit der Methode umgegangen werden soll. Im renommierten Wissenschaftsmagazin „Nature“ fordert er deshalb, in Bezug auf „Gene Drive“ einen offenen Forschungsansatz zu verfolgen: Weil die Methode so weitreichende Eingriffe ermöglichen, hätten Wissenschaftler, die daran forschen, die „Verpflichtung, ihre Pläne offen zu teilen“ und die Ergebnisse frühestmöglich zu veröffentlichen. Esvelt will seinen Teil dazu beitragen und hat das Onlineportal „Responsive Science“ gegründet, auf dem er einen solchen offenen Austausch über „Gene Drive“ etablieren will. ←



Bislang sind Moskitonetze eines der wirksamsten Mittel, um sich vor Malaria zu schützen. In Zukunft könnte eine Art vom Menschen erschaffene Evolution noch erfolgreicher sein

Wir wollen demo-GEN mitmischen



Die DNA gezielt verändern, ja das Leben neu erschaffen: Diese bahnbrechende Technik darf man nicht den Unternehmen überlassen, sagt Josiah Zayner. Sie müsse allen zugutekommen, und dafür müsse jeder mitforschen dürfen. Ein Spinner? Nicht ganz. Bericht aus der Biohackerszene

Von Patrick Witte

→ Aus einer kleinen Garage heraus die Welt verändern. Mit einer Start-up-Firma. In Kalifornien. Da kommen einem sofort Erfolgsgeschichten in den Kopf: Bill Gates. Steve Jobs. Larry Page. Auch sie begannen, probierten und scheiterten zunächst in einer Garage. Und veränderten am Ende doch die Welt. Das weiß auch Josiah Zayner. Und klar, an die Spitze zu kommen wie Microsoft, Apple oder Google fände er natürlich „cool“.

Wir schreiben das Jahr 2016, und Zayner weiß, dass nicht mehr Computer die Welt revolutionieren werden, sondern eine andere Branche: die Biotechnologie – ein Amalgam aus Physik, Chemie und Biologie, aus Technik, Genetik und Molekularbiologie. „The ODIN“ nennt der 35-jährige Biophysiker sein Start-up. Erst einmal ist es nur ein Online-Shop, in dem Zayner Pipetten, Petrischalen und Phiolen für Biotech-

Experimente verkauft, aber es ist auch eine Vision. Er will die Wissenschaft demokratisieren, sie herausholen aus den Laboren der Universitäten und Pharmakonzerne, wo die Erungenschaften von wenigen, jahrelang an Universitäten ausgebildeten Forschern erzielt werden. Zayner hingegen glaubt an „Citizen Science“, an eine Art Schwarmintelligenz der neugierigen Bürger, die zu weiteren wichtigen Erkenntnissen führen könnte. „Akademische Forschung kann klasse sein, aber diese Institutionen sind halt auch total dogmatisch. Keine Kreativität, kein Denken außerhalb der Vorgaben. Dabei sollte doch gerade die Wissenschaft den Status quo herausfordern.“



Herr der Pipetten:
Immer häufiger stand
Zayner statt bei seinem
Arbeitgeber im Labor
in der eigenen Küche
und experimentierte

Auch Zayner stand bis vor ein paar Monaten noch in einem Labor, arbeitete innerhalb der Strukturen, gegen die er heute kämpft. Nach seinem Abschluss an der Universität Chicago heuerte er als Biophysiker bei der NASA im Silicon Valley nahe San José an. Dort forschte er zur geplanten Mission zum Mars, etwa an plastikabbauenden Bakterien, um den gewaltigen Plastikabfall, der auf dieser monatelangen Reise anfallen würde, recycelbar zu machen. Dafür veränderte er Organismen, auch und gerade mit CRISPR – der neuesten, vielleicht auch größte Hoffnung der Genforscher. Wohl nicht aus Zufall ähnelt CRISPR dem englischen Wort „crisp“ für knusprig, frisch. Denn mit dieser neuen, eben frischen Technologie kann man ganz gezielt ausgesuchte Gene an- oder ausschalten (siehe Interview auf S. 40).

Von Zayners Ideen zu diesem Thema wollte sein Forschungsleiter allerdings nichts hören. „Meine Bosse erlaubten mir einfach nicht, Wissenschaft zu machen, die ein bisschen verrückt und außergewöhnlich denkt. Aber genau die brauchst du für wirkliche Fortschritte. Dann habe ich angefangen, genau diese Experimente zu Hause zu machen.“ Erst nach Feierabend, dann am Wochenende.

Er nahm aus dem Labor ein paar Petrischalen und Pipetten mit und stand immer häufiger in der eigenen Küche zwischen Mikroskopen, Zentrifugen und Zellkulturen. So tauchte Zayner ein in die Szene der Biohacker. Eine Gruppe aus ambitionierten Forschern, vernetzt durch Google und Facebook, die zusammen mit eigenen Ideen und eigenem Wissen Antworten suchen auf die großen Fragen der Wissenschaft. Freie, autonome Forscher, gegen die Standards.

Zayner zieht gerne Parallelen zu den Computerhackern, zum Chaos Computer Club, zu den Entwicklern des Betriebssystems Linux. Gerade sie erzielten Fortschritte, weil sie ihr Wissen, ihre Ideen mit anderen Enthusiasten tauschten und teilten. Open Access gegen die Norm, gegen die Hierarchien. Wie Zayner, der mit seinen mal blau, mal blond gefärbten Haa-

ren und seinen Lippenpiercings an einen Punk erinnert. „Jeder, der will, kann und soll experimentieren. Und wenn ich es kann, kann es jeder. Man braucht kein Genie zu sein, um Wissenschaft zu machen. Man braucht nur das Werkzeug.“

Jeder Einzelne soll zum Wissen beitragen können. Und Zayner liefert die Werkzeuge. Per Crowdfunding sammelte er das nötige Geld, über 70.000 Dollar, um „The ODIN“ zu gründen. Nun verkauft er aus seiner Garage heraus eigene CRISPR-Bausätze. Für 160 Dollar kann jeder in den eigenen vier Wänden DNA und Gene austauschen – allerdings nur bei Hefebakterien. Zayner liefert alles, was man braucht, um deren Gene zu bearbeiten,

das Werkzeug, die Bakterien und DVDs mit genauen Anleitungen. Ein Einsteigerset. Denn die veränderten Bakterien bleiben harmlos, ändern nicht viel mehr als ihre Farbe oder ihren Geruch, dann sterben sie ab. Allerdings: Ob Hefebakterien, Viren oder menschliche Gene – die CRISPR-Technik bleibt im Prinzip die gleiche.

Zayners Baukasten ist nicht unumstritten. Manche Wissenschaftler finden ihn brandgefährlich. „Ich sehe das kritisch, weil eventuell Sicherheitsstandards weder eingehalten noch kontrolliert werden können“, mahnt Günter Stock, ehemaliger Präsident der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften und früherer Forschungschef des Pharmaunternehmens Schering. „Aufgrund mangelnder umfassender Kenntnis der möglichen Folgen könnte es also zu unerwünschten Nebeneffekten kommen, was wiederum der Wissenschaft selbst schaden könnte.“

Auch wenn Zayners Hefebakterien harmlos sind – es ist das Grundwissen der Technik, das Zayner in die Hände aller gibt. In die Hände von Enthusiasten und Hobbywissenschaftlern. Aber vielleicht auch von Durchgedrehten und womöglich gar Bio-Terroristen. Für Zayner ist das Paranoia. „Es ist wahrscheinlicher, dass Leute etwas Gutes mit den Bausätzen anstellen. Gefährliche Viren herzustellen, das ist wirklich komplex und braucht ganz andere Mittel. Im Grunde bringe ich die normalen Leute dazu, dass sie sich stärker mit der Gentechnik befassen.“

Zayner selbst nutzt sein Wissen über Hefebakterien inzwischen für eine Kooperation mit einem Bierbrauer. Zusammen ändern sie mit CRISPR die Geschwindigkeit des Gärprozesses,

experimentieren mit neuen Geschmacksrichtungen. Und stellen Bier her, das im Dunkeln leuchtet. Und noch immer packt Zayner vor allem Kartons mit den Baukästen und schickt sie aus seiner Garage hinaus in die Welt. Auf seinem linken Unterarm prangt der tätowierte Schriftzug „Build Something Beautiful“. Es ist seine Vision. Aber vielleicht auch seine Mahnung. ←

**Für 160 Dollar
kann jeder Gene
austauschen –
aber erst mal nur
bei Hefe**

Hier sind noch Spuren



DNA-Spuren sind für die Polizei heute eines der wichtigsten Beweismittel. Aber manchmal helfen auch sie nicht weiter. Forscher wollen den Genen nun mehr Informationen entlocken – zum Beispiel über das Aussehen eines Täters

Von Bernd Kramer



Achtung, Übung: Angehende Kriminologen wenden in einem Versuchslabor die neuesten Techniken zur Spurengewinnung an

→ Auf dem großen braunen Papierumschlag steht handschriftlich: „Slip“. Auf einem anderen: „Nachthemd“, mit Filzstift. Auf einem dritten: „Hufeisen“. Das Metallregal quillt fast über, es ist voller Umschläge, die mit blauem Klebeband verschlossen sind. Darin sind Fundstücke, an denen vielleicht noch etwas vom Täter haftet. Ein winziger Blutfleck. Ein Rest Sperma. Ein einzelnes Haar. Eintrockneter Speichel. Ein paar Zellen von der Haut.

Landeskriminalamt Hamburg, vierter Stock, ein Flur, der besonders gesichert ist. Betreten kann man ihn nur mit Chipkarte, in die Laborräume darf nur, wer seine Gene vorher hat registrieren lassen – damit nicht eine herunterrieselnde Hautschuppe eine falsche Fährte legt, eine Spur, die wegführt vom Täter. Wer zu Besuch ist, dem bleibt nur der Blick durch die Bullaugen der Labortüren: Eine Mitarbeiterin, verumumt mit Mundschutz, Handschuhen, hellgrüner Haube, vor ihr auf dem Tisch liegt ein Brecheisen, sie hebt es hoch, mustert, fotografiert es. Es ist der erste Untersuchungsschritt von vielen.

Die DNA-Analyse gilt heute als eine der stärksten Waffen der Kriminaltechnik, doch manchmal staunen selbst die Biologen hier im Landeskriminalamt noch. Christiane Röscheisen, die Leiterin der Abteilung, erinnert sich an ein Messer, das eines Tages in einem der braunen Papierumschläge auf ihrem Flur ankam. Die Ermittler hatten es in einem Fluss gefunden. Die Klinge: blitzblank, kein Blut, kein Gewebe, nichts. Oder doch? Im Labor fanden die Biologen dann DNA, die das Wasser nicht weggespült hatte – vom Täter und vom Opfer gleichermaßen. „Wenn das dann funktioniert, ist man schon sehr überrascht“, sagt Röscheisen. Am Ende bekommen die Ermittler aus dem Labor eine Nummer, eine Ziffernfolge für die Gen-Spuren. Diese Nummer können sie mit der zentralen DNA-Analysedatei des Bundeskriminalamtes abgleichen.

Dort sind zum Ende des zweiten Quartals 2016 die DNA-Profile von 857.666 Personen gespeichert. Zum Vergleich: Das entspricht immerhin gut einem Prozent der deutschen Bevölkerung. Bei etwa jeder dritten Spur lässt sich durch die Gen-Abfrage inzwischen ein potenzieller Täter ermitteln.

Das heißt umgekehrt aber auch: Bei zwei von drei Gen-Spuren bleibt der Abgleich ergebnislos. Wenn der Täter nicht noch irgendwo auftaucht, sich das Erbgut nicht in irgendein Polizeilabor verirrt und von dort in die Zentraldatei, bleibt die Spur wertlos. Über dieses Dilemma kommt die ausgefeilte Labortechnik nicht hinweg: Finden kann die Polizei mit der DNA-Analyse nur Personen, die sie im Prinzip schon kennt.

Was tun?

Es gäbe eine Möglichkeit: Die Ermittler könnten die Person, deren Gene sie schon im Labor haben, besser kennenlernen. Denn im Erbgut stecken unzählige Informationen, die bislang noch gar nicht genutzt werden.

Mehr als 90 Prozent der DNA tragen keinerlei Information über Aussehen, Statur, Persönlichkeit, Krankheiten. Ein großer Teil davon dürfte bloß sogenannte Junk-DNA sein, Gen-Schrott ohne jeden erkennbaren Zweck. Herausfiltern dürfen die Ermittler allein den informationslosen Teil des Erbguts – und das Geschlecht. Um Menschen eindeutig zu identifizieren, ist dieser Blindtext variantenreich genug.

Aber wenn das die Suche nach dem Täter nicht voranbringt? „Ich wüsste eine Reihe von Fällen, wo es den Ermittlern



Es braucht nicht unbedingt Haare am Tatort, um die DNA zu ermitteln, kleinste Hautpartikel reichen schon

helfen würde, wenn sie ein paar Informationen mehr hätten“, sagt Biologin Röscheisen vom LKA Hamburg: die Haarfarbe, die Augenfarbe, die ethnische Abstammung. Nur geben darf das Labor diese Daten den Ermittlern nicht. Würde sie das gern ändern? Die LKA-Gutachterin äußert sich zurückhaltend: Es bräuhete erst eine Verständigung der Gesellschaft darüber, wie weit man die Polizei in die Gene der Menschen blicken lassen will.

In den Niederlanden dürfen die Ermittler bereits mehr aus der DNA lesen – seit ein spektakulärer Mordfall dort Schlagzeilen machte. Am 1. Mai 1999 wurde ein 16-jähriges Mädchen in Kollum, einer Kleinstadt in Friesland, vergewaltigt und ermordet. Zwölf Verdächtige ermittelte die Polizei, auf niemanden passte das DNA-Muster vom Tatort. Derweil kochte im Ort die Stimmung über: Die Bevölkerung hatte schnell die Bewohner eines Asylbewerberheims im Verdacht, die Lage wurde zwischenzeitlich so bedrohlich, dass Bereitschaftspolizisten das Heim sichern mussten. Die Ermittler griffen schließlich zu einem damals noch verbotenen Verfahren: Sie schickten die Gen-Probe zur weiteren Untersuchung ins Labor der Uni Leiden, um Hinweise auf die ethnische Abstammung des Täters zu bekommen. Dort stellte sich heraus: Der Täter ist höchstwahrscheinlich ein Europäer, ein Nieder-

Es gibt ein Gen, das die Augen leicht zusammenschiebt. Gut für den Zeichner des Phantombilds

länder, kein Flüchtling. Später lockerte das niederländische Parlament das Gesetz; die Herkunft ist für die Gen-Labore seither nicht mehr grundsätzlich tabu.

Der Präzedenzfall zeigt bereits, welcher Sprengstoff in einer so weitreichenden Analyse stecken könnte: Was wäre passiert, wenn der Test die Bewohner des Flüchtlingsheims nicht entlastet hätte? Wenn vielleicht rein zufällig, aus irgendeinem anderen Grund auch deren Gene am Tatort aufgetaucht wären? Wie geht man mit einer Technik um, deren Beweiskraft auf viele schnell so erdrückend wirkt, dass sie andere Erklärungen kaum noch in Betracht ziehen? Wie viel sollte die Polizei über einen Täter wissen dürfen?

Für Manfred Kayser, einen deutschen Professor für forensische Molekularbiologie an der Erasmus-Universität Rotterdam, sind das unnötige Fragen. Die Gen-Spuren sieht er eher als eine Art Augenzeugenbericht an, nur weniger fehleranfällig: Wo Menschen sich irren, können die Gene sichere Beschreibungen eines Täters liefern. Warum sollte man das nicht nutzen können? „Das Aussehen ist keine Privatsache“, sagt Kayser. „Für äußere Merkmale gibt es keinen Datenschutz.“

Fieberhaft versucht Kayser, der DNA mehr Informationen zu entlocken. Für die Augenfarbe funktioniert der Test bereits recht gut: Sechs Gene werden dabei analysiert, sechs Stellen in dem langen Codewort der DNA. Am Ende bekommen die Ermittler eine Tabelle mit drei Wahrscheinlichkeitswerten, jeweils für blaue Augen, braune Augen und einen Mischton wie Grün oder Grau. Dort können sie dann lesen, dass der Täter zum Beispiel mit einer Wahrscheinlichkeit von 90 Prozent blauäugig ist.

Für die zehn Prozent Zweifel sind die vielen anderen Gene verantwortlich, die die Forscher nicht testen, die sie vielleicht nicht einmal kennen. Hunderte, vielleicht Tausende Stellen im DNA-Code, die den Farbton der Augen mitmischen.

Bei anderen Merkmalen ist das Erbgut schon sehr viel schwieriger zu entziffern. Es gilt: Je mehr Gene das Merkmal mitbestimmen, desto größer ist der Aufwand, um sie zu finden. Die Gesichtszüge sind so ein Beispiel.

In einer Studie konnten Kayser und seine Kollegen fünf Gene finden, fünf von wohl Tausenden, die noch unentdeckt sind. Den größten Einfluss hat dabei ein Gen mit dem Namen TP63: Es schiebt die Augen weiter auseinander oder näher zusammen – um maximal 1,8 Millimeter. Allein um diesen winzigen Unterschied im Augenabstand aus der DNA zu entziffern, brauchten die Forscher die Vergleichsdaten von mehr als 9.000 Menschen. „Von einem genetischen Phantombild, das mehr als Geschlecht, Augen-, Haar-, und Hautfarbe sowie geografische Abstammung zeigt, sind wir noch weit entfernt“, sagt Kayser.

Dennoch wirbt die US-Firma Parabon NanoLabs genau damit. Für Kayser und andere Genetiker wirkt das unseriös, das Unternehmen mache seine Methoden nicht transparent. Manchen Kunden schreckt das nicht: In Hongkong hatte eine Umweltinitiative im vergangenen Jahr weggeworfene Zigarettensammel und ausgespuckte Kaugummis in die USA geschickt. Sie bekam 27 Phantombilder zurück, die überall in der Stadt großflächig plakatiert wurden: Seht her, das sind die Bürger, die ihren Müll auf die Straße werfen. ←

Glossar

→ **Basen:** sind so etwas wie die Buchstaben der Gene. Der genetische Code eines jeden Menschen besteht aus vier verschiedenen organischen Basen: Adenin (A), Cytosin (C), Guanin (G) und Thymin (T). Je zwei Basen (A und T sowie C und G) liegen sich auf der Doppelstrang-DNA gegenüber und bilden ein Paar. Stellt man sich die DNA als Strickleiter vor, sind die Basen also die Sprossen, die beide Stränge verbinden.

Chromosom: beschreibt das fadenförmige Gebilde im Zellkern, das die Erbinformation DNA und Proteine enthält. In jedem Zellkern des Menschen befinden sich 46 Chromosomen. Jeweils zwei gleiche bilden ein Paar. Es gibt insgesamt 22 Chromosomenpaare plus zwei Geschlechtschromosomen (XX bei der Frau und XY beim Mann).

DNA: englisch: deoxyribonucleic acid, deutsch: Desoxyribonukleinsäure. Sie ist der Baustein, der unsere komplette genetische Information enthält. Als doppelsträngiges Molekül befindet sich die DNA im Chromosom. Sie ähnelt einer schraubenförmig um die eigene Achse gedrehten Strickleiter und wird durch Basenpaare zusammengehalten. Das Rückgrat der Leiter besteht aus Zuckermolekülen (Desoxyribose) verbunden mit Phosphat.

Dolly: berühmtestes Schaf der Erde, da das erste geklonte Säugetier. 1996 wurde Dolly in einem schottischen Labor aus einer einfachen Körperzelle eines erwachsenen Schafes gezeugt. Ausgestopft ist Dolly heute im Royal Museum in Edinburgh zu bewundern.

Deutscher **Ethikrat:** ist ein unabhängiger Sachverständigenrat, der aus 26 Mitgliedern besteht, die je zur Hälfte von der Bundesregierung und dem Bundestag vorgeschlagen werden und die der Bundespräsident beruft. In seinen monatlichen, in der Regel öffentlichen Sitzungen beschäftigt sich der Rat mit den ethischen, gesellschaftlichen, naturwissenschaftlichen, medizinischen und rechtlichen Fragen der Forschung

und deren Auswirkungen auf Individuum und Gesellschaft. Dabei besteht die Aufgabe des Rates darin, die gesellschaftliche Diskussion zu fördern und als Beratungsgremium Stellungnahmen und Empfehlungen für politisches oder gesetzgeberisches Handeln zu erarbeiten. (www.ethikrat.org)

Gen: Träger von Erbinformationen in der menschlichen Zelle. Es beschreibt einen Abschnitt auf dem Erbgutmolekül DNA. Dieses liegt auf den Chromosomen, die sich im Zellkern befinden. Jeder Mensch hat zwei Kopien eines jeden Gens – eines vom Vater und eines von der Mutter, mit Ausnahme des X- und des Y-Chromosoms.

Genom: Gesamtheit aller Erbinformationen einer Zelle. Im Jahr 2000 entschlüsselte der US-amerikanische Biochemiker Craig Venter mit seinem Team als Erster große Teile des menschlichen Genoms.

GVP: steht für gentechnisch veränderte Pflanzen. Meistens sind sie mit einem Insektengift oder einer Herbizidtoleranz ausgestattet (oft auch mit beidem) – das heißt, sie überleben das weiträumige Spritzen eines Unkrautvernichtungsmittels. Die weltweite Anbaufläche 2015 (inklusive Versuchsanbau) von GVP beträgt 179,7 Millionen Hektar, das sind 3,6 Prozent der weltweiten landwirtschaftlichen Nutzfläche. Die größten Flächen liegen in den USA und Brasilien. Im Wesentlichen handelt es sich dabei um Soja (51 Prozent), Mais (30 Prozent), Baumwolle (13 Prozent) und Raps (5 Prozent).

Klonen: bezeichnet die Erzeugung genetisch identischer Individuen durch Zellteilung oder durch den Transfer von Erbgut, bei dem ein Zellkern in eine Eihülle transplantiert wird.

Mutation: Darunter versteht man die Veränderung des Erbgutes. Dies kann durch den Austausch, Verlust oder das Einfügen von Gen-Buchstaben geschehen. Ursachen können zufällige Fehler bei der Zellteilung sein, aber auch

Umwelteinflüsse zum Beispiel durch UV- oder radioaktive Strahlung. Vererbt werden allerdings nur solche Mutationen, die in den Keimzellen – also den Spermien oder Eizellen – entstehen. Die meisten Mutationen sind schädlich für ein Lebewesen, andererseits sind sie notwendig, da sie die Variationen von Erbsubstanz erhöhen. Sie gelten daher als Triebkraft der Evolution.

Präimplantationsdiagnostik (PID): Dafür werden die Zellen eines wenige Tage alten Embryos, der durch künstliche Befruchtung gezeugt wurde, auf Gendefekte untersucht. Dies geschieht, bevor der Embryo in die Gebärmutter der Frau eingesetzt wird. Im Gegensatz zu anderen Ländern ist die Präimplantationsdiagnostik in Deutschland nur erlaubt, wenn eine schwerwiegende Erbkrankheit beim Kind oder eine Tot- oder Fehlgeburt wahrscheinlich ist.

Stammzelle: Das ist eine Art Ursprungszelle, die sich unbegrenzt vermehren und alle Zelltypen des Körpers bilden kann, etwa die Muskel-, Nerven- oder Blutzellen. Stammzellen finden sich in Embryonen und wurden bislang auch in 20 Organen des menschlichen Körpers nachgewiesen (zum Beispiel im Knochenmark).

In Deutschland dürfen Wissenschaftler keine embryonalen Stammzellen für Forschungszwecke gewinnen. Im Jahr 2002 erließ der Bundestag das **Stammzellgesetz**, das Forschern erlaubt, humane embryonale Stammzellen aus dem Ausland zu beziehen. Allerdings müssen die Embryonen ursprünglich für eine künstliche Befruchtung erzeugt worden sein.

Zelle: die kleinste vermehrungsfähige lebende Einheit aller Organismen. Man unterscheidet Ein- und Mehrzeller. ←



Filme und Artikel auf dem ganz neuen fluter.de

Die Aufmuckerin

In Indien haben Düngemittel und Pestizide große Umweltschäden hinterlassen und viele Menschen krank gemacht. Deswegen kämpft Vandana Shiva für eine Rückkehr zur traditionellen Landwirtschaft. Momentan engagiert sie sich vor allem gegen die Konzerne, die gentechnisch verändertes Saatgut verkaufen. Shiva hält das für gefährlich, weil diese Pflanzen das Ökosystem zerstören könnten und die Bauern in die Abhängigkeit großer Agrarkonzerne treiben. Für die einen ist Shiva eine Heldin, für die anderen eine Verhinderin des Fortschritts.

Die Selbstbewusste

Vor 29 Jahren kam Lilian mit dem Gendefekt Trisomie 21 zur Welt, auch besser bekannt als Downsyndrom. Als Kind wurde sie aufgrund ihrer Andersartigkeit oft gehänselt und ausgeschlossen. Doch Lilian wurde so sehr gefördert, dass sie heute weitgehend ein selbstständiges Leben führen kann. Allerdings werden immer weniger Menschen mit Downsyndrom zur Welt gebracht, da sich viele Eltern durch die Möglichkeiten der Pränataldiagnostik für eine Abtreibung entscheiden. Doch warum sollten Menschen wie Lilian keine Daseinsberechtigung haben? Ein Filmporträt.

Vorschau

Wer bin ich, und wenn ja, wie viele? Diese Frage klingt ziemlich gaga, ist aber gar nicht so unberechtigt. Ob im Internet, in der Schule, zu Hause oder unter Freunden, man ist ja nicht immer derselbe Mensch, sondern interagiert mit der jeweiligen Umwelt. Manchmal macht der Gruppendruck einen anderen aus dir, manchmal bist du auf Facebook nicht wirklich authentisch. Identität ist ein gutes Thema fürs nächste Heft, oder?

IMPRESSUM

fluter – Magazin der Bundeszentrale für politische Bildung

Ausgabe 60, Thema Gene, Herbst 2016
Herausgegeben von der Bundeszentrale für politische Bildung (bpb)
Adenauerallee 86, 53113 Bonn
Tel. 0228/99515-0

Redaktion

Thorsten Schilling (verantwortlich/
Bundeszentrale für politische Bildung/
schilling@bpb.de),
Oliver Gehrs (redaktionelle Koordination)

Bildredaktion

Carmen Brunner

Artdirektion und Design

zmyk/Jan Spading

Mitarbeit

Lea Deuber, Arno Frank, Sabrina Gaisbauer, Elisabeth Gamperl, Sara Geisler, Sebastian Jannasch, Bernd Kramer, Jan Ludwig, Marius Münstermann, Anuschka Roshani, Natascha Roshani, Fabian Scheuermann, Lavinia Schwedersky, Ann-Kristin Schöne, Constantin Wißmann, Patrick Witte, Lukas Wohner

Dokumentation

Kathrin Lilienthal

Korrektur

Tina Hohl, Florian Kohl

Redaktionsanschrift / Leserbrief

fluter – Magazin der Bundeszentrale für politische Bildung,
DUMMY Verlag, Torstraße 109, 10119 Berlin,
Tel. 030/30 02 30-233, Fax -231, post@fluter.de

Redaktionelle Umsetzung

DUMMY Verlag GmbH, Torstraße 109,
10119 Berlin
ISSN 1611-1567
Bundeszentrale für politische Bildung
info@bpb.de
www.bpb.de

Abonnement & Leserservice

ssm system service marketing gmbh
Im Auftrag der Bundeszentrale für politische Bildung
Dudenstraße 37-43, 68167 Mannheim
Tel. 0621/33839-38, Fax 0621/33839-33
abo@heft.fluter.de

Kostenloses Abo bestellen, verlängern oder abbestellen

www.fluter.de/abo
abo@heft.fluter.de

Nachbestellungen

Publikationsversand der Bundeszentrale für politische Bildung/bpb, Postfach 501055, 18155 Rostock
Fax 038204/66-273,
E-Mail: bestellungen@shop.bpb.de
Nachbestellungen von fluter werden von 1 kg bis 20 kg mit 4,60 Euro kostenpflichtig.

Druck

Ernst Kaufmann GmbH & Co. KG, Druckhaus
Raiffeisenstraße 29, 77933 Lahr
Tel. 07821/945-0, info@druckhaus-kaufmann.de
www.druckhaus-kaufmann.de

Bildnachweise

Sämtliche Illustrationen sind von Frank Höhne.
S. 3 Matt Meadows/Getty Images; S. 4 Alessandra Sanguinetti/Magnum Photos/Agentur Focus, Nancy Göring, Ulrich Baumgarten/Getty Images; S. 5 Reiko Nonaka aus der Serie "Double life"/reikononaka.com; S. 6 Stuart Corlett/Design Pics/Getty Images; S. 11 In Pictures Ltd./Corbis/Getty Images; S. 12 Oleksandr Rupeta/NurPhoto/Getty Images; S. 15 akg-images/Science Photo Library/American Philosophical Society; S. 16 bpk; S. 17 picture-alliance/dpa; S. 20 Alessandra Sanguinetti/Magnum Photos/Agentur Focus; S. 23 Anika Buessemeier/laif; S. 24-25 DeAgostini/Getty Images; S. 26 Dhiraj Singh/Bloomberg/Getty Images, Indranil Bhoumik/Mint/Getty Images; S. 27 Ulrich Baumgarten/Getty Images; S. 30-31 Nancy Göring; S. 34/36 Olivier Girard for Center for International Forestry Research (CIFOR); S. 37 Daniel Stier; S. 38 Westend61/Getty Images; S. 43 Cordonpress/laif; S. 45 Josiah Zayner; S. 46-47 Jeroen Hofman; S. 48 Steven Puetzer/Getty Images; S. 50 Bernd Jonkmanns/laif

Papier: Dieses Magazin wurde auf umweltfreundlichem, chlorfrei gebleichtem Papier gedruckt.

**Weltweiter Anteil der Landwirtschaftsfläche
mit Gentechnik: ca. 4 Prozent**

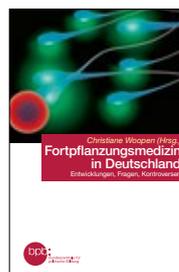
**Anteil der angebauten genveränderten
Pflanzen in den USA: 39,5 Prozent
In Brasilien: 24,6 Prozent
In Deutschland: 0 Prozent**

**Deutsche, die der Meinung sind, dass
Nutztiere nicht mit gentechnisch veränderten
Pflanzen gefüttert werden sollten: 79 Prozent**

**Anteil der Deutschen, die „voll und ganz bereit
wären, gentechnisch veränderte Lebensmittel
zu essen“: 7 Prozent**

**Anteil der Deutschen, die meinen, der Mensch
habe kein Recht, Pflanzen und Tiere gezielt
gentechnisch zu verändern: 75 Prozent**

**Diese wunderschöne Paprika ist nicht genetisch verändert, sie ist
einfach nur eine Laune der Natur. Nahrhaftes Wissen zum Thema
findet ihr auch in diesen Büchern (www.bpb.de/shop):**



Die letzte Seite im Heft ist die erste Seite im Netz



Schreibtisch von Rhoda Geisel

Wie sieht's denn bei dir aus?
Schick ein Bild an meinzimmer@fluter.de