Frankensteins Katze

Emily Anthes

Wie Biotechnologen die Tiere der Zukunft schaffen

SACHBUCH

Springer Spektrum

Frankensteins Katze

© Nina Subin

Emily Anthes ist Wissenschaftsjournalistin und schreibt unter anderem eine regelmäßige Kolumne über Biomimikry für BBC Future online. Ihre Artikel sind in Wired, Scientific American, Psychology Today, Slate, The Boston Globe und anderen Medien erschienen. In deutscher Übersetzung liegt ihr Sachbuch *Das Gehirn für Eierköpfe: Wissenschaft in 60 Sekunden* vor. Anthes hat an der Yale University Geschichte der Naturwissenschaften und Medizin studiert und am Massachusetts Institute of Technology einen Master für wissenschaftliches Schreiben absolviert. Sie lebt mit ihrem Hund Milo in Brooklyn, New York.

Webseite: www.emilyanthes.com
Blog „Wonderland“: http://blogs.plos.org/wonderland
Twitter-Account: https://twitter.com/EmilyAnthes

Emily Anthes

Frankensteins Katze

Wie Biotechnologen die Tiere der Zukunft schaffen

Aus dem Englischen übersetzt von
Monika Niehaus-Osterloh

Springer Spektrum

Emily Anthes
Brooklyn
NY
USA

Aus dem Englischen übersetzt von Monika Niehaus-Osterloh.
Übersetzung der amerikanischen Ausgabe: Frankenstein's Cat: Cuddling up to Biotech's Brave New Beasts, erschienen bei Scientific American Books 2013,
© Emily Anthes 2013. Alle Rechte vorbehalten.

ISBN 978-3-642-41861-7 ISBN 978-3-642-41862-4 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-642-41862-4

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

Springer Spektrum
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014
Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Planung und Lektorat: Frank Wigger, Meike Barth
Redaktion: Jorunn Wissmann
Einbandentwurf: deblik, Berlin
Einbandabbildung: Diego Patino

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Spektrum ist eine Marke von Springer DE. Springer DE ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media
www.springer-spektrum.de

Den Menschen und den Tieren meiner Familie

Danksagung

Ein Buch zu schreiben, ist ein einsames Unterfangen, doch Recherchieren, Polieren und Publizieren sind es keineswegs. Auf diesem Weg haben mich viele Menschen entscheidend unterstützt.

An erster Stelle möchte ich all den Wissenschaftlern danken, die mich in ihre Labors und in ihr Leben eingeladen haben. Viele von ihnen sind auf den folgenden Seiten erwähnt. Andere erscheinen nicht im Buch, haben mir aber unschätzbare Hintergrundinformationen und Kontexte geliefert. Ihnen allen möchte ich danken. Ohne die Großzügigkeit dieser vielbeschäftigten Wissenschaftler wäre dieses Buch nicht möglich gewesen.

Dankbar bin ich auch all denen, die erste Kapitelentwürfe gelesen und mir ihre Meinung dazu gesagt haben. Nick Summers, Michelle Sipics, Blaine Boman, Alison Anthes, Gary Anthes und Caroline Mayer, ihr alle habt geholfen, das Buch besser zu machen.

Dank gebührt auch dem ganzen Team bei *Scientific American*/Farrar, Straus and Giroux. Amanda Moon war während der ganzen Zeit eine wunderbare Lektorin. Sie hat sich genauso energisch und enthusiastisch für das Projekt engagiert wie ich. Amandas prägnante Kommentare und

Vorschläge halfen mir, aus einem Dschungel von Wörtern ein kohärentes Manuskript zu schaffen. Karen Maine lieferte mir wertvolles Feedback und wurde zu meinem zuverlässigen Guru, was Zitate, Formatierung und Stilfragen angeht. Kathy Daneman und der Rest des Publicity- und Marketing-Teams bei FSG und *Scientific American* arbeiteten unermüdlich dafür, dem Buch den Weg in die Hände der Leser zu ebnen.

Ich bin jedermann bei der Park Literary Group zu Dank verpflichtet, doch vor allem Theresa Park, die einer jungen Schriftstellerin eine Chance gab, und Abigail Koons, der besten Agentin, die man sich vorstellen kann. Abby half mir bei der Wandlung von einer Journalistin zur Autorin und wurde zu meiner unersetzlichen Führerin in der Verlagswelt. Sie gab mir genau die richtigen Tipps und wurde bald mehr als eine Agentin, nämlich auch Motivatorin, Cheerleaderin und Freundin. Ich verdanke ihr nicht nur mein Buch, sondern auch meine geistige Gesundheit. (Mein besonderer Dank gilt Blair Wilson dafür, dass sie Abby gesund und das Büro in Schwung gehalten hat.)

Was die persönliche Seite angeht, so möchte ich meinem Freund Blaine danken, der mich bei gelegentlichen Tiefs immer wieder aufzurichten verstand, meiner Schwester Ali, die mich stets mit Backwaren versorgte, und meinen Eltern, die mich stärker unterstützten, als ich es an dieser Stelle beschreiben kann. Ihre eigene journalistische Karriere hat mich in dieses Gebiet eingeführt, das mir inzwischen so ans Herz gewachsen ist, und dafür – und so viele andere Dinge – werde ich ihnen immer dankbar sein.

Und schließlich möchte ich Artemis, CC, Bruce, Dewey, Winter, Chrisie, Jonathan Sealwart, GloFish 1 bis 6, Woods

Hole 1 und 2 und all den anderen Tieren danken, die mir gestattet haben, in ihr Leben einzudringen. Auch wenn sie sich nicht freiwillig als Versuchskaninchen zur Verfügung gestellt haben, schulden ihnen Wissenschaft und Gesellschaft ein dickes, kollektives Dankeschön.

Und natürlich gilt mein großer Dank Milo, dessen unstillbarer Bedarf nach Streicheleinheiten und Spaziergängen meinen Körper während der langen Schreibsitzungen davon abhielt, sich zu verkrampfen. Er ist mein eigenes kleines Monster.

Inhalt

1 **Einleitung** 1

2 **Leuchtende Fische** 13

3 **Etwas Milch gefällig?** 43

4 **Probleme im Doppelpack** 75

5 **Neun Leben** 107

6 **Sensible Sender** 135

7 **Winters neue Flosse** 161

8 **Die Robo-Revolution** 189

9 **Im Zwiespalt** 221

Anmerkungen 241

Index 351

1
Einleitung

In China, dem größten Herstellerland der Welt, nimmt ein neuer Industriezweig Gestalt an: die Massenproduktion mutierter Mäuse. Wenn man einen Blick in die 45.000 Mäusekäfige wirft, die in der Fudan University von Shanghai stehen, sieht man eine wachsende Sammlung von Freaks. Indem sie die Gene der Nager nach dem Zufallsprinzip ausschalten, stellen die Wissenschaftler hier Hunderte bizarrer Tiere quasi am Fließband her. Sie haben Mäuse geschaffen, die übersät sind mit Hauttumoren, und Mäuse, denen Stoßzähne wachsen. Es gibt einen Stamm mit einem männlichen Glatzenmuster, der bis auf eine einsame kahle Stelle auf dem Kopf überall behaart ist. Einige der Mäuse zeigen seltsame Verhaltensauffälligkeiten – sie vergraben ohne Unterlass Murmeln oder drehen sich ausschließlich linksherum. Ein Stamm altert mit Warp-Geschwindigkeit, ein anderer fühlt keinen Schmerz.

Während einige der Nager offensichtliche Anomalien aufweisen, enthüllen andere ihre Geheimnisse erst mit der Zeit. Eine Variante mit dichtem weißen Fell und gesunden rosafarbenen Ohren und Nasen erscheint äußerlich völlig normal. Die Tiere sind jedoch Tollpatsche. Sie sind ungeschickt und bewegen sich auffällig unkoordiniert. Wenn die

E. Anthes, *Frankensteins Katze,*
DOI 10.1007/978-3-642-41862-4_1, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014

Forscher sie in einem speziellen Trainingslager für Nager auf Herz und Nieren prüfen, versagen sie komplett. Bei einer Aufgabe müssen sich die Mäuse so lange wie möglich auf einem rotierenden Stab halten, das Nageräquivalent zum Balancieren auf einem rollenden Baumstamm. Das ist nicht einfach, doch normale Mäuse schaffen es irgendwann. Den Mutantenmäusen gelingt es nie. Es fällt ihnen auch schwer, auf einem schmalen Holzbalken zu balancieren oder sich festzuhalten, wenn sie kopfüber von einem Drahtgitter herabhängen. Und sie haben einen eigenartigen Gang – sie machen anomal weite Schritte und halten ihrem Schwanz seltsam abgespreizt, sodass er nach oben weist, statt ihn einfach hinter sich herzuziehen, wie es Mäuse gewöhnlich tun.

Vielleicht noch seltsamer sind die Mäuse vom Club der einsamen Herzen. Die Männchen dieses Stammes sehen wie normale Nager aus, jedoch weigern sich die Weibchen hartnäckig, mit ihnen zu kopulieren. Die armen Kerle, denen ein gewisses *je ne sais quoi* fehlt, haben einfach keinen Sex-Appeal, und sie werden immer wieder abgewiesen.

Diese Mäuse bilden nur einen kleinen Ausschnitt aus den 500 verschiedenen Mutantenstämmen, die das Fudan-Team geschaffen hat. Letztendlich hoffen die Forscher, 10.000 Stämme modifizierter Mäuse zu kreieren, die alle ihre ganz eigene Besonderheit aufweisen. Das würde problemlos reichen, um mehrere Tausend Freakshows zu füllen.

Wenn es um tierische Kuriositätenkabinette geht, brauchen wir nicht bei bizarren Mäusen stehen zu bleiben. Die Wissenschaft hat uns einen völlig neuen Werkzeugkasten an die Hand gegeben, um am Leben herumzuwerkeln, und wir sind in der Lage, Tiere in ganz neuer Weise zu verändern. Wir bearbeiten ihren genetischen Code, bauen ihren

Körper neu auf und ergänzen ihre natürlichen Sinne. Boulevardzeitungen und Regenbogenpresse verkünden immer wieder die Geburt seltsamer neuer Geschöpfe: *Bionische Käfer! Leuchtende Katzen! Ziegen, die Spinnenseide produzieren! Robo-Ratten!* Die Durchbrüche sind gleichermaßen erstaunlich und verwirrend. Was für Geschöpfe *sind* das eigentlich? Wie sehen sie aus? Wer erschafft sie und warum? Und sind diese Tiere wirklich so neuartig?

Was die Umgestaltung tierischer Körper angeht, blicken wir tatsächlich auf eine lange Geschichte zurück. Nehmen Sie nur die verschiedenen Vertreter der Art *Canis lupus familiaris* (des modernen Hundes), die Produkte des Jahrtausende währenden Zusammenlebens mit uns Menschen sind und zum Teil nur noch wenig Ähnlichkeit mit ihrem Vorfahren, dem Wolf, aufweisen. Wie die Domestikation des Hundes genau begann, wird heftig diskutiert. Einige Wissenschaftler sind der Meinung, unsere Vorfahren hätten es bewusst darauf angelegt, sich Hunde als Gefährten zuzulegen, und daher wilde Wolfswelpen adoptiert. Andere vermuten, hungrige Wölfe hätten sich, angelockt von Knochen, Fleischfetzen und anderem Abfall der Frühmenschen, aus eigenem Antrieb den Lagern genähert, und unsere Duldung der am wenigsten bedrohlichen Eindringlinge habe zur Entstehung weiterer Generationen menschenfreundlicher Caniden geführt. Wie dem auch sei, als Wölfe Teil der menschlichen Gesellschaft wurden und aus den kalten Wäldern an den warmen Herd zogen, verloren sie viele der Merkmale, die sie fürs Überleben in der Wildnis brauchten. Körper und Kopf schrumpften, Gesicht und Kiefer wurden kompakter, und die Zahngröße nahm ab.

Während sich unsere Beziehung zu den Caniden entwickelte, begannen wir, mehr Sorgfalt auf ihre Zucht zu verwenden und Hunde zu fabrizieren, die an spezielle Aufgaben angepasst waren. Wir schufen den großen, stämmigen Mastiff mit seiner breiten Brust als Wachhund für unser Heim und den langgestreckten, kurzbeinigen Dachshund (Dackel), der sich in Dachsbaue hineinschlängeln kann. Die Vielfalt moderner Hunderassen ist so erstaunlich, dass die 30.000 Hunde, die sich bei der weltgrößten Hundeshow Crufts im englischen Birmingham präsentieren, überhaupt nicht mehr wie Artgenossen aussehen. In einem Jahr gehörten zu den Kandidaten, die sich um den Titel *Best in Show* beworben hatten, King, ein Jagdhund mit dem anmutigen Körperbau eines Hirsches, der nur aus Beinen und Muskeln zu bestehen schien, aber auch Ricky, eine winzige schwarzweiße Flauschkugel, die problemlos unter Kings glattem braunen Bauch Platz fand. Sie teilten den Ring mit Donny – einem Großpudel mit rasierten grauen Flanken und einer dichten weißen Mähne – sowie Cruella, einem Bobtail, dessen langes, lockeres Fell alles bis auf jenen schwarzen Punkt verbarg, der ihm vermutlich als Nase diente. Dank uns sind Hunde heute die im Körperbau vielfältigste Art auf Erden.

Je nach Bedarf haben wir auch andere Arten verändert, schlanke Hühner in plumpe Broiler und Schafe mit derbem Fell in Lieferanten weicher Wolle verwandelt. Diese Liste ließe sich beliebig fortführen. Wir haben gelernt, Tiere nach unseren Bedürfnissen zu formen und uns Jagdgenossen, Hirten, Wächter, Nahrungsquellen und Hausgefährten geschaffen. Im Lauf zahlreicher Generationen haben sich viele Arten immer weiter von ihren wilden Vorfahren entfernt und ihren Platz in einer menschlichen Welt eingenommen.

Die selektive Zucht war jedoch ein stumpfes Instrument, denn sie erforderte, Tiere aufgrund von – wenn auch wohlbegründeten – Vermutungen zu verändern, etwa indem man immer wieder Hunde mit wünschenswerten Eigenschaften verpaarte, bis schließlich ein Welpe mit den gewünschten Eigenschaften geboren wurde. Es dauerte Jahrtausende, um Wölfe in Hunde zu verwandeln. Inzwischen können wir neuartige Organismen in Jahren, Monaten, ja sogar Tagen schaffen.

Heutzutage gibt uns die Molekularbiologie die nötigen Werkzeuge an die Hand, um ein ganz bestimmtes Gen ins Visier zu nehmen und es auf der Stelle an- oder abzuschalten, seine Wirkung zu dämpfen oder zu verstärken. So erschaffen die Forscher an der Fudan University ihre erstaunliche Palette seltsamer Mäusestämme allein dadurch, dass sie jeweils ein einziges Gen ausschalten. Zu diesem Zweck bedienen sie sich eines speziellen genetischen Werkzeugs, das als Transposon oder „springendes Gen" bezeichnet wird, ein DNA-Abschnitt, der im Genom quasi herumhüpfen kann. Injizieren die Genetiker ein Transposon in einen Mäuseembryo, integriert sich dieses fremde Stück DNA an einer zufälligen Stelle in das Genom des Nagers, wo es die Gene ausschaltet, die es dort vorfindet. Die wahre Schönheit des Systems liegt jedoch darin, dass die Maus das Transposon bei der Paarung an ihre Nachkommen weitergibt, in denen es an eine andere Stelle im Genom springt und weitere Gene sabotiert. Bei jeder Paarung ist ungewiss, wo das Transposon landen, welches Gen es ausschalten und zu welcher Konsequenz dies letztlich führen wird. Im Grunde genommen ist es so, als ob man mit verbundenen Augen genetisches Darts spielen würde. Erst wenn die Jungen

geboren sind und sich nach und nach verschiedene Anomalien zeigen, können die Forscher feststellen, in welchem Teil des Genoms es drunter und drüber geht. Dieser Ansatz erlaubt den Forschern, Käfig um Käfig mit neuartigen Mutanten zu füllen, einfach indem sie ihre liebestollen Nager verkuppeln. In manchen Fällen produzieren die Forscher ihre felligen Freaks schneller, als sie herausfinden können, was bei diesen nicht stimmt.

Wir können Gene auch in einer Art und Weise rekombinieren, wie es die Natur niemals tun würde – stellen Sie sich nur einmal einen sehr neugierigen Kater vor, der durch New Orleans stromert. Mit seinem weichen orangeroten Fell und seiner rosa Nase unterscheidet sich dieser Felide in keiner Weise von einer gewöhnlichen Hauskatze. Doch wenn Sie ihn mit UV-Licht (Schwarzlicht) beleuchten, mutiert der Kater zu *Mister Green Genes*: Seine Nase verfärbt sich aufgrund eines Stückchens Quallen-DNA, das in all seinen Zellen steckt, von Hellrosa in leuchtfarbenes Limettengrün. Das Innere seiner Ohren wie auch seine Augen selbst leuchten hell, und sein Gesicht taucht aus dem Dunkeln auf wie das einer modernen Grinsekatze. (Sein Sohn Kermit leuchtet übrigens ebenfalls grün.)

Unterdessen findet sich 2000 Meilen entfernt in einer Scheune in Logan, Utah, eine seltsame Ziegenherde. Von einer Spinne stammende Gene sorgen dafür, dass sämtliche Ziegenweibchen Milch produzieren, die voller Spinnenseidenproteine ist. Wird die Milch im Labor aufgearbeitet, lassen sich die Seidenproteine extrahieren und zu Seide verspinnen.

Die Genetik ist nicht das einzige Gebiet, das uns die Macht verleiht, andere Arten biotechnisch zu verändern.

Fortschritte in Elektronik und Computerwissenschaften machen es möglich, tierische Körper mit Maschinen zu verschmelzen, winzige Elektroden einzusetzen, um die Kontrolle über ein Rattenhirn zu übernehmen und den Nager wie ein ferngesteuertes Spielzeug durch einen komplizierten Parcours zu dirigieren. Durchbrüche in den Werkstoffwissenschaften und in der Veterinärchirurgie helfen uns, Prothesen für verletzte Tiere zu konstruieren, und wir können Affen darauf trainieren, Roboterarme mit der Kraft ihrer Gedanken zu steuern. Unsere bizarrsten Science-Fiction-Fantasien sind dabei, Wirklichkeit zu werden.

Einige unter uns erfüllt die wachsende Kontrolle des Menschen über lebendige, atmende Geschöpfe vielleicht mit etwas Unruhe. Schließlich liefert die Biotechnologie Stoff für albtraumhafte Zukunftsvorstellungen, und zu Themen wie verrückte Schimären oder Cyborgs, die die Welt erobern, ist schon so manches apokalyptische Szenario entworfen worden. Ethiker und Umweltschützer fragen sich besorgt, ob wir andere Arten verändern sollten, deren Einwilligung wir nicht einholen können. Manche meinen, es sei in hohem Grade wider die Natur, die wilden Lebewesen unseres Planeten – ob durch Einschleusen von Genen oder durch Implantieren von Elektroden – zu manipulieren, weil es den Tieren Leid zufüge und andere Lebensformen zu Gebrauchsgegenständen herabwürdigt. Kritiker äußern Bedenken, dass unser Streben, die Fauna der Welt neu zu schaffen, das schlimmste Beispiel für menschliche Überheblichkeit sei, Ausdruck des arroganten Wunsches, Gott zu spielen.

Es stimmt – das Wohl der Tiere steht bei der Umgestaltung anderer Arten nach unseren Wünschen und Bedürf-

nissen für uns nicht unbedingt an erster Stelle. Selektive Zuchtwahl ist für Tiere nicht immer gut ausgegangen – wir haben Hunderassen Erbkrankheiten aller Art aufgebürdet und Puten mit so gigantischer Brustmuskulatur gezüchtet, dass sich die Tiere kaum noch rühren können. Und natürlich bietet uns auch die Biotechnologie neue Möglichkeiten, Schaden anzurichten. Die Forscher der Fudan University haben Mäuseembryonen mit Defekten geschaffen, die so schwerwiegend sind, dass die Tiere schon im Mutterleib absterben. Einige ihrer Mutantenmäuse neigen zu Tumorbildung, Nierenerkrankungen oder neurologischen Problemen. Ein Stamm, der keine Nährstoffe aus seiner Nahrung resorbieren kann, hungert sich buchstäblich zu Tode.

Tatsächlich lebt heute ein ganzer Industriezweig davon, kranke Labortiere an Forschungslabors zu verkaufen, und es gibt zahlreiche Biotechnologieunternehmen, die ihre einzigartigen Schöpfungen feilbieten. Im Oktober 2011 kamen die Forscher vieler Unternehmen, die mit gentechnisch veränderten Organismen arbeiten, in St. Pete Beach, Florida, zu einer internationalen Konferenz zusammen. Im Ballsaal eines Hotels stellten die Vertreter diverser Biotech-Firmen an ihren Ständen Tiere aus, bei denen man gentechnisch medizinische Störungen aller Art hervorgerufen hatte. So verkaufte ein Unternehmen Schweine, die unter zystischer Fibrose (Mukoviszidose) und Krebs litten, die Broschüre eines anderen beschrieb elf verfügbare Nagerstämme, von der NSE-p25-Maus, die alzheimerartige Symptome zeigt, bis zur 11BHSD2-Maus, die dazu neigt, auf Grund von Herzversagen tot umzufallen. (Und falls Sie trotzdem einmal nicht fündig werden sollten, versprach das Poster einer Firma: „Sie entwerfen das Experiment, und wir

designen die passende Maus dazu.“) Diese Unternehmen stellen kranke Mäuse natürlich nicht aus reinem Sadismus her; die Untersuchung dieser Tiere liefert wertvolle Einblicke in menschliche Erkrankungen. Das ist zwar für uns eine gute Sache, einem Nager voller Tumore bietet das jedoch wenig Trost.

Aber wo Schatten ist, da ist auch Licht. Die Biotechnologie könnte für Tiere mehr tun, als man ihr gemeinhin zubilligt. Sicherlich können wir Tiere krank machen, dennoch können wir mit unseren speziesformenden Kräften auch anderen Arten dabei helfen, zu überleben und zu gedeihen, das heißt, gesündere, glücklichere und überlebensfähigere Tiere zu schaffen, und genau das tun einige Forscher. Mit diesen raffinierten Techniken könnten wir vielleicht sogar einen Teil des Schadens, den wir anderen Arten zugefügt haben, wieder beheben, indem wir beispielsweise genetische Defekte bei Hunden abschwächen oder Wildtierpopulationen vor dem Aussterben bewahren. So mancher Philosoph träumt sogar von noch viel weiter gehenden Interventionen, beispielsweise davon, die Intelligenz der Menschenaffen anzukurbeln und genetische Modifikationen und elektronische Verbesserungen einzusetzen, um Tieren zu helfen, die Grenzen ihres eigenen Körpers zu überschreiten.

Im Augenblick sind noch alle Optionen offen. Zwar werden rund um den Globus die seltsamen neuen Geschöpfe der Biotechnologie in Labors geschaffen, doch bleiben sie in der Regel nicht sehr lange dort, und manche leben bereits als Erste ihrer Art in Feld und Flur, in Haushalten und Naturschutzgebieten in aller Welt. Nicht lange, und wir alle können Tiere vielleicht in derselben Weise einkaufen, wie Wissenschaftler in Florida sorgfältig gentechnisch mo-

difizierte Mäuse ordern. Stellen Sie sich eine Zukunft vor, in der sich jeder von uns das perfekte Haustier aus einem Katalog mit endlos vielen Möglichkeiten heraussuchen kann, so wie in Philip K. Dicks Roman *Träumen Androiden von elektrischen Schafen?*. Wir können ein Tier für jeden schaffen. Sie lesen gern nachts? Wie wäre es mit einem eigenen Mr. Green Genes, sodass Sie im Licht Ihrer Katze lesen können? Und der Zwölfjährige, der schon alles hat, bekommt kein langweiliges Spielzeugauto oder Flugzeug, sondern einen echten Nager inklusive Fernbedienung. Reiter könnten sich ein Fohlen mit derselben genetischen Ausstattung bestellen wie die des letztjährigen Gewinners des Epsom Derby, während Kurzstreckenläufer einen Golden Retriever ordern könnten, der dank künstlicher Kohlenstofffaserbeine imstande wäre, schnell wie ein Windhund zu laufen. Die Werkzeuge der Biotechnologen werden zunehmend für die Allgemeinheit zugänglich; künftige Generationen von Tierliebhabern können irgendwann vielleicht ganz ohne Zugang zu ausgeklügelten Laborgeräten oder irgendeiner weitergehenden Universitätsausbildung ihre eigenen Geschöpfe entwerfen.

Auf den folgenden Seiten werden wir uns auf eine Reise von der Petrischale bis zur Tierhandlung begeben und uns mit revolutionären Züchtungen von Geschöpfen vertraut machen, die ihren Platz in unserer Welt einnehmen. Wir werden uns auf eine Reise von den felsigen Küsten Kaliforniens zu den Hügeln am Rand der schottischen Moore begeben, von den Hundeklonen in koreanischen Labors zu den Lieblingen bei uns daheim. Wir werden uns mit Genen und Gehirnen befassen, mit wissenschaftlichen Arbeiten, die belanglos erscheinen, und mit Projekten, die alles ande-

re als das sind. Wir werden einem Ingenieur begegnen, der Käfer in Lenkflugzeuge verwandelt, und einem Biologen, der glaubt, dass man durch Klonen bedrohte Arten retten kann. Und natürlich werden wir die Tiere selbst kennen lernen – von Jonathan, einem armen Robbenmännchen mit Hunderten von Online-Freunden, bis zu Artemis, einer potenziell lebensrettenden Ziege, deren Nachkommen eines Tages Brasilien übernehmen könnten.

Auf dem Weg werden wir uns mit einigen größeren Fragen beschäftigen. Wir werden sondieren, inwieweit sich unsere modernen wissenschaftlichen Methoden von denen früherer Zeiten unterscheiden und ob sie einen grundsätzlichen Wandel in unserer Beziehung zu anderen Spezies darstellen. Wir werden uns sowohl Gedanken über die Beziehung machen, die wir zu den Tieren haben, als auch über diejenige, die wir gerne hätten.

Die meisten von uns empfinden eine tiefe Zuneigung für irgendeine Form von tierischem Leben, ob es nun Katzen oder Hunde sind, die zusammengerollt auf dem Sofa liegen – 48 Prozent aller Briten und rund 40 Prozent der Deutschen teilen ihr Heim mit einem Haustier –, Hühner, die unsere Eier legen, oder exotische Raubtiere, die um ihr Überleben kämpfen, während ihr Lebensraum schwindet. Nun, da wir Lebewesen eine endlose Formenpalette geben können, liefert uns das, was wir für uns erschaffen wollen, Rückschlüsse darüber, was wir von anderen Arten und auch *für* sie wollen. Doch selbst wenn wir keine besondere Zuneigung für die Geschöpfe empfinden, mit denen wir diesen Planeten teilen, spielt unsere Neuschöpfung von Tieren auch für den Menschen selbst eine Rolle. Sie erlaubt einen Blick auf unsere eigene Zukunft, darauf, wie wir begin-

nen könnten, uns selbst zu verändern und zu verbessern. Vor allem enthüllen unsere großen Experimente, wie eng verzahnt menschliches und nichtmenschliches Leben inzwischen sind und wie eng verwoben unsere Schicksale. Kühne Forscher, Unternehmer und Philosophen träumen von Projekten aller Art, die den Lauf unserer gemeinsamen Zukunft verändern könnten.

Was bedeutet Biotechnologie daher für die wilden Lebewesen unseres Planeten? Und was halten unsere schönen neuen Geschöpfe von uns? Unsere Suche nach Antworten beginnt mit einem Becken voller leuchtender Fische.

2
Leuchtende Fische

Jedem Tierbesitzer in spe präsentiert die US-Zoohandelskette Petco eine überwältigende Auswahl. Hier im Untergeschoss eines der New Yorker Geschäfte der Kette – wo die Luft nach Heu mit einem Hauch Moschus riecht – trifft man auf eine quiekende, piepsende, schier endlose Menagerie potenzieller Haustiere. Der Kunde sieht spindelbeinige Eidechsen, die durch ihre sandgefüllten Becken huschen, neugierige Nymphensittiche mit goldener Federhaube und natürlich die Käfige mit rosaschnäuzigen weißen Mäusen, die für einen Laufradmarathon trainieren; darüber hinaus gibt es Chinchillas und Kanarienvögel, Zwerghamster, Baumfrösche, Bartagamen, Köhlerschildkröten, Rotbauchpapageien und Fettschwanzgeckos.

Doch eines dieser Tiere ist nicht wie die anderen. Sucht ein anspruchsvoller Tierbesitzer etwas Neues und Andersartiges, braucht er sich nur in die Aquarienabteilung zu begeben und an den gefleckten Kois, Siamesischen Kampffischen, Goldfischen und Elritzen vorbeizugehen. Und da sind sie und ziehen, unter einer Treppe versteckt, in einem kleinen Becken ihre Kreise: rund 3 Zentimeter lange bonbonfarbene Fische in allen Schattierungen von Kirschrot, Limettengrün und der neuen Modefarbe Tangerine.

E. Anthes, *Frankensteins Katze,*
DOI 10.1007/978-3-642-41862-4_2, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014

Zoologisch gesehen handelt es sich um Zebrafische *(Danio rerio)*, die aus südasiatischen Seen und Flüssen stammen und normalerweise schwarz-weiß gestreift sind. Doch diese Schwimmer tragen ein winziges gewisses Extra in sich. Die Variante *Starfire Red* enthält einen klitzekleinen Spritzer Seeanemonen-DNA, während die Stämme *Electric Green*, *Sunburst Orange*, *Cosmic Blue* und *Galactic Purple* mit ein wenig Tiefseekoralle aufgepeppt wurden. Die Fremdgene lassen die Fische fluoreszieren, daher leuchten sie unter Schwarzlicht. Diese so genannten *GloFish* (englisch *to glow,* glimmen) gehören zu den ersten gentechnisch modifizierten Heimtieren.

Zwar haben wir mittels selektiver Zuchtwahl bereits an vielen Arten herumgedoktert, doch markieren diese Fische den Beginn einer neuen Ära, in der wir die Macht haben, den biologischen Code unserer tierischen Freunde direkt zu manipulieren. Unsere modernen molekularen Techniken haben die Spielregeln verändert. Sie erlauben uns, Arten sofort und nicht erst im Lauf vieler Generationen zu verändern, ein einziges Gen zu modifizieren, anstatt sich um das ganze Tier zu kümmern, und Geschöpfe zu kreieren, die auf natürlichem Wege niemals entstanden wären, indem wir die DNA zahlreicher Arten in einem großen Schmelztiegel des Lebens neu mischen. Schon lange wünschen wir uns tierische Gefährten, die nach unseren Vorgaben *maßgeschneidert* sind. Die Wissenschaft macht diese Präzision nun möglich.

Unsere Vorfahren wussten zwar genug über Vererbung, um bessere Arbeitstiere zu züchten, die Fähigkeit des Menschen, an Genen herumzubasteln, ist jedoch relativ neu. Schließlich wurde die DNA erst 1944 als Molekül der bio-

logischen Vererbung erkannt, und erst 1953 entschlüsselten James Watson und Francis Crick die Doppelhelix-Struktur der DNA. Weitere Experimente in den 1950er- und 1960er-Jahren enthüllten die Funktionsweise von Genen in der Zelle. Bei all den Geheimnissen, die sie anscheinend umgibt, hat die DNA doch eine klare Aufgabe: Sie weist den Körper an, Proteine herzustellen. Ein DNA-Strang besteht aus einzelnen Einheiten, den Nukleotiden, die hintereinander aufgereiht sind wie die Perlen auf einer Kette. Es gibt vier unterschiedliche Nukleotidtypen, die alle eine andere organische Base enthalten. Diese Basen sind Adenin, Thymin, Guanin und Cytosin; für gewöhnlich werden sie jedoch mit ihren Anfangsbuchstaben A, T, G und C abgekürzt. Was wir als Gen bezeichnen, ist nichts weiter als eine lange Sequenz von As, Ts, Gs und Cs. Die Reihenfolge, in der diese Buchstaben auftreten, sagt dem Körper, welches Protein er herstellen soll – und wann und wo. Verändert man einige dieser Buchstaben, so verändert man die Proteinherstellung und die ultimativen Merkmale eines Organismus.

Nachdem der genetische Code entschlüsselt war, dauerte es nicht lange, bis wir herausfanden, wie man ihn manipuliert. In den 1970er-Jahren machten sich Wissenschaftler daran zu erkunden, ob man Gene von einer Art auf eine andere übertragen kann. Sie isolierten kurze Abschnitte aus der DNA von *Staphylococcus*-Bakterien (den Erregern von Staphylokokkeninfektionen) und dem Afrikanischen Krallenfrosch. Dann fügten sie diese DNA-Abschnitte in das Genom des Darmbakteriums *Escherichia coli* (kurz *E. coli*) ein. Die Bakterien- und Froschgene erwiesen sich in ihrer neuen Zellbehausung als voll funktionsfähig und machten

E. coli zum ersten gentechnisch veränderten Organismus der Welt. Als nächstes kamen Mäuse an die Reihe, und Anfang der 1980er-Jahre berichteten zwei Labors, es sei ihnen gelungen, Nager mit Viren- und Kaninchengenen zu erzeugen. Tiere wie diese Mäuse, die Fremd-DNA in ihrem Genom tragen, werden als „transgen" bezeichnet, und die zusätzliche genetische Sequenz heißt entsprechend „Transgen".

Von diesen Erfolgen ermutigt und inspiriert, begannen die Forscher, mit DNA aus dem ganzen Tierreich zu experimentieren und Gene zwischen schwimmenden, kriechenden und huschenden Geschöpfen aller Art auszutauschen. Die Forscher, die diese Experimente durchführten, hatten ein ganzes Bündel von Fragen. Zum einen wollten sie einfach wissen, was möglich war. Wie weit konnten sie diesen Austausch von Genen treiben? Was konnte man mit diesen DNA-Abschnitten alles anstellen?

Sie erkannten auch das immense Potenzial für die Grundlagenforschung, das in diesen Versuchen steckte: Durch die Überführung eines Gens aus einem Tier in ein anderes könnte man beispielsweise mehr über seine Funktionsweise und seine Rolle bei der Entwicklung oder bei Erkrankungen herausfinden. Und nicht zuletzt winkten vielversprechende kommerzielle Anwendungen, etwa die Chance, Tiere so zu verändern, dass ihr Körper Proteine bildete, für die es eine verstärkte Nachfrage gab, oder Lebewesen mit ökonomisch lukrativen Eigenschaften herzustellen. (In einem frühen Projekt versuchten Forscher beispielsweise, ein schneller wachsendes Schwein mit weniger Fettansatz zu erzeugen.)

In dieser Phase der Entwicklung gelangen den Genetikern ein paar hübsche Tricks, darunter auch das „Rezept"

zur Herstellung leuchtender Tiere. Sie wussten, dass einige Tiere, wie die Qualle *Aequorea victoria,* diese besondere Eigenschaft ganz eigenständig entwickelt hatten. Im einen Moment ist die Qualle ein völlig unauffälliger, durchsichtiger Eiweißklumpen, im nächsten ein neongrüner Schirm, der in der dunklen See schwimmt. Das Geheimnis dieses Lichtspektakels ist das so genannte *Green Fluorescent Protein* (GFP), eine Eiweißverbindung, die von der Qualle auf natürliche Weise gebildet wird; dieses GFP absorbiert blaues Licht und strahlt es als kiwigrünes Leuchten ab. Bestrahlt man die Qualle mit blauem Licht, taucht auf dem glockenförmigen Körper plötzlich ein Ring grüner Punkte auf, der an elektrische Lichterketten am Weihnachtbaum erinnert.

Nach der Entdeckung des GFP begannen sich die Forscher zu fragen, was passieren würde, wenn sie dieses Quallen-Gen in ein anderes Tier pflanzten. In den 1990er-Jahren wurde das GFP-Gen dann im Labor isoliert und kopiert, und nun ging der Spaß erst richtig los. Nachdem die Forscher das Gen in Rundwürmer, Ratten und Kaninchen übertragen hatten, fingen diese Tiere an, das Protein zu produzieren, und wenn man sie mit blauem Licht bestrahlte, begannen sie grünlich zu schimmern. Schon allein aus diesem Grund wurde GFP zu einem wertvollen Werkzeug für Genetiker. Wenn Forscher eine neue Methode zur genetischen Modifikation entwickeln, können sie ihre Wirkung mithilfe von GFP testen, indem sie das Gen mit eben dieser Methode in das Genom eines Organismus einfügen. Sobald das Tier leuchtet, ist es klar, dass sie funktioniert. GFP lässt sich zudem mit anderen Genen koppeln, wodurch man überprüfen kann, ob das fragliche Gen aktiv ist. (Ein

grünes Leuchten bedeutet, dass das angekoppelte Gen angeschaltet ist.)

Damit ist die Liste der Einsatzmöglichkeiten von GFP aber noch lange nicht abgeschlossen. Zhiyuan Gong, ein Biologe an der National University of Singapore, wollte GFP dazu benutzen, Fische in lebende Schadstoffdetektoren zu verwandeln, quasi als schwimmende Kanarienvögel in Unterwasser-Kohlenminen. Er hoffte, transgene Fische zu erzeugen, die sich bei Anwesenheit von Toxinen im Wasser leuchtend grün verfärbten. Der erste Schritt bestand einfach darin, die Fische zum Leuchten zu bringen. Dies gelang ihm und seinem Team 1999 mithilfe einer gängigen genetischen Technik, die als Mikroinjektion bezeichnet wird. Mit einer feinen Kanüle injizierte er das GFP-Gen direkt in einige Zebrafischembryonen. Bei etlichen Embryonen gelang es der fremden DNA, sich im Genom ihres neuen Wirtes einzunisten, und die Fische sandten das verräterische grüne Leuchten aus. In anschließenden Experimenten entwickelten die Forscher auch Stämme in Rot – dank des fluoreszierenden Proteins eines Seeanemonenverwandten – und in Gelb und experimentierten damit, diese Proteine kombiniert zu injizieren. In einem ihrer Artikel ist ein Regenbogen aus Fischen abgebildet, auf den jeder Hersteller von Textmarkern stolz gewesen wäre.[1]

[1] 2005 gab Gongs Team bekannt, es sei gelungen, Reiskärpflinge – eine andere kleine, aus Asien stammende Fischart – zu erzeugen, die sich grün verfärbten, wenn sie östrogenhaltigem Wasser ausgesetzt waren; synthetische so genannte Xenoöstrogene können den Hormonhaushalt von Mensch und Tier stören. Im Jahr 2010 gelang Forschern an der chinesischen Fudan University ein ähnlicher Durchbruch mit Zebrafischen. Trotz dieser Fortschritte wählten die südkoreanischen Gastgeber des G-20-Gipfels 2010 einen weitaus schlichteren Ansatz, als sie einen Schwarm „Sicherheitsfische" einsetzten, um die Führer der Welt vor

Für Richard Crockett, Mitbegründer des Unternehmens, das *GloFish* anbietet, haben solche Geschöpfe mehr als einen rein wissenschaftlichen Wert – sie sprechen unseren Sinn für Ästhetik an. Crockett erinnert sich noch lebhaft daran, wie er in einer Biologievorlesung erstmals von GFP hörte. Er war fasziniert von einem Bild, das Hirnzellen zeigte, die dank Genen für GFP und einem rot fluoreszierendes Protein rot und grün leuchten. Crockett war zwar noch Medizinstudent, dachte aber schon wie ein Unternehmer. Im Alter von 21 Jahren gründete er 1998 zusammen mit Alan Blake, einem alten Jugendfreund, ein Online-Schulungsunternehmen. Um 2000 fiel das Unternehmen dem Platzen der dot.com-Blase zum Opfer. Als die beiden jungen Männer nach neuen Geschäftsideen suchten, erinnerte sich Crockett an die leuchtenden Hirnzellen und machte Blake einen Vorschlag: Wie wäre es, wenn sie den Menschen die Schönheit fluoreszierender Proteine vor Augen führten, indem sie leuchtende, gentechnisch modifizierte Fische verkauften?

Zunächst dachte Blake, der keine wissenschaftliche Ausbildung hatte, sein Freund mache einen Scherz. Doch als er entdeckte, dass Gong und andere Wissenschaftler bereits an Fischen herumdokterten, wurde ihm klar, dass die Idee wohl doch nicht so verrückt war. Blake und Crockett mussten nicht einmal einen neuen Organismus erfinden – sie brauchten lediglich die schimmernden Schwärme transgener Fische aus dem Labor in die Aquarien unserer Wohnzimmer zu bringen.

---

kontaminiertem Wasser zu bewahren: Falls die Goldfische im Wassertank eingingen, könnte das eventuell auf ein Problem hinweisen.

In genau dieser Absicht gründeten die beiden *Yorktown Technologies*; während der ersten Jahre übernahm Blake die Leitung der Firma und verlegte den Firmensitz nach Austin, Texas. Er erwarb die Lizenzrechte für die Produktion der Fische aus Gongs Labor und mietete zwei kommerzielle Fischfarmen, um sie zu züchten. (Da die Fische ihre Fluoreszenzgene an ihren Nachwuchs weitergeben, reichten Blake ein paar geschlechtsreife Tiere als Startkapital aus, um eine ganze Reihe von Leuchtfischen herzustellen.) Er und sein Partner tauften sie *GloFish*, auch wenn die Tiere im Dunklen eigentlich gar nicht leuchten – zumindest nicht so wie die üblichen „Sternenhimmel"-Aufkleber für das Kinderzimmer, die im Dunkeln leuchten. Diese funktionieren nach dem Prinzip der Phosphoreszenz. Sie absorbieren und speichern Lichtenergie und geben sie als sanftes Glimmen nach und nach wieder ab; das Phänomen wird sichtbar, wenn alle Lichtquellen ausgeschaltet sind. *GloFish* hingegen fluoreszieren, das heißt, sie absorbieren Lichtenergie aus der Umgebung und geben sie sofort wieder an die Umgebung ab. Die Fische scheinen in einem dunklen Raum zu leuchten, wenn man sie mit Blau- oder Schwarzlicht bestrahlt, allerdings können sie kein Licht für später speichern – stellt man die künstliche Lichtquelle ab, hören die Fische sofort auf zu leuchten.

Blake war optimistisch, was ihre Aussichten anging. „In der Zierfischindustrie geht es um neue und andersartige und aufregende Fischvarianten", so meinte er. Und wenn man ausgerechnet nach Kriterien wie neu, andersartig und aufregend sucht, was wäre dann wohl passender als ein Tier, das gentechnisch so modifiziert ist, dass es dank eines Spritzers Fremd-DNA neonrot, orange, grün, blau oder