

SWR2 Wissen

Unsere DNA – Das Prinzip des Lebens

Von Susanne Rostosky

Sendung vom: Mittwoch: 22. März 2023, 08:30 Uhr
(Erstsendung: Mittwoch, 8. Dezember 2021, 08:30 Uhr)

Redaktion: Sonja Striegl

Regie: Nicole Paulsen

Produktion: SWR 2021/2023

Eine könnte überleben, wenn der Mensch sich und viele Tier- und Pflanzenarten auf der Erde ausgelöscht hat: die DNA. Sie ist der Star der Evolution. Ihr Erfolgsrezept: Sex und Mutationen.

Bitte beachten Sie:

Das Manuskript ist ausschließlich zum persönlichen, privaten Gebrauch bestimmt. Jede weitere Vervielfältigung und Verbreitung bedarf der ausdrücklichen Genehmigung des Urhebers bzw. des SWR.

SWR2 Wissen können Sie auch im **SWR2 Webradio** unter www.SWR2.de und auf Mobilgeräten in der **SWR2 App** hören – oder als **Podcast** nachhören:
<https://www.swr.de/~podcast/swr2/programm/podcast-swr2-wissen-100.xml>

Die SWR2 App für Android und iOS

Hören Sie das SWR2 Programm, wann und wo Sie wollen. Jederzeit live oder zeitversetzt, online oder offline. Alle Sendung stehen mindestens sieben Tage lang zum Nachhören bereit. Nutzen Sie die neuen Funktionen der SWR2 App: abonnieren, offline hören, stöbern, meistgehört, Themenbereiche, Empfehlungen, Entdeckungen ...
Kostenlos herunterladen: www.swr2.de/app

MANUSKRIFT

Musik

Sprecherin:

Was bleibt, wenn der Mensch die Erde in den Kollaps getrieben hat, die Wälder verbrannt, die Felder überflutet, die Gletscher geschmolzen sind? Was bleibt, wenn der Mensch sich selbst ausgerottet hat? Die Geschichte der Evolution unseres Planeten zeigt, dass es eine winzig kleine Überlebenskraft gibt, die bislang alles überdauert hat. Es ist die DNA.

Das Molekül „Desoxyribonukleinsäure“ ist der wahre Star der Evolution. Wollte man die Geschichte unseres Planeten in 24 Stunden erzählen, würde die DNA am frühen Morgen auftauchen und den ganzen Tag bleiben. Wir Menschen dagegen existieren erst seit kurz vor Mitternacht.

Warum ist die DNA so erfolgreich?

Ansage:

„Die Evolution der DNA – Das Prinzip des Lebens“. Von Susanne Rostosky.

O-Ton 01 Henrik Kaessmann:

Alles ist immer möglich in der Evolution. Also es gibt wirklich, ja – ganz generelle Aussage – in der Evolution, der molekularen Evolution: Alles ist möglich. Alles passiert auch irgendwann mal in irgendeiner Form.

Sprecherin:

Den Molekularbiologen Henrik Kaessmann von der Universität Heidelberg fasziniert die unglaubliche biologische Vielfalt, die diese Evolution hervorgebracht hat. Ob Amöbe oder Veilchen, Flugsaurier oder Menschenaffe – die DNA ist die Basis unzähliger Lebensformen. Auch Thomas Carell von der LMU München, Experte für organische Chemie, ist davon überzeugt, dass die DNA die Hauptrolle auf unserem Planeten spielt. Denn sie hat die wichtigen Informationen:

O-Ton 02 Thomas Carell:

Organismen sind nichts anderes als Maschinen, Vehikel, um die Erbinformation möglichst effizient zu kopieren und durch die Zeit zu tragen. Also das grundsätzliche Gesetz des Lebens ist Information und zeitlose Information. Wie bringe ich die Information über die Zeit?

Sprecherin:

Antwort: durch die DNA. Sie bewahrt das Wissen der Evolution inzwischen seit über drei Milliarden Jahren auf. Kein Datenträger, den der Mensch erfunden hat oder noch erfinden wird, wird diesen Rekord jemals brechen. Diese Konstanz beeindruckt auch Patrick Cramer vom Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie in Göttingen:

O-Ton 03 Patrick Cramer:

Diese Flamme des Lebens ist nie erloschen, die wurde immer nur von Generation zu Generation weitergegeben. Wir stehen eigentlich in der direkten Linie mit der aller-, allerersten Zelle, die jemals auf unserem Planeten entstanden ist. Und das muss einen auch ehrfürchtig machen, weil das nämlich bedeutet, dass alles, was heutzutage lebt auf unserem Planeten, auf diese ursprüngliche Lebensform zurückgeht und so praktisch jeder und jedes und jede miteinander verbunden sind.

Sprecherin:

Kern dieser Verbundenheit ist die DNA, die das Erbgut aller Lebewesen trägt. Es ist aus vier Bausteinen aufgebaut, den Nukleinbasen Adenin, Thymin, Guanin und Cytosin. Aber wie kam es zu dieser Omnipräsenz der DNA über die Jahrmilliarden hinweg?

Grundlagenforscher wie Professor Thomas Carell stellen daher grundlegende Fragen:

O-Ton 04 Thomas Carell:

Warum benutzen wir eigentlich die gleiche Erbsubstanz? Warum kann ein Virus seine Erbsubstanz in einen Menschen spritzen? Warum sind Organismen miteinander kompatibel? Wenn Sie sich mit den vier Bausteinen beschäftigen, die wir überall auf der Erde als Träger der Erbinformation finden, dann kommen Sie ganz zwangsläufig zu der Frage, wie ist eigentlich alles mal entstanden?

Atmo: Uhr tickt

Sprecherin:

Stellen wir uns die Geschichte unseres Planeten wieder als einen einzigen Tag vor. Um Mitternacht wird die Erde geboren. Um den Ursprung der DNA zu finden, müssen wir den Wecker auf etwa drei Uhr morgens stellen.

Atmo: Wecker läutet

Sprecher:

Die Geburt der Speichermoleküle.

Sprecherin:

Die Erde ist nur von Wasser und Gestein bedeckt und noch ziemlich heiß. Die meisten Moleküle des Lebens, mit denen heute jedes Baby geboren wird, gab es nicht – sie mussten erst entstehen. Doch wie kann ein lebensfeindlicher Planet sie hervorbringen? Um Antworten zu finden, stellt Thomas Carell mit einem Team aus Chemikern und Biologinnen in seinem Labor an der LMU in München die Bedingungen auf der Urerde nach. Mit vielen Glasgefäßen, die über Schläuche miteinander verbunden sind.

Atmo: Labor

Sprecherin:

Das Team simuliert so abwechselnd Phasen von Trockenheit und Feuchtigkeit, wie es sie auch auf der Urerde gegeben haben muss. In den Gefäßen findet sich ein Gemisch aus den anorganischen Molekülen, die es damals gab.

O-Ton 05 Thomas Carell:

Wir nehmen das, was wir an Informationen haben von der frühen Erde, und untersuchen dann: Welche Moleküle entstehen unter diesen Bedingungen? Das ist nicht so ganz einfach, da entstehen sehr viele Moleküle. Sie brauchen also eine sehr, sehr gute analytische Chemie, mit der Sie auch Spuren von größeren und komplexeren Molekülen nachweisen können. Das machen wir, und gleichzeitig nehmen wir dann diese ersten Moleküle, die da entstehen, und bringen die gezielt zur Reaktion und schauen uns erneut an: Was kann passieren?

Sprecherin:

Die Antwort: viel. In den Glasgefäßen finden sich Spuren von etwas, das der DNA schon sehr ähnlich ist: RNA. Sie unterscheidet sich von der DNA nur in atomaren Details und kann – genau wie die DNA – Erbinformationen speichern. Die Versuche legen nahe, dass sie in der Evolution Vorläufer der DNA gewesen sein könnte.

O-Ton 06 Thomas Carell:

Wir kommen eigentlich immer wieder bei Nukleinsäuren, also bei RNA-Bausteinen und bei Aminosäuren, raus. Also wir sind noch nicht so weit, dass wir wirklich die Bedingungen der Erde so nachstellen können, dass sie hauptsächlich in riesigen Mengen entstehen, aber die entstehen immer. Wir finden sie überall.

Sprecherin:

Auch ein lebensfeindlicher Planet kann offenbar spontan Moleküle des Lebens hervorbringen – und zwar solche, die Erbinformationen speichern können. Denn RNA und DNA sind wie lange Ketten aufgebaut, deren Glieder unterschiedlich aneinandergereiht werden können. Ihre Reihenfolge funktioniert wie ein Code, mit dem sich Informationen speichern lassen. Für Thomas Carell lassen seine Versuche deshalb vielleicht auch Rückschlüsse auf das Leben auf anderen Planeten zu:

O-Ton 07 Thomas Carell:

Da sind wir noch nicht ganz am Ziel, aber wenn uns das gelingt, das zu zeigen, dann hätte man, glaube ich, starke Evidenz, dass es sich um privilegierte Strukturen handelt, die im Universum an ganz unterschiedlichen Stellen so auch entstehen können.

Sprecherin:

Ob das tatsächlich auch auf anderen Planeten geschehen ist – und sich daraus vielleicht sogar Leben entwickelt hat – wissen die Fachleute noch nicht. Doch immerhin für die Erde haben sie eine Vorstellung davon, wie die ersten Schritte in Richtung Leben verlaufen sein könnten. Doch wie ging es weiter? Wie wird aus Molekülen, die Informationen speichern, etwas, das lebt und sich vermehrt?

Atmo: Uhr tickt

Sprecher:

Das Henne-Ei-Problem der DNA.

Sprecherin:

Auf der Urerde herrscht noch dunkle Nacht, als die ersten Moleküle des Lebens entstehen. Um kurz vor vier Uhr morgens geschieht etwas Großartiges: Die DNA beginnt sich selbst zu vermehren. Wie es dazu kam, ist eine der größten Fragen der Evolutionsbiologie. Denn so fantastisch die DNA auch ist: Allein ist sie ziemlich hilflos. In den Zellen braucht sie für ihre Vermehrung Proteine. Nur wenn die Proteine den Code der DNA abschreiben, lassen sich die Informationen der DNA nutzen.

Das Problem: All die dafür nötigen Proteine waren auf der Urerde nicht vorhanden. Denn sie entstehen – anders als die Bausteine der Erbsubstanz – nicht einfach so. Um sie zu produzieren, braucht es den Bauplan der DNA. Wer also war zuerst da? Weder für eine ausreichend komplexe DNA noch für die Proteine lässt sich das plausibel beantworten, gibt Professor Patrick Cramer vom Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie zu.

O-Ton 08 Patrick Cramer:

Die Evolution der DNA war in dieser Form nur möglich, weil sie unter der Kontrolle ihrer eigenen Produkte stand. Also die DNA lebt sozusagen nur im Umfeld der Produkte, die aus der DNA, aus den Genen, entstehen und nur in diesem Umfeld fand auch die Evolution statt.

Sprecherin:

Dass es ohne DNA keine Proteine und ohne Proteine keine nutzbare DNA gäbe, erinnert an das bekannte Problem von der Henne und dem Ei. Wie beginnt etwas, das die Voraussetzungen für seine Existenz erst selbst schaffen muss? Eine Lösung für das Problem könnte wiederum die RNA sein, wie der Münchner Chemiker Thomas Carell erklärt.

O-Ton 09 Thomas Carell:

Da gibt es sogenannte katalytisch aktive RNA, also RNA, die auch Reaktionen beschleunigen kann. Und so hat RNA so einen dualen Charakter, es hat auf der einen Seite so ein bisschen was Proteinhaftiges, weil es Reaktionen katalysieren kann, und auf der anderen Seite kann es Erbinformationen kodieren. Und man glaubt, dass die ersten Moleküle, aus denen das Leben entstanden ist, diese beiden Funktionen gehabt haben müssen.

Sprecherin:

Die beiden Funktionen sorgen dafür, dass die RNA das Henne-Ei-Problem der DNA nicht hat. Sie kann selbst – und ganz allein – dafür sorgen, dass sie kopiert wird und sich vermehrt. Doch was hat die DNA von den Fähigkeiten der RNA?

Atmo: Uhr tickt

Sprecher:

Der Beginn der Evolution.

Sprecherin:

Es ist jetzt kurz nach vier Uhr morgens. Eine RNA, die sich selbst vermehrt, steht für den Beginn einer wichtigen Entwicklung: Weil sich beim Kopieren Fehler einschleichen, verändert sich der Code der RNA. Und das hat große Wirkung: Neue Eigenschaften entstehen – und damit ein Wettbewerb. Moleküle, die beim eigenen Kopieren nicht so effizient sind, werden verdrängt, und solche, die es besser können, werden mehr. So kommt eine Entwicklung in Gang, die schließlich auch das Henne-Ei-Problem der DNA gelöst haben könnte, sagt Patrick Cramer:

O-Ton 10 Patrick Cramer:

Und da ist unsere Hypothese ganz einfach, dass nämlich die RNA nicht nur in der Lage war, sich selbst zu vervielfältigen, sondern irgendwann auch in die Lage kam, kurze Proteine, kleine Proteine herzustellen.

Sprecherin:

Diese Proteine halfen der RNA vermutlich beim Kopieren und waren deshalb für sie von Vorteil. Doch könnte es nicht sein, dass eines dieser Proteine irgendwann zur DNA „übergelaufen“ ist und auch ihr die Vermehrung ermöglichte? Falls es so war, sind die molekularen Veränderungen Milliarden von Jahren her und damit praktisch unmöglich nachzuweisen. Professor Patrick Cramer vom Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie in Göttingen glaubt trotzdem, Spuren einer solchen Entwicklung gefunden zu haben – und zwar in einem Protein namens RNA Polymerase II.

Die Polymerase sorgt dafür, dass der Code der DNA abgeschrieben wird, so dass Kopien davon entstehen. Schon sehr früh ahnten Wissenschaftler, dass sie dies nicht nur für die DNA tun kann.

O-Ton 11 Patrick Cramer:

Diese Beobachtung wurde indirekt schon viel früher, sogar in den achtziger Jahren gemacht, von verschiedenen Gruppen auf der Welt, und zwar gab es damals schon Hinweise, dass diese RNA-Polymerase kleine RNA-Stücke, zum Beispiel in virusartigen Partikeln, die in Pflanzen vorkommen, vermehrt. Die Hinweise aus den achtziger Jahren waren allerdings alle indirekt. Das heißt, der Beweis, dass es wirklich so abläuft, hat noch gefehlt.

Sprecherin:

2006 bat Patrick Cramer – damals noch am Genzentrum in München – seine Doktorandin Elisabeth Lehmann, sich die Sache genauer anzusehen. Lehmann isolierte darauf die Polymerase und „fütterte“ sie mit RNA. Nach gängiger Theorie sollte nun eigentlich nichts passieren, denn die Polymerase kopiert in unseren Zellen ja eigentlich nur DNA. Doch es kam anders, erinnert sich Cramer:

O-Ton 12 Patrick Cramer:

Was wir damals gefunden haben, ist, dass die Polymerase unerwarteter Weise anstelle der DNA auch die RNA im aktiven Zentrum binden kann und verwenden, um neue RNA herzustellen. Also im Sinne eines Kopiervorgangs, wo die RNA-Matrize umgeschrieben wird oder kopiert wird in einen gegenläufigen RNA-Produkt-Strang.

Sprecherin:

Die Polymerase kann also nicht nur – wie in unseren Zellen – DNA, sondern auch RNA beim Abschreiben helfen und zeigt damit, wie eng beide in der Evolution zusammenhängen. Für Cramer unterstützt das die Annahme, dass RNA die Proteine erfunden hat, die später der DNA nützlich wurden. Die RNA Polymerase II wäre danach eine Art „lebendes Fossil“ in unseren Zellen.

O-Ton 13 Patrick Cramer:

Das deutet darauf hin, dass diese RNA Polymerase abstammt von einem uralten Enzym, welches in der RNA-Welt bereits RNA-Genome kopiert hat. Und das Interessante an dieser These ist einfach, dass das Enzym, welches heute noch in allen unseren Zellen DNA verwendet, vielleicht einfach die Weiterentwicklung dieses uralten Enzyms darstellt. Und dass im Herzen dieses Enzyms immer noch diese uralte Aktivität aus der alten RNA-Welt vorhanden ist, die man nach wie vor sehen kann.

Sprecherin:

Die RNA könnte tatsächlich die Proteine „erfunden“ haben, die die DNA zur Lösung ihres Henne-Ei-Problems brauchte. So könnte schließlich auch die DNA begonnen haben, sich selbst weiterzuentwickeln.

O-Ton 14 Patrick Cramer:

Man muss sich das so vorstellen, dass während der Evolution die DNA, die RNA und die Proteine co-evolviert sind. Das heißt, das Ganze ist als System durch die Evolution gegangen und wurde als System immer weiter verbessert.

Sprecherin:

Dieses System wurde mit der Zeit immer komplexer und überschritt irgendwann die Schwelle zu echtem Leben. Wann genau, wissen die Forscherinnen und Forscher nicht. Dafür, dass es geschah, ist unsere heutige Welt voll vielfältiger Organismen der beste Beweis. Von nun an war die Aufgabe für das DNA-Molekül nicht mehr zu leben, sondern zu überleben.

Atmo: Uhr tickt

Sprecher:

Die Katastrophe.

Sprecherin:

In unserer Erdgeschichte in 24 Stunden beginnt die Morgendämmerung: Im ersten Licht des Tages, gegen halb fünf, haben sich rund um die DNA erste Zellen entwickelt. Sie bevölkern nun die Erde. Das dauert seine Zeit. Neun Stunden später, gegen 13 Uhr 30, ist es mit dem Leben allerdings fast schon wieder vorbei. Es kommt zum ersten großen Massensterben der Erdgeschichte. Unter den Einzellern sind nämlich einige inzwischen zur Photosynthese fähig. Dabei produzieren sie ein auf dem Planeten bis dahin kaum bekanntes Molekül: Sauerstoff.

O-Ton 15 Thomas Carell:

Der konnte eine ganze Zeit lang von der Erde absorbiert werden, bis er sich dann in der Atmosphäre akkumuliert hat und viele Organismen eliminiert hat. Wahrscheinlich eine der größten Katastrophen für das Leben auf der Erde.

Sprecherin:

Während heute zu viel CO₂ in der Atmosphäre zum Problem für uns und den gesamten Planeten wird, war es damals genau umgekehrt: Das Leben war an eine CO₂-Atmosphäre angepasst und kam mit dem Sauerstoff nicht klar. Wir haben es unserer DNA zu verdanken, dass das Leben auf der Erde trotzdem überdauert hat. Denn nun konnte die DNA zeigen, was außer Speichern und Vermehren noch in ihr steckt: Sie ist enorm wandlungsfähig. Veränderung ist ein grundlegendes Prinzip des Lebens. In der Natur ist Erbgut ein offenes System. Wenn wir Menschen in die Genetik eingreifen, sehen das Viele heute mit Sorge – bei gentechnisch veränderten Pflanzen oder bei Eingriffen ins Erbgut des Menschen. Tatsächlich ist es schwer, die Folgen dieses Handelns abzusehen. In der Evolution sind solche Eingriffe jedoch ein wichtiges Mittel zur Lösung von Problemen wie der großen Sauerstoffkatastrophe. Bakterien etwa tauschen regelmäßig Erbgut über kleine Verbindungen, sogenannte „Sexpili“, aus, wie Thomas Carell erklärt:

O-Ton 16 Thomas Carell:

Bakterien nehmen Erbsubstanz von allem auf, was sie kriegen können. Wenn ein Bakterium ein super Gen gefunden hat, dann bildet es so ein Pili zum Nachbarbakterium und gibt dann diesen kleinen Genabschnitt weiter, der wird dann kopiert.

Sprecherin:

Dank ihrer Bauweise fällt es der DNA leicht, sich Neues zu eigen zu machen. In die lange Kette des DNA-Strangs werden einfach neue Glieder integriert. Auch der Molekularbiologe Oliver Weichenrieder vom Max-Planck-Institut für Entwicklungsbiologie interessiert sich dafür, wie in biologischen Gemeinschaften die DNA der einzelnen Mitglieder interagiert. Ein wichtiger Treiber dafür sind Viren. Sie brauchen einen Wirt, um sich zu vermehren, und können dabei Spuren in seinem Erbgut hinterlassen.

O-Ton 17 Oliver Weichenrieder:

Viren sind ein unglaubliches Reservoir an genetischer Vielfalt, die man im Menschen gar nicht erzeugen kann. In komplexen Organismen kann man nicht Proteine durchprobieren und ausprobieren, weil viel zu wenige Individuen da sind, die mit einer hohen Mutationsrate überleben können. Auf Virenebene – mit zehn hoch dreißig Viren auf dem Planeten – kann man natürlich auf ein paar Viren verzichten, mit einer hohen Mutationsrate erstmal Sachen durchprobieren. Und wenn die gut funktionieren, werden sie von Bakterien übernommen. Wenn sie in Bakterien gut funktionieren, werden sie in Tieren und Menschen übernommen. Also man muss die Erde wirklich als Superorganismus begreifen, wo alles mit allem zusammenhängt.

Sprecherin:

Alle Lebewesen sind deshalb Mischwesen aus den Genen ganz verschiedener Kreaturen. Die Vermischung lässt sich sogar noch steigern: Während oder kurz nach

der Sauerstoffkatastrophe entsteht unter den Einzellern ein neuer Typ von Zellen, die sogenannten Eukaryoten. Aus ihnen sind – viel später auch wir hervorgegangen. Die Eukaryoten, auch Eukaryonten genannt, sind enorm erfolgreich, unter anderem, weil sie über sogenannte Mitochondrien verfügen – kleine Einheiten, die für die Zelle Energie erzeugen.

O-Ton 18 Patrick Cramer:

Und jetzt muss man sich natürlich überlegen, wo kommen diese Mitochondrien denn her? Und die gängige Theorie ist, dass diese Mitochondrien früher selbst mal Zellen waren, nämlich bakterielle Zellen, die dann von größeren Zellen, eukaryontischen Zellen, aufgenommen wurden und dann dort umfunktioniert wurden als Kraftwerke der eukaryontischen Zellen.

Sprecherin:

Die Eukaryoten sind also aus der Fusion ehemals separater Organismen entstanden. Das hat sich bis heute erhalten: Auch wir tragen in unseren Zellen diese vermeintlich „fremden“ Lebewesen noch mit uns herum. In der Natur sind klare Grenzen zwischen Organismen oft gar nicht so leicht zu ziehen. Genetisch gehören wir alle zusammen. Aus Sicht der DNA verpflichtet die Evolution zu Pragmatismus: Was nützt, wird genutzt – egal, von wem es kommt.

Atmo: Wecker tickt und klingelt

Sprecher:

Sex als Methode.

Sprecherin:

Die Eukaryoten sind es auch, die gegen 14 Uhr – in unserer Erdgeschichte innerhalb eines Tages – etwas Geniales schaffen: Sie erfinden Sex. Eine Revolution. Auf einmal wird der Austausch von Erbgut nicht mehr vom Zufall bestimmt, sondern zur Grundvoraussetzung für jedes weitere Leben. Professor Henrik Kaessmann vom Zentrum für molekulare Biologie an der Uni Heidelberg erforscht, welche Vorteile das hat. Denn auf den ersten Blick hat Sex einen großen Nachteil: Wo sich sonst eine Zelle nur teilen muss, um sich zu verdoppeln, braucht es bei der sexuellen Fortpflanzung zwei Individuen, um ein neues zu schaffen – effizient ist das nicht. Doch vermehrt sich ein Individuum nur, indem es sich ständig selbst immer und immer wieder kopiert, gibt es irgendwann ein Problem:

O-Ton 19 Henrik Kaessmann:

In der asexuellen Welt gibt's eine Linie sozusagen, wo nachteilige Mutation sich einfach notwendigerweise ansammeln. Die können auch nicht mehr verschwinden. Die schlechten Mutationen können diese Organismen nicht mehr loswerden. Und so gibt das letztendlich eine evolutionäre Sackgasse typischerweise.

Sprecherin:

Einen Ausweg aus dieser Sackgasse bietet die „Erfindung“ von Männchen und Weibchen. Bei den Säugetieren sind sie dadurch entstanden, dass ein Teil des Erbguts degeneriert ist – dieser Teil bildet heute das Y-Chromosom, der das

männliche Geschlecht bestimmt. Seit es die zwei Geschlechter gibt, müssen sich zur Fortpflanzung zwei Lebewesen mit unterschiedlichem Erbgut treffen. Für die DNA ist das eine große Chance:

O-Ton 20 Henrik Kaessmann:

Sex hat den Riesenvorteil, dass die elterlichen Genvarianten vermischt werden. Die Chromosomen legen sich nebeneinander und es werden Teile der DNA ausgetauscht, so dass komplett neue Kombinationen letztendlich der Mutationen, die passiert sind in den davorigen Generationen, neu kombiniert werden können.

Sprecherin:

Bei der Fortpflanzung durch Sex kann ein Nachkomme entweder viele der ungünstigen Mutationen seiner Eltern erhalten oder vermehrt günstige. Wichtig ist die Varianz: Weil der begünstigte Nachkomme besser an die Umwelt angepasst ist, hat er häufig mehr Nachkommen. So setzen sich durch die Unterschiede zwischen Individuen, die durch den Sex entstehen, positive gegen negative Veränderungen durch. Statt in eine Sackgasse fährt die Evolution der DNA durch diese Erfindung nun sozusagen auf der Autobahn. Sex als Methode für eine gute genetische Entwicklung ist so erfolgreich, dass sich sogar mehrmals und unabhängig voneinander Geschlechts-Chromosomen entwickeln – also die genetischen Einheiten, die die Geschlechter unterscheiden.

O-Ton 21 Henrik Kaessmann:

Wir kennen das XY-System vom Menschen und von anderen Säugetieren. Aber es gibt auch das ZW-Geschlechtschromosom-System, zum Beispiel bei Vögeln. Und es gibt Fischarten, da kommt ZW und XY gleichzeitig in der Spezies vor.

Sprecherin:

Sex ermöglicht es der DNA, sich immer wieder von Grund auf zu überarbeiten und zu erneuern, und ist damit vermutlich auch ein Grund dafür, dass das hier möglich wurde:

Atmo: Schnelles Ticken

Atmo: Explosion

Sprecher:

Die kambrische Explosion.

Sprecherin:

In unserer Erdgeschichte innerhalb eines Tages ist es 21 Uhr geworden. Erst jetzt entsteht die Vielfalt des Lebens, die wir heute kennen: In der sogenannten kambrischen Explosion vor rund 540 Millionen Jahren differenziert sich die DNA zu tausenden von neuen Arten aus. Aus den Eukaryoten – bis dahin hauptsächlich Einzeller – gehen nicht nur Pilze und Pflanzen hervor, sondern auch alle Tierarten. Der Mensch erscheint um 23 Uhr 59 und 56 Sekunden auf der Bildfläche – vier

Sekunden vor Mitternacht. Und auch, wenn wir damit schon fast am Ende der Reise durch die Erdgeschichte angekommen sind – vorbei ist die Evolution der DNA nicht.

Atmo: Uhr tickt

Sprecher:

Egoistische Moleküle.

Sprecherin:

Molekularbiologe Oliver Weichenrieder vom Max-Planck-Institut für Entwicklungsbiologie in Tübingen weiß, dass auch im Menschen das alte Streben der DNA weiterwirkt, sich möglichst effizient zu vermehren.

O-Ton 22 Oliver Weichenrieder:

Wir sind im Prinzip das Häuschen für die eigensinnigen Stücke DNA. Die haben sich nur die ganzen Gene besorgt, damit sie sich in uns vermehren können. So kann man die Evolution sehen, wenn man wirklich sie herunterbricht auf Moleküle, die sich selbstständig vermehren können.

Sprecherin:

Der Mensch ist seiner evolutionären Vergangenheit keineswegs entkommen. Im Gegenteil: Auch in unserem Erbgut wirken Kräfte, die zunächst einmal nur auf ihren eigenen Vorteil bedacht sind. Kleine Abschnitte in unserer DNA, sogenannte Transposons, nutzen die Werkzeuge der Zelle für ihre eigenen Zwecke. Sie können innerhalb des DNA-Strangs hin- und herspringen und manche von ihnen vermehren sich dabei sogar. Ein äußerst egoistisches Verhalten – und kein Randphänomen: rund 50 Prozent des Erbguts bestehen bei uns Menschen aus Transposons.

O-Ton 23 Oliver Weichenrieder:

Also es sind parasitäre DNA-Moleküle, so können wir sie bezeichnen, und zwar im Prinzip deswegen, weil sich diese Moleküle nicht so sehr um ihren Wirtsorganismus, also uns, kümmern, sondern eigentlich nur um ihre eigene Vermehrung. Und diese Transposons sind dann erstmal nicht notwendigerweise förderlich, also sicher nicht in den kurzfristigen Zeiträumen eines Menschenlebens. Da kommt es eher zu Schaden oder zu Veränderungen, die in den meisten Fällen dann eher negativ sind.

Sprecherin:

Doch wieso merzt die Evolution die kleinen Störenfriede innerhalb der menschlichen DNA nicht aus? Tatsächlich sind die Dinge extrem komplex. Denn auch das scheinbar willkürliche Hin- und Herspringen der Transposons kann auf lange Sicht positive Folgen haben. Die Sprünge mischen das Erbgut durch – ähnlich wie ein geübter Spieler ein Kartendeck. So entstehen neue Varianten, die unter Umständen besser an die Umweltbedingungen angepasst sind – ein Mechanismus, den die Natur mitunter regelrecht auszunutzen scheint.

O-Ton 24 Oliver Weichenrieder:

Was super interessant ist, ist, dass Umweltbedingungen auch beeinflussen können, wie stark die Transpositions-Rate ist. Es gibt ein Beispiel in Pflanzen, in der

Ackerschmalwand, wo ein Transposon bekannt ist, das unter Hitzestress häufiger springt und dass die Transposition dann auch in Gene hinein stattfindet, die Stress-Toleranz begünstigen, sodass die Pflanze dann besser mit dem Stress umgehen kann.

Sprecherin:

In diesem Fall erzeugen die Transposons Veränderungen, die der Pflanze nutzen. Ihr vermeintliches Eigenleben ist also nicht nur negativ für den Organismus, sondern zeigt: Als System ist das Leben auf der Erde mehr als die Summe seiner Teile. Der Egoismus der DNA hat über 3,8 Milliarden Jahre hinweg trotz – oder gerade wegen – der sich oft widerstrebenden Kräfte eine Welt voller faszinierendem Leben geschaffen.

Atmo: Uhr tickt

Sprecher:

Es ist Null Uhr.

Musik

Sprecherin:

Am Ende unserer Reise durch die Erdgeschichte in 24 Stunden ist das Leben auf der Erde faszinierend vielfältig geworden. Unter anderem hat es uns Menschen hervorgebracht, die vermutlich erste Art, die technisch dazu in der Lage ist, eigene und fremde DNA zu manipulieren. Eine Macht, die wir mit Umsicht nutzen sollten. Denn die DNA ist uns weit voraus: Während wir seit vier Sekunden existieren, weil sie schon 20 Stunden auf diesem Planeten. Ihren einzigartigen Eigenschaften und „Fähigkeiten“ haben wir alles zu verdanken, was uns ausmacht. Sie bewahrt das Wissen von Jahrmillionen Evolution auf und verändert sich gleichzeitig doch permanent. Wenn Moleküle etwas ausdrücken können, dann verkörpert die DNA wohl nichts so sehr wie dies: das Prinzip des Lebens.

Abspann:

SWR2 Wissen (mit Musikbett)

Sprecher:

„Unsere DNA – Das Prinzip des Lebens“. Von Susanne Rostosky. Sprecherin: Jördis Johannson. Redaktion: Sonja Striegl. Regie: Nicole Paulsen. Ein Beitrag aus dem Jahr 2021.

Abbinder

* * * * *