

## **SÜDWESTRUNDFUNK SWR2 WISSEN - Manuskriptdienst**

### **„Mit DNA schreiben - Die vielseitigen Möglichkeiten der Doppelhelix“**

Autor: Michael Lange  
Redaktion: Sonja Striegl  
Sendung: Mittwoch, 19. März 2014, 08.30 Uhr, SWR2

---

#### **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.*

*Mitschnitte auf CD von allen Sendungen der Redaktion SWR2 Wissen/Aula (Montag bis Sonntag 08.30 bis 09.00 Uhr) sind beim SWR Mitschnittdienst in Baden-Baden für 12,50 € erhältlich. Bestellmöglichkeiten: 07221/929-26030!*

*SWR2 Wissen können Sie auch als Live-Stream hören im SWR2 Webradio unter [www.swr2.de](http://www.swr2.de) oder als Podcast nachhören: <http://www1.swr.de/podcast/xml/swr2/wissen.xml>*

#### **Manuskripte für E-Book-Reader:**

*E-Books, digitale Bücher, sind derzeit voll im Trend. Ab sofort gibt es auch die Manuskripte von SWR2 Wissen als E-Books für mobile Endgeräte im so genannten EPUB-Format. Sie benötigen ein geeignetes Endgerät und eine entsprechende „App“ oder Software zum Lesen der Dokumente. Für das iPhone oder das iPad gibt es z. B. die kostenlose App „iBooks“, für die Android-Plattform den in der Basisversion kostenlosen Moon-Reader. Für Webbrowser wie z. B. Firefox gibt es auch so genannte Addons oder Plugins zum Betrachten von E-Books. <http://www1.swr.de/epub/swr2/wissen.xml>*

#### **Kennen Sie schon das neue Serviceangebot des Kulturradios SWR2?**

*Mit der kostenlosen SWR2 Kulturkarte können Sie zu ermäßigten Eintrittspreisen Veranstaltungen des SWR2 und seiner vielen Kulturpartner im Sendegebiet besuchen. Mit dem Infoheft SWR2 Kulturservice sind Sie stets über SWR2 und die zahlreichen Veranstaltungen im SWR2-Kulturpartner-Netz informiert.*

*Jetzt anmelden unter 07221/300 200 oder [swr2.de](http://swr2.de)!*

---

**Musik aus:** „D.N.A.“ von Genetik (2013)

**Autor:**

Archive und Bibliotheken weltweit ächzen unter der Last der sich ständig vergrößernden Datenmenge. Digitale Speicher sind aber keine dauerhafte Lösung, da sie immer wieder erneuert und aktualisiert werden müssen. Archivare träumen daher von einem universellen Datenträger, der wenig Platz braucht und auch nach hundert, tausend oder mehr Jahren fehlerfrei lesbar ist. Die Natur kennt einen solchen Informationsspeicher.

**O-Ton 1 - Peter Schüssler:**

Die Biologie, die Evolution hat hier eines der faszinierendsten Moleküle geschaffen.

**Autor:**

Das Erbmolekül Desoxyribo-Nukleinsäure, kurz DNA.

**O-Ton 2 - Peter Schüssler:**

DNA ist für mich eines der faszinierendsten Moleküle überhaupt.

**Autor:**

Diese Faszination hat sogar die Hip-Hopper von Genetik aus Saarbrücken erfasst. D.N.A. ist der Titel ihres neuesten Albums.

**Musik aus:** „D.N.A.“ von Genetik (2013)

**Sprecherin:**

„Mit DNA schreiben - Die vielseitigen Möglichkeiten der Doppelhelix“. Eine Sendung von Michael Lange.

**Musik aus:** „D.N.A.“ von Genetik (2013)

**O-Ton 3 - Peter Schüssler:**

Über Jahrmillionen hat es sich optimiert als Molekül für das Speichern der letztendlich wichtigsten Information, die uns auch als Menschen ausmacht: Die genetische Information.

**Autor:**

Der Biologe Dr. Peter Schüssler vertritt die US-Firma Life Technologies in Mitteleuropa. Zum Unternehmen gehören viele kleine Firmen. Sie produzieren zum Beispiel Geräte, die die biologische Erbinformation lesen können - zu einem sensationell günstigen Preis.

**O-Ton 4 - Peter Schüssler:**

Wir können hier mittlerweile das menschliche Genom, wir reden von drei Milliarden Basen, innerhalb eines Tages auslesen, die komplette Sequenz analysieren. Und das Ganze im Kostenbereich von etwa tausend Euro.

**Autor:**

Das besondere an der DNA ist ihr universeller Code - er ist gleich bei allen Lebewesen auf der Erde. Die äußerst stabile Grundstruktur der DNA nennt sich Doppelhelix. Zwei Stränge aus Zucker und Phosphat formen eine in sich verdrehte Strickleiter.

Vier Basen - Adenin, Cytosin, Guanin und Thymin - bilden die Leitersprossen der Doppelhelix. Genau wie die 26 Buchstaben unseres Alphabets oder die Null und die Eins im digitalen Computercode verschlüsseln sie eine Information. Die DNA ist der Stoff, aus dem die Gene aufgebaut sind.

In den vergangenen Jahrzehnten haben Wissenschaftler gelernt, diese Erbinformation zu lesen. Mensch, Maus, Katze, Hund und mehr als hundert weitere Tier- und Pflanzenarten haben Wissenschaftler vollständig entschlüsselt. Buchstabe für Buchstabe. Über zweitausend Menschen kennen bereits ihre vollständige Erbinformation. Und nun beginnt die zweite Karriere der DNA: Das Schreiben. Wer DNA künstlich herstellen kann, kann damit Texte verschlüsseln, Wertgegenstände kennzeichnen oder bauen mit einer Art Nano-Baukasten.

**O-Ton 5 - Atmo Lego 1:**

*(Geräusche beim Spielen mit Legosteinen)*

*Darüber:*

**O-Ton 6 - Nick Goldman:**

*We have a four letter alphabet.*

**Autor:**

Zwei Wissenschaftler sitzen an einem Tisch und spielen mit Legosteinen in vier Farben: Rot, blau, grün und gelb. Sie bauen einen Turm.

**O-Ton 7 - Atmo Lego 2:**

*(Geräusche beim Spielen mit Legosteinen)*

*Darüber:*

**O-Ton 8 - Nick Goldman:**

*We usually say A, C, G and T. Representing the four different types of DNA-bases.*

**Autor:**

Dr. Nick Goldman vom Europäischen Bioinformatik Institut, dem EBI, auf dem Genom-Campus Hinxton bei Cambridge in England demonstriert mit seinem Lego-Baukasten, wie DNA künstlich zusammengesetzt wird.

**O-Ton 9 - Nick Goldman:**

*Instead of talking about the letters A, C, G and T another way of thinking about it is using four different colors of lego bricks ...*

**Übersetzer Goldman:**

Statt der Buchstaben A, C, G und T benutzen wir Legosteine als Symbole für die vier Basen der DNA: Adenin, Cytosin, Guanin und Thymin. Und wenn ich jetzt die

Legosteine in den verschiedenen Farben zu einem Turm zusammenstecke, dann entspricht das der Reihenfolge der Basen in einem DNA-Molekül.

*... a sequence of DNA molecules.*

**Autor:**

Die Idee, dass DNA nicht nur biologische Informationen speichern könnte, kam Nick Goldman, als er nach einer ermüdenden Konferenz abends mit einem Kollegen an der Theke saß.

**O-Ton 10 - Nick Goldman:**

*Ewan Birney and I we were joking around in a hotel bar in Hamburg ...*

**Übersetzer Goldman:**

Ewan Birney und ich alberten herum in einer Hotelbar in Hamburg. Wir überlegten, was wir mit den riesigen Datenmengen anstellen sollen, die wir Tag für Tag in unserem Institut produzieren. Es müsste doch einen einfachen, preiswerten und haltbaren Datenspeicher geben. Da fiel uns die DNA ein, und das Projekt war geboren.

*... and the project came out on that idea.*

**Autor:**

Sofort kritzelten die beiden erste Skizzen auf Servietten und Bierdeckel. Die Vorteile der DNA als Datenträger lagen auf der Hand.

**O-Ton 11 - Nick Goldman:**

*The really important things about DNA ...*

**Übersetzer Goldman:**

Wichtig ist: DNA ist extrem klein. Viel Information lässt sich auf engstem Raum speichern. Außerdem ist sie sehr stabil. Über 10.000 Jahre alte Mammut-DNA lässt sich noch heute rekonstruieren. Und die Lagerung ist einfach: DNA braucht lediglich Dunkelheit und kühle Temperaturen.

*... and cool temperature.*

**Autor:**

Ganz neu ist die Idee, DNA künstlich herzustellen, nicht. Es gibt bereits Biotechnologiefirmen, die künstliche DNA auf Bestellung liefern. Marktführer ist ein Unternehmen im ostbayerischen Regensburg. Es heißt GeneArt, übersetzt Gen-Kunst, und gehört zu Life Technologies. Hier reihen Maschinen die DNA-Bausteine mit den vier Basen hintereinander, so dass ein langer Informationsfaden entsteht.

**O-Ton 12 - Atmo GeneArt:**

*(Geräusch Pipettier-Roboter für Starterplatte)*

**Autor (darüber):**

In einem großen Raum arbeiten hinter Glas verschiedene Automaten. Wie in einer Mini-Fabrik bewegen sich geschützt von der Außenwelt kleine Fließbänder und Roboterarme. Produktionsleiter Dr. Markus Graf öffnet einen der Glaskästen.

**O-Ton 13 - Markus Graf:**

*(Atmo)* Die DNA muss synthetisiert werden. Dazu brauchen wir eine Starterplatte. Diese Maschine hier fügt Filtermaterial in diese Platte ein, dann geben wir Startermaterial darauf ... und das können wir dann in die DNA-Synthesemaschinen einbringen. *(Atmo)*

**O-Ton 14 - Atmo GeneArt:**

*(Eintritt in Hauptraum, Geräusch Syntheseautomaten)*

**Autor (darüber):**

Um die steigende Nachfrage nach künstlich zusammen gesetzter DNA zu befriedigen, hat GeneArt die Gen-Produktion immer weiter automatisiert.

**O-Ton 15 - Markus Graf:**

*(Atmo)* Das sind die so genannten Cerberus-Synthesemaschinen. Die können 400 DNA-Abschnitte parallel synthetisieren und brauchen dafür sieben bis acht Stunden. Wir haben über zwanzig von diesen Geräten. Hier an der Seite sehen Sie in Flaschen die einzelnen Bausteine der DNA: A, C, G und T. Das sind Ein-Liter-Flaschen, sehr teure Reagenzien, die wir extern einkaufen. Die langen für ungefähr zwei Syntheseläufe. *(Atmo)*

**Autor:**

Der Kunde, meist ein Wissenschaftler, bestellt vom heimischen Computer aus eine konkrete Reihenfolge genetischer Buchstaben: Eine DNA-Sequenz für ein Gen oder einen Genabschnitt. Immer häufiger brauchen Forscher solche genau definierten Bereiche des Erbmoleküls: in der Krebsforschung, bei der Medikamentenentwicklung oder in der Biotechnologie. Sie verlassen sich darauf, dass schon nach wenigen Tagen die bestellte DNA-Lieferung aus Regensburg eintrifft.

**O-Ton 16 - Markus Graf:**

Ich sage es ihnen ganz ehrlich: Ein einzelnes synthetisches Gen, das kann jeder gute Molekularbiologe herstellen. Tausende von Genen sehr kostengünstig und sehr schnell herzustellen, das ist eine hohe Kunst. Dazu braucht man Industrie-Knowhow, Automation und eigene Geräte und Prozesswissen, um das überhaupt darstellen zu können.

**Musik aus:** „D.N.A.“ von Genetik (2013)

**Autor:**

Kleine Schnipsel künstlicher DNA werden heute von vielen Firmen weltweit produziert. Die winzigen Abschnitte dienen nicht als Erbmaterial, sondern zur Markierung und Identifizierung von Gegenständen - ideal zum Schutz von Eigentum. Der Niederländer Donald van der Laan hat maßgeblich zur Verbreitung künstlicher DNA beigetragen, zunächst in den Niederlanden und dann in Deutschland, als Geschäftsführer von

Selecta-DNA in Schriesheim bei Heidelberg. Er setzt vor allem auf die abschreckende Wirkung der drei Buchstaben DNA.

**O-Ton 17 - Donald van der Laan:**

Viele verstehen zwar nicht, worum es geht, werden aber durch DNA abgeschreckt. Was DNA noch bietet ist zu relativ geringen Kosten unbeschränkt viele einmalige Codes herzustellen.

**Autor:**

Diebe und andere Verbrecher wissen, dass sie am Tatort möglichst keine biologischen Spuren hinterlassen dürfen, wie Haare oder Speichel. Sonst können sie anhand ihrer DNA überführt werden. Die DNA-Markierung wirkt anders herum, sie kennzeichnet Gegenstände. Donald van der Laan erklärt, wie die Markierung mit künstlicher DNA funktioniert.

**O-Ton 18 - Donald van der Laan:**

Sie bauen eigentlich einen DNA-Barcode. Sie nehmen die vier Bausteine und machen damit eine Codereihe für die eigentliche Codierung von sechs, sieben, acht oder mehr Positionen und damit haben Sie eine einmalige Codierung.

**Autor:**

Ein DNA-Buchstabe lautet A, C, G oder T. Mit einem davon könnte man vier Gegenstände individuell markieren. Zwei Buchstaben ergeben vier mal vier, also 16 Möglichkeiten. Drei Buchstaben schon vier mal vier mal vier. Das sind 64 verschiedene Codes. Bei 10 Buchstaben sind es schon über eine Million Möglichkeiten. Ein DNA-Molekül mit 10 Basen reicht also zur individuellen Markierung von einer Million Gegenständen.

Damit jeder seine Wertgegenstände selbst markieren kann, vertreibt Donald van der Laan einen einfachen Fertigbaukasten.

**O-Ton 19 - Donald van der Laan:**

Hier haben wir so eine Tube mit Markierungsflüssigkeit. Etwa 20 Milliliter, ausreichend für 50 bis 100 Gegenstände. Für den Anwender ist es sehr einfach. Er kann mit diesem kleinen Applikator aus Kunststoff - ein Wattestäbchen eigentlich - kann er diese Flüssigkeit am besten auf unauffällige oder schwer erreichbare Stellen von Gegenständen aufbringen.

**Autor:**

Donald van der Laan hat sein Mobiltelefon mit der klebrigen Substanz markiert. Sie ist eingetrocknet und mit bloßem Auge kaum zu sehen.

**O-Ton 20 - Donald van der Laan:**

Die Markierung ist unauffällig, aber nicht komplett unsichtbar. Hier zum Beispiel auf meinem I-Phone sehen Sie, wenn Sie genau hinschauen, dann sehen Sie da einen transparenten Fleck. Das reicht natürlich nicht, wenn die Polizei abends einen Wagen anhält und feststellen will, ob es sich da um Diebesgut handeln könnte. Die haben dann

aber UVA-Lampen, mit denen Sie die Gegenstände anleuchten. Und da sehen Sie schon, das leuchtet in diesem Fall ganz hell blau auf.

**Autor:**

Mittlerweile nutzen immer mehr Firmen und Behörden DNA zur Markierung. So kennzeichnen Schulen ihre Computer oder landwirtschaftliche Betriebe ihre Maschinen mit künstlicher DNA. Auch die Deutsche Bahn markiert so ihre Kupferkabel.

Erste Erfolge sind bereits bekannt. So fielen zwei Metalle Diebe im Saarland auf, als sie ihr Diebesgut verkaufen wollten. Der Zwischenhändler schöpfte Verdacht, und die Polizei konnte die künstliche DNA auf den Kabeln nachweisen. Sie stammten eindeutig von der Deutschen Bahn. Die Täter waren überführt.

Eine andere Möglichkeit besteht darin, den Täter selbst mit künstlicher DNA zu besprühen, zum Beispiel wenn er in eine Falle tappt oder nach einem Einbruch oder Überfall den Raum verlässt. Dann wartet auf ihn eine so genannte DNA-Dusche.

**O-Ton 21 - Donald van der Laan:**

Das ist keine Dusche. Das ist ein dünner, feiner Nebel, der sich auf Kleidung, Haut und Haaren absetzt und auch blau leuchtet. Das heißt die Polizei hat auch da die Möglichkeit bei Verdacht schnell festzustellen, ob ein Verdächtiger wirklich der Täter sein könnte oder überhaupt nichts damit zu tun hat. In beiden Fällen spart man Zeit.

**Autor:**

Die DNA abzuwaschen ist gar nicht so leicht. Noch Tage später klebt sie in den Haaren oder auf den Kleidungsstücken.

**Musik aus:** „D.N.A.“ von Genetik (2013)

**Autor:**

Immer wichtiger wird die künstliche DNA auch in der Nanotechnologie. So lassen sich kleinste Kapseln herstellen, die Wirkstoffe zu einzelnen Körperzellen transportieren. In Zukunft sollen winzige Zahnräder und Maschinen aus DNA-Fäden entstehen, erzählt einer der führenden DNA-Baumeister, Prof. Hendrik Dietz von der TU München:

**O-Ton 22 - Hendrik Dietz:**

Für diese Fertigungstechnik brauchen wir eigentlich nur so genannte Oligonukleotide. Die müssen gar nicht so lang sein. Das sind DNA-Moleküle mit 40 bis 50 Basen. Das ist quasi Standard.

**Autor:**

So ähnlich wie beim Zeichnen eines Hauses, ohne den Stift abzusetzen und ohne eine Linie doppelt zu ziehen, formt Dietz am Computer die gewünschte Struktur: Jedes Grundschulkind kennt das: „Das - ist - das - Haus - vom - Ni - ko - laus - mit - An - bau - und - Toi - let - ten - haus.“

### **O-Ton 23 - Hendrik Dietz:**

Also Sie stellen sich eine gewünschte Struktur vor und finden dann ähnlich wie in diesem Kinderspiel, dem Haus vom Nikolaus, einen Weg, auf dem Sie dann einen langen Schussfaden oder ein langes Molekül auf der Nanometerskala durch die gewünschte Struktur hindurch fädeln können. Das stellen Sie sich erst einmal gedanklich vor. Sie finden diesen Pfad. Dann im nächsten Schritt fügen Sie weitere Fäden hinzu, die dann den Weg des langen Schussfadens im Raum dreidimensional stabilisieren. Sie kleben ihn an verschiedenen Positionen fest. Dann bleibt er in dieser dreidimensionalen Form einfach sozusagen stehen.

#### **Autor:**

Damit sich die DNA nach Plan formt, müssen die Basen, die Buchstaben der DNA, eine festgelegte Reihenfolge haben. Diese Sequenz bestimmt an welchen Stellen die DNA sich krümmt, biegt oder eine Schleife bildet.

Dazu brauchen die Nanotechnologen keinerlei Werkzeuge. Hilfsmittel, die Millionstel Millimeter klein sind, gibt es auch gar nicht. Die DNA findet zur Überraschung der Forscher von selbst ihre Form.

### **O-Ton 24 - Hendrik Dietz:**

Stellen Sie sich vor: Sie nehmen ein Auto, zerlegen es in seine tausend Komponenten, legen es in einen großen Wasserbottich, rühren einmal und plötzlich setzt sich das Auto wieder zusammen. So ähnlich ist das. Und es funktioniert, komischerweise.

#### **Autor:**

Dazu muss nur die Temperatur stimmen. Zunächst haben die Nanotechnologen von der TU München einfache Strukturen und Linien gebaut, dann Plättchen, Röhren, kleine Pyramiden oder Zahnräder. Nun werden ihre Konstruktionen immer komplizierter.

### **O-Ton 25 - Hendrik Dietz:**

Niemand kann auf dieser Längenskala mit dieser Präzision bauen, wie wir es jetzt können. Und zwar nur durch Selbstorganisation mit DNA.

**Musik aus:** „D.N.A.“ von Genetik (2013)

### **O-Ton 26 - Nasim Annabi:**

*DNA is used as a glue to assemble small microgel together.*

#### **Autor:**

Dr. Nasim Annabi ist eine Art Gewebezüchterin. Sie erschafft an der Eliteuniversität M.I.T. in Cambridge bei Boston Hydrogele oder Mikrogele. Das sind Gerüstsubstanzen aus Kunststoff, in die sich lebendige Zellen einnisten können, um ein Gewebe zu bilden. Das Erbmolekül DNA nutzt Annabi als eine Art molekularen Klebstoff.

### **O-Ton 27 - Nasim Annabi:**

*With this approach you can assemblage ...*



### **Übersetzerin Annabi:**

Auf diese Weise lassen sich unterschiedliche Konstruktionen aufbauen: lange Linien, Winkel oder wie auch immer geformte 3D-Strukturen. Dabei entstehen Formen, die sich eignen, um Zellen darin anzusiedeln. Die DNA hilft uns dabei, genau die Architektur zu erhalten, die wir möchten.

*... architecture that you want.*

### **Autor:**

Letztlich sollen so verschiedene Gewebe im Labor entstehen, die dann zur Transplantation bereitstehen. Schon jetzt haben die Gewebezüchter zahlreiche Möglichkeiten: Harte Knochen, elastische Gefäßwände oder weiches Bindegewebe.

In der Nanotechnologie oder in der Gewebezüchtung kommt es auf die Form der DNA-Stränge an. Die Reihenfolge der Basen verändert die Form des DNA-Fadens und so die Materialeigenschaften. Die biologische Information, die in den Basen steckt, spielt keine Rolle. Für eine Zelle wäre dieser DNA-Code absoluter Nonsens.

**Musik aus:** „D.N.A.“ von Genetik (2013)

### **Autor:**

Der Bioinformatiker Nick Goldman aus England hat ein ganz anderes Ziel. Er will eigene Informationen in den biologischen Datenträger DNA hineinpacken - eine vom Menschen geschaffene digitale Information. Dazu braucht er einen Übersetzungsschlüssel, der Nullen und Einsen einer Computerdatei in einen Vierercode aus A, C, G und T übersetzt.

Schon in der Hamburger Hotelbar entstanden die ersten Ideen, erinnert sich Nick Goldman.

### **O-Ton 28 - Nick Goldman:**

*Just as on a computer each byte eight bits ...*

### **Übersetzer Goldman:**

Im Computer besteht ein byte aus acht bits, also acht Nullen und Einsen. Daraus ergeben sich 256 Möglichkeiten pro byte. Ein solches byte speichert unser Code in Form von fünf oder sechs DNA-Basen. Das gibt uns genug Spielraum, um jede digitale Computer-Datei zu verschlüsseln.

*... to encode any computer file.*

### **Autor:**

Die einfachste Lösung hätte darin bestanden, Nullen als A und C zu übersetzen und Einsen als G und T. So hätte man jedoch die Möglichkeiten eines Vierercodes nicht ausgenutzt. Außerdem wäre der Code sehr fehleranfällig.

Wenn die DNA zum Beispiel 20 Mal A liefert, die Lesemaschine liest aber nur 19 A, dann verschiebt sich das ganze Leseraster. Die Bioinformatiker aus Cambridge

entwickelten deshalb eine Codierungstabelle, die so angelegt ist, dass sie keine Wiederholungen zulässt. Außerdem bildet der Code Überlappungen, so dass Fehler sofort auffallen und korrigiert werden können.

Um ihre Verschlüsselungen zu testen und um das Verfahren zu erproben, wollten sie vier einfache Computer-Dateien als DNA abspeichern. Sie wählten zunächst eine Textdatei mit verschiedenen Sonetten William Shakespeares. Außerdem die pdf-Datei einer Nature-Veröffentlichung von James Watson und Francis Crick, in der diese die Doppelhelix vorstellen, ein Foto ihres Instituts und eine MP3-Sounddatei mit einem Ausschnitt aus einer weltbekannten Rede von Martin Luther King.

**O-Ton 29 - Martin Luther King:**

*I have a dream that one day this nation will rise up ...*

**Autor:**

Die Computerdaten wurden in den DNA-Code übersetzt und per email an eine DNA-Synthese-Firma in den USA geschickt. Was von dort zurückkam, war nicht mehr als ein kleines Plastikgefäß aus Kunststoff mit einem Staubkorn aus DNA darin. Dieses schickten die britischen Forscher gleich weiter an das Europäische Molekularbiologie-Labor EMBL nach Heidelberg.

**O-Ton 30 - Wladimir Benes:**

*We really approached it as any other sample that comes to our laboratory.*

**Autor:**

Dr. Wladimir Benes und sein Team behandelten die Probe so wie jede andere DNA, die ihr Labor erreicht.

**O-Ton 31 - Wladimir Benes:**

*Their intention not to tell us what was going to happen ...*

**Übersetzer Benes:**

Die Absicht der Kollegen, nicht zu erzählen, was da ablief, ist nachvollziehbar. Sonst hätten wir nicht absolut neutral sein können. So konnten wir unvoreingenommen die DNA entziffern. Worum es ging und ob das Projekt erfolgreich war, erfuhren wir erst, als alles erledigt war.

*... only when it was all done.*

**Autor:**

In Heidelberg wurde der winzige DNA-Krümel in Flüssigkeit gelöst. Laboranten vermehrten die kleinen Abschnitte mit der Standardmethode PCR und bereiteten sie vor zur eigentlichen Sequenzierung.

**O-Ton 32 - Atmo EMBL Sequenzierer 1:**

*Wenig Piepsen und viel Rauschen*

**Autor:**

Dazu gibt es im EMBL einen eigenen Raum, in den sich nur selten jemand verirrt. Hier arbeiten die Maschinen Tag und Nacht.

**O-Ton 33 - Wladimir Benes (Labor):**

*(Atmo) We are in the sequencing room of our facility ...*

**Übersetzer Benes:**

Wir befinden uns im Sequenzier-Raum unserer Einrichtung. Die Automaten hier lesen jede Information, die in Form von DNA-Abschnitten gespeichert ist.

*... in DNA fragments. (Atmo)*

**O-Ton 34 - Atmo EMBL Sequenzierer 2:**

*Nur noch Rauschen*

**Autor:**

Die Proben mit der DNA werden auf kleine spezielle Glasplättchen gespritzt. Der Rest funktioniert automatisch. Die Geräte machen die Arbeit. Sie gehören gewissermaßen zum Team und tragen sogar Namen wie Tulip, Tulpe oder Muffin.

**O-Ton 35 - Wladimir Benes (Labor):**

*(Atmo) Inside when it runs as we see in the Muffin ...*

**Übersetzer Benes:**

Im Innern der Geräte, wie hier im Muffin, belichtet ein Laserstrahl die kleinen Kammern. Indirekt kann er die einzelnen Basen unterscheiden. Was dann aus dem Automaten herauskommt, ist die fertige Basensequenz der DNA in den Buchstaben A, C, G und T. Und zwar so viele Buchstaben, dass Sie sie nicht mit Papier und Bleistift aufschreiben könnten. Das können nur Computer. Und letztlich speichern wir Informationen.

*... and again (lacht) we are storing information. (Atmo)*

**Autor:**

Zehn Tage brauchten die Automaten in Heidelberg, um die Millionen DNA-Buchstaben möglichst fehlerfrei zu entziffern. Dann lieferten sie eine Reihenfolge von Basen an die Bioinformatiker vom EBI in Cambridge. Die kannten die Verschlüsselung und übersetzten die DNA zurück in einen Computercode aus Nullen und Einsen. Und der ergab dann wieder einen Sinn. Sogar im MP3-Player ließ sich eine Datei abspielen.

**O-Ton 36 - Martin Luther King:**

*I have a dream that one day this nation will rise up ...*

**Autor:**

Kein Unterschied war zu hören. Die MP3-Datei war in ein biologisches Erbmolekül übersetzt worden, dann Buchstabe für Buchstabe entziffert und zurückübersetzt in eine Computer-Datei. Fehlerfrei.

Das Experiment war gelungen. Auch Wladimir Benes vom EMBL in Heidelberg glaubt, dass die DNA als Datenträger eine Zukunft hat.

**O-Ton 37 - Wladimir Benes:**

*It is very well suited for ...*

**Übersetzer Benes:**

Sie ist gut geeignet für Informationen, die man unbedingt bewahren sollte. Aber nicht, wenn man schnell auf diese Information zurückgreifen möchte.

*... on quick demand.*

**Autor:**

Was noch fehlt, ist ein System, um die Daten so zu archivieren, dass man jeder Zeit an sie herankommt. Noch ist das zu umständlich.

Zur Lagerung würde die DNA gefrieretrocknet. Um sie zu lesen, müsste sie dann wieder in Flüssigkeit gelöst werden. Eine funktionierende DNA-Bibliothek zu entwickeln, ist eine Aufgabe für die nächsten Jahrzehnte.

Das erste Buch für die DNA-Bibliothek ist schon fertig. 2013 haben Wissenschaftler der Harvard Medical School in Boston ein 400 Seiten Sachbuch in Erbmoleküle übersetzt. Es heißt: Regeneration: Wie die synthetische Biologie die Natur und uns selbst neu erfindet.

Die biologische Datenmenge, die der Harvard-Professor George Church für sein Buch brauchte entspricht in etwa dem Erbgut eines Bakteriums. Das ist circa der tausendste Teil des menschlichen Erbguts.

**O-Ton 38 - George Church:**

*It is 5.2 million bits long, bits of zeros and ones ...*

**Übersetzer Church:**

Es umfasst 5,2 Millionen Bits und deshalb auch 5,2 Millionen DNA-Basen. Und noch ein paar mehr, denn unsere DNA liegt in kleinen Stücken vor. Jedes Fragment codiert für ein paar Wörter und die müssen in die richtige Reihenfolge gebracht werden. Dazu dienen einige Basen zur Kennzeichnung, wie die Seitenzahlen im Buch - wenn sie auch nur ein paar Wörter kennzeichnen und nicht ganze Seiten.

*... short phrases rather than pages.*

**Autor:**

Das Buch ist nur der Anfang. Wenn sich die Technik weiter entwickelt, könnten in wenigen Jahren ganze Bibliotheken als DNA dauerhaft gesichert werden. Auch die wachsende Informationsflut aus dem Internet ließe sich als DNA archivieren.

**O-Ton 39 - George Church:**

*Last year we did the book, this year we do a video ...*

**Übersetzer Church:**

Letztes Jahr haben wir das Buch in DNA übersetzt und in diesem Jahr ein Video. Das Projekt ist 10.000 Mal größer. Diese Geschwindigkeit der Entwicklung deutet schon an, dass sich die Technik schnell verbessert.

*... Some room to improve.*

**Autor:**

Der passende Titel auf dem Album D.N.A. von Genetik lautet: „Alles möglich“.

**Musik aus:** „D.N.A.“ von Genetik instrumental „Alles möglich“ (2013)

**Autor:**

DNA könnte die wichtigsten Daten der Menschheit über Jahrtausende bewahren. Der Bioinformatiker Nick Goldman hat bereits Anfragen aus der Filmindustrie erhalten.

**O-Ton 40 - Nick Goldman:**

*When a film company wants to archive a movie ...*

**Übersetzer Goldman:**

Wenn eine Produktionsfirma einen Kinofilm dauerhaft archivieren möchte, dann tut sie das immer noch in Form von Filmrollen. Denn das ist eine bewährte Form der Sicherung. Sie wissen, wie man das macht und können sich darauf verlassen, dass der Film jahrzehntelang oder sogar über hundert Jahre erhalten bleibt. Auf die derzeitige Digitaltechnik können sie sich nicht verlassen. Deshalb hat sich bereits eine Firma für Filmtechnologie an uns gewandt. Sie wollten wissen, ob sich prinzipiell ein digitaler Film als DNA speichern lässt.

*... a film could be stored digitally.*

**Autor:**

Eine Schätzung ergab, dass alle digitalen Informationen der Welt in einem halben Kubikmeter DNA Platz hätten. Man könnte die DNA problemlos in einen Kofferraum packen - oder in einem Schrank auf Grönland lagern. Dort könnte sie gut geschützt Jahrtausende überdauern und würde immer noch existieren, wenn der Rest der digitalen Kultur für immer verloren wäre.

**Musik:** „D.N.A.“ von Genetik (2013)

\*\*\*\*\*