

*Neues aus der Welt der Wissenschaft*

[ [ORF ON Science](#) : [News](#) : [Technologie](#) . [Wissen und Bildung](#) . [Gesellschaft](#) ]

## Das Alphabet des Lebens - ein Computercode?

Das Erbgut der Lebewesen besteht aus vier Bausteinen, den so genannten "Nukleotidbasen". Warum gerade diese vier Basen das Alphabet des Lebens bilden, war bis dato unbekannt. Ein amerikanischer Chemiker bietet nun eine Antwort auf diese Frage an: Er meint, dass die DNA eine Art Computercode beinhaltet, der Fehler bei der "Datenübertragung" minimiert.

Dónall A. Mac Dónaill vom Trinity College in Dublin hat den Versuch unternommen, die DNA mit den Begriffen der Computerwissenschaft zu beschreiben. Das überraschende Ergebnis:

Die Struktur der Erbsubstanz lässt sich in einen Code übersetzen, der in der Informatik schon lange zur Fehlerkorrektur verwendet wird. Dieser Umstand könnte ein Produkt der natürlichen Selektion gewesen sein - und zwar lange bevor es auf dieser Erde mehrzellige Lebewesen gab.

...

"A parity code interpretation of nucleotide alphabet"

Die Publikation "A parity code interpretation of nucleotide alphabet composition" erschien in der aktuellen Ausgabe der Fachzeitschrift "Chemical Communications" (Band 18, auf den Seiten 2062 - 2063). Der Artikel ist kostenfrei im Volltext zugänglich.

[→ Zum Artikel](#)

...

### Chargaffs Regeln

In den 1940er Jahren formulierte der österreichisch-amerikanische Biochemiker Erwin Chargaff die so genannten "Chargaff-Regeln" zur Struktur der DNA. Die vierte und wichtigste dieser Regeln besagt, dass die DNA aus vier Bausteinen, den so genannten "Nukleotidbasen", besteht - und dass jeweils zwei davon immer in dem Zahlenverhältnis 1:1 vorkommen.

### Watsons und Cricks Erklärung

Erst im Jahr 1953 fand diese empirische Regel ihre natürliche Erklärung: Das britisch-amerikanische Forscherduo James Watson und Francis Crick konnte zeigen, dass die DNA so ähnlich wie eine Wendeltreppe aufgebaut ist.

Aus der Kenntnis der räumlichen Struktur dieser "Wendeltreppe" ergibt sich automatisch, dass jeweils zwei der vier Basen immer in Paaren auftreten - und daher das Chargaffsche Verhältnis 1:1 bilden.

...

A, G, T und C - die vier Nukleotidbasen

Die vier Bausteine der DNA, Adenin, Thymin, Guanin und Cytosin (oft als A, T, G und C abgekürzt) bilden Basenpaare aus, die durch so genannte *Wasserstoffbrücken* stabilisiert werden. Konkret paaren sich immer nur A und T (über zwei Brücken) sowie G und C (über drei Brücken).

Die beiden anderen möglichen Paarungen kommen nur als seltene Fehler vor. Aufgrund ihrer biochemischen Eigenschaften kann man die vier Bausteine auch wie folgt gruppieren: A und G sind sogenannte *Purinbasen*, G und C sind so genannte *Pyrimidinbasen*.

...

### Warum gerade so?

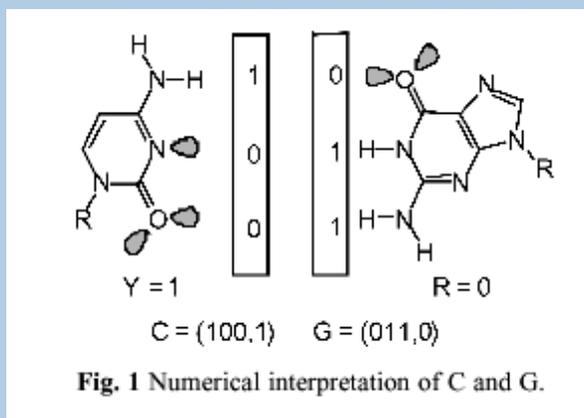
Prinzipiell gäbe es eine Reihe anderer Basen, die ebenfalls zum Aufbau von DNA-ähnlichen Molekülen imstande wären. Daher stellt sich die Frage: Warum hat die Natur gerade A, T, G und C ausgewählt? Dónall A. Mac Dónaill glaubt den Grund hierfür in der Feinstruktur der DNA zu erkennen.

### Computer-Code für die DNA-Struktur

Die Wasserstoffbrücken zwischen den vier Basen sind nämlich nicht symmetrisch gebaut. Vielmehr ist es so, dass sie eine so genannte *Donor/Akzeptor-Struktur* aufweisen. Abgesehen von weiteren chemischen Details, ist es möglich, Akzeptor-Bereichen den Wert 0 zuzuordnen, den Donor-Bereichen hingegen den Wert 1.

Daraus ergibt sich, dass etwa die Base Cytosin durch den Code 100 dargestellt werden kann (siehe Abbildung). Die Größen 0 und 1 entsprechen, wie leicht zu erkennen ist, dem Binärcode, der in Computern Anwendung findet. Dieser wird in "bit" ausgedrückt (von engl. "binary digit").

### Moleküle aus der Sicht der Informatik



Der Code inkl. der sog. "Paritätsbits" für Guanin (rechts: 011,0) und Cytosin (links: 100,1).

### Sicherheitscode verwirklicht?

Dónall A. Mac Dónaill ging dann einen Schritt weiter: Er ordnete den Basen eine zusätzliche Zahl zu, und zwar

Purinbasen den Wert 0, Pyrimidinbasen den Wert 1 (siehe Infobox oben). Damit ergibt sich etwa für Cytosin der vierstellige Code 100,1.

Mac Dónaill macht nun einen überraschende Vorschlag: Die vierte Codezahl könnte als ein so genanntes "Paritätsbit" zu interpretieren sein, das Informatiker zur Sicherung von Datenübertragungen verwenden. Denn auch in der lebenden Zelle wird permanent Information von der DNA abgelesen und übertragen.

...

#### Paritätsbits

Ein Paritätsbit wird von Informatikern verwendet, um Fehler der Datenübertragung zu erkennen, die durch äußere Einflüsse entstanden sind. Das Paritätsbit wird einem binären Code hinzugefügt und legt z.B. fest, ob die Quersumme der Datenbits gerade oder ungerade ist.

Am Beispiel Cytosin hieße das: Die Quersumme des vierstelligen Codes für Cytosin ist  $1+0+0+1$ , was die gerade Zahl 2 ergibt. Nach Mac Dónaill können nun viele Fehlpaarungen der DNA dadurch besonders einfach erkannt (und eliminiert) werden, da sie eine ungerade Quersumme ergeben. Die Überlegungen von Mac Dónaill bedeuten natürlich nicht, dass in Zellen kleine Rechenautomaten sitzen, die an der DNA numerische Kalkulationen vornehmen.

...

#### Produkt der natürlichen Selektion

Nach der Argumentation von Mac Dónaill muss ein Molekül mit der Struktur der DNA zwei Dinge "können": Korrekte Basenpaare bilden und unkorrekte Paarungen ausschließen. Für die erste Aufgabe gibt es viele Möglichkeiten, aber für letztere, so Mac Dónaill, nur eine optimale - und die ist in der Struktur der DNA verwirklicht.

Dies ist nach Ansicht des Autors kein Zufall: Denn als das Leben in seinen einfachsten molekularen Vorformen auf die Bühne dieser Welt trat, "könnte die natürliche Selektion Alphabete mit paritätischem Code bevorzugt haben", so der Studienautor.

Robert Czepel, science.ORF.at

[ [ORF ON Science](#) : [News](#) : [Leben](#) . [Technologie](#) ]

IHR KOMMENTAR ZU  
DIESEM THEMA 

[sensortimecom](#) | 21.09, 12:56

Also sagt mal,  
hier heißt es: >Dieser Umstand könnte ein Produkt der natürlichen Selektion gewesen sein - und zwar lange bevor es auf dieser Erde mehrzellige Lebewesen gab...<

Also sagt mal:  
Sind auch Logik und mathematische Grundlagen ein Produkt der "natürlichen Selektion" ?

Jetzt schlägts aber 13.

mfg Erich B. 

[oerck](#) | 24.09, 13:04

13

ich halte die annahme, dass mathematik und logik aus der evolution entstanden sind, für nicht allzu

unwahrscheinlich.  
schliesslich lassen sich mathematische regeln uns  
prozesse auf viele wissenschaftliche gebiete  
anwenden, wie physik, chemie, biologie etc. woher  
kommt diese offensichtliche anwendungsmöglichkeit  
?

weilers hat sich der umgang mit zahlen und die  
folgende anwendung von formeln mit der evolution  
des menschen "mit"entwickelt (john d. barrow, ein  
himmel voller zahlen)

ich halte es also nicht für unwahrscheinlich - aber  
das ist eins meiner persönlich hirngespinnste - dass  
viele prozesse einer universellen formel folgt.

leider muss ich dabei gödel vertreten und meine,  
dass wir als menschen mit unserer auffassungsgabe  
(noch) nicht im stande dazu sind, diese zu erfassen  
:)

13:05

[fatmike182](#) | 21.09, 12:29

Guter Artikel, bin schon gespannt wie's diesbezüglich  
weitergeht!  
Aber wenn wieder Mr Bill Gates 1 Patent auf den Code  
hat, können wir allezum 1packen & uns ihm Unterwerfen!  


[dietmar13](#) | 20.09, 19:02

amüsannt,  
vielleicht mal auf die idee gekommen, daß nicht der  
genetisch code einem computercode entspricht, sondern  
beide sich eines systemimmanenten (wenn man so will  
universellen) informationsprinzips (der verwendung eines  
paritäts- oder kontrollbits) bedienen - nur der genetische  
code doch wohl schon etwas länger (durch variation und  
selektion entstanden) als der mensch auf/mit seinen  
computern (dank seiner intelligenz entwickelt, oder doch  
nur der natur abgeschaut?)! 

[bernling](#) | 20.09, 17:05

Ist das so?  
Soweit ich mich erinnere spielen die Wasserstoffbruecken  
beim richtigen Einbau von Basen bei der DNA-Replikation  
nur eine geringe Rolle, räumlich fast deckungsgleiche  
molekuele ohne Donor/Acceptor Eigenschaften werden mit  
vergleichbaren Fehlern eingebaut.

Deswegen wuerde ich die Wasserstoffbruecken als  
alleinige Grundlage des Erklarungsmodells fuer den  
genetischen Code als unzureichend erachten - es wird nur  
ein Teil der Fragestellung behandelt. Der Ansatz ist aber  
sehr interessant. 

[gegenschwimmer](#) | 20.09, 16:31

Wenn ich Herrgott wäre  
würde ich das Ganze noch ein bißchen verschlüsseln und  
absichtlich ein paar Fehler einbauen, damit die Menschen  
nicht so leicht draufkommen. :-)  


[ichotolot](#) | 20.09, 11:48

hmhhh  
das ist mir zu hoch :-( 

[ebenezer](#) | 19.09, 18:51

von der Ursuppe zum Einzeller

Der Biologie-Unterricht beginnt bei den einzelligen Lebewesen. Die Entwicklung zum Einzeller war aber wahrscheinlich schwieriger als die vom Einzeller zum Menschen. Zum Artikel: diese Art der Fehlerkorrektur steht zeitlich auf einer ganz frühen Stufe der Evolution. Es sind auch sehr grosse Teile der DNS bei allen Lebewesen untereinander und seit Millionen von Jahren gleich, eine Art Grundformation über den Aufbau von Lebewesen. 

[tpatm](#) | 20.09, 13:42

DNS Gleichheit

Hoffentlich hab ich die Zahlen noch richtig im Kopf, aber die Größenordnung stimmt:

Gemeinsamkeit der DNS:

Anderer Mensch ~98,5 %

Geschwister (naher Verwandter) ~99 %

Eineiige Zwillinge 99,5%-99,999...%

Menschenaffe ~96 %

Maus ~70%

irgendein Wurm (hab vergessen welcher) ~30 %

Hefe ~15%

So versuchen die Wissenschaftler übrigens die DNA zu entschlüsseln: Man versucht einfache Lebewesen zu entschlüsseln (zB nen Wurm) und sucht dann nach Gemeinsamkeiten, da man davon ausgehen kann, dass gleiche DNA-Abschnitte gleiche Funktionen haben ...  
hugh TPA hat gesprochen ...

[tpatm](#) | 20.09, 13:44

die Werte oben ...

... sind natürlich immer auf den Menschen bezogen.

Man ist dabei, einen Genetischen Stammbaum zu erstellen. Je größer die Unterschiede desto weiter entfernt im Stammbaum sind die beiden Lebewesen, logisch :)

[founder](#) | 19.09, 10:49

Fragte mich schon vor Jahren

Was für Error Detection and Correction Code in der DNA vorhanden ist. Ob man neben einem simplen Paritycheck auch noch andere Methoden finden wird? Ob es möglich ist auf Molekülebene kompliziertere Error Detection and Correction Systeme zu implementieren? Ist der biologische Code etwas hochwertiges, oder könnte man diesen mit moderner Computertechnik verbessern? Viele spannende Fragen für die nächsten Jahre 

[stsz](#) | 19.09, 17:41

Da stecken die illuminati dahinter!!  
ganz bestimmt

Die ORF.at-Foren sind allgemein zugängliche, offene und demokratische Diskursplattformen. Bitte bleiben Sie sachlich und bemühen Sie sich um eine faire und freundliche Diskussionsatmosphäre. Die Redaktion übernimmt keinerlei Verantwortung für den Inhalt der Beiträge, behält sich aber das Recht vor, krass unsachliche, rechtswidrige oder moralisch bedenkliche Beiträge sowie Beiträge, die dem Ansehen des Mediums schaden, zu löschen und nötigenfalls User aus der Debatte auszuschließen.

Sie als Verfasser haften für sämtliche von Ihnen

veröffentlichte Beiträge selbst und können dafür auch gerichtlich zur Verantwortung gezogen werden. Beachten Sie daher bitte, dass auch die freie Meinungsäußerung im Internet den Schranken des geltenden Rechts, insbesondere des Strafgesetzbuches (Üble Nachrede, Ehrenbeleidigung etc.) und des Verbotsgesetzes, unterliegt. Die Redaktion behält sich vor, strafrechtlich relevante Tatbestände gegebenenfalls den zuständigen Behörden zur Kenntnis zu bringen.

Die Registrierungsbedingungen sind zu akzeptieren und einzuhalten, ebenso Chatiquette und Netiquette!

 [Übersicht: Alle ORF-Angebote auf einen Blick](#)